

ÖKOSYSTEM MUSEUM

Grundlagen zu einem konservatorischen Betriebskonzept für die Neue Burg in Wien

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaften am
Institut für Konservierung-Restaurierung an der
Akademie der bildenden Künste Wien

Eingereicht von Mag. Alfons Huber
Matrikelnr: 7471122

Wien, November 2011

Die vorliegende Version weist gegenüber der approbierten Dissertation mehrere Korrekturen bezüglich Tippfehlern, Abbildungs-Querverweisen, Hinzufügungen bei den bedankten Personen sowie eine Textergänzung auf Seite 32 auf.

Ich erkläre, dass ich die vorgelegte Arbeit selbständig verfasst und keine anderen
als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Diese Arbeit wurde betreut von:

a. o. Univ. Prof. DI Dr. Klaus Kreč,
Institut für Architektur und Entwerfen
Technische Universität, Wien

o. Univ. Prof. DI Mag. Wolfgang Baatz
Institut für Konservierung und Restaurierung
Akademie der bildenden Künste, Wien

Meiner Frau Nicole und meinen Kindern Stefanie, Elisabeth und Florentine
in großer Dankbarkeit gewidmet.

Dank

Univ.-Prof. DI Dr. Klaus Kreč danke ich für das Vertrauen, einen Dissertanten mit geisteswissenschaftlich geprägtem Hintergrund durch ein weitgehend technisch-naturwissenschaftliches Studium zu begleiten. Seine ruhige und wohlwollende Unterstützung und Hilfestellung bei bauphysikalischen und meteorologischen Detailfragen war in Zeiten großer Mehrfachbelastung eine hilfreiche Konstante.

Univ.-Prof. DI Mag. Wolfgang Baatz verdanke ich mit seiner Forderung nach nüchterner Distanz den Abstand zu einer allzu subjektiven Sichtweise. Seine Korrektur bewirkte eine vertiefte Auseinandersetzung mit der Systemtheorie, die etwas umfassender ausfiel, als ursprünglich vorgesehen.

Der Geschäftsführung des KHM, GD Dr. Sabine Haag und Dr. Paul Frey danke ich für das Vertrauen, mich mit der Ausarbeitung eines konservatorischen Gesamtkonzeptes für die Neue Burg zu beauftragen. Erst die damit verbundene Legitimation ermöglichte den Abschluss der Arbeit im gesteckten Zeitrahmen.

HR Dr. Rudolf Hopfner, Direktor der Sammlung alter Musikinstrumente, hat die späten Ambitionen des Restaurators seiner Sammlung einfühlsam und maßgeblich durch einen weit gesteckten Freiraum unterstützt und so manche stressbedingte Fehlleistung taktvoll übersehen.

OStR Dr. Gertrude Kastner hat, im Vertrauen auf die Sinnhaftigkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen, die Dämmung von 600 m² Obergeschoßdecke, die Abluftventilatoren für die SAM, die Ventilatorensteuerung für die Depots des MVK sowie die Steuerung der großen Drehtür im 2. Keller mit namhaften Beträgen unterstützt und damit den Fortgang des Projekts maßgeblich beeinflusst.

Albrecht Czernin hat das Manuskript mit kritischem Geist und Empathie gelesen und für inhaltlichen und sprachlichen Feinschliff gesorgt.

DI Stefanie Huber verdanke ich nicht nur das ansprechende Layout sondern auch substantielle Hilfe bei Grafik- und Bildbearbeitungen sowie Internetrecherche.

Folgende Personen seien stellvertretend und mit Dankbarkeit für das unsichtbare Netzwerk genannt, das über viele Jahre am Zustandekommen dieser Arbeit mitgewirkt hat. Sie war nur möglich, weil Menschen über ihren eigentlichen Rahmen hinaus sich mit meinen Anliegen identifiziert haben.

Christa Angermann KHM/HJRK
Michael Bamberger MVK
Walter Baumgartner MVK
Thomas Bednar TU Wien
Heinrich Bica ZAMG
Thomas Bruckner, Wienenergie-Gaswerke
Mercedes Dangl
Beatrix Darmstädter KHM/SAM
Roswitha Denk KHM/MK
Wolfgang Eder KHM/TA
Walter Fitzl, Wien Energie
Roland Frey
GF Paul Frey KHM
Henning Großes Schmidt
GD Sabine Haag KHM
Steffen Hameister BOKU Wien
Helmut Heninger BHÖ
Ina Hoheisel
Jan Holmberg
Renate Holzschuh BDA
Wolf Huber
Volker Huckemann
Elisabeth Hudritsch BDA
Franz Jaksch ÖNB
Jochen Käferhaus
Lars Klemm
Michael Koppensteiner, Fa. Oekoplan

Azra Korjenic, TU Wien
Michael Kotterer
Christof Kress ZAMG
Peter Kund BHÖ
Richard Kurdiovsky ÖAW
Fritz Lachmayer
Norbert Kirchner MVK
Oswald W. Madritsch
Johann Marte
Wieland Moser
Tim Padfield
Franz Pichler
Maria Ranacher
Johanna Schmidt
Birgit Schultschik KHM/SAM
Franz Schultschik KHM/Archiv
Gerhard Seidl KHM/GM
Wilfried Seipel KHM
Jörg Stark KHM/GM
Claudia Stockert BOKU Wien
Monika Strolz KHM/GG
Otto Svabik ZAMG
Ruth Wallner
Ludwig Weichinger
Johannes Weiß KHM/Archiv
Wolfgang Weiland KHM/GM

Abkürzungen

BDA	Bundesdenkmalamt
BHÖ	Burghauptmannschaft Österreich
BOKU	Universität für Bodenkultur Wien
ED	Erste(r) Direktor(in) des Kunsthistorischen Museums
GD	Generaldirektor
GF	Geschäftsführung
HHStA	Haus-, Hof- und Staatsarchiv
HJRK	Hofjagd- und Rüstkammer
HKL-	Heizungs-Klima-Lüftungs- (Anlage)
KHM	Kunsthistorisches Museum
MVK	Museum für Völkerkunde
NHM	Naturhistorisches Museum
OG	Obergeschoß
OIB	Österreichisches Institut für Bautechnik
ÖNB	Österreichische Nationalbibliothek
ÖTM	Österreichisches Theatrumuseum
PAB	Planarchiv Burghauptmannschaft
RLT-	Raumlufttechnische (Anlage)
SAM	Sammlung alter Musikinstrumente des KHM
UG	Untergeschoß
WBB	Wärmebedarfsberechnung
ZAMG	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

INHALT

ABSCHNITT A - EINFÜHRUNG	15
1. Zur Themenstellung	15
1.1. „Ökosystem Museum“	15
1.2. Modellfall Neue Burg	21
1.3. Notwendigkeit eines Klimakonzepts	23
1.4. Gliederung	24
2. Geschichtlicher Überblick über Bau und Nutzung der Neuen Hofburg	25
2.1. Abriss zur Baugeschichte 1881 – 1918	25
2.2. Nutzungskonzepte und spätere Eingriffe	29
2.2.1. <i>Ursprüngliche Nutzung</i>	29
2.2.2. <i>Nutzung der Neuen Burg in der Ersten Republik</i>	30
2.2.3. <i>1938 bis 1945</i>	30
2.2.4. <i>Nutzung der Neuen Burg nach 1945</i>	32
2.3. Heizungs- und Belüftungssysteme im 19. Jahrhundert	33
2.3.1. <i>Die Meissnersche Luftheizung</i>	33
2.3.2. <i>Heizungs- und Lüftungssysteme in Wien in der Gründerzeit</i>	37
2.3.3. <i>Das Heizungs- und Belüftungssystem von Prof. Dr. Carl Böhm</i>	43
2.3.4. <i>Schacht- und Schwerkraftlüftung</i>	48
2.4. Das Heizungs- und Belüftungskonzept der Neuen Burg	51
3. Grunderfahrungen 1983 – 1988	63
3.1. Arbeitsbeginn und Schlüsselerlebnis	63
3.2. Erste Maßnahmen	67
3.3. Sanierungsbeschluss	69
4. Generalsanierungen der Sammlungen in der Neuen Burg	71
4.1. Vorbemerkungen	71
4.2. Die Sanierung der Sammlung alter Musikinstrumente	72
4.2.1. <i>Mängelanalyse</i>	72
4.2.2. <i>Definition der Nutzerwünsche</i>	72
4.2.3. <i>Baubesprechungen</i>	73
4.2.4. <i>Raumheizung</i>	74
4.2.5. <i>Licht und Wärmeschutzmaßnahmen</i>	75
4.2.6. <i>Klimastabilisierung durch Pufferzonen</i>	76
4.2.7. <i>Rechnungshofbericht 1989</i>	77
4.3. Bilanz der Sanierung der SAM	77
4.4. Das EUREKA Forschungsprojekt EU-1386 „Prevent“	78
4.5. Sanierung der Hofjagd- und Rüstkammer	82
4.6. Initiativen und Teilschritte zu einem Gesamtkonzept	82
4.7. Sanierung des MVK	86
4.8. Entwicklung einer „unsichtbaren“ Außenbeschattung 1997 – 2007	87
4.9. Letzter Versuch (2007 – 2010)	88
5. Analyse des konservatorisch relevanten Ist-Zustands (Stand 2009/2010)	89
5.1. Allgemeine Beurteilung	89
5.2. Winterfall - Akkumulative Entfeuchtungsmechanismen	90
5.2.1. <i>Undichte Gebäudehülle</i>	90
5.2.2. <i>Klimatisch unzureichend dichte Eingangsbereiche</i>	91
5.2.3. <i>Kontinentale Ostströmung</i>	91
5.2.4. <i>Fehlende Klimaabschnitte</i>	91
5.2.5. <i>Verstärkte Thermik</i>	91
5.2.6. <i>Konvektive Heizsysteme</i>	91

5.2.7.	Überhöhte Raumtemperaturen	92
5.2.8.	Heizungsregelung durch Außenluft-Fühler (statt Bauteilfühler)	92
5.2.9.	Taupunktunterschreitung und Kapillarkondensation („Kalte-Wand-Problem“)	93
5.2.10.	Überhöhter Luftwechsel durch ungeregelte Abluftventilatoren	94
5.2.11.	Wasserdampfkonvektion	95
5.2.12.	Gleichzeitige Reinigung aller Luftbefeuchter	95
5.2.13.	Akkumulierung mehrerer Ursachen	95
5.3.	Sommerfall	96
5.4.	Instabilität des Raumklimas	97
5.5.	Standard-Situationen	98
5.5.1.	Das Klima in der Sammlung alter Musikinstrumente	98
5.5.2.	Das Klima in der Hofjagd- und Rüstkammer	100
5.5.3.	Das Klima im Bereich der Ephesus-Sammlung	102
5.5.4.	Das Klima im Museum für Völkerkunde	102
6.	Evaluierung von „Museums-klima“	109
6.1.	Aufbewahrungsbedingungen der „Vormoderne“	109
6.2.	Heute übliche Klimabedingungen in Museen und Ausstellungen	110
6.3.	Museumsneubauten und -sanierungen	111
6.4.	Das „optimale Museums-klima“ – neue Empfehlungen in der Fachliteratur	116
6.5.	Erfahrungen nach den Generalsanierungen einzelner Bundes- und Landesmuseen	118
6.6.	Qualitäts-/Kosten-Evaluierung – Energieverbräuche in neu gebauten Museen	120
6.6.1.	Kunsthhaus Graz mit „Eisernem Haus“	120
6.6.2.	Kunstmuseum Lentos Linz	121
6.6.3.	Niederösterreichisches Landesmuseum St. Pölten	121
ABSCHNITT B - RAHMENBEDINGUNGEN		125
1.	Rechtliche Rahmenbedingungen	127
1.1.	Bundesmuseengesetz und Museumsordnung	127
1.1.1.	Bundesmuseengesetz	127
1.1.2.	Museumsordnung	128
1.2.	Ethische Richtlinien des Internationalen Museumsrates (Code of Ethics, International Council of Museums, ICOM)	129
1.3.	Agenda 21	130
1.4.	Normen	133
1.5.	Arbeitnehmerschutzgesetz	134
1.5.1.	Raumklima in Arbeitsräumen	134
1.5.2.	Luftwechselraten und Luftqualität	135
1.6.	Brandschutz	136
1.7.	Denkmalschutzgesetz	137
1.8.	Die EU-Gebäuderichtlinie	138
1.9.	Güterabwägung	141
1.9.1.	Stallburg	142
1.9.2.	Burgtheater	142
1.9.3.	Parlament	144
1.9.4.	Veränderung des äußeren Erscheinungsbildes	144
1.9.5.	Klimaanlagen	145
2.	Bauliche Rahmenbedingungen	149
2.1.	Baukörper	149
2.1.1.	Dächer	150
2.1.2.	Fenster	151
2.2.	Das Belüftungssystem - der „Luftbrunnen“	155

2.2.1.	<i>Bauliche Anlage</i>	155
2.2.2.	<i>Funktion und Wirkungsweise des Luftbrunnens</i>	161
2.2.3.	<i>Die „Käferhaus-Studie“ 1997</i>	169
2.2.4.	<i>Störfaktoren</i>	173
2.2.5.	<i>Analyse der Luftvolumenströme</i>	182
2.2.6.	<i>Das Lüftungssystem im Mittelbau und Gartentrakt der Neuen Burg</i>	188
2.2.7.	<i>Bauliche Eingriffe</i>	199
2.2.8.	<i>Baulicher und hygienischer Zustand des Luftbrunnens</i>	201
2.3.	Eingangsbereiche	204
2.3.1.	<i>Haupteingang Nationalbibliothek und Sammlungen des KHM (Mittelbau)</i>	204
2.3.2.	<i>Eingang ins Corps de Logis</i>	205
2.3.3.	<i>Nebeneingang D-Stiege</i>	206
2.3.4.	<i>Nebeneingang Hochparterre (Tischlerei MVK)</i>	208
2.4.	Klimatisch relevante Gebäudeabschnitte	209
3.	Haustechnische Aspekte	211
3.1.	Heizung	211
3.2.	Warmwasser	215
3.3.	Beleuchtung	216
3.4.	Innere Lasten	216
3.5.	Luftwechsel, Lüftungsanlagen und Klimageräte	217
3.5.1.	<i>Abluftventilatoren im Corps de Logis und Segmentbogen</i>	217
3.5.2.	<i>Kleinklimageräte (Gebläsekonvektoren; Fan Coils)</i>	220
3.6.	Zusammenfassung	221
4.	Meteorologische Rahmenbedingungen	223
4.1.	Das Klima im Großraum Wien	223
4.2.	Städtische Wärmeinselbildung	224
4.3.	Meteorologische Klimadaten von Wien	227
4.3.1.	<i>Lufttemperatur</i>	227
4.3.2.	<i>Luftfeuchte</i>	229
4.3.3.	<i>Strahlungseintrag</i>	230
4.4.	Meteorologischer Klimarahmen	231
4.5.	Einflüsse des Stadtklimas auf das Raumklima in der Neuen Burg	235
5.	Konservatorische Aspekte	237
5.1.	Organische Werkstoffe am Beispiel Holz	238
5.1.1.	<i>Sorptionsverhalten des Holzes</i>	238
5.1.2.	<i>Anwendungsgebiete</i>	241
5.2.	Schadensursachen und Schadensphänomene	243
5.2.1.	<i>Über- oder Unterschreiten kritischer Grenzwerte der Holz-Gleichgewichtsfeuchte</i>	244
5.2.2.	<i>Irreversibler Schwund durch Feuchteschwankungszyklen</i>	244
5.2.3.	<i>Heizen mit frei im Raum verteilter Warmluft</i>	246
5.2.4.	<i>Unkontrollierter Luftwechsel</i>	246
5.3.	Konfliktbereiche	248
5.4.	Neue Wege zur Klimakonditionierung	250
5.5.	Schadenspräventives Raumklima	251
5.5.1.	<i>Sollwertfeld für den Standort Wien</i>	255
5.5.2.	<i>Luftwechselraten</i>	256
5.6.	Zusammenfassung	256
6.	Physiologische Aspekte	259
6.1.	Behaglichkeit	259
6.1.1.	<i>Thermische Behaglichkeit und „empfundene Temperatur“</i>	259
6.1.2.	<i>Luftfeuchte</i>	261
6.1.3.	<i>Luftbewegung</i>	261
6.2.	Luftqualität	262

6.3.	Behaglichkeit für die Mitarbeiter/innen der Neuen Burg	262
6.3.1.	<i>Behaglichkeit im Ausstellungsbereich</i>	262
6.3.2.	<i>Behaglichkeit in den Büros</i>	264
6.3.3.	<i>Behaglichkeit in den Werkstätten</i>	264
6.4.	Einfluss von Haustechnik	264
7.	Betriebliche Aspekte	267
7.1.	Besucher- und Personenverkehr	267
7.1.1.	<i>Haupteingang Mittelbau</i>	267
7.1.2.	<i>Eingang Corps de Logis</i>	268
7.1.3.	<i>D-Stiege</i>	268
7.2.	Konzerte und Veranstaltungen	268
7.3.	Vermietungen an externe Nutzer	269
7.3.1.	<i>Schäden am Bestand</i>	269
7.3.2.	<i>Klimaeinbrüche</i>	270
7.4.	Sonderausstellungen	272
8.	Systemische und psychologische Aspekte	275
8.1.	Institutionelle Fehlfunktionen aus restauratorischer Sicht	275
8.1.1.	<i>Stellung der Restaurator/innen in der Museumshierarchie und Entscheidungsstruktur</i>	275
8.1.2.	<i>Restaurator/innen und Architekten</i>	279
8.1.3.	<i>Klimakontrolle und Haustechnik</i>	281
8.1.4.	<i>Persönliche Verantwortung</i>	281
8.2.	Versuch einer systemtheoretischen Deutung	282
8.2.1.	<i>Zur Entstehung der Systemtheorie</i>	282
8.2.2.	<i>Grundzüge einer systemischen Sichtweise</i>	283
8.2.3.	<i>Organisationsstruktur des KHM</i>	287

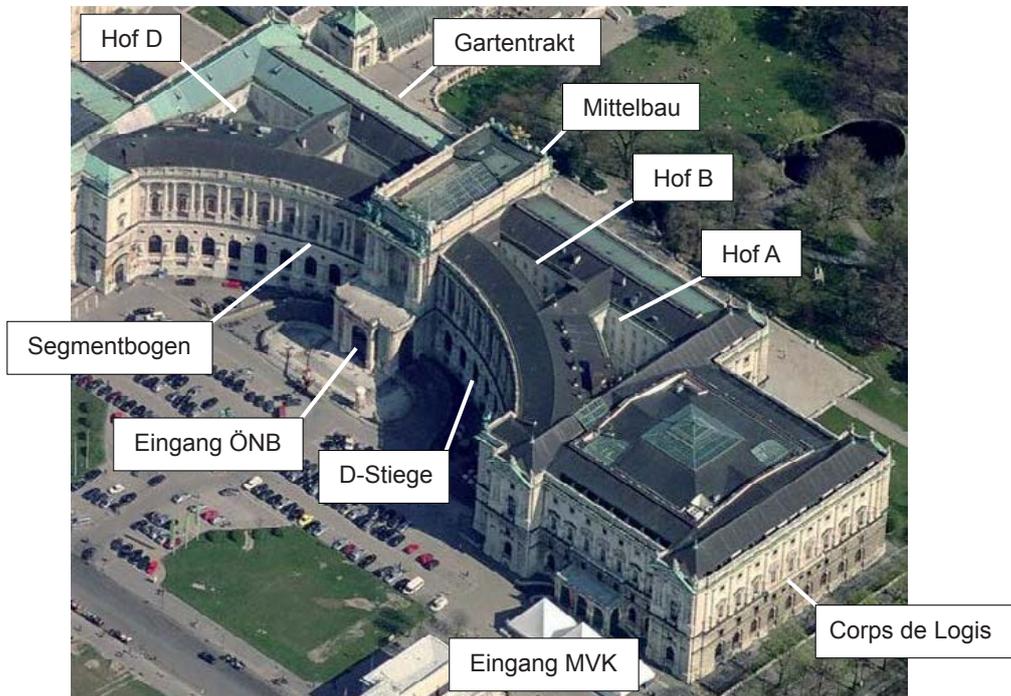
ABSCHNITT C - DAS KONSERVATORISCHE BETRIEBSKONZEPT UND SEINE UMSETZUNG 291

1.	Klimakonzept	293
1.1.	Klimaperioden	295
1.1.1.	<i>Klimatisierungsstrategie während der Übergangsperiode</i>	296
1.1.2.	<i>Klimatisierungsstrategie während der Hochsommerperiode</i>	297
1.1.3.	<i>Klimatisierungsstrategie während der Winterperiode</i>	297
1.2.	Klimaalarm	298
1.2.1.	<i>„Trockenalarm“</i>	298
1.2.2.	<i>„Feuchtealarm“ (Rostalarm, Schimmelalarm)</i>	298
2.	Kontrollierte Inbetriebnahme des Luftbrunnens	299
2.1.	Bauliche Sanierung des Luftbrunnens	300
2.1.1.	<i>Sanierungsmaßnahmen in den Zuluftwegen</i>	300
2.1.2.	<i>Sanierung der Steigschächte</i>	300
2.1.3.	<i>Reinigungs- und Wartungsprogramm</i>	300
2.2.	Computergestützte Klimadatenerfassung	301
2.3.	Fehlfunktionen und Ursachenforschung	305
2.4.	Steuerung der Abluftventilatoren der Depots des MVK	306
2.4.1.	<i>Klimaampel SmartSwitch II</i>	307
2.4.2.	<i>Konfigurationen für die Steuerung der Abluftventilatoren sowie der Drehtür</i>	308
2.5.	Basiskonditionierung der Luftfeuchte	309
2.6.	Steuerung der Drehtür	313
2.7.	Regelklappe für die Zuluft der Säulenhalle/Aula	315
2.8.	Anbindung der SAM an den Luftbrunnen	315
2.9.	Wärmedämmung der Fernwärmerohre	317
2.9.1.	<i>Abschätzung der Wärmeeinträge</i>	319
2.9.2.	<i>Überlegungen zur Minimierung des Wärmeeintrags</i>	320
2.10.	Versorgung der Zuluftführung für Klimadepots MVK mit Außenluft	320
2.11.	Entlüftung Umformerzentrale 1 im Corps de Logis (Nordecke)	320

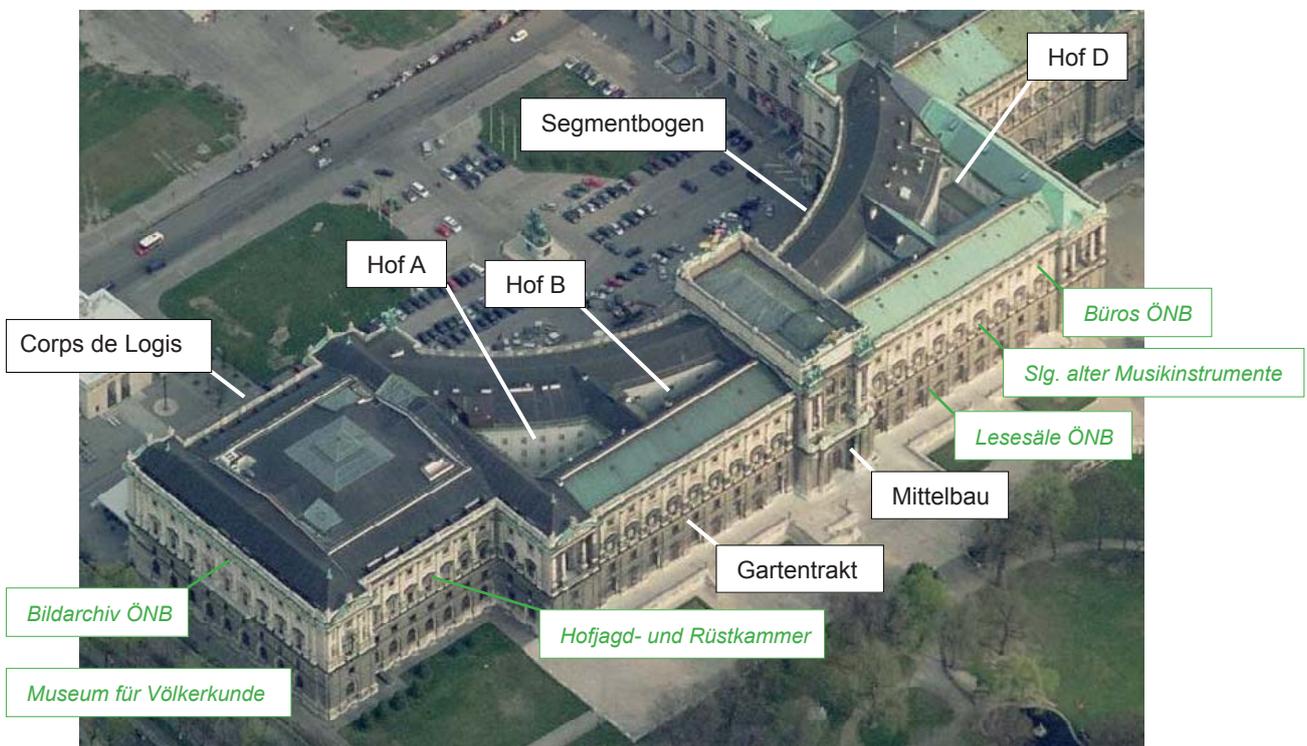
3.	Dichten der Gebäudehülle und kontrollierter Luftwechsel	321
3.1.	Nachdichten der Türen und Fenster	322
3.1.1.	<i>Optimierung der Fugendichtungen</i>	323
3.1.2.	<i>Winddruckbogen</i>	324
3.1.3.	<i>Verringerung des Wärmedurchgangskoeffizienten der Glasflächen</i>	325
3.1.4.	<i>Verbesserung des U-Werts der Balkontür-Füllungen durch „Fensterpölster“</i>	325
3.1.5.	<i>Bauphysikalische Evaluierung der Maßnahmen</i>	326
3.1.6.	<i>Verringerung des Nachbefeuchtungsbedarfs</i>	332
3.2.	Klimaschleusen in den Eingangsbereichen zum Corps de Logis und in die Neue Burg	333
3.2.1.	<i>Eingangsvestibül und Kassenbereich Neue Burg</i>	333
3.2.2.	<i>Klimaschleuse D-Stiege</i>	334
3.3.	Klimaabschnitte	334
3.4.	Quantifizierung des Luftbedarfes und der Luftvolumenströme	334
3.5.	Nachströmung aus dem 2. Keller für Belüftung Prunkstiegenhaus Neue Burg	335
3.6.	Kontrolle der WC-Ventilatoren	336
3.7.	Nachströmung für Restaurierwerkstatt SAM	336
3.8.	Regelungsadaptierung der Klappensteuerung für das Corps de Logis	336
3.9.	Belüftung der Stiegenhäuser	337
4.	Verringerung von Heiz- und Kühllast	339
4.1.	Evaluierung des Heizwärmeverbrauchs	339
4.1.1.	<i>Ehemalige Aufenthaltsräume Aufsichtspersonal OG1 (jetzt KHM-Archiv neu, unten) Raumgruppe 1a</i>	343
4.1.2.	<i>Restaurierwerkstatt SAM inkl. Gang und WC-Gruppe Raumgruppe 1b</i>	343
4.1.3.	<i>Büros SAM und HJRK, ehemaliger Oberaufseherraum Raumgruppe 1c</i>	343
4.1.4.	<i>Aufenthaltsräume und Werkstätte Tapisserien-Restaurierung Raumgruppe 1d</i>	343
4.1.5.	<i>Ausstellungsräume SAM Raumgruppe 2</i>	344
4.1.6.	<i>Büros ÖNB OG2 Burggartenseite Raumgruppe 3</i>	346
4.1.7.	<i>Archiv/Bibliothek ÖNB OG 2 Mittelbau Raumgruppe 4</i>	346
4.1.8.	<i>Büros ÖNB OG2 A-Hof Raumgruppe 5</i>	346
4.2.	Eliminieren von überflüssigen Radiatoren und internen Wärmeemittenten	347
4.3.	Heizung der Säulenhalle/Aula des MVK auf Umluftbetrieb umrüsten	347
4.4.	Umrüsten der Radiatoren auf Bauteiltemperierung (Temperierung Depot, Temperierung MVK)	348
4.4.1.	<i>Nachrüstvariante Zentraldepot Traviatagasse</i>	349
4.4.2.	<i>Saal IV der Gemäldegalerie des KHM</i>	351
4.4.3.	<i>Umbau der Radiatorheizung in der Restaurierwerkstatt der SAM in Sockelheizleiste</i>	352
4.4.4.	<i>Resümee</i>	363
4.5.	Obergeschoßdämmung	365
4.6.	Thermische Verbesserung der Fenster und Außentüren	366
4.7.	Thermische Sanierung Eingangsbereich MVK	367
4.8.	Umbau der Heizungssteuerung von Außenluftfühler auf Bauteilfühler	367
4.9.	Umrüsten von Einzel-Klimageräten auf modifizierte, bedarfsorientierte Außenlüftung	368
4.10.	Verringerung der Kühlleistung durch Außenbeschattung der Fenster und Lichtdächer	368
5.	Sonnen- und Wärmeschutz, passive und aktive Kühlung	369
5.1.	Außenbeschattung aller Fenster der Schausammlungen	369
5.1.1.	<i>Belüftung der Fensterkästen</i>	370
5.1.2.	<i>Begrünte Sonnenschutzschirme vor den Fenstern/Türen der Burggarten-Terrasse</i>	374
5.2.	Außenbeschattung vor den Fenstern im 2. OG und Mezzanin	376
5.3.	Konventionelle variable Außenbeschattung aller Fenster in den Lichthöfen	376

5.4.	Wärmeschutzverglasung bzw. Verbund-Vorsatzflügel an den Innenflügeln der Kastenfenster	377
5.4.1.	<i>Innovative Technologien</i>	377
5.5.	Außenbeschattung der Lichtdächer	377
5.6.	Dämmung der Obergeschossdecken	378
5.7.	Hinterlüften der Dachböden	378
5.8.	Streckmetallbleche als Vorbeschattung der Blechdächer	378
5.9.	Adiabatische Kühlung der Dachhaut.	379
5.10.	Sonnenkollektoren bzw. Photovoltaikpaneele	379
6.	Energieverbrauch und Innere Lasten senken	383
6.1.	Voraussetzungen	383
6.2.	Eliminieren überflüssiger Leuchtmittel.	384
6.3.	Austausch der Leuchtmittel	384
6.4.	Differenziertes Beleuchtungskonzept Sommer – Winter	385
6.5.	Steuerung der Beleuchtung durch Bewegungsmelder	385
6.6.	Eliminieren interner Wärmeemittenten und Stand-by-Verbraucher.	385
6.6.1.	<i>Büroarbeitsplätze</i>	385
6.6.2.	<i>Fotokopiergeräte</i>	386
6.7.	Warmwasserbereitung auf 5 Liter-Boiler oder elektrische Durchlauferhitzer umstellen	386
6.8.	Kontrollierte Belüftung des Ringkanals	386
6.9.	Evaluierung von Kühlgeräten	387
6.10.	Sonstiges	387
7.	Physiologische Überlegungen, Hygiene	389
7.1.	Erhöhung der Behaglichkeit	389
7.2.	Reinigungsintervalle der Luftbefeuchter	389
7.3.	Schimmelprävention	390
7.4.	Staubprävention.	390
7.5.	Reinigungsplan für den Luftbrunnen	390
8.	Stadtökologische Aspekte	393
8.1.	Senkung der Oberflächentemperaturen und Erhöhung der Albedo	393
8.2.	Grünflächen	394
8.3.	Dach- und Fassadenbegrünung	395
8.3.1.	<i>Gründächer</i>	395
8.3.2.	<i>Vorbehalte</i>	398
9.	Schlussbetrachtung	401
9.1.	Zu erwartende Energieeinsparung	402
9.2.	Prioritätenreihung.	403
9.3.	Grobkostenschätzung zur Umsetzung des Gesamtkonzepts	405
9.4.	Konservatorisch relevante strukturelle Verbesserungen	406
ABSCHNITT D - ANHANG		409
Anhang I - Grundrisse und Schnitt des Corps de Logis		410
Anhang II - Grundrisse und Schnitte der Neuen Burg		419
Anhang III - Funktionsmatrix der Lüftungsventilatoren		428
Anhang IV - Protokoll der Wärmeverbräuche		429
Anhang V - Konfiguration der Klimaampel		430
Anhang VI - Entwurf für ein konservatorisches Betriebshandbuch		433
LITERATUR		443

Die Neue Burg, ihre Gebäudeteile und Nutzer



Ansicht von Westen



Ansicht von Süden

Foto: www.bing.com/maps; 19.05.2011

ABSCHNITT A - EINFÜHRUNG

1. Zur Themenstellung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, Grundlagen zu entwickeln, die zur Erstellung eines ganzheitlichen, raum- und institutionsübergreifenden konservatorischen Klima- und Betriebskonzepts für die vorwiegend als Museum genutzte Neue Burg in Wien notwendig sind. Die Arbeit dokumentiert den Erfahrungsprozess, der mit den seit 1985 unternommenen Bemühungen verbunden war, für die in der Neuen Burg untergebrachte Sammlung alter Musikinstrumente des Kunsthistorischen Museums jene schadenspräventiven klimatischen Rahmenbedingungen ganzjährig und gesichert herzustellen, die in der konservatorischen Fachliteratur empfohlen, am Institut für Konservierung und Restaurierung der Akademie der bildenden Künste gelehrt und in den eigenen Leihverträgen gefordert werden.

Der Grundgedanke einer ganzheitlichen, „ökologischen“ Sichtweise geht auf die Erfahrungen vor und nach der 1988 – 1993 erfolgten Generalsanierung der Sammlung alter Musikinstrumente zurück, in der – auch nach umfangreichen Verbesserungs-Maßnahmen – während der Sommermonate nahezu die gleiche thermische Belastung der Sammlungsräume besteht wie zuvor und weitere Klimaschäden an Objekten auftraten. Dies zeigt, dass der konventionelle, in der heutigen Gebäude- und Klimatechnik gepflogene Ansatz, das Innenraumklima vorwiegend durch technische Manipulation der Raumluft zu konditionieren, zur Lösung der konservatorisch-klimatischen Probleme nicht ausreicht. Der hier verfolgte Ansatz der *passive climate control* geht von der Annahme aus, dass sich bei bauphysikalischer Optimierung der Gebäudehülle und Vermeidung der klimarelevanten Ursachen sowie besonnenem und problemorientiertem Nutzerverhalten, ein stabiles und schadenspräventives Klima „von selbst“ einstellt.

Dazu ergänzend wird ein systemtheoretisch inspirierter Blick auf die Organisation „Museum“ und das Verhalten der für das „System Museum“ relevanten Akteure geworfen.

1.1. „Ökosystem Museum“

Der Begriff „*Oekologie*“ (von griechisch *οικος*: „Haus“, „Haushalt“ und *λογος*: „Lehre“, also „Lehre vom Haushalten“) wurde 1866 vom deutschen Biologen Ernst Haeckel geprägt (HAECKEL 1866: 286). Sie befasst sich mit einem Teilgebiet der Biologie, welches die Beziehungen der Organismen untereinander und mit ihrer Umwelt erforscht: *„Unter Oecologie verstehen wir die gesammte Wissenschaft von den Beziehungen des Organismus zur umgebenden Aussenwelt, wohin wir im weiteren Sinne alle „Existenz-Bedingungen“ rechnen können. [...] Zu den anorganischen Existenz-Bedingungen, welchen sich jeder Organismus anpassen muss, gehören zunächst die physikalischen und chemischen Eigenschaften seines Wohnortes, das Klima (Licht, Wärme, Feuchtigkeits- und Electricitäts-Verhältnisse der Atmosphäre), die anorganischen Nahrungsmittel, Beschaffenheit des Wassers und des Bodens etc . Als organische Existenz-Bedingungen betrachten wir die sämtlichen Verhältnisse des Organismus zu allen übrigen Organismen, mit denen er in Berührung kommt. [...] Der ausserordentlichen Bedeutung dieser Verhältnisse entspricht aber ihre wissenschaftliche Behandlung nicht im Mindesten. [...] die Beziehungen desselben zur Aussenwelt, die Stellung, welche jeder Organismus im Naturhaushalte, in der Oeconomie des Naturganzen einnimmt, [hat man] in hohem Grade vernachlässigt.“*

Einführung

Projiziert man den Begriff „Museumsobjekte“ metaphorisch auf den Begriff „Organismen“, so erhält man (nach geringfügiger Modifizierung einiger spezifisch biologischer Begriffe) vor allem in der letzten Bemerkung eine aktuelle Betrachtung und Bilanz der Situation in den meisten Museen weltweit: Die Arbeit mit den Objekten auf der einen Seite sowie Management, Haustechnik, Ausstellungsplanung und -abläufe, Gebäudeerhaltung, Besucherverkehr, etc. auf der anderen Seite – alle diese Teilaspekte des Museumsbetriebes werden oft weitgehend unabhängig voneinander abgewickelt, ohne dass Überlegungen oder Konzepte bezüglich der Auswirkungen auf das Gesamtsystem Museum im Sinne seiner ursprünglichen konservatorischen Kernaufgaben angestellt werden. Das Betreiben eines Museums erfordert somit eine ganz spezielle Art des „Haushaltens“, also eine „ökologische“ Herangehensweise.

Die Kernaufgaben eines Museums werden im ICOM Code of Ethics, dessen Beachtung als „international anerkannter Standard“ auch in der Museumsordnung für das Kunsthistorische Museum gefordert wird (→ Kap. B.1.1.2.), definiert: *„Ein Museum ist eine gemeinnützige, auf Dauer angelegte, der Öffentlichkeit zugängliche Einrichtung im Dienste der Gesellschaft und ihrer Entwicklung, die zum Zwecke des Studiums, der Bildung und des Erlebens materielle und immaterielle Zeugnisse von Menschen und ihrer Umwelt beschafft, bewahrt, erforscht, bekannt macht und ausstellt.“* (ICOM CODE 2006: 29).

Durch Maßnahmen der „Präventiven Konservierung“ sind Aufbewahrungsbedingungen zu schaffen, die die physische Beschädigung der Objekte verhindern, chemische Alterungsprozesse soweit wie möglich verlangsamen und restauratorische Eingriffe hintanhaltend bzw. Interventionen hinauszögern. Burmester definiert die dazu notwendigen Maßnahmen wie folgt: *„Die Präventive Konservierung bündelt eine Vielzahl indirekter, auf den dauerhaften Erhalt von Kulturgut ausgelegte Maßnahmen und bemüht sich dabei um eine ganzheitliche, interdisziplinär getragene Sicht der Problematik des Erhaltes von Kulturgut. Durch die Schaffung von geeigneten Raumhüllen, verbesserten Klima-, Licht- und Raumluftbedingungen oder der Optimierung von Transportprozessen u. a. trägt sie damit nachhaltig zum Erhalt ganzer Sammlungsbestände oder -komplexe bei. Im Vordergrund steht eine sorgsame Analyse, Bewertung und Minimierung aller Risiken. Die Präventive Konservierung ist ein wirksames und auf lange Sicht wirtschaftliches Mittel, intervenierende direkte Maßnahmen an einzelnen Objekten auf ein Minimum zu reduzieren. Die Präventive Konservierung bindet alle im Umgang mit dem Kulturgut Betraute verantwortlich ein.“* (BURMESTER 2001: 77).

Zwischen 1989¹ und 2006² wurden fast alle Sammlungen bzw. Häuser der österreichischen Bundesmuseen einer Generalsanierung unterzogen. Seit Jahren fällige Verbesserungen an der Bausubstanz, der Infrastruktur und Ausstattung in den Sammlungen, Büros und Werkstätten wurden unter Einsatz der so genannten „Museumsmilliarde“ durchgeführt. Von außen betrachtet, also aus der Sicht der Besucher, ist die „Sammlung Österreich“³ sehr gut aufgestellt und kann sich mit ihrer repräsentativen Erscheinung und auch konzeptionell im internationalen Vergleich sehen lassen. Dennoch sind, nach derzeitigem Kenntnisstand, nur einige wenige sanierte Häuser bzw. Teilsammlungen imstande, ganzjährig und zuverlässig, d. h. auch bei kritischer Witterung, jene weltweit akkordierten schadenspräventiven Klima- und Aufbewahrungsbedingungen einzuhalten, wie sie auch in den jeweils eigenen Leihverträgen gefordert werden.

Von der Öffentlichkeit weitgehend unbemerkt, aber für die zuständigen Mitarbeiter/innen immer wieder relevant, weisen fast alle Sammlungen des Kunsthistorischen Museums, das Museum für Völkerkunde

1 Beginn der Sanierung der Gemäldegalerie des Kunsthistorischen Museums

2 Teilwiedereröffnung des Museums für Völkerkunde

3 Einer der Schlüsselbegriffe der von BM Claudia Schmidt 2008 initiierten Museumsreform.

sowie das Technische Museum Wien und das alte Haus-, Hof- und Staatsarchiv (u. a.) auch nach ihrer Wiedereröffnung, vor allem bei kritischen meteorologischen Gegebenheiten, konservatorische Rahmenbedingungen auf, die sowohl der einschlägigen Literatur (→ B.5.) als auch dem ursprünglich vorgegebenen Sanierungsziel widersprechen⁴. Die genannten Institutionen mussten entweder mit großem finanziellem Aufwand nachgerüstet werden oder warten z. T. seit über 20 Jahren darauf⁵.

Studien oder Projekte bezüglich *risk assessment und risk management*, wie sie etwa in England (*National Trust, English Heritage Collections*) und in den skandinavischen Ländern seit den 1990er-Jahren vorangetrieben werden (WALLER 1994; BROKERHOF 2007; FRY e. a. 2007; REILLY e. a. 2007), sind mir aus Österreich nicht bekannt.

Appelle zum Energiesparen fanden bei der Erstellung der Sanierungskonzepte kaum Berücksichtigung; im Regelfall standen ästhetisch-gestalterische und didaktisch-konzeptionelle Überlegungen im Vordergrund. Konservatorisch begründeten Einwänden und Alternativvorschlägen wurde meist weniger Gewicht beigemessen, sodass die meisten Sammlungen nach ihrer Sanierung deutlich höhere Energie- und Betriebskosten aufweisen als zuvor⁶. Die immer komplexer werdenden Entscheidungs- und Arbeitsabläufe, der ständig steigende Arbeits- und Kostendruck und die alljährlich wiederkehrende, unlösbar scheinende Klimaproblematik haben aufgrund der Erfahrung der damit verbundenen fortschreitenden Schäden zu einer schleichenden Ermüdung und Frustration unter den betroffenen Mitarbeiter/innen geführt. Kurz: Der Museumsbetrieb kostet immer mehr Geld, aber die aufgebrachten Mittel werden immer weniger in langfristig substanzerhaltende Maßnahmen für die Objekte sondern in kurzfristige medienwirksame Projekte und Sonderausstellungen investiert. Die genannten Phänomene sind jedoch nicht auf Österreich beschränkt, sondern finden sich in Varianten wohl in der Mehrzahl der großen internationalen Museen: Im Oktober 2008 wurde – aufgrund ähnlicher Erfahrungen in Deutschland – an der TU Braunschweig (Institut für Gebäude- und Solartechnik) in Kooperation mit sechs weiteren Institutionen ein Forschungsprojekt zur nachhaltigen Sanierung von Museumsbauten ins Leben gerufen (KLEMM 2009).

Einer der Gründe für dieses Faktum liegt darin, dass die den Entscheidungsfindungen und daraus folgenden Sanierungs- und Betriebskonzepten zugrunde liegende traditionell-hierarchische, tendenziell lineare Denkweise („Einliniensystem“, KONRAD 2008: 239) für die vernetzte Wirklichkeit dieses im Lauf der Zeit unmerklich immer komplexer gewordenen, dynamischen Systems nicht (mehr) geeignet ist: In einem Museum agieren und entscheiden sehr unterschiedliche Protagonisten (Geschäftsführung, Organisationseinheiten, wissenschaftliche KuratorInnen, Gebäudemanagement, Haustechniker, Restaurator/innen, Aufsichts- und Verwaltungspersonal), mit jeweils sehr unterschiedlichen Anforderungs- und Ausbildungsprofilen. Die unmittelbar Verantwortlichen (Kunsthistoriker/innen und kaufmännische Geschäftsführung, Verwaltungs- und Baufachleute) haben meist jedoch keine konservatori-

4 In den genannten Institutionen sind über mehrere Jahre, mit jeweils unterschiedlicher Verteilung dokumentiert: Sommerliche Raumtemperaturen bis zu über 32 °C; Werte der relative Feuchte im Winter bis zu 15 %; unkontrollierter Luftwechsel mit stark schwankenden Klimaverläufen; Lichtdächer, verglaste Liftschächte und mit schwarzer Folie abgeklebte Fenster als „Sonnenkollektoren“; ungelöste Staub-, Kondensat- und Schimmelproblematik; elektrische Anschlussleistung von bis zu 30 W/m², etc.

5 Für die Sammlung alter Musikinstrumente wird seit 1988 die Reaktivierung der originalen Lüftungsschächte gefordert.

6 Damit ist explizit nicht die Elektrifizierung von zuvor unbeleuchteten Sammlungen gemeint (wie etwa die Ägyptisch-Orientalische Sammlung des Kunsthistorischen Museums), sondern der überbordende Einsatz von Haustechnik sowie der rein effektgestalterische Einsatz von Beleuchtungstechnik. Nach vorsichtigen Schätzungen verbrauchen einige Sammlungen (flächenbereinigt) für Beleuchtung und Klimatisierung mehr als das Fünffache anderer Sammlungen mit gleich guten (bzw. schlechten) Klimabedingungen (vgl. CASSAR 1994).

Einführung

sche und museologische Vorbildung oder Erfahrung; jeglicher Wissensstand stammt überwiegend aus zweiter Hand. Aus vielen für die Museumsobjekte konservatorisch relevanten Entscheidungsprozessen werden Restaurator/innen herausgehalten; auch wird der für sie typischen, oft als „emotional“ wahrgenommenen Formulierung eines Problems bzw. dem zögernd-vorsichtig, fragend-intuitiven Zugang zu dessen Lösung mehrheitlich mit Skepsis begegnet, obwohl Warnungen vor oder Vorhersagen von Problemen signifikant häufig eingetroffen sind.

Aus den jeweils unterschiedlichen und mitunter diametralen Sichtweisen und kurzfristig angepeilten Zielvorgaben entstehen komplizierte, konflikträchtige wechselseitige Beziehungen und Rückkopplungsprozesse, für deren Verständnis, Steuerung und positive Auflösung eine neue, offene, ganzheitliche – eben: systemische – Denk- und Herangehensweise erforderlich wäre. Dazu ist allerdings ein Paradigmenwechsel notwendig.

Dieser in den 1980er-Jahren aufkommende Begriff wurde vor allem von dem an der Universität von Kalifornien lehrenden österreichischen Physiker und Vorreiter des wissenschaftlich-ganzheitlichen Denkens, Fritjof Capra, verwendet: *„Das jetzt im Entstehen begriffene neue Paradigma kann als ganzheitliches Weltbild bezeichnet werden, in dem die Welt nicht als eine Ansammlung isolierter Teile gesehen wird, sondern als integriertes Ganzes. Es kann auch ein ökologisches Weltbild genannt werden, wenn das Wort „ökologisch“ in einem viel breiteren und tieferen Zusammenhang gebraucht wird, als es allgemein üblich ist. Ökologisches Bewusstsein in diesem tiefen Sinn ist das Bewußtsein der wechselseitigen Verknüpfung und Abhängigkeit aller Phänomene – das Bewußtsein, dass wir als einzelne und als Gesellschaft in die zyklischen Prozesse der Natur eingebettet und eingebunden sind.*

In der Naturwissenschaft bietet die in den letzten Jahrzehnten entwickelte Theorie lebender Systeme [...] den idealen Rahmen zur wissenschaftlichen Formulierung des ganzheitlichen ökologischen Denkens. Lebende Systeme – Organismen, soziale Systeme oder Ökosysteme – sind integrierte Ganzheiten, deren Eigenschaften sich nicht auf die kleineren Einheiten reduzieren lassen. Statt auf Grundbausteine konzentriert sich die Systemtheorie auf grundlegende Organisationsprinzipien. [...] Das systemische Denken ist heute auf allen Gebieten dringend nötig, da die kritischen Probleme unserer Zeit globale systemische Probleme sind, die nur durch einen systemischen (ganzheitlich-ökologischen) Ansatz gelöst werden können. Und da lebende Systeme als individuelle Organismen, Sozialsysteme und Ökosysteme einen so weiten Bereich umfassen, bietet die Systemtheorie den idealen Rahmen, um viele isolierte, bruchstückhaft gewordene Fachgebiete zu vereinen. [...]

Systemisch denken heißt vernetzt denken – nicht nur im Raum, sondern auch in der Zeit. Es bedeutet nicht nur zu erkennen, wie die wesentlichen Probleme unserer Zeit untereinander verknüpft sind, sondern auch zu sehen, wie sich verschiedene Lösungsversuche auf zukünftige Generationen auswirken könnten. Aus systemischer Sicht sind nur jene Lösungen akzeptabel, die langfristig tragbar („sustainable“) sind.“ (CAPRA 1992).

Damit erhalten alle Entscheidungen, seien sie von privater oder von öffentlicher Hand, eine gesellschaftspolitische zukunftsrelevante Dimension.

Dieser Blickwinkel – verantwortungsvolles „nachhaltiges“ Handeln im Hinblick auf eine zukünftige mögliche Auswirkung – gehört zum Selbstverständnis des Restauratorenberufes. Aufgrund dieser Affinität zum Begriff der „Nachhaltigkeit“ sind einige Überlegungen, die nicht nur die technologischen Details sondern auch die zukünftige gesellschaftspolitische Entwicklung in den Blick nimmt, bewusst an den Beginn dieser Arbeit gestellt.

Exkurs

Der Begriff der nachhaltigen Entwicklung („*sustainability*“) wurde erstmals 1987 von der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung im sog. Brundtland-Bericht⁷ (HAUFF 1987) auf zwei Arten definiert:

1. „*Humanity has the ability to make development sustainable to ensure that it meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.*“ (Häufig findet man folgende deutsche Version: „*Nachhaltige Entwicklung ist eine Entwicklung, die die Lebensqualität der gegenwärtigen Generation sichert und gleichzeitig zukünftigen Generationen die Wahlmöglichkeit zur Gestaltung ihres Lebens erhält.*“) ⁸

2. „*Yet in the end, sustainable development is not a fixed state of harmony, but rather a process of change in which the exploitation of resources, the direction of investments, the orientation of technological development, and institutional change are made consistent with future as well a present needs.*“ ⁹

Die Veröffentlichung des Brundtland-Berichts kann als sichtbarer Ausdruck des von Capra genannten Paradigmenwechsels gedeutet werden und markiert den Beginn des weltweiten Diskurses über Nachhaltigkeit bzw. nachhaltige Entwicklung. 1989 folgte die Einberufung der *Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung*, die im Jahr 1992 in Rio de Janeiro stattfand. Um den Brundtland-Bericht in internationales Handeln umzusetzen, wurde die Agenda 21 beschlossen - ein entwicklungs- und umweltpolitisches Aktionsprogramm für das 21. Jahrhundert. Dieses Leitpapier zur nachhaltigen Entwicklung wurde von 172 Staaten, darunter auch von Österreich, auf der „*Konferenz für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen*“ (UNCED) 1992 in Rio de Janeiro akkordiert. Nachhaltige Entwicklung – und damit die Agenda 21 – wurde vielerorts zur Leitlinie öffentlichen Handelns erklärt. Damit wurden nicht nur internationale Organisationen und nationale Regierungen angesprochen, sondern auch alle weiteren politischen Ebenen aufgefordert, im Sinne dieser Ziele zu handeln. Gemäß Kapitel 28 („Initiativen der Kommunen zur Unterstützung der Agenda 21“) sind viele der globalen Probleme am besten auf der örtlichen Ebene zu lösen. Unter dem Motto „Global denken – lokal handeln“ wurde deshalb jede Verwaltungsebene der 172 Unterzeichnerländer aufgefordert, eine eigene (lokale) Agenda 21 zu erarbeiten.

Beim 2002 in Johannesburg abgehaltenen „Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung“ erklärten die Vertreter der Kommunen nach 10 Jahren nur mittelmäßiger Erfolge der „Lokalen Agenda 21“, sich in den nächsten zehn Jahre für eine verstärkte Umsetzung der „Agenda 21“-Ziele durch *local action 21*-Kampagnen einzusetzen ¹⁰. 2009 traf sich die Weltgemeinschaft zum Weltklimagipfel in Kopenhagen; die hoch gesteckten Erwartungen blieben wiederum weitgehend unerfüllt.

Einen weiteren entscheidenden Impuls für die vorliegende Arbeit bildete das von Dennis Meadows, seiner Frau Donella und Jørgen Randers 2006 herausgegebene Buch „Die Grenzen des Wachstums“, das drei Jahrzehnte nach dem ersten Bericht Meadows' 1972 an den Club of Rome eine Bilanz zu den damaligen Aussagen zieht (MEADOWS 2006 / 3. akt. Auflage 2009). Das mit großer wissenschaftlicher Redlichkeit verfasste Buch enthält explizit keine pessimistischen Unglücksprophezeiungen, sondern versteht sich als eindringliche Mahnung, dass ungebremstes (exponentielles) Wachstum auf unserem endlichen Planeten zwangsläufig innerhalb weniger Jahrzehnte zu einem Systemzusammenbruch führen muss. Jedes Hinausschieben der dringend notwendigen „nachhaltigen Revolution“ wird die Dramatik der Krise nur weiter verstärken. Am Schluss des Buches finden sich konkrete Hinweise, welche Voraussetzungen für diese nachhaltige Revolution (vergleichbar mit der landwirtschaftlichen Revolution am Ende der Jungsteinzeit, die zu Ackerbau und Städtebau geführt hat sowie mit der industriellen Revolution, die den technischen Fortschritt ermöglichte) erfüllt sein müssen.

7 benannt nach der norwegische Ministerpräsidentin Gro Harlem Brundtland, die in dieser Kommission den Vorsitz führte.

8 Brundtland-Bericht, Kapitel 3, § 27 (www.bne-portal.de; 10.04.2011). Diese Definition der intergenerativen ökologischen Gerechtigkeit (Generationengerechtigkeit) ist Bestandteil aller danach vereinbarten Internationalen Umweltabkommen.

9 Brundtland-Bericht, Kapitel 3, § 30 (www.bne-portal.de; 10.04.2011). Diese Definition wird seltener zitiert. Sie enthält die Forderung nach einer ganzheitlichen Verhaltensänderung, was unter den derzeitigen politischen und wirtschaftlichen Entscheidungsträgern kaum Anerkennung und akkordierte Zustimmung findet.

10 Die Agenda 21 wird von den meisten politischen Lagern kritisiert. Hauptkritikpunkte sind das Auseinanderklaffen von Vision und Wirklichkeit, mangelnde Transparenz bei den Agendazielen und dem Umsetzungsprozess, Verwendung von mehrdeutigen Modewörtern und fehlende demokratische Prozesse. Von NGOs wird insbesondere die Zusammenarbeit mit Großkonzernen, Befürwortung der Atom- und Gentechnik sowie der Globalisierung und das Festhalten an der „Wachstumsideologie“ angeprangert. (www.nachhaltigkeit.info/artikel/agenda_21_744.htm; 10.04.2011)

Einführung

Dieser Exkurs unterlegt die Feststellung, dass auch 35 Jahre nach dem ersten Bericht des *Club of Rome*, 23 Jahre nach dem Brundtland-Bericht und 18 Jahre nach der Konferenz von Rio de Janeiro, die Überlegungen zur Nachhaltigkeit im Bewusstsein und Handeln der Mehrzahl der Verantwortlichen – angefangen von politischen Parteien und Interessensvertretungen, über die gesetzgebenden Institutionen und nachgeordneten Verwaltungseinheiten bis hin zu den einfachen Bürger/innen – noch nicht internalisiert worden sind. Die Ausgliederung einzelner Verwaltungseinheiten wie etwa die Museen, die Universitäten oder auch die ehemalige Bundesgebäudeverwaltung, und ihre Umwandlung in privatrechtlich geführte, auf Selbstfinanzierung ausgerichtete Gesellschaften hat zwar den Entscheidungsspielraum der einzelnen Geschäftsführungen beträchtlich erweitert; langfristig wirksame, nachhaltige Systemänderungen und Investitionen wurden dadurch aber wieder nicht forciert, im Gegenteil: So wird etwa die ausgegliederte Bundesimmobiliengesellschaft (BIG) oder die Burghauptmannschaft Österreich (BHÖ) nur zögerlich Initiativen zur thermischen Sanierung eines von ihr verwalteten Gebäudes ergreifen, weil der „Gewinn“, nämlich die Verringerung der Heizwärmeverluste und Betriebskosten nicht ihnen, sondern den – ebenfalls ausgegliederten und aus Steuermitteln basisfinanzierten - eingemieteten Nutzern, also etwa einer Universität, einer Verwaltungseinheit oder einem Museum zugute kommt. Dies zeigt exemplarisch, dass die herkömmlichen Konzepte die aus eben diesen linearen Denkmustern resultierenden Probleme unseres hochkomplex gewordenen Gesellschafts- und Wirtschaftssystems nicht zu lösen vermögen. Die Phänomene haben sich in fast allen Institutionen im letzten Jahrzehnt durch Rückkoppelungsschleifen drastisch verstärkt; die Systemkrise wird sich durch Verknappung der Mittel noch weiter zuspitzen, ehe eine Änderung in Richtung Nachhaltigkeit, Kooperation und Eigenverantwortung erfolgt. Ein Ausweg ist jedoch möglich, wenn im Sinne der Agenda 21 jede/r Einzelne beginnt, global denkend im jeweiligen Wirkungsfeld lokal zu handeln – und zwar so, dass jeder Entscheidungsschritt auf seine möglichen positiven oder negativen Auswirkungen in der Zukunft überdacht wird.

Das Unbehagen bezüglich der nach außen hin wahrnehmbaren Entwicklung der Museen wurde bereits 1993 vom deutschen Kunsthistoriker Helmut Börsch-Supan in einer kleinen Studie formuliert. Zu einer Zeit, in der weltweit kostenintensive Blockbuster-Großausstellungen inszeniert wurden, weist er auf die sich anbahnende Krise der Kunstmuseen, aber auch auf die damit verbundenen „Chancen, Gefährdungen und Aufgaben in mageren Jahren“ hin (BÖRSCH-SUPAN 1993). Mehrere Faktoren deuten darauf hin, dass sich die kritische Situation in den Museen mit steigendem Kostendruck zunehmend verschärfen wird. Daraus resultieren als programmatische Kernaussage für die vorliegende Arbeit folgende Überlegungen:

- ***Der ständig steigende Einsatz von technisch gestützter Klimatisierung in den letzten 30 Jahren hat in den Museen zu keiner signifikanten Verbesserung der schadenspräventiven Klima- und Aufbewahrungsbedingungen geführt, dafür aber zu einer zunehmenden Kostensteigerung im Bereich der Haustechnik sowie im laufenden Betrieb. Dabei zeigte sich, dass die ursachenrelevanten bauphysikalischen Einflüsse der Gebäudehülle weit wichtiger zu bewerten sind als eine immer ausgefeiltere Symptombekämpfung mittels Klima- und Gebäudeleittechnik. Die thermische Sanierung eines Gebäudes hingegen, verbunden mit kontrolliertem Luftwechsel und möglichst wenig anlagen- und regeltechnischen Eingriffen bewirken sowohl stabilere und schadenspräventive Klimabedingungen für die Objekte als auch eine deutliche Reduktion der Gesamtkosten. Eine Trendumkehr kann jedoch nur durch ein übergreifendes, im Einklang mit den bauphysikalischen Gegebenheiten entwickeltes konservatorisches Betriebskonzept erreicht werden.***

- **Dem vorliegenden Konzept liegt die Annahme zugrunde, dass es mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit im Zuge einer weiterhin weltweiten krisenhaften Wirtschaftsentwicklung über längere Zeit zu Engpässen in der Energieversorgung kommen könnte. Ein Klimakonzept für ein Museum kann dann als „nachhaltig“ bezeichnet werden, wenn aufgrund der baulichen Gegebenheiten und eines ausgearbeiteten Klimaalarmplanes auch ein längerer technischer Anlagenausfall im Hochsommer bzw. bei tiefem Frost im Winter nicht zwangsläufig zu einem Klimakollaps mit irreversiblen Schäden für große Teile des Objektbestands führt.**
- **Ein neues, auf Kooperation und Nachhaltigkeit aufgebautes Wirtschaftssystem, das auf einem möglichst effektiven Einsatz der vorhandenen, z. T. nicht erneuerbaren Ressourcen basiert, kann nur im eigenen Wirkungsbereich und in kleinen, überschaubaren Einheiten initiiert und umgesetzt werden. Dies sollte möglichst rasch erfolgen. Voraussetzung dafür wäre der politische Wille der Entscheidungsverantwortlichen.**

1.2. Modellfall Neue Burg

Die Neue Hofburg in Wien ist der jüngste und zugleich letzte und unvollendet gebliebene Erweiterungsbau der Kaiserlichen Residenz der Österreich-Ungarischen Monarchie. Sie war ursprünglich als Teil des großen von Gottfried Semper konzipierten „Kaiserforums“ geplant und zunächst als Repräsentations- und Wohntrakt für die kaiserliche Familie vorgesehen.

Der beeindruckende und für Österreich in jeder Hinsicht geschichtsträchtige Bau beherbergt heute in allen Ober- und Untergeschossen wichtige Einrichtungen der Österreichischen Nationalbibliothek. Den Abschluss im Südwesten zum Ring hin bildet das Corps de Logis, von den Wiener/innen seit rund neunzig Jahren als „Völkerkundemuseum“ bezeichnet (Museum für Völkerkunde, MVK); dieses ist jedoch nur im Hochparterre und Mezzanin untergebracht (mit Büros im ausgebauten Dachgeschoss). Im obersten Geschoss befinden sich die Fideikommissbibliothek von Kaiser Franz II. (I.) und die Porträt-sammlung und das Bildarchiv der Österreichischen Nationalbibliothek. In der Öffentlichkeit immer noch relativ wenig bekannt ist, dass im Gartentrakt der Neuen Burg sowie im 1. Stock des Corps de Logis drei wichtige Sammlungen des Kunsthistorischen Museums (KHM) untergebracht sind: Die große Freitreppe im Mittelbau des Segmentbogens führt nicht nur im Hochparterre in die Lesesäle der Nationalbibliothek (ÖNB), sondern bildet auch den Zugang zum Ephesomuseum (als Teil der Antikensammlung), zur Hofjagd- und Rüstkammer (HJRK) sowie zur Sammlung alter Musikinstrumente (SAM), der weltweit ältesten und wohl schönsten Instrumentensammlung dieser Art. Da auch viele Bücher und Schriftwerke der Nationalbibliothek inzwischen Denkmalwert haben, ist evident, dass die Neue Burg überwiegend als Museum genutzt wird. Aus diesem Grund sollte das Gebäude in allen relevanten Bereichen auch die für ein Museum gültigen Aufbewahrungsbedingungen aufweisen, weshalb dem Erhaltungszustand der darin aufbewahrten Kunstwerke und Kulturgüter und ihrem möglichst unbeschadeten Fortbestand für die Zukunft oberste Priorität vor allen anderen ökonomischen, wissenschaftlichen und kulturpolitischen Überlegungen eingeräumt werden müsste.

Betrachtet man die Zeit nach der Wiedereröffnung der Häuser nach dem 2. Weltkrieg, dann zeigt sich, dass solche Aspekte damals nicht im Vordergrund standen. Die Ausstellungskonzepte und getroffenen Maßnahmen waren weitgehend von wissenschaftlichen und ästhetischen Überlegungen sowie von Gesichtspunkten

Einführung

der Repräsentation geleitet. Eine vorwiegend traditionslastige Beamtenhierarchie ohne konservatorisches Fachwissen auf den Gebieten der Museologie und der präventiven Konservierung – dies oft auch auf Seiten der Restaurator/innen – und nicht zuletzt notorischer Geldmangel verhinderten häufig sachlich fundierte Entscheidungen.

Ohne Details vorwegnehmen zu wollen sei hier vorausgeschickt, dass die klimatischen Bedingungen – wie damals in fast allen Bundesmuseen – sowohl für ethnographische Objekte völlig unzureichend waren, insbesondere aber für Musikinstrumente, die wohl zu den empfindlichsten Museumsobjekten überhaupt zählen, vor allem dann, wenn sie auch gespielt werden sollen¹¹.

Mit der Schließung der Sammlung alter Musikinstrumente (SAM) 1988 und ihrer Wiedereröffnung 1993 wurde die Sanierungsphase der Jahre 1989-2006 eingeleitet; 1993-1997 folgte die Hofjagd- und Rüstkammer (HJRK), 1999-2004 das Museum für Völkerkunde (MVK). Doch aus konservatorischer Sicht kann von einer gelungenen Sanierung nicht die Rede sein: Unkontrollierter Luftwechsel bewirkt vor allem bei starkem Wind, bei Hitzeperioden oder bei tiefem Frost ein Durchschlagen der Außenkonditionen in die Sammlungsbereiche. Im baulich und brandschutztechnisch instandgesetzten Hauptdepot des MVK mit über 200.000 ethnografischen Objekten kommt es im Winter zu Klimaeinbrüchen auf bis zu 20 % relative Feuchte, während im Sommer bei Luftfeuchtwerten über 65 % Schimmelgefahr droht. In der nach Südost orientierten SAM überschreitet die Raumtemperatur alljährlich während der Sommermonate nicht nur den konservatorisch und arbeitsrechtlich erwünschten Grenzwert von 26 °C sondern auch die von der ÖNorm B 8110-3¹² geforderte Obergrenze von 27 °C um bis zu 4,5 bzw. 3,5 K.

Daraus kann abgeleitet werden: Es ist nicht möglich, einzelne Teilbereiche eines so großen und komplexen Gebäude partiell zu sanieren oder dauerhaft schadenspräventiv zu konditionieren, da die Eigendynamik des Baukörpers immer stärker ist als alle Maßnahmen zur Bekämpfung schadensgenerierender Effekte. Langfristig zufriedenstellend gelöst werden können die konservatorischen Probleme nur über ein baulich und institutionell übergreifendes Gesamtkonzept; dieses würde für alle Nutzer Vorteile und große Kosteneinsparungen bringen. Diese Tatsachen müssen hier nochmals in Erinnerung gerufen werden, da angesichts der über Jahr(zehnt)e immer wieder aufgezeigten Probleme und vorgebrachten Argumente und Forderungen auch die Meinung vertreten wurde, die Neue Burg sei eben als Museum nicht geeignet, weshalb für besonders empfindliche Objekte (wie etwa die Musikinstrumente) ein anderes Gebäude gesucht oder gebaut werden müsse.

Dieser Ansicht gilt es nachdrücklich zu widersprechen. Vor allem nach der im November 2007 in Kopenhagen stattgefundenen internationalen *Museum-Microclimate*-Konferenz¹³ über präventive Konservierung kann festgestellt werden:

- **Die Neue Burg erfüllt mehr als die meisten neu gebauten Museen die wesentlichen baulichen Voraussetzungen für eine optimale Aufbewahrung von Kunst- und Kulturgut.**
- **Der überwiegende Teil der Klimaprobleme ist selbst verursacht und auf falsche bauliche Eingriffe oder unsachgemäßes Nutzerverhalten zurückzuführen.**

¹¹ Winterliche Raumtemperaturen von 23-25 °C in den überheizten Sammlungsbereichen, mit Werten der relativen Luftfeuchte bis zu unter 20 % rF, waren bis Ende der 1980er Jahre keine Seltenheit. In der Aula des Museums für Völkerkunde wurden bei starkem Frost mehrmals bis zu 9 % Prozent relative Luftfeuchte gemessen. Im Sommer bewirkte ein unzureichender Sonnenschutz auf der Südseite der Neuen Burg einen Anstieg der Raumtemperaturen in den Schausammlungen bis zu über 31 °C; in den Büros im letzten Obergeschoss wurden bis zu 34 °C gemessen.

¹² Obergrenze für Räume, die dem dauernden oder vorübergehenden Aufenthalt von Menschen dienen

¹³ siehe: <http://www.nationalmuseet.dk/sw53828.asp> (3.6.2010)

- **Das „Museum Neue Burg“ könnte aufgrund seiner hervorragenden Bausubstanz mit geringstmöglichem finanziellem und technischem Aufwand bei gleichzeitig hohem Besucher- und Nutzerkomfort nachhaltig betrieben werden.**
- **Um dies zu erreichen, sind überwiegend einfache, gezielte aber in einigen Details grundlegende Maßnahmen notwendig, die eine große Auswirkung für alle Nutzer hätten.**
- **Dies ist jedoch nur dann möglich, wenn alle Nutzer und Verantwortlichen (BHÖ, ÖNB, KHM, MVK) bereit sind, kooperativ und gemeinsam ein nachhaltiges haustechnisches Betriebskonzept zu entwickeln und umzusetzen.**

Die Voraussetzungen sind günstig: Im Gegensatz zu fast allen anderen Bundesmuseen hat die Neue Burg keine gravierenden Kriegsschäden und nach 1945 keine tief gehenden verändernden Eingriffe in die Bausubstanz erfahren. Das Corps de Logis ist der einzige Museumsbau, bei dem das ursprüngliche Be- und Entlüftungssystem (der so genannte „Luftbrunnen“) noch weitgehend intakt geblieben ist und, dank der Umsicht und Kooperationsbereitschaft der BHÖ, in den letzten Jahren baulich und brand-schutztechnisch instand gesetzt wurde.

Mit dem hier vorgestellten Konzept, das in über 25 Jahren intensiver Auseinandersetzung mit dem Bau und seiner Eigendynamik entwickelt wurde, wäre es möglich, die Basiskonditionierung der Zuluft überwiegend über die mechanische Steuerung der großen Drehtür im 2. Keller zu bewirken, wobei die Pufferwirkung der großzügig dimensionierten Mauerflächen bzw. Speichermassen als Temperatur- und Feuchtespeicher eingesetzt wird. Im Winter würde die konservatorisch notwendige Vorbefeuchtung der Zuluft bereits im Kellergeschoss, also noch vor Erreichen der Sammlungsräume, erfolgen und damit den Einsatz von Luftbefeuchtern in den Sammlungsbereichen minimieren. Im Sommer käme es bei plötzlichem witterungsbedingtem Feuchteeintrag aufgrund der Temperaturdifferenz im Keller zu einer moderaten Entfeuchtung der Zuluft. Abgesehen von der Steuerung der Drehtür und der Abluftventilatoren, bzw. von der Nachbefeuchtung würden alle diese Regulationsvorgänge weitgehend selbsttätig, d. h. allein durch die bauphysikalischen Gegebenheiten der Gebäudehülle, nahezu wartungsfrei und betriebskostenlos erfolgen. Darüber hinaus ist das MVK das erste Bundesmuseum, bei dem in den Sammlungsräumen sowie in der Bibliothek eine Bauteiltemperierung (d. i. das Heizsystem mit dem geringsten konservatorischen Schadenspotential, → Kap. C.4.) eingebaut wurde. Ein solches Betriebskonzept für ein Gebäude dieser Größe wäre meines Wissens weltweit das erste dieser Art.

1.3. Notwendigkeit eines Klimakonzepts

Die überwiegende Anzahl der in den letzten 100 Jahren am Kulturgut dokumentierten Schäden sind Klimaschäden. Somit erscheint es zunächst interessant, die Bedingungen zu ergründen, unter denen viele unserer Kunstschatze die davor liegenden Zeiträume von mehreren Jahrhunderten überdauert haben, ohne diese Schäden zu erleiden (→ Kap. A.6.). Tendenziell waren die Aufbewahrungsbedingungen relativ stabil, kühler aber deutlich feuchter als heute; Schäden entstanden mehrheitlich durch Unachtsamkeit, Vernachlässigung und falsche Lagerung bzw. durch Gewalt, Feuchteeinwirkung und Schadinsekten. Im Vergleich zu den Lebensumständen in vorindustriellen Zeiten haben sich die Bedingungen im Laufe des 19. und 20. Jahrhunderts grundlegend geändert: Das Innenraumklima wurde in den letzten 100 Jahren tendenziell immer wärmer, trockener und instabiler, mit allen damit verbundenen Folgen (→ Kap. A.5.).

Einführung

Mit einem konsequent befolgten Klimakzept kann man durch Ursachenvermeidung und unter Berücksichtigung der baulichen Gegebenheiten die schadensfördernden Bedingungen zurückdrängen, die Klimakonstanz erhöhen und bei Extremwetterlagen (bei starkem Frost oder während Hitze- oder Starkregenperioden) gefährliche Klimaeinbrüche vermeiden.

Ein Klimakzept ist jenes Regulativ, das die in unseren Breiten vorherrschenden jahreszeitlich diametralen meteorologischen Extreme, unter Einsatz der dämpfenden Eigenschaften eines großen Baukörpers und unter geringst möglichem Einsatz von Haustechnik und Energie, in einen für die Objekte zuträglichen „Klima-Rahmen“ (Sollwert-Feld) transformiert. Diese Strategie lässt sich mit einem Hochwasserschutz-Kzept vergleichen: Über einen großen Zeitraum scheint es unnötig, aber für einen kurzen Zeitraum entscheidet das Vorhandensein bzw. Fehlen eines solchen Konzepts über Wohl und Weh aller betroffenen Objekte.

1.4. Gliederung

Die vorliegende Arbeit ist in vier Teile gegliedert:

In **Abschnitt A** werden nach der Einführung die Baugeschichte der Neuen Burg, die historisch gewachsenen Gegebenheiten nach 1919 sowie die Sanierungen der einzelnen Sammlungen zwischen 1988 und 2008 beleuchtet. Nach einer Analyse des konservatorisch relevanten Ist-Zustandes werden Kriterien zur Qualitätsbeurteilung eines schadenspräventiven Museumsklimas diskutiert und den damit verbundenen Kosten gegenübergestellt.

Abschnitt B beschreibt und analysiert acht unterschiedliche aber miteinander in ursächlichem Zusammenhang stehende Rahmenbedingungen, die berücksichtigt und akkordiert werden muss(t)en, um ein funktionierendes übergreifendes Klimakzept umsetzen zu können. Dieser ganzheitliche Zugang berücksichtigt nicht nur „objektive“ bauphysikalische Gegebenheiten sondern auch menschlich-subjektive Verhaltensweisen der Angestellten und ansatzweise die systemische Dynamik eines so komplexen Betriebes als gleichwertige wirklichkeitsrelevante Parameter. Da die Ursachen für den unzureichenden Ist-Zustand multifaktoriell sind, kann eine Verbesserung auch nur über einen ganzheitlichen Lösungsansatz erzielt werden.

In **Abschnitt C** wird zunächst das eigentliche Klimakzept vorgelegt und anschließend sieben Themenkreise abgesteckt, deren aufeinander abgestimmte Umsetzung sowohl kurz- bis mittelfristig zu einer nachhaltigen Verbesserung der konservatorisch-klimatischen Situation für alle Nutzer, als auch langfristig zu einer deutlichen Senkung der Betriebskosten führen wird. Die Themengebiete sind in mehr als 40 Module unterteilt, die hinsichtlich ihrer konservatorischen Relevanz besprochen werden. Es wird eine Grobkostenschätzung für die vorgeschlagenen Maßnahmen erstellt.

In **Abschnitt D** befindet sich der Anhang. Abschließend wird ein Entwurf für ein konservatorisches Betriebshandbuch für die Neue Burg vorgelegt.

2. Geschichtlicher Überblick über Bau und Nutzung der Neuen Hofburg

Das ursprüngliche Be- und Entlüftungssystem der Neuen Burg (→ Kap. B.2.2.), das im Corps de Logis im Prinzip klar erkennbar und baulich durchgestaltet ist, ist im monumentalen Gartentrakt und im Segmentbogen weitgehend ungeklärt. Es wurde entweder nie endgültig ausgeführt oder durch spätere Eingriffe so maßgeblich gestört, dass heute nur ein einziger großer Zuluftschacht zweifelsfrei von seinem Ursprung im 2. KG bis ins 2. OG lokalisiert werden kann. Von mehreren anderen Schächten kennt man zwar die Lage, nicht aber ihren genauen Zweck (Heizluft, Zu- oder Abluft?); auch Steuerelemente (Klappen, Seilzüge, etc.) sind nicht (mehr) vorhanden. Diese Ungereimtheiten sind z. T. aus der komplexen Bau- und Nutzungsgeschichte der Neuen Burg erklärbar, die hier in knapper Form nachgezeichnet werden soll¹⁴.

2.1. Abriss zur Baugeschichte 1881 – 1918

Die Anlage der Neuen Burg geht in ihrer grundsätzlichen Idee auf die von Gottfried Semper (1803-1876) und Carl v. Hasenauer (1833-1894) entwickelten Pläne des sogenannten „Kaiserforums“ von 1870 zurück, das bekanntlich, trotz unzähliger Abänderungen und Modifikationen, nie zur Ausführung gelangte. Semper, der 1871 wegen des prominenten Auftrags zum Bau der Hofmuseen, des Burgtheaters samt Kulissendepot und des Erweiterungsbaus der Hofburg nach Wien übersiedelt war, zog sich 1876 nach Differenzen mit Hasenauer aus dem Projekt zurück. Letzterer bemühte sich nun um die alleinige Bauleitung für das gewaltige Bauwerk.

Am 31. Oktober 1881 genehmigt das *Hofbaucomité* den „Bau des neuen Burgflügels am Kaisergarten“. In der gleichen Sitzung wird auch beschlossen, dass im Hinblick auf die vorgesehenen Heizungs- und Lüftungsanlagen unter dem ganzen neuen Gebäude, (mit Ausnahme des Wohntrakts gegen den Garten) doppelte Keller angelegt werden sollen. Dies ist für die vorliegende Fragestellung von besonderem Interesse, da durch diese Entscheidung die Grundstruktur für das heute noch bestehende Lüftungssystem bereits in der ältesten Planungsphase bzw. mit der Errichtung der Fundamente festgelegt worden sein musste.

Der Vertrag mit Hasenauer zur Errichtung der neuen Hofburg erfolgte Ende 1882. Mit den Erdaushubarbeiten für das Fundament wurde 1883 begonnen, 1885 waren sie weitgehend abgeschlossen (LHOTSKY 1941: 95). Im Laufe des Jahres 1886 wurden die Fundamentierungs- und Kanalisationsarbeiten für die Neue Burg durchgeführt und weitgehend beendet. 1887 konnte mit dem Aufführen der Grundmauern begonnen werden. 1890-91 wurde intensiv gebaut, und das aufgehende Mauerwerk wuchs zügig über das Straßenniveau.

Der Regimentsarzt Prof. Carl Böhm, der schon mit der Planung der Heizung und Belüftungsanlage der Hofoper, des Hofburgtheaters und der Hofmuseen betraut war, sollte diese Aufgabe auch für die Neue Burg übernehmen. Da er jedoch im September 1887 zum Direktor des Allgemeinen Krankenhauses berufen wurde, empfahl er seinen langjährigen Mitarbeiter, den Maschineningenieur und späteren Professor an der Technischen Hochschule Eduard Meter (1857-1916) (NEUWIRTH 1915: 500), der kurz darauf den Auftrag zur Planung erhielt (Sitzung vom 31. Oktober 1887, HBC 12619). Im Mai 1888 lagen die ersten Pläne und zwei Monate später der Kostenvoranschlag in der Höhe von 600.000,- Gulden vor.

¹⁴ Für die unbürokratische Hilfe und Weitergabe noch unpublizierter Informationen sei hier Dr. Richard Kurdiovky (Hofburgprojekt der Akademie der Wissenschaften) sowie den Mitarbeiter/innen des Archivs des KHM, insbesondere Dr. Johannes Weiss gedankt.

Einführung

Da Hasenauer in den Plänen von 1881 kein Kesselhaus vorgesehen hatte, hielt das Hofbaucomité 1890 fest, dass dafür ein geeigneter Standort gefunden werden müsse. Aber erst 1893 stellte Hasenauer zwei mögliche Varianten (nämlich den Bibliotheks- bzw. den Kesselhaushof) zur Diskussion. Prof. Meter bevorzugte aus technischen Überlegungen die letztere Lösung, da nur von dort aus alle drei Flügel des Kaiserforums problemlos angebunden werden könnten. Das Heizhaus war neben der Beheizung auch zur Erzeugung von elektrischem Strom für die Beleuchtung und zum Antrieb von Motoren „zur Abkühlung der Gartenluft in den *ah. Appartements*“ während der heißen Sommermonate vorgesehen. Die von Prof. Meter ausgearbeiteten Pläne wurden in der CCXLV. Sitzung vom 9. Mai 1893 erörtert; die von ihm zur Diskussion gestellte große Lösung eines zentralen Krafthauses (wir würden es heute als „Blockheizkraftwerk“ bezeichnen) im Areal der Hofstallungen, dessen Abwärme zur Beheizung der ganzen Hofburg inkl. der Hofmuseen, der Hofoper und des Burgtheaters genutzt werden könnte, wurde jedoch einhellig abgewiesen.

Der plötzliche Tod Hasenauers im Jänner 1894 bedeutete für das große Projekt eine Zäsur; der Bau, der äußerlich weit gediehen schien, geriet ins Stocken. Zwar waren die Außenmauern bis zur Dachhöhe geführt, im Laufe des Jahres konnten die Kranzgesimse aufgesetzt und die Decken des 2. Stockwerks eingezogen werden. Für das Kesselhaus beim Heizungshof wurden die Fundamente gelegt, und im 2. Keller erfolgte das Verputzen des Mauerwerks (LHOTSKY 1941: 111). Doch mit jedem Jahr verloren die inzwischen über 20 Jahre alten Pläne an Aktualität, und der sich rasch ändernde Zeitgeist weckte nicht nur hinsichtlich der künstlerischen Ausgestaltung andere Erwartungen. Als kleines Beispiel dafür sei erwähnt, dass anstelle der ursprünglich vorgesehenen 20 Statuen habsburgischer Herrscherpersönlichkeiten zwischen den Fenstern des Segmentbogens im Erdgeschoss, nunmehr aus „*politischen, ästhetischen und Schicklichkeitsrücksichten*“ die Hauptvertreter der am Werden der österreichisch-ungarischen Monarchie beteiligten Volksgruppen und Stände dargestellt werden sollten und letztlich aus ausgeführt wurden (LHOTSKY 1941: 112).

Die ursprünglich vorgesehene zentrale Bedeutung des „Morgensalons“, des heutigen sog. Marmorsaal im 1. Stock des Mittelbaus (Saal XIV der SAM) ist auch daraus ersichtlich, dass von diesem eine große, doppelarmige Freitreppe in den Burggarten führen sollte (LHOTSKY 1941: Abb. 49); wegen zu großer Höhendifferenz kam sie allerdings nicht zur Ausführung. Im Februar 1895 wurde, ausgehend vom Corps de Logis, mit der Montage des Daches begonnen; etwas später erfolgte die Eindeckung in Kupferblech.

1896 gab es eine Änderung in der Bauleitung, wobei aber ausdrücklich am Semper-Hasenauer'schen Konzept festgehalten werden sollte. Ein Jahr später kam es dann aber doch zu entscheidenden und sinnvollen Korrekturen. So erhielt etwa die Säulenhalle des Corps de Logis ihre endgültige Gestalt und Ausstattung, wobei auf eine ursprünglich konzipierte zweiarmige Treppe verzichtet wurde, die fast ein Drittel der freien Fläche beansprucht hätte.

Im Gartentrakt und Segmentbogen beschloss man – um den übergroßen Abstand von mehr als 13 m zwischen Parterre und 1. Stock zu verringern - einen Halstock einzuziehen. Vom Heldenplatz aus sichtbares Zeugnis dieser Maßnahme sind die kreisrunden Fenster im sog. Kanonengang, die nun nachträglich in die fertig ausgeführte Fassade gebrochen werden mussten. Die Hoffnung, dem Kaiser 1898 anlässlich seines 50-jährigen Regierungsjubiläums die fertige Hofburg präsentieren zu können, blieb unerfüllt. Einer der Hauptgründe für die Verzögerung bestand in der Tatsache, dass sich der ursprüngliche Entwurf Hasenauers für das große Prunkstiegenhaus im Segmentbogen als undurchführbar herausstellte, da sich für die burggartenseitigen Räume Raumhöhen von 13 Meter ergeben hätten, bei einer Raumtiefe bzw. -breite von lediglich 9 Meter. Auch hier führte das Einziehen eines Zwischen-

2. Geschichtlicher Überblick über Bau und Nutzung der Neuen Hofburg in Wien

geschosses (Mezzanin) zu praktikableren Raumproportionen, brachte allerdings große Schwierigkeiten mit der Anbindung an das Stiegenhaus. Eine weitere Planungsänderung bestand in der Vergrößerung der burggartenseitigen Fenster im Mezzanin.

Jede Planungsänderung erzwang unausweichlich endlose Verhandlungen und Bauverzögerungen. Sie könnten aber auch ein Grund dafür sein, warum – im Gegensatz zum Corps de Logis – die ursprüngliche Anlage und Ausführung der Lüftungsschächte bis heute nicht klar rekonstruiert werden konnten. Es ist nicht auszuschließen, dass jene elementaren Abweichungen vom ursprünglichen Konzept auch eine Änderung des ursprünglichen Belüftungskonzepts erzwangen.

1898 schien die Situation festgefahren und man suchte einen Ausweg in der Bestellung eines jüngeren, künstlerisch versierten Architekten als Bauleiter, der schließlich 1899 in Friedrich Ohmann (1858-1927), damals Professor an der Kunstgewerbeschule in Prag, gefunden wurde. Seine heikle Aufgabe bestand darin, sich einen Überblick über die vielen laufenden Baustellen im Gesamtensemble des Projekts zu verschaffen und diese koordiniert voran zu bringen. Vor allem mussten endlich definitive Entscheidungen bezüglich des Nutzungskonzepts und der künstlerischen Programme und Ausstattungen getroffen werden. Der junge, modern denkende, künstlerisch sensible Architekt Ohmann geriet zunehmend zwischen die Fronten rivalisierender Hofbeamten, die ständig neue Änderungen und Wünsche vorbrachten. Die Jahrhundertwende brachte keine großen Baufortschritte; die Aktivitäten konzentrierten sich auf den Burggarten und das neue Glashaus, das sehr klug in die Albrechtsrampe eingebunden wurde. Der Kaiser, der anfangs am Baufortschritt regen Anteil genommen hatte, in der Folge aber auf tragische Weise zuerst seines Thronfolgers und nun auch seiner Frau beraubt wurde, hatte jede Freude an seiner neuen Residenz verloren, in die er nie einziehen würde.

1902 war mit der Festlegung der Inschriften für die Attikazone am Mittelrisalit der Burggartenseite die Gestaltung der Südfassade abgeschlossen (die Terrasse wurde allerdings erst drei Jahre später gepflastert). Im gleichen Jahr wurde die von Ing. Meter entworfene Heizungs- und Lüftungsanlage für das Corps de Logis genehmigt (Sitzungsprotokoll CCCXXX; fünf Jahre später entwarf Meter auch die Heizanlage für die Kellerräume der Bibliothek) (LHOTSKY 1941: 126).

Immer wieder wurden neue Nutzungskonzepte erstellt, die Planungsänderungen erforderten. 1904 wurde im Untergeschoß des Segmentbogens die Hofzuckerbäckerei eingerichtet, wobei der Zugang wohl über die D-Stiege erfolgt sein muss. Den durch Intrigen und Interventionen gelähmten Baufortschritt suchte Ohmann voranzubringen, indem er selbst darum ersuchte, den Thronfolger Erzherzog Franz Ferdinand (1863-1914) mit der Oberleitung des Baus zu betrauen. Im Februar 1906 erfolgte die Auflösung des *Hofbaucomités*; Ohmanns langjährige Widersacher wurden in den wohlverdienten Ruhestand versetzt; der Kaiser drückte ihnen für die „*durch eine lange Reihe von Jahren mit großer Umsicht und Sachkenntnis ausgezeichneten Dienste [seine] vollste Anerkennung und Zufriedenheit aus.*“ Die Bekanntgabe löste in der Presse eine Flut polemischer Artikel und Pamphlete aus. Die mehr als zehnjährige Stagnation war der Bevölkerung längst ein Dorn im Auge. Das „*monströse Bauwerk*“ wurde als „*Schande für Wien*“ bezeichnet, „*der ganze Bau verdient, dem Erdboden gleich gemacht zu werden.*“ (LHOTSKY 1941: 133)¹⁵. Vor allem die nicht gelöste Frage des zentralen Stiegenhauses war Zielscheibe beißender Witze und Karikaturen. Bis dahin hatte der Bau die beachtliche Summe von 17

¹⁵ Bemerkenswert in dieser aufgeheizten, von den unterschiedlichen Presseorganen geschürten Stimmung, ist die von Oberbaurat Schemfil in sachlich-ruhiger Weise verfasste Erklärung der Sachlage in der Wiener Allgemeinen Zeitung Nr. 8385 vom 6. März 1906.

Einführung

Millionen Kronen verschlungen – mehr als das Doppelte des Burgtheaters. Es darf nicht vergessen werden, dass zu diesem Zeitpunkt immer noch am ursprünglichen Konzept des doppelflügeligen „Kaiserforums“ festgehalten wurde, dessen erster Flügel nach über 20jähriger Bauzeit unfertig, und dessen zweiter Flügel noch nicht einmal begonnen worden war.

In die umgehend unter dem Vorsitz des Thronfolgers gebildete „Burgbaukommission“ wurden sechs verdienstvolle höhere Beamte und Bauingenieure berufen, Ing. Meter betraute man wieder mit den haustechnischen Arbeiten (Heizung, Beleuchtung, Ventilation, Maschinen).

Die Hoffnung Friedrich Ohmanns, nun endlich freie Hand für eine zeitgemäßere und billigere Lösung zu haben, erfüllte sich nicht. Sein Entwurf, der das äußere Burgtor beibehielt und die Hauptachse des großen Burgplatzes um 90° in die Achse der Reiterstandbilder von Prinz Eugen und Erzherzog Karl und somit in Richtung Segmentbogen drehte, wurde von Franz Ferdinand nicht gebilligt. Im Jänner 1907 reichte er seine Demission ein.

Als Nachfolger Ohmanns wurde Oberbaurat Ludwig Baumann mit der Bauleitung betraut, der noch vor Ohmanns Entlassung ein „*Allgemeines Bauprogramm*“ vorlegte. Bis 1911 sollten alle Planungs- und Vorarbeiten beendet, 1914-1917 die Bauarbeiten durchgeführt und abgeschlossen sein. Der auf dem Grund des Volksgartens zu errichtende Bau war äußerlich als monumentales Spiegelbild des bereits bestehenden Teils, das Innere jedoch in sparsamster Ausführung konzipiert und ebenfalls als Museum für die kaiserlichen Sammlungen konzipiert.

Von Seiten des Thronfolgers war das Corps de Logis in allen Stockwerken nur für museale Sammlungen vorgesehen, namentlich für seine Weltreisesammlung, für die Estensische Kunstsammlung und die Fideikommissbibliothek (die Privatbibliothek von Kaiser Franz I. (II.)). Kurz darauf wurde erwogen, auch Teile der kunsthistorischen Sammlungen aus dem Hauptgebäude ins Corps de Logis zu transferieren, was aber zunächst nicht erfolgte. 1907 war der Innenausbau des Corps de Logis so weit vollendet, dass die Fideikommissbibliothek in den 2. Stock übersiedeln und in die frei gewordenen Erdgeschoßräume die naturhistorischen Teile der Weltreisesammlung verbracht werden konnten.

Im gleichen Jahr begann sich Baumann intensiv mit dem immer noch ungelösten problematischen Stiegenhaus im Segmentbogen auseinanderzusetzen. Das alte Konzept von Förster wurde endgültig aufgegeben. 1908 ließ Baumann ein Modell einer völlig neuen Lösung im Maßstab 1:100 anfertigen. Ansonsten war gegenüber der Öffentlichkeit Stillschweigen über die Neue Burg vereinbart worden, was immer wieder Anlass zu wilden Gerüchten bis hin zum geplanten Abriss des ungeliebten Bauwerks reichte. Als im März 1908 durchsickerte, dass der Baubeginn des „Neubaues des Museums am Volksgarten“ unmittelbar bevorstünde, schritt der greise Kaiser ein und verfügte, den Volksgartenflügel „*ad acta*“ zu legen. (Allerdings scheint Baumann noch bis 1911 aktiv versucht zu haben, den Bau doch noch zu erwirken; da sich die Mittel des Stadterweiterungsfonds jedoch langsam erschöpften, wurden 1913 alle Pläne zur Errichtung des zweiten Flügels endgültig aufgegeben.)

Ständige Umwidmungen und Neuplanungen hemmten jeden zügigen Baufortschritt. Prof. Meters „Warmwasseranlage“ wurde in mehreren Debatten kritisiert, seine fachmännische Leistung jedoch letztlich voll bestätigt. Für die vorliegende Arbeit interessant ist die Tatsache, dass Ende 1912 der 1. Stock und ein Teil des Mezzanins dem Kunsthistorischen Museum, das Parterre hingegen den Garden gewidmet wurde (LHOTSKY 1941: 152f). Im gleichen Jahr wurde auch die künstlerische Ausstattung des ursprünglich als „Morgensalon“ des Kaiserpaares konzipierten „Marmorsaales“ (heute Saal XIV der SAM) vollendet. Das Corps de Logis wird in den Protokollen ab Oktober 1914 nur mehr als „Museumstrakt“ bezeichnet (LHOTSKY 1941: 154).

2. Geschichtlicher Überblick über Bau und Nutzung der Neuen Hofburg in Wien

Mit der Ermordung des Thronfolgers in Sarajevo am 28. Juni 1914 hatte das Bauprojekt seinen Leiter verloren. Erstaunlicherweise wurde bei Kriegsausbruch beschlossen, zügig weiterzubauen und die Innenausstattung voranzubringen.

Im Jänner 1916 wurde das Corps de Logis von der Burgbaukommission an das Obersthofmeisteramt bzw. an die Burghauptmannschaft übergeben; der Mittelbau und insbesondere der Festsaaltrakt waren nach wie vor eine Baustelle, zahlreiche Räume verfügten noch über keine Parkettfußböden. Im September starb der für die Haustechnik der Burg so verdienstvolle Ingenieur Prof. Meter, zu seinem Nachfolger wurde Ing. Hinderer ernannt.

Am 26. Oktober 1918 fand die letzte Sitzung der Burgbaukommission statt. Aus Furcht vor Hungerkrawallen, und um die in der Burg gelagerten Lebensmittelvorräte zu schützen, wurden die Zugänge der Ergeschoßzone mit Gittern versehen (z. B. D-Stiege). Kurz darauf war die Monarchie in Auflösung begriffen. Im Erdgeschoß der Neuen Burg und auf der Burggartenterrasse lagerten Baumaterialien; da über die zukünftige Verwendung keine Pläne vorlagen, wurde der Abbau des Atelierpersonals beschlossen.

Am 12. November 1918 konstituierte sich die Republik Österreich.

2.2. Nutzungskonzepte und spätere Eingriffe

2.2.1. Ursprüngliche Nutzung

Bei der Planung der Neuen Burg als Teil des ursprünglichen Kaiserforums stand zunächst die monumentale Wirkung einer imperialen Repräsentationsarchitektur im Vordergrund; die vagen Nutzungskonzepte wurden, wie oben angedeutet, im Laufe der mehr als 30jährigen Bauzeit mehrmals und grundlegend geändert.

Am Ende der Monarchie war lediglich das Corps de Logis fertig gestellt, das in den Bauakten seit 1914 nur mehr als „Museumstrakt“ angeführt ist (LHOTSKY 1941:). Die großzügig ausgestatteten und für ihre Zeit hervorragend konditionierten Räume sollten die Weltreisesammlung und die Estensische Sammlung des Thronfolgers Franz Ferdinand beherbergen. Die Fideicommiss-Bibliothek von Kaiser Franz I. (II.), die zunächst provisorisch im 1. Keller und im Hochparterre des Corps de Logis untergebracht war, fand ihre endgültige Aufstellung 1907 im zweiten Obergeschoss. Die museale Nutzung stand somit relativ früh außer Zweifel.

Problematisch war und blieb der burggartenseitige Gartentrakt, mit dem zum Heldenplatz gewandten „*Hemicycle*“ (Segmentbogen). Das Erdgeschoss war als Wohnbereich für die Garde als kaiserliche Leibwache konzipiert. Das überdimensionale Prunkstiegenhaus, das zunächst als zeremonieller Zugang zum Thronsaal, dann zum sogenannten Festsaaltrakt gedacht war, und um dessen formale Lösung mehr als 10 Jahre gerungen und das letztendlich von Baumann beeindruckend realisiert wurde, endete 1918 vor unfertigen Zimmerfluchten im ersten Stock. Dieses Geschoss war ursprünglich als Wohntrakt für die kaiserliche Familie vorgesehen gewesen. Nach dem Freitod des Kronprinzen 1886 und der Ermordung der Kaiserin 1898 hatte Franz Joseph jegliche Ambitionen verloren, seinen Wohnsitz zu verlegen.

Mit dem Attentat auf Franz Ferdinand und seine Frau 1914 war dem Hofburgprojekt die wichtigste Leitfigur abhanden gekommen. Die allgemeine Ratlosigkeit ist u. a. daran ersichtlich, dass für das Dachgeschoss mehrere gleichzeitig ausgearbeitete Entwürfe vorliegen, einmal als Wohntrakt, dann wieder für eine Nutzung als Museum.

Einführung

2.2.2. Nutzung der Neuen Burg in der Ersten Republik

Mit dem Ende der Monarchie stand die junge Republik des Rumpfstaates Österreich vor unlösbar scheinenden politischen, wirtschaftlichen und sozialen Problemen. Die Regierungsverantwortlichen hatten schlichtweg andere Sorgen, als ein riesiges unvollendetes Schloss der soeben des Landes verwiesenen kaiserlichen Familie fertig zu bauen. Das Corps de Logis behielt seine Funktion als Museum bei. Aus den ethnografischen Objekten des Naturhistorischen Museums vereint mit den Schätzen der Weltreisesammlung Erzherzog Franz Ferdinands hatte sich 1928 das Museum für Völkerkunde herauskristallisiert und als eigene Institution etabliert. Die Bestände der Fideikommissbibliothek wurden der Nationalbibliothek eingegliedert und der Standort im 2. Stock des Corps de Logis beibehalten. Im 1. Stock war noch zur Zeit der Monarchie die Estensische Sammlung ausgestellt; in den 1920er Jahren wurden hier erstmals von Julius v. Schlosser die Musikinstrumente als eigene geschlossene Sammlung präsentiert.

In die zuvor von der Garde belegten Räume im Parterre war die Nationalbibliothek eingezogen; für die damit verbundenen vielfältigen Aufgaben wurden weitere Verwaltungsräume im Segmentbogen und Mittelbau adaptiert (z. B. Buchbinderei). Die im Rohbau verbliebenen Repräsentationsräume im Mezzanin und 1. Stock ließ man vorerst liegen; für sie sowie für die bereits fertig gestellten Teile suchte man unterschiedliche auch wirtschaftliche Nutzungsmöglichkeiten. Die in der Öffentlichkeit geäußerten Vorschläge und Pläne reichten von Abreißen bis zum Umbau in ein Hotel. Modeschauen und Messerveranstaltungen boten kurzfristige Möglichkeiten für Einnahmen.

Unter der Regierung von Kurt Schuschnigg gab es (aus patriotisch-propagandistischen Überlegungen) eine Zusage an das unter Raumnot leidende Heeresgeschichtliche Museum, die Räume im 1. Stock – quasi als Fortsetzung zur Waffensammlung – für ein Weltkriegsmuseum zu widmen. Diese Pläne stießen naturgemäß auf Widerstände der Direktoren des KHM.

2.2.3. 1938 bis 1945

Der Anschluss Österreichs an Deutschland bewirkte auch im KHM eine deutliche Zäsur. Bereits im April gab es die ersten Entlassungen von jüdischen Mitarbeitern, so z. B. den Direktor der Waffensammlung Dr. Grosz. Alle Angestellten des Hauses hatten einen Treueeid auf den Führer zu leisten, dem sich niemand entziehen konnte. Hitler, mit seinem Gespür für imperiale Machtsymbolik, hatte mit seiner Rede vom Balkon der Neuen Burg sein Interesse an diesem Bau signalisiert. Die Vorbereitungen auf den geplanten Krieg müssen unmittelbar nach der Machtübernahme begonnen haben. Mit Eingangsstempel 6. April 1938 ist ein streng vertraulicher Erlass des Bundesministeriums für Unterricht datiert (Zl. 4820-I/5), wonach alle männlichen Mitarbeiter unter 42 Jahren gemeldet werden müssen, die im Falle einer Mobilmachung für die Aufrechterhaltung des Dienstbetriebes unentbehrlich seien.

Gleichsam als „Beruhigungsspiel nach dem Schock“ anzusehen ist ein am 8. April 1938 eingegangener Erlass vom 5. April, worin ein „Sofortprogramm für Investitionen und Verbesserungen an den untenstehenden Museen“ in Aussicht gestellt wird und entsprechende Wünsche an die Dienststelle bekanntzugeben seinen (Zl. 11091-I/6a); das Schreiben wurde umgehend mit einer ausführlichen Wunschliste aller Abteilungen beantwortet. Im Museum herrschte somit auch Aufbruchstimmung; die Enteignung jüdischer Kunstgegenstände hatte sofort eingesetzt, und die Sammlungen erfuhren einen breiten Zustrom neuer Objekte, u. a. auch die von der Gesellschaft der Musikfreunde enteigneten Musikinstrumente, die den Bestand der SAM schlagartig verdoppelten. Gleichzeitig kam im Sommer 1938 der Befehl zur Erstellung von Bergeplänen für die Objekte, Angestellten und Besucher (s. u.).

2. Geschichtlicher Überblick über Bau und Nutzung der Neuen Hofburg in Wien

Die Räume im Gartentrakt der Neuen Burg waren noch im November 1938 teilweise im Rohbauzustand und ohne Parkettfußböden. In einem Brief vom 9. November 1938 (lose beiliegender Schreibmaschinen-Durchschlag ohne Unterschrift und Aktenzahl) an das Amt des Reichsstatthalters, Abt. III, schildert der vormals interimistische und seit dem Anschluss definitive Leiter des KHM, Dr. Fritz Dworschak, die Raumaufteilung in der Neuen Burg. Aus dem Schreiben geht hervor, dass sich nach dem (1.) Weltkrieg im 1. Stock des Corps de Logis nach Auflösung der Estensischen Sammlung dort die Musikinstrumentensammlung sowie die Sammlung Figdor befunden haben. *„Derzeit ist dort die Waffensammlung untergebracht. / Der Hemicycle befand sich damals nur außen in fertigem Bauzustand. Die Innenräume wurden nach Erledigung der üblichen Wiener Caféhausprojekte gelegentlich ihrer Verwendung für Messzwecke notdürftig hergerichtet. Noch heute ist der gegen die Nationalbibliothek gelegene Saal des Halbstockes in rohem Bauzustand.“* Da Dworschak bedauert, dass die Weltstadt Wien derzeit über keine öffentlich zugängliche Musikinstrumentensammlung verfüge, war die Übersiedlung ins Palais Pallavicini (wo die SAM, erweitert um die enteigneten Objekte der Gesellschaft der Musikfreunde, 1939-1945 öffentlich zugänglich war) offensichtlich noch nicht definitiv beschlossen. In weiterer Folge wird angesprochen, dass die Räumlichkeiten im Segmentbogen und Gartentrakt auf Befehl des Führers dem KHM zugesprochen worden seien und hier ein Zetraldepot aller aus Judenbesitz stammenden Kunstwerke eingerichtet wurde. Dieses befand sich m. W. im 1. Stock der Neuen Burg in den heutigen Sälen XV-XVIII der SAM. In diesem Zeitraum wurden u. a. auch die Musikinstrumente der Sammlung Alphonse de Rothschild der SAM einverleibt. Diese Räume waren zuvor, wie bereits erwähnt, von der inzwischen abgesetzten Regierung dem Heeresgeschichtlichen Museum zugesagt worden, das jedoch auch nach dem Machtwechsel auf dieser Zusage beharrte. Dworschak insistierte jedoch, unter Berufung auf den Wunsch des Führers, die leerstehenden Räume im ersten Stock der Neuen Burg für eine großzügige Lösung dem KHM zu widmen.

Hält man sich die näheren Umstände und konkreten Schwierigkeiten der Zeit vor und nach der Weltwirtschaftskrise vor Augen, dann erscheint es kaum vorstellbar, dass die Fertigstellung bzw. Instandhaltung eines wenn auch außergewöhnlichen doch weitgehend unsichtbaren Belüftungssystems irgendjemand der Entscheidungsträger interessiert haben könnte, zumal unmittelbar seit Ende der Monarchie Macht- und Partikularinteressen unterschiedlichster Nutzer im Vordergrund standen.

Die Zeit nach dem Anschluss schien mir von besonderem Interesse zu sein, da (aus Erzählungen älterer Mitarbeiter in den frühen 1980er-Jahren) bekannt war, dass die Keller der Neuen Burg als Luftschutz- und Bergeräume genutzt und damals die Lüftungsschächte abgemauert worden seien. Die Hoffnung durch Aktenstudium genauere Kenntnis zu erlangen erfüllte sich nicht: Die im Index der Korrespondenz der Dienststellenleiter genannten Akte „Neue Burg / Luftschutzkeller“ (Zl. 250/1938), sowie „Benützung durch das Militär“ (Zl. 343/1938) fehlen. Im Akt 275/1938 mit dem Betreff „Luftschutz; Maßnahmen zum Schutz der Sammlungen und der Belegschaft“, worin der Reichsstatthalterei, Abt. III am 8. Oktober 1938 die *„anlässlich der Kriegsgefahr getroffenen Maßnahmen zum Schutz der Sammlungen und der Belegschaft sowie des Publikums“* sowie die Erstellung von drei Bergekategorien zu melden waren, finden sich marginale Hinweise: *„Die Gruppe B wäre in dem 2. Stock des Kellers der Neuen Burg zwischen dem Mittelrisalit und dem Ring geborgen worden. [...] Die Arbeiten an den Luftschutzräumen werden planmäßig fortgesetzt.“*

Einzigster konkreter Hinweis auf bauliche Eingriffe in den Sammlungsbereichen ist ein mit 23. August 1938 datierter, wohl an den Ersten Direktor Fritz Dworschak gerichteter Brief (Durchschlag ohne Anrede und Unterschrift) des damaligen Direktors der Waffensammlung Dr. Leopold Ruprecht: *„Anlässlich der*

Einführung

Neuaufstellung der Waffensammlung wurden die in den Räumen der Neuen-Burg eingerichteten, elektrischen Ventilationsvorrichtungen übersehen und die Ausmündungen der Schächte in den einzelnen Sälen mit Stoff verschlossen und überstrichen. Zum Teil wurden auch Tapisserien und Bilder über dieselben gehängt. Die Art der ausgestellten Gegenstände macht es nun bei feuchtem Wetter unmöglich durch Öffnen der Fenster zu ventilieren, da die Rostgefahr eine eminente ist und jede Reinigung auf diese Weise illusorisch gemacht wird.

Werden die Räume der Sammlung aber nicht ventiliert, wie es praktisch schon einigemal vorgekommen ist, so führen sowohl die Besucher wie auch die Bediensteten über die schlechte Luft berechtigt Klage.

Es ginge daher mein Vorschlag dahin, die Burghauptmannschaft aufzufordern, die Ventilationsanlage wieder in Stand zu bringen. Die Kosten würden sich in den Räumen der Sammlung auf die Öffnung der Luftschächte und Verschließen derselben mit Ziergittern beschränken. Wie weit Reparaturen an den eigentlichen Ventilationen notwendig sind, kann von hier aus nicht beurteilt werden.“

Im Gartentrakt war laut Auskunft von Dr. Hermann Neugebauer, Chirurg und späterer Leiter des orthopädischen Spitals in Gersthof, gegen Ende des Krieges ein Lazarett untergebracht. Nach mündlicher Überlieferung wurden im östlichen Hauptgang des zweiten Kellers die im Spitalsbetrieb Verstorbenen bis zur Abholung aufbewahrt (persönliche Mitteilung von Mag. Eva-Maria Hüttel-Hubert / ÖNB).

Vom ehemaligen Burghauptmann HR Richard Kastner stammt die persönlich mitgeteilte Information, dass es nach 1965 eine von übergeordneter Dienststelle angeordnete Aktion zur Vernichtung einschlägiger Akten zwischen 1938 und 1945 gegeben habe.

Bei Untersuchung vor Ort zeigen sich heute (soweit ersichtlich) alle originalen Luftwege in den Schächten und Überströmöffnungen abgemauert; lediglich durchbrochen von Heißwasserleitungen und modernen Blechkanälen für Lüftungsanlagen der ÖNB.

2.2.4. Nutzung der Neuen Burg nach 1945

Das „Völkerkundemuseum“ als wichtigste und auch nach dem Krieg unverändert beibehaltene Institution wurde für die Wiener/innen zum Namensgeber für das ganze Corps de Logis, in dem aber bereits zuvor im 1. Stock die „Waffensammlung“ (heute Hofjagd- und Rüstkammer) des KHM aufgestellt war. Das aus der Fideikommissbibliothek hervorgegangene Bildarchiv der ÖNB wurde 1945 als Fotosammlung begründet, worin vorwiegend Porträts, Architektur und kunsttopografische Aufnahmen aus Österreich bzw. aus den ehemaligen Kronländern gesammelt wurden. Heute dient die Institution der Wissenschaft und Forschung; es besteht eine enge Kooperation mit der APA und diversen Bildagenturen zur Lukrierung von Drittmitteln (www.onb.ac.at/sammlungen/bildarchiv).

In die freigewordenen Räume im 1. Stock (das Zentraldepot für den geraubten jüdischen Kunstbesitz war in die Kartause Mauerbach ausgesiedelt worden) wurde, nach Rückführung der Objekte aus den Bergestollen in Aussee und schrittweiser Adaptierung der Ausstellungsräume, die Sammlung alter Musikinstrumente in zwei Teilschritten aufgestellt.

Im Prunkstiegenhaus wurde 1978 die Ephesus-Ausstellung aufgebaut.

Etwa zur gleichen Zeit wurde die alte koksbetriebene Zentralheizung stillgelegt und der ganze Burgkomplex an das städtische Fernwärmenetz angeschlossen.

Im 2. Stock war bis in die 1990er Jahre das Statistische Zentralamt untergebracht.

2.3. Heizungs- und Belüftungssysteme im 19. Jahrhundert

Wer das in seinen Dimensionen imposante Lüftungssystem im 2. Keller der Neuen Burg zum ersten Mal sieht, könnte vermuten, hier eine außergewöhnliche und einmalige, vielleicht speziell für das Kaiserhaus entwickelte technische Lösung vor sich zu haben. Dieser Eindruck trügt – der „Luftbrunnen“ im Corps de Logis ist lediglich eine ausgereifte Variante eines Systems der Luftaufbereitung für Krankenhäuser, repräsentative Großbauten, Schulen, Theater oder Museen, das in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts bis zum ersten Weltkrieg in ganz Europa verbreitet war. Die Besonderheit besteht lediglich darin, dass bereits beim Baubeschluss im Hinblick auf die Belüftungserfordernisse im Sommer, unter dem ganzen Gebäude ein zweites Kellergeschoss angelegt wurde. Man muss sich vor Augen halten, dass diese gewaltige Repräsentationsarchitektur nicht im „luftleeren Raum“ entstanden ist sondern auf einer 300-500jährigen empirischen Erfahrung mit Burgen-, Schlösser- und Klösterbau bzw. Fortifikationstechnik aufbaut und im 19. Jahrhundert durch die noch relativ jungen Ingenieurwissenschaften untermauert wurde¹⁶. Es kann nur spekuliert werden, dass die wirtschaftliche Notzeit im und nach dem 1. Weltkrieg, die unmittelbar anschließenden Vorbereitungen zu einem neuerlichen Krieg und letztlich das Desaster des 2. Weltkriegs zu einem Abreißen der Traditionen und Kenntnisse über dieses etablierte und auf langjähriger Empirie begründete Konzept geführt haben. Dass in ganz Europa nach 1945 in den ehemaligen Gründerzeitbauten die vorhandenen Schachtlüftungssysteme zerstört oder etwa zur elektrischen Leitungsführung zweckentfremdet wurden, ist wohl nur dadurch zu erklären, dass die Protagonisten und Ingenieure der alten Technologie überwiegend tot oder emigriert waren und die gesamte Entwicklung der Heizungs-, Klima- und Lüftungstechnik weitgehend auf die immer ausgefeiltere Konstruktion von technisch gestützten Klimaanlagen ausgerichtet wurde.

2.3.1. Die Meissnersche Luftheizung

Das für die Neue Burg entwickelte Heizungs- und Belüftungskonzept ist nur verständlich, wenn man zu den Anfängen der Warmluftheizung zurückblickt. Die bahnbrechenden Ideen dazu wurden von dem aus Schäßburg in Siebenbürgen stammenden Apotheker, Chemiker und Professor am Polytechnischen Institut in Wien, Paul Traugott Meissner (1778-1865) in den 1820er Jahren entwickelt (MEISSNER 1823). Das von ihm ersonnene Prinzip der konvektiven Wärmeverteilung nahm im Wiener Bauwesen des Vormärz und der Gründerzeit einen so wichtigen Stellenwert ein, dass seine wesentlichen Charakteristika in der Folge kurz erläutert werden müssen.

Bereits beim Lesen der Einleitung von Meissners bekanntestem, 1823 erstmals erschienenem und mehrmals wieder aufgelegtem Werk „*Die Heizung mit erwärmter Luft*“, kann man sich den schlagenden Argumenten, die zu seiner Entwicklung geführt haben, nicht entziehen. Das Problem einer im Wohnraum befindliche Feuerstelle, dass die bei der Verbrennung verbrauchte Luft zu einem Unterdruck im Raum führte und eine Nachströmung von außen erzwang, (was sich als unbehagliche kalte Zugluft von den Fenstern und Türen her bemerkbar machte) war, wie auch die damit verbundenen Strahlungsasymmetrien, jedem Zeitgenossen vertraut. Im Vergleich mit den unbehaglichen, schmutzigen, feuergefährlichen und brennstoffintensiven konventionellen Einzelofenheizungen seiner Zeit muss die von Meissner vorgeschlagene Lösung geradezu als „modern“ eingestuft werden (Abb. A.1.).

¹⁶ Als Beispiel sei auf den dreigeschossigen Weinkeller in Stift Klosterneuburg verwiesen, der 1730-40 unter Kaiser Karl VI. angelegt wurde und über eine doppelschalige Außenmauer be- und entlüftet wird.

Tafel II

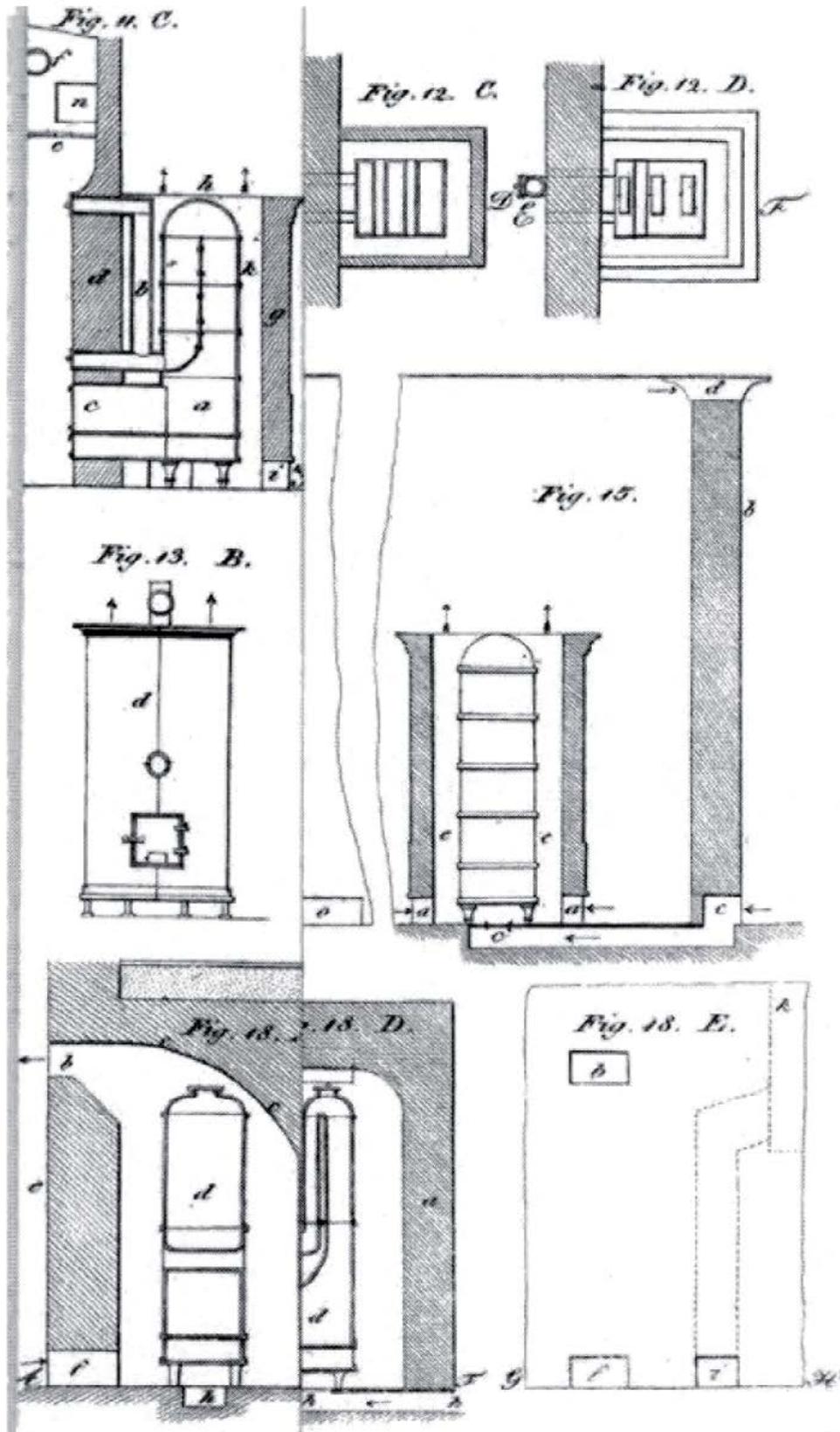


Abb. A.1: Der „Meissner'sche Apparat“ ist die Urform aller Warmluftheizungen (Meissner 1823: Tafel II)

2. Geschichtlicher Überblick über Bau und Nutzung der Neuen Hofburg in Wien

Meissner erkannte die Schwächen der bisherigen vergeblichen Versuche von Warmluftheizungen, die daran scheiterten, dass in die zu beheizenden Räume nicht genügend warme Luft eingebracht werden konnte, da diese bereits mit Luft gefüllt waren, welche sich nicht beliebig über die Gebäudefugen verdrängen ließ. Er betrachtete die Luft als eine *„dem Wasser sehr ähnliche nur spezifisch leichtere, im übrigen aber den hydrostatischen Gesetzen folgende Flüssigkeit“* und erkannte folgerichtig, *„daß man das Einströmen der erhitzten Luft nur in dem Falle auf eine zweckmäßige Art befördern kann, wenn man der in den Gemächern enthaltenen kältern Luft gleichzeitig den freyen Abzug gestattet, und eben dadurch den zur Aufnahme der erwärmten Luft erforderlichen Raum erübriget.“* Die kluge Überlegung bestand darin, dass die spezifisch schwerere kalte Luft durch eine Öffnung unmittelbar über dem Fußboden abgeführt werden müsse und dadurch der über Kopfhöhe einströmenden Warmluft Raum geben würde. Durch Rückführen der kalten Luft zur Sohle der darunter bzw. im Keller befindlichen Heizkammer und Entnahme der Warmluft am höchsten Punkt derselben, konnte man einen Luftkreislauf in Gang bringen, der nicht nur durch die gesamte Raumluft sehr gleichmäßig erwärmte sondern darüber hinaus mit einer signifikanten Ersparnis an Brennmaterial verbunden war. Die Luftkanäle sollten aus massivem Ziegelmauerwerk gefertigt sein, das einerseits billig und andererseits aufgrund seiner Speicherkapazität für eine gleichmäßigere Verteilung der Wärme im Baukörper sorgte (MEISSNER 1823: § 20).

Aber auch die Effizienz der eisernen Zimmeröfen wurde gesteigert, indem der eigentliche Ofen mit seiner hohen Oberflächentemperatur mit einem auf ca. 6 Zoll Abstand gesetzten gemauerten Mantel umgeben wurde, der unten und oben Öffnungen aufwies, wodurch sich im Zwischenraum eine konvektive Strömung einstellte. Damit wurde einerseits die zu intensive Wärmeabgabe über direkte Abstrahlung an die unmittelbare Umgebung vermindert und gleichzeitig eine konvektive Wärmeabgabe an die vorbeiströmende Raumluft bewirkt.

Das Prinzip der „Meissnerschen Heizung“ ist die Basis aller Warmluft-Zentralheizungen, ohne die das Beheizen der großen Repräsentationsbauten oder etwa der Theater und Ball- und Konzertsäle der Gründerzeit nicht denkbar gewesen wäre, weshalb sie auch noch in den Lehrbüchern gegen Ende des 19. Jahrhunderts aufscheint (Abb. A.2 – A.4).

Aber auch in der Geschichte der Restaurierung spielte die Meissnersche Luftheizung eine nicht unbedeutende Rolle: Sie kam im Allgemeinen Krankenhaus und der daran angeschlossenen Gebäranstalt und in der Rudolphstiftung ebenso zur Anwendung wie im oberen Belvedere, wo seit 1783 die bedeutendsten Werke der Gemäldegalerie des Allerhöchsten Kaiserhauses untergebracht waren (HOPPE-HARNONCOURT 2001: 181; AURENHAMMER 1969: 73). In den diesbezüglichen Akten finden sich auch erstmals Hinweise sowohl zum Thema „Konservatorisches Heizen“ zur Bekämpfung der Feuchteproblematik insbesondere bei erdbe-rührtem Mauerwerk dokumentiert, als auch Beobachtungen der konservatorisch dramatischen negativen Auswirkungen einer Warmluftheizung auf Gemälde, insbesondere auf Tafelgemälde (OBERTHALER 1996: 30).

Einführung

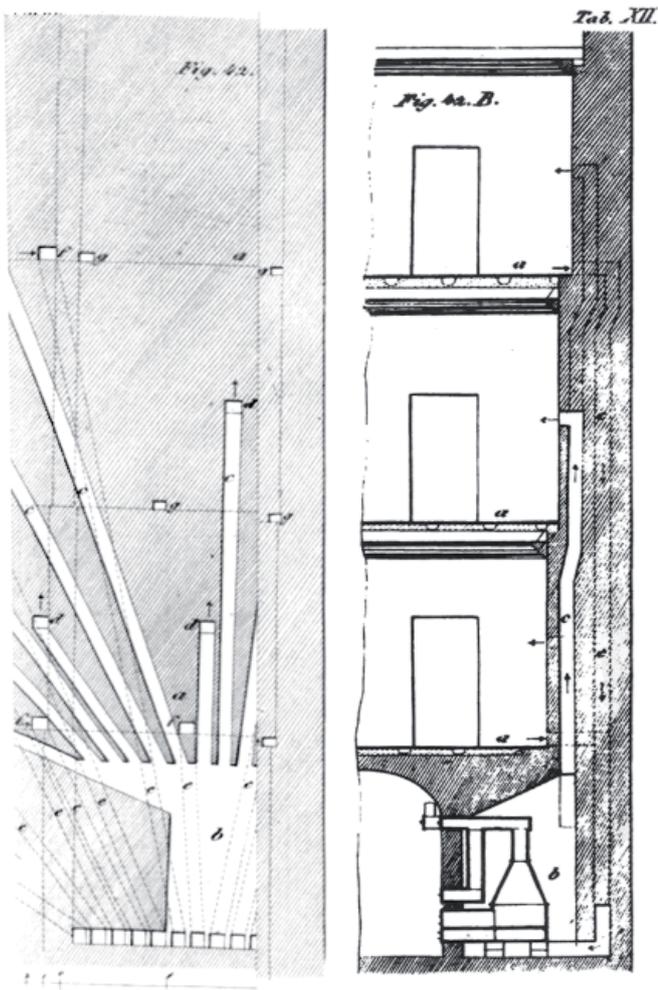


Abb. A.2: Warmluftverteilung in einem Schulgebäude (MEISSNER 1823: Tafel XII)

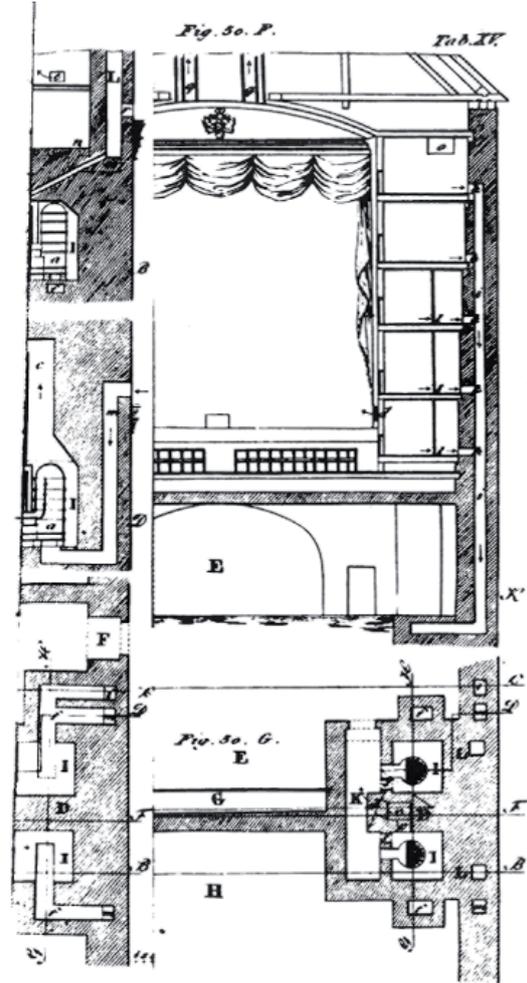


Abb. A.3: Warmluftverteilung in einem Theater (MEISSNER 1823: Tafel XV)

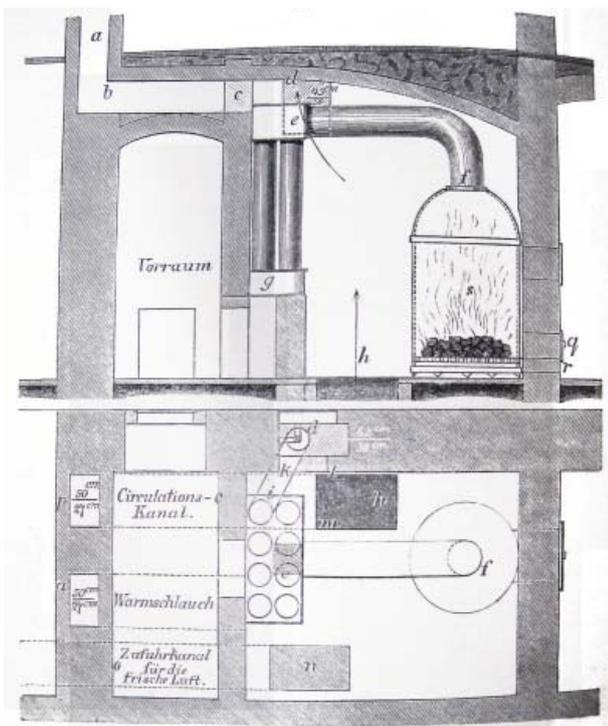


Abb. A.4: Prinzip der Meissnerschen Luftheizung (PAUL 1885: 388)

2. Geschichtlicher Überblick über Bau und Nutzung der Neuen Hofburg in Wien

2.3.2. Heizungs- und Lüftungssysteme in Wien in der Gründerzeit

Die Frage nach der zweckmäßigen Belüftung („Ventilation“) und/oder Beheizung von großen Räumen und öffentlichen Gebäuden wurde in Wien bereits in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts ausführlich und z. T. kontrovers diskutiert. Die Thematik des hygienisch notwendigen Luftwechsels hat allem Anschein nach vom Gesundheits- und Spitalswesen ihren Ausgang genommen. Eine zentrale Rolle bei der Erforschung einer hygienischen und krankheitspräventiven Heizungs- und Lüftungstechnik hat dabei das ehemalige, der *Josephs-Akademie* (heute „Josephinum“) angeschlossene Garnisonsspital gespielt. Josef II. wollte eine flexible und moderne, von der „verzopften“ und alterwürdigen Universität unabhängige Forschungs- und Ausbildungsinstitution schaffen. Bereits der von ihm initiierte und 1784 fertig gestellte sog. „Narrenturm“, also die psychiatrische Anstalt des Allgemeinen Krankenhauses, war ein solches zukunftsweisendes Experiment gewesen, in dem die Geisteskranken erstmals als leidende Individuen angesehen und behandelt wurden und nicht als von Gott bestrafte Sünder oder vom Teufel Besessene, die man am besten in den weitverzweigten Donauauen aussetzte¹⁷. Der „Narrenturm“ dürfte auch der erste Spitalsbau in Wien gewesen sein, bei dem eine zentrale, im Keller situierte Warmluftheizung und möglicherweise auch Belüftung für jedes einzelne Krankenzimmer bereits bei Baubeginn konzipiert worden war (STOHL 2000). Aus den erhaltenen Plänen ist ersichtlich, dass die einzelnen Krankenzellen (28 pro Stockwerk) über ein im Fundament integriertes Ringleitungssystem und 14 senkrechte Schächte beheizt und vermutlich auch belüftet werden sollten. An diese Steigschächte waren pro Stockwerk paarweise jeweils zwei Krankenzimmer angeschlossen, wobei die warme Luft den einzelnen Kammern über Regelschieber zugemessen wurde: *„Der ganze Thurm sollte durch vier große eiserne Oefen die unter der Erde gelegt sind, und durch lange Röhren in alle Behälter ableiten, geheizet werden. Bey den ersten Versuchen sah man aber sogleich, dass die ihren Absichten gar nicht entsprachen. Man heizet jetzt jede Abtheilung durch zwey Oefen, die auf den Gängen, die vor den Behältern herumlaufen, gesetzt sind.“* (BALDINGER 1785: 327). Aus dem 1792 verfassten Reisebericht eines anonymen Autors kann man vorsichtig schließen, dass möglicherweise auch die Frischluftzufuhr außerhalb der Heizperiode über die gleichen Luftschächte erfolgen sollte: *„Zu Anfangs waren untenher grosse Oefen angelegt, von denen die Wärme in die oberen Stockwerke aufsteigen sollte: Allein diesem Vorhaben entsprach der Erfolg nicht. Die Kaminen, die davon in die Zimmer geleitet waren, gaben zum Teil einen dicken Rauch, zum Theil aber eine widerwärtige kalte Luft von sich.“* (STOHL 2000: 280). Die Heizung im Narrenturm erfuhr mehrere Umbauten. Die ursprünglichen Warmluftschächte wurden verschlossen (die zugemauerten Zu- bzw. Abluftöffnungen sind in mehreren Krankenzimmern heute noch zu sehen), und die Räume durch große, auf den Gängen der einzelnen Stockwerke situierte Öfen beheizt. 1827 wird die sog. „Meissnerische Heizung“ eingeführt, die aber *„wegen des unpassenden Baues unserer Irrenanstalt dem erwünschten Zwecke nicht entspricht und wegen der hiemit verbundenen nicht unbedeutenden Auslage nicht sehr willkommen ist“* (VISZANIK 1845: 5). Andere Experimente mit dem als Konvektor-Einzelofen konzipierten „Meissnerschen Apparat“ hingegen waren in mehreren Krankensälen des Militärkrankenhauses der *„k.k. medicinisch-chirurgischen Josephs-Akademie“* durchgeführt worden *„und der k.k. Hofkriegsrath hat, in Folge der überaus günstigen Resultate, auch bereits die Einführung derselben im ganzen Krankenhause anzubefehlen geruht.“* (MEISSNER 1827: 27).

Ein Nachteil der ersten Warmluft-Heizsysteme in Veranstaltungsräumen und Krankenhäusern bestand darin, dass Heizluft- und Frischluftversorgung zunächst nicht voneinander getrennt waren. Diesem

¹⁷ Information bei einer Führung im Oktober 2008.

Einführung

Problem wurde offensichtlich in französischen Spitälern zuerst Rechnung getragen. Konkrete Hinweise dazu finden sich in einer detaillierten Studie von Ferdinand Artmann (1830-1883), der damals ebenfalls am Garnisonsspital der Josephs-Akademie als Hauptmann im k. k. Genie-Stab (wir würden dies heute wohl „Forschungs- und Entwicklungsabteilung“ nennen) tätig war. Seine Schrift zur „Ventilationsfrage“ verrät eine profunde Kenntnis der komplexen Problematik (ARTMANN 1865). Darin werden zahlreiche heizungs- und lüftungstechnische Details diskutiert, die sich nicht nur in der Architektur und Haustechnik bedeutender Wiener Gründerzeitbauten sondern auch in der Neuen Burg wiederfinden und Aufschluss über den Stand der Technik und auch der Hygiene um die Mitte des 19. Jahrhunderts geben, also genau zu der Zeit, in der mit der Schleifung der Stadtmauern und Befestigungsanlagen und der Planung der großen Ringstraßenbauten begonnen wurde.

Bereits damals wurde zwischen „natürlicher Lüftung“ (vor allem über die Fenster) und künstlicher, d. h. thermisch bzw. mechanisch gestützter „Ventilation“ unterschieden. Das ältere Wirkprinzip der künstlichen Ventilation beruht auf der unterschiedlichen Dichte von kalter und warmer Luft, wobei der Auftrieb der verbrauchten Fortluft durch Öfen bzw. Wärmetauscher bewerkstelligt wurde, d. h. dass den Abluftkaminen, vor allem auch im Sommer, Wärme zugeführt werden musste. Artmann beschreibt detailliert die von Leon Duvoir, Philippe Grouvelle und Henri Victor Regnault entwickelten, jeweils leicht modifizierten doppelten Belüftungssysteme, die sich vorwiegend über die Art der Luftführung unterschieden. Regnault baute für das Krankenhaus von Vincennes zwei getrennte koksbeheizte Luftheizungen, die er *Calorifère* und *Ventilation* nannte. Dabei setzte er sowohl für die Warmluftheizung als auch zur Erzeugung des für die Lüftung notwendigen Auftriebs in den Abluftschächten koksbeheizte Öfen ein. Das System der *Calorifères* diente im Winter zur Abdeckung der Heizgrundlast, das System der *Ventilation* sorgte im Sommer für die Belüftung und konnte im Winter zur Unterstützung der Warmluftheizung bei tiefem Frost dazu geschaltet werden. Sogar eine nicht näher beschriebene Luftbefeuchtung in der Luftheizkammer wird erwähnt. Da sich sowohl das Fachvokabular als auch einzelne technische Details in den Plänen des Heizungs- und Lüftungssystem nicht nur des 1888 eröffneten Wiener Burgtheaters sondern auch der Hofmuseen (WEHDORN 1979:107) und nicht zuletzt auch im Luftbrunnen des Corps de Logis der Neuen Burg wieder finden, darf daraus geschlossen werden, dass sich in der Arbeit Artmanns die wesentlichen Grundlagen der damaligen Heizungs- und Lüftungstechnik finden lassen. Zwei Details erscheinen erwähnenswert: Bei Regnault erfolgte die Warmluftführung in den Außenmauern und wurde über den Fußboden den Räumen zugeführt, womit gleichzeitig – ob beabsichtigt oder zufällig muss offen bleiben – als Nebeneffekt eine Art Hypokaustenwirkung bzw. Erwärmung der kälteren Außenbauteile verbunden war. Die verbrauchte Abluft wurde über Schächte geführt, die zwischen den Fenstern angeordnet waren – auch diese Lösung findet sich im ursprünglichen Bestand in der Neuen Burg umgesetzt. Die Beobachtung, dass sich „verbrauchte“ warme Luft stets unter der Decke ansammelt, deckt sich ebenfalls mit den in den Zwischenwänden oberhalb der Türen angebrachten Überströmöffnungen in den großen Sälen der Hofmuseen sowie des Corps de Logis.

Relativ neu in die Diskussion gebracht scheinen hingegen mechanische Ventilatoren gewesen zu sein, die schon länger zur Wetterführung in den Bergwerken Verwendung fanden, ehe sie auch zur Belüftung von Spitälern und öffentlichen Anstalten zunächst in Paris und Brüssel und zuletzt auch in einem Versuchsbau des Wiener Garnisonsspitals eingesetzt und mittels Dampfmaschinen betrieben wurden. Schon damals ließ sich beobachten, dass ein Absaugen der verbrauchten Luft mittels eines zentralen Ventilators – wegen der schwer kontrollierbaren Nachströmung der Zuluft – weniger zweckmäßig ist als eine Frischluftzufuhr durch „*Pulsion*“, also im Druckverfahren (ARTMANN 1865: 11f).

2. Geschichtlicher Überblick über Bau und Nutzung der Neuen Hofburg in Wien

Obwohl Artmann, immer mit dem Blick auf die Erfordernisse eines Spitals, höchstes Augenmerk auf die Qualität der Frischluft legt und von daher lange Luftwege in engen Schächten und verwinkelten Kanälen ablehnt, erteilt er der natürlichen Ventilation, die allein auf vom Wind generierte Druckunterschieden basiert, eine allgemeine Abfuhr. Er bemängelt nicht nur die kaum beeinflussbare Variabilität der Leistung, sondern auch die bereits von Pettenkofer beschriebene Beobachtung, dass es vor allem im Sommer zu einer Strömungsumkehr kommen kann. Gerade in Spitälern – wo die von den „*miasmisch verbreiteten Krankheitsstoffen*“ angereicherte Luft verlässlich abgeführt werden musste – konnte dies nicht toleriert werden.

Da „*jede unbefangene Beobachtung erweist, daß [...] die Einwirkung der Sonne auf die Luft ein mächtiges Agens für deren Respirationsfähigkeit bilde, daß eine Luft, welche längere Zeit abgeschlossen von Luft und Sonne, durch Canäle getrieben wurde, sich schon dem allgemeinen Empfindungsvermögen als minder gut bemerkbar macht, wenn auch der wissenschaftliche Ausdruck für diese Erfahrungsthatsache noch mangelt*“, spricht sich Artmann gegen die Verwendung von „Kellerluft“ zur Belüftung von Krankenhäusern aus, wobei er dies an anderer Stelle damit begründet, dass die Umgebungsluft eines Spitals von vorn herein von schlechter Qualität sei und darüber hinaus „*die Luft zunächst der Erde die relativ schlechteste sei, weil sie von den Ausdünstungen der Erde und den mechanisch schwebend erhaltenen Verunreinigungen relativ am meisten enthält*“ (ARTMANN 1865: 34). Allerdings gilt es zu bedenken, dass die bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts gebauten Keller, großteils genutzt zur Lagerung von Lebensmitteln oder Brennmaterial und Tummelplatz von Ratten, Ungeziefer und Mikroorganismen, nicht vergleichbar waren mit den späteren, großzügig unterirdisch angelegten, verputzten und ausgekalkten, ständig von Frischluft durchströmten und sorgfältig gewarteten Luftkonditionierungsanlagen der Gründerzeit – wie etwa heute noch im Wiener Burgtheater zu sehen. Nicht umsonst wurden sie als „Luftbrunnen“ bezeichnet.

Ausführlich werden von Artmann die physiologisch und medizinisch begründeten Frischluftmengen pro Person diskutiert. Dazu führt er als Bezugsgröße das *spezifische Volum* ein, *d. i. der pro Menschen entfallende Cubikraum*, den man braucht, um in einem bestimmten Raum ohne gesundheitliche Beeinträchtigung längere Zeit leben zu können. Das *spezifische Volum*, also die pro Person benötigte Kubatur eines Innenraums, bewegt sich von 12 m³ bzw. 13-14 m³ in französischen bzw. österreichischen Infanteriekasernen, über 20 m³ in französischen Militärspitälern bis zu 32 m³ in österreichischen Militärspitälern sowie im Allgemeinen Krankenhaus in Wien. Daraus errechnen sich auch die für eine ausreichende Lufthygiene notwendigen Raumhöhen (!) von Krankenzimmern. Unter Berufung auf einen Bericht französischer Wissenschaftler von 1780, werden für Kranke mit schwerem Fieber und starken Ausscheidungen Stockwerkhöhen zwischen 5,5 und 6,5 m empfohlen. Bei älteren und schwachen Kranken sollten die Stockwerkhöhen jedoch zur besseren Beheizbarkeit auf 4,6 bis 4,9 m reduziert werden. „*Eine Vergrößerung der Stockwerkhöhe unterstützt aber wesentlich die natürliche Ventilation, welche theils auf dem durch Temperatur-Differenz, theils auf dem durch Diffusion bedingten Luftaustausche beruht, welcher durch die zufälligen und absichtlichen Öffnungen, sowie durch die Wände hindurch stattfindet.*“ (ARTMANN 1865: 14-15). Durch die in diesen hohen Räumen fast zwangsläufig vorherrschende Temperaturdifferenz von mindestens 2° zwischen Fußboden- und Deckenbereich kommt es zu einer konvektiven Durchmischung der Raumluft, wodurch die verbrauchte wärmere Atemluft zur Decke steigt und kühlere Frischluft in die Aufenthaltszone nachströmt. In diesem Zusammenhang erscheint es interessant darauf hinzuweisen, dass die Repräsentationsräume der Neuen Burg exakt diese Raumhöhen aufweisen. Die aus heutiger Sicht überdimensionierten Raumkubaturen sind somit nicht primär als Ausdruck eines übersteigerten Herrschaftsanspruchs zu deuten sondern lassen sich auf den für das Kaiserhaus selbstverständlich höchsten, hygienisch begründeten Qualitätsstandard auch im Wohnbereich zurückführen.

Einführung

Für die natürliche Ventilation bedarf es naturgemäß eines ausreichenden Temperaturunterschieds zwischen Raumluft und Außenluft, um in den Abluftschächten den notwendigen Auftrieb herzustellen. Um diesen zu dokumentieren bezieht sich Artmann auf Temperatur-Messungen, die Primarius Dr. Carl Haller zwischen 1855 und 1857 im Allgemeinen Krankenhaus täglich hat durchführen lassen, woraus er die Werte des jeweils heißesten Zeitraums 16. Juli bis 15. August zitiert. Dr. Haller hat 1855 und 1856 die Lufttemperatur in einem nicht näher bezeichneten „Hofraum“ sowie in zwei (aufgrund der Temperaturdifferenz vermutlich übereinander liegenden) Krankenzimmern jeweils „in den frühen Vormittagsstunden“ gemessen; im Jahr 1857 sind die Werte um ca. 13:30 Uhr abgelesen worden. Die in Grad Reaumur angegebenen Temperaturen sind in mehrerer Hinsicht aufschlussreich: Zum einen fällt auf, dass das lokale Klima Mitte des 19. Jahrhunderts im Sommer etwas milder war als heute. Weiters erfahren wir aus den Aufzeichnungen, dass trotz vermutlich relativ dichter Belegung der Krankenzimmer und ohne Außenbeschattung die Raumtemperaturen im Untersuchungszeitraum auch im Hochsommer nicht über 22,4 °R, d. s. 28,0 °C bei Außenlufttemperaturen von max. 20,7 °R (= 25,9 °C) lagen. Die nach einem Maximum wieder rasch absinkenden Raumtemperaturen weisen auf einen ausreichend hohen Frischluftwechsel hin. Die Temperaturdifferenz von 2° bis 4 °C zwischen Außen- und Zimmerluft hält Artmann für ausreichend, um eine selbsttätige natürliche Ventilation in Gang zu bringen, indem die kühlere Frischluft in Fußbodennähe in die Räume eingebracht und die verbrauchte wärmere Luft im Bereich der Zimmerdecke abgeführt wird.

Der Begriff der *Centralheizung* ist bereits 1865 etabliert, wobei als Vorteile in jedem Fall der geringere Platzbedarf und, bei Vorhandensein von *ausgedientem Dampf* (also einer frühen Form von Kraft-Wärme-Koppelung), auch eine größere Wirtschaftlichkeit angeführt werden. Dem wird jedoch ein umständlicherer und unzuverlässigerer Betrieb gegenüber gestellt, der ohne Abwärmenutzung, aufgrund der beträchtlichen Bereitstellungs- und Verteilungsverluste, auch teurer ist als dezentral und bedarfsgerecht eingesetzte Einzelöfen.

Als Nachteile aller Luftheizungssysteme werden der häufig üble Geruch und die verminderte relative Luftfeuchtigkeit angeführt. Die Geruchsentwicklung tritt auf, wenn die Heizluft in den Luftkammern und Kanälen „*infierte Stellen passieren muss*“; weiters, wenn die Oberflächentemperatur der *Calorifères* 80 °C übersteigt, weshalb Artmann rät, die Wärmetauscherflächen zu vergrößern (wodurch deren Temperatur abgesenkt werden kann). „*Was den zweiten Vorwurf wegen der Trockenheit betrifft, welcher der Luftheizung gemacht wird, so bezieht sich derselbe nur auf den relativen Feuchtigkeitsgrad der Luft, welcher bei allen Heizungen, wo die Luft der alleinige Vermittler der Wärme ist, in gleichem Maasse eintreten müsste, wenn nicht bei der Dampf- und Wasserheizung durch die stets vorfindlichen kleinen Undichtigkeiten der Luft Gelegenheit geboten wäre, etwas Wasser aufzunehmen.*“ (ARTMANN 1865: 30-32).

Auf der Suche nach wissenschaftlich objektivierbaren Parametern für einen nicht nur physiologisch begründeten sondern auch hygienisch ausreichenden Luftwechsel wird die sog. Ventilationseinheit, das ist die pro Person und Stunde benötigte Frischluftmenge in m³, eingeführt. Um eine Anreicherung der Atemluft mit (ausgeatmetem) Wasserdampf hinten zu halten, werden 6-8 m³ pro Pers*h benötigt, was jedoch allgemein subjektiv als nicht ausreichend eingestuft wird. Mit dem von Pettenkofer genannten Grenzwert von 0,07 % für den CO₂-Gehalt der Mischungsluft (was dem heutigen Wert von 700 ppm entspricht), erhöht sich die Ventilationseinheit auf 60 [m³], wobei ein Unterschreiten des Wertes aber keinesfalls als gesundheitsgefährlich sondern lediglich als qualitätsmindernd eingeschätzt wird. Artmann, der im übrigen ein guter Beobachter gewesen sein dürfte, stellt folgerichtig fest, dass für die Qualitätsminderung der Atemluft weniger die Zunahme des „Kohlensäuregehaltes“ als vielmehr

2. Geschichtlicher Überblick über Bau und Nutzung der Neuen Hofburg in Wien

menschliche Ausdünstungen und Geruchsstoffe verantwortlich wären und rät abschließend zu diesem Thema: *„Das einzige und beste Reagens bleibt da wohl die Nase; wir haben wenigstens kein besseres und können in allen Fällen mit der Ventilation zufrieden sein, bei welcher die Luft keinen Geruch hat.“* (ARTMANN 1865: 38f).

Da das Phänomen der Wärmekapazität durch Speichermasse eines Gebäudes noch unbekannt ist, wird die Bedeutung des technisch gestützten Luftwechsels zur gezielten Kühlung eines Gebäudes während der heißen Sommermonate etwa durch Nachtlüftung nicht erkannt; als Schutz *vor dem übermäßigen Einwirken der Sonnenhitze* wird lediglich auf gute Jalousien verwiesen.

Zuletzt erbringt Artmann den rechnerischen Beweis, dass künstliche Belüftung mittels mechanischer Ventilatoren, die von koksbeheizten Dampfmaschinen angetrieben werden, unter Einbeziehung aller externen Kosten für Betrieb und Wartung je nach Ansatz 5 bis 10 Mal so teuer ist wie die Wärmeventilation (und nicht, wie von den Befürwortern behauptet, um 30 % billiger) (ARTMANN 1865: 46-59). Bei aller Bewunderung für seine umfassende Beobachtungsgabe und technische Kenntnis, muss die abschließende Conclusio der Berechnungen, *„dass es nach den Ergebnissen der mechanischen Ventilationsmethoden keinem vernünftigen Menschen mehr einfallen könne, dieselben weiters anzuwenden“*, allerdings als grobe Fehleinschätzung Artmanns eingestuft werden: Mit der Erfindung des Elektromotors war der Siegeszug der technisch gestützten mechanischen Belüftung nicht mehr aufzuhalten. Auch im Corps de Logis der Neuen Burg wurden zu einem späteren Zeitpunkt (vermutlich unter Eduard Meter) vier große Blackman-Schraubengebläse in den Abluftschächten sowie zwei Ventilatoren zur Entlüftung des Dachraumes unter der Glaspyramide eingebaut (→ Kap. B.2.2.1., Abb. B.22; KÄFERHAUS 1997: 8-9).

In dem Kapitel über die *Ventilation der Theater* finden sich technische Details über die Zuluft- und Abluftführung sowie über die Mobilisierung der Abluft über dem Zuschauerraum mittels eines Gasbrenners, die auffallend mit jenem Konzept übereinstimmen, das der Garnisonsarzt Dr. Karl Böhm für das Wiener Burgtheater entworfen hat und das heute noch (allerdings ventilatorgestützt) weitgehend unverändert in Funktion ist (→ Kap. A.2.3.3).

Im letzten Kapitel vergleicht Artmann die unterschiedlichen Systeme hinsichtlich ihrer Leistung (m³/h abgeführte Luft pro Kranken) und Kosten sowie Flexibilität bei intermittierendem Betrieb (etwa für Schulen und Theater). Dabei kommt er zu dem Schluss: *„Unter den künstlichen Wärmeventilationsmethoden bietet die Meissner'sche Luftheizung mit localer Heizung die größten Vortheile, da sie die relativ wohlfeilste, einfachste und sicherste Methode ist.“*

Einen umfassenden Einblick in die Heiz- und Lüftungstechnik in Wien zur Zeit des Hofburgbaues gibt das 1885 erschienene „Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik“ von Friedrich Paul, der als Baurat des Wiener Stadtbauamtes u. a. für die Planung und Errichtung der Heizung und Lüftung des Wiener Rathauses verantwortlich war¹⁸. Das 770 Seiten starke Werk behandelt zunächst auf über 300 Seiten umfassend und detailliert alle damals bekannten bauphysikalischen Grundlagen, wobei die Fülle der Berechnungen, unterlegt mit an der Praxis orientierten Beobachtungen und empirisch ermittelten Daten, beeindruckt. Als einzelnes Beispiel sei etwa § 43. *Wärme-Entgang durch Oeffnen der Thüren, Wärme-Erforderniss für Ventilation, Körperwärme* herausgegriffen: Darin wird der Mehrbedarf an Heizwärme in einer Schule durch den erhöhten Luftwechsel durch viermaliges Öffnen der Eingangstür/Schüler/Schultag sowie durch künstliche Ventilation (mit zwei- bzw. dreifachem stündlichem Luftwechsel) dem Wärmeeintrag durch die Körperwärme der 60 Schüler (pro Klassenraum mit einem Rauminhalt von 209 m³) gegenübergestellt,

¹⁸ Bereits sieben Jahre zuvor hatte Paul ein Handbuch über die „Central- und Ofenheizung“ publiziert.

Einführung

wobei auch der Einfluss künstlicher Luftbefeuchtung und die damit verbundene adiabatische Kühlung berücksichtigt wird. Es zeigt sich, dass bei zweifachem Luftwechsel Wärmegewinne und -verluste nahezu ausgeglichen bilanziert werden können; bei dreifachem Luftwechsel hingegen steigt der Heizbedarf signifikant. Die Berechnung führt zu der Schlussfolgerung: *„Die gesammte Heizsaison theilt sich daher in zwei Epochen, nämlich in die der eigentlichen Winterkälte und die der milderer Temperatur, bei welcher nur eine tägliche Vorheizung nöthig ist, während der Anwesenheit der Schüler aber die Heizung einzustellen ist.“* (PAUL 1885: 267).

Im Abschnitt über die Luftqualität wird nicht allgemein über die „Ausdünstungen des menschlichen Körpers“ reflektiert, sondern es werden konkrete Mengen an ausgeatmetem Kohlendioxid genannt, wonach die Raumluft in sechs verschiedene Qualitätsstufen eingeteilt wird. Ab einem Kohlendioxidgehalt von 1 Promille muss ein forcierter Luftwechsel vorgesehen werden. Auch die mit der Atemluft stündlich abgegebene minimale bzw. maximale Menge an Wasserdampf (eingeteilt in 4 Alters- bzw. Geschlechterklassen) ist bekannt. Es wird nicht nur der ungünstige Einfluss von Gasbeleuchtungen umfassend diskutiert sondern auch die damit verknüpften Möglichkeiten zur Luftverbesserung, indem die Abwärme der großen Kronleuchter zur verstärkten Ventilation herangezogen wird. Der in mehreren Varianten im Detail beschriebene „Sonnenbrenner“ wurde auch im Belüftungssystem des Burgtheaters und der Hofoper eingesetzt (→ Kap. A.2.3.3.).

Das Problem der Austrocknung der Raumluft im Winter ist bekannt, der daraus resultierende Nachbefeuchtungsbedarf wird berechnet, ebenso die Notwendigkeit zur Entfeuchtung im Sommer. Es werden Möglichkeiten und Beispiele zur Kühlung der Zuluft im Sommer durch Erdwärmetauscher, Grundwasserwärmetauscher und Eis genannt. Die wenigen genannten Beispiele sollen zeigen, auf welchem hohem Niveau die Haustechnik und Bauphysik zu dieser Zeit bereits gedacht und gerechnet hat; in manchen Details muten die Überlegungen zum minimalen Ressourcenverbrauch geradezu modern und „nachhaltig“ an.

Das Problem der Zugluft infolge zentraler Zuluftführung bzw. zu großer Einströmgeschwindigkeit ist bekannt, weshalb der gleichmäßigen Verteilung der Zuluft bzw. der Mischung von Frischluft und Heizluft breiter Raum gegeben wird. In § 33 finden wir eine Beschreibung der ausgeklügelten, in drei Ebenen bzw. Stockwerke unterteilte Luftmischkammer zur Auffächerung des Zuluftstromes und stufenlos steuerbaren Durchmischung von Außenluft und Warmluft, die Prof. Dr. Böhm für die Wiener Hofoper (im 2. Weltkrieg zerstört) wie auch für das Burgtheater (wo sie heute noch in Funktion ist), konzipiert hat (PAUL 1885: 355). Das heutzutage als völlig neu dargestellte Prinzip der Quelllüftung war Ende des 19. Jhdts. bereits bekannt und beherrscht – mit geringst möglichen technischen Eingriffen.

Einen breiten Raum nehmen die Luftheizsysteme ein. Auch der „Meissnersche Apparat“ findet noch eine späte Würdigung (← Abb. A.4). Die gleichmäßige Verteilung der Warmluft sowie die vertikale Regulierung der Heizwärme sind von zentralem Interesse. Auf S. 404 finden wir eine Regulierklappe abgebildet zur Mischung von Warmluft mit Frischluft, die an die Anlage in den vier „Luftheizkammern“ im Corps de Logis erinnert (→ Abb. B.19 – B.20). Daneben werden auf rund 250 Seiten die Heißwasserheizung, die Warmwasserheizung (Niederdrucksysteme) sowie verschiedene Varianten der Dampfheizung abgehandelt.

Die Vielfalt der Wärmebereitstellungssysteme zur Jahrhundertwende ist u. a. auch aus dem Briefkopf der Firma Johannes Haag, *Maschinen- und Röhren-Fabrik-Act. Ges., Etablissement für Centralheizung und Ventilation (Wien VII., Neustiftgasse 98)* ersichtlich, die 1902 an der Ausschreibung für die Heizanlage im Corps de Logis teilnahm. Die Firma positioniert sich als *„Spezialist für: Wasserheizungen aller Systeme, Dampfheizungen für Hochdruck und Abdampf, Dampfwasserheizungen, Niederdruck-Dampfheizungen*

2. Geschichtlicher Überblick über Bau und Nutzung der Neuen Hofburg in Wien

nach eigenem patentierten System, Feuerluftheizungen, Dampfheizungen, Ventilationseinrichtungen auf natürlichem und mechanischem Wege, Ventilatoren jeder Größe, Dampfbrodback-Öfen, Dampf-, Koch-, Wasch- und Bade-Einrichtungen; Luftbefeuchtungs- und Inhalations-Einrichtungen speciel für Diphtheritis-Krankenräume, schmiedeeiserne Rohrspiralen in jeder Form und Größe.“

Mitte des 19. Jahrhunderts waren alle wesentlichen Fragen zu einem quantifizierbaren, kontrollierten, hygienisch erforderlichen und bedarfsgerechten, d. h. personenbezogenen Luftwechsel bekannt und standen im Mittelpunkt der Überlegungen der damaligen Haustechnik. Da der Gartentrakt der Neuen Hofburg ursprünglich als moderner Wohntrakt für die kaiserliche Familie bzw. für offizielle Gäste konzipiert war, kann man davon ausgehen, dass hier die höchsten Maßstäbe im Hinblick auf den Wohnkomfort angelegt wurden, wobei Hygiene und Luftqualität in der Stadt seit dem Mittelalter bis heute ein vorrangiges Thema darstellten.

2.3.3. Das Heizungs- und Belüftungssystem von Prof. Dr. Carl Böhm

Aus der mehrmals erwähnten Institution der Josephi-Akademie des Garnisonsspitals hervorgegangen ist auch der Regimentsarzt Prof. Dr. Carl Böhm, Edler von Böhmersheim (26.10.1827 - nach 1901). Er promovierte 1851 und war zunächst als a. o. Professor der Chirurgie am Josephinum tätig. Dort begann er um 1860 als Vorstand des sog. „Versuchsbaues“ verschiedene praktische Experimente und vergleichende Untersuchungen auf dem Gebiet der Beleuchtung, Heizung und Belüftung durchzuführen. Den aus England kommenden, wegen seines weißen Lichtes „Sonnenbrenner“ (*sunburner*) genannten Gasluster setzte er zur Beleuchtung und gleichzeitigen Entlüftung des Operationssaales ein. Mit der 1864 fertig gestellten Ventilations- und Heizeinrichtung der *Gebäranstalt* machte er sich im deutschen Sprachraum einen Namen. 1867 wurde sein System auch für das neue Rudolfs hospital gewählt und aufgrund der guten Ergebnisse auch im sog. *Aushülfskrankenhaus* in München eingebaut, wovon eine ziemlich genaue Beschreibung vorliegt (SEIFERT 1867: 245ff und Tafel I.). Es ist dies der einzige mir bisher zugängliche Anhaltspunkt für den technischen Ansatz von Böhm's Heizsystem: Zur Beheizung diente ein ummauerter Mantelofen („*Meissnerscher Apparat*“), dem von unten Frischluft zugeführt wurde. Über zwei gegenüber im Raum situierte Luftschächte, die oben und unten Klappen aufwiesen, konnte Frischluft- oder Heiz-Umluftbetrieb gewählt werden, was dieses System sehr flexibel und kostengünstig machte (→ Abb. A.5).

Carl Böhm war zunächst als Primar-Chirurg in der Rudolfstiftung tätig, die er 1870 - 1887 als Direktor leitete. Ab dieser Zeit galt er im Wien der Gründerzeit als Autorität auf dem Gebiet der „Gesundheitstechnik“, der Prophylaxe durch Lufthygiene (SEIFERT 1867: 236; PAGEL 1901); seine Ideen waren im Schul-, Theater- und Veranstaltungsstättenbau bis zum 1. Weltkrieg *state of the art*.

Die Bedeutung der Lufthygiene aus dem Blickwinkel der damaligen Medizin hinsichtlich der Volksgesundheit wird erst beim Lesen zeitgenössischer Autoren in seiner vollen Tragweite bewusst. In einer vom Wiener Arzt Dr. Theodor Heller herausgegebenen, offensichtlich für Lehrer gedachten kleinen Schrift über „Lüftung und Heizung im Schulgebäude“ schildert Dr. M. Rothfeld, Stadtschularzt in Chemnitz in einfacher klarer Sprache die Gegebenheiten in deutschen Schulen, wo bis zu 80 Kinder in den ein-klassigen Grundschulen gleichzeitig unterrichtet wurden. Sehr lebensnah werden nicht nur Sauerstoff-, Kohlensäure- und Wasserdampfgehalt der Luft sondern auch die Zusammensetzung des Staubes und die Häufigkeit und Verteilung diverser Krankheitskeime analysiert, nicht zuletzt auch die Verbreitung der Tuberkulose. Auch die „Atemgifte“ und Riechstoffe, die zum berühmt-berüchtigten „Schulgeruch“ führen werden auf ihre Quellen – „*Gase verschiedensten Ursprungs*“ - zurückgeführt: „*Sie entstammen zum*

Einführung

Teil dem Hautschweiß, der durch die Tätigkeit von Mikroorganismen bei mangelhafter Hautpflege zersetzt wird zu: Ammoniak, Baldriansäure, Kapron, Kaprylsäure; Darmgase und Exkremente des Körpers liefern Kohlenwasserstoffe, Ammoniak, Schwefelwasserstoff, flüchtige Fettsäuren, usw.; Fäulnisvorgänge in schlecht gepflegter Mund- und Nasenhöhle, Magenstörungen, mangelnde Haarpflege tragen ebenfalls zur Entwicklung riechender Gase bei.“ (ROTHFELD 1916: 11). Die hier drastisch geschilderten hygienischen Zustände können wir wohl auch für die 2. Hälfte des 19 Jahrhunderts als gegeben annehmen, wobei der allgegenwärtige Staub des Hausbrands, vor allem im Winter, nicht vergessen werden darf.

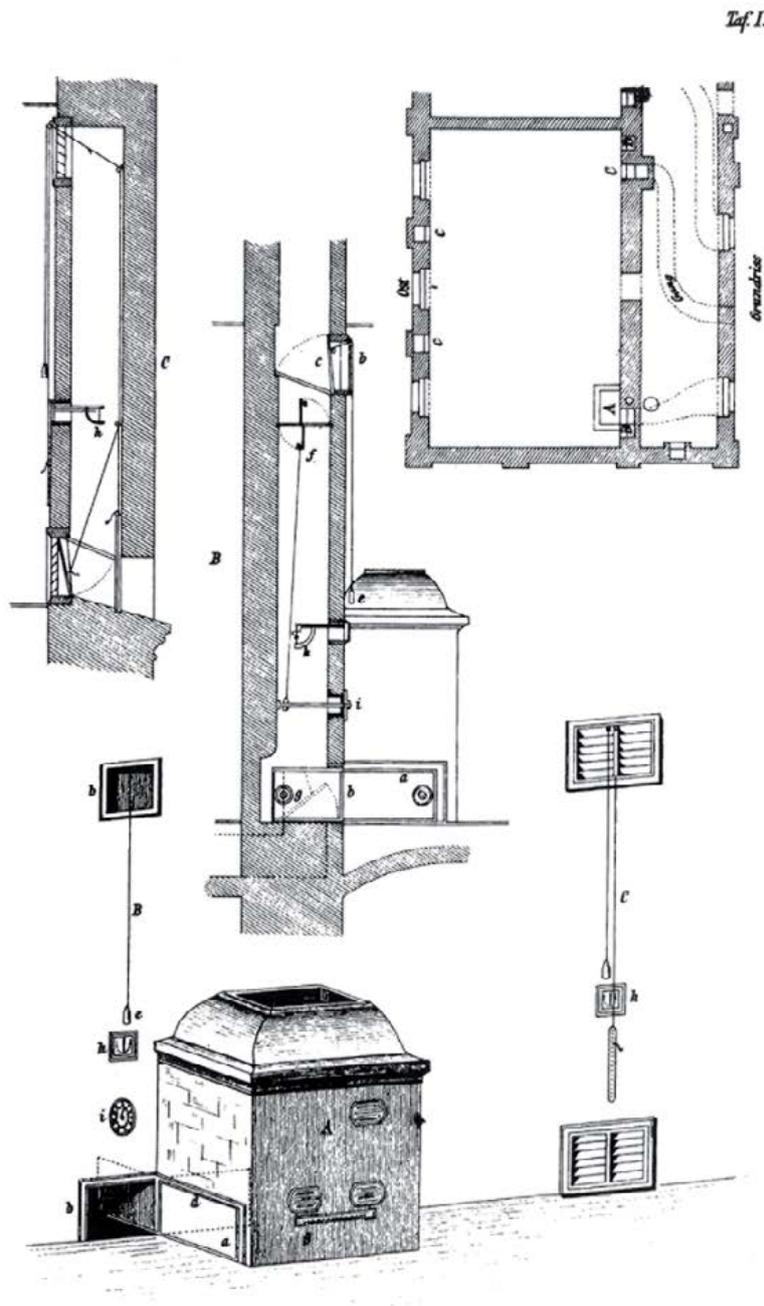


Abb. A.5: Beheizung und Lüftung im „Aushülfskrankenhaus“ in München (SEIFERT 1867, Tafel I)

2. Geschichtlicher Überblick über Bau und Nutzung der Neuen Hofburg in Wien

Es besteht kein Zweifel, dass das Vorbild für den Luftbrunnen in der Neuen Burg in dem von Böhm entwickelten Belüftungssystem der Hofoper bzw. des Burgtheaters zu finden ist (WEHDORN 1979: Tafeln 136, 137). Auch dabei standen, wegen der Ansammlung vieler (nicht selten lungenkranker) Menschen, höchste lufthygienische Überlegungen im Vordergrund. Die Luft wird aus dem Volksgarten über ein imposantes Einlaufwerk und einen knapp 6 m hohen Tunnel, in dem sich eine als Drossel fungierende eiserne Drehtür befindet, angesaugt und über den dreigeschossigen Keller und verschiedene Verteilungssysteme dem Zuschauerraum zugeführt. Bereits im Einlasstunnel konnte der Außenluftstrom geteilt und wahlweise über ein Heizregister geführt und vorgewärmt werden (Abb. A.8. und A.9.). Über ein mit Wasser berieseltes Verdunstungsregister konnte man die trockene Winterluft befeuchten.

Die originalen Steuerelemente zum Bewegen der Drehtür mittels Kettenzug sind noch weitgehend vorhanden und in Funktion (Abb. A.6. und A.7.). Erneuert wurden die Heizregister und Luftfilter sowie die technisch gestützte Ventilation. Ursprünglich befand sich unter dem Dach über dem Zuschauerraum ein großer „Sonnenbrenner“, der – wie bei Artmann und Paul beschrieben - für den nötigen Auftrieb sorgte. Um eine Strömungsumkehr zu verhindern, dreht eine große, noch heute funktionierende Windfahne die drehbar gelagerte Dachluke immer in Lee. Ein ganz ähnliches Lüftungssystem entwarf Böhm zuvor für die Wiener Staatsoper, welches jedoch nach dem 2. Weltkrieg nicht mehr in der ursprünglichen Form reaktiviert wurde (WEHDORN 1979: Tafel 128, 129).



Abb. A.6: Drehtür am Beginn des Lufteinlasses des Burgtheaters



Abb. A.7: Steuerelement zum Bewegen der Drehtür mittels Kettenzug

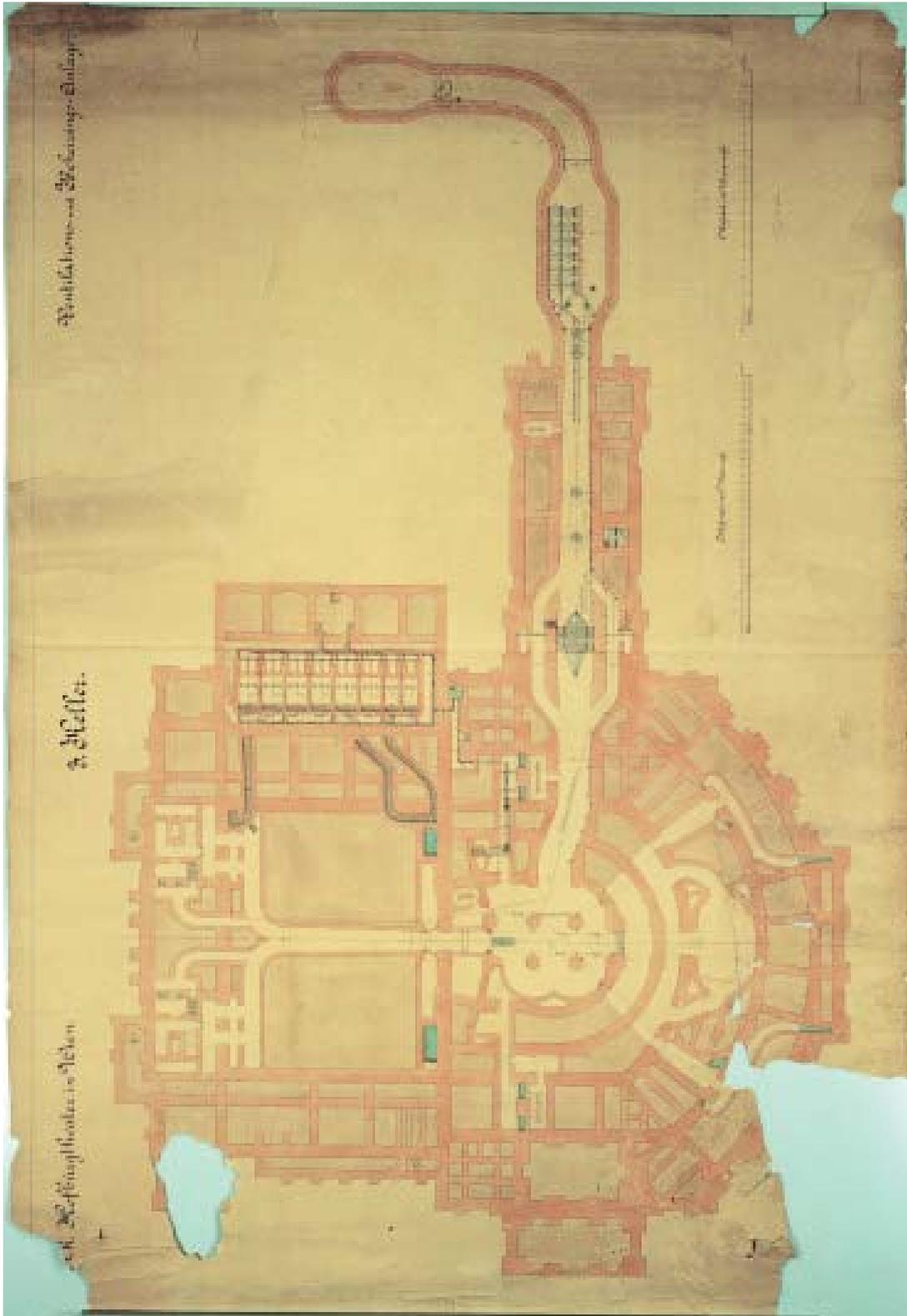


Abb. A.8: Grundriss des 3. Kellers im Burgtheater
Carl Böhm 1888
Albertina, Carl von Hasenauer Archiv, CHA 651 (<http://gallery.albertina.at>)
© Albertina

2. Geschichtlicher Überblick über Bau und Nutzung der Neuen Hofburg in Wien

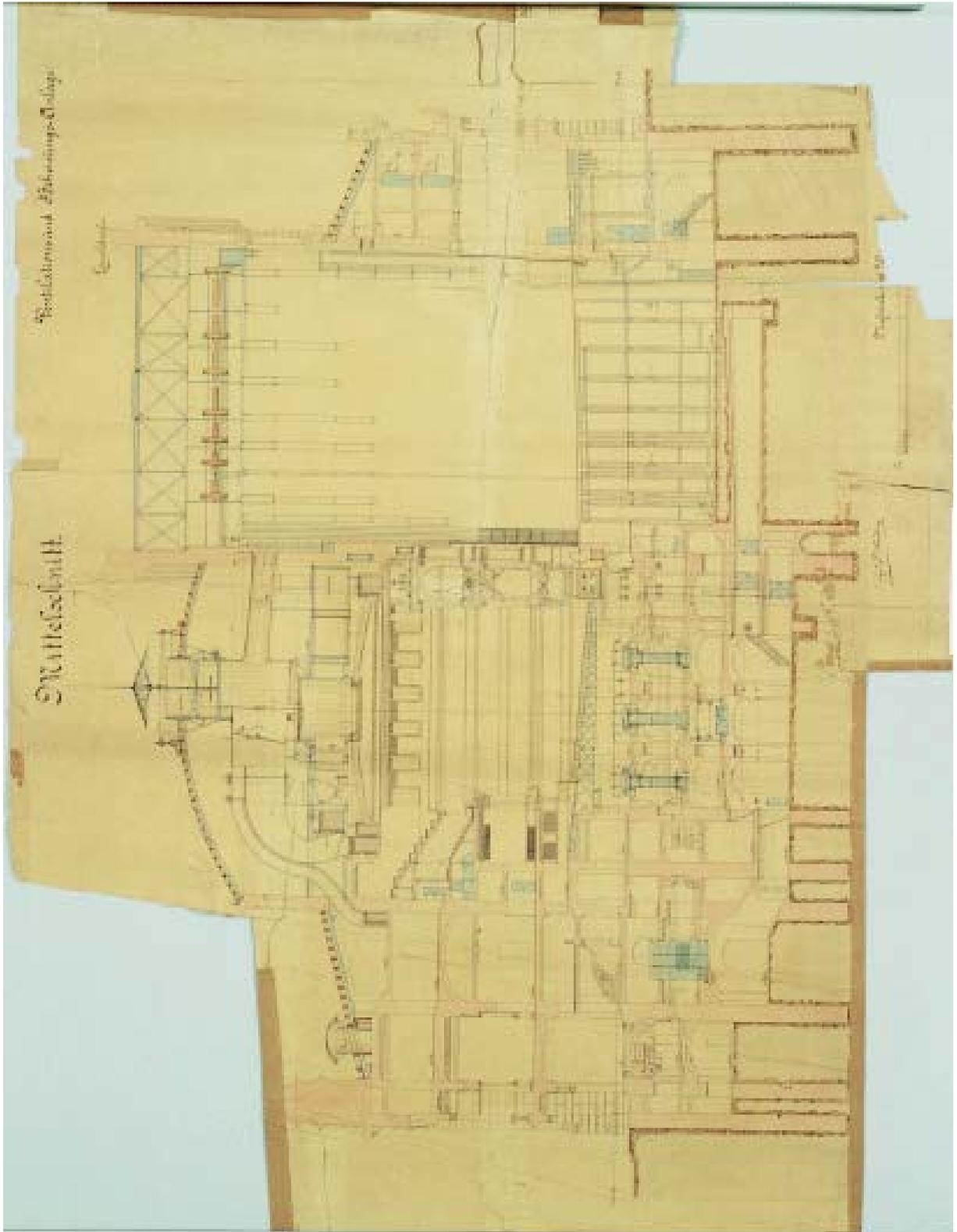


Abb. A.9: Schnitt durch das Burgtheater
Carl Böhm 1888
Albertina, Carl von Hasenauer Archiv, CHA 653 (<http://gallery.albertina.at>)
© Albertina

Einführung

Beeindruckend ist das nach wie vor funktionierende Quellluftsystem zur Vermeidung von Zugluft mittels einer „Mischkammer“, in der die im Umluftbetrieb erwärmte Luft mit frischer Außenluft nach Bedarf kontinuierlich gemischt werden kann (Abb. A.10.).



Abb. A.10: Mischkammer zur dosierten Zufuhr von Warmluft und Frischluft im Burgtheater

Als Direktor der Rudolfstiftung hatte Böhm bereits die Heizung und Belüftung der Börse, der Hofoper, des Burgtheaters, des Reichsratsgebäudes (Parlament) und der beiden Hofmuseen konzipiert. Nun stand das größte und letzte Projekt des sog. Kaiserforums bevor: Der Wohntrakt auf der Ostseite des großen Burgplatzes, der sog. „*Flügel gegen den Kaisergarten*“ mit dem „*Corps de Logis*“ sowie der (niemals realisierte) Museumstrakt, das „*Corps de Musée*“, auf der Westseite.

2.3.4. Schacht- und Schwerkraftlüftung

Ab der Mitte des 19. Jahrhunderts spielte die Frage der zweckmäßigen Beheizung und Belüftung großer Gebäude im Fachdiskurs eine dominante Rolle. Mit der „Meissnerischen Luftheizung“ hatte man ein neues Prinzip der Wärmeverteilung über Luftschächte gefunden, das mehr und mehr ausdifferenziert wurde. Dabei zeigte sich jedoch, dass die Problematik der „Warmluftverteilung“ mit dem Thema „Frischluftezufuhr“ klug abgestimmt werden musste. Die dafür entwickelten baulichen Voraussetzungen und Steuerelemente dürften die Verdienste von Carl Böhm gewesen sein (← Kap. A.2.3.3.); im Wiener Burgtheater mit seinen „Luftmischräumen“ und den Warmluft- und Frischluftschächten ist dieses Prinzip exemplarisch umgesetzt und bis heute in Funktion.

Um die Jahrhundertmitte wurde klar zwischen „natürlicher Lüftung“ über Fenster und Türen und „künstlicher Ventilation“ unterschieden (ARTMANN 1865). Zwar hatte man die Erkenntnis gewonnen, dass sich durch Vergrößern der Raumhöhe die Luftqualität von (Kranken-) Zimmern verbessern ließ (da die verdorbene, warme Luft aufsteigt und sich an der Decke sammelt), jedoch empirisch feststellen müssen, dass Raumhöhen über 5 Meter keine weitere Qualitätssteigerung bewirkten (PAUL 1885: 326): Wenn über Nacht die Fenster geschlossen blieben, war am Morgen die Luft auch in hohen Krankenzimmern

2. Geschichtlicher Überblick über Bau und Nutzung der Neuen Hofburg in Wien

„abgestanden“ und übelriechend, was zu Überlegungen zur kontrollierten Belüftung der Räume führte. Diese erfolgte entweder unter Ausnutzung der unterschiedlichen Dichte von Luft mit unterschiedlicher Temperatur (künstliche Ventilation, Kamineffekt, Saugessen) bzw. durch technisch gestützten Luftwechsel mittels Ventilatoren (was vor allem im Sommer wegen der unzureichenden Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenräumen erforderlich war). In jedem Fall benötigte man dafür ein ausgeklügeltes System von Zu- bzw. Abluftschächten (FISCHER 1881; SCHMITT 1890).

Schachtlüftungen waren in ganz Europa bis zum 2. Weltkrieg „Stand der Technik“¹⁹. Man findet sie nicht nur in allen repräsentativen Gründerzeitbauten sowie in jeder der unter Bürgermeister Karl Lueger in Wien gebauten Schulen sondern vermutlich auch in allen in dieser Epoche errichteten Museen Europas. Die Technische Hochschule am Karlsplatz, die Akademie der bildenden Künste, die beiden Hofmuseen, das Palais Epstein, das Parlament, das Wiener Rathaus, das Universitätsgebäude, die Börse, das Haus-, Hof- und Staatsarchiv, aber auch das Herzog Friedrich August-Museum sowie das städtische Museum in Braunschweig bis hin zum Schwedischen Nationalmuseum in Stockholm (Abb. A.11) – sie alle sind nach der gleichen „Lüftungsphilosophie“ konzipiert: Die Luft wird über das Kellergeschoss dem Gebäude zugeführt, dort im Winter allein durch den im Vergleich zur Außenluft wärmeren Souterrainbereich vorgewärmt und – je nach gewähltem Beheizungssystem – auf Zimmertemperatur aufgeheizt. Im Sommer bewirkte der kühle Fundamentbereich ein Abkühlen der Außenluft, ehe diese den Obergeschossen zugeführt wurde. Ein im Fundamentbereich außen gelegter Ringkanal hinterlüftete den Sockelbereich und hielt ihn trocken. In jedem Falle wirkte die Gebäudehülle als Ganzes als großer Temperatur-Puffer. Die gemauerten Luftkanäle durchzogen das Gebäude wie ein Arteriensystem, sodass die Gebäudehülle bei der Wärmeverteilung immer beteiligt blieb. Dies war vor allem im Sommer von Vorteil, da der Gebäudekern – anders als bei Blechkanälen einer heutigen Lüftungsanlage – von dem verzweigten, ständig luftdurchströmten Schachtsystem von innen gekühlt wurde.

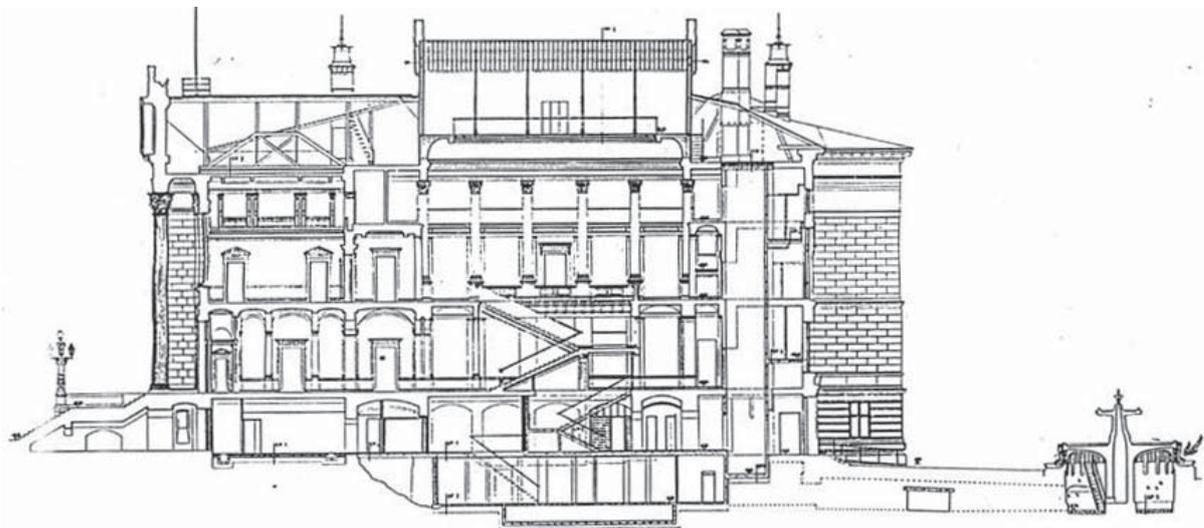


Abb. A.11: Schnitt durch das Schwedische Nationalmuseum in Stockholm (KÄFERHAUS 1997)

¹⁹ Als beim Bau der Wiener Flak-Türme wegen Luftangriffen und Zerstörung der Firma Waema in Deutschland die Lieferung der Lüftungsventilatoren nicht mehr möglich war, griff man auf dieses ältere Wissen zurück, indem man die Schächte zur Abführung der Reaktionswärme beim Aushärten des Betons zur selbsttätigen Lüftungsanlage für bis zu 15.000 Personen umfunktionierte (Mitteilung von Walter Baumgartner, bis 2009 Restaurator am MVK) .

Einführung

Der Dachraum war häufig von durch Regulierklappen gesteuerte Abluftvorrichtungen hinterlüftet, um den sommerlichen Wärmepolster konvektiv abzuführen. In allen mir bekannten Fällen sind diese Vorrichtungen in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts deaktiviert worden, wobei trotz Lüftungstechnischer Maßnahmen keine zufriedenstellende Situation herbeigeführt werden konnte (Abb. A.12 und A.13.).



Abb. A.12: Abluftöffnungen und Hinterlüftung des Dachraums im Herzog-Anton-Ulrich-Museum Braunschweig



Abb. A.13: Ehemalige Abluftöffnungen in den Dachraum im Städtischen Museum Braunschweig (Dr. A. Walz, HAUM Braunschweig)

2.4. Das Heizungs- und Belüftungskonzept der Neuen Burg

Als das *Hofbau-Comité* 1881 an den 54jährigen Professor Carl Böhm herantrat und dieser sich aus patriotischer Pflicht bereit erklärte, ohne Honorar für den Neubau der kaiserlichen Burg ein Heizungs- und Lüftungskonzept zu entwerfen, blickte dieser auf eine 20jährige einschlägige Erfahrung zurück. Mit dem Konzept der Heizungs- und Lüftungsanlage für das 1861-1869 erbaute Hofoperngelände wurde Böhm schlagartig berühmt; es war – so könnte man sagen - die erste durchgeplante „Klimaanlage“. Die Luftaufbereitung erfolgte über drei Kellergeschosse: Die Außenluft wurde in der untersten Etage („Kaltraum“) angesaugt und konnte über ein im Gewölbescheitel montiertes Bypass-System entweder in die nächste oder direkt in die dritte Etage aufsteigen. Über Wandkanäle konnte Frischluft unmittelbar dem Zuschauerraum zugeführt werden. In der zweiten Ebene, dem Mischraum, befanden sich dampfbeheizte Wärmetauscher, die die einströmende kalte Luft erwärmten (WEHDORN 1979: Tafel 128 – 133). In der zweiten Etage konnte die im Umluftbetrieb geführte Warmluft mit Frischluft gemischt werden. Die dritte Etage diente dazu, die temperierte Luft unterhalb des Zuschauerraumes gleichmäßig und zugfrei zu verteilen, was über einzelne, unter den Parterre-Sitzen angebrachte Lüftungsöffnungen erfolgte. Das gleiche System realisierte Böhm auch für das Burgtheater und für den Sitzungssaal des Reichsratsgebäudes (Parlament).

Es ist nicht auszuschließen, dass Böhm bereits zuvor für das Kaiserhaus tätig war; jedenfalls befinden sich heute noch in der Vertäfelung der ehemaligen Appartements von Kronprinz Rudolf Steuerelemente einer vormaligen Ventilationseinrichtung mit einem daneben befindlichen Luftauslass. Die beiden Armaturen, die mit einem Vierkantschlüssel zu bedienen waren, sind mit den Aufschriften „*verminderte – vermehrte – Lüftung*“ sowie „*ohne Luftwechsel – mit Luftwechsel*“ versehen, was auf eine Warmluftheizung wahlweise mit Umluftbetrieb und Frischluftmischung mittels Klappensteuerung schließen lässt – also genau jene Elemente, die als typisch für das Ventilationssystem Böhms gelten (Abb. A.14.). Die zugehörigen Luftschächte müssen nachträglich in das spätmittelalterliche Mauerwerk der alten Burg eingestemmt worden sein²⁰.

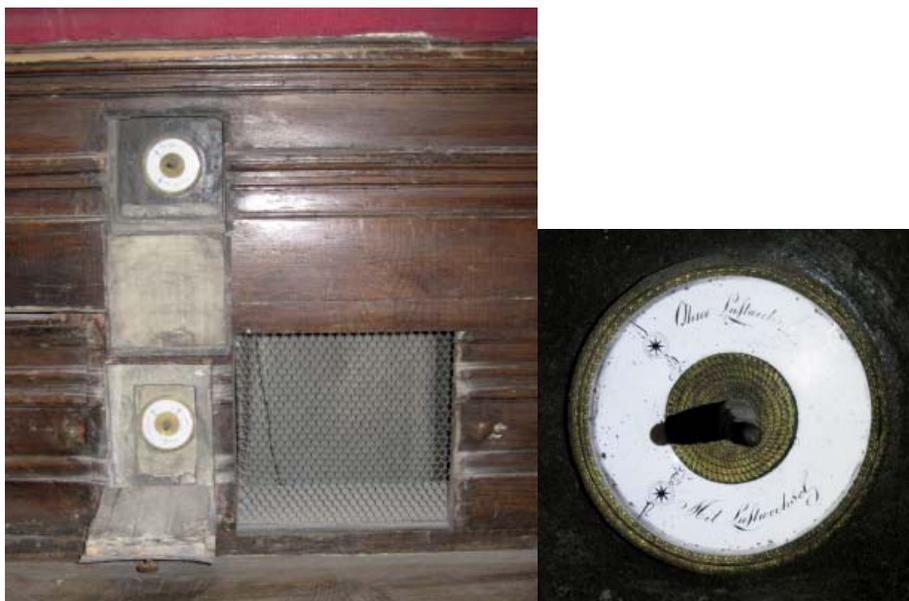


Abb. A.14: Heizungs- und Lüftungsregelung im ehemaligen Appartement von Kronprinz Rudolf

20 Für Hinweise und freundliche Hilfe danke ich Dr. Renate Holzschuh, BDA Wien

Bei Baubeschluss 1881 wurde auf Böhms Anweisung hin – entgegen den üblichen Gepflogenheiten – für den Wohntrakt ein zusätzliches zweites Kellergeschoss vorgesehen, um höchsten Qualitätsansprüchen im Wohnbereich auch während der Sommermonate zu genügen. 1887 zog er sich jedoch aus dem Burgbauprojekt zurück, um einer Berufung als Direktor des Allgemeinen Krankenhauses zu folgen. Offenbar aus dieser Übergangsphase stammt ein mit 10.4.1887 datiertes Protokoll, das hier im Wortlaut zitiert werden soll, da es nach wie vor offene Fragen nach dem genauen ursprünglichen Konzept Böhms klären helfen könnte und meines Wissens bisher noch nie publiziert worden ist²¹. Das erste Schreiben ist offensichtlich ein Bericht an das Hofbau-Comité mit dem Entwurf eines an Böhm zu verfassenden Schreibens:

„Ausbau der Hofburg wegen Ausführung der Heiz- und Ventilationsanlagen (Prof. Dr. Carl Böhm); 10. 4 . 1887

[Protokoll:]

[fol. 1r] Uiber das Ansuchen des Präsidiums des Hofbau Comité sich zu äußern, wem die Durchführung der Ventilations- u. Beheizungsanlage in dem neuen Flügel der K. Hofburg zu übertragen und welcher Vorgang hiebei einzuhalten wäre, hat Herr Baron Hasenauer ein Programm entworfen, wonach Prof. Böhm einzuladen sei, ein Projekt für die Ventilation und ein Programm für die Heizanlage auszuarbeiten. Das Projekt hätte die ganze Ausführung zu umfassen, das Programm jedoch nur die Grundlagen zu bieten zu einer

[fol. 1v] Konkurrenz mehrerer Heiztechniker für die Ausarbeitung des Projektes. Diese Konkurrenzprojekte wären sodann einem aus Sachverständigen zu bildenden Comité behufs Auswahl des entsprechendsten zur Begutachtung vorzulegen.

Prof. Böhm wurde sohin aufgefordert sich über diese Propositionen auszusprechen und die Bedingungen bekannt zu geben, unter welchen er sich der bezüglichlichen Mühewaltung zu unterziehen bereit sei.

In dem nun vorliegenden Berichte führt Prof. Böhm zunächst an, daß er im Sommer 1881 vom Präsidium des Hofbau Comité im K. W. eingeladen worden sei, Dispositionen für die Ventilations- & Beheizungs-Anlagen zu entwerfen u. die erforderlichen Angaben hiefür zu machen. Er sei diesem Auftrage nachgekommen, habe Anfangs März 1882 dem Frh. Baron Hasenauer Pläne über

[fol. 2r] die Hauptmomente des ihm gestellten Problems vorgelegt und nach deren Guttheißung am 27. März 1882 den Kellergrundriß der Bauleitung übergeben, sowie weiterhin nach Maßgabe des Erfordernisses u. der von der Bauleitung getroffenen Definition baulicher Herstellungen die für die weiteren Theile des Baues benötigten Pläne u. Angaben der Bauleitung zur Verfügung gestellt. Diese Pläne wurden baulich ausgeführt, bis auf das Corps de Logis, wo die Ausführung einer Korrektur bedürfen wird.

Sämmtliche in Rede stehenden Pläne würden auf Grund eines im Concepte bereits vorliegenden, das ganze Objekt umfassenden Elaborates ausgefertigt, welches das Projekt der in einem innigen und untrennbaren Zusammenhange stehenden Ventilations & Beheizungsanlagen in sich schliessen.

Das Arbeitsprogramm stellt Prof. Böhm dafür auf, daß schon beim Entwurfe der Baupläne [fol. 2v] die Vent. u. Beheizungsfrage erörtert u. das Projekt für die diesfälligen Anlagen schon vor dem Beginnen des Baues ausgearbeitet werden sollte. Sobald also auch für den Rest des Gebäudes die definitiven Baupläne zur Verfügung stehen, einige prinzipielle Fragen erledigt u. die für die Disposition der Heizkörper u. Rohrstränge, sowie der erforderlichen Öffnungen maßgebende Bestimmungen getroffen u. vereinbart sein werden, werde Prof. Böhm in der Lage sein, die Entwürfe für das Projekt zu ergänzen u. das Quartal-Projekt für beide Anlagen ausfertigen zu lassen. Nach Genehmigung desselben sollte sofort mit der Darstellung der wichtigsten Konstruktionen & Anfertigung der Detaildispositionen für die Installation vorgegangen werden. Bis zur Inangriffnahme der letzteren werde noch geraume Zeit verfliegen

[fol. 3r] und dürfte es sich nicht empfehlen mit der Vergebung der bezüglichlichen Arbeiten früher vorzugehen. Die Anordnung u. Ausgestaltung der Details müßten nach seinen Angaben u. unter seiner unmittelbaren Einflußnahme ausgefertigt werden.

21 Für die Hilfe bei der Recherche und Transkription danke ich herzlich Dr. Beatrix Darmstädter, Kuratorin der SAM

2. Geschichtlicher Überblick über Bau und Nutzung der Neuen Hofburg in Wien

Im Uibrigen spricht Prof. Böhm kein Honorar, sondern nur die Erfordernisse u. Mittel zur Fertigstellung des Projektes, sowie der Ausführungspläne u. Constructionszeichnungen an. Auf Grund des Beschlusses des Hofbau Comités in der 187. Sitzung am 23. April d. J. wäre zu erlassen:

*Sr. [...] Hr. Prof. Dr. Carl Böhm Direktor der KK. Krankenanstalt „Rudolfstiftung“
Das Hofbau Comité hat in der Sitzung am 23. April d. J. die Uibertragung der Ausführung der Ven-
[fol.3v] tilations u. Beheizungs Anlagen im neuen Flügel der k. Hofburg an E- [= Platzhalter für Adressaten] in Ihrem Beisein in Erwägung gezogen und es liegen demselben, wie Ihnen bekannt ist, über die Durchführungs-Modalitäten zwei Programme vor. Der bauleitende Architekt Hr. Prof. Freih. v. Hasenauer glaubt, daß Sie das Projekt für die Ventilationsanlage auszuarbeiten, für die Beheizung aber nur die prinzipiellen Angaben zu machen hätten, und daß auf Grund der letzteren, so wie es beim Bau des neuen Hofburgtheaters geschehen sei, die Beheizungsanlage einer Firma im Konkurrenzwege zur Projektierung und Ausführung zu übertragen wäre. Demgegenüber erklärten E- die beiden Projekte unzulässig und machten sich erbötig, sich der Ihnen zuge-
[fol. 4r] dachten Aufgabe unter den in Ihrer Eingabe vom 11. April d. J. Z. 260 erörterten Modalitäten zu unterziehen, wornach Sie verpflichtet wären zunächst ein General-Projekt u. sodann die nöthigen Arbeitspläne zu liefern, sobald Ihnen die dazu erforderlichen Baupläne, Hilfskräfte und sonstige Erfordernisse zu Gebote stehen.
Das Hofbau Comité hat sich die Beschlussfassung in dieser Angelegenheit vorbehalten.
Zum Zwecke desselben ersuche ich E- mir bekannt zu geben, bis zu welchem Zeitpunkte Sie das General-Projekt fertigzustellen sich verpflichten können und welche Kosten für die zur Ausfertigung dieses Projektes, sowie ferner für die zur Ausführung der Detailpläne erforderlichen Hilfskräfte und sonstigen Erfor- [fol.4v] dernisse auflaufen dürften.*

Wien, am [ohne Tag] Mai 1887

[Marginalanmerkungen auf fol. 4v:]

Weiters ersuche ich E- die von Ihnen in der eingangs gedachten Sitzung zum Vortrag gebrachten, wegen Mangel entsprechender Vorlagen jedoch nicht genehmigten Anträge [Anm.: Verweis auf weiteren Zusatz, s. u] ehestens mittelst gehörig [...]dierten Berichtes zu erneuern [?]. insbesondere hinsichtlich der Erfordernisse für die elektr. Kraftübertragung zum Betrieb des Exhausters, welche womöglich bei einer inländischen Firma zu beschaffen sind.

Es folgt die Antwort Carl Böhms:

Z.260

[fol. 1r] Eure Exzellenz!

In Beantwortung des geschätzten Schreibens dto 27. März j. J. Z.10563 beehre ich mich folgendes ergebenst zu berichten:

Seit mehr als dreißig Jahren mich mit Studien über Ventilationen und Beheizung bewohnter Räume beschäftigend und durch das mir geschenkte Vertrauen in der Lage gewesen aus Anlaß und durch Ausführung großer für die verschiedenen Zwecke bestimmter Anlagen zur Weiterentwicklung und Ausgestaltung der Lehre und Praxis der in Rede stehenden Disziplin der Gesundheitstechnik beizutragen, hatte ich die Absicht eine praktische Thätigkeit auf dem in Rede stehenden Gebiete

[fol.1v] nach Vollendung der k: k: Hofmuseen und des Hofburgtheaters als abgeschlossen zu betrachten und mich mit der Verarbeitung der aus Anlaß meiner mehrseitigen Verwendung gemachten Studien und gesammelten Erfahrungen zu beschäftigen.

Im Sommer des Jahres 1881 wurde ich jedoch von dem Praesidium des hohen Hofbaucomités im kurzen Wege eingeladen Dispositionen für die Ventilations- und Beheizungsanlage der zu erbauenden Hofburg zu entwerfen und die erforderlichen Angaben hierfür zu machen. Ich zögerte umso weniger mich diesem ehrenvollen Antrage zu unterziehen, als ich es nicht nur für eine moralische sondern für eine eminent patriotische Pflicht erachte, dort mich nicht zurückzuziehen wo es sich darum handelte die Burg Seiner Majestät des Kaisers auch in gesundheitstechnischer Beziehung so vollkommen als möglich einzurichten und wo die behufs entsprechender

[fol. 2r] Lösung dieser Aufgabe zu überwältigenden Schwierigkeiten die volle und autorative [sic] Beherrschung des Gegenstandes erheischen und ein von Nebenrücksichten unbeeinflusstes Verhalten erfordern. Außer dem glaube ich hoffen zu können, daß endlich bei diesem Objekte in einer Weise werde vorgegangen werden können, wie dies der Natur der Sache nach zwar immer der Fall sein sollte, bisher aber nicht der Fall war, was Ursache von Verhältnissen wurde, die abgesehen davon, daß sie häufig Verlegenheiten bereiten und außergewöhnliche Arbeitsleistungen nothwendig machten, nur durch die opferwillige Begeisterung für die gute Sache und die mit dem Bewußtsein erfüllter Pflicht und begründeter Vorwurfslosigkeit sich begnügende Selbstlosigkeit ertragen und verwunden werden konnten.

In der oben angesprochenen Erwartung war ich in dem vorliegenden Falle mit froher Arbeitslust an die Lösung des

[fol. 2v] mir gestellten Problems gegangen und in wenigen Monaten im Stande dem hohen Hofbaucomité über die Hauptmomente der von mir entworfenen und mit dem Herrn Baron von Hasenauer vereinbarten Dispositionen mündlichen Vortrag zu halten, Anfangs März 1882 Pläne hierüber dem Herrn Baron Hasenauer vorzulegen und nachdem die betreffenden Vorlagen gutgeheißen waren, am 27. März 1882 den Kellergrundriß der Bauleitung zu übergeben und wurde ferner seither nach Maßgabe bei Erfordernissen und der von der Bauleitung getroffenen Definition baulichen Feststellungen, die für die weiteren Theile des Baues benöthigten Pläne und Angaben der Bauleitung zur Verfügung gestellt und diese hierauf auch baulich ausgeführt bis auf das Corps des logis wo Letzteres unterblieb und die Ausführung daher der Correctur bedürfen wird. # Für die Ventilations waren die Angaben gegeben, alleine für die Heizrohrschnitte konnte aller Urgierung die Angabe nicht erhalten werden, Wurden daher projektiert[,] Dr. Böhm vorgelegt[,] und von ihm gutgeheißen.

Daß die oben erwähnten Bauplan-Theile

[fol. 3r] nur auf Grund eines bereits im Concepte vorhanden das ganze Objekt umfassenden Elaborate ausgefertigt und hinausgegeben werden konnten, bedarf, weil aus der Natur der Sache selbst fließend ebensowenig einer weiteren Begründung, als die Thatsache, daß des innigen und untrennbaren Zusammenhanges wegen, welcher zwischen einer Ventilations- und der zugehörigen Beheizungsanlage besteht und erhalten werden muß, dieses Elaborat sowohl das Projekt für die Ventilations- gleich wie jenes für die Beheizungsanlage in sich schließt.

Aus dem Angeführten folgt, daß in dem vorliegenden Falle ein allen Anforderungen entsprechender Vorgang bezüglich der Feststellung und Durchführung der Ventilations- und Beheizungsanlage vorbereitet und möglich ist, und aus dem in der Beilage Gesagten sind Voraussetzungen zu entnehmen von deren Realisierung dies abhängt.

[fol. 3v] Das in dieser Beilage skizzierte Arbeitsprogramm beruht auf den Erfahrungen meiner dreißigjährigen Praxis auf einem Gebiete an dessen Entwicklung und Ausbildung ich nicht unwesentlichen Antheil habe und über welches in kompetenter Weise zu erstatten ich wohl ohne Selbstüberhebung beanspruchen darf.

Zeichnet mich das hohe Hofbaucomité durch Zuwendung des erforderlichen Vertrauens aus, ist dasselbe von der Uiberzeugung durchdrungen, daß ich in der Lage bin die durchzuführende Aufgabe besser zu lösen als irgend jemand Anderer, werden mir die Erfordernisse und Mittel zur Fertigstellung des Projektes sowie der Ausführungspläne und Constructionszeichnungen zur Verfügung gestellt und eine befriedigende Durchführung ermöglicht, so bin ich bereit die in Rede stehenden Elaborate zu liefern und wenn - wie ich hoffe - meine Rüstigkeit anhält, auch die Leitung der That-

[fol. 4r] sächlichen Durchführung zu besorgen. Ich rechne hiebei darauf, daß die Bauleitung zu deren Unterstützung ich herangezogen werden soll, in mir den redlichen und concilianen Mitarbeiter erkennen und würdigen werde.

Dies sind nebst der Genehmigung des von mir skizzierten Arbeitsvorganges lediglich die Bedingungen an welche ich die Ventilations- und Beheizungsanlage sowie wenn meine Gesundheit erhalten bleibt auch die Uibernahme der Leitung der Durchführung knüpfe und knüpfen muß, da ich meine Mitwirkung bei diesem Bau als Ehrensache und Pflicht auffasse, für welche ich bisher kein Honorar angesprochen habe und auch nie ansprechen werde.

Eurer Excellenz ganz ergebenster Prof. Dr. Böhm
Wien den 10. April 1887

2. Geschichtlicher Überblick über Bau und Nutzung der Neuen Hofburg in Wien

Die im Schreiben angesprochene Anlage lautet:

[fol. 1r] Die Ventilations- und Beheizungsanlage eines Gebäudes hat einen organischen Bestandteil desselben zu bilden und die für die Zweckerfüllung nothwendigen Eigenschaften und Einrichtungen zu erhalten. Das was in dieser Beziehung und wie es vorzukehren und durchzuführen ist, muß in jedem Einzelfalle mit Rücksicht auf die Anordnung, die Beschaffenheit und Bestimmung des Gebäudes und resp. Gebäudetheiles geplant und festgestellt werden. Hierbei wird selbstverständlich getrachtet thunlichst mit dem auszukommen was die Baupläne bieten, die in unserer Zeit meist noch ganz ohne Rücksicht auf die Bedürfnisse für Ventilation und Heizung ausgefertigt zu werden pflegen; aber es ist einsichtlich[,] daß dort, wo sich dasselbe als unzureichend erweist es auch in baulicher und dekorativer Beziehung ermöglicht werden muß[,] dem Erfordernisse zu entsprechen.

Wird dies einmal - und im Aus-

[fol. 1v] lande ist das schon in ausgedehntem Maße der Fall - allgemein anerkannt sein und dem entsprechend vorgegangen werden, dann wird es bei Durchführung der in Rede stehenden Anlagen zwar immerhin mitunter nicht unbedeutende Schwierigkeiten, aber keine störenden und kränkenden Vorfälle mehr geben, in folge der aus Unterschätzung des Gegenstandes, der Stellung unrealisierbarer Forderungen und der Verwechslung der Sache mit der Person resultierenden Verhältnisse. Endlich darf nicht unbeachtet bleiben, daß eine ausgedehnte Ventilations- und Beheizungsanlage ein mehr weniger [sic] zusammenhängendes Ganzes bildet[,] dessen einzelnen Theile in einem die Disposition und Functionierung beeinflussenden Abhängigkeitsverhältniß zu einander stehen.

Aus dem Gesagten ergibt sich: Daß abgesehen von dem eine selbstverständliche Voraussetzung bildenden zweckbarsten harmonischen Zusammenwirken eigentlich schon beim Entwurf der Baupläne die Ventilations- und Beheizungsanlage

[fol. 2r] erörtert werden und daß das Projekt für die Ventilations- und Beheizungsanlage schon vor dem Beginnen des Baues sollte ausgearbeitet werden können.

Ich beschränke mich darauf von den Umständen welche der Realisierung dieser Forderung bisher in den meisten Fällen entgegen standen, blos anzuführen, daß die Ausführungspläne für den Bau nicht zur Verfügung standen[,] weil sie selbst nicht vollständig fertiggestellt und ausgearbeitet waren und weil dort wo Decorations Ausschmückungen in Betracht kommen es aus naheliegenden Gründen Schwierigkeiten unterliegt die Beantwortung der für die Ventilations- und Beheizungsanlage richtigen Fragen zu dieser Zeit schon zu erreichen.

Es würde zu weit führen[,] auf die Folgen dieser Verhältnisse weiter einzugehen und es kann hier um so mehr unterbleiben, als es im vorliegenden Falle aber noch möglich ist[,] dieselben zu vermeiden und regelrecht vorzugehen.

Da es bei Anlagen wie die Vorliegende der Raumverhältnisse für die erforderlichen

[fol. 3r] Kanäle und Rohrschlitze wegen unerlässlich ist die Disponierung der Anlage auf die Kenntnis des zudenkenden Bedarfes der Führung der Heizrohre, der Anordnung und Disponierung der Heizkörper zu basiren und dementsprechend bei der Verfassung des Projektentwurfes, beide Anlagen im Zusammenhange bearbeitet werden mußten und bearbeitet worden sind, so konnten obzwar die Fertigstellung und Vorlage des vollständigen Projektes bis jetzt aus den oben angeführten Gründen nicht möglich war - der Bauleitung doch die von derselben angesprochenen für die Ausführung benötigten Pläne ausgefertigt werden in dem Maße, als die definitiven Baupläne zur Verfügung gestellt wurden, und es wird dies auch weiter bey zur Fertigstellung des vollständigen Projektes der Fall sein.

Sobald auch noch für den Rest des Gebäudes die definitiven Baupläne zur Verfügung stehen, einige noch offene prinzipielle Fragen erlediget und die für die Disposition der Heizkörper und Rohrstränge sowie der erforderlichen Öffnungen maßgeblichen Bestimmungen getroffen und vereinbart sein werden, dann

[fol. 4r] werde ich in der Lage sein die Entwürfe für das Projekt zu ergänzen und das General-Projekt für die Ventilations- und Beheizungsanlage ausfertigen z lassen.

Zur Herstellung der hiezu erforderlichen Pläne etz. wird es nothwendig sein außer dem in die Arbeit bereits eingeführten Ingenieur Meter noch Hilfszeichner zur Verfügung zu erhalten und zwar in dem Maße als dies mit Rücksicht auf möglichst baldige Ausführung des in Rede stehenden Elaborates nothwendig sein wird.

Das Elaborat muß in zwei Exemplaren aufgefertigt werden, weil es eben nothwendig ist, daß auch die Bauleitung außer den für die Ausführung erforderlichen Theilplänen ein vollständiges Exemplar des Projektes besitze.

Wenn bei anderen rasch vorwärts drängenden Bauten das Generalproject vorlag, mußte Zeitmangels wegen sofort auch mit der Offertausschreibung und Vergebung der Arbeiten vorgegangen werden. Das hatte sowohl weil sich die

[fol. 4v] Ausführungen bei den in Rede stehenden Anlagen von den gewöhnlichen Herstellungen dieserart nicht unwesentlich unterschieden, als auch weil es - abgesehen von anderen Umständen - schon Zeitmangels wegen nicht möglich war nicht alle Ausführungsdetails festzustellen manche Unzukömllichkeiten, insbesondere auch Verzögerungen der Ausführung im Gefolge und könnte und sollte meiner Meinung nach diesmal anders gehalten werden.

Es sollte nemlich nach Vorlage und Genehmigung des Gesamt-Projektes sofort mit der Darstellung der wichtigsten Constructionen und der Anfertigung der Detaildispositionen für die Installation vorgegangen und hinzu das für die Darstellung des Projektes zur Verfügung gestellte Personale weiter verwendet werden.

Die Durchführung dieses Vorschlages würde in vorliegendem Falle sehr gut möglich sein, weil noch geraume Zeit vergehen wird, bis mit der Instalation [sic] wird begonnen werden können. Daß aber die Durchführung dieses Vorschlages von förderlichem Einfluße auf die Feststellung des Erfordernißes, sowie auf die

[fol. 5r] Offertverhandlung sein und eine thunlichst glatte und rasche Durchführung der Installation ermöglichen würde[,] ist zweifellos und bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung.

Es ist aber auch ein anderer Umstand vorhanden, welcher für die Realisierung dieses Vorschlages spricht.

Wie erwähnt wird bis zur Inangriffnahme der Installation noch geraume Zeit verfließen. Mit der Vorgebung der bezüglichlichen Arbeiten hierfür vorzugehen dürfte sich - ganz abgesehen davon, daß sich Unterfertiger nur unter Verhältnißen auf so lange Zeit binden würden, welche nicht im Interesse des Hofbaucomités gelegen wären - aus praktischen Gründen kann empfehlen und im Interesse der Zweckerfüllung nur unter ganz bestimmten Umständen zulässig sein.

Da die Anordnung und Ausgestaltung der Details von großer Tragweite und von wesentlicher Bedeutung für die Zweckmäßigkeit der Anlage ist, und hievon im Vereine mit einer richtigen Durchführung der projectierten Dispositionen der Erfolg der Anlage

[fol. 5v] abhängt, so muß ich im Interesse der Sache einen Werth darauf legen, daß bei dem vorliegenden manigfacher [sic]Umstände wegen schwierigem und heiklichem [sic] Objekte die bezüglichlichen Vorlagen nach meinen Angaben und unter meiner unmittelbaren Einflußname ausgefertigt werden.

Da ich jedoch in Jahren angerückt bin und wenn eine gereifte Altersgrenze überschritten ist, es sich nicht vorhersehen läßt[,] ob und wie lange die vorhandene Rüstigkeit erhalten wird, besonders wenn man genöthigt ist eine außergewöhnliche Thätigkeit zu entfalten, da es somit im Bereiche der Möglichkeit liegt, daß ich die Vollendung gar nicht erlebe, so muß ich um somehr [sic] wünschen, daß Alles zu rechter Zeit noch soweit vorbereitet und dargestellt sei, daß die Durchführung[,] auch wenn es mir nicht beschieden sein sollte dieselbe selbst zu leiten und zu überwachen, wenigstens nach einer vollständigen und klaren Vorlage thunlichst in meinem Sinne erfolgen könne.

[fol. 6r] Ich beschränke mich bezüglich des Arbeitsvorganges auf die dargelegten Momente da es zu weit führen würde und doch nicht zweckfördernd wäre auf Einzelheiten einzugehen und da soweit dies als nöthig erachtet werden sollte, es sich empfiehlt, ja mir unerläßlich scheint, den Weg der mündlichen Auseinandersetzung und Klarstellung zu wählen.

[Unterschrift:] Prof. Dr. Böhm

Für unser Thema von Interesse ist der überschauende Ansatz Böhms und sein Appell, dass Heizung und Ventilation ein „mehr oder weniger zusammenhängendes Ganzes“ bilden und als „organischer Bestandteil“ eines Gebäudes gesehen werden müssen und dieser ganzheitliche Zugang nicht durch andere, gestalterische Sachzwänge (*Decorations Ausschmückungen*) aufgegeben werden dürfe. Die zentrale Bedeutung, die Böhm dem Luftbrunnen als „Lunge“ des ganzen Gebäudes beimaß ist daraus ersichtlich, dass er Abweichungen vom ursprünglich vorgesehenen Kellergrundriss im Corps de Logis bemängelte und auf einer Korrektur bestand. Dies deckt sich mit eigenen Beobachtungen, wonach im Bereich der heutigen „Luftheizkammern“ vermauerte ältere und später durchgebrochene neue Eingänge sowie Änderungen im heutigen Grundriss gegenüber den älteren Plänen festzustellen sind. Auch

2. Geschichtlicher Überblick über Bau und Nutzung der Neuen Hofburg in Wien

die Über- und Unterströmöffnungen zwischen den konzentrischen Gängen weisen Änderungen auf. In den ältesten Plänen sind im Corps de Logis zwei doppelt starke Quermauern eingezeichnet und auch ausgeführt, in denen mehrere vertikale Schächte (ca. 200 x 50 cm) von der Decke des 2. Kellers bis in den 2. Stock führen. Einer dieser Schächte im südöstlichen Quadranten wurde im Herbst 2010 geöffnet, vermessen, mit einer Schachtkamera inspiziert und unverputzt vorgefunden. Meiner Meinung nach waren hier Warmluftschächte konzipiert, die nie zur Ausführung gelangten.

Bisher konnten keine detaillierten Pläne und Beschreibungen der von Böhm vorgesehenen Heizungs- und Lüftungsanlagen gefunden werden. Anhaltspunkte für das Grundprinzip des Böhm'schen Systems können deshalb nur aus fertig ausgeführten Projekten, insbesondere aus dem weitgehend unverändert erhaltenen Bestand im Burgtheater gewonnen bzw. abgeleitet werden: Getrennte Luftführung für Heizluft und Frischluft, welche letztere aus dem nahegelegenen Volksgarten dem Unterkeller zugeführt wurde; Umluft durch Schwerkraft für den Heizbetrieb; Temperieren der den Nutzungsräumen zugeführten Luft in einer über einer „Heizkammer“ gelegenen „Mischkammer“; Luftschächte mit einem ausgefeilten Klappensystem zur Ab- bzw. Umluftführung; die Zwangsentlüftung mittels „Sonnenbrenner“ dürfte nur in den Theatern zur Anwendung gekommen sein.

Für die 1876 erfolgte Ausschreibung zur Heizungsanlage des ebenfalls von Semper entworfenen Kulisendepots für das Burgtheater („Semper-Depot“) wurde ein gedrucktes Formular verwendet, das offensichtlich bereits für den Bau der Wiener Börse konzipiert und für spätere Bauvorhaben wieder verwendet und durch zahlreiche Streichungen adaptiert wurde²²: „*Specielle Bedingungen für die Ausführung der Beheizungs- und Ventilations-Anlage im neuen Börsegebäude. [hs.] k.k. Hoftheater-Depot.*“ Aus mehreren Passagen ist die zentrale Stellung und Autorität Böhms auf diesem Gebiet ersichtlich; so heißt es u. a.:

„ §. 4. Die Ausführung der in Rede stehenden Herstellung ist im steten Einvernehmen mit Herrn Professor Dr. Böhm und nach dessen näheren Angaben zu bewirken.

§. 5. Der Unternehmer hat mit der Durchführung der erstandenen Herstellungen und aller mit denselben zusammenhängenden Arbeiten einen Ingenieur zu betrauen, [unleserlich gestrichen] zu direktem Verkehre mit Herrn Professor Böhm zu bevollmächtigen und dafür zu sorgen, dass er allen, die übernommenen Herstellungen betreffenden Anordnungen desselben Folge zu leisten hat.

§. 6. Die Constructions= respective Werkzeichnungen sind Herrn Professor Böhm vor Inangriffnahme der Arbeit zur Einsichtnahme vorzulegen und nach der Ausführung im Originale oder genauer Copie zu übergeben. Von Objecten, von welchen in derselben oder verschiedener Größe mehrere Stücke zu liefern sind, ist vorerst ein Muster auszuführen und es darf erst nach Richtigstellung und Approbation desselben durch Herrn Professor Böhm an die Anfertigung der bestellten Stücke gegangen werden.

§. 7. [...]. Wer immer die im Erfordernis-Ausweis II. enthaltenen Arbeiten erstet, ist gehalten, zur Verbindung und Legung der Röhren nur solche Arbeiter zu verwenden, welche sich bei einer Probearbeit mit der Sache vollkommen vertraut zeigen und von dem Herrn Professor Böhm acceptiert werden.“

Leider enthält auch dieses Dokument keine Pläne.

Zur Zeit des Baubeschlusses für den „Flügel am Kaisergarten“ war der Innenausbau des ebenfalls von Böhm projektierten Kunsthistorischen und des Naturhistorischen Museums in vollem Gange und die Heizung- und Belüftungsanlagen ausgeschrieben. Für die Ventilationsanlage des Kunsthistorischen

22 Staatsarchiv AVA/Mdl/SEF A/Hofbaukomite, 10.46/1876

Einführung

Museums wurden im Sommer 1881 Offerte zur Herstellung der Luftauslässe und Steuerklappen eingeholt²³. Die Unterlagen enthalten einen gedruckten Vertragstext „*Allgemeine Bedingnisse für die von dem Hof=Bau=Comité zu vergebenden Arbeiten für Ventilations= und Beheizungs=Anlagen.*“ Auch aus diesem Vertrag wird die zentrale Stellung Böhms in allen Heizungs- und Lüftungstechnischen Fragen ersichtlich (§ 2).

Um die Komplexität der geplanten und ausgeführten Lüftungseinrichtungen zu demonstrieren, sei hier das Anbot der Schlosserfirma Heinrich Sasse vom 20. August 1881 zitiert, worin „*Verschlüsse in den Doppelmauern*“ ausgewiesen sind. Es handelt sich dabei einerseits um die großen Stellklappen im Inneren der zentralen Lüftungsschächte, andererseits um die kleinen Zu- und Abluftverschlüsse in den kleineren Mauerschächten. Diese rund 200 Reglerelemente unterteilen sich in:

- 1) a) *Schieber samt Zugehör für obere Öffnungen, [...] (48 Stück in verschiedenen, hier nicht aufgezählten Dimensionen, von denen die acht größten die Maße 1,1 x 0,6 m aufweisen).*
 - b) *bewegliche Jalousien samt Zugehör für obere Öffnungen [...] (44 Stück)*
 - c) *Bewegungs-Mechanismen zu obigen Verschlussvorrichtungen, bestehend aus verschiedenen Rollen, Wand- und Stehlagern, Wellen, Spannschrauben, verzinnten Ketten, Stellvorrichtungen [...]*
 - d) *Jalousie- oder Klappenverschlüsse für untere Öffnungen samt Bewegungsvorrichtungen für ca. 24 ungleichgroße Öffnungen [...]*
 - e) *Verschlussvorrichtungen für 78 Öffnungen in den Thürlaibungen samt Bewegungsvorrichtungen, Spannern [...]*
 - f) *Verschlusspaare je für eine obere u. eine untere Oeffnung samt Bewegungsvorrichtung, nach Angabe [...]*
- 2) *Verschlüsse blos für obere Oeffnungen /: Küchen, Aborte etc. :/*
- 3) *Verschlüsse für die Einströmungsöffnungen in den Parapeten:*
 - a) *Klappen nach Angabe [...] (2x 10 Stück)*
 - b) *10 Stück Verschlusspröpfe aus Holz hinzu mit Leinölfirnis präpariert samt zugehörigem Griff*
- 4) *Verschlüsse für die Einströmungsöffnungen in den Vorplätzen (6 Klappen mit fixen Jalousien)*
- 5) *Montage nach Angaben exakt durchgeführt einschlüssig aller Erfordernisse, Beihilfen, des vorgeschriebenen Anstriches und aller sonstigen Auslagen [...]*
- 6) *Ein Gesellen Taglohn incl. Werkzeug-Abnützung*
Ein Helfer

Während man für die Hofoper, das Hofburgtheater und die beiden Hofmuseen in den 1860er- und 1870er-Jahren noch Warmluftheizungen nach den Grundsätzen Meissners realisierte, wurde die Neue Burg aufgrund des schleppenden Baufortschritts von der raschen technischen Entwicklung auf dem Gebiet der „Centralheizung“ überholt. Aus der Einführung des oben angeführten Protokolls und dem Hinweis, Böhm solle getrennte Konzepte zur Heizung und Belüftung vorlegen, kann man den Schluss ziehen, dass die Ansichten Böhms betreffend Warmluftheizung von anderen Mitgliedern des Hofbau-Comités als veraltet angesehen wurden und deshalb Alternativprojekte ins Auge gefasst wurden. Es ist auch denkbar, dass Böhm sah, dass seine Autorität zunehmend angezweifelt wurde und das Projekt deshalb an seinen ehemaligen Mitarbeiter Eduard Meter abgab.

Das Böhm'sche System war mit einem großen baulichen, technischen und administrativen Aufwand

²³ Staatsarchiv AVA/Mdl/SEF A/Hofbaukomite, 19.46-6206/1881

2. Geschichtlicher Überblick über Bau und Nutzung der Neuen Hofburg in Wien

verbunden und erforderte im Nachhinein immer wieder Korrekturen. Was in den zentralen Theaterbauten prinzipiell gut funktioniert zu haben schien (siehe bis heute im Burgtheater), zeigte offensichtlich bei den groß dimensionierten und baulich komplexeren Folgeprojekten deutliche Schwächen insbesondere bei der Wärmeverteilung: Die hohen Oberflächentemperaturen der dampfbeheizten Kaloriferen bewirkten einen stickigen muffigen Geruch der Raumluft. Zudem dürfte es schwierig gewesen sein, die Warmluft über die vielen gemauerten Schächte gleichmäßig im Gebäude zu verteilen. 1892 schreibt ein Rezensent in der Allgemeinen Bauzeitung: *„Die Dampfheizung und Ventilation nach Dr. Böhm hat sich, aufrichtig gesagt, vielfach nicht gut bewährt; die Reklame hat dieses System gewaltig poussiert, aber die Leistungen stehen nicht im Verhältniss zu den großen Kosten der Anlage. Man hat nirgends fast, wo sie installiert ist, (z. B. Hofoper, Wiener Börse, Wiener Universitätsbibliothek etc.) eine behagliche, angenehme, gleichmäßige Wärme, sondern meistens eine sehr starke schwüle Hitze, und mangelhafte Ventilation, bei schlechtesten Kontrolle und Regulierung.“* (Trzeschtik 1892: 27).

Nach meinem derzeitigen Kenntnisstand waren im 2. Keller des Corps de Logis im Bereich der heutigen Umformerstation sowie im Mittelbau unterhalb der Eingangshalle ein oder mehrere mit *Caloriferen* beheizte „Luftheizkammern“ vorgesehen. Die im 1. Keller darüber befindlichen ovalen Räume dürften die Luftmischräume gewesen sein, von denen der für die Parterrezone gedachte Mischraum im Foyer auch in der unten zitierten Ausschreibung Ing. Meters von 1903 noch erwähnt wird. Je ein Ofen könnte ursprünglich zur Beheizung des 1. Stocks unterhalb der Steigschächte B und C vorgesehen gewesen sein. Um Redundanzen zu vermeiden, wird die vermutete Wirkungsweise des Böhm'schen Luftbrunnens in Kap. B.2.2. erläutert (vgl. die Pläne Abb. B.13 und B.23).

Zwar war offensichtlich für den Bau der Neuen Burg von Böhm ursprünglich eine Schacht-Warmluftheizung vorgesehen worden und auch teilweise realisiert, zur endgültigen Ausführung kam allerdings nach der Jahrhundertwende eine Niederdruckdampfheizung mittels Radiatoren. Ing. Eduard Meter, ab 1887 als Nachfolger Böhms mit der Planung der Heizung und Belüftung der Neuen Burg betraut, hatte schon 1898 für die Amalienburg eine Warmwasser-Zentralheizung mit Radiatoren geplant.

Aber auch elektrisch betriebene Ventilatoren kamen zum Einsatz. Am 22. Juli 1898 meldete Eduard Meter dem Hofbaukomité die Bestellung von vier Stück Blackman-Ventilatoren bei der Wiener Niederlassung der Fa. White, Child & Beney für den neuen Festsaalbau²⁴. Diese hatten Durchmesser von 1524, 1067, 914 und 609 Millimetern. Die gleichen Schraubengebläsetypen befanden sich bis 1999 am Kopf der Abluftschächte im Corps de Logis (Käferhaus 1997: 8f). Die vier Luftheizkammern im 2. KG des Corps de Logis weisen seitlich je eine Öffnung von 605 mm auf, wofür offensichtlich der kleinste Ventilatorotyp vorgesehen war (→ Kap. B.2.2., Abb. B.22).

1902 wurde mit der Installation einer Zentralheizung im Corps de Logis begonnen, wo im 1. Keller und im Parterre auf der Garten- und Ringstraßenseite die Privatbibliothek von Kaiser Franz (sog. Fideikommissbibliothek) untergebracht werden sollte. Erhalten sind die von Eduard Meter verfassten Ausschreibungsunterlagen für eine *Niederdruckdampfheizanlage für die Räume der k. k. Fideikommissbibliothek im Corps de Logis*, mit drei Grundrissen und zwei Aufrissen, abgegeben am 29. August 1902. Eingeladen wurden die Firmen Wilhelm Brückner & Cie., die „Fabrik für Centralheizungen“ J. L. Bacon sowie die Fa. Kurz, Rieschel und Henneberg²⁵:

24 Staatsarchiv AVA/Mdl/SEF A/Hofbaukomite, 64.12-25630/1898

25 Staatsarchiv AVA Mdl STEF A, Nr. 78.36-28400/1902

Einführung

„Der Dampf wird mit etwa 0,2 at. dem im Raume A des 2. Kellers aufgestellten Verteiler an 2 Stützen entnommen. Die eine Leitung mit 108 m/m Dm. führt den Dampf in die seinerzeit zu installierenden Räume im 1. Stock und im Mezzanin, die zweite Leitung mit 132 m/m Dm. den Dampf für den 2. Stock, das Parterre und den 1. Keller. Diese beiden Haupt-Verteilungsleitungen werden in einer 2.4 met. hohen Unterteilung des Corridors im 1. Keller verlegt und sind in Anschlüssen für den zukünftigen Ausbau der Heizanlage versehen. Vorläufig werden nur die in den Mittelmauern der Gartenseite und Ringstraßenseite gelegenen, bis in die Höhe des Mezzanin reichenden Verticalstränge angeschlossen um die Beheizung der Bibliotheksräume zu ermöglichen. Die beiden Dampfverteilungsleitungen gemeinsame Condenswassersammel-leitung ist teils in Ventilationskanälen, teils in Gängen des 2. Kellers verlegt und führt mit ihren beiden 57 m/m starken Enden zu dem im Raum A aufgestellten Rücklaufreservoir.“

Aus den Plänen (M = 1 : 100) ist der Verlauf der Rohrleitungen und die Lage der Heizkörper ersichtlich. Schon damals befand sich, so wie heute, die Umformerstation in dem doppelgeschossigen Raum in der Nordostecke des Corps de Logis; die für diesen Zweck völlig unnötige doppelte Raumhöhe – mit direktem Anschluss an den im 1. KG daneben liegenden ovalen (Luftmisch-?) Raum – erlaubt den Schluss, dass hier ursprünglich Meissnersche Luftheizöfen (*Calorifere*) vorgesehen waren.

Plantitel: *„Beheizung der Fideikommissbibliotheks-Räume / 2. Keller / 15. August 1902“*

sign. „Meter“; Stempel des Anbieters Johannes Haag, Maschinen- und Röhrenfabrik AG.

Im Grundriss des 2. Kellers des Corps de Logis eingezeichnet sind die *„Condenswassersammel-Leitungen“* als Ringleitung im 4. Ringgang. In der Umformerstation münden – vom Kesselhaus nahe der Bibliothek kommend:

- eine 70 mm *„Zuleitung“* die *„3 Windkessel à 3,5 m³ Inhalt“* anspeist
- ein 25 mm *„Druckrohr zum Kesselhaus“*
- eine 76 mm *„Hochdruckdampf“-*Leitung

Weiters sind eingezeichnet

- eine *„Worthington-Pumpe 3500 Liter/Std.“*,
- ein *„Rücklaufreservoir 2 m³ Inhalt“*, ein *„Hochdruckdampfverteiler (2 atm.)“*
- ein *„Niederdruckdampf-Verteiler mit 0,2 atm“*

Plantitel: *„Beheizung der Fideikommissbibliotheks-Räume / 14.VIII.1902“*;

sign. „Meter“; Stempel des Anbieters Johannes Haag, Maschinen- und Röhrenfabrik AG

Im Aufriss dargestellt sind die Mittelmauern der Ringstraßenseite und der Gartenseite mit dem Verlauf der horizontalen und vertikalen Verteilungsleitungen.

Die Rohrleitungen sind bezeichnet mit: *„Niederdruckdampf-Verteilungsleitungen für den 1. Keller, das Parterre, den 1. Stock und den 2. Stock“*. Eingezeichnet sind im 1. Keller freistehende kleine Radiatoren, im Parterre verkleidete größere als *„Radiatoren“* bezeichnete Heizkörper.

Plantitel: *„Beheizung der Fideikommissbibliotheks-Räume / Parterre / 14.VIII.1902“*;

sign. „Meter“; Stempel des Anbieters Johannes Haag, Maschinen- und Röhrenfabrik AG

„Heizkörper mit Verkleidung; Glattwandige Radiatoren mit unterer Verbindung.“ Eingezeichnet sind die Standorte der Radiatoren auf der Ringstraßen- und Gartenseite. Auch die heute noch vorhandene Schwerkraft-Luftheizung des Vestibüls ist bereits konzipiert.

2. Geschichtlicher Überblick über Bau und Nutzung der Neuen Hofburg in Wien

Ein Jahr später wurde der Ausbau der Heizung im rechten Segmentbogen fortgesetzt. Die Beschreibung der Anlage findet sich in dem mit der Fa. Brückner abgeschlossenen Vertrag²⁶:

Accord-Protocoll vom 30. Dezember 1903 / betreffend die Ausführung der Heiz- und Lüftungsanlage im Segmente des Hofburgflügels am Kaisergarten, abgeschlossen zwischen dem Hof-Bau-Comité einerseits und der Firma Wilhelm Brückner & Cie. in Wien andererseits wie folgt:

[...]

Beschreibung der Heiz- und Lüftungsanlage im rechten Segment der k.k. Hofburg.

Die zur Vergebung gelangende Heizgruppe umfasst die Räume im rechten Segment und zwar im ersten Stock, im Parterre und Mezzanin. Der Heizdampf von 0,3 At. Spannung wird von einem im Mittelbau befindlichen Verteiler durch zwei Rohstränge zugeführt.

Der 57 mm starke Strang wird in einem unter der 2. Kellersohle²⁷ führenden Luftkanal verlegt und versorgt die Heizkörper im Parterre-Segmentkorridor und die Heizkörper zur Luftherwärmung für die Hofzuckerbäckerei im 1. Keller

Der 75 mm starke Strang führt zu den Heizkörpern der Rückwand und zur Luftheizkammer für die Garderäume.

Der große Parterre-Segmentkorridor besitzt in jeder Fensteraxe zwei durch Ventile absperrbare Heizkörper, welche Verkleidungen erhalten.

Für die Erwärmung der den 1. Kellerräumen zuzuführenden Frischluft sind unterhalb der Fenster in einer besonderen Kammer Heizkörper angeordnet. In diese Kammer münden beiderseits die vertikalen Frischluftkanäle. Die aus Blech herzustellende, doppelwandige, 1,5 met. breite Verkleidung besitzt unten den Ausschnitt für Umlaufheizung und die Ventil-türe (?).

Mittels einer Stellvorrichtung ist die Umstellung auf Frischluft oder Umlaufheizung zu ermöglichen. Die Luftausströmungsöffnung liegt unterhalb des Fensters und ist mit einer Winkel(...) 1.5 x 0,3 zu armieren.

Im Luftverteilungskanale sind die Einmündungen der vertikalen Schläuche mit Stellklappen zu versehen. Der Hauptluftkanal erhält zwei Absperrklappen 1,2 x 0,7, die vom 2. Keller aus stellbar sind. Die Abnahme der verdorbenen Luft erfolgt durch Abzugsschläuche in der Mittelmauer, welche in der Unterteilung des 1. Kellerkorridors münden, der zu einem Sammelkanale ausgebildet ist. Ein elektrisch betriebener Lüfter von 75 cm Dm. stoßt die angesaugte Luft in den kleinen Lichthof. Die Abzugsschläuche sind mit Jalousien armiert, von welchen die obere mit Zug, die untere mit Schnecke stellbar ist.

Für die Lüftung der großen Parterreräume (: Garden :) ist eine Heizkammer am Ende der Unterteilung des 1. Kellers angelegt. Über der Heizkammer befindet sich ein Mischraum. Die Einstellung der bezüglichen Mischklappe erfolgt vom Parterreräum sowie auch die An- und Abstellung der Heizkörper. Im Segmenthinteraum des Parterres, der gleichfalls den Garden zugewiesen ist, ist eine blechummantelte Heizkammer für Luftherwärmung aufgestellt und mit Einrichtung für Frischluft- und Umlaufheizung versehen.

Die Abzüge dieser Räume münden in die Unterteilung des Parterrekorridors, der als Sammelkanal ausgebildet ist. Ein elektrisch betriebener Lüfter von 45 cm Dm. stoßt die angesaugte Luft in den Lichthof. Die Öffnungen der Luftkanäle sind ebenfalls mit Jalousien armiert.

Für die Rohrführung zur seinerzeitigen Beheizung des 1. Stockes, ferner zu den Heizkörpern im Mezzanin und Parterre sind die bezüglichen Korridorunterteilungen benützt. Die Kondenswasser-Sammelleitungen führen zu einem im Mittelbau aufgestellten Sammelreservoir. Die Rohrquerschnitte sind unter Zugrundelegung eines Druckverlustes von 1000 kg/m² auf die Strecke vom Verteiler bis zu den Heizkörpern bestimmt, so dass vor dem Heizkörper ein verfügbarer Druck von 0,1 At. vorhanden ist. Sämtliche Heizkörper erhalten Regulierventile. Zur näheren Aufklärung über die Gesamtdisposition der Heiz- und Lüftungsanlage sind 3 Grundrisse, 2 Längsschnitte und 1 Querschnitt beigegeben.

26 Staatsarchiv, AVA Mdl STEF A, 83.6-29218/1903

27 Die Heizrohre verliefen in dem großen Kollektorgang zwischen 1. und 2. Keller, also unter der 1. Kellersohle.

Einführung

Die Pläne, auf die im Protokoll verwiesen wird, fehlen allerdings im Akt; sie befinden sich auch nicht in den August 1903 erfolgten Ausschreibungsunterlagen, weshalb ihr genauer Verlauf und die Lage der Luftheizkammern bisher nicht genau geortet werden konnten. Der im Text erwähnte Mischraum dürfte mit großer Wahrscheinlichkeit der heute als „Foyer“ bezeichnete gewölbte Raum im Mittelbau/1.Keller gewesen sein; darunter befindet sich heute noch der Heizraum mit unmittelbar daneben liegendem Umformerraum. Die Öffnungen unterhalb der Radiatoren im Parterre-Korridor (West) des Segmentbogens zur Umluftführung bzw. Verbindung mit der ehemaligen Mischkammer sind heute abgemauert.

Trotz unterschiedlicher Zugänge ist es aufgrund der Komplexität der Materie, der gravierenden, wahrscheinlich 1938 im Zuge der Kriegsvorbereitungen erfolgten späteren Eingriffe und Veränderungen und wegen fehlender Unterlagen und aktiver Unterstützung nicht gelungen, das Lüftungskonzept der Neuen Burg widerspruchsfrei zu rekonstruieren. Dennoch konnten wesentliche Aspekte erhellt und eine ausreichende Basis für zukünftige Bauforschung gelegt werden.

3. Grunderfahrungen 1983 – 1988

Dieses Kapitel beschreibt die Hintergründe der Probleme, die dazu geführt haben, mich immer intensiver und über einen Zeitraum von mehr als 25 Jahren mit dem Thema *Klima im Museum* und *präventive Konservierung* auseinanderzusetzen. Dieser zeitweise sehr intensiv erlebte Prozess soll hier so knapp und neutral wie möglich nachgezeichnet werden. Die in diesem und Kapitel 4 geschilderten Interaktionen, die möglicherweise als zu subjektiv und peripher gesehen werden könnten, sind allerdings themenrelevant, indem sie die „Dysfunktionalität des Systems Museum“ aufzeigen (→ B.8. Systemische Aspekte) und damit letztlich die Notwendigkeit für eine Änderung gewisser Entscheidungsstrukturen unter Beweis stellen. Es darf nicht vergessen werden, dass im gleichen Zeitraum ganz ähnliche Prozesse auch in anderen Museen und Sammlungen abgelaufen sind und mit kaum quantifizierbaren Verlusten an Staatsvermögen aber auch an menschlichen Ressourcen verbunden waren.

3.1. Arbeitsbeginn und Schlüsselerlebnis

Meine Anstellung als Restaurator der SAM begann am 4. April 1983²⁸. Ich war damals der erste speziell ausgebildete Restaurator für historische Musikinstrumente, der auf den bis heute einzigen dafür in Österreich bestehenden Planposten im Öffentlichen Dienst bestellt wurde. Dieser Planposten war 1966 für akad. Restaurator Peter Kukelka geschaffen worden, der die Stelle bis 1972 innehatte und von 1971–1988 mit einem Lehrauftrag „Konservierung und Restaurierung von historischen Musikinstrumenten“ an der damaligen Meisterschule für Konservierung und Technologie (Prof. Dr. Helmut Kortan) der Akademie der bildenden Künste betraut war. Peter Kukelka war demnach sowohl mein Lehrer als auch mein Vorgänger am Museum.

Die Restauratorenstelle war zuvor elf Jahre vakant gewesen. Die Sammlungsobjekte, insbesondere die rund 50 Tasteninstrumente, befanden sich in keinem guten Zustand. Viele von ihnen, die bis in die 1970er-Jahre regelmäßig bei Führungen bzw. für Konzerte verwendet worden waren, hatten ihre Spielbarkeit inzwischen eingebüßt²⁹. Im ersten Sommer 1983 wurden bereits die gravierenden Schwächen der Ausstellungssituation festgestellt: Durch die 22 nach Südsüdosten gerichteten großen Fenster schien die Sonne vormittags direkt auf die Instrumente. Als Sonnenschutz waren raumseitig transluzide Pausfolien montiert, die das einfallende Licht lediglich diffus streuten, aber keine Beschattungswirkung hatten. Fast alle in Fensternähe aufgestellten Objekte zeigten mehr oder weniger starke Lichtschäden (→ Abb. A.15.).

Das Raumklima wurde durch einen Thermohygrographen mit Wochenblättern aufgezeichnet. Während sich die Temperaturverläufe als fast wie mit dem Lineal gezogene Striche abbildeten – unterbrochen lediglich in der Früh durch Lüftungsphasen bei offenem Fenster – zeigten die Feuchtekurven auffallende tägliche Fluktuationen.

28 Nach dem Diplom 1981 war ich als Restaurator freiberuflich tätig; davon 11 Monate als freier Mitarbeiter in der Orgelbauwerkstatt Gerald Woehl in D-Marburg / Lahn.

29 Drei prominente Tasteninstrumente (Hammerflügel Geschwister Stein, SAM 626; Cembalo Shudi & Broadwood, Leihgabe der Gesellschaft der Musikfreunde I.-N. 1; Cembalo Joannes Dulcken SAM 726, zuvor Leihgabe des Museums für angewandte Kunst) waren in diesem Zeitraum von Kurt Wittmayer (D-Wolfratshausen) restauriert und spielbar gemacht worden, wobei viele Arbeiten von seiner Tochter Susanne ausgeführt wurden, die damals in Wien Kunstgeschichte und Musikwissenschaft studierte und in der Sammlung alter Musikinstrumente gelegentlich Stimm- und Regulierarbeiten sowie kleinere „Erste-Hilfe-Maßnahmen“ durchführte.



Abb. A.15: Lichtschäden (Deckel des Hammerflügels von Anton Walter, Wien ca. 1795; SAM 454). Der vom aufgeklappten Vorderdeckel abgedeckte Bereich zeigt die ursprüngliche Farbigkeit des Holzes

1982 waren vom neu bestellten Sammlungsleiter Dr. Gerhard Stradner 20 Luftbefeuchter angeschafft worden (Defensor 4000V), die jedoch jeden Tag bei Dienstschluss abgesteckt und am nächsten Morgen wieder eingeschaltet werden mussten, da die SAM zu diesem Zeitpunkt über keine Brandmeldeanlage verfügte. Dies führte, je nach meteorologischen Außenbedingungen, zu mehr oder weniger starken täglichen Luftfeuchteschwankungen. Die Feuchtekurven verliefen untermittags unruhig, in der Nacht bei ausgesteckten Luftbefeuchtern jedoch sehr konstant. Auf den Schreiberblättern des Sommers 1983 sind Temperaturwerte bis maximal 29 °C und rel. Feuchtwerte um rund 60 % dokumentiert. Auf den Blättern befinden sich fallweise Notizen, die darauf hinweisen, dass die aufgezeichneten Werte mit tatsächlich gemessenen nicht übereinstimmen und bereits damals Raumtemperaturen bis zu 31 °C gemessen wurden. Die Spreizung³⁰ der relativen Feuchtwerte betrug täglich bis zu 19 %.



Abb. A.16: Thermohygrographenblatt vom 25. Juli bis 7. August 1983. Das jahrelang nicht mehr geeichte Gerät zeigte um 2,5 °C zu niedrige Temperaturen an.

³⁰ Mit „Spreizung“ wird u. a. in der Heizungstechnik die Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf und Rücklauf bezeichnet. Hier und in weiterer Folge ist mit diesem Begriff die Differenz zwischen dem Maximal- und Minimalwert von Temperatur bzw. relativer Feuchte innerhalb eines bestimmten Messzeitraums gemeint.

Mit dem Beginn der Heizperiode nahmen die täglichen Feuchteschwankungen zu. Im Laufe des Winters zeigte sich eine weitere konservatorische Schwachstelle: Die Heizanlage der Neuen Burg war wenige Jahre zuvor an das Städtische Fernwärmenetz angeschlossen und die alte, nur am Vormittag in Volllast betriebene koksbeheizte Zentralheizung stillgelegt worden. Wegen der nunmehr durchgehenden Wärmeversorgung waren in der Folge winterliche Raumtemperaturen zwischen 23 und 25 °C in manchen Bereichen der Neuen Burg wie auch in der benachbarten Waffensammlung keine Seltenheit.

Da der Themenkreis „Klima- und Haustechnik“ außerhalb des eigenen Kompetenzbereiches lag, wurde ihm zunächst relativ wenig Aufmerksamkeit geschenkt und mit dringend anstehenden Restaurierungsarbeiten begonnen, zumal die Rahmenbedingungen tolerabel erschienen und kein Grund erkennbar war, die aufgezeichneten Klimawerte kritisch zu hinterfragen. Vom Studium her war mir bekannt, dass die Klimakurven möglichst konstant verlaufen sollten, allerdings hatte ich keine Vorstellung davon, was passiert, wenn die relative Feuchte täglich bis zu mehr als 15 % schwankt.

Das entscheidende, als biografischer Wendepunkt erlebte Schlüsselerlebnis erfolgte am Montag, den 7. Jänner 1985, bei winterlichen Außentemperaturen von -15 °C (dies ließ sich aus den meteorologischen Klimadaten rekonstruieren³¹). Beim morgendlichen Kontrollgang durch die leere Sammlung war im Klaviersaal deutlich - im Abstand von Sekunden bis wenigen Minuten – das Knacksen und Reißen von schwindendem Holz zu hören. Viele Objekte zeigten unübersehbar schwere Klimaschäden, die im Laufe der letzten Wochen zunehmend sichtbar geworden waren: Alte, klaffende und offenkundig neue Risse in Resonanzböden, Lautendecken und Konstruktionsteilen, aufstehende bis abfallende Furniere, lose Metallringe an Holzblasinstrumenten etc. Die Phänomene wurden aufgrund ihres massiven und die Mehrzahl der Objekte betreffenden Auftretens subjektiv wie ein „Schock“ empfunden. Jegliche restauratorische Tätigkeit erschien mir plötzlich angesichts dieser bedrohlichen Situation als sinn- und aussichtslos, zumal die Schäden in den folgenden Wochen und Monaten weiter zunahmen. Darauf war ich durch das Studium nicht vorbereitet worden. Die einzige damals verfügbare Literatur über die optimalen Umweltbedingungen zur Erhaltung von Kulturgut (KÜHN 1982) behandelte die Thematik aus dem theoretischen Blickwinkel der Physik; für die konkrete Notlage bot sie jedoch keinerlei Hilfestellung. Klimakunde und Museologie waren während des Studiums abstrakte Lehrinhalte fernab der Praxis. Die Aspekte der Präventiven Konservierung gerieten (aufgrund ähnlicher Erfahrungen in anderen Museen) erst in den 1990er Jahren ins Blickfeld der Restaurierungswissenschaften (KOLLER-PRANDSTETTEN 1995).

Die Haustechnikabteilung wurde befragt, die Werte des Thermohygrographen mit dem Psychrometer überprüft. Es zeigte sich, dass das Gerät, welches über Jahre nicht gewartet bzw. nicht justiert worden war, um 15 % zu hohe relative Luftfeuchtwerte und um 2,5 °C zu niedrige Raumtemperaturen aufzeichnete (→ Abb. A.17.). Die Klimawerte im Jänner 1985 waren ohne Übertreibung alarmierend: 25 %rF im Kernbereich der Sammlung, 21 % im Prunkstiegenhaus und in den klimatisch verbundenen Seiten- und Eingangsgalerien, wo ebenfalls Instrumente ausgestellt waren.

31 Nach einer kalten Woche mit Außentemperaturen um -5 °C und absoluten Feuchtwerten unter 2 g/m³, sanken die Temperaturen in der zweiten Jännerwoche auf bis zu -15,9 °C und 1,2 g/m³. Für die Übermittlung der Januar-Stundenwerte der ZAMG für den Jänner 1985 danke ich Dr. Heinrich Bica.

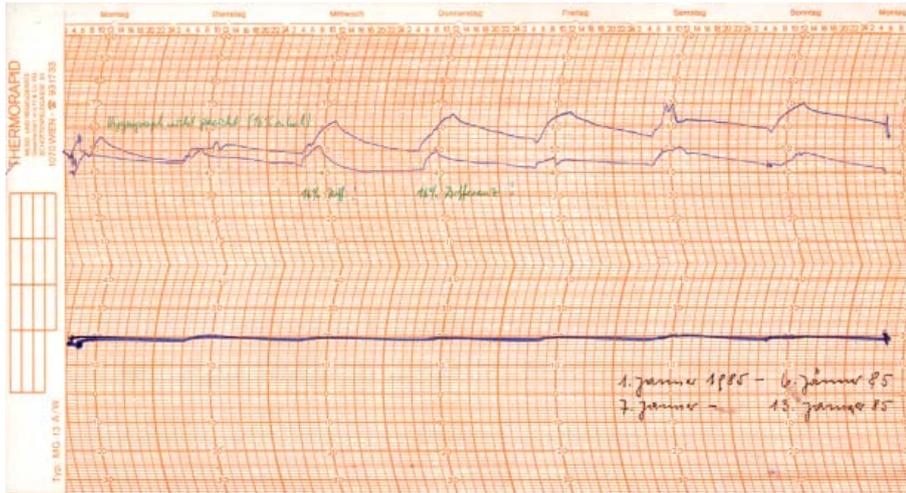


Abb. A.17: Thermohygrographenblatt vom 1.–13. Jänner 1985. Das Gerät war jahrelang nicht justiert worden und zeigte um 15 % zu hohe Werte der relativen Feuchte an; die Realwerte betrugen unter 25 %.

Am 15.1.1985 erfolgte die erste schriftliche Meldung an den Sammlungsleiter, der einen offiziellen detaillierten Bericht forderte. Dieser wurde knapp ein Monat später im Dienstweg an den Ersten Direktor des KHM weitergeleitet³² (Abb. A.18.). Als erste Notmaßnahme wurde die Anschaffung von Verdunsterwannen genehmigt, die auf und unter den Heizkörpern positioniert waren, wobei durch einen über „Dochte“ befeuchteten Frotteestoff die Verdunstungsleistung signifikant erhöht wurde. Dadurch konnte ein Absinken der Raumluftfeuchte unter 30 %rF weitgehend verhindert werden; auch die Amplituden der Feuchteschwankungszyklen, welche durch die über Nacht abgedrehten Luftbefeuchter hervorgerufen wurden, ließen sich deutlich abflachen.

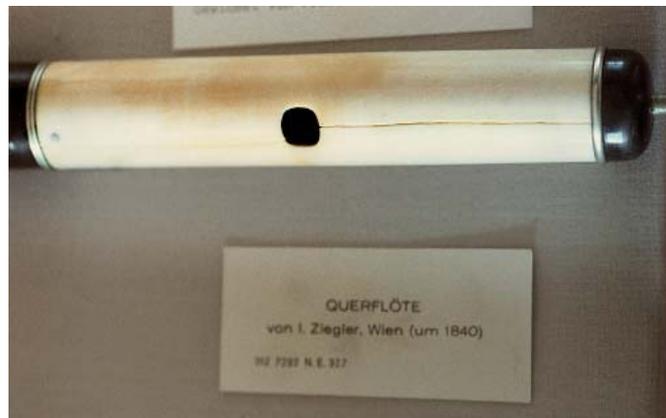


Abb. A.18: Zwei charakteristische Klimaschadensbilder aus dem Bericht vom 10. Februar 1985.
Links: Laute von W. Tieffenbrucker, Padua 1582, Inv.-Nr. SAM 32. Die Decke ist mehrfach gerissen und wellig verformt.
Rechts: Querflöte von J. Ziegler, Wien, Mitte 19. Jh., Inv.-Nr. 703; Riss des Elfenbeinkopfes. Das Instrument wurde 1984 der SAM unversehrt geschenkt.

32 Bericht vom 10.2.1985; Zl. 140/SAM/85

Nach einem „Klimagipfel“ im März 1985 wurde von der Bundesbaudirektion (AR Ing. Schiff) bei der Wiener Firma Teletech (Ing. Obadalek) ein „*Gutachten über die Problematik der Raumfeuchte in den Ausstellungsräumen der Sammlung alter Musikinstrumente in der Neuen Hofburg*“ beauftragt und im Juli vorgelegt³³. Als Hauptursache werden darin der mangelhafte Bauzustand der Fenster und die offene Verbindung zum nicht konditionierbaren Stiegenhaus, (mit anderen Worten: der nicht kontrollierbare Luftwechsel) genannt. Als Gegenmaßnahme empfiehlt das Gutachten, die Radiatoren mit Thermostatventilköpfen auszustatten und die hygienisch bedenklichen Verdunsterwannen durch eine potentere Befeuchtung zu ersetzen (Dampfbefeuchtung oder Ultraschall-Zerstäuber).

3.2. Erste Maßnahmen

Als erster Sanierungsschritt wurden durch die Burghauptmannschaft an den bestehenden Radiatoren Thermostatventilköpfe eingebaut und damit zumindest während des Winterhalbjahres das weitere Überheizen der Räume verhindert. Dadurch verringerte sich jedoch auch die Verdunstungsleistung der Befeuchterwannen. Alle im nicht-konditionierbaren Stiegenhaus ausgestellten Instrumente wurden in den Kernbereich der Sammlung transferiert. Doch nicht einmal die einfachste und sofort wirksame Gegenmaßnahme, nämlich das Abdrehen der Heizkörper, konnte im eigenen Wirkungsbereich umgesetzt werden. Als versucht wurde, durch vorsichtiges Drosseln der Heizkörperventile die Übertemperaturen abzusenken, wurden eines morgens in der Ausstellung 17,5 °C Raumtemperatur gemessen, worauf die Aufseher ihren Dienst verweigerten. Auf Anordnung des Personalchefs wurde die Sammlung geschlossen, die Heizkörper wieder aufgedreht und erst nach Erreichen von 18 °C der Dienstbetrieb wieder aufgenommen und damit die Behaglichkeit der Aufseher über die konservatorischen Notwendigkeiten gestellt.

Es folgte eine Periode intensiver Schadensdokumentation und Ursachenforschung, die einerseits weitere neue, vielfach irreversible Schäden zutage förderte, andererseits auch den Blick dafür öffnete, dass die Ursachen für die Klimasituation außerhalb des Zuständigkeitsbereiches des Sammlungsrestaurators liegen. Im Oktober 1986 wurde ein weiterer Bericht an den Ersten Direktor des KHM verfasst, in dem sowohl die gravierend zunehmenden Schäden aufgeführt sind, als auch eine differenziertere Analyse der Ursachen sowie der Gesamtsituation erfolgte, getrennt nach Sommer- und Winterproblematik³⁴. Im Entwurf des Berichts enthaltene Hinweise auf Klimaschäden auch bei den Objekten aus Leder oder Holz in der benachbarten Waffensammlung und am großen Holzmodell in der Ephesos-Sammlung sowie der Vermerk, dass auch die Bestände der Nationalbibliothek bei Luftfeuchtwerten unter 20 %rF gefährdet seien, mussten wegen „Kompetenzüberschreitung“ herausgenommen werden. Die Forderung nach einem außen liegenden Sonnenschutz, Abdichten der Fenster, klimatische Abtrennung von der Waffensammlung und Schaffung einer Pufferzone vor dem Kernbereich der Sammlung durch Abtrennung der Eingangsbereiche vom großen Stiegenhaus mittels Glaswänden wurde wiederholt vorgebracht.

33 Bericht vom 15.7.1986; Z.Z.2832/506/86

34 Zl. AH 45/86 SAM

Einführung

In der Sitzung vom 16.12.1986 mit Vertretern der Burghauptmannschaft und der Bundesbaudirektion (BBD) wurden die bisher ergriffenen Maßnahmen erörtert und die wichtigsten Forderungen wiederholt, wobei seitens der Burghauptmannschaft den Außenjalousien aus Gründen des Denkmalschutzes von vorn herein eine Absage erteilt wurde. Erste Kostenschätzungen für eine Generalsanierung lagen im März 1987 vor, ein Rohkonzept seitens des Bundesministeriums für wirtschaftliche Angelegenheiten (Wolfgang Kippes) wurde am 7.4.1987 erstellt. Der darin vorgeschlagene Raumtausch (Vorraum Marmorsaal der SAM gegen Saal IX der Waffensammlung) zur Schaffung eines geschlossenen Klimaabschnitts für die SAM wurde in der Folge durchgeführt. (1993 wurde der Vorraum Marmorsaal von Generaldirektor Wilfried Seipel wieder der SAM zugeschlagen).

Die Situation verschärfte sich in den Folgejahren jedoch noch weiter: Im Jänner 1997 wurden mit dem Psychrometer im Prunkstiegenhaus 15 % rF gemessen. In der Aula des Corps de Logis erreichte die Raumlufffeuchte im Bereich der Ausblasöffnungen mehrmals 9 %rF. Die als unglaublich eingestuften Werte wurden letztlich von der Abteilung für Mess- und Klimatechnik der damaligen Bundesbaudirektion (Messungen vom 15.-22.1.1991 durch Ing. Grasl und Ing. Misar) bestätigt (→ Kap. A.5.2., Abb. A.23). Mehrere Musikinstrumente, die mehr oder weniger unbeschadet von der SAM erworben worden waren, erlitten in dieser Zeit irreversible Klimaschäden (z. B. Riss durch den Elfenbeinkopf der Querflöte von J. Ziegler, SAM 703; 1984 unbeschädigt inventarisiert, ← Abb. A.18).

Eine Verschlechterung der Situation war allerdings selbst verschuldet, und zwar durch eine Maßnahme, die seither immer wieder bei anderen Restauratorenkolleg/innen beobachtet werden konnte: In der Absicht, bei zu tiefen Luftfeuchtwerten (z. B. 35 %) die relative Feuchte der Raumluff zu erhöhen, wurde der Hygrostat des Luftbefeuchters von z. B. 50 % auf 60 % gedreht, so als ob sich dadurch auch die Verdunstungsleistung erhöhen ließe. Dies führte jedoch nur zu einer größeren Spreizung der Luftfeuchtwerte während der Nachtstunden. Die vergeblichen Versuche im Falle der SAM die Raumlufffeuchte wenigstens untertags optimalen Werten anzunähern, bewirkten lediglich immer extremere tägliche Feuchteschwankungszyklen von bis zu 19 % Spreizung (← Abb. A.16 und A.17). Die Auswirkungen und die Gefährlichkeit solcher Schwankungszyklen waren mir damals noch nicht bekannt. Aus den damaligen negativen Erfahrungen resultiert inzwischen die Gewissheit, dass suboptimale, aber dafür annähernd konstante Werte (z. B. +/- 40 %) für weniger gefährlich einzuschätzen sind, als ständig stark schwankende Werte im „optimalen“ Bereich (z. B. zwischen 45 und 60 %rF. Eine Ausnahme von dieser Regel besteht nur dann, wenn alle Objekte in Vitrinen aufbewahrt sind und dadurch das Klima gepuffert ist.)

In der Folge wurde vom hauseigenen Klimatechniker empfohlen, die Luftbefeuchter um der höheren Stabilität Willen ganz abzustellen und anstelle der extremen täglichen Schwankungen lieber tiefere, aber dafür konstantere Feuchtwerte in Kauf zu nehmen. Was im Sommer noch zuträglich erschien, führte jedoch im folgenden Winterhalbjahr, wo wieder Luftfeuchtwerte unter 30 % auftraten, zu einem weiteren rapiden Schadenszuwachs. Damit soll keinesfalls dem Haustechniker die Schuld zugeschoben werden, sondern lediglich die Aussichtslosigkeit der Situation verdeutlicht werden, in die man bei einer mangelhaften klimatisch-haustechnischen Gesamtsituation im Museum gerät.

3.3. Sanierungsbeschluss

Im Gespräch mit Kollegen oder im Freundeskreis war immer wieder davon die Rede, über die Medien Druck auf die zuständigen Entscheidungsträger auszuüben. Ein Hinweis an einen Journalisten der *Wiener Zeitung*, der innerhalb eines Artikels über die Instrumentensammlung einen Nebensatz über die klimatischen Missstände im Museum einfließen ließ, hatte umgehende Reaktionen der Pressesprecherin und Androhungen von disziplinären Konsequenzen durch den Ersten Direktor wegen Verletzung der Schweigepflicht zur Folge.

Der Entschluss zur Generalsanierung kam erst, als prominente Leihgeber 1987 aus der den Österreichischen Bundesmuseen gewidmeten Artikelserie „Der Museumsskandal“ von Herbert Hufnagel in der Tageszeitung KURIER unter anderem auch von den unhaltbaren Klimabedingungen in der Sammlung alter Musikinstrumente erfuhren und ein Gesichtsverlust in der Öffentlichkeit drohte. So wurde etwa der Erard-Flügel Ludwig van Beethovens aus dem Jahr 1803, der seit 1939 als Dauerleihgabe des Oberösterreichischen Landesmuseums im Marmorsaal der SAM ausgestellt war, im Herbst 1987 unter beträchtlichem Medienecho zurück nach Linz beordert. Auch die Gesellschaft der Musikfreunde in Wien drohte mit dem Abzug ihrer 169 Leihgaben, darunter etwa der Flügel Clara und Robert Schumanns und zweier Erinnerungsstücke an Franz Schubert.

Im September 1988 wurde die Sammlung alter Musikinstrumente geschlossen und die Planungsphase zur Generalsanierung eingeleitet.

4. Generalsanierungen der Sammlungen in der Neuen Burg Grundlagenforschung und Erfahrungszuwachs 1988 – 2008

Die folgenden Jahre waren geprägt von völlig neuen Erfahrungen auf dem Gebiet der Gebäudesanierung durch Mitarbeit in verschiedenen, z. T. sehr heterogenen Gruppen von Entscheidungsträger/innen mit unterschiedlichem Pouvoir und Ausbildungshintergrund. Dabei wurden immer wieder grundlegende Beschlüsse von Personen getroffen, die in wichtigen konservatorisch relevanten Details über keine ausreichende Sachkompetenz verfügten. Im Lauf der Jahre konnte ein wachsendes Verständnis für systemische Gesetzmäßigkeiten im bürokratischen Ablauf komplexer Entscheidungsfindungsprozesse im Umfeld großer Institutionen gewonnen werden. Daraus erwuchs die Erkenntnis, dass nachhaltiger Erfolg eines Gesamtsystems nur möglich ist, wenn die Einzelentscheidungen mehrheitlich von gemeinsamen übergeordneten Zielvorgaben und nicht von Partikularinteressen geleitet werden (→ Kap. B.8.).

4.1. Vorbemerkungen

Damit Gebäudeverwaltung, Architekt, Baufachleute und Haustechniker Maßnahmen ergreifen können, müssen zunächst genau formulierte Vorgaben der betroffenen Nutzer vorliegen. Hier bestehen bis heute nicht unbedeutende Schwierigkeiten für museale Bauvorhaben: Die Entscheidungsträger (bis vor wenigen Jahren fast ausschließlich Verwaltungsbeamte oder Kunsthistoriker) verfügen normalerweise über keine museologisch-konservatorische Ausbildung, und auch der diesbezügliche Wissensstand der Restauratoren war nicht nur in der Vergangenheit auf diese Fragestellungen zu wenig vorbereitet. So wurden (und werden) manche Detailprobleme entweder als solche gar nicht erkannt, oder ausschließlich an Baufachleute und Klimatechniker delegiert, die ihrerseits von industriellen oder Wohnbau-Standards ausgehen, die jedoch aus heutiger Sicht für den Museumsbereich als unzureichend erscheinen. Darüber hinaus werden immer wieder (bis heute) von Restaurator/innen oder engagierten Kurator/innen Nutzerwünsche geäußert, die von vornherein undurchführbar sind. Dazu gehören etwa zu enge Klimavorgaben (die sog. „ICOM-Klima-Richtlinien“, → Kap. B.5.) sowie die Wunschvorstellung, Einzelbereiche eines Gebäudes klimatisch partiell sanieren zu können, obwohl in angrenzenden Bereichen völlig andere Klimabedingungen herrschen bzw. gewünscht werden.

Es ist evident, dass bei Baumaßnahmen dieser Größenordnung eine Unmenge von Detailentscheidungen getroffen werden müssen, zumal Gebäudeerhalter, Architekten und Firmen eine kaum mehr überschaubare Flut von Vorschriften und Normen einzuhalten haben und bei einer Vielzahl dieser Entscheidungen auf den ersten Blick keine konservatorisch-klimatischen Problemstellungen erkennbar sind; sie können sich jedoch – wie im gegenständlichen Fall öfter geschehen – durch Rückkoppelungseffekte zu einer zunehmend konservatorisch-klimatisch ungünstigen Klimasituation aufsummieren. Von grundlegender Bedeutung ist – und dies wurde so gut wie nie von den einschlägigen Fachleuten thematisiert – dass jeder Bau (abhängig von Standort, Bauweise, verwendetem Baumaterial, Fenstergröße, geographischer Orientierung, Stockwerkhöhe etc.) eine klimatische Eigendynamik entwickelt, die nur innerhalb relativ enger Grenzen beeinflusst werden kann. Innerhalb dieser bauphysikalischen Rahmenbedingungen sind nur beschränkt Verbesserungen möglich; dies allerdings auch nur dann, wenn damit gleichzeitig eine Änderung des Nutzerverhaltens, das zur Klima-Destabilisierung geführt hat, verbunden ist.

Einführung

Aus heutiger Sicht fehlte im Entscheidungsfindungsprozess der Sanierungen von Museen die Instanz eines übergeordneten „Klimabeauftragten“, die nicht nur über einen ausreichend breit gestreuten Wissensstand im Bereich der *preventive conservation* verfügt, um alle geplanten Maßnahmen auf ihre mutmaßlichen klimatischen und konservatorischen Auswirkungen hin zu hinterfragen, sondern auch ein Vetorecht bzw. das Pouvoir seitens der Geschäftsführung besitzt, Planungsänderungen zu erwirken.

Es ist evident, dass von allen Entscheidungsträgern grundlegende Fehleinschätzungen vorgenommen worden waren. Generell lässt sich rückblickend feststellen, dass das Raumklima in der Neuen Burg kein mit Aufmerksamkeit beobachteter und professionell gesteuerter Themenbereich des Museumsbetriebes war, sondern mehr oder weniger als notwendiges Übel des Tagesgeschehens angesehen wurde. Obwohl von Anfang an darauf hingewiesen wurde, blieb das Fehlen eines Gesamtklimakonzepts für das ganze Haus ein unübersehbarer Schwachpunkt der Generalsanierungen. Den Bau- und Klimafachleuten ist vorzuhalten, dass sie die zwei gravierendsten Planungsmängel als solche nicht erkannt haben: Mit der Unterlassung von Außenbeschattung und kontrolliertem Luftwechsel wurde auf die beiden wirksamsten Hebel zur Herstellung der Sommertauglichkeit eines Gebäudes verzichtet, wodurch die Sanierung der SAM bezüglich der klimatischen Sommersituation von vorn herein zum Scheitern verurteilt war. Auch die von anderen Restauratorenkolleg/innen berichtete Tatsache, dass ästhetischen Überlegungen seitens der Gestalter tendenziell ein stärkeres Gewicht eingeräumt wird als konservatorisch begründeten Maßnahmen, gehört zu den langjährigen Erfahrungen aller Generalsanierungen.

Das um nüchterne Darstellung bemühte Aufzählen der zahlreichen Initiativen zur Entwicklung und Umsetzung eines Gesamtklimakonzepts soll die dem derzeitigen System inhärenten Defizite vor Augen führen, das keine Mechanismen vorsieht, um langfristig und nachhaltig wirksamen Ideen zum Durchbruch zu verhelfen.

4.2. Die Sanierung der Sammlung alter Musikinstrumente

4.2.1. Mängelanalyse

Aufgrund fünfjähriger Messungen und Beobachtungen lag für die SAM bereits eine detaillierte Analyse der Klimamängel vor:

- zu hoher, unkontrollierter Luftwechsel durch undichte Fenster, offene Türen und Zugluft
- zu hohe Raumtemperaturen im Winter
- zu trockene Raumluft im Winter (bei abgeschalteten Luftbefeuchtern unter 25 % rF) bzw. zu große Feuchteschwankungen durch instationären Betrieb der Geräte
- direkte, viel zu starke Sonneneinstrahlung, woraus neben Lichtschäden vor allem im Sommer ein zu hoher Wärmeeintrag in die Sammlungsräume resultierte
- Feuchteabfall bzw. Feuchteschwankungen durch nicht konditionierte benachbarte Gebäudbereiche und fehlende Klimaabschnitte

4.2.2. Definition der Nutzerwünsche

Aus konservatorischer Sicht wurden folgende Maßnahmen gefordert:

1. Begrenzen der Raumtemperatur im Winter auf 18 °C, im Sommer möglichst nicht über 26 °C
2. Tischlerische Instandsetzung und Abdichten der Fenster und Türen

4. Generalsanierungen der Sammlungen in der Neuen Burg 1988-2008

3. Einbau einer Brandmeldeanlage um den Dauerbetrieb der Luftbefeuchter zu ermöglichen
4. Effizienter Sonnenschutz und Senkung des Wärmeeintrags über die Fenster
5. Einbau einer zentral gesteuerten Jalousieanlage
6. Schaffung von Pufferzonen im Eingangsbereich der Sammlung durch Einbau von Glaszwischenwänden
7. Absenken der Beleuchtungsstärke auf 50 Lux Grundbeleuchtung und 100 – 120 Lux auf den Objekten
8. Reaktivierung der originalen Lüftungsschächte (Dies wurde als undurchführbar abgelehnt.)

Darüber hinaus wurden eine Alarmanlage, Fernsehüberwachung, Durchsageeinrichtung sowie eine völlige Neukonzeption der elektrischen Energieversorgung in Planung genommen.

Eine überraschende Erfahrung als Nutzer war es, von dem für den Bau zuständigen Ministerium etwas zu bekommen, was in dieser Form gar nicht gefordert, geschweige denn erwünscht worden war und auch durch fachlich begründete Intervention durch den Bauanwalt, Architekt Oswald W. Madritsch nicht verhindert werden konnte: Das Ressort beauftragte einen Architekten mit der Planung einer abgehängten, gewölbten „multifunktionalen Lichtdecke“ unter der bereits vorhandenen Hohldecke mit über 100 sondergefertigten Auslässen für Vitrinenbeleuchtung und -sicherung in 6 m Höhe, die niemals Verwendung finden sollten. Die SAM hatte für die Objektbeleuchtung frei abhängige Lichtschienen mit möglichst geringer Entfernung zu den Objekten gefordert (aufgrund der physikalischen Gegebenheit, dass die Beleuchtungsstärke mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt).

Die Transformatoren der als „Sternenhimmel“ bezeichneten in die Wölbung integrierten Halogenspots waren aufgrund der engen Einbausituation thermisch überlastet, sodass es bald zu Ausfällen kam. Für das Austauschen der wegen Überhitzung ständig ausfallenden Leuchtmittel in 6 m Höhe musste jedes Mal die Hebebühne angefordert werden. Die Unzugänglichkeit der Trafos verhinderte bei Gebrechen einen Austausch, weshalb der „Sternenhimmel“ nach wenigen Jahren unbrauchbar war und außer Betrieb genommen wurde.

4.2.3. Baubesprechungen

Während der Bauphase fanden alle ein bis drei Wochen Informationsgespräche mit allen Entscheidungsträgern statt. Dadurch war es möglich, auf offenkundige Mängel bzw. Erkenntniszuwächse unmittelbar zu reagieren und kleinere Korrekturen vorzunehmen. In meiner Funktion als Sammlungsrestaurator war ich damit beauftragt worden, die einzelnen geplanten Maßnahmen sowohl auf ihre konservatorischen als auch praktischen und organisatorischen Auswirkungen für den Nutzer zu überprüfen. Wesentliche Unterstützung erhielt die Sammlung durch den vom Kunsthistorischen Museum beauftragten bereits erwähnten Bauanwalt (Arch. Oswald W. Madritsch), der die Rolle eines Moderators zwischen den Firmen, Planern und der für den Umbau verantwortlichen Burghauptmannschaft einnahm. Im Zuge dieser Baubesprechungen war es beispielsweise möglich, durch wiederholtes und wohlbegründetes Einfordern die Trennung der Oberlichtmechaniken der Fenster, eine manipulationssichere Verkleidung der Radiatoren, die Demontage einzelner Heizkörper in überheizten Gangbereichen sowie den Einbau der anfangs abgelehnten Glastrennwände zur Schaffung von Pufferzonen nachträglich durchzusetzen. Die ständige Präsenz des Restaurators erwies sich darüber hinaus als unumgänglich notwendig, um Bau- und Lagerschäden am Sammlungsgut möglichst gering zu halten. Immerhin mussten alle Ausstellungs- und Depotstücke, darunter etwa 130 Tasteninstrumente, innerhalb des zu sanierenden Gebäudes dreimal transferiert werden. Aus formalen Gründen war es allerdings nicht möglich, offenkundige Schwachstellen, wie etwa die aus praktischer Erfahrung überdimensioniert eingeschätzten Radiato-

Einführung

ren (→ Kap. A.4.2.4. und Kap. B.8.6.) zu verhindern bzw. die sogenannte „Sommernachtslüftung“ zum Abbau des Wärmestaus im Zwischendeckenbereich durchzusetzen, obwohl diesbezüglich eindeutige Messungen seitens der Bundesbaudirektion vorlagen (HUBER 1995: 114).

Mit dem Einbau der Brandmeldeanlage war ein Dauerbetrieb der Luftbefeuchter auch über Nacht möglich. Im Bereich der Ausstellungsräume und der Studiensammlungen wurden Ionisationsmelder mit TUS-Anschluss³⁵ zur Feuerwehr installiert. In den Werkstätten, wo aufgrund von Lötarbeiten und Maschineneinsatz dieser Meldertyp zu empfindlich gewesen wäre, wurden thermische Brandmelder verwendet. Im Ausstellungsbereich der SAM wurden je nach Größe der Räume ein bis zwei Luftbefeuchter pro Saal in Betrieb genommen. Die an die Sammlung angrenzenden Nebenbereiche sowie die Gänge werden seitdem ebenfalls befeuchtet, um allzu große Klimadifferenzen zu den Ausstellungsräumen zu vermeiden. Die Bereiche der Studiensammlung und der Restaurierwerkstätten werden mit gutem Erfolg indirekt befeuchtet: Die Luftbefeuchter sind auf den davor befindlichen Gängen situiert; Schwankungen werden durch die Türen gepuffert, was zu einem relativ konstanten Feuchteverlauf in den Depots führt.

4.2.4. Raumheizung

Die Neue Burg wird über das kommunale Fernheizungsnetz mit Heizwärme versorgt, die in den Umformerstationen im 2. Keller in die bestehende Warmwasserzentralheizung eingespeist wird. Alle Radiatoren sind mit Thermostatventilköpfen ausgestattet. Obwohl im Bereich der Sammlungsräume während der Wintermonate eine Raumtemperatur von maximal 18 °C angestrebt wurde, kam und kommt es fast ständig zu einem Überschreiten dieses Wertes. Durch Raum- und Objektbeleuchtung, durch die Beleuchtung darunterliegender Räume, besonders aber durch die zwischen jeder zweiten Fensterachse vertikal in den Wänden verlaufenden Heizungssteigstränge treten beträchtliche innere Lasten auf. Auch nach der Sanierung ab der Heizsaison 1993/1994 werden im Winter bei abgedrehten Radiatoren Raumtemperaturen über 21 °C erreicht; die Thermostatventile öffnen sich (abhängig von der Vorlauftemperatur) lediglich bei längeren Kälteperioden. Auf das Problem der normgerecht aber dennoch überdimensioniert berechneten Heizkörper wird in Kap. B.8.6. eingegangen.

Als positiver Effekt der gleichmäßig im Gebäude verteilten und vorwiegend in den Außenmauern verlegten Heizungsstränge ist hervorzuheben, dass letztere quasi wie eine Bauteiltemperierung die Grundlast des Heizwärmebedarfs abdecken. Aus diesem Grund wurden im Marmorsaal alle Heizkörper demontiert; die Wärmeversorgung erfolgt nur über die in den vier Raumecken verlaufenden Steigstränge (die die Wandflächen der ehemaligen Luftschächte temperieren), über die Beleuchtung und über die benachbarten Säle.

Auch in den beiden Seitengalerien und in der Eingangsgalerie vor dem Marmorsaal wurden die Radiatoren zur Gänze abmontiert. Im Bereich der D-Stiege wurden 1993 eigenverantwortlich die Rücklaufventile aller Radiatoren gesperrt; die Wärmeversorgung über die erwähnten Steigleitungen, die als Bauteiltemperierung wirken, ist mehr als ausreichend – auch in diesem Bereich wird die für die Wintersaison ursprünglich angestrebte Temperatur von 18 °C laufend überschritten.

Bei den im Jahr 1987 montierten, als sogenanntes „Behördenmodell“ ausgeführten Thermostatventilköpfen waren mehrmals die Arretierungszapfen, die ein Höherdrehen der Heizung verhindern sollten, gewaltsam abgebrochen worden. Aus diesem Grund wurden die Heizkörpernischen durch vorgesetzte gitterförmig durchbrochene Steckfüllungen verschlossen, sodass ein unbefugter Zugriff nicht mehr möglich ist. Die weitgehende Deckung des Wärmebedarfs mittels der erwähnten in den Wänden verlaufenden vertikalen

35 Tonfrequentes Übertragungssystem

4. Generalsanierungen der Sammlungen in der Neuen Burg 1988-2008

Steigleitungen in den Bereichen der Schausäle, der Studiensammlung sowie der Restaurierwerkstätte bestätigte empirisch die damals neuen und kontrovers diskutierten Lösungsansätze des Wandtemperiersystems nach Assmann–Großes Schmidt (→ Kap. A.4.4. über das EuroCare-Projekt „PREVENT“). Die für die Wandtemperierung postulierte größere Konstanz und Stabilität des Raumklimas konnte bereits damals im eigenen Wirkungsbereich überprüft und bestätigt werden (HUBER 1995: 107).

4.2.5. Licht und Wärmeschutzmaßnahmen

Eines der Hauptziele der Sanierung war die Reduzierung des Wärmeeintrags durch die 22 nach Südosten orientierten Fenster mit Glasflächen von 4,8 m²; die beiden großen Rundbogenfenster in Saal IX und Saal XIV weisen Glasflächen von ca. 8,5 m² auf. Da eine Außenbeschattung aus Gründen des Denkmalschutzes abgelehnt worden war, wurden nach umfangreichen Versuchen und weit über 1000 Messungen die inzwischen sanierten und gedichteten Fenster mit folgenden Licht- und Wärmeschutz-einrichtungen ausgerüstet, um den Strahlungseintrag sowie die raumseitige, sekundäre Wärmeabgabe (q_r) zu minimieren (Abb. A.19.):

- Federstangen-Rollo mit Behang aus Halbleinengrad an der Innenseite der Außenscheiben
- motorbetriebene Faltjalousie Verosol Typ 812 (Fa. Adler-Solux)
- Lichtschutzfolie „Pergerflex“ silberbedampft (Fa. Fenstertechnik 1180 Wien)
- Vorsatz-Verbundrahmen („3. Scheibe“) am Innenflügel (Fa. Fenstertechnik 1180 Wien)
- Belüftung des Fensterkastens durch Trennung der Oberlichtmechanik, sodass die äußere Oberlichtklappe getrennt geöffnet werden kann
- Belüftungsschlitz im Fensterbrett mit Verschiebeschieber für den Winterfall

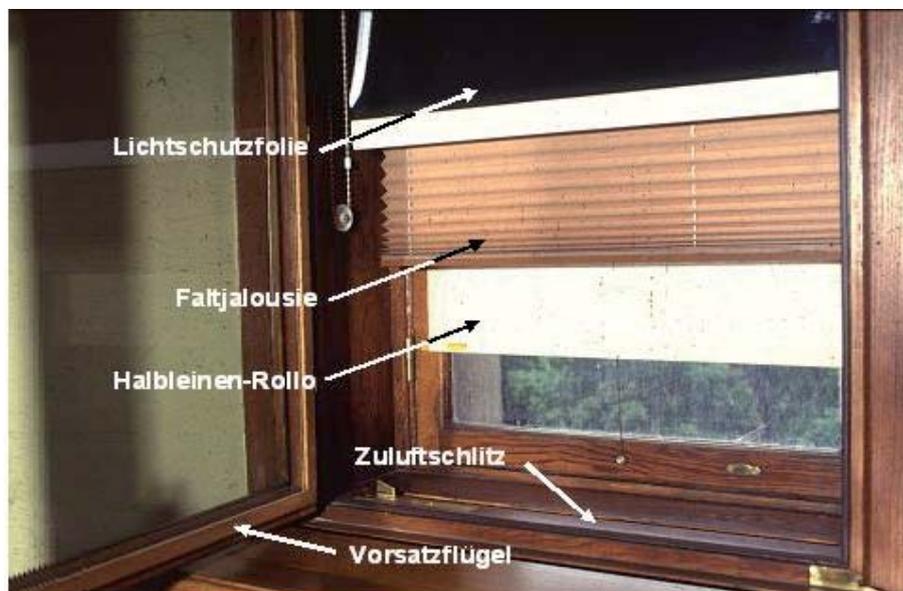


Abb. A.19: Alle Fenster der SAM wurden mit dreifachem Lichtschutz, innerem Vorsatzflügel und Fensterkastenbelüftung ausgestattet. (Bildmontage: Florian Wicke)

Die motorbetriebene Faltjalousie sollte über eine Gruppensteuerung und Regelung über einen Lichtfühler bei Bedarf bzw. selbsttätig aktiviert werden. Um den Wärmeabfluss im Sommer über die Fenster zu erleichtern, sollte die Jalousienanlage während der Nachtstunden hinauffahren und in der Früh bei Sonnenaufgang die Fenster wieder beschatten. Abgesehen davon, dass die Anlage zwar bezahlt wurde

Einführung

aber nie als funktionierend abgenommen worden war, kam es mehr als drei Jahre lang immer wieder zu einem unerklärlichen Abreißen einzelner Aufzugsbänder mit umständlichen und teuren Reparaturen. Zuletzt stellte eine andere Elektroplanungsfirma fest, dass aufgrund eines fehlenden Steuerkabels die Gruppensteuerung nie hatte störungsfrei funktionieren können, weil der Motor der zuerst oben ankommenden Jalousie einer Gruppe nicht abschaltete sondern bis zur Ankunft der letzten Jalousie weiter zog. Da die Kabelwege irreversibel verbaut waren, wurden alle Jalousien letztlich auf Einzel-Schlüsselschalter umgerüstet, was sich als praktikable Lösung bewährte, das nächtliche Hochfahren allerdings verunmöglichte.

4.2.6. Klimastabilisierung durch Pufferzonen

Die unmittelbare Angrenzung an das unconditionierte Stiegenhaus mit Luftfeuchtwerten im Winter von unter 20 %rF hätte für die SAM auch nach der Sanierung große Probleme gebracht: Das Klima, das sich in den Schausälen über Nacht stabilisiert, würde mit dem Einsetzen des Besuchsverkehrs am Morgen plötzliche Einbrüche erleiden, vor allem in den Sälen XI, XIV und XVII, durch die man die Sammlung betritt. Dieses Phänomen trat bei der Sonderausstellung „Fürstenhöfe der Renaissance“ im Winter 1989/1990 deutlich zu Tage (Abb. A.20.).

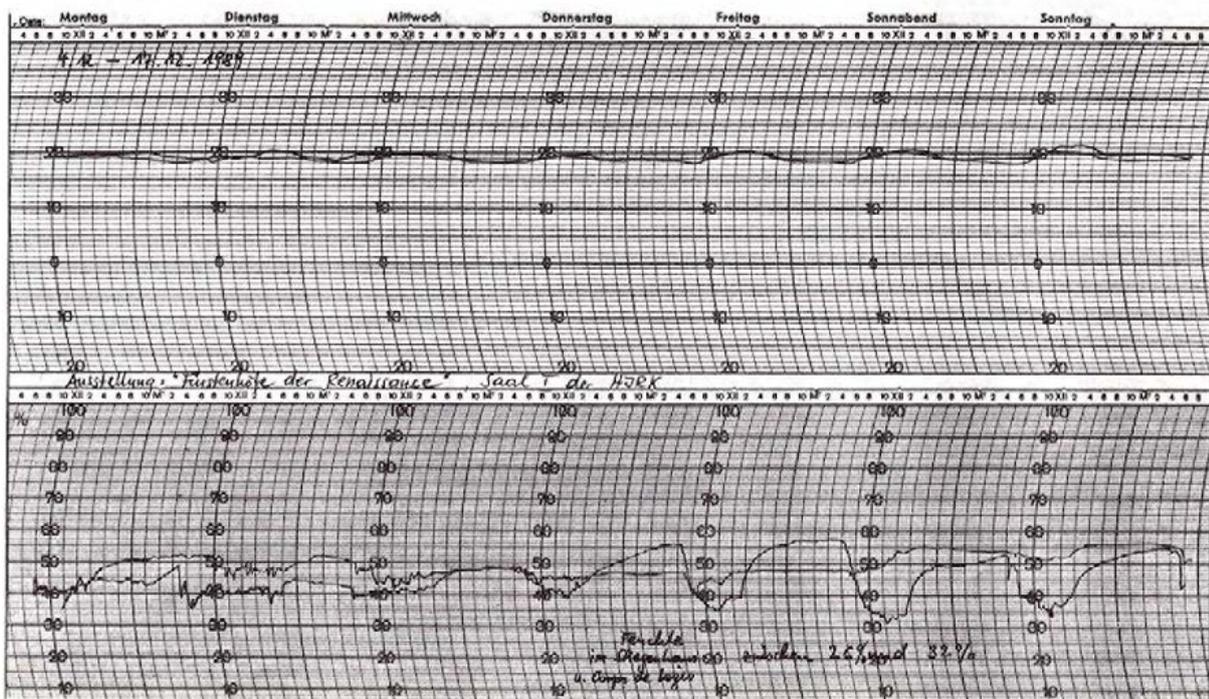


Abb. A.20: Klimaeinbrüche durch direkte Verbindung des Ausstellungsraumes zum nicht konditionierten Stiegenhaus. Die relative Feuchte schwankt zwischen 58 und 32 %.

(Ausstellung „Fürstenhöfe der Renaissance“, HJRK, Neue Burg, November 1989)

Die damals auf Grund der beeindruckenden Klimakurven geführte kontroverse Diskussion hat möglicherweise zu einer positiven Entscheidung zu Gunsten der ursprünglich abgelehnten Klimaschleusen geführt. Durch das Abtrennen der Seiten- und Eingangsgalerie vom Stiegenhaus durch Glastüren und -wände hat sich die Konstanz des Klimas im Kernbereich der Sammlung signifikant verbessert. Die im Stiegenhaus verursachten Schwankungen finden nunmehr abgeflacht in den neu geschaffenen Pufferzonen statt und können von den Sälen weitgehend ferngehalten werden.

4. Generalsanierungen der Sammlungen in der Neuen Burg 1988-2008

4.2.7. Rechnungshofbericht 1989

1989 wurde das KHM einer Prüfung durch den Rechnungshof unterzogen. In Abschnitt 11 des Berichts finden sich die in Kap. 3 und 4 dieser Arbeit aufgezählten Mängel und Fakten angeführt. Um Wiederholungen zu vermeiden, seien der Vollständigkeit halber aus dem das Klima in der SAM betreffende Abschnitt nur die Punkte 11.2.1-11.2.3 zitiert:

„11.2.1 Der Rechnungshof bemängelt, dass es im KHM seit der Feststellung der ersten schweren Schäden abgesehen von wenigen bescheidenen Verbesserungen nicht gelungen ist, das Raumklima in der SAM entscheidend zu ändern. Der Rechnungshof stellte viel mehr fest, dass die zwischenzeitig erworbenen Verdunstungswannen bei der örtlichen Prüfung kein Wasser enthielten, und dass die Brandmeldeanlage, welche die Voraussetzungen für einen Dauerbetrieb der 1982 erworbenen Luftbefeuchter sein sollte, weiterhin noch nicht installiert war. Ein Teil der angeschafften Geräte fand in einer anderen Sammlung Verwendung.

11.2.2 Obwohl seit 1981 laufend Schadensmeldungen der SAM an den ED [Ersten Direktor] und von diesem an das BWMF ergingen, wobei bedeutende und teilweise irreversible Schäden gemeldet wurden unterblieben die gemäß Abschnitt BZ6.1 der Richtlinien für die Behandlung von Schadensfällen im Bereich der Bundesverwaltung erforderlichen Meldungen an den RH. Nach Ansicht des RH dürften die festgestellten Schäden in vielen Fällen den für eine Meldung maßgeblichen Grenzwert überschritten haben, wie dies beispielsweise bei dem Schrumpfungsriss an der vermutlich ältesten Gambe der Welt der Fall war.

11.2.3 Der RH hält kritisch fest, dass trotz der seit Jahren bekannten katastrophalen Klima-verhältnisse in der SAM nicht verhindert wurde, dass schwerste Schäden an wertvollen historischen Instrumenten entstanden. Mag auch eine rasche und wirksame Handlungsweise durch Kompetenzverflechtungen – vor allem mit der Burghauptmannschaft – und durch den Mangel an Geldmitteln erschwert gewesen sein, so hätte dennoch die weitestgehend tatenlose Hin-nahme des Verfalls einer historischen Sammlung und der damit verbundene finanzielle Scha-den für die Republik Österreich, aber auch für die privaten Leihgeber nicht eintreten dürfen. Der Rechnungshof empfiehlt, die für den verschuldeten Verfall der Instrumente verantwortlichen Bediensteten zu ermitteln, nicht zuletzt, um für allfällige Schadensersatzansprüche der privaten Leihgeber vorzusorgen.“

4.3. Bilanz der Sanierung der SAM

Mit der Ausstellung „Die Klangwelt Mozarts“ zum 200. Geburtstag von Wolfgang Amadeus Mozart (28.4.-27.10.1991) war die Hälfte der Sammlungsräume wieder öffentlich zugänglich. Die temporäre Ausstellung diente gleichsam als „Probelauf“ für die Generalsanierung; die gewonnenen Erfahrungen sollten in die Neuaufstellung der Sammlung alter Musikinstrumente einfließen, die am 28. November 1993 mit einem völlig neuen Konzept wieder eröffnet wurde.

Jede Teilsanierung der Sammlungen in der Neuen Burg gestaltete sich außerordentlich schwierig, da alle baulich relevanten Maßnahmen und Teilschritte mit den übrigen Nutzern sowie mit dem Denkmalamt akkordiert und, zumindest bis zur Ausgliederung der Bundesmuseen, fast durchwegs allein von der Burghauptmannschaft ausgeführt werden mussten. Die Planungsarbeiten zu den Sanierungen der einzelnen Sammlungen waren äußerst intensiv und die dafür aufgewendeten finanziellen Mittel enorm – dementsprechend groß waren auch die Erwartungen bezüglich der erhofften klimatischen Verbesserungen.

Einführung

Die erste Auswertung der Sanierung der SAM erfolgte nach Ende der Mozart-Ausstellung 1991: In dem „Bericht über die klimatische Situation in der SAM 1991“ werden die gelungenen und auch weniger geglückten Sanierungsschritte angesprochen in der Hoffnung, eine grundlegende Verbesserung für die Wiedereröffnung 1993 zu erwirken. Das Dichten der Fenster und der Einbau der Glastrennwände zum Stiegenhaus („Pufferzone“) sowie der Dauerbetrieb der Luftbefeuchter führte im Kernbereich der Sammlung zu einer signifikanten Verbesserung der Gesamtsituation, sodass seither nicht mehr von einer akuten Gefährdung der Bestände gesprochen werden kann.

Doch bereits zu diesem Zeitpunkt zeichnete sich ab, dass die Sanierung eines relativ kleinen Gebäudeabschnitts ohne übergreifende Gesamtlösung nicht zum gewünschten Erfolg führen würde, weshalb bereits damals die Grundzüge eines raum- und institutionsübergreifenden Gesamtklimakonzepts formuliert und eine gemeinsame Umsetzung vorgeschlagen wurde. Alle bei der Sanierung gewonnenen Erfahrungen wurden in einer umfangreichen Studie ausgewertet und publiziert (HUBER 1995).

Während in der rechten Seitengalerie alle Objekte in Vitrinen ausgestellt und somit keinen direkten Schwankungen ausgesetzt sind, muss für die in der linken Seitengalerie aufbewahrten freistehenden Klaviere, die den erwähnten Klimschwankungen nach wie vor unterliegen, mit Nachdruck eine Verbesserung der Situation gefordert werden (→ Abb. A.29 auf Seite 99). Die damals formulierten Befürchtungen haben sich zwischenzeitlich bestätigt: Es ist davon auszugehen, dass bei dem in der linken Seitengalerie ausgestellten Klavier der Fa. Bösendorfer nach dem Entwurf von Joseph Hoffmann, Wien 1909 (SAM 641) der im Herbst 2009 aufgetretene Stimmstockriss auf die ständigen Klimaschwankungen in diesem Bereich zurückzuführen ist. Da auch der Vorraum Marmorsaal ab 2010 als Ausstellungsbereich eingerichtet wurde und ähnliche Schäden bei den dortigen Exponaten zu befürchten sind, muss daher weiterhin nachdrücklich gefordert werden, dass auch das Prunkstiegenhaus (nach einer gezielten Optimierung der Fenster und Türen, → Kap. C.2.5. und Kap. C.3.1.) eine Basiskonditionierung auf etwa 35-40 % relative Feuchte erhält.

Eine neuerlich völlig unerwartete Situation ergab sich 1994 im ersten Sommer nach der Wiedereröffnung: In den frisch sanierten Sammlungsräumen der SAM stiegen die Raumtemperaturen auf fast 32 °C – dies war genauso hoch wie vor der Sanierung! Wie war es möglich, dass trotz des über mehrere Jahre entwickelten und messtechnisch abgesicherten Lichtschutzes die sommerlichen Raumtemperaturen in den Sammlungsräumen nach der Sanierung so hoch lagen wie zuvor, als überhaupt kein Lichtschutz vorhanden war? Dieses zunächst als unerklärlich scheinende Phänomen wurde als Fragestellung in das damals im gleichen Zeitraum generierte EUREKA Forschungsprojekt EuroCare EU 1386 „Prevent“ als Teilprojekt der SAM eingebracht.

4.4. Das EUREKA Forschungsprojekt EU-1386 „Prevent“

Zum Zeitpunkt der Schließung der SAM fand in der Österreichischen Museumslandschaft ein spannender Diskurs statt. 1988 erlangte Maria Ranacher, Gemälde-Restauratorin am Kunsthistorischen Museum in Wien, erstmals Kenntnis von der sogenannten „Wandtemperierung“: Henning Grosseschmidt, Leiter der Restaurator am Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege und zuständig für die Nichtstaatlichen Museen, erläuterte anlässlich eines Besuches im KHM seine gemeinsam mit Karl Assmann in den 1980er Jahren entwickelte „Temperiermethode“. Er berichtete von zahlreichen Versuchen, die Nachteile herkömmlicher Heiztechnik durch Wärmeverteilung entlang der Gebäudehülle – in Anlehnung an das römische Hypocaustum – hintanzuhalten. Diese Temperierung der Hüllflächen brächte eine signifikante

4. Generalsanierungen der Sammlungen in der Neuen Burg 1988-2008

Klimastabilisierung und würde in Bayern bereits seit 1983 in über 50 Museumsgebäuden angewandt. Angesichts der im KHM unlösbar scheinenden Probleme mit der bestehenden Haustechnik, weckte die Aussicht auf Klimaoptimierung durch eine neue Technologie große Erwartungen unter den meisten Restaurator/innen.

Nachdem die Sanierung der Gemäldegalerie unmittelbar bevorstand, wurde Henning Großes Schmidt im Frühjahr 1989 eingeladen, ein Referat über die Temperierung und ihre konservatorischen Auswirkungen vor einem größeren Publikum (Kurator/innen und Restaurator/innen des KHM, Bauanwalt, Bundesdenkmalamt und Vertretern aus anderen Wiener Museen) zu halten, dem etwas später auch ein Vortrag in der Energieverwertungsagentur folgte. Der Vortrag zeigte eine überraschend unterschiedliche Wirkung: Während die meisten Haustechnikplaner das Funktionieren der bestehenden Temperieranlagen und die veranschlagten Energiespareffekte überwiegend in Zweifel zogen und ablehnend kommentierten, zeigte die Mehrzahl der Restaurator/innen aufgrund der beschriebenen konservatorischen Phänomene und konstanten Klimakurven wachsendes Interesse, während die meisten Kuratoren und Verwaltungsbeamten vorsichtig abwägend in der Mitte standen. Im Mai 1989 fand im Auftrag des Ministeriums eine aufschlussreiche Exkursion zu einigen temperierten Museen in Bayern statt.

Gertrude Masanz vom Bundesdenkmalamt setzte sich dafür ein, als Pilotprojekt eine ebenerdige und durch die Lage am Ufer des Mauerbaches charakterisierte Dienstwohnung in der Karthause Mauerbach mit Sockeltemperierung und Bodenschale auszurüsten, mit dem Ziel, sowohl die Beheizung der Wohnung als auch die Trockenlegung des stark durchfeuchteten erdberührten Mauerwerks zu erreichen.

Im Kunsthistorischen Museum war die Resonanz auf den Einführungsvortrag geteilt: Während der Bau-träger möglichst rasch die Planung von 1985 ausführen wollte und die Sanierung des ersten begonnenen Quadranten (Q 3) vorantrieb, vertraten die meisten Restauratoren im Haus dagegen die Auffassung, dass die Temperierung – sollte sie tatsächlich allen herkömmlichen Heizsystemen überlegen sein – unbedingt in Erwägung gezogen werden müsse.

Die Diskussion erhielt neue Nahrung durch die von Ranacher im Februar und März 1990 durchgeführten umfangreichen Temperaturmessungen und Untersuchungen an Bildern, die an Außenwänden gehängt waren, was die schon lange bekannten Schadensphänomene nunmehr wissenschaftlich untermauerte. Der von ihr geprägte Begriff der „Kalte-Wand-Problematik“ hat sich in der Zwischenzeit in der Fachliteratur etabliert (RANACHER 1992). Durch diese Messungen konnte eindeutig bewiesen werden, dass es aufgrund der hohen Temperaturdifferenzen von Bauhülle, Bildoberfläche und Raumklima nicht nur zu Kapillarkondensation sondern sogar zu (von den Klimatechnikern stets für unmöglich erklärten) Taupunktunterschreitungen hinter den großformatigen Gemälden kommt (→ Kap. A.5.2.9.). Das kaltfeuchte Mikroklima zwischen Wand und Bild und die damit verbundenen Materialspannungen müssen als Hauptursache der Gemäldeschäden Schimmelbildung, Malschichtlockerungen, Farbhochstellungen und Malschichtverluste angenommen werden. Diesem Mikroklima waren immerhin 30 % der Gemälde in der Gemäldegalerie ausgesetzt. Die Ergebnisse der Messungen konnten nicht mehr negiert werden, zumal auch der maßgebliche Bauphysiker Erich Panzhauser die bauphysikalische Situation und die Richtigkeit der vorgeschlagenen Therapie bestätigte. Damit musste die Planung für die Klimasanierung geändert werden, und es eröffnete sich die Chance, anstatt der veralteten Heizung und Befeuchtung eine konservatorisch unbedenkliche innovative Technik zu etablieren.

Nach Bekanntwerden der Fakten wurde im Juni 1990 gemeinsam mit dem Bauanwalt Oswald Madritsch und den Vertretern des Ministeriums vereinbart, den derzeit in Umbau befindlichen Quadranten 3 fertigzustellen und je eine Außenwand mit einer wärmereflektierenden Folie bzw. mit einer elektrischen Heiz-

Einführung

matte auszustatten. Gleichzeitig sollte Andreas Hofer (TB Hofer & Hölzl / D-Fürstenfeldbruck) beauftragt werden, für den nächsten zu sanierenden Quadranten 2 eine vollständige Planung für eine Temperierung vorzulegen³⁶. Nach einem umfangreichen und kontroversen Schriftwechsel fand Anfang Dezember 1990 im KHM ein weiteres *hearing* statt, bei dem, nach Grundsatzreferaten von Restaurator/innen aus dem Haus, auch Joachim Haag, der Chefrestaurator des Bayerischen Nationalmuseums, über die positiven Ergebnisse im dortigen mit temperierter Wandschale ausgestatteten Leinberger-Saal berichtete. A. Hofer erörterte bisherige Anwendungsbeispiele und die von ihm entwickelte Planung für Quadrant 2. In einer anschließenden Stellungnahme appellierten die Restaurator/innen nochmals an die Verantwortlichen, bei dieser grundlegenden Entscheidung die Meinung der hauseigenen Fachleute nicht zu übergehen und durch Realisierung der Bauteiltemperierung im 2. Quadranten und anschließender Auswertung der Messdaten durch einen unabhängigen Gutachter eine gemeinsame und objektiv abgesicherte Lösung anzustreben. Obwohl noch im Dezember 1990 bei einer Nachbesprechung die durch direkten Vergleich abgesicherte Annäherung an eine optimierte Klimatisierung zugesichert worden war, entschieden sich Bauträger und KHM letztlich ohne weitere Diskussionen, die gesamte Gemädegalerie unverzüglich mit konventioneller Klimatisierung fertig zu stellen, unter Beibehaltung des bestehenden Konzeptes der Wärmeverteilung durch in Raummitte angeordnete Konvektoren. Nur das Abrücken der Gemälde aus dem Kondensatbereich wurde ins Auge gefasst, nicht aber die Möglichkeit, auch den Abstand zwischen Wand und Bild für die Temperierschale zu nutzen, um Konvektion und Verstaubung in Zukunft zu vermeiden.

Zur gleichen Zeit wurden durch die Bereitstellung der sogenannten „Museumsmilliarde“ in weiteren Bundesmuseen Planungen für umfangreiche Sanierungen begonnen. Bei allen Bauvorhaben wurden seitens der Restauratoren Eingaben vorgelegt, für die Heizung das System der Wandtemperierung zu verwenden. Obwohl allein im Bayerischen Raum damals bereits über 100 Anlagen in Betrieb waren, wurden diesbezügliche Nutzerwünsche jedes Mal mit der Begründung abgelehnt, dass für diese noch unerprobte Technologie keine rechnerischen Planungsgrundlagen vorlägen. Alle Bemühungen scheiterten am Widerstand der etablierten Planer, die das Funktionieren der Bauteiltemperierung in Abrede stellten und eklatante Energieverluste über die „beheizten“ Außenwände postulierten³⁷.

1992 wurde vom Linzer Planungsinstitut unter Dr. Hans-Jörg Kaiser eine Tagung „Neue Wege der Klimatisierung im Altbau“ durchgeführt. Der Beitrag „*Fenster - Außenwände - Lüftung*“ von Klaus Kreč stellte im wissenschaftlichen Diskurs einen Wendepunkt dar. Das von ihm vorgebrachte Argument, dass die Wandtemperierung zur Trocknung der Bauteile führt, wodurch die Wärmeleitfähigkeit signifikant verringert wird, bot erstmals eine bauphysikalische Erklärung für die bisherigen empirischen Beobachtungen. Die von ihm vorgestellten Simulationen rückten die Bedeutung der Lüftungswärmeverluste bei allen konvektiven Heizsystemen in den Mittelpunkt der Diskussion (KREČ-PANZHAUSER 1992)

1994 erging von EuroCare, einem unter dem Schirm von EUREKA stehenden, vorwiegend auf Entwicklungen im Denkmalpflegebereich gerichteten EU-Projekt, ein Aufruf zur Nennung von Forschungsprojekten. Um endlich objektive Messergebnisse zur Beurteilung der inzwischen weiterentwickelten und noch mehr vereinfachten Wand- und Sockeltemperierung zu erhalten, wurde von mir ein Projekt zur „Ermittlung des Heizsystems mit dem geringsten konservatorischen Schadenspotential“ eingereicht und von der Jury einstimmig angenommen. Nachdem sich Schloss Schönbrunn unter Wolfgang Kippes mit der grundlegenden

36 Zl. 600-VK/90 sowie Zl. 42-VK/90 vom 8.6.1990.

37 Der Irrtum dieser Behauptung beruht auf der Tatsache, dass der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) eines Bauteils keine Konstante darstellt, sondern von der stoffspezifischen Wärmeleitfähigkeit abhängt, die wiederum maßgeblich vom Wassergehalt bestimmt wird. Da die (permanent, bei erdberührten Bauteilen auch in Sommer) betriebene Bauteiltemperierung die Bauteile trocknet, sinkt mit dem Wassergehalt zunehmend auch die Wärmeleitfähigkeit.

4. Generalsanierungen der Sammlungen in der Neuen Burg 1988-2008

Frage nach Bedeutung und Quantifizierung des Luftwechsels in historischen Gebäuden dem Projekt angeschlossen hatte und Johannes Neubarth vom Bundesdenkmalamt seine Unterstützung anbot und sechs leerstehende ehemalige Mönchszellen in der Karthause Mauerbach als Messstationen zur Verfügung stellte, war das Projekt EU 1383 Prevent „Vergleichende Untersuchungen von Heizungs- und Klimasystemen in Museen und Schlössern“ unter der Gesamtleitung von Manfred Wehdorn (TU Wien) tragfähig. Als internationale Partner konnten das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege (Henning Großes Schmidt), das Museum Ostdeutsche Galerie in Regensburg (Michael Kotterer), das Institut für Material- und Strukturforschung der Universität Ljubljana (Roko Zarnic), das Institut für Bauwesen ZRMK, Abteilung für Bauphysik und Gebäudeklima in Ljubljana (Marjana Sijanec-Zavrl) und die Haftcourt LTD Schweden (Jan Holmberg) hinzugewonnen werden.

In einem österreichischen Pilotprojekt wurden nach meiner ursprünglichen Projektidee in der ehemaligen Karthause Mauerbach sechs unterschiedliche Wärmeverteilssysteme (Kachelofen, Sockelheizleiste, Radiatoren, Fancoil/Konvektor, eingeputzte Temperierrohrschleifen, Wandschale/Hypokauste) in sechs ehemaligen Mönchszellen installiert, synchron gemessen und die klimarelevanten Daten evaluiert³⁸. Zu ebenfalls signifikanten Ergebnissen gelangte das Projekt von Jan Holmberg in Schloss Salsta in Südschweden: Dort wurden in zwei annähernd baugleichen, einstöckigen, erdberührten Häusern je eine Radiatorheizung und eine Bauteiltemperierung installiert und bei gleicher Raumtemperatur (15 °C) betrieben. Obwohl die Bauteiltemperierung zur Trockenhaltung der erdberührten Bauteile ganzjährig lief, lag der Heizenergieverbrauch nach drei Jahren mehr als 20% unter dem für das radiatorbeheizte Haus (HOLMBERG 2001: 37-41).

Die Ergebnisse des 1994-1997 laufenden Projekts wurden schließlich, erweitert um zahlreiche Beispiele aus der Praxis, 2004 publiziert (BOODY-GROSSESCHMIDT u. a. 2004). Alle von den übrigen europäischen Projektpartnern umgesetzten und ausgewerteten Beispiele bewiesen zweifelsfrei: Im historischen Altbau sind Strahlungsheizsysteme allen Luftheizsystemen konservatorisch und ökologisch/ökonomisch signifikant überlegen. Luftheizsysteme sind generell als konservatorisch bedenklich abzulehnen, da sie das „Kaltwand-Problem“ nicht lösen können, die Entfeuchtung der Raumluft vorantreiben und die Verstaubung der Raumschale sowie Schimmelbildung begünstigen. Mit dem EuroCare-Projekt „Prevent“ waren sowohl die Wirkungsweise als auch die differenzierte Anwendbarkeit, Energieeffizienz sowie konservatorische Überlegenheit der Bauteiltemperierung unter Beweis gestellt. Als späte Bestätigung für die 1990 vorgebrachten Einwände und Argumente wurde 2006 in Saal IV der Gemäldegalerie des KHM an der hofseitigen Außenwand erneut Schimmelbefall festgestellt (KÄFERHAUS-HUBER 2010; zur Sanierung siehe Kap. C.4.4.2.).

Das Teilprojekt der SAM lieferte nach differenzierten Temperatur- und Wärmeflussmessungen eine einfache signifikante Aussage: Die vom Innenflügel aufgrund der absorbierten Sonnenstrahlung raumseitig abgegebene Wärme am beschatteten Fenster zuzüglich der (nun aufgrund der Verdunkelung notwendig gewordenen Raum- und Objektbeleuchtung) in die Räume eingebrachten elektrischen Energie, führen (aufgrund des schlechten Wirkungsgrades herkömmlicher Leuchtmittel) zu einem höheren Wärmeeintrag als zuvor durch das Tageslicht. Durch das Nachdichten der Fenster und aufgrund der fehlenden Lüftung kann die eingebrachte Wärme konvektiv nicht ausreichend abgeführt werden. Ab einer Anschlussleistung über 8 W/m² ist ohne kontrollierten Luftwechsel mit einem signifikanten Anstieg der Raumtemperaturen zu rechnen (HUBER 1998).

38 Trotz zahlreicher baustellenbedingter Pannen – so wurde mehrmals das Kabel des 64-Kanal-Datenloggers bei Baggarbeiten durchtrennt oder die Umwälzpumpe der Temperierung im Sommer abgestellt, was wochenlange Datenausfälle gerade in charakteristischen Messzeiträumen und eine Verlängerung des Projektes um ein Jahr zur Folge hatte – ergaben die von Jochen Käferhaus durchgeführten Untersuchungen und Auswertungen des thermischen Verhaltens der Gebäudehülle signifikante Ergebnisse. Die Projektidee sowie die konservatorische Fragestellung stammen von Alfons Huber, der auch über den ganzen Messzeitraum an der laufenden Kontrolle der Zellen und Auswertung der Messdaten maßgeblich beteiligt war; siehe KÄFERHAUS 2004.

4.5. Sanierung der Hofjagd- und Rüstkammer

Nach der Wiedereröffnung der SAM 1993 wurde die Generalsanierung der „Waffensammlung“ in Angriff genommen, die im Sommer 1997 mit der zeitgemäßerer Bezeichnung „Hofjagd- und Rüstkammer“ der Öffentlichkeit übergeben wurde.

Die Sanierung war neben einer grundlegenden Erneuerung der Sicherheits- und Haustechnik überwiegend von ästhetischen Gesichtspunkten geleitet; kooperative Angebote zu einem übergreifenden Gesamtklimakonzept wurden nicht aufgegriffen. Während der Sanierung veranlasste – allen Warnungen zum Trotz – der für die Neuaufstellung verantwortliche Architekt das Abmauern der originalen Lüftungsauslässe, da die Öffnungen in der Wand von ihm ästhetisch als störend empfunden wurden. (Die acht originalen bronzenen Lüftungsgitter, die 2006 wieder eingesetzt werden sollten, gingen zwischenzeitlich verloren.) Auch das Abmauern von fünf Obergadenfenstern in Saal VIII erfolgte aus gestalterischen Gründen und wurde vom BDA nicht beeinsprucht. Die Forderung nach Klimaschleusen zwischen dem Kernbereich der Sammlung und dem Prunkstiegenhaus bzw. Corps de Logis blieb unerfüllt. Um die kunsthandwerklich aufwändigst und prunkvoll gestalteten Waffen und Rüstungen repräsentativ vermitteln zu können, wurden die historischen Vitrinen mit Lichtaufsätzen mit bis zu 12 Leuchtbalken ausgestattet. Im gesamten Sammlungsbereich (ca. 2.500 m²) erlaubte die Montage von unter der Decke abgehängten Stromschienen – entgegen konservatorischen Einwänden - die großzügige Installation von unzähligen Halogenspots mit einer Gesamtleistung von rund 80 kW (was einer Anschlussleistung von 32 W/m² entspricht³⁹). Erst ein Anstieg der Raumtemperaturen im laufenden Betrieb auf bis zu 34 °C bewirkte, dass die Leistung der Beleuchtungskörper durch Entfernen bzw. Dimmen von Leuchtmitteln auf etwa die Hälfte reduziert wurde.

4.6. Initiativen und Teilschritte zu einem Gesamtkonzept

Unabhängig von den diversen Forschungsprojekten und hausinternen Aktivitäten, wurden im gleichen Zeitraum von mir mehrere Initiativen ergriffen, das Gesamtklimakonzept Neue Burg bzw. die Belüftung der SAM „von außen“ in die Wege zu leiten. Um dem Vorwurf des Dilettantismus zu begegnen bzw. eine professionelle Projektierung in Gang zu bringen, wurde im Frühjahr 1992 mit dem Institut für Bauphysik der Technischen Universität Wien (Univ.-Prof. Erich Panzhauser) Kontakt aufgenommen und ein prinzipielles Interesse an dem Thema akkordiert, das etwa im Rahmen einer Diplomarbeit vertiefend behandelt werden könnte. In einem daraufhin erfolgten Schreiben seitens der Burghauptmannschaft wurde die Idee nochmals offiziell an das Institut für Bauphysik herangetragen⁴⁰, allerdings ohne Erfolg. Ein weiterer Versuch erfolgte im Herbst 1994, wobei der damalige Generaldirektor der ÖNB, Johann Marte gewonnen werden konnte, gemeinsam mit dem GD des KHM, Wilfried Seipel und dem Direktor des MVK, Peter Kann, an den Burghauptmann Hans Müller heranzutreten und eine Machbarkeitsstudie zur Reaktivierung des originalen Lüftungssystems in Auftrag zu geben⁴¹.

Bezugnehmend auf dieses (ohne Reaktion verbliebene) Schreiben wurde ein Jahr später der neue Burghauptmann Wolfgang Beer erneut im Dienstweg ersucht, den Vorschlag zu prüfen⁴².

Im Juli 1996 wurde der für die Neue Burg zuständige Referent der BHÖ, Helmut Heninger gebeten, die Möglichkeit für eine Hinterlüftung der Dachräume sowie eine Anbindung des Stiegenhauses sowie der

39 Beim EuroCare-Projekt „Prevent“ wurde festgestellt, dass ab einer installierten Leistung von mehr als 8 W/m² ohne kontrollierten Luftwechsel mit einem signifikanten Temperaturanstieg zu rechnen ist.

40 Schreiben vom 16.6.1992, Zl. 23.002-TC/92 von DI Beicht (Sachb. Helmut Heninger)

41 Schreiben vom 30.11.1994, an BHÖ weitergeleitet im Jänner 1995

42 Schreiben vom 7.5.1996 des Direktors der SAM G. Stradner an die BHÖ (Zl. SAM 194/91 mit Zl. 172-VK/96-1)

4. Generalsanierungen der Sammlungen in der Neuen Burg 1988-2008

originalen aber in mehreren Stockwerken abgemauerten Lüftungsschächte im Marmorsaal an den 2. Keller zu überprüfen⁴³.

Als Folge der mehrmaligen Appelle beauftragte die BHÖ im Herbst 1996 das TB Jochen Käferhaus, eine Machbarkeitsstudie über die „Reaktivierung der natürlichen Lüftung im Corps de Logis“ zu erstellen, die im August 1997 vorlag (KÄFERHAUS 1997). Die Studie erkennt das mit korrespondierenden Zu- und Abluftschächten ausgestaltete Belüftungssystem als beispielhaft für die bedeutenden Ringstraßenbauten und errechnet, bei Strömungsgeschwindigkeiten von max. 0,2 m/s, einen durch natürlichen Auftrieb bzw. leichte mechanische Unterstützung hergestellten einfachen Luftwechsel pro Stunde ($n = 1 \text{ h}^{-1}$; die Ergebnisse der Studie sind in Kap. B.2.2. eingearbeitet.)

Im Mai 1998 wurden die die SAM betreffenden Ergebnisse des EuroCare-Projekts „Prevent“ („Das optimale Museumsfenster“) den Kolleg/innen des Hauses und auch interessierten Mitarbeitern der BHÖ vorgetragen. Eines der zahlreichen Beispiele der Fenstertemperatur-Messungen betraf auch die Situation der Lichtdächer, die im Jahr zuvor saniert worden waren, wobei die ehemals grün getönten Drahtgläser gegen nahezu transparente Isoliergläser getauscht worden waren. Die an Versuchsfenstern durchgeführten Simulationsmessungen versuchten nachzuweisen, dass die thermische Verbesserung der Glasdächer (die im Winter zwar zu einer deutlichen Verringerung der Wärmeverluste führt) im Sommer eine Verschlechterung der Situation bedingt, da ein zweischaliges Lichtdach mit außen liegender Isolierverglasung die Wirkung eines Sonnenkollektors entwickelt. Die Messergebnisse zeigten deutlich, dass ein Lichtdach mit Isolierverglasung physikalisch sinnvollerweise nur durch eine Außenbeschattung sommertauglich gemacht werden kann. Der nach dem Vortrag um eine Stellungnahme ersuchte Planer der Dachsanierung zog zwar die exakte Aussagekraft der Scheibentemperaturmessungen in Zweifel (weil sie den Gesamtenergiedurchlassgrad nicht berücksichtigten⁴⁴), bekräftigte aber den in der Studie vorgeschlagenen Kompromiss, im Dachraum eine Beschattungsebene einzuziehen, deren Absorptionswärme konvektiv leichter abgeführt werden könnte⁴⁵. Dieser Vorschlag wurde allerdings von der BHÖ bisher nicht weiter verfolgt.

Im Herbst 1998 beauftragte das Gebäudemanagement des KHM auf meine Initiative hin das Technische Büro J. Käferhaus, ein Projekt zur Anbindung der originalen Lüftungsschächte im Marmorsaal der SAM an den Luftbrunnen zu erstellen. Nach dessen Vorliegen konnte die Zusage des Direktors der Papyrussammlung Dr. Harrauer erwirkt werden, den in seinem Depotbereich im 2. Keller befindlichen schmalen „Kollektorgang Ost“ (wo die Fußpunkte der in der Mittelmauer verlaufenden Lüftungsschächte vermutet wurden) an die SAM abzutreten und dem Abmauern der vier Durchbrüche zu seinem Bereich zuzustimmen. Der ursprünglich zum Depot des Filmarchivs gehörige westliche Kollektorgang war schon zuvor als geeignet befunden und abgetreten worden. Zur gleichen Zeit (21.11.1998) stellte Dr. Gertrude Kastner, eine über viele Jahre der SAM verbundene Gönnerin, eine Spende von AUT 90.000,- für die Baumaßnahmen zur Anbindung der SAM an den Luftbrunnen in Aussicht, was immerhin 10% der damals veranschlagten Bausumme entsprach. Die im Dezember mündlich erfolgte Zusage des Generaldirektors wurde im Jänner 1999 zurückgenommen⁴⁶. Um den Synergieeffekt des Beitrages

43 Schreiben vom 31. Juli 1996, Zl. SAM 76/96 AH

44 Der Gesamtenergiedurchlassgrad g setzt sich zusammen aus dem solaren Transmissionsgrad τ_s und der sekundären Wärmeabgabe q_s an der Innenscheibe der am Fenster absorbierten Energie an den Raum. Die Messung der Innenscheibentemperatur erlaubt eine Abschätzung der sekundären Wärmeabgabe $q_s (= \alpha_i \cdot \Delta T)$. Der direkte Strahlungseintrag in den Raum ist dabei noch nicht berücksichtigt; die tatsächliche Wärmebelastung liegt daher in Wirklichkeit noch darüber.

45 Stellungnahme des TB Wilhelm Hofbauer vom 8.9.1998

46 hs. Vermerk auf dem zurückgeschickten Schreiben vom 21.1.1999, Zl. SAM 13/99 AH

Einführung

der BHÖ zu den Baumaßnahmen sowie den hohen Spendenbetrag für das KHM nicht zu verlieren, verfasste der Leiter der Technischen Abteilung, Wolfgang Eder einen Vorschlag einer „Sparversion“, die den Aufwand für die technischen Anlagen etwa auf die Hälfte reduziert hätte, wovon mehr als 20 % durch die Spende von Dr. Kastner abgedeckt gewesen wäre. Dem Vorschlag, der der langjährigen sommerlichen Überwärmung der Sammlungsräume ein Ende bereitet hätte, wurde nicht stattgegeben.

Im Sommer 2002 wurde dem Leiter des Gebäudemanagements, Michael Krabiell zur Kenntnis gebracht, dass im 2. Keller im Laufe der letzten Jahre ein stetiger Temperaturanstieg zu verzeichnen sei⁴⁷. Während im Juli 1997 im Keller noch 16-18 °C gemessen wurden, lagen sechs Jahre später die Temperaturen im Bereich der Wärmeübergabestation (beim Verbindungstunnel zum KHM) zwischen 24,4 und 26 °C. Als Grund dafür wurde der Wärmetauscher für die gerade eingerichteten Klimadepots des MVK ausgemacht, deren Klimaanlage bis zu 7000 m³/h Kühlluft direkt aus dem Luftbrunnen entnahm und die Abwärme in unmittelbarer Nähe wieder dem 2. Keller zuführte. Die Bemühungen von Walter Baumgartner, diese physikalisch kontraproduktive Lösung zu verhindern, waren nicht berücksichtigt worden. Zwei Jahre später wurde die Abluft sinnvollerweise direkt in den Ringkanal eingespeist, die Zuluft aber nach wie vor (2011) direkt dem Luftbrunnen entnommen, was im Falle der geschlossenen Drehtür im Winter zu einer Umkehr der Luftvolumenströme führt: Dieser Ventilator (es ist nur einer von 11) saugt mit einer Förderleistung von bis zu 7000 m³ pro Stunde Luft über die verschiedenen Belüftungs- und Aufzugsschächte (u. a. auch konditionierte Luft aus den Museumsbereichen) in den Keller und bläst sie nach Passieren der Klimaanlage in den äußeren Ringkanal im Fundamentbereich.

2003 wurde auf meine Initiative im Auftrag des Gebäudemanagements des KHM von einer internen Arbeitsgruppe von Restaurator/innen (Christa Angermann, Walter Baumgartner, Sophie Fürnkranz, Alfons Huber, Barbara Matuella, Florian Rainer) unter Mitarbeit des TB Käferhaus ein detailliert ausgeführter Entwurf zu einem Gesamtklimakonzept für die Neue Burg, insbesondere für das MVK erarbeitet, in das die positiven, vor allem aber die negativen Erfahrungen der vorangegangenen Sanierungen und nicht zuletzt die daraus resultierenden enormen Klimaschäden während der Guatemala-Ausstellung „Im Land des Quetzal“ 2002/2003 eingearbeitet werden sollten, um die Fehler der Vergangenheit nicht zu wiederholen⁴⁸. Immerhin konnte man auf über 12 Jahre intensiver Sanierungstätigkeit an fast allen Standorten des KHM sowie in den meisten anderen Österreichischen Bundesmuseen zurückblicken.

Im Dezember 2003 wurde die Generaldirektorin der ÖNB ersucht, die Überlegungen zu einem Gesamtkonzept bei der in Planung genommenen Generalsanierung der Lesesäle, insbesondere die Ergebnisse des Forschungsprojekts „Prevent“ bezüglich der Raumheizung (Bauteiltemperierung) sowie Außenbeschattung für die großen Fenster im Erdgeschoss zu berücksichtigen⁴⁹. Nach einem Sondierungsgespräch mit der Haustechnikabteilung der ÖNB, bei der das Anliegen im Detail wiederholt wurde, fanden keine weiteren Besprechungen mehr statt. Die Lesesäle wurden mit einer konventionellen Klimaanlage mit Kühlung ausgestattet. Bei den großen Kastenfenstern wurden die Innenscheiben durch Isoliergläser ersetzt und ein konventioneller Sonnenschutz im Scheibenzwischenraum installiert. Auf eine Außenbeschattung wurde unter Berufung auf den Denkmalschutz verzichtet.

47 Mail vom 17. Juli 2002

48 Protokoll vom 2.5.2003 mit Ergänzungen vom 14.5.2003

49 Schreiben vom 19.12.2003

4. Generalsanierungen der Sammlungen in der Neuen Burg 1988-2008

Im September 2003 wurde mit unentgeltlicher Unterstützung von Roland Frey (Fa. Freytech / Wolfsgraben) eine bis März 2004 dauernde Messkampagne mit fünf Datenloggern gestartet, womit erstmals über Punktmessungen hinaus das Temperatur- und Feuchteverhalten im Keller sowie in einem der großen Steigschächte im Corps de Logis über einen längeren Zeitraum dokumentiert und analysiert werden konnte. Die in einem Aktenvermerk dem GM zur Kenntnis gebrachte Auswertung ergab, dass durch die in der Zwischenzeit erfolgten Sanierungsmaßnahmen und Einbauten im 2. Keller (Trockenlegung, neue Umformerstation, Kältemaschine), der Luftbrunnen seine in der „Käferhaus-Studie 1997“ nachgewiesene Funktion weitgehend eingebüßt hatte und statt 17 °C (Juni 1997) nun Lufttemperaturen von 22-25 °C (August 2003) aufwies. Weiters zeigte sich, dass der 2. Keller im Winter durch das unkontrollierte Einströmen kalter Außenluft mit einer Absolutfeuchte von bis zu 1,7 g/m³ (Februar 2004) die Wirkung eines großen „Entfeuchters“ hat, weshalb eine Kontrolle der Zuluft (durch eine Steuerung der Drehtür) unabdingbar sei.

2004 waren die Planungen zur Generalsanierung des Corps de Logis voll angelaufen, und es wurde versucht, die damit verbundenen Synergieeffekte zu nutzen. Alle bisherigen langjährigen Aktivitäten und Detailvorschläge zur Reaktivierung des „Luftbrunnens“ waren von der Sammlung alter Musikinstrumente ausgegangen, ohne dass diese davon in irgendeiner Form direkt profitiert hätte. So konnte u. a. das Reaktivieren der 1995/96 abgemauerten Lüftungsöffnungen in der HJRK erwirkt werden, wodurch sich die Luftqualität in den dortigen Sammlungsräumen im Sommer seither entscheidend verbesserte.

Im Vorfeld der Sanierung des B-Hofes und des darin befindlichen Personenlifts („Führerlift“), dessen Betriebsgenehmigung in den Folgejahren auslief, wurde in einer Besprechung vom 11.3.2004 an die BHÖ der Wunsch herangetragen, die unattraktive Baustahl-Riffeldrahtglas-Konstruktion des Liftes abzubauen und durch einen zweischaligen gemauerten, außen an die Profilierung der Fassade angepassten Liftschacht zu ersetzen. Damit hätte einerseits der sommerliche solare Strahlungseintrag über die nach Westen orientierte Glasfassade des Liftschachtes endgültig unterbunden und andererseits über den neu aufzumauernden Schacht eine einfache direkte Verbindung zwischen Keller und 2. OG, u. a. zur kontrollierten Belüftung des Stiegenhauses, geschaffen werden können. (Gleichzeitig wurde die langjährige Forderung nach Reaktivierung der Lüftungsschächte zum Marmorsaal wiederholt.) In einer der folgenden Besprechungen wurde unter Abwesenheit des Restaurators der SAM der 1939 eingebaute Liftschacht jedoch vom BDA unter Schutz gestellt. Die originale Konstruktion wurde allerdings abgerissen und neu in Niro-Stahl errichtet. Die geplante Verglasung in transparentem Isolierglas (= „Sonnenkollektor“, vgl. das oben erwähnte und auch der BHÖ zur Kenntnis gebrachte Ergebnis des „Prevent“-Projekts in Kap. 4.6.) konnte im letzten Augenblick verhindert und stattdessen der Einbau von dunklen Sonnenschutzgläsern erwirkt werden.

Im Oktober 2006 erklärte sich Frau Dr. Gertrude Kastner neuerlich bereit, für die Dämmung der Obergeschossdecke zum unbeheizten Dachboden (mit 170 mm Mineralwolleplatten „Heralan“) € 20.000,- zur Verfügung zu stellen. Vor Durchführung der Maßnahme wurde das Urteil eines Bauphysikers gefordert, um die Sinnhaftigkeit der Maßnahme gutachterlich abzudecken. Das Gutachten berechnete allerdings (durch simple Kehrwertbildung des im Produktdatenblatt angegebenen Wärmedurchlasswiderstandes) den U-Wert des Dämmstoffes (unter Vernachlässigung der Obergeschossdecke). Die Berechnung geht somit von der falschen Annahme aus, dass die Obergeschossdecke nur aus Dämmstoff besteht und ist demnach als unrichtig einzustufen; de facto ist die Bestandsverbesserung positiver ausgefallen, als von der Norm gefordert (→ Kap. C.4.5. und C.5.6.).

Auf eine Aufzählung weiterer Versuche zur Verbesserung der Sommersituation der SAM zwischen 2004 und 2008 wird verzichtet.

4.7. Sanierung des MVK

Für das Museum für Völkerkunde wurden in den 1990er Jahren mehrere Konzepte, u. a. von Architekt Sepp Müller, erstellt und das Museum 2004 (nach dem erfolgten Ausbau des Dachgeschoßes und der zuvor durchgeführten Sanierung der Keller- und Depotbereiche) zur Generalsanierung der Kernbereiche und der Restaurierwerkstätten geschlossen. Nach verschiedenen Differenzen wurde die Sanierung letztlich unter Architekt Martin Bachner durchgeführt. Große Bemühungen wurden vom damaligen Restaurator Walter Baumgartner unternommen, das originale Lüftungssystem („Luftbrunnen“) in das Sanierungskonzept zu integrieren. Nach einer entscheidenden Sitzung am 11.3.2004 wurde in einem gemeinsamen Aktenvermerk eine automatische Steuerung der großen Drehtür im Zulufttunnel, die Eliminierung der Wärmeemittenten, eine reduzierte Entlüftung des Ringkanals, eine Basisbefeuchtung des 2. Kellers sowie eine elektronische Klimaüberwachung gefordert. (Als einziges positives Resultat wurde in der Folge die Abluft der Kältemaschine direkt nach außen in den Ringkanal geführt).

Als großer Erfolg Baumgartners gemeinsam mit dem Gebäudemanagement ist zu verbuchen, dass 2005 der Einbau einer Bauteiltemperierung in den Schausälen des MVK im Hochparterre und Mezzanin sowie in den Räumen der Bibliothek durchgesetzt werden konnte, was bei der Sanierung der Depots 2002 noch abgelehnt worden war (← Kap. A.4.1. sowie C.4.3.). Das MVK ist somit das erste Bundesmuseum, das über eine Bauteiltemperierung, d. i. das Heizsystem mit dem geringsten konservatorischen Schadenspotential verfügt (Abb. A.21.).



Abb. A.21: Einbau der Wandtemperierung im Mezzanin des MVK

Die Hoffnung, die aus den vorangegangenen Sanierungen gewonnenen und in das Konzept 2003/04 eingeflossenen Erfahrungen direkt in die Generalsanierung des MVK umsetzen zu könnten, hat sich nicht erfüllt; es fanden keine diesbezüglichen vertiefenden Gespräche oder Verhandlungen statt. Vielmehr wurden auf Anordnung des Generaldirektors im November 2006 aus ästhetischen Gründen die Portierloge und die originalen Windfänge entfernt, wodurch der Eingangsbereich eine neue und signifikante thermische und Lüftungstechnische Verschlechterung erfahren hat (→ Kap. B.2.3. sowie C.4.7.).

4. Generalsanierungen der Sammlungen in der Neuen Burg 1988-2008

Mit der Benin-Ausstellung 2007 sowie mit der von National Geographic organisierten Tutenchamun-Schau 2008 wurden die revitalisierten Räume des Hochparterres der Öffentlichkeit übergeben. Im November 2008 wurde mit der Eröffnung der Ostasien-Abteilung im Mezzanin der erste Teilabschnitt der ständigen Schausammlung eröffnet.

4.8. Entwicklung einer „unsichtbaren“ Außenbeschattung 1997 – 2007

Im Frühjahr 2003 wurde eine neuerliche Initiative ergriffen, die hohen Raumtemperaturen im Ausstellungsbereich der SAM abzusenken. An zwei Fenstern der SAM sowie mit zwei Versuchskästen auf dem südseitigen Balkon vor dem Marmorsaal wurde eine Messstrecke eingerichtet, um unterschiedliche Varianten einer Außenbeschattung zu testen, die das Erscheinungsbild der Fassade nicht beeinträchtigen sollte.

Die Grundidee für die neu entwickelte Beschattung bestand darin, vor der Außenscheibe ein feinmaschiges Netz aus Niro-Stahldraht zu montieren, um dadurch die Einstrahlungsfläche zu verringern. Die Versuche wurden mit verschiedenen Netzen, Gittern und Isolier- bzw. Sonnenschutzgläsern empirisch durchgeführt und wieder die Temperatureinwirkung auf eine hinter den „Fenstern“ montierte Absorberfläche untersucht. Die Versuche führten letztlich zur Entwicklung eines vor den Fenstern in geringem Konvektionsabstand montierten Vorsatzrahmens mit Glasscheibe, deren Gesamtstrahlungsdurchlasskoeffizient $[g]$ mit einer Sonnenschutzfolie und dahinter montiertem Streckmetallblech auf $g = \text{ca. } 0,2$ gesenkt werden konnte (was einer Beschattungswirkung von rund 80 % entspricht). Die Effizienz dieses einfachen Beschattungssystems wurde in einer späteren computergestützten thermischen Simulation bestätigt (KREČ 2010). Nach einer Bemusterung im Marmorsaal 2005 wurden alle Fenster der SAM 2006 mit dieser Außenbeschattung ausgestattet (Abb. A.22.) sowie die Ergebnisse der Messungen und die damit verbundenen Erfahrungsgewinne in einer eigenen Studie publiziert (HUBER 2007). Die Thematik wird in Kap. C.5.1. im Detail behandelt.



Abb. A.22: „Unsichtbare“ Außenbeschattung vor den Fenstern der SAM im 1. Stock

Einführung

Quasi als Bestätigung für den akuten Handlungsbedarf wurde nach dem heißen „Jahrhundertsommer“ 2003 entdeckt, dass in der Decke des Violoncellos von F. Leidolf (SAM 460) ein ca. 30 cm langer neuer Riss entstanden war. Im November 2003 sollte die SAM ein komplettes Streichquartett von Jakob Stainer (SAM 1068-1071) sowie ein Violoncello von J. B. Grancino (SAM 1072) als Widmung aus der Sammlung Herbert und Evelyn Axelrod sowie als unbefristete Leihgaben zwei Violinen von A. Stradivari und die Konzertgeige Jehudi Menuhins von G. Guarneri del Gesù im Gesamtwert von 5 Mio. Euro erhalten. Die Vorstellung, die genannten wertvollen Neuerwerbungen und Leihgaben in den folgenden Jahren dieser latenten Gefahr auszusetzen, bereitete mir als verantwortlichem Restaurator großes Unbehagen. Dieser Aspekt wurde auch in der Meldung des Schadens an das Gebäudemanagement betont⁵⁰ mit der Aufforderung, die Außenbeschattung und Reaktivierung der Lüftung für das folgende Budget vorzusehen. Die Budgetierung für die Reaktivierung der Lüftung der SAM wurde zwar im Herbst 2003 und in den Folgejahren mehrmals in Aussicht gestellt, die Umsetzung ist aber bisher nicht erfolgt.

4.9. Letzter Versuch (2007 – 2010)

Im November 2007 fand die vom Dänischen Nationalmuseum veranstaltete internationale Konferenz *Museum Microclimates* in Kopenhagen statt (PADFIELD-BORCHERSEN 2007), an der mehrere Restaurator/innen des KHM teilnahmen, wobei auch die Ergebnisse der Fenster-Studie referiert wurden (HUBER 2007). Am Ende der Tagung fand ein eintägiger, von Tim Padfield und Poul Klens Larsen organisierter Workshop zum Thema „Low Energy Climate Control in Museums and Archives“ statt. Während der Tagung kamen u. a. die explodierenden Betriebskosten für Klimatisierung v. a. in nordamerikanischen Museen, die Bedeutung des kontrollierten Luftwechsels, der Neubau zweier Depots in Dänemark mit einem auf passive Nutzung der Gebäudehülle abgestimmten haustechnischen Gesamtkonzept sowie nicht zuletzt die für die skandinavischen Länder typische offene Kommunikationsstruktur und die Bereitschaft zu Teamwork zwischen allen Beteiligten und Verantwortlichen zur Sprache⁵¹.

Die von der charismatischen Persönlichkeit Padfields vermittelten Ideen und Beispiele bestätigten die eigenen langjährigen Überlegungen und Erfahrungen und räumten letzte Zweifel an der Zweckmäßigkeit und Machbarkeit eines Gesamtklimakonzepts für die Neue Burg aus.

Im Frühjahr 2008 wurde die Idee an den kaufmännischen Geschäftsführer des KHM Paul Frey herangebracht, der daraufhin im Juni alle Restauratoren des KHM zu einem sog. „Quick-Win-Gespräch“ einlud und aufforderte, entsprechende Vorschläge für eine rasche Verbesserung von Klimaproblemen im eigenen Wirkungsbereich zu unterbreiten. Im August 2008 wurde der kaufmännischen Geschäftsführung ein detaillierter Entwurf für ein solches Konzept mit Prioritätenreihung vorgelegt, woraufhin dem Projekt weitere Unterstützung zugesagt und zwei wesentliche Teilmodule in Auftrag gegeben wurden: Die Installation einer Klimamesstrecke im 2. Keller des Corps de Logis (→ Kap. C.2.2.) sowie die Projektierung der Reaktivierung der Lüftung für den Marmorsaal der SAM bei Architekt Martin Bachner, der gerade die Sanierung des MVK zu Ende gebracht hatte. Für die Umsetzung wurde für 2009 ein Betrag von € 100.000,- in Aussicht gestellt. (Die 1998 erstmals projektierte, mehrmals zugesagte und budgetierte Reaktivierung der Lüftung für die SAM wurde im Mai 2011 eingeleitet).

Ende Jänner 2009 wurde ich von der neu bestellten Generaldirektorin Dr. Sabine Haag und dem kaufmännischen Geschäftsführer Dr. Paul Frey offiziell mit der detaillierten Ausarbeitung des Klimakonzepts für die Neue Burg betraut.

50 Schreiben von Rudolf Hopfner vom 10.10.2003 an Michael Krabiell (Gebäudemanagement KHM)

51 Bericht von J. Diehl, A. Huber, S. Pink und M. Strolz an die GF vom 5.12.2007

5. Analyse des konservatorisch relevanten Ist-Zustands (Stand 2009/2010)

5.1. Allgemeine Beurteilung

Bei der Analyse des Ist-Zustandes handelt es sich – abgesehen von vereinzelt Rückblicken – um die klimatischen Bedingungen der Neuen Burg nach den Generalsanierungen der einzelnen Sammlungen (Stand: vor 2010).

Für etwa acht bis neun Monate des Jahres können die konservatorisch-klimatischen Aufbewahrungsbedingungen für die in der Neuen Burg aufbewahrten Sammlungsbestände als gut bis befriedigend bezeichnet werden; und mit einiger Aufmerksamkeit, know-how und „Klimadisziplin“ kann dieser Zeitraum um ein paar Wochen ausgedehnt werden. Bei kritischen meteorologischen Außenbedingungen (Kälteperiode, Hitzeperiode, starker Wind in Herbst und Winter, Starkregen) kommt es jedoch aufgrund der hier angeführten Gründe innerhalb kurzer Zeit zu abrupten Änderungen der Raumluftkonditionen bzw. Klimaeinbrüchen mit einem hohen Gefahrenpotential für große Teile der Sammlungsbestände (z. B. Deformation oder Rissbildung bei organischen Materialien bzw. Flugrost bei Eisen), die dann gegebenenfalls nicht mehr abgewehrt werden können. Auch nach den Sanierungen sind immer wieder und z. T. tiefgehende irreversible Klimaschäden aufgetreten. Tendenziell zu hohe Raumtemperaturen vor allem im Sommer aber auch teilweise im Winter (bis zu 23 °C in den Depots des MVK) bewirken eine Beschleunigung der chemischen Reaktionen und Alterungsprozesse und führen somit zu einer rascheren Degradation von organischen Materialien⁵².

Als besonders gravierend werden dabei die bei der 2003/04 gezeigten Guatemala-Ausstellung „Im Land des Quetzal“ an Leihgaben aus Lateinamerika entstandenen tiefgreifenden Klimaschäden empfunden; die Ausstellung wurde im Bereich des Museums für Völkerkunde durchgeführt, obwohl seitens der Restaurator/innen zuvor ausdrücklich vor den während der Wintermonate für Objekte aus Regenwaldgebieten unzumutbaren Klimakonditionen (< 25 %rF) im Corps de Logis gewarnt worden war.

Die Hauptursachen für die in der Vergangenheit aufgetretenen gravierenden Klimaschäden lassen sich auf drei Gründe zurückführen:

- zu niedrige Luftfeuchte im Winter
- zu hohe Raumtemperaturen im Sommer
- zu instabiler Verlauf des Gesamtklimas

Abgesehen von der sommerlichen Erwärmung sind die genannten Ursachen generell in der undichten Gebäudehülle und dem damit verbundenen unkontrollierten Luftwechsel begründet, worauf in Kap. 5.4. genauer eingegangen wird. Seit Beauftragung mit dem „Gesamtklimakonzept Neue Burg“ im Jänner 2009 wurden einige Verbesserungsvorschläge umgesetzt bzw. aufgegriffen (z. T. in Form von Pilotprojekten); diese sind in Abschnitt C berücksichtigt.

Die in der Folge analysierten Ursachen laufen vielfach gleichzeitig bzw. rückgekoppelt ab und sind deshalb schwer voneinander zu differenzieren.

⁵² Eingängiges Bild für diesen Zustand, der sich objektiv betrachtet und aus der Sicht der Verantwortlichen weitgehend als „ohnedies gar nicht so schlecht“ darstellt, ist ein Hochwasserschutzkonzept einer Gemeinde, deren Dämme an einigen wenigen peripheren Stellen um ein paar Zentimeter zu tief gebaut wurden und bei den dort wohnenden Anrainern in unvorhersehbaren, mehrjährigen aber regelmäßigen Abständen zur Überflutung der Keller führt. Während alle Appelle zur Sanierung des Damms unter Verweis auf die fehlenden Mittel abgelehnt werden, finden gleichzeitig großzügige Adaptionen und Verschönerungen des Sportplatzes sowie der Hauptstraße statt.

5.2. Winterfall - Akkumulative Entfeuchtungsmechanismen

Eine der grundlegenden Fragestellungen bestand über viele Jahre darin, die Ursachen für das während der Heizperiode regelmäßige Absinken der relativen Feuchte auf Werte unter 20 % rF, im Extremfall sogar mehrmals auf bis zu <10 % rF in der Säulenhalle des Corps de Logis zu erklären (Abb. A.23). Im üblichen Wohn- und Arbeitsumfeld wird eine so extreme Austrocknung der Raumluft normalerweise nicht erreicht. Diese „Entfeuchtungsmechanismen“ können daher nur multikausal erklärt werden.

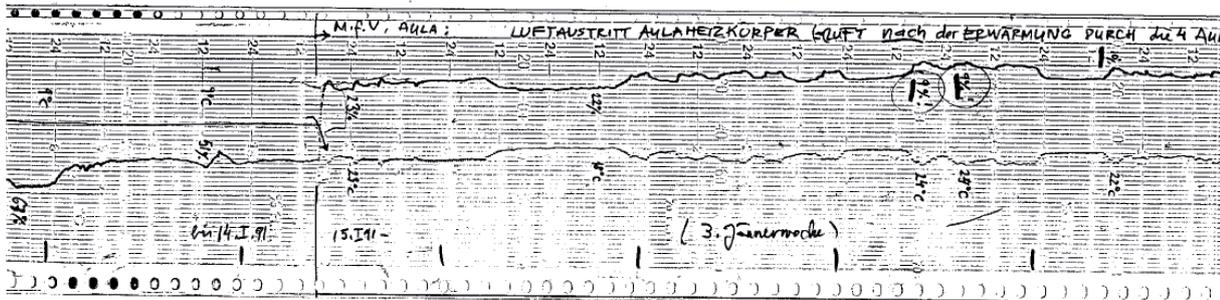


Abb. A.23: Klima-Messungen in der Säulenhalle des Corps de Logis durch die Bundesbaudirektion Wien: Am 15.1.1991 wurde der Logger vom Keller in die Säulenhalle verbracht. Am 18.1. wurden dort 24 °C und 9 %rF gemessen

In einem Museum wird Raumluft im Winter normalerweise nicht aktiv entfeuchtet; ein Absinken der relativen Feuchte auf Werte unter 20 %rF kann deshalb nur darauf zurückgeführt werden, dass kalte und sehr trockene Außenluft in großer Menge dem Innenraum zugeführt wird, was durch Aufheizen auf „Zimmertemperatur“ zu einem Absinken der relativen Feuchte führt. Diese altbekannte Tatsache allein genügt jedoch nicht, die gemessenen Extremwerte zu erklären; aus dem Phänomen kann darauf geschlossen werden, dass bestimmte komplexe Mechanismen eine aktive Entfeuchtung bewirken. Besonderes Augenmerk wurde deshalb auf die Summe von Einzelfaktoren gelegt, die diesen Prozess vorantreiben, auch wenn diese im jeweiligen Einzelfall zunächst als vernachlässigbar angesehen werden. Die in der Vergangenheit mehrmals aufgetretenen „Klimakollapse“ waren meist auf eine zufällige Verkettung mehrerer dieser Ursachen zurückzuführen.

Die Entfeuchtungsmechanismen sind auch in jenen Bereichen wirksam, wo durch künstliche Befeuchtung versucht wird, konservatorisch zuträgliche Rahmenbedingungen zu schaffen, was u. a. aus dem Wasserverbrauch für die Luftbefeuchter abzulesen ist. Ab November 2008 wurden die in der SAM in die Luftbefeuchter nachgefüllten Wassermengen täglich erfasst und Monatsmittelwerte errechnet (→ Kap. C.3.1.6., Tab. C.6). Die aus den Aufzeichnungen resultierende Frage: „Wohin verdunste(te)n im Winter täglich bis zu 250 Liter Wasser auf 1900 m² Ausstellungsfläche?“ kann nicht monokausal beantwortet werden.

5.2.1. Undichte Gebäudehülle

Der unkontrollierbare, für das Winterhalbjahr viel zu hohe Außenluftwechsel bildet die Hauptursache der Klimaproblematik während der Heizperiode. Die Neue Burg bildet in der urbanen Topografie für die Hauptwindrichtungen eine prägnante Barriere (→ Kap. B.4.). Durch den an der Windangriffsseite (Luv) entstehenden Überdruck, verstärkt durch den auf der Lee-Seite entstehenden Unterdruck kommt es zu einer verstärkten Durchströmung des Gebäudes über undichte Gebäudefugen, vor allem dann, wenn im Inneren des Gebäudes große freie Raumfluchten, Stiegenhäuser, Korridore etc. vorhanden sind. Dabei wird die geheizte und z. T. konditionierte Raumluft quer durch das Gebäude auf der Lee-Seite „hinausgeschoben“ und kalte, trockene Außenluft nachgesaugt.

5. Analyse des konservatorisch relevanten Ist-Zustands (Stand 2009/2010)

5.2.2. Klimatisch unzureichend dichte Eingangsbereiche

Die meisten der großen Gebäude der Ringstraßenzeit verfügten ursprünglich über funktionierende Klimaschleusen (Windfänge) in den Eingangsbereichen. Durch verschiedene Änderungen, vor allem aber durch den steigenden Besucherverkehr, erfüllen die einseitig offen gehaltenen oder motorisch geöffneten Windfänge nicht mehr die Funktion einer echten Klimaschleuse (→ Kap. B.2.3.). Es kommt zu einem z. T. massiven Außenlufteintrag von bis zu 3 m³/s über den Haupteingang (→ Kap. C.3.2.).

5.2.3. Kontinentale Ostströmung

Während der Wintermonate kommt es fallweise zu einem plötzlichen und mehrere Tage anhaltenden Kälteeinbruch, wenn kalte und sehr trockene kontinentale Luftströmungen aus dem Osten bzw. aus der pannonischen Tiefebene den Ostalpenraum erreichen. Hier kann es bei tiefen Außentemperaturen unter -10 °C zu Absolutfeuchten von weniger als 1,0 g/m³ kommen (→ Kap. B.4.3.2., Tab. B.13; anstatt des gewünschten Grenzwertes von mind. 5 g/m³), was für das Museumsklima eine große potentielle Gefährdung darstellt. Während dieser Zeit wäre größte Aufmerksamkeit und Klimadisziplin in allen Bereichen bezüglich kontrolliertem und minimiertem Außenluftwechsel und Funktionskontrolle der Nachbefeuchtung notwendig.

5.2.4. Fehlende Klimaabschnitte

Die Durchströmung des Gebäudes könnte signifikant gebremst werden, wenn die großen Gebäudeteile immer wieder durch kleinere Klimaabschnitte (vergleichbar mit Brandabschnitten) unterteilt werden. Diese können im Sommer zur besseren Belüftung durch sinnvolles Klimamanagement individuell geöffnet werden.

5.2.5. Verstärkte Thermik

Gebäude der Gründerzeit mit einem Stiegenhaus oder einer Aula von bis zu mehr als 20 Metern Höhe entwickeln aufgrund der Temperaturunterschiede der Luft zwischen Basis und Obergeschossen eine enorme Thermik („Kamineffekt“), die dazu führt, dass das Gebäude in den Obergeschossen über die Gebäudefugen vermehrt konditionierte Raumlufte verliert, und aufgrund des an der Basis entstehenden Unterdrucks über die Eingänge, deren Windfänge häufig ihrer Funktion beraubt sind, trockene Außenluft aktiv angesaugt wird. Auch wenn diese Gebäude ursprünglich funktionierende Klimaabschnitte hatten, sind diese heutzutage meist auch im Winter geöffnet. Dazu kommt der vermehrte Einbau von zusätzlichen Aufzügen, die über keine winddichten Türen verfügen, und deren oben offene Schächte ebenfalls wie Kamine wirken.

5.2.6. Konvektive Heizsysteme

Seit dem EuroCare-Projekt PREVENT (BOODY-GROSSESCHMIDT e.a. 2004) ist erwiesen, dass alle konvektiven Heizungssysteme, bei denen frei im Raum umgewälzte Warmluft als Heizmedium verwendet wird, zwar eine flexible Raumtemperaturregelung ermöglichen (weshalb sie nach wie vor forciert eingebaut werden), im historischen Altbau jedoch mit einer Fülle von bauphysikalischen und konservatorischen Nachteilen verbunden sind:

Einführung

- große Strahlungsasymmetrie
- große Temperaturspreizung (Maximum im Deckenbereich)
- starke Entfeuchtung der Raumluft durch höheren Druck
- „Kalte-Wand“-Problem
- Kapillarkondensation
- Staubumwälzung und Verstaubung der Raumschale
- hohe Lüftungswärmeverluste
- hoher Nachbefeuchtungsbedarf

Gegenüber bauteilgebundener Wärmeverteilung ist mit einem Mehrverbrauch an Heizwärme und Betriebskosten von 15-30 %, bei Klimaanlage um ein vielfaches darüber, zu rechnen (→ Kap. C.4.4.). Einer der Gründe, warum Radiator- oder Konvektorheizung eine aktive Entfeuchtung der Raumluft vorantreiben besteht darin, dass die Luft durch den Wärmetauscher auf bis zu $> 50\text{ °C}$ aufgeheizt wird; sie kann dadurch mehr Feuchtigkeit aufnehmen und konvektiv mitführen als der durchschnittlichen Raumluftfeuchte entspricht. Dieses „Wasserdampf-Überangebot“ wird an kalten Bauteilen wieder abgeladen („Kalte-Wand-Problem“, Taupunktunterschreitung, Kapillarkondensation) oder konvektiv über die Gebäudefugen ins Freie verbracht.

5.2.7. Überhöhte Raumtemperaturen

Aufgrund der mehr oder weniger großen Strahlungsasymmetrien durch kühlere Außenbauteile sowie aus physiologischen Gründen haben alle konvektiven Heizsysteme im Vergleich zu Strahlungsheizsystemen (wie z. B. Fußbodenheizung oder Bauteiltemperierung) generell die Tendenz zu höheren Raumtemperaturen, um für die Nutzer die gleiche empfundene Temperatur herzustellen (→ Kap. B.6.1.1.). Dies erfordert einen höheren Nachbefeuchtungsbedarf, was wiederum den Dampfdruck in einem Gebäude erhöht und den Außenluftwechsel vorantreibt. Dazu ein Beispiel: Raumluft mit einer Temperatur von 19 °C und einer relativen Feuchte von 50 % hat bei einer Absolutfeuchte von 7 g/m^3 einen Partialdruck von 11 hPa. Erhöht man die Temperatur auf 24 °C (wie dies heute von Catering-Veranstaltern, die sich im Museum einmieten, z. T. explizit verlangt wird), dann müsste man zur Einhaltung von 50 %rF die Raumluft auf absolut $9,5\text{ g/m}^3$ nachbefeuchten, wodurch sich der Dampfdruck um 30 % auf 16 hPa erhöht. Dies führt zu verstärkten Lüftungsverlusten über Fenster- und Bauteilfugen und Nachströmen trockener Außenluft.

5.2.8. Heizungsregelung durch Außenluft-Fühler (statt Bauteilfühler)

Vor allem bei plötzlichem Frosteinbruch zeigt sich in historischen Altbauten der bauphysikalische Nachteil von konvektiven Heizsystemen, besonders wenn bei der heute üblichen Außenfühler-Vorlaufregelung die Vorlauftemperatur sofort nachgeführt wird. Mit der von den Radiatoren abgegebenen höheren Lufttemperatur erhöht sich gleichzeitig der Nachbefeuchtungsbedarf, was aufgrund der nun angehobenen Absolutfeuchte und Dampfdrücke im Gebäude die Labilität des Innenraumklimas verstärkt, zumal die Bauteiltemperaturen meist mit ein- bis zweiwöchiger Verspätung aufgrund der großen Speichermassen historischer Bauten reagieren. An den kühlen Fenster- und Außenbauteilen kommt es dann verstärkt zu Taupunktunterschreitung und Kapillarkondensation.

5.2.9. Taupunktunterschreitung und Kapillarkondensation („Kalte-Wand-Problem“)

Höhere Raumlufttemperaturen (wie sie für alle konvektiven Heizsysteme typisch sind), führen dazu, dass aufgrund des damit verbundenen Absinkens der relativen Feuchte der Raumluft, auch allen innen liegenden Hüll- und Grenzflächen von Bauteilen und hygroskopischen Materialien (Wände, Inventar, Ausstellungsobjekte, etc.) das in Porenräumen und Zellwänden gespeicherte Wasser entzogen wird. Dies ist u. a. daraus ersichtlich, dass am Beginn der Heizperiode im September/Okttober bei Räumen mit einigermaßen gut gedichteten Fenstern die relative Raumluftfeuchte nicht sofort einbricht. Ein signifikantes Absinken der relativen Feuchte erfolgt meist erst im Spätherbst bei Außentemperaturen nahe dem Gefrierpunkt, wenn die Gebäudehülle ausgekühlt und das Feuchtereservoir aufgebraucht ist und nur mehr kalte trockene Außenluft nachströmt. Im Bereich undichter Kastenfenster sowie an kalten Außenbauteilen kommt es nun zu Kondensaterscheinungen wie Taupunktunterschreitung (z. B. im Fensterkasten bei ungenügend gedichteten Innenflügeln) oder durch Kapillarkondensation (HILBERT 1987: 117). Letztere wird begünstigt, wenn zwischen Raumluft und kälterem Bauteil ein Temperaturgefälle von 2,5 - 3 K besteht (also weit vor Erreichen der Taupunkttemperatur) und den Wasserdampfmolekülen so viel kinetische Energie entzogen wird, dass sie an der Grenzfläche zum kühlen Bauteil adsorbiert werden. Im kapillaren Porenraum des Mauerwerks können die Wasserdampfmoleküle zu Tröpfchen kondensieren, die aufgrund des Dampfdruckgefälles in den Porenraum und nach draußen durch das Mauerwerk ins Freie wandern. Dieses inzwischen sattsam bekannte „Kalte-Wand-Phänomen“ tritt verstärkt hinter großformatigen Gemälden, Wandverkleidungen oder Vitrinen auf, die an Außenwänden montiert sind.

Durch Nachbefeuchten wird dieser Effekt zu einem *circulus vitiosus* vorangetrieben: Aufgrund der nun höheren Bauteilfeuchte steigt auch die Wärmeleitfähigkeit der Außenmauern, was zu einem erhöhten Wärmeabfluss führt. Das damit verbundene Absinken der Oberflächentemperaturen der Außenbauteile verstärkt einerseits die Kondensatneigung und andererseits die Strahlungsasymmetrie und damit das Bedürfnis nach höheren Raumtemperaturen, etc.

Untrügliches Anzeichen für das „Kalte-Wand-Phänomen“ sind Staubverschmelungen an Außenbauteilen und in kalten Ecken (Abb. A.24 und A.25). Besonders deutlich waren diese im Eingangsvestibül des MVK vor der Sanierung sichtbar (wovon jedoch leider kein Foto vorliegt).



Abb. A.24: Staubverschmelungen als untrügliches Zeichen für Kapillarkondensation an kalten Bauteilen als Folge konvektiver Heizsysteme (Pfarrkirche Ottakring, 1160 Wien)



Abb. A.25: Verstaubung und Schimmelbildung in den Außenwandecken von Saal IV der Gemäldegalerie des KHM (vor 1990)

5.2.10. Überhöhter Luftwechsel durch unregelmäßige Abluftventilatoren

Im Corps de Logis sind zurzeit 11 Ventilatoren installiert, die tlw. das ganze Jahr über, ohne übergeordnete Regelung, bestimmte Bereiche mit beträchtlichen Luftvolumenströmen entlüften, ohne dass Überlegungen angestellt wurden, woher die Nachströmung erfolgt.

Soweit nachvollziehbar werden (bis 2010) den Depots des MVK im 1. Keller ohne jede Regelung pro Stunde 8.590 m^3 entnommen, wobei die Nachströmung unkontrolliert aus dem 2. Keller erfolgt⁵³. Die Klimaanlage für die Sonderdepots des MVK entnimmt dem Keller bei Bedarf ca. $5.000 - 7.000 \text{ m}^3/\text{h}$ Luft, die in den äußeren Ringkanal ausgeblasen wird.

Bei geschlossener Drehtür herrscht im 1. und 2. Keller ein beträchtlicher Unterdruck, wobei die Nachströmung, an den Schnittstellen auch deutlich hörbar, aus benachbarten Kellerbereichen sowie über die Liftschächte „von irgendwoher“ oder durch Strömungsumkehr über die großen Zuluftschächte aus den darüberliegenden Sammlungsbereichen erfolgt. Insgesamt werden derzeit während der Wintermonate zwischen 8 Uhr und 18 Uhr pro Stunde mehr als 30.000 m^3 beheizte und z. T. konditionierte Luft ohne Wärmerückgewinnung aus dem Gebäude gefördert, wobei im Winter kalte und trockene Außenluft unkontrolliert nachströmt; während der Nachstunden sind es mindestens $8.000 \text{ m}^3/\text{h}$.

Die 2009 nach Sanierung wieder in Betrieb genommenen Restaurierwerkstätten des MVK sind mit einer Abluftanlage ausgestattet, die nach mündlicher Auskunft den „gesetzlich vorgeschriebenen Luftwechsel sicherstellt“. Die Nachströmung erfolgt über Fensterfugen und benachbarte Gangbereiche. Es gibt keine übergeordnete Steuerung, die bei „Klimaalarm“ die Anlage abschaltet. Ohne Luftbefeuchter sinkt die relative Feuchte bei tiefen Außentemperaturen auf unter 30 %.

⁵³ Abluftvolumen entnommen dem Anlagenplan in der Lüftungszentrale. Es existiert kein Haustechnikplan.

5. Analyse des konservatorisch relevanten Ist-Zustands (Stand 2009/2010)

Genauere Angaben sind nicht möglich, da auch dem Gebäudemanagement kein Haustechnikplan vorliegt. Eine angenäherte Analyse der Luftvolumenströme findet sich in Kap. B.3.5.1., Tab. B.6.

5.2.11. *Wasserdampfkongvektion*

Eine peripher mögliche Ursache für das Austrocknen der Raumluft kann in der Wasserdampfkongvektion, der Mitführung von Wasserdampf durch vorbeiströmende Luft, vermutet werden (RICCABONA-BEDNAR 2007: 226). Die reich gegliederte Oberfläche der Fassade der Neuen Burg bietet den vor allem bei Frost mit geringen Absolutfeuchten beaufschlagten winterlichen Windströmungen genügend Angriffsfläche, um das im Mauerwerk gespeicherte Wasser verstärkt aufzunehmen. Dadurch verstärkt sich das Dampfdruckgefälle im Mauerwerk nach draußen und entzieht dem Bauwerk an der Innenhülle weitere Feuchtigkeit.

5.2.12. *Gleichzeitige Reinigung aller Luftbefeuchter*

Seitens der SAM besteht die Weisung, dass bei der regelmäßigen Reinigung der Luftbefeuchter niemals alle Geräte gleichzeitig entfernt werden dürfen. Dennoch kommt es aufgrund von Kommunikationsfehlern oder wechselnden Personals dazu, dass am Wochenende in die Befeuchter kein Wasser mehr nachgefüllt wird und am Montag alle Geräte frühmorgens in den Keller (wo die Reinigung stattfindet) abtransportiert werden. Da ein Reinigungszyklus in den Winter fällt (meist Ende Jänner / Anfang Februar) kam es in der Vergangenheit bei zufällig problematischer Außenwitterung zu gefährlichen Klimaeinbrüchen im ganzen Sammlungsbereich.

5.2.13. *Akkumulierung mehrerer Ursachen*

Der letzte große Klimaschaden an einem frisch restaurierten Objekt der SAM im Jänner 2009 (Riss im Resonanzboden des Hammerflügels von J. Schantz, Inv.-Nr. SAM 386) war auf eine Akkumulierung von mehreren der genannten Ursachen zurückzuführen:

- Aufgrund tiefer Außentemperaturen gelangte über die undichte Gebäudehülle trockene Winterluft ins Gebäude.
- Die Luftbefeuchter wurden alle gleichzeitig zur Reinigung in den Keller verbracht.
- Aufgrund einer Beschädigung war die Zwischentür zum Gang vor der Restaurierwerkstätte ausgehängt, sodass die Pufferzone zum nicht konditionierten Stiegenhaus in ihrer Wirkung beeinträchtigt war.
- Im Bereich der Restaurierwerkstätte sank die relative Luftfeuchte übers Wochenende auf 32 % ab, was zur Rissbildung im Instrument führte.

Der im Herbst 2009 kurz vor einem Konzert festgestellte Stimmstockriss im Hammerflügel der Fa. Bösendorfer nach dem Entwurf von Joseph Hofmann, Wien 1909 (Inv.-Nr. SAM 641) dürfte ebenfalls ein akkumulativer Klimaschaden sein, der letztlich auf die Summe der langjährigen Klimaschwankungen in der klimatisch sehr instabilen Seitengalerie (→ Kap. A. 5.5.1., Abb. A.29) zurückzuführen sein dürfte.

5.3. Sommerfall

Die Situation während der Sommermonate (fallweise bereits ab Ende Mai bis Mitte September) ist generell durch tendenziell zu hohe Raumtemperaturen bestimmt, was (abgesehen von den Ausstellungsräumen der SAM) vorwiegend auf den insuffizienten Sonnenschutz und das Fehlen eines kontrollierten Luftwechsels zurückzuführen ist. Dieser bauphysikalische Mangel generiert einen negativen Rückkopplungsprozess, der durch falsches Nutzerverhalten noch verstärkt werden kann: Aus den überhöhten Raumtemperaturen in den südorientierten Sammlungsräumen resultiert die Tendenz zu niedrigen relativen Feuchtwerten (fallweise deutlich unter 45 %rF), was zur Aktivierung der Luftbefeuchter führt und eine gegenüber der Außenluft überhöhte Absolutfeuchte im Gebäude bewirkt. Diese zu warme und auf die konservatorisch erforderlichen Werte nachbefeuchtete Raumluft wird von Personal und Besuchern als schwül und stickig empfunden und weckt das Bedürfnis nach „frischer Luft“. Dies wiederum führt zu einem instabilen Gesamtklimaverlauf.

Da Südostströmung im Sommer in Wien die zweithäufigste Windrichtung darstellt, und die Hauptfassade des Gartentrakts nach Südost orientiert ist, muss beim Lüften auch auf die Windrichtung geachtet werden: Die von der warmen Fassade zusätzlich aufgeheizte Luft wird durch geöffnete Oberlichten in die Ausstellungsräume gedrückt und nimmt während der Passage durch den erwärmten Fensterkasten konvektiv die Absorptionswärme der Sonnenschutzscreens mit. Indikator für den unerwünschten Wärmeeintrag sind die Sonnenschutzfolien, die bei Südostwind beim Öffnen der Oberlichtklappen wie Segel in den Raum gedrückt werden. Das Aufsichtspersonal ist daher angehalten, in diesem Fall die Klappen zu schließen. In der zweiten Augushälfte bis Mitte September kann es bei Südostströmung zu einer Zufuhr trockener und warmer Luft aus der pannonischen Tiefebene (mit einer Absolutfeuchte < 8 g/m³) kommen, was bei unkontrolliertem Außenluftwechsel zu Klimaeinbrüchen in den Sammlungsbereichen führt. Abb. A.26. dokumentiert einen Abfall der absoluten Feuchte von ca. 11,5 g/m³ auf < 6 g/m³ innerhalb von 36 Stunden (Kurvenschar im unteren Bereich des Diagramms). Der Feuchteabfall im Depot (MVK SAm - blau) verläuft etwas gepuffert.

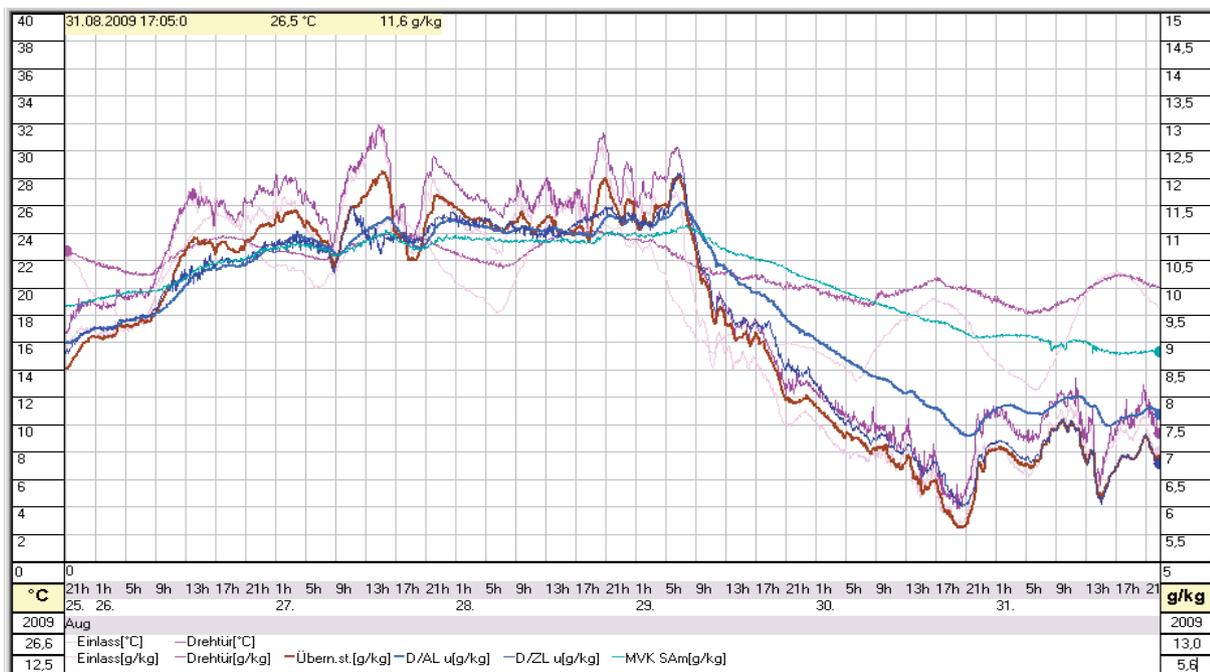


Abb. A.26: Feuchteeinbruch durch trockene Südostströmung im Sommer (gemessen im Luftbrunnen des Corps de Logis)

5.4. Instabilität des Raumklimas

Wie in den nachfolgenden Kapiteln A.6. und B.5. gezeigt wird, gehört ein möglichst stabiler Verlauf der Raumluftzustände zu den wesentlichen Qualitätskriterien von Museumsklima. Dieser ist in der Neuen Burg bei kritischen meteorologischen Außenbedingungen nicht gewährleistet. Die undichte Gebäudehülle und der daraus resultierende unkontrollierte Luftwechsel sind inzwischen als Hauptursache für einen fluktuierenden Klimaverlauf in einem Gebäude nachgewiesen (KIPPES 1999; HUBER 2009). Einige Ursachen, die den Außenluftwechsel forciert vorantreiben, wurden bereits in den vorigen Kapiteln diskutiert.

In der Neuen Burg herrschen im Winter bei Frost in den Stiegenhäusern und angrenzenden Verwaltungsbereichen und Büros sowie in der Säulenhalle des Corps de Logis nach wie vor relative Luftfeuchtwerte zwischen 30 und 15 %. Damit sind in den Ausstellungsbereichen konstante Feuchtwerte selbst von 45 %, wie sie etwa Hilbert bereits vor 25 Jahren für ein saisonal gleitendes Klimakonzept empfiehlt (HILBERT 1987: 191), vor allem in den sog. Puffezonen der SAM (linke und rechte Seitengalerie, Vorraum Marmorsaal) kaum störungsfrei aufrecht zu erhalten. Die Luftbefeuchter müssen ständig gegen den zu großen Feuchteabfluss ankämpfen, sodass es bei Bedienungsfehlern oder leergelaufenen Geräten zu plötzlichen Klimaeinbrüchen kommt. Während der Wintermonate wurden in der SAM in der Vergangenheit fallweise bis zu 250 Liter Wasser pro Tag verdunstet. Aus diesem Grund werden in der SAM eher niedrigere Luftfeuchtwerte im Winter in Kauf genommen, diese aber möglichst konstant zu halten versucht.

In der HJRK sind im Regelfall während der Öffnungszeiten die Türen zu den Galerien der Säulenhalle geöffnet. Im Winter wird aufgrund des in der Säulenhalle bestehenden Unterdrucks einerseits über die undichten Fenstertüren kalte und trockene Außenluft, andererseits unconditionierte Luft aus dem Prunkstiegenhaus angesaugt. Die (bis 2010) im Dauerbetrieb laufenden Abluftventilatoren (→ Kap. B.3.5.) bewirken im Corps de Logis einen ständigen Unterdruck, der zu einem forcierten Nachströmen unconditionierter Außenluft über die undichten Fenster führt.

Da im Sommer zusätzlich die Abluftventilatoren in den vier großen Hauptschächten fallweise eingeschaltet sind, wird die von der unbeschatteten Glaspypamide aufgeheizte Luft aus der Säulenhalle in die Ausstellungssäle gesaugt. Da im Kellerumgang im Erdgeschoss des Corps de Logis die Lüfterhitzer direkt vor die Nachströmöffnungen der Zuluftschächte aus dem 2. Keller gebaut sind, ist die Nachströmung (ehemals) kühler Luft aus dem Luftbrunnen unterbunden. (Dazu müssten die Ventilatoren der Lüfterheizung bei ausgeschaltetem Heizregister aktiviert werden.) Somit besteht in der Säulenhalle ein Unterdruck; die Nachströmung erfolgt einerseits aus den angrenzenden Ausstellungsräumen des MVK, andererseits vom Vestibül und damit mehr oder weniger direkt vom Heldenplatz. Vor allem am Nachmittag trägt ein Lufteintrag der vom Asphalt aufgeheizten Außenluft zum Wärmeeintrag in das Gebäude bei. Mehr oder weniger starke Temperaturschwankungen werden durch die Ausstellungs-Beleuchtung verursacht.

5.5. Standard-Situationen

In diesem Kapitel soll die konservatorisch-klimatische Gesamtsituation für die einzelnen Sammlungsbereiche summarisch beurteilt werden (Stand 2010). Auf relevante Details wird später im Abschnitt B, soweit nötig noch genauer eingegangen. So werden etwa auch die Einflüsse von den mit dem Museumsbetrieb verbundenen Faktoren wie Besucheraufkommen, Konzerte und Veranstaltungen, Vermietungen mit Catering, etc. in Kap. B.7. genauer untersucht. Alle Sammlungen sind generalsaniert.

5.5.1. Das Klima in der Sammlung alter Musikinstrumente

Im Kernbereich der Sammlung können die Aufbewahrungsbedingungen über rund acht Monate des Jahres als sehr gut bis gut bezeichnet werden. Für das Winterhalbjahr hat sich das Nachdichten der Außenflügel der Fenster als sehr effektiv erwiesen und zur Steigerung der Klimakonstanz maßgeblich beigetragen. Folgende Abbildung zeigt den Klimaverlauf im Winterhalbjahr Oktober 2010 bis März 2011; um die geringe Spreizung der relativen Feuchte von rund 10% und die jahreszeitlich gleitende Gesamtentwicklung darstellen zu können, wurde das Wochenblatt des Thermohygrographen nicht gewechselt (Abb. A.27).

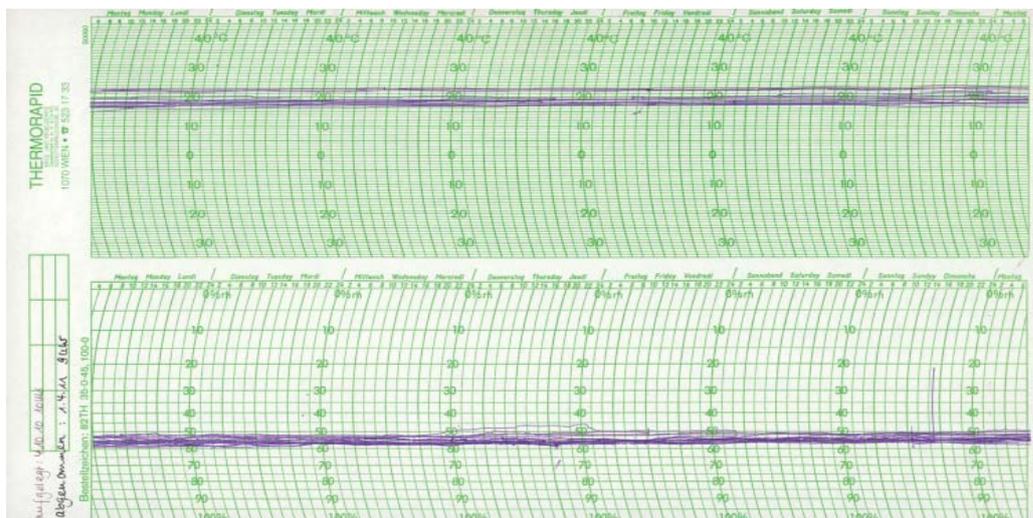


Abb. A.27: Klimaverlauf in Saal 12 der SAM im Winterhalbjahr 2010/11. Um die geringe Spreizung und die jahreszeitlich gleitende Gesamtentwicklung darstellen zu können, wurde das Wochenblatt des Thermohygrographen nicht gewechselt.

Die Sommersituation ist durch tendenziell überhöhte Raumtemperaturen geprägt. Die 2007 installierte Außenbeschattung hat zwar zu einer spürbaren Verbesserung beigetragen; aufgrund der fehlenden kontrollierten Lüftung wird der arbeitsrechtlich geforderte Grenzwert von 25 °C alljährlich deutlich überschritten. Das Nachdichten der Fensteraußenflügel im Herbst 2009 hat dazu geführt, dass aufgrund des nunmehr minimierten Fugenluftwechsels (und aufgrund der fehlenden kontrollierten Lüftung) die Raumtemperaturen in den Sammlungsräumen im Sommer 2010 wieder auf 30,5 °C anstiegen. Die Übertemperaturen führen zu einem häufigeren Einschalten der Luftbefeuchter, wodurch wiederum in den Räumen ein „subtropisches Binnenklima“ mit einem gegenüber dem Außenklima für die Jahreszeit untypischen Gefälle und den damit verbundenen unerwünschten Ausgleichsvorgängen und Labilitäten entsteht (Abb. A.28).

5. Analyse des konservatorisch relevanten Ist-Zustands (Stand 2009/2010)

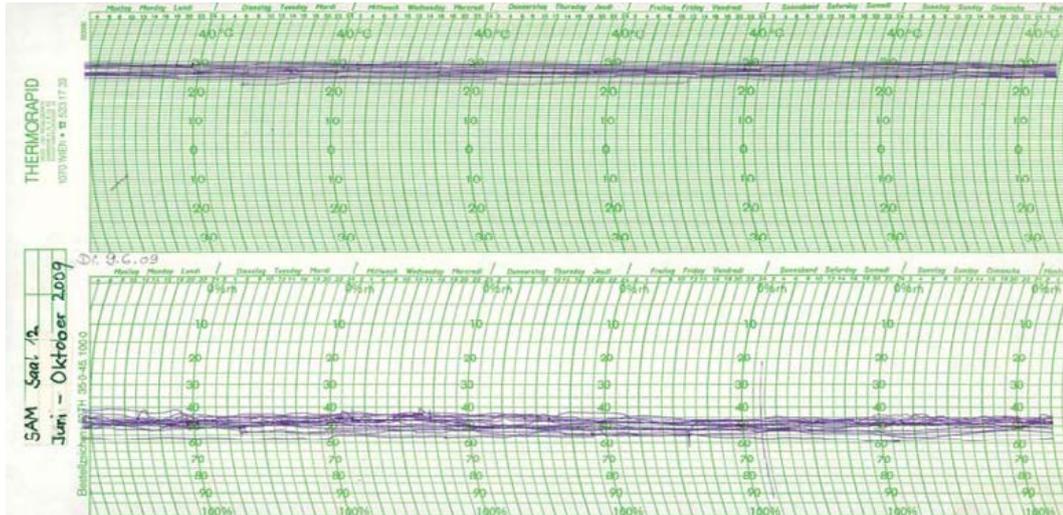


Abb. A.28: Klimaverlauf in Saal 12 der SAM im Sommerhalbjahr 2009. Um Spreizung und Gesamtentwicklung darstellen zu können, wurde das Blatt des Thermohygrographen nicht gewechselt. Die Raumtemperaturen erreichten $> 30^{\circ}\text{C}$.

Nach wie vor kritisch ist die Situation in den Seitengalerien und im Vorraum Marmorsaal, wo im Herbst 2010 ein neuer Ausstellungsbereich eingerichtet wurde. Die unmittelbare Angrenzung zum nicht konditionierten Stiegenhaus führt im Winter – v. a. während der Öffnungszeiten – zu nicht beherrschbaren Klimaeinbrüchen. Schon kleine Bedienungsfehler an den Luftbefeuchtern bzw. deren Ausfälle provozieren starke Klimaschwankungen (Abb. A. 29 und A.30).

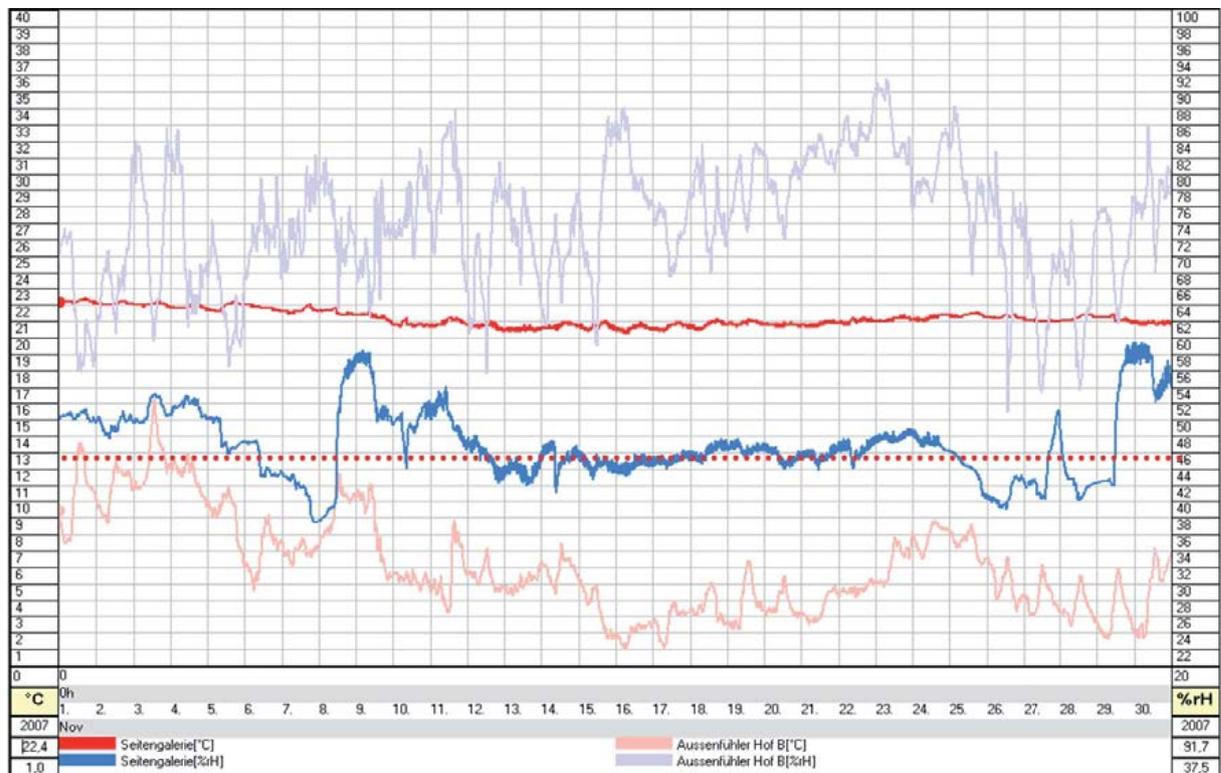


Abb. A.29: Klimaverlauf in der Linken Seitengalerie der SAM im Winterhalbjahr 2009/10. Die Angrenzung zum nicht konditionierten Stiegenhaus führt während der Heizperiode zu nicht beherrschbaren Klimaeinbrüchen. Der Alarmgrenzwert von 45 %RH wird laufend unterschritten.

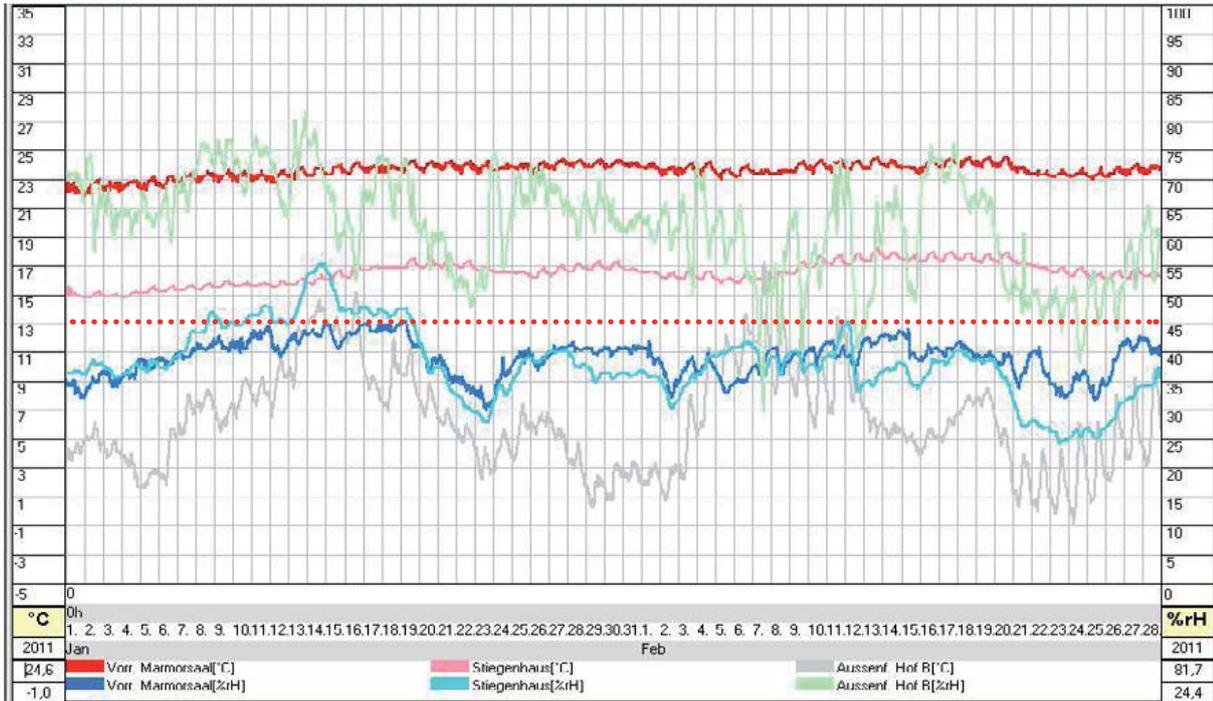


Abb. A.30: Der Klimaverlauf im Vorraum Marmorsaal (hellblau) folgt weitgehend dem Klima im Stiegenhaus (dunkelblau), welches wiederum das gedämpfte Außenklima abbildet (grau). (Jänner/Februar 2011)

Der Vorraum Marmorsaal ist aufgrund seiner Größe und Lage und wegen der (zu den mechanisch entlüfteten WCs) offenen Türe klimatisch benachteiligt und besonders starken Schwankungen unterworfen. Ehe nicht die Türen und Fenster im Prunkstiegenhaus gedichtet und die Eingangssituation entschärft wird, ist es wohl nur eine Frage der Zeit, bis an den dort ausgestellten Instrumenten neue Klimaschäden auftreten werden.

5.5.2. Das Klima in der Hofjagd- und Rüstkammer

Das Klimageschehen in der HJRK⁵⁴ ist weitgehend vom überhöhten Luftwechsel geprägt, der einerseits auf die undichten Fenster, andererseits auf die oben erwähnte unkontrollierte technisch gestützte Belüftung im Corps de Logis zurückzuführen ist (← Kap. A.5.2.10.). Generell lässt sich feststellen, dass im Saal VIII, der sich im Gebäudekern befindet, die stabilsten Verhältnisse herrschen und während der Heizperiode – wahrscheinlich aufgrund der unmittelbaren Nachbarschaft zur SAM und der dort durchgeführten künstlichen Befeuchtung – die höchsten relativen Luftfeuchtwerte verzeichnet werden. Die instabilsten und tiefsten Klimawerte sind im Eck-Saal VI dokumentiert, wo bei plötzlichem Wetterwechsel bzw. bei Wind sehr rasche Klimaänderungen stattfinden (Abb. A.31). Wenn keine allzu großen Unterschiede zum Außenklima bestehen, sind die Klimaverläufe generell konstant.

In der Übergangsperiode bis etwa Mitte November herrschen relativ stabile Verhältnisse zwischen 18 und 21°C und ± 40 %rF. Bei tiefen Außentemperaturen und vollem Heizbetrieb sinkt die relative Feuchte regelmäßig auf unter 25 % ab. Am 26.01.2010 zeigt der Thermohygrograph im Saal VI 21 %rF; als tiefster Wert ist am 03.03.2010 19 %rF dokumentiert. In Vitrinen mit empfindlichen organischen Materialien (Textil, Holz, Elfenbein) wird die relative Feuchte durch offene, mit Wasser gefüllte Glasschalen angehoben. Für freistehende Objekte, insbesondere für Applikationen aus Textil oder Leder sind die tiefen Luftfeuchtwerte als konservatorisch vollkommen unzutraglich einzustufen.

54 Die Beurteilung der Klimabedingungen in der HJRK erfolgte in Zusammenarbeit mit der zuständigen Restauratorin, Mag. Christa Angermann.

5. Analyse des konservatorisch relevanten Ist-Zustands (Stand 2009/2010)

Die undichte Gebäudehülle sowie Probleme mit den Heizkreisverteilern in Verbindung mit tiefen Außentemperaturen haben dazu geführt, dass die Raumtemperatur fallweise auf bis zu 12 °C absinkt, was Beschwerden beim Aufsichtspersonal nach sich gezogen hat.

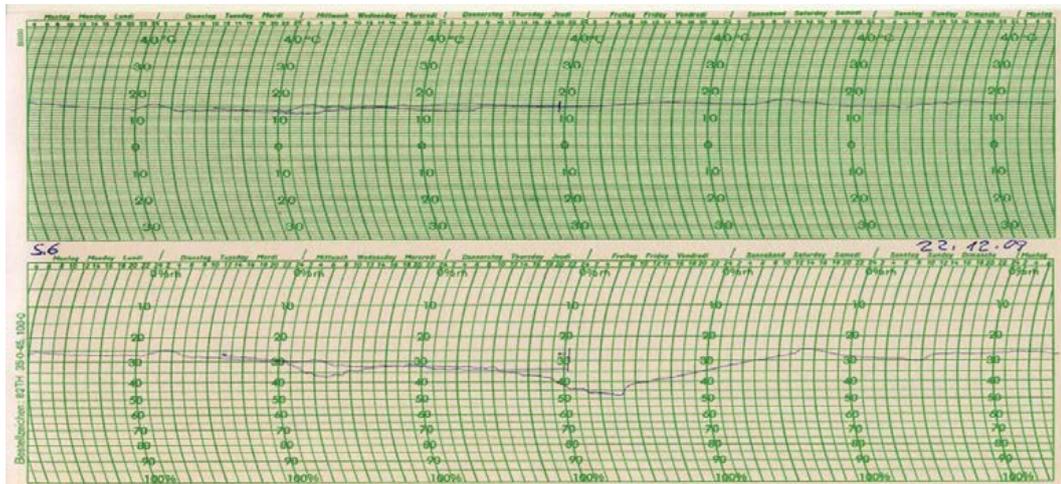


Abb. A.31: Klimaverlauf in Saal 6 der HJRK bei kritischer Außenwitterung (Dezember 2009). Dokumentiert ist ein Feuchteabfall von 48 %rF auf 25 %rF innerhalb von 24 Stunden.

Gegen Ende der Heizperiode, ab Ende März bis Mitte April stabilisiert sich das Klima bei etwa 30 – 40 %rF, im Mai steigen die Werte auf 40 – 45 %rF um etwa im Juni / Juli Höchstwerte um rund 50 %rF zu erreichen. Mit Anstieg der Innentemperaturen auf rund 26 °C geht die relative Feuchte Anfang Juli bisweilen zurück; bei hoher äußerer Absolutfeuchte sowie bei längeren Regenperioden steigt die relative Feuchte wieder auf über 50 %. Bei hohen Absolutfeuchten in Kombination mit Wind bzw. bei unkontrolliertem Außenluft-eintrag durch Lüften besteht die Gefahr, dass die relative Feuchte innen auf 65 % und darüber ansteigt, was in der Vergangenheit immer wieder zu großflächigem Flugrost an den freistehenden Metallobjekten vor allem im Stiegenhaus geführt hat.

Im Sommer herrschen aufgrund eines fehlenden Außenlichtschutzes generell überhöhte Raumtemperaturen, wobei der arbeitsrechtlich und konservatorisch geforderte Höchstwert von 26 °C laufend überschritten wird. Im heißen Sommer 2010 hatte es am 18. und 19. Juli 2010 kurzfristig >30 °C und 39 %rF. Die Reaktivierung des Luftbrunnens 2004 hat zu einer leichten Verbesserung geführt, weil der Wärmestau im Deckenbereich der großen Schausäle abgebaut und die großräumig bewegte und ausgetauschte Raumluft physiologisch als angenehmer empfunden wird. Im Juli und August ist die relative Feuchte sehr unruhig, da mangels dichter Gebäudehülle das Klimageschehen unmittelbar an die äußere Absolutfeuchte ankoppelt.

Die in Kapitel B.4. beschriebene, gegen Ende des Sommers auftretende pannonische Strömung bewirkte Ende August (24.08.2010) ein Absinken der rF auf 35 %, die allerdings eine Woche später wieder auf 58 % anstieg. Mit dem ausklingenden Sommer Ende September wird das Klima wieder stabil (23 – 25 °C; ± 40 %rF).

Die tiefer stehende Sonne am Anfang und Ende des Sommers bewirkt aufgrund des stärkeren Strahlungseintrages eine tägliche Fluktuation der Raumtemperaturen von bis zu 3 °C. Ein ungelöstes Problem bilden die Faltjalousien und Lichtschutzfolien, die für Fenster- und Türelemente dieser Höhe und Größe zu schwach dimensioniert sind, und deren Zugseile sich immer wieder aushängen bzw. abreißen.

Einführung

Das sog. Jagdplateau bildet den westlichen Abschluss des Prunkstiegenhauses, dessen Klimageschehen von der undichten Gebäudehülle und den unkontrollierbaren Außenlufteinflüssen aufgrund der Gegebenheiten im Eingangsbereich bestimmt ist (siehe im Detail Kap. B.2.). Die in diesem Bereich ehemals dort aufgehängten Gobelins wurden aufgrund der unzuträglichen Klimabedingungen zwischenzeitlich von der Kunstkammer zurückgezogen. Die im Prunkstiegenhaus aufgehängten großformatigen Leinwandgemälde habsburgischer Herrscherpersönlichkeiten sind den ungünstigen Konditionen weiterhin unmittelbar ausgesetzt.

5.5.3. Das Klima im Bereich der Ephesus-Sammlung

Die im Prunkstiegenhaus aufgestellten Ausgrabungen und Objekte aus Ephesus als Teil der Antikensammlung gelten hinsichtlich ihrer Materialien als klimatisch weitgehend unbedenklich. Hingegen zeigt das große aus Holz gefertigte Stadtmodell unübersehbare Verstaubung und Klimaschäden. Der unkontrollierte Außenluftwechsel bewirkt einen verstärkten Staubeintrag, der – abgesehen von ästhetischen Einwänden – auf den frei stehenden Bronzen, vor allem im Sommer bei erhöhten Temperatur- und Luftfeuchtwerten, korrosionsfördernde Beläge bildet.

5.5.4. Das Klima im Museum für Völkerkunde

Auch für die Restauratoren des MVK bedeutete der Themenkomplex „Klima“ eine über Jahrzehnte unlösbar erscheinende Quelle der Sorge und Frustration. Die beiden folgenden Abbildungen zeigen einen der vielen Versuche von Norbert Kirchner (Saison 1990/91), durch Dokumentieren der saisonal typischen Probleme einerseits die Ursachen besser zu verstehen und andererseits die Aufmerksamkeit und Betroffenheit seiner Vorgesetzten zu erreichen (Abb. A.32 und A.33). Die kurzen orangen Striche im oberen Bereich zeigen den Temperaturanstieg beim Hochfahren der Heizung am Vormittag. Die kurzen grün/roten Zacken im unteren Bereich dokumentieren das morgentliche Stoßlüften, die langen rot markierten Passagen den Feuchteabfall unter 30 % rF in der Nachheizphase.

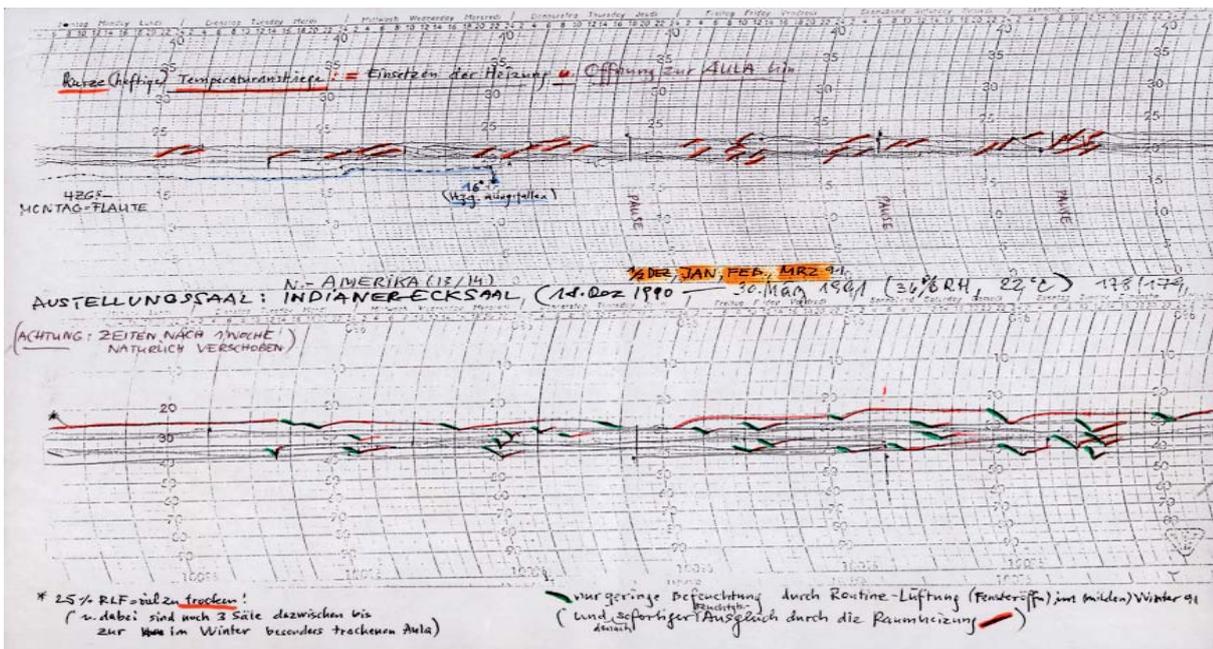


Abb. A.32: Klimaaufzeichnungen im MVK (Saal 13/14) von Norbert Kirchner im Winter 1990/91

5. Analyse des konservatorisch relevanten Ist-Zustands (Stand 2009/2010)

Im Sommer führt das von der Direktion angeordnete Stoßlüften zu plötzlichen Klimaänderungen.

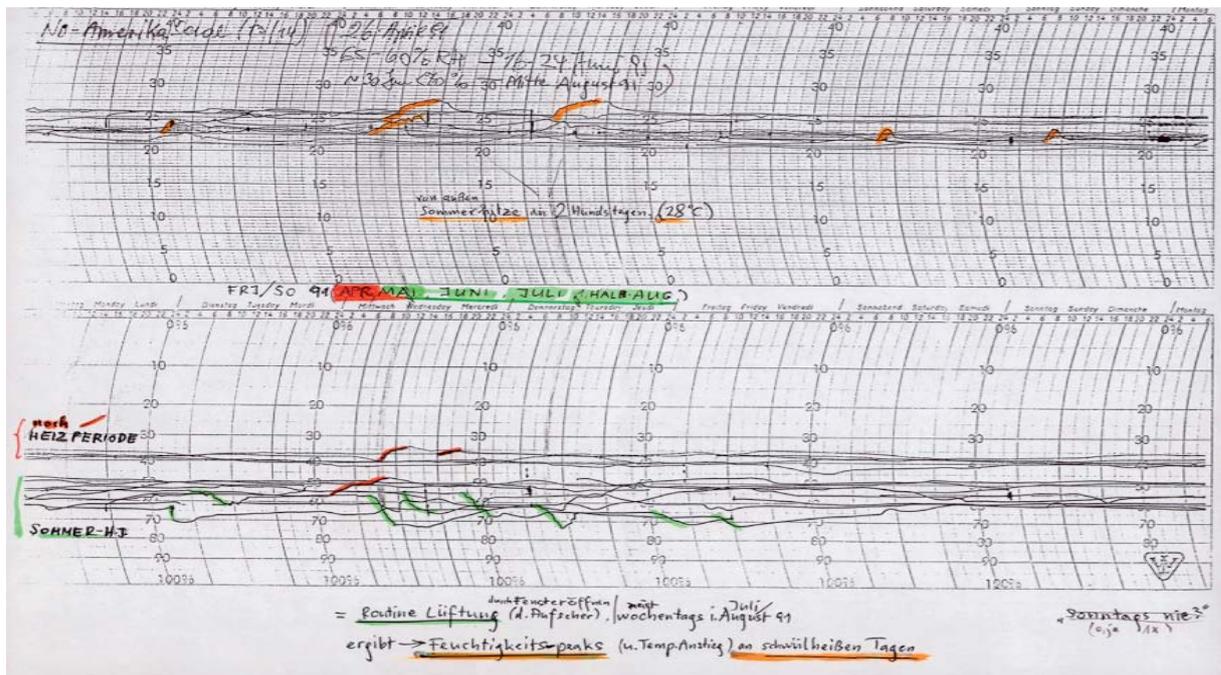


Abb. A.33: Klimaaufzeichnungen im MVK (Saal 13/14) von Norbert Kirchner im Sommer 1991

Bei der folgenden Beschreibung handelt es sich um den klimatischen Ist-Zustand nach der 2004 – 2007 durchgeführten Generalsanierung; der Text folgt weitgehend dem Bericht der Restauratorin Mag. Susanne Pink vom 1.2.2011. Temperatur und relative Feuchte werden in den Ausstellungssälen und Depots mittels Thermohygrographen (Bimetallthermometer/Haarharfe, Fa. Lambrecht) aufgezeichnet und wöchentlich überprüft. Nach der nicht erfolgten Nachbesetzung der Restauratorenstelle Walter Baumgartners sind diese Aufgaben durch die Abteilung sehr schwer abzudecken. Die Klimaaufzeichnungen im 2. Keller sowie in der Säulenhalle entstammen der 2008/2009 installierten Klimamessstrecke (→ Kap. C.2.2.)

5.5.4.1. Schausammlung Himalaya und Südostasien (Mezzanin, Saal 2)

Die Vitrinen sind passiv (mit Pro-sorb) konditioniert, Schwankungen daher nicht so ausgeprägt. Die Probleme mit der Befeuchtung bzw. der Stabilität des Gesamtklimaverlaufs ähneln denen im Sonderausstellungsbereich im Hochparterre (s. u.). Die Raumluft im Sommer ist sehr stickig mit sehr hohen Temperaturen über 27 °C. Es gibt kaum einen Luftwechsel bis auf sporadisches Öffnen von Fenstern in Saal 1 (Heldenplatz) und Saal 3 („Kindersaal“, Burggarten) an kühleren Schließtagen. Theoretisch wäre eine Versorgung mit Frischluft über die Schächte aus dem 2. Keller möglich, jedoch müssen die Saaltüren zu den unsanierten Bereichen Saal 1 und Saal 3 (wo sich die Schachtöffnungen befinden) geschlossen gehalten werden.

Galerie zur Säulenhalle („Kojé“): Die Glaswände, die die Galerie zur Säulenhalle klimatisch abtrennen sollten, haben keinen dichten Wandaschluss (handbreite Schlitz), sodass ihre Funktion als Pufferzone eingeschränkt ist. In der momentanen Situation (solange in Saal 2 kein Luftaustausch besteht) ist die Galerie klimatisch relativ stabil. Im Winter führt der unkontrollierte Außenluftwechsel in der Aula und die (wegen der Veranstaltungen) tendenziell zu hoch aufgedrehte Heizung zu extremer Übertrocknung der Luft, was zu einem häufigen Abfall der relativen Feuchte auf Werte unter 20 % führt. Die Planung zum Umbau der bestehenden 4 x 28 kW Gebläsekonvektoren auf Umluftbetrieb ist seit mehreren Jahren fertig, wurde aber noch nicht umgesetzt. Das Ausstellen von Objekten aus organischen Materialien ist hier nur mit außerordentlich dichten Vitrinen sowie mit einem Überschuss an passiver Klimatisierung (Pro-sorb) konservatorisch vertretbar.

Einführung

5.5.4.2. Hochparterre, Säulenhalle und Mezzanin mit unverglasten Kojen

Insbesondere bei hochsommerlicher Hitze wird v. a. durch den Eingang aufgeheizte Luft von der Asphaltfläche des Heldenplatzes und aus dem Shop in den Gebädekern gelassen.

Deshalb wird vom MVK seit Jahren gefordert:

- Die Heizung sollte vor dem üblichen Ende der Heizperiode abgeschaltet werden und alle Heizleitungen sollten künftig ebenfalls im April gesperrt werden.
- Die Entlüftung der Säulenhalle (Aula) sollte kontrolliert und bedarfsorientiert betrieben werden - mit Bedacht auf das Außenklima.
- Die Heizleistung der Beleuchtung im Shop muss durch Umstellen auf Metaldampflampen soweit wie möglich abgesenkt werden.

In diesen Bereichen ist das Ausstellen von (organischen) Objekten nur mit außerordentlich dichten Vitrinen sowie mit einem Überschuss an passiver Klimatisierung (Pro-sorb) konservatorisch vertretbar.

5.5.4.3. Sonderausstellungsräume Hochparterre

Sofern der Eingang zu den Ausstellungen über die Säulenhalle (Aula) erfolgt und die Türen geschlossen sind, kann das Klima v. a. im Winter durch das Aufstellen von Luftbefeuchtern weitgehend stabilisiert werden. Bei Zutritt über das Vestibül (wie etwa bei der vorangegangenen „Tutanchamun“-Ausstellung) ist eine stabile Klimatisierung unmöglich. Die Wandtemperierung funktioniert allem Anschein nach gut. Durch offene Türen und während Veranstaltungen entstehen mitunter sehr starke Klima-Schwankungen. Während den letzten Ausstellungen konnten auch während der Wintermonate beinahe akzeptable Werte erzielt werden; insbesondere durch gleitendes Absenken der relativen Feuchte auf 40 % (anstatt der oft geforderten 50 %).

Fehlfunktionen der Luftbefeuchter sind häufig und problematisch. Ein eigener Haustechniker wäre hier - wie für vieles andere - mehr als notwendig. Das MVK ist notgedrungen auf die Unterstützung durch die Technische Abteilung des KHM angewiesen, die sich allerdings in letzter Zeit sehr bemüht zeigt. Auch die neuen Reinigungsregelungen für die Luftbefeuchter haben die Situation deutlich verbessert. Seit zwei Jahren wurde kein Fenster mehr vom Wind aufgedrückt (durch Instandsetzungsarbeiten der hauseigenen Tischler an den Fenstern).

Für die Sommerperiode konnten über die vergangenen Jahre einige Verbesserungen erzielt werden: Die Fenster wurden an den Außenflügeln mit Lichtschutzfolie ausgestattet. Die in Aussicht gestellten Streckmetall-Außenbeschattungsflügel nach dem Vorbild der SAM sind nach wie vor ausständig. Der Einsatz der Lüftungsschächte bleibt weiterhin problematisch, da mit der unkoordinierten und unreflektierten Öffnung der Zuluftklappen unkontrollierte Außenbedingungen hereingeholt werden. Langfristig muss hier auf die Umsetzung des Gesamtklimakonzepts zur Sanierung des Luftbrunnens gewartet werden.

Die kontinuierliche Erwärmung des 2. Kellers durch die Fernwärmerohre und die beiden Umformerzentralen wirkt sich nicht nur direkt über die Zuluft sondern auch auf die darüber liegenden Ausstellungsräume aus. Dies ist u. a. aus den im Sommer bis in den Herbst auftretenden Temperaturen von 27 °C in den ringseitigen Depots ersichtlich.

5.5.4.4. Das Klima im Hauptdepot des MVK im 1. Keller

Das Klima im Hauptdepot des MVK war aufgrund der haustechnischen Gegebenheiten bis 2010 unmittelbar an das Klimageschehen im 2. Keller gekoppelt. Die entgegen den Vorgaben des Planers im Dauerbetrieb und unkontrolliert laufenden Abluftventilatoren fördern pro Stunde 8.590 m³ aus dem darunter liegenden Luftbrunnen, was auch im Winter einem stündlichen 1,0-fachen Luftwechsel entspricht

5. Analyse des konservatorisch relevanten Ist-Zustands (Stand 2009/2010)

(anstatt 0,1-fach). Da auch für den 2. Keller bis Ende 2010, abgesehen von einem manuellen Schließen der großen Drehtür, keine kontrollierte Steuerung der Zuluft bestand, schlägt das äußere Wettergeschehen, nur schwach gedämpft, bis in die Depots durch. Aufgrund der trocken-kalten Witterung im Jänner 2009 kam es zu einem Absinken der relativen Feuchte auf 20 % im Bereich der Nordamerika-Sammlung (→ Abb. A.34.). In den weiter abgelegenen, weitgehend ungestörten Bereichen finden fast keine Schwankungen sondern langsame Verläufe den Jahreszeiten entsprechend statt. Im Schnitt sind annähernd gute Werte 40...60 %rF dokumentiert. Im Sommer laufen 5 große stationäre Entfeuchter, die einen Anstieg über 60 % verhindern sollen. Bei Starkregenperioden im Sommer kann es aufgrund des ungehinderten Eintrags überfeuchteter Außenluft ($>13 \text{ g/m}^3$) zu einem Ansteigen der relativen Feuchte im Depot bis zum Grenzwert von 65 %rF („Schimmelalarm“) kommen.

Von der Verwendung mobiler Luftbefeuchter mit aufzufüllenden Tanks wird im Depotbereich aus verschiedenen Gründen abgesehen. Das verlässliche Auffüllen (1-2 x täglich, auch an Wochenenden und Feiertagen) kann nicht gewährleistet werden und bringt erfahrungsgemäß große Schwankungen. Das Hantieren mit großen Wassertanks ist in Gegenwart von Objekten ein Risiko, und die Geräte unterliegen Störungen, die nicht schnell genug erkannt und behoben werden können. Das Museum für Völkerkunde besitzt kaum ausreichend Geräte, um größere Sonderausstellungen auszustatten.

Im *Bereich Südamerika - Südasien* (ringseitig) werden nach vorliegenden Messungen weitgehend gute, stabile Werte verzeichnet. Allerdings besteht in diesem Gebäudeabschnitt (aufgrund der direkt darunter befindlichen Fernwärmeleitung und -übernahmestation) eine beunruhigende Erwärmung und lange Verzögerung der Abkühlung im Herbst. Im Sommer 2010 ließ sich die Feuchtigkeit durch die Entfeuchter nur schwer abführen; ein zusätzliches mobiles Gerät wurde in „Afrika“ eingesetzt.

Im *Bereich Melanesien - Orient* (burggartenseitig) herrschen ähnlich stabile Bedingungen wie ringseitig; allerdings ist die sommerliche Hitze geringer. Die Zuluftöffnung aus dem 2. Keller direkt über der Eisendrehtüre wird ständig geschlossen gehalten, da zuvor zu große Schwankungen auftraten.

Der *Bereich Nordamerika bis Indonesien* (neben dem sog. „Karer“-Magazin bis Heldenplatz/Nordost) muss als äußerst problematisch eingestuft werden. Die dort auftretenden Schwankungen der Temperatur und relativen Feuchte (5-10 % innerhalb weniger Stunden) bilden mit nur wenig Verzögerung den Verlauf des Außenklimas ab. Bis vor zwei Jahren wurde als Hauptursache die offenkundig undichte Tür zum benachbarten „Karer“-Magazin angesehen. Nach dem Dichten der Türe 2009 blieb das Problem bestehen; weiterhin wurde spürbar und auch hörbar Luft aus dem Bereich des Segmentbogens, insbesondere aus dem H-Schacht sowie über das undichte Fenster zum A-Hof angesaugt. Dieses Fenster, das als automatische Brandrauchklappe mit einem elektrisch betriebenen Schließarm ausgestattet wurde, der den Flügel jedoch nicht vollständig schließt, wurde im Winter 2010 als definitiver Hauptverursacher der Klimaschwankungen erkannt. In diesem Bereich fiel die relative Feuchte im Winter auf bis zu 20%. In der Starkregenperiode im Sommer 2009 wurde in diesem Bereich beinahe die Schimmelalarmgrenze von 65 %rF erreicht, weshalb mehrere Luftentfeuchter angemietet werden mussten, um einen großflächigen Schimmelbefall am Sammlungsgut zu verhindern (→ Abb. A.35).

Der starke Unterdruck in diesem Bereich war vorwiegend auf die bereits mehrmals erwähnten unkontrolliert und ständig laufenden Abluftventilatoren zurückzuführen.

Einführung

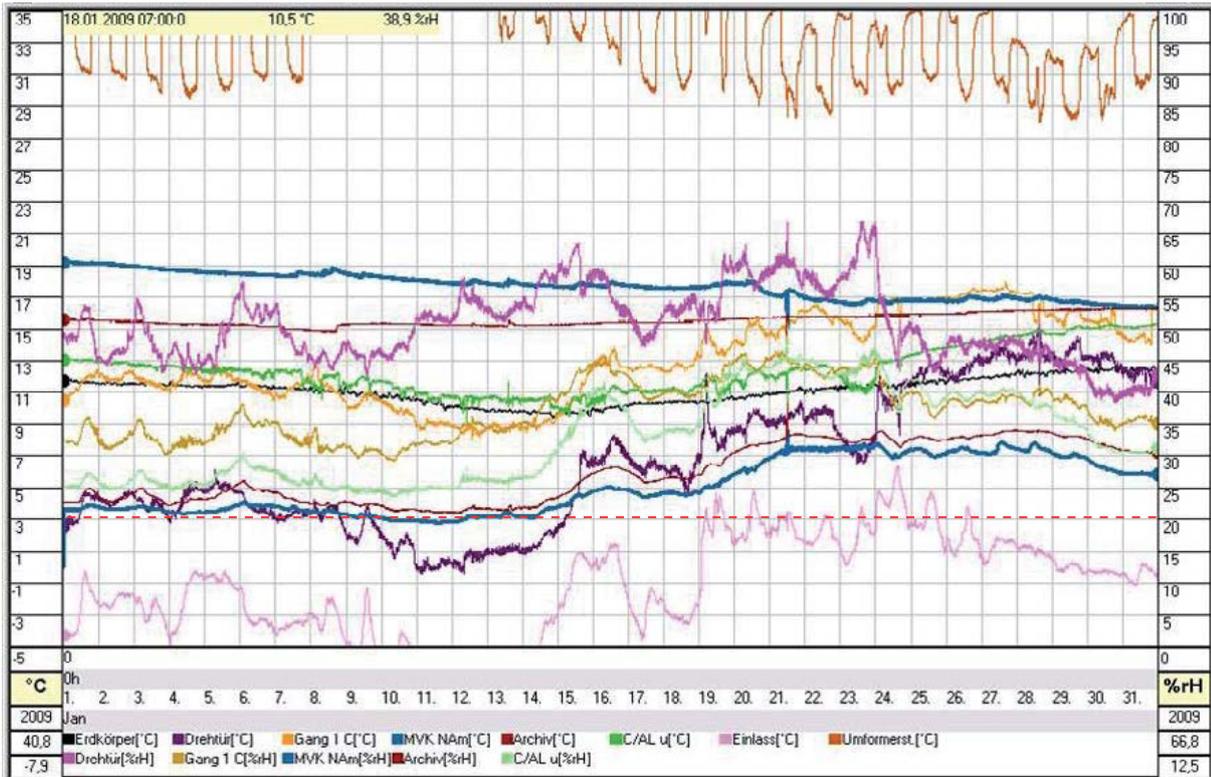


Abb. A.34: Klimaverlauf im Depot des MVK im Winter 2009. Der Eintrag trockener Außenluft in den Luftbrunnen bewirkt ein Absinken der relativen Feuchte im Depot (MVK NAM - blau) auf bis zu 20 %.

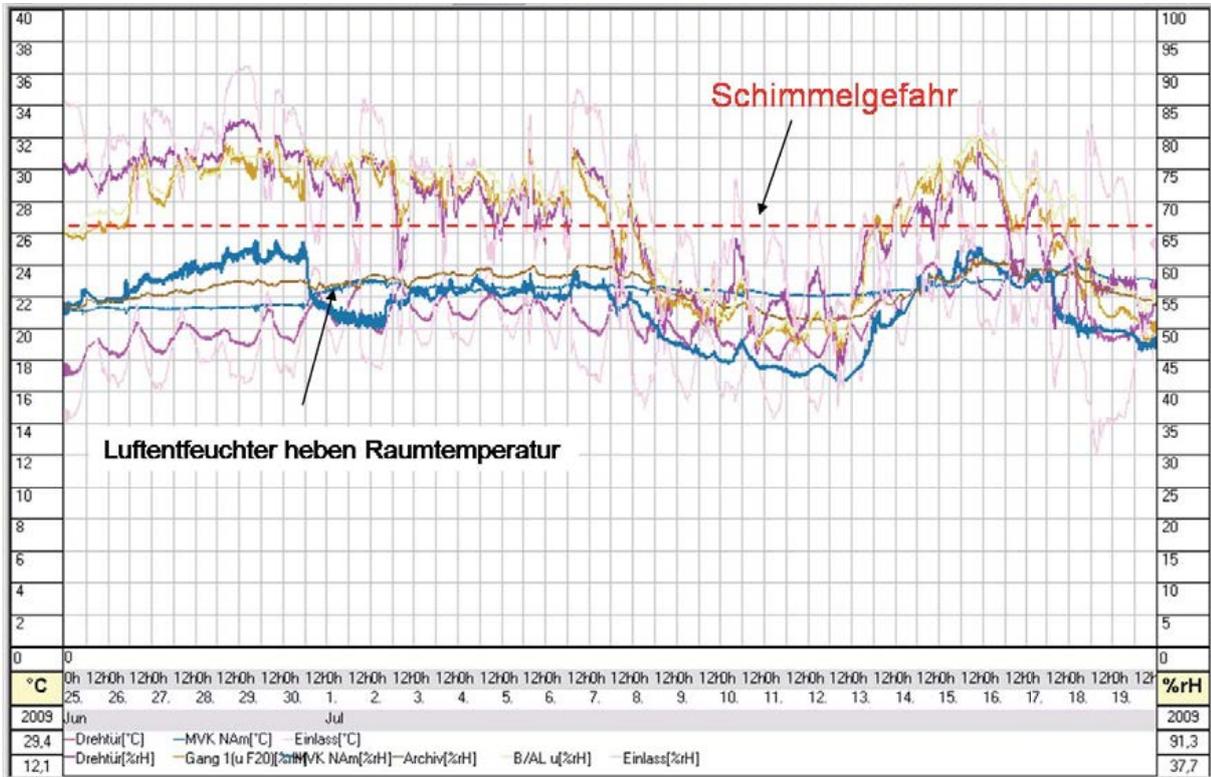


Abb. A.35: Klimaverlauf im Depot des MVK im Sommer 2009. Der Eintrag feuchter Außenluft in den Luftbrunnen bewirkt einen Anstieg der relativen Feuchte im Depot auf bis zu 65 %. Der Einsatz der Luftentfeuchter (ab 30. Juni) bewirkte einen Anstieg der Raumtemperatur.

5. Analyse des konservatorisch relevanten Ist-Zustands (Stand 2009/2010)

Ein weitere große Störgröße ist die zweigeschossige und dadurch unmittelbar benachbarte Umformerzentrale im 2. Keller (Heldenplatz, Nordostecke) deren Abwärme die Depots in diesem Bereich (*Indonesien*) enorm aufheizt und austrocknet (→ Kap. B.2.2.). Es erscheint als primäre Notwendigkeit, diesen ehemaligen Heizraum im 2. KG zumindest sinnvoll zu entlüften; auf lange Sicht scheint eine Isolierung der Raumschale oder eine Verlegung der Umformerzentrale außerhalb des Gebäudekerns (unterhalb des Heldenplatzes) als einzig zielführende Lösung.

Auch die Verlegung einer offensichtlich falsch gebohrten Zuluftöffnung für das Depot des MVK in einen weiter innen gelegenen Gang im zweiten Keller wird seit einigen Jahren (vergeblich) angestrebt.

Die inneren Bereiche *Mikronesien*, *Großformate*, *Speere* zeigen ähnliche Werte wie die äußeren Depots; bei Wegfall der Klimaspitzen ergeben sich geringere Schwankungen.

Die klimatisierten *Sonderdepots* (jeweils separat für Lack, Leder, Metall) werden über eine im 2. Keller situierte Klimaanlage mit vorkonditionierter Luft versorgt. Sie wurden für Objektgruppen mit besonders geringer Toleranz (z.B. Schimmelfälligkeit, Korrosionsbildung) eingerichtet.

Nach der Sanierung dauerte es Monate bis Jahre, bis diese Anlage stabil die gewünschten Werte erreichen konnte. In den letzten Jahren liefen die Anlagen meist verlässlich, mit gelegentlichen kleinen Überschreitungen, auf die die Technische Abteilung meist schnell reagierte. Generell scheint die Anlage aber im Vergleich zu ihrer Leistung mit einem enormen Luftumsatz und Energieaufwand zu arbeiten.

Im letzten Jahr konnte im Metalldepot die Vorgabe von < 40 %rF nicht mehr gehalten werden. Seit Dezember 2010 ist dieses Depot probeweise bis ca. März ausgeschaltet. Mitte Jänner 2011 kam es zum Ausfall der Kältemaschine. Momentan wird das Lederdepot mit mobilen Luftbefeuchtern befeuchtet.

Die *Steindepots* im 2. Keller erscheinen unproblematisch: Da Stein unter den gegebenen Konditionen nicht gefährdet ist, werden derzeit über die seit 2009 bestehende zentrale Klima-Messstrecke hinaus keine gesonderten Aufzeichnungen gemacht.

5.5.4.5. Textildepots im Mezzanin

Im *Textildepot* im sog. „Kanonengang“ verhält sich das Klima deutlich träger und weniger extrem als in dessen Umgebung (unbeheizt, schattenseitig). Dennoch treten gelegentlich über kurze Phasen beunruhigende Grenzwertüber- bzw. -unterschreitungen auf. Möglicherweise muss über zusätzliche Befeuchtung im Winter und mobile Entfeuchtung im Sommer nachgedacht werden.

Das *provisorische Textildepot* im Mezzanin wird als zwischenzeitliche Notlösung angesehen; trotzdem werden dort relativ geringe Schwankungen registriert und die Luftfeuchte-Werte fallen im Winter kaum unter 40 %rF. Die Wandtemperierung ist auf ein Minimum eingestellt (14 °C). Problematischer ist die Sommerperiode: Die phasenweise auftretende extreme Feuchte kann nur gelegentlich durch kluges Lüften gelindert werden, wobei gleichzeitig Gefahr besteht, Fluginsekten Einlass zu gewähren.

5.5.4.6. Das Klima im Gemäldedepot (Dachgeschoß) des MVK

Die Klimaanlage läuft bislang verlässlich (es waren nur einige wenige Ausfälle über die letzten Jahre zu verzeichnen). Momentan wird an einer Umstellung auf einen jahreszeitlich gleitenden Betrieb (anstatt der bislang unnötig engen Vorgaben) gearbeitet. Die Zuluftführung bzw. -aufbereitung erscheint problematisch; die Luft riecht oft „streng“, in den letzten Monaten penetrant nach Aas (?).

Einführung

5.5.4.7. Das Klima in der Säulenhalle (Aula)

Die Säulenhalle hat klimatisch die Funktion einer Pufferzone zwischen dem instabilen Eingangsbereich (Vestibül) und dem Kernbereich der Sammlungen. Hier sind nicht so konstante Klimaverläufe erforderlich wie im Ausstellungsbereich, allerdings sollten die Mittelwerte der Temperatur und der relativen Feuchte die konservatorischen Grenzwerte (18...26 °C; 40...65 %rF; → B. 5.4.) nicht über- bzw. unterschreiten.

Das Klima in der Säulenhalle ist geprägt durch tendenziell überhöhte Raumtemperaturen und zu geringe relative Feuchtwerte. Die Spitzenwerte während der Heizsaison (24-25 °C im März 2009) sind auf Veranstaltungen zurückzuführen, wo von den Mietern explizit Raumtemperaturen von 24 °C gefordert worden waren; solche an die „Sponsoring&Events“-Abteilung herangetragene Wünsche werden normalerweise umgehend an die Technische Abteilung weitergegeben und von dieser umgesetzt, ohne mit Kuratoren bzw. mit der Restaurier-Abteilung Rücksprache zu halten. In Abb. A.36 sind die Jahresverlaufskurven von 2009 des Klimas in der Säulenhalle dargestellt. Die Außentemperatur ist ebenfalls eingeblendet, um zu zeigen, dass die relative Feuchte weitgehend an das Außenklima gekoppelt ist, was auf überhöhten und unkontrollierten Luftwechsel hindeutet.

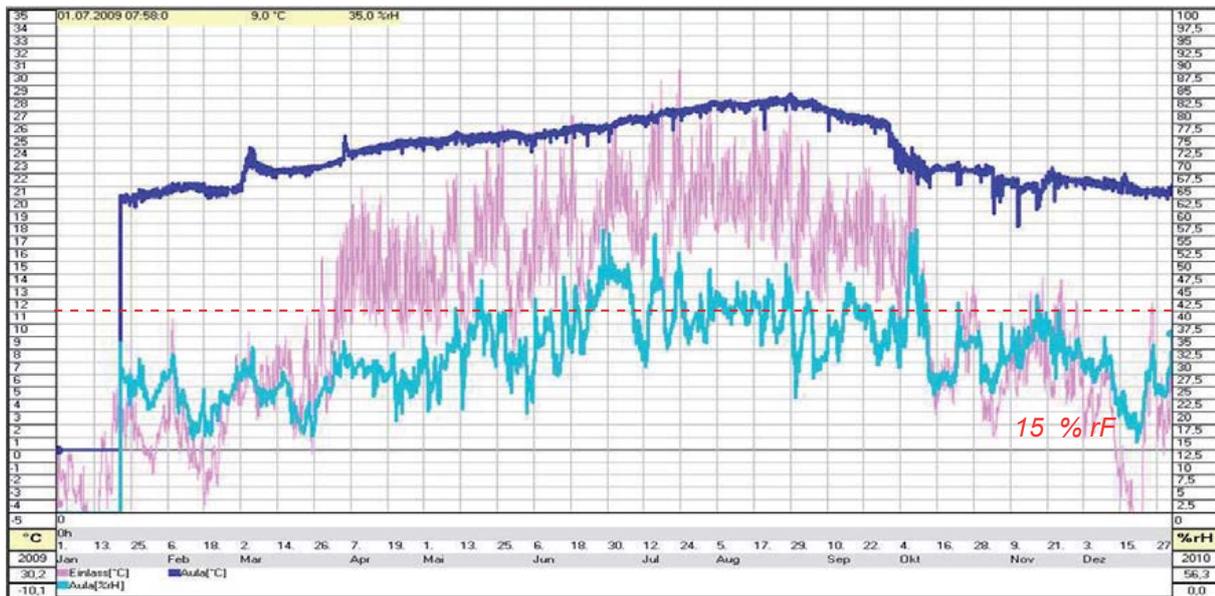


Abb. A.36: Jahresverlauf von Temperatur (dunkelblau) und relativer Feuchte (hellblau) in der Säulenhalle / Aula des Corps de Logis. Der Grenzwert von 40 %rF wird laufend unterschritten.

Erst im Winter 2010 wurde mir bekannt, dass über die Abluftventilatoren unter der Glaspypamide täglich zwischen 8 und 18 Uhr ca. 20.000 m³/h aus der Säulenhalle über Dach abgeführt werden. Die Nachströmung erfolgt „von irgendwo“ her, ein Großteil davon vermutlich über die Haupteingänge direkt vom Heldenplatz. Die ehemaligen Zuluftöffnungen in den Ecken der Aula zur selbsttätigen Nachströmung aus dem (ehemals kühlen) Keller sind durch die im darunter befindlichen Kellerumgang positionierten Luffterhitzer verschlossen. Daraus erklärt sich einerseits der drastische Abfall der relativen Feuchte auf bis zu 15 %, andererseits auch der hohe Temperaturanstieg im Sommer, da der Wärmeeintrag einerseits durch solare Strahlung über das unbeschattete Lichtdach erfolgt, andererseits konvektiv durch sommerlich-heiße Außenluft erfolgt. Während der kühleren Nachtstunden findet kein forcierter Luftwechsel statt; der tagsüber erfolgte Wärmeeintrag wird im Mauerwerk gespeichert.

6. Evaluierung von „Museumsklima“

„Mit Vollklimaanlagen kann in Gebäuden beliebiger Bauweise ein „Idealklima“ künstlich hergestellt werden.“ (KOTTERER 2004: 81) Mit diesem Satz zitiert Kotterer die Meinung wohl der Mehrheit der kunstinteressierten Laien aber auch der meisten älteren Museumsfachleute, wonach ein ideales Museumsklima lediglich durch technisch gestützte Konditionierung der Raumluft hergestellt werden könne, was wiederum nur mittels hoch entwickelter raumluftechnischer Anlagen und ausgefeilter Gebäudeleittechnik möglich sei. Dabei wird jedoch übersehen, dass sich ein Großteil der überlieferten Kunstwerke und Kulturgüter viele Jahrhunderte lang, ja zum Teil bis heute, unter ganz anderen Bedingungen und ohne technisch gestützte Klimatisierung mehr oder weniger gut erhalten hat. Beispiele für einen z. T. bemerkenswert guten Erhaltungszustand sind – abgesehen von ägyptischen oder antiken Grabbeigaben - etwa der „Verduner Altar“ von 1181 (bzw. 1330) in Klosterneuburg, die seit ca. 1580 auf Schloss Ambras bei Innsbruck bestehende Kunstsammlung Erzherzog Ferdinand II., das von General Wrangel im Laufe des 30jährigen Krieges zusammengetragene Inventar von Schloss Skokloster (Schweden) von ca. 1670 oder die Kunstsammlung in Stift Herzogenburg⁵⁵.

Auch ist evident, dass es sich bei den meisten Schäden an Kunstwerken innerhalb der letzten 50 Jahre um Klimaschäden handelt, obwohl (oder weil) sie in einer Umgebung mit technisch gestützter Klimakonditionierung aufbewahrt wurden.

6.1. Aufbewahrungsbedingungen der „Vormoderne“

Am Beginn unserer Überlegungen, nach welchen Qualitätskriterien das Klima im Museum als „gut“ bzw. als „schlecht“ einzustufen sei, sollen kurz jene Aufbewahrungsbedingungen in Erinnerung gerufen werden, unter denen Kunstwerke vor dem „technischen Zeitalter“ entstanden sind und z. T. viele hundert Jahre überdauert haben. Dabei wird vorausgesetzt, dass es sich um Bauwerke der wohlhabenden bzw. adeligen Oberschicht handelt.

- Die historische Bausubstanz ist charakterisiert durch hohe Speichermasse und Thermostabilität der Baukörper unter Verwendung hygrysch ausgleichender Baumaterialien. Ab einer massiven Mauerstärke von ca. 60 cm Bruchstein oder Ziegel werden Tag-Nacht-Schwankungen der Außentemperaturen überwiegend ausgemittelt und über die Wärmespeicherkapazität der Gebäudemasse gepuffert. Raumhüllflächen und Inventar sind weitgehend isotherm. Darüber hinausgehende bestehende Tagesschwankungen der Raumtemperatur waren/sind überwiegend durch Strahlungseintrag über die Fenster, forcierten Außenluftwechsel etwa während der heißen Nachmittagsstunden oder durch innere Lasten (Personen, Licht, Ofenheizung, etc.) begründet.
- Die Wohnräume und die darin integrierte Raumausstattung sowie die dazu zählenden Kunstschätze befanden sich im Regelfall nicht in erdberührter Bausubstanz sondern für gewöhnlich in der *bel étage*, also im ersten Obergeschoß oder darüber, nicht aber direkt unter dem Dach.

⁵⁵ 1992 wurde dem Stift Herzogenburg vom Österreichischen Restauratorenverband eine Schadensinventur der Stiftssammlung angeboten. Im Zuge der Vorbesprechungen wurde der – im Vergleich zu vielen Museumsbeständen - auffallend gute Gesamtzustand festgestellt.

Einführung

- Weite Bereiche auch eines Repräsentationsbaus waren normalerweise unbeheizt; u. U. war moderates Heizen über Strahlungsheizung (Kachelöfen) möglich. Luftheizungssysteme waren bis ins frühe 19. Jahrhundert verschwindend (und wenn, dann aus technischen Gründen nur auf einem viel niedrigeren Niveau als heute) in Gebrauch. Raumtemperaturen im Winter über 15 °C waren im Bereich einer Kunstsammlung kaum zu erwarten. Aufgrund der niedrigen Temperaturen fanden im Winter nur geringe und langsame Sorptionsvorgänge statt.
- Aus allen genannten Gründen resultiert eine signifikante Konstanz des Raumklimas. Jahreszeitliche Übergänge fanden langsam gleitend statt. Obwohl ein Dichten der Gebäudehülle technisch kaum möglich war, kam es aufgrund der isothermen Hüllflächen und geringen Dampfdruckunterschieden zwischen Innen- und Außenklima zu keinen dramatischen Klimaänderungen („Klimaschock“).
- Die relative Feuchte im Wohnbereich war im Schnitt wohl generell um mindestens 10 % höher als heute und sank während der Heizperiode wohl kaum unter 40 % (außer unmittelbar neben einem Ofen). Problematisch waren eher Tendenzen zu überhöhter Luftfeuchte - in unbeheizter massiver Bausubstanz erfahrungsgemäß im Frühling oder Frühsommer, wo bei erhöhtem Luftwechsel („Lüften“) das Abkühlen der bereits feuchtebefrachteten Außenluft in den noch winterkalten Räumen zu einem Anstieg der relativen Feuchte führt. Feuchteschübe mit Kondenswasserbildung an Inventar oder Kunstwerken waren auch in winterkalten Kirchen oder Versammlungsräumen bei großen Menschenansammlungen möglich. Da im Sommer die relative Feuchte in Obergeschoßbauten auf bis zu 65 % ansteigen kann, konnte man Feuchteschüben bei schwüler Wetterlage durch überlegtes Lüften oder Nicht-Lüften vorbeugen.

6.2. Heute übliche Klimabedingungen in Museen und Ausstellungen

Gegenüber dem hier vereinfacht und idealisiert skizzierten, für die Menschen der vorindustriellen Zeit vielleicht oft als minder behaglich empfundenen, aber für die Objekte tendenziell günstigeren Raumklima haben sich die Aufbewahrungsbedingungen im Laufe des 20. Jahrhunderts entscheidend geändert. Für die heutigen Innenklimaverhältnisse gilt tendenziell:

- zu trocken: Die relative Feuchte ist im Vergleich zu früheren Lebensverhältnissen im Schnitt um 10-15 % geringer. Im Winter werden die Bauten durch Akkumulierung der unterschiedlichsten Entfeuchtungsmechanismen (← Kap. A.5.2) aktiv ausgetrocknet, was entweder zu fortlaufenden Klimaschäden führt oder ständige Nachbefeuchtung erzwingt.
- zu warm: Im Vergleich zu früheren Lebensverhältnissen herrschen generell höhere Raumtemperaturen, was ein Absinken der relativen Feuchte in den Innenräumen vorantreibt. Im Sommer führt ein unzureichender oder falsch situierter Sonnenschutz im Zusammenspiel mit Raumbeleuchtung und sonstiger innerer Lasten zu einer Übererwärmung der Innenräume. Höhere Temperaturen bedeuten für die Objekte eine beschleunigte Alterung. Die tendenziell zu hohen Raumtemperaturen in den Innenräumen im Sommer führen dazu, dass die relative Feuchte auch im Sommer unter die gewünschten Grenzwerte absinkt. Ein Nachbefeuchten hat zur Folge, dass der Partialdruck im Gebäude tendenziell höher ist als draußen (was zu Ausgleichsvorgängen über die Gebäudefugen führt); darüber hinaus werden höhere Absolutfeuchten im Sommer als

„schwül“ und unbehaglich empfunden und erhöhen das Lüftungsbedürfnis, was wiederum die Konstanz beeinträchtigt.

- zu inkonstant: Unkontrollierter Luftwechsel (Fensterlüftung), ständig steigender Einsatz von Haustechnik und steigende Aktivitäten wie häufiger Standortwechsel, Ausstellungen, „Events“, Catering, etc. führen zu sich ständig verändernden Klimaverhältnissen, auf die die Objekte mit ständig wechselnden Sorptionsbewegungen, Schwund und Materialermüdung („innere Verwitterung“) reagieren.

Zu den Phänomenen der „modernen“ Klimatechnik gehört die Tatsache, dass in Museen mit Vollklimatisierung viele Angestellte im Winter bei Raumtemperaturen von 22–23 °C in Kurzarmblusen oder -hemden ihre Arbeit verrichten, wohingegen im Sommer die auf 22–24 °C gekühlten Arbeitsräume aufgrund der ständig bewegten Raumluft und des jahreszeitlich umgestellten Körperkreislaufs bei sitzender Tätigkeit (Bürotätigkeit, Gemälde-Retuschieren) das Anziehen eines Pullovers oder einer Weste erfordern.

6.3. Museumsneubauten und -sanierungen

Betrachtet man die Museumsneu- oder -umbauten der letzten 30 Jahre, so lässt sich, wiederum grob vereinfacht, folgender Trend ablesen: Ein Architekturbüro (gewöhnlich ohne museologische Erfahrung) entwirft einen visuell spektakulären Baukörper vom Typus „Großskulptur“, und dies meist im Vorfeld eines politischen Ereignisses, womit das Projekt im Zeitraum der Planung und bei Baubeginn finanziell gut ausgestattet ist. Dem Zeitgeschmack entsprechend weist das als Stahl- bzw. Stahlbeton-Skelettbau angelegte Gebäude (ohne große Speichermasse) großzügig dimensionierte transparente Fassadenteile auf. Ein Statikbüro berechnet die Standsicherheit des Gebäudes. Ein Haustechnikbüro entwirft eine zentrale Klimaanlage, die mittels Gebäudeleittechnik die richtigen Raumluftkonditionen sicherstellen soll. Häufig werden dabei von den Restaurator/innen, unter Berufung auf die sog. ICOM-Richtlinie bzw. auf das Standardwerk von Gerry Thomson, als Sollwerte für die Raumtemperatur 20–22° C +/- 2 K sowie 55 % +/- 5 % für die relative Feuchte genannt (ICOM 1960; THOMSON 1986: 119)⁵⁶. Im Vertrauen auf die Zuverlässigkeit der Technik findet eine vertiefende Auseinandersetzung seitens der Projektanten mit den Grundzügen der Präventiven Konservierung gar nicht oder nur am Rande statt. Die Aufgabenstellung unterscheidet sich nicht grundsätzlich, sondern lediglich logistisch von der Planung eines Bürogebäudes, eines Kaufhauses oder etwa eines Universitätsinstituts. Der Fokus der Aufmerksamkeit ist auf das „Branding“ oder die „Performance“ gerichtet: der neue „Name“ des Gebäudes spielt eine entscheidende Rolle; die Frage, ob bzw. wie das Gebäude als Museum „funktionieren“ sollte, wird – ohne jede Absicht aber aus Unkenntnis der Problematik - gar nicht gestellt.

Die Ernüchterung folgt meist nach der Eröffnung, bei laufendem Betrieb. Die (wie hier etwas pointiert skizziert) neu errichteten Museumsbauten⁵⁷ erfüllen erfahrungsgemäß im Normalfall nicht die ursprünglich definierten klimatischen Zielvorgaben. Schlagworte wie: Sick-building-syndrom, taktende Klimaanlagen oder zyklische Temperatur- und Feuchteschwankungen bzw. Anlagenausfall mit Klimaeinbrüchen, erhöhte Raumtemperaturen (wegen Dampfbefeuchtung und/oder falschen Sonnenschutzes), Kondensat- und Schimmelpilzprobleme, ständiger Kleinkrieg zwischen Restaurierabteilungen und Haustechnik, Unbehagen

⁵⁶ Es handelte sich allerdings nicht um eine Empfehlung von ICOM, sondern de facto um die Mittelwerte der Ergebnisse einer 1955 durchgeführten Umfrage über die raumklimatischen Zustände in 64 Archiven, Bibliotheken und Museen in 11 Ländern.

⁵⁷ Als Beispiel sei hier der „Crystal“, der Umbau des Royal Ontario Museum in Toronto von Daniel Libeskind, genannt; vgl. COXON 2007. Auch bei der Ausschreibung des Südflügels des Linzer Schlossmuseums wurden die fundierten konservatorischen Vorgaben des zuständigen Restaurators (vgl. die von Stefan Gschwendtner verfassten *Klimatechnischen Voraussetzungen* vom 2.3.2006) vom Siegerprojekt in wesentlichen Punkten ignoriert und erst nach Protesten, soweit überhaupt möglich, nachgebessert.

Einführung

des Aufsichtspersonals aufgrund von Temperatur- und Strahlungsasymmetrien, Zegerscheinungen, hohe Krankenstandsdaten etc. können die Alltagserfahrungen der Angestellten nur unzureichend andeuten. Meist folgt eine Phase teurer Nachbesserungen, die keine grundlegende Optimierung bringen, sondern nur vereinzelte Problemzonen entschärfen. Der laufende Betrieb gestaltet sich als teurer und zunehmend störungsanfälliger als veranschlagt. Die steigenden Betriebskosten führen zu finanziellem Druck, was für gewöhnlich mit einem Ausdünnen des Personalstandes beantwortet wird, ohne dass jedoch das energie- und wartungsintensive Betriebskonzept selbst hinterfragt würde. Dabei entpuppt sich die ausufernde Haustechnik als überwiegende Ursache vor allem jener Probleme, zu deren Lösung sie eigentlich entwickelt wurde.

Aber auch in den etablierten Institutionen, die innerhalb der letzten 30 Jahre einer Generalsanierung unterzogen wurden, können die genannten Klimavorgaben fast nirgendwo auf Dauer und insbesondere bei kritischen Außenbedingungen zuverlässig realisiert werden. Im Winter sind relative Feuchtwerte unter 35% und Raumtemperaturen im Ausstellungs- und Depotbereich über 22 °C (anstatt der empfohlenen 18 °C) keine Seltenheit – auch nicht in Häusern mit Vollklimaanlagen (welche ja gefordert wurden, um die Spreizung der relativen Feuchte auf +/- 5% zu beschränken). Die Museums & Galleries Commission in London hat in einer Studie festgestellt (CASSAR 1994), dass die Spreizung der relativen Feuchte in vollklimatisierten Sammlungen in der Regel bis zu 30 % (!) betrug und damit schlechtere Bedingungen aufwies als die Vergleichssammlungen mit Radiatorheizung und Einzelluftbefeuchtern, was vermutlich die meisten Mitarbeiter/innen in einem Museum mit Vollklimatisierung bestätigen können (→ Abb. A.37 - A.40 und Kap. A.6.6.) . Vor allem das Einhalten möglichst *konstanter* Temperatur- und Feuchtwerte scheint nach den mir zugänglichen Klimaaufzeichnungen nicht pannensicher durchführbar. Dies hängt u. a. mit den bei Vollklimaanlagen notwendigen hohen Luftwechselraten (4–8 pro Std.) zusammen. Bei moderaten Außenbedingungen wie etwa in den Übergangsperioden, wo kaum technische Interventionen erforderlich sind (und eine Klimaanlage mehr oder weniger als Lüftungsanlage fungiert), arbeiten Klimaanlagen meist problemlos. Doch gerade in meteorologisch kritischen Perioden (Beginn der Heizperiode, Hitzetage, Frosttage, Regentage, plötzlicher Wetterumschwung), wenn höchste Verlässlichkeit der Anlage gefordert wäre, führen kleine Bedienungsfehler, Regelausfälle, Nachlässigkeit sowie Ressourcenverknappung beim Personal zu unvermeidlichen, mitunter drastischen Klimaeinbrüchen (HUBER 1995: 162). Mir liegen persönliche Berichte und vertraulich weitergereichte Klimaaufzeichnungen vor, die belegen, dass zu komplex angelegte bzw. schlecht eingestellte Klimaanlagen gleichzeitig heizen und kühlen bzw. be- und entfeuchten.

In den folgenden Abbildungen A.37 und A.38 ist der Klimaverlauf in dem mit Klimaanlage ausgerüsteten Sonderausstellungsbereich im KHM dem Klimaverlauf im Marmorsaal der SAM, die konventionell beheizt und mit Einzelluftbefeuchtern ausgestattet ist, gegenübergestellt.

Exemplarisch für einen in letzter Zeit differenzierteren Umgang mit Klimaanlagen auch unter Fachleuten ist ein sympathisch-offener Artikel eines Haustechnikers im Germanischen Nationalmuseum, dessen Anlage einen sehr instabilen Klimaverlauf nicht nur im Ausstellungsbereich, sondern auch in den Depots zeigte. Zu Recht stellte er die Frage, warum eine Studiensammlung, die 6 m unter der Erde liegt und von daher einen sehr stabilen Klimaverlauf erwarten ließe, überhaupt mit einer Vollklimaanlage ausgestattet wurde. Es zeigte sich, dass sich die stark fluktuierenden Klimakurven unmittelbar nach Abstellen der Anlage in wie mit dem Lineal gezogene Striche verwandelten (HEYDECKE 2008). Gerade bei Depots (diese sind nicht als ständiger Arbeitsplatz definiert), könnte man in den meisten Fällen auf Vollklimatisierung verzichten und stattdessen eine kleine Lüftungsanlage und dezentrale Verdunstungs-befeuchtung einsetzen.

6. Evaluierung von "Museumsklima"

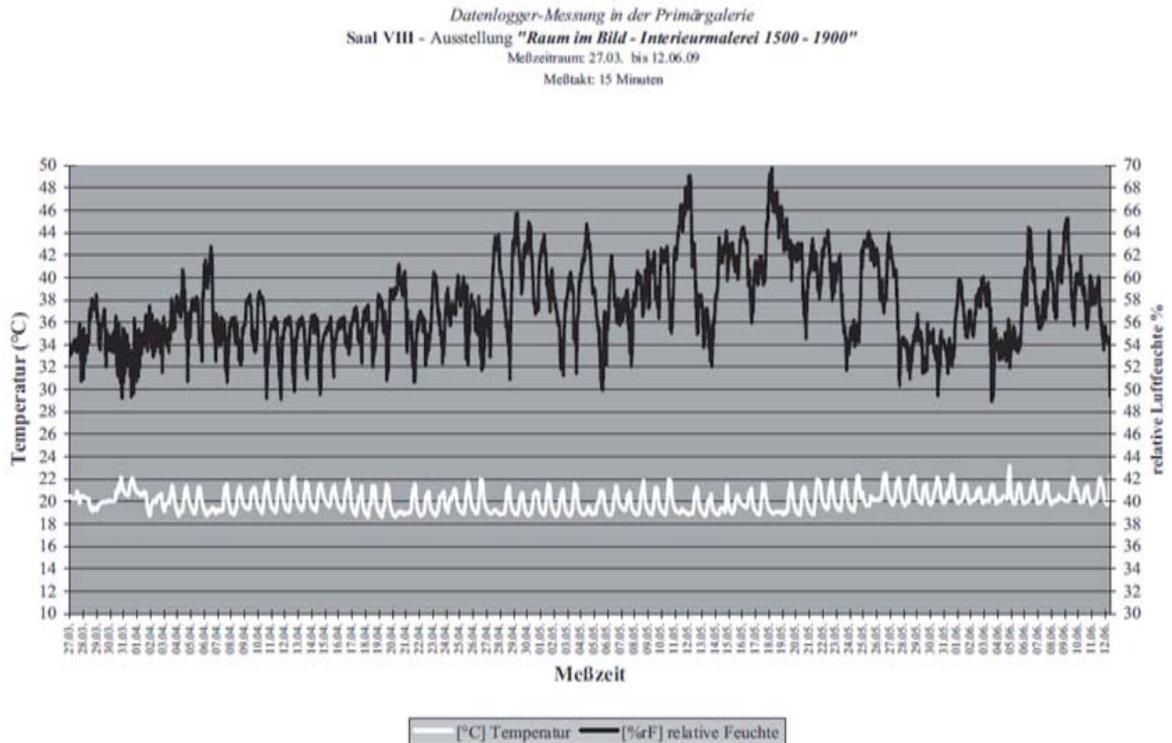


Abb. A.37: Klimaverlauf in dem mit zentraler Klimaanlage ausgestatteten Sonderausstellungssaal VIII des KHM (März - Juni 2009)

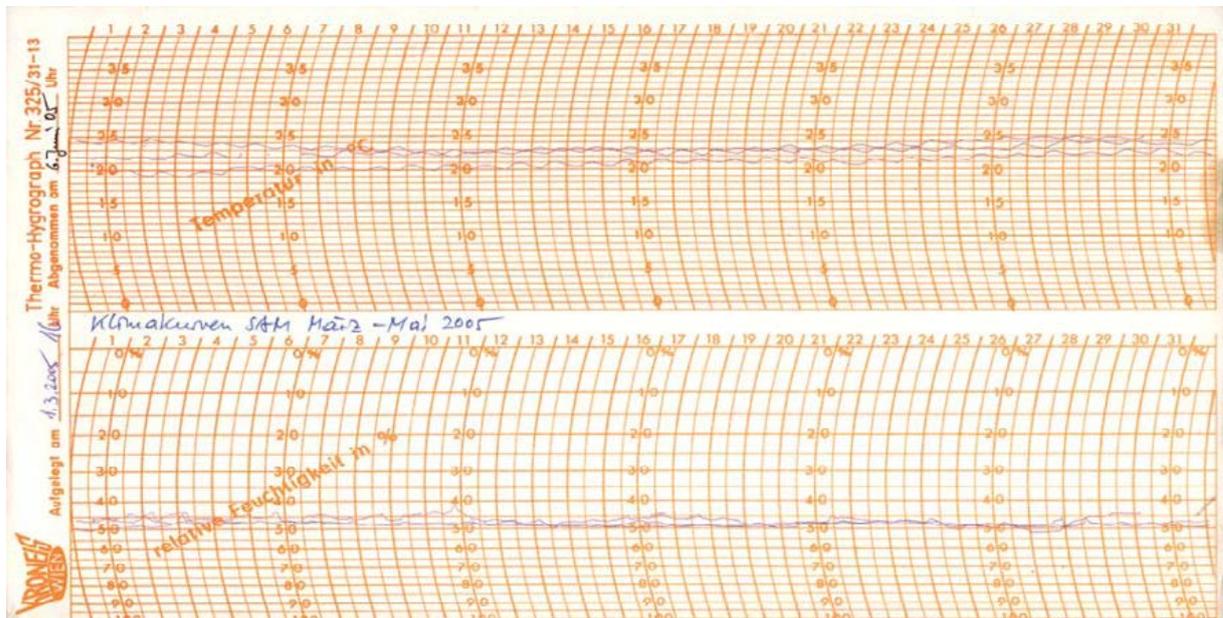


Abb. A.38: Klimaverlauf im Marmorsaal der SAM zur gleichen Jahreszeit. Die 1.900 m² der Sammlung werden mit fünf Radiatoren bzw. über die in den Wänden verlaufenden Steigsträngen beheizt und mit Einzel-Verdunstungsbefeuchtern konditioniert. (März - Mai 2005)

Es muss allerdings betont werden, dass die von Thermohygrographen dokumentierten Klimakurven stark geglättet abgebildet werden. Sie entsprechen damit allerdings, meiner Meinung nach, mehr der Wirklichkeit der Objekte.

Einführung

Die folgenden Abbildungen A.39 und A.40 zeigen den Klimaverlauf in der mit Klimaanlage konditionierten Schausammlung und im 2004 neu errichteten Depot des Tiroler Landesmuseums Ferdinandeum nach der Sanierung.

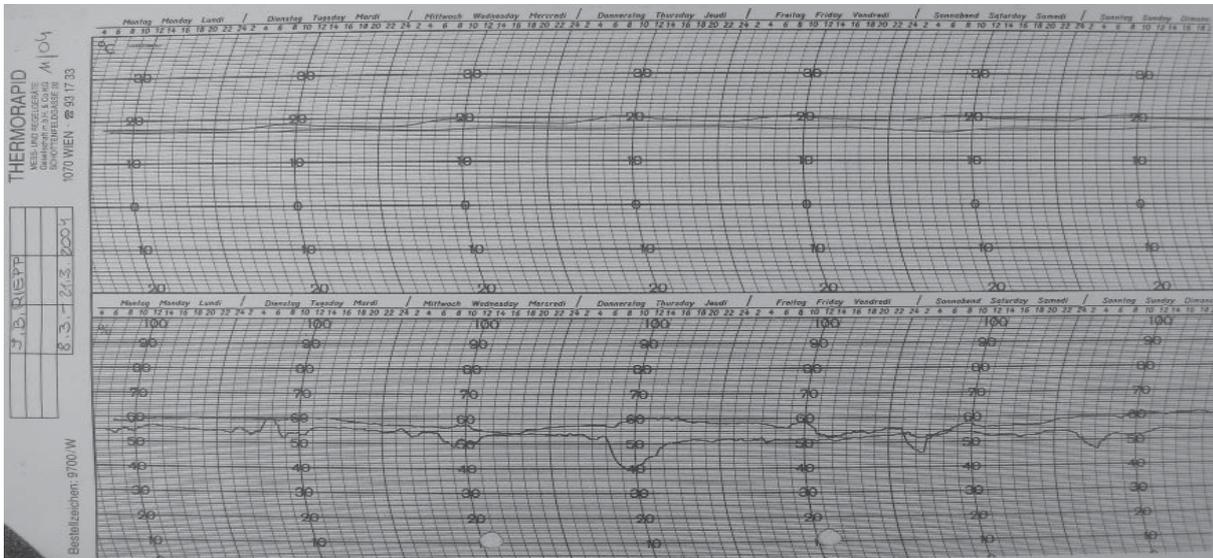


Abb. A.39: Klimaverlauf im Tiroler Landesmuseums Ferdinandeum, Innsbruck; die relative Feuchte zeigt eine Spreizung von 20 %rF innerhalb von 48 Std. (März 2004)

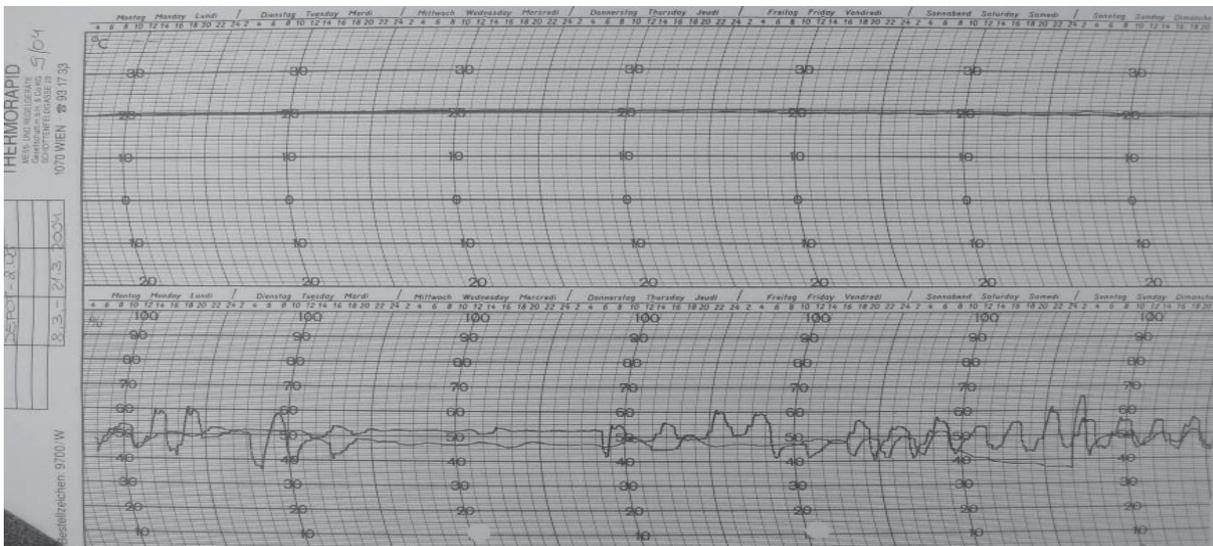


Abb. A.40: Klimaverlauf im Depot des Tiroler Landesmuseums Ferdinandeum, Innsbruck; Die Regelung der Klimaanlage „taktet“ um bis zu 20 %rF innerhalb weniger Stunden. (März 2004)

Diesen Kurven ist der Klimaverlauf von sechs Monaten im Außendepot der Sammlung alter Musikinstrumente (Winter 2008/09) gegenübergestellt: Der Stahlbetonbau aus den 1970er-Jahren wurde 2004 mit einer Aufputz-Wandtemperierung nachgerüstet; der rund 1.070 m³ umfassende Raum wird mit nur einem Kaltverdunster-Luftbefeuchter konditioniert. Die Heizkosten sind in Kap. C.4.4.1. ausgewertet.

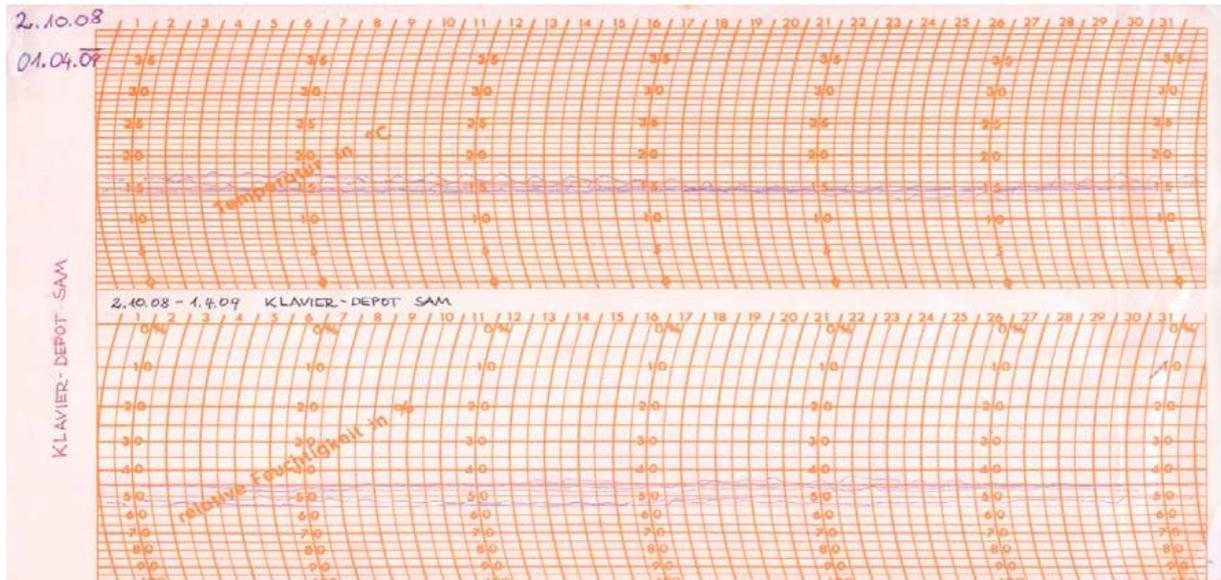


Abb. A.41: Klimaverlauf (6 Monate) im Außendepot der Sammlung alter Musikinstrumente Herbst/Winter 2008/09. Der Stahlbetonbau aus den 1970er-Jahren wurde 2004 mit einer Aufputz-Wandtemperierung nachgerüstet; der rund 1.070 m³ umfassende Raum wird mit nur einem Kaltverdunster-Luftbefeuchter konditioniert.

Depots sind durch Klimaanlage besonders gefährdet, da Kontrollen – im Gegensatz zu den Schausammlungen – viel seltener stattfinden. Abgesehen von den genannten Beispielen sind aus Kollegengesprächen zahlreiche Fälle bekannt, wo nach einer technischen Panne in der Klimaanlage Dampf oder Kondenswasser aus den Zuluftschächten ausgetreten ist und zu mehr oder weniger tiefgreifenden und irreversiblen Schäden geführt hat. Meist gelangen Informationen darüber nicht an die Öffentlichkeit. Nur ein paar kurze Zeitungsnotizen (Der Standard; 15.6.2005) bewirkte der Zwischenfall im neu errichteten Depot des Tiroler Landesmuseums, wo zum Jahreswechsel 2004/2005 aus dem im Deckenbereich angebrachten Zuluftkanal Dampf bzw. warmes Wasser in die Kompaktanlage des Gemäldedepots gelangte und dort großflächigen Schimmelbefall auslöste, wovon über 100 Gemälde betroffen waren und z. T. irreversible Schäden erlitten. Da das Gebrechen während der Weihnachtsfeier auftrat, blieb es über eine Woche unentdeckt.

Die langjährige Erfahrung mit Ausstellungsbegleitungen zeigt, dass die oben genannten Klimastandards nicht nur von den Leihgebern selbst in der Mehrzahl nicht eingehalten werden (die Objekte werden gleichsam „zur Kur“ auf Sonderausstellung geschickt), sondern auch von den Veranstaltern häufig nicht erfüllt werden können. Das Abweichen von den geforderten Werten führt kaum zu Konsequenzen seitens der Leihgeber (wie etwa vorzeitige Rücknahme der Objekte). Wie Jan Holmberg in einer europaweiten Studie festgestellt hat, werden eher, auch in den renommiertesten Museen, den bedeutendsten Kunstwerken der Kulturgeschichte relative Feuchtwerte unter 30 % zugemutet als etwa dem Museumspersonal oder den Besuchern eine Raumtemperatur von 15 °C (HOLMBERG 2001: 57).

Raumlufttechnische Anlagen haben zu keiner signifikanten Verbesserung und Erhöhung der Klimastabilität geführt, sind aber mit stark steigenden Betriebskosten, einem hohem Betreuungsaufwand und großem Gefahrenpotential verbunden: Im Falle von Klimapannen sind meist große Teile der Sammlungsbestände betroffen.

6.4. Das „optimale Museumsklima“ – neue Empfehlungen in der Fachliteratur

Die in dem Standardwerk „The Museum Environment“ von Garry Thomson genannten (THOMSON 1986), relativ eng definierten Raumluftkonditionen von Temperatur und relativer Feuchte (→ Kap. B.5.), die auch in den meisten internationalen Leihverträgen übernommen wurden, galten jahrzehntelang als Standardwerte für ein optimales Museumsklima („ICOM-Recommendations“). Dieser Ansatz wurde bereits in den 1990er-Jahren hinterfragt und gilt inzwischen als wissenschaftlich überholt. Entfacht wurde die in der Folge sehr kontroverse Diskussion 1993 von Stephan Michalski und 1994 von den Wissenschaftlern Erhard, Mecklenburg, Tumosa und McCommick des Smithsonian Conservation Analytical Laboratory (CAL), die größere Schwankungsbreiten (von 35-65 %rF und 11-31 °C) materialtechnisch begründet als konservatorisch tolerierbar darstellten (ohne allerdings Zeiträume für einen gleitenden Übergang zu definieren). Die Literatur dazu wurde bereits von J. Holmberg (HOLMBERG 1995) und M. Kotterer (KOTTERER 2004: 91f) gründlich aufgearbeitet, sodass hier darauf verzichtet werden kann.

Als neues Qualitätskriterium wird inzwischen die Konstanz des Klimaverlaufes bzw. die Änderung der Raumklimawerte innerhalb eines bestimmten Zeitraumes (pro Stunde, Tag, Woche) definiert. Dabei wurden die konservatorisch als tolerierbar eingeschätzten Eckwerte viel weiter gefasst als in den alten Standards, solange die Übergänge langsam und saisonal gleitend erfolgen. Für den deutschen Sprachraum hat Andreas Burmester folgende Aufstellung zusammengestellt (BURMESTER 2000) (Tab. A.1.)

Kriterium		Kennwert	Sollwert
relative Feuchte	1	Änderung der relativen Feuchte während einer Stunde	≤ 2,5 %
relative Feuchte	2	Änderung der relativen Feuchte während eines Tages	≤ 5,0 %
relative Feuchte	3	Minimal- und Maximalwerte der relativen Feuchte während einer Woche	Holz: 55...60 % Leinwand: 50...55 % Papier: 45...50 % Metall: 5...40%
relative Feuchte	4	Saisonales Gleiten der relativen Feuchte während eines Jahres	+ 5% (Sommer) ... - 5% (Winter) gegenüber den Wochenwerten [Punkt 3]
Temperatur	5	Änderung der Temperatur während einer Stunde	≤ 1 °C
Temperatur	6	Saisonales Gleiten der Temperatur während eines Jahres	4...28 °C

Tab. A.1: Klimarichtlinien für Museen und historische Gebäude nach A. Burmester (2000)

Dies bedeutet für Objekte aus gemischten Materialgruppen im mittleren Bereich (Zeile 3, Bereich „Leinwand“): In der Übergangszeit sollen die Werte der relativen Feuchte zwischen 50 und 55 % liegen, wobei Abweichungen von stündlich ±2,5 %, täglich ±5 %, saisonal nochmals +5 % im Sommer und -5 % im Winter als unbedenklich gelten. Damit erstreckt sich der Bereich der relativen Feuchte im Jahresverlauf zwischen 45 %rF im tiefen Winter bis zu 65 %rF im Hochsommer. (Höhere Werte der relativen Feuchte sind auch bei Holz zu vermeiden, da ab 70 %rF die Gefahr der Schimmelbildung stark ansteigt.)

Der Temperaturbereich wird sehr weit gedehnt (4...28 °C), wobei Temperaturen unter 18 °C konservatorisch generell als günstig anzusehen sind (vgl. Kühlschrank) und Temperaturen zwischen 24 und 28 °C nur für maximal 150 Std. im Jahr zugelassen werden sollten.

Von der *American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) wurden im Hinblick auf die hohen Kosten für Raumluftkonditionierung 1999 neue Klimastandards für Museen, Bibliotheken und Archive herausgegebenen und 2007 aktualisiert, die ebenso ein viel weiter gestecktes Sollwertfeld definieren und Kurzzeitschwankungen berücksichtigen (ASHRAE 1999; ASHRAE 2007). Allerdings wird auf saisonales Gleiten der Sollwerte nicht eingegangen (Abb. A.42).

Eine entscheidende Schlüsselgröße spielt dabei der Luftwechsel, worauf in Kapitel B.3.5. und B.5.2.4. genauer eingegangen wird.

Museums, Galleries, Archives, and Libraries

21.13

Table 3 Temperature and Relative Humidity Specifications for Collections

Type	Set Point or Annual Average	Maximum Fluctuations and Gradients in Controlled Spaces			Collection Risks and Benefits
		Class of Control	Short Fluctuations plus Space Gradients	Seasonal Adjustments in System Set Point	
General Museums, Art Galleries, Libraries, and Archives All reading and retrieval rooms, rooms for storing chemically stable collections, especially if mechanically medium to high vulnerability.	50% rh (or historic annual average for permanent collections) Temperature set between 15 and 25°C <i>Note:</i> Rooms intended for loan exhibitions must handle set point specified in loan agreement, typically 50% rh, 21°C, but sometimes 55% or 60% rh.	AA Precision control, no seasonal changes	±5% rh, ±2 K	Relative humidity no change Up 5 K, down 5 K	No risk of mechanical damage to most artifacts and paintings. Some metals and minerals may degrade if 50% rh exceeds a critical relative humidity. Chemically unstable objects unusable within decades.
		A Precision control, some gradients or seasonal changes, not both	±5% rh, ±2 K	Up 10% rh, down 10% rh Up 5 K, down 10 K	Small risk of mechanical damage to high-vulnerability artifacts, no mechanical risk to most artifacts, paintings, photographs, and books. Chemically unstable objects unusable within decades.
			±10% rh, ±2 K	RH no change Up 5 K; down 10 K	
		B Precision control, some gradients plus winter temperature setback	±10% rh, ±5 K	Up 10%, down 10% rh Up 10 K, but not above 30°C	Moderate risk of mechanical damage to high-vulnerability artifacts; tiny risk to most paintings, most photographs, some artifacts, some books; no risk to many artifacts and most books. Chemically unstable objects unusable within decades, less if routinely at 30°C, but cold winter periods double life.
		C Prevent all high-risk extremes	Within 25 to 75% rh year-round Temperature rarely over 30°C, usually below 25°C	High risk of mechanical damage to high-vulnerability artifacts; moderate risk to most paintings, most photographs, some artifacts, some books; tiny risk to many artifacts and most books. Chemically unstable objects unusable within decades, less if routinely at 30°C, but cold winter periods double life.	
D Prevent dampness	Reliably below 75% rh	High risk of sudden or cumulative mechanical damage to most artifacts and paintings because of low-humidity fracture; but avoids high-humidity delamination and deformations, especially in veneers, paintings, paper, and photographs. Mold growth and rapid corrosion avoided. Chemically unstable objects unusable within decades, less if routinely at 30°C, but cold winter periods double life.			

Abb. A.42: Empfehlungen für Klimakonditionierung für Museen, Archive und Bibliotheken aus dem ASHRAE Handbuch 2007

Für Musikinstrumentensammlungen kann als objektiv nur schwer quantifizierbares aber subjektiv leicht überprüfbares Qualitätskriterium für ein gutes Raumklima die Stimmhaltung von Saitenklavieren (Clavichord, Cembalo, Hammerklavier) herangezogen werden: Bei gutem Klimamanagement und nicht allzu extremen meteorologischen Bedingungen halten auch 200-300 Jahre alte Instrumente ihre Stimmung mehrere Monate; wenn sie in Vitrinen aufbewahrt werden (Spinett, Clavichord) mitunter auch über ein Jahr in einem musikalisch-ästhetisch tolerablen Bereich.

6.5. Erfahrungen nach den Generalsanierungen einzelner Bundes- und Landesmuseen

Zwar gibt es eine Untersuchung, die die Entwicklung und den Erfolg der ausgegliederten Bundesmuseen hinsichtlich Museumsmanagement und Kulturpolitik bewertet (KONRAD 2008); eine Studie, worin die Erfahrungen der einzelnen Bundessammlungen nach der jeweiligen Generalsanierung insbesondere im Hinblick auf konservatorische Verbesserungen evaluiert werden, steht allerdings noch aus. Immerhin wurden zwischen 1985 und 1995 mehr als 3,5 Milliarden Schilling im Zuge der sog. „Museums milliarden“ in die seit Jahrzehnten vernachlässigte Bausubstanz und Infrastruktur investiert. Einen summarischen Überblick gibt Manfred Koller, ohne allerdings im Rahmen des Zeitschriftenbeitrags auf Details eingehen zu können. Die damals im Kunsthistorischen Museum sehr kontrovers geführte Diskussion über Pro und Contra von Bauteiltemperierung vs. Klimaanlage wird notgedrungen diplomatisch verkürzt zu: „Klimatechnisch konnten bisher nicht alle Probleme gelöst werden, die sich aus der vorgegebenen Baustruktur und den heutigen konservatorischen Ansprüchen ergeben.“ (KOLLER 1995: 167). Das damals nicht bewältigte „Kalte-Wand-Problem“ hat 2008 zu neuerlichem Schimmelbefall in Saal IV geführt, der geschlossen werden musste und inzwischen mit einer Bauteiltemperierung nachgerüstet wurde (KÄFERHAUS-HUBER 2010).

Für die Sammlung alter Musikinstrumente liegt nach der Umbauphase 1989-1993 eine detaillierte Bilanz vor, die weitgehend in diese Arbeit eingeflossen ist (HUBER 1994/95).

Für das Museum für Angewandte Kunst hat Manfred Trummer eine allgemeine Beurteilung der 1988-1991 erfolgten Sanierung mit Fokussierung auf die Klimatisierung publiziert (TRUMMER 1994/95). Darin berichtet er u. a. über die Schwierigkeiten mit den ausführenden Firmen hinsichtlich der genauen Regelung der Klimaanlagen insbesondere bei meteorologisch kritischer Witterung, wie z. B. ein Ansteigen der relativen Feuchte in den Depots bei schwülem Sommerwetter auf bis zu 75 %rF bei 23 °C. Bezüglich der hier behandelten Thematik von besonderem Interesse ist eine Meinungsverschiedenheit mit dem Bauträger: Aufmerksam gemacht auf eine unzureichende Kühl- und Entfeuchterleistung der Anlage wurde zum Einbau einer zusätzlichen Kältemaschine geraten. Eine genauere Untersuchung durch den engagierten Haustechniker zeigte jedoch zwei gravierende Mängel der neuen Anlage auf: 1.) Durch ein falsch eingebautes Sperrwassersyphon konnte das reichlich anfallende Kondensat nicht abfließen und durchfeuchtete die anschließende Filterstrecke, wodurch die zuvor mit hohem Energieaufwand getrocknete und gekühlte Luft wieder befeuchtet wurde. 2.) Eine falsch justierte Regelklappe sowie eine fehlende Drossel bewirkten, dass die der Umluft beizumischende Frischluftmenge um das 2,5-fache überschritten wurde und somit die Kältemaschine im Hochsommer überfordert war. Nach Behebung der Mängel konnten auch die geforderten Werte eingehalten werden. Die abschließende Bemerkung deckt sich mit der Meinung anderer Kolleg/innen: *„Die durchaus positiven Erfahrungen, die wir seit der Inbetriebnahme der Klimaanlagen hinsichtlich der wesentlichen Verbesserung der Aufbewahrungsbedingungen für unsere Objekte sammeln konnten, sollten aber nicht über die Tatsache hinwegtäuschen, daß der laufende Betrieb und die Wartung einen großen finanziellen Aufwand verursachen. Es stellt sich für mich nach wie vor die Frage, ob nicht durch geeignete bauphysikalische Maßnahmen, einen geringeren Frischluftanteil und eine etwas längere Bauzeit, ein ähnliches Ergebnis bei wesentlich niedrigeren Kosten zu erzielen gewesen wäre“* (TRUMMER 1995: 120f). Der Stubenringtrakt verfügt teilweise über eine Außenbeschattung, teils befindet sich eine Beschattung im Dachzwischenraum. Im Weiskirchnertrakt gibt es keine Beschattung; der im Ausstellungsbereich auftretende überhöhte solare Wärmeeintrag (der im Sommer zu Raumtemperaturen bis zu 33 °C führt) wird von der Klimaanlage kompensiert.

Aus dem Technischen Museum, das 1992 geschlossen wurde und seit seiner Wiedereröffnung 1999 von der Öffentlichkeit sehr positiv wahrgenommen wird, gibt es keine offizielle Evaluierung des konservatorischen Sanierungserfolges. Allein in den Rohbau wurden ca. 800 Mio Schilling investiert, mit der spektakulären Hebung des Kuppeldaches konnte eine Ebene dazu gewonnen werden, und die Dachgeschosse wurden großzügig ausgebaut. Außenlichtschutzvorrichtungen wurden mit Verweis auf den Denkmalschutz abgelehnt, was im Sommer die inzwischen bekannten thermischen Probleme nach sich zieht (Zitat: „Bleikammern von Wien“). Auch der gläserne Eingangsbereich verfügt über einen viel zu großen Strahlungseintrag. Informationen dazu werden jedoch nur im persönlichen Gespräch und quasi vertraulich weitergegeben. Daraus ist bekannt, dass das Gesamtklima im freien Ausstellungsbereich während der Heizperiode und im Hochsommer die konservatorischen Grenzwerte überschreitet und starke Instabilitäten aufweist. Bei Anlieferungen im Winter (etwa bei Catering für Veranstaltungen) ist die große Kuppelhalle direkt mit der nach außen offenen Einfahrt verbunden, was (nach eigener Messung) zu einem Einbruch der relativen Feuchte im Kernbereich auf bis zu unter 25 %rF führt. Lediglich die Abteilung „Musiktechnik“ behilft sich mit einem teilklimatisierten Gebäudeabschnitt. Das große Lichtdach wurde nachträglich mit einer im Dachraum montierten Beschattung entschärft, nachdem an den darunter befindlichen Objekten (z. B. Etrich-Taube, Lilienthal-Gleiter) gravierende Licht- und Klimaschäden aufgetreten waren. Das Klima in den (in die unter Denkmalschutz stehenden ehemaligen Werksgebäude der Carl-Zeiss-Werke in Wien-Breitensee) ausgelagerten Depots ist in meteorologisch kritischen Zeiten und aufgrund mangelnden Sonnenschutzes konservatorisch unzutraglich. Es ist dokumentiert, dass die für einige Bereiche installierte Klimaanlage zeitweilig gleichzeitig kühlte und heizte, was zu stark fluktuierenden Raumklimawerten geführt hat.

Als gelungenes Beispiel kann das Oberösterreichische Landesmuseum (Schlossmuseum) in Linz genannt werden. Hier musste die Elektro-Nachtspeicherheizung 2003/04 wegen Asbestgefahr entsorgt werden; bei der Sanierung wurde als Ersatz dafür erstmals in einem österreichischen Museum eine Bauteiltemperierung gewählt. Im ersten Winter mit Vollbetrieb 2004 wurde seitens des Aufsichtspersonals die Raumtemperatur von 16 °C im 2. OG kritisiert. Dies war jedoch darauf zurückzuführen, dass die vom Planer (TB Käferhaus) vorgesehene Obergeschossdämmung nicht ausgeführt worden war, was jedoch zwei Jahre später behoben wurde. Die Raumklimawerte im Schlossmuseum zeichnen sich durch außergewöhnliche Konstanz aus; das in Abb. A. 43 dokumentierte Klima von 2 Wochen setzt sich über weitere 16 Wochen in der gleichen Qualität fort. In einigen Bereichen werden Verdunstungsbefeuchter eingesetzt.

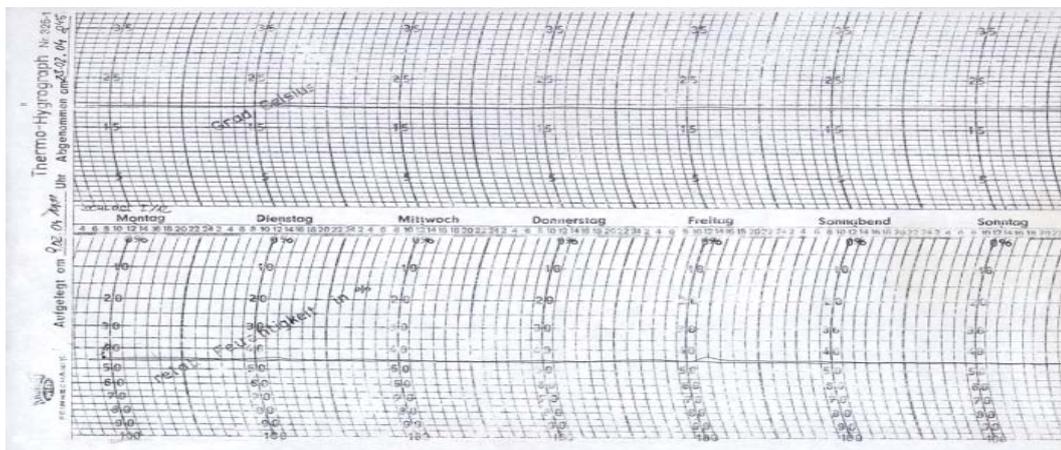


Abb. A. 43: Klimaverlauf in dem mit Wandtemperierung nachgerüsteten Ausstellungsbereich des OÖ Landesmuseums Linz (Schlossmuseum). Auf dem Thermohygrographenblatt sind zwei Wochen übereinander geschrieben.

6.6. Qualitäts-/Kosten-Evaluierung – Energieverbräuche in neu gebauten Museen

Ausgehend von der von Manfred Trummer formulierten Frage, „*ob nicht durch geeignete bauphysikalische Maßnahmen, [und] einen geringeren Frischluftanteil [...] ein ähnliches Ergebnis bei wesentlich niedrigeren Kosten zu erzielen gewesen wäre*“ leitet sich die Überlegung ab, nach einer „Kurzformel“ für eine quantitativ/qualitative Evaluierung für Museumsklima zu suchen: Was kostet die Bereitstellung von 1 m³ Museumsluft pro Jahr, wobei uns hier fürs Erste nur die Energiekosten anhand der meist relativ leichter zugänglichen Jahresenergieabrechnung interessieren sollen (die Kosten für Wartung, Instandsetzung etc. einer Klimaanlage müssten hier hinzugezählt werden, sind aber im KHM nicht einmal hausintern in Erfahrung zu bringen). Gleichzeitig wäre nach der maximalen Spreizung der Klimawerte, insbesondere der Raumluftfeuchte zu fragen, um hier ein vereinfachtes Qualitätskriterium für die Verlässlichkeit der Anlage bzw. das konservatorische Risiko durch die Haustechnik abzubilden. Der auch im sog. „Gebäudeausweis“ ausgewiesene spezifische Heizwärmebedarf in [W/m².a] erscheint beim Vergleich mit historischen Museumsbauten nicht zielführend, da sich bei letzteren aufgrund der großen Raumhöhen bis zu 6 m ein relativ schlechterer Werte ergeben würde.

Dankenswerterweise wurden vom Kunsthaus Graz, dem Kunstmuseum Lentos in Linz sowie dem Niederösterreichischen Landesmuseum St. Pölten Energieverbrauchsdaten und Klimawerte zur Verfügung gestellt, mit der Erlaubnis, sie in diesem Rahmen offenzulegen.

6.6.1. Kunsthaus Graz mit „Eisernem Haus“

Gesamtkubatur 34.848 m³

Wärmeverbrauch 01.07.2009 - 30.06.2010: 784.260 kWh = 22,5 kWh/m³.a

Strom 2009: 2,066.200 kWh = 59 kWh/ m³.a

Das Kunsthaus Graz verfügt über zwei Ausstellungsbereiche (Space 01 im 3. OG und Space 02 im 2. OG) sowie ein Zwischenlager im Vorfeld der Ausstellungen, das nicht als eigentliches Kunstdepot ausgewiesen ist. Die Klimawerte beziehen sich auf das Jahr 2010.

Space 01

Temperaturverlauf sehr stabil; Setpoint 1.2.2010 21 °C, ab Mai 22 °C Juli 23 °C; Schwankungen: Februar bis Juni +/- 1 K; Sommer +/- 2 K

relative Feuchte: Setpoint 50 %; Februar bis Juni: Werte 40...60 %rF mit tägl. +/- 5 %; Tiefstwert Februar 2010 ca. 28 %rF; Juli...August 50...90 % (da auf Anweisung der Kuratoren Brandrauchklappen geöffnet werden mussten). Ab September regelmäßiger Verlauf +/- 5 %, gelegentlich Anstieg auf 60 % und mehrmals Abfall auf +/-40 %. Ab Heizperiode unruhige Tendenz 40...50 %, einmal 31 %.

Gesamtspreizung Space 01: Temperatur 20...25 °C; relative Feuchte 28...90 % [62 %]

Space 02

Temperaturverlauf sehr stabil; Setpoint 1.2.2010 21 °C, ab Juni 22 °C; Schwankungen: +/-1 K
relative Feuchte: Setpoint 50 %; Februar bis Juni: Werte 40...55 %rF mit tägl. bis zu +/- 6 %; Tiefstwert zweimal ca. 28 %rF; im Sommer instabiler Verlauf 35...zweimal 75 % Ab September regelmäßiger Verlauf +/- 5 %, gelegentlich Anstieg auf 57 %; ab Dezember stark fluktuierend mit mehrmals Abfall auf unter 40 %.

Gesamtspreizung Space 02: Temperatur 21...23 °C; relative Feuchte 28...75 % [47 %]

Lager

Gesamtspreizung: Temperatur 22 °C +/- 2 K;

relative Feuchte: Februar...April stark fluktuierender Verlauf 48...64 %; vereinzelt Klimaeinbrüche <40 %; Mai...Ende Juli unruhig 40...62 %; danach stabiler Normalbetrieb 48...56 %; Mitte Oktober Ausfall der Dampfbefeuchtung, danach langsames Absinken bis 24 % im Dezember.

6.6.2. Kunstmuseum Lentos Linz

Aus dem 2003 eröffneten Lentos in Linz wurden mir nur der Energieverbrauch und die Kubatur aber trotz Nachfrage keine Klimadaten übermittelt. Die Flächenangaben stammen aus der Museumsbrochüre von Hatje Cantz.

Tab. A.2: Flächen- und rauminhaltbezogene Verbräuche von Heizwärme und Strom des Kunstmuseums Lentos

Ausstellungsfläche	3.000 m ²				
Depotfläche	2.500 m ²				
Nutzfläche	7.700 m ²				
Kubatur		62.000 m ³			
Heizwärmeverbrauch 2009			2,101.000 kWh		
Stromverbrauch 2009			1,865.000 kWh		
spezifischer Heizwärmeverbrauch				272,9 kWh/m ² .a	33,9 kWh/m ³ .a
Stromverbrauch				242,2 kWh/m ² .a	30,1 kWh/m ³ .a

Aus einer von mir 2006 durchgeführten Anfrage stammen die folgenden Werte:

Temperaturspreizung im Jahr: 19...26 °C

Spreizung der relativen Feuchte: 28...62 % [34%]

6.6.3. Niederösterreichisches Landesmuseum St. Pölten

Vom Niederösterreichischen Landesmuseum St. Pölten wurden freundlicherweise sehr detaillierte Daten und auch die Jahresklimakurve vom neuen Sonderausstellungsbereich zur Verfügung gestellt⁵⁸. Wegen einer Computerumstellung waren die Energieverbrauchswerte von 2009 nicht zugänglich, weshalb hier die Werte von 2008 angeführt sind. Für einzelne Teilbereiche des Museums wie etwa die Naturkunde (künstlicher Bach mit Pumpwerk, Aquarien, etc.), die Landeskunde und die Landesgalerie kann ein sehr unterschiedlicher Energieverbrauch erwartet werden, der nicht als typisch für ein Kunstmuseum gelten kann. Aufgrund der komplexen und ineinandergreifenden Gebäudestruktur sowie aus verwaltungstechnischen Gründen sind genaue Aussagen über die Verbräuche der einzelnen Bereiche nur bedingt bzw. angenähert möglich.

Gesamtfläche und Kubatur (Tab. A.3.)

	[m ²]	[m ³]
Depots	1764	
Büros	318	
Technikräume	1.014	
Ausstellungsflächen	5.359	
Gesamtfläche	8.455	
Gesamtkubatur		53.225

⁵⁸ Herrn Ing. Reinhard Kern danke ich für die freundliche und mit viel Detailarbeit verbundene Hilfe und mehrfache Auskunft.

Einführung

Energieverbrauch 2008 Landesgalerie (Tab. A.4.)

	Verbrauch [kWh]	Grundfläche [m ²]	Kubatur [m ³]	[kWh/m ² .a]	[kWh/m ³ .a]
Landesgalerie 1A		337	1.759		
Landesgalerie 1B		209	1.091		
Landesgalerie 2		166	788		
Gesamt		712	3.638		
Vorheizregister	12.250				
Nachheizregister	74.749				
Summe Heizung	86.999			122	23,9
Kältereister	100.565			141	27,6
Summe Wärme+Kälte	187.564			263	51,5

Energieverbrauch 2008 Landeskunde (Tab. A.5.)

	Verbrauch [kWh]	Grundfläche [m ²]	Kubatur [m ³]	[kWh/m ² .a]	[kWh/m ³ .a]
Landeskunde EG		200	1.530		
Vorheizregister	1.631				
Nachheizregister	53.737				
Summe Heizung	55.368			276,8	36,2
Kältereister	84.473			422,4	55,2
Summe Wärme+Kälte	139.841			699,2	91,4

Der hohe Verbrauch im Bereich „Landeskunde“ erklärte sich aus der Tatsache, dass der Gebäudeabschnitt drei freie Außenwände und ein Betondach mit nur 10 cm Dämmung aufweist. In der Zwischenzeit finden dort nur mehr Filmvorführungen statt, was keine so kostenintensive Konditionierung erfordert.

Energieverbrauch 2008 gesamt (Tab. A.6.)

	Verbrauch [kWh]	Grundfläche [m ²]	Kubatur [m ³]	[kWh/m ² .a]	[kWh/m ³ .a]
		8.455	53.225		
Strom	2.550.963			301,7	47,9
Fernwärme Museum	800.970				
Fernwärme Shedhalle	539.457				
Museum + Shedhalle	1.340.427			158,5	25,2
Gesamtenergieverbrauch	3.891.390			460,2	73,1

Die Gebäudekühlung erfolgt mit Strom; der Gesamtstromverbrauch umfasst Kühlung und Beleuchtung. Charakteristisch für die Architektur des NÖ Landesmuseums St. Pölten sind die großen Glasflächen ohne Außenbeschattung. Der Sonnenschutz für die Oberlichtfenster der Landesgalerie ist im darüber liegenden Dachzwischenraum untergebracht. Für die zu erwartende Kühlleistung wurde vom Projektanten eine spezifische Kühllast von 110 W/m^2 errechnet⁵⁹. Die hohen Kosten für die Kühlung haben bald nach Eröffnung des Museums zu Maßnahmen zur Minimierung des sommerlichen solaren Strahlungseintrags geführt, die 2010 noch nicht abgeschlossen waren⁶⁰. Nach Auskunft der Restauratorin ist die Landesgalerie im Obergeschoss aufgrund fehlender Außenbeschattung einer starken Wärmebelastung ausgesetzt. Auffallend hoch ist der Kühlenergiebedarf im Bereich Landeskunde, der mehr als 50 % über dem winterlichen Heizwärmebedarf liegt.

Die Klima-Jahreskurven von 2010 zeigen die klimatische Situation im 2009 eröffneten fensterlosen Sonderausstellungsbereich im Obergeschoss: Sie dokumentieren das Resultat einer relativ neuen und gut gewarteten Klimaanlage. Die Temperaturkurve verläuft (wie bei den meisten Klimaanlage) bei $\pm 21 \text{ }^\circ\text{C}$ sehr konstant. Mitte August könnte für etwa eine Woche ein Ausfall der Kältemaschine stattgefunden haben. Die relative Feuchte verläuft über weite Strecken im Sollbereich von $50 \text{ } \pm 3 \text{ } \%$. Von Interesse sind jedoch die vereinzelt Einbrüche⁶¹ bzw. „peaks“: Sie weisen auf die bauphysikalische Eigendynamik des Gebäudes hin und verraten, was passieren würde, wenn die Klimaanlage ausfiele. Da es sich hier zweifellos um die besten Klimakurven des Hauses handelt, die auch den Leihgebern für Sonderausstellungen im „facility report“ vorgelegt werden, kann man davon ausgehen, dass die Klimakonditionen z. B. in dem zur großen Mittelhalle offenen Bereich der Landesgalerie einen weniger konstanten Verlauf aufweisen (Abb. A.44).

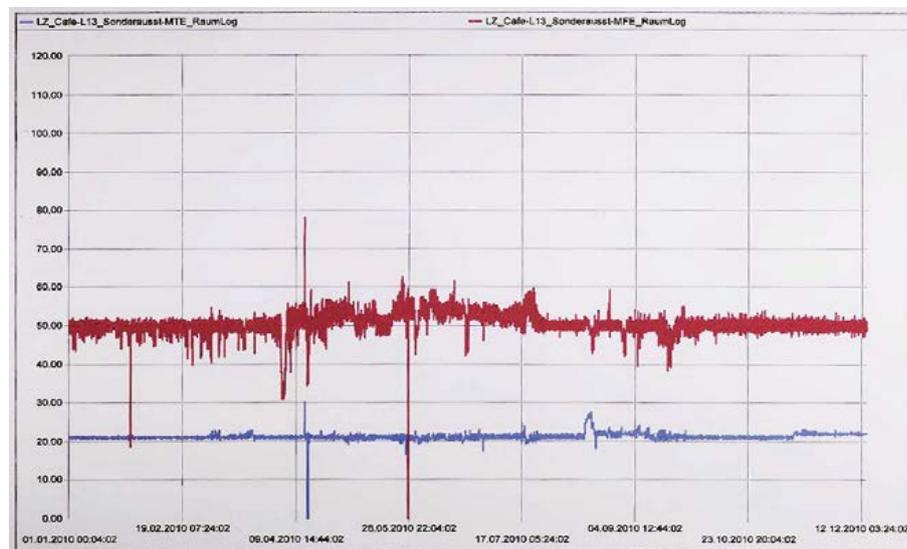


Abb. A.44: Klimaverlauf 2010 im Sonderausstellungsbereich des NÖ Landesmuseums St. Pölten

59 Dr. Shebl & Partner, Kühllastberechnung VDI 2078 vom 27.6.2001, Blatt 73

60 2010 wurden folgende Optimierungsarbeiten im Bereich Energieeffizienz durchgeführt: Kleinere Kältemaschine für den Übergangsbetrieb; Wärmerückgewinnung der großen Maschine im Sommerbetrieb (Nutzung der Abwärme nach Entfeuchten); Tönungsfolien im Naturkundebereich (Glasbogenfeld); Zählerdatenerfassung mit Auswerteeinheit (Lastabwurf) um bei Spitzenverbräuchen Geräte wegschalten zu können (E-Max).

61 Die „Zacken“ Anfang Februar und am 28.5.09 sind höchstwahrscheinlich auf einen Übertragungsfehler der Datenleitung zurückzuführen.

Zusammenfassung

Kunstwerke haben über Jahrhunderte ohne technisch gestützte Klimatisierung überdauert. Dabei dürfte der Konstanz des Raumklimas eine größere Bedeutung zukommen als dem Einhalten enger „Idealwerte“ (sog. ICOM-Klimastandardwerte), die inzwischen als überholt angesehen werden müssen. Klimaanlage sind kein Garant für ein konstantes schadenspräventives Klima in Museen; im Falle einer Panne sind meist große Teile der Sammlungen betroffen. Die meisten Sammlungen der Bundes- und Landesmuseen haben auch nach deren Generalsanierung mehr oder weniger Probleme mit dem Raumklima. Die steigenden Kosten für Heizung, Lüftung und Klimatisierung (insbesondere die Kühlung) belasten die Budgets signifikant.

Abschnitt B - Rahmenbedingungen

Wie bereits dargelegt, besteht das Ziel dieser Arbeit darin, die schadenspräventive Aufbewahrung und Präsentation der Sammlungsobjekte sowie die konservatorisch relevanten Betriebsabläufe des „Museums Neue Burg“ soweit wie möglich zu optimieren. Dies ist nur unter einem ganzheitlichen, ökologischen bzw. systemischen Blickwinkel möglich.

Jedes soziale System (Familie, Gruppe, Firma, etc.) ist bestimmt durch Rahmenbedingungen, von denen normalerweise die meisten variabel, einige wenige hingegen mehr oder weniger unveränderlich sind. Allerdings werden innerhalb des Systems die bestehenden Rahmenbedingungen von den meisten handelnden Akteuren überwiegend als „Sachzwänge“ d. h. als invariabel empfunden.

In diesem Abschnitt werden acht unterschiedliche, für das „System Museum“ als relevant eingestufte Themenbereiche in den Blick genommen und bezüglich ihrer Auswirkungen auf das Gesamtsystem untersucht. Einige Rahmenbedingungen wie z. B. das durchschnittliche meteorologische Außenklima sind tatsächlich als unbeeinflussbar einzustufen; andere wie etwa die rechtlichen Grundlagen und die konservatorischen Mindeststandards sollten im Prinzip ebenfalls als unveränderlich und somit als verbindliche Sachzwänge einzustufen sein; dies ist jedoch, wie die Realität zeigt, nicht unbedingt der Fall. Andere wiederum wie die Kommunikationsstruktur sind weitgehend flexibel zu gestalten und für den Erfolg eines sozialen Systems von entscheidender Bedeutung.

1. Rechtliche Rahmenbedingungen
2. Bauliche Rahmenbedingungen
3. Haustechnische Aspekte
4. Meteorologische Rahmenbedingungen
5. Konservatorische Aspekte
6. Physiologische Aspekte
7. Betriebliche Aspekte
8. Systemische Aspekte

Eine (wie oben) nacheinander gereichte Aufzählung suggeriert unbewusst auf den ersten Blick eine Wertigkeit der unterschiedlichen Themenkreise. Dies ist zwar insofern nicht gänzlich unzulässig, als die Änderung von Gesetzen oder der Bausubstanz unvergleichlich schwieriger durchzuführen ist als etwa interne Änderungen von Öffnungszeiten, Lüftungsregeln oder des Nutzerverhaltens. Dennoch ist aus der linearen Darstellungsform die vernetzte Wechselbeziehung zwischen den einzelnen Themenkreisen nicht ersichtlich. Es ist jedoch einsichtig, dass etwa die baulichen Gegebenheiten im Zusammenspiel mit dem meteorologischen Geschehen unmittelbaren Einfluss auf das Raumklima haben müssen, wobei die rechtlichen Rahmenbedingungen die Zuständigkeit beispielsweise für die Errichtung von Sonnenschutzeinrichtungen definieren.

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

Als besseres Denkmodell für jedes System ist deshalb eine räumlich vernetzte, dynamisch interagierende Struktur ähnlich einem Molekül oder Kristallgitter vorzustellen, wobei von jedem Gitterpunkt wechselwirksame Prozesse zu jedem anderen Gitterpunkt ausgehen. Daraus wird ersichtlich, dass die Änderung jedes Einzelparameters durch Rückkoppelungen das ganze System mehr oder weniger stark beeinflusst (Abb. B.1).

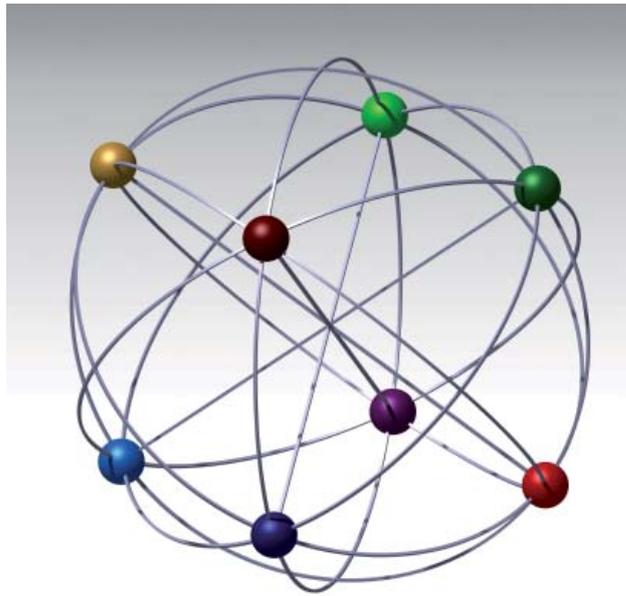


Abb. B.1: Systemisches Denkmodell für die Rahmenbedingungen des Museumsbetriebes (Grafik: Florentine Huber)

Das *Ökosystem Museum* funktioniert dann „nachhaltig“, wenn alle Parameter entsprechend berücksichtigt und dahingehend optimiert werden, dass das System als Ganzes unter möglichst effizientem Einsatz der vorhandenen Mittel dem möglichst schadenspräventiven Fortbestand der Sammlungsobjekte dient.

1. Rechtliche Rahmenbedingungen

In diesem Kapitel werden themenrelevante Rechtsvorschriften und internationale Abkommen untersucht, die seitens der in der Neuen Burg agierenden Institutionen beachtet werden müssen. Zur leichteren Orientierung sind die entsprechenden Passagen bzw. Schlüsselbegriffe markiert.

1.1. Bundesmuseengesetz und Museumsordnung

1.1.1. Bundesmuseengesetz

Alle in der Neuen Burg untergebrachten Sammlungen und Institutionen des Kunsthistorischen Museums wie auch der Österreichischen Nationalbibliothek sind Einrichtungen des Bundes, deren Betrieb durch das Bundesmuseengesetz 2002, BGBl. I Nr. 14/2002, zuletzt geändert durch das Bundesgesetz BGBl. I Nr. 52/2009, geregelt wird (§1 Z 2 und Z 8 BMG).

In § 2 werden diese Einrichtungen als wissenschaftliche Anstalten öffentlichen Rechts des Bundes und die damit verbundenen kulturpolitischen und wissenschaftlichen Aufgaben definiert. Thematisch relevant sind der Auftrag zur sorgfältigen Bewahrung der Sammlungsbestände sowie die Verpflichtung zur zweckmäßigen, wirtschaftlichen und sparsamen Gebarung. Dafür ist die Geschäftsführung dem zuständigen Bundesministerium gegenüber verantwortlich und berichtspflichtig (3). Die Bundesmuseen und die ÖNB unterliegen der Kontrolle durch den Rechnungshof (4):

§ 2. (1) Die in § 1 Z 1 bis 7 genannten Einrichtungen sind wissenschaftliche Anstalten öffentlichen Rechts des Bundes, denen unbewegliche und bewegliche Denkmale im Besitz des Bundes zur Erfüllung ihres kulturpolitischen und wissenschaftlichen Auftrags als gemeinnützige öffentliche Aufgabe anvertraut sind und die mit In-Kraft-Treten der Museumsordnung (§ 6) eigene Rechtspersönlichkeit erlangen. Die im Folgenden als Bundesmuseen bezeichneten Anstalten sind kulturelle Institutionen, die im Rahmen eines permanenten gesellschaftlichen Diskurses die ihnen anvertrauten Zeugnisse der Geschichte und Gegenwart der Künste, der Technik, der Natur sowie der sie erforschenden Wissenschaften sammeln, konservieren, wissenschaftlich aufarbeiten und dokumentieren und einer breiten Öffentlichkeit zugänglich machen sollen. Sie sind ein Ort der lebendigen und zeitgemäßen Auseinandersetzung mit dem ihnen anvertrauten Sammlungsgut. Ihr Wirkungsbereich wird, entsprechend den jeweiligen historischen und sammlungsspezifischen Voraussetzungen, in den einzelnen Museumsordnungen geregelt. Die Bundesmuseen sind dazu bestimmt, das ihnen anvertraute Sammlungsgut zu mehrern und zu bewahren und es derart der Öffentlichkeit zu präsentieren, dass durch die Aufbereitung Verständnis für Entwicklungen und Zusammenhänge zwischen Gesellschafts-, Kunst-, Technik-, Natur- und Wissenschaftsphänomenen geweckt wird. Als bedeutende kulturelle Institutionen Österreichs sind sie dazu aufgerufen, das österreichische Kulturleben zu bereichern, das Kulturschaffen der Gegenwart, die aktuellen Entwicklungen der Technik und die Veränderungen der Natur zu registrieren und deren Zeugnisse gezielt zu sammeln und das Sammlungsgut im Sinne des spezifisch kulturpolitischen Auftrags jedes Hauses ständig zu ergänzen. Dabei pflegen sie den Austausch mit Museen in Österreich und anderen Ländern im Ausstellungs- und Forschungsbereich. Als umfassende Bildungseinrichtungen entwickeln sie zeitgemäße und innovative Formen der Vermittlung besonders für Kinder und Jugendliche. Sie sind zu einer möglichst zweckmäßigen, wirtschaftlichen und sparsamen Gebarung verpflichtet.

In § 4 Abs.1 wird nochmals der allen Bundesmuseen (§ 2) gemeinsame Zweck, nämlich der Ausbau, die Bewahrung, wissenschaftliche Bearbeitung und Erschließung, Präsentation und Verwaltung des dem jeweiligen Bundesmuseum auf Dauer oder bestimmte Zeit gemäß § 5 Abs. 1 überlassenen oder von ihm erworbenen Sammlungsgutes unter Beachtung der Grundsätze der Zweckmäßigkeit, Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit, genannt. Die besondere Zweckbestimmung jedes einzelnen in § 2 aufgezählten Bundesmuseums ist in einer jeweils gesonderten *Museumsordnung* zu regeln, deren Inhalte in § 6 festgelegt werden.

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

1.1.2. Museumsordnung

Die Museumsordnung für das Kunsthistorische Museum mit Museum für Völkerkunde und Österreichischem Theatermuseum ist durch § 6 Abs. 1 des Bundesmuseen-Gesetzes 2002, BGBl. I Nr. 14/2002, zuletzt geändert durch das Bundesgesetz BGBl. I Nr. 52/2009, begründet und definiert Rechtsform und Aufgaben der genannten Einrichtungen.

§ 1. (1) Das Kunsthistorische Museum (KHM) mit Museum für Völkerkunde (MVK) und Österreichischem Theatermuseum (ÖTM) ist eine wissenschaftliche Anstalt öffentlichen Rechts des Bundes. Sie unterliegt der Aufsicht der Bundesministerin/des Bundesministers für Unterricht, Kunst und Kultur. Bei der Erfüllung ihres kulturellen und wissenschaftlichen Auftrags beachtet sie [international anerkannte ethische Standards](#).

(2) Die wissenschaftliche Anstalt verfolgt ausschließlich und unmittelbar gemeinnützige Zwecke im Sinne der Bundesabgabenordnung (BAO), BGBl. Nr. 194/1961, und ist nicht auf Gewinn ausgerichtet. Der Zweck und die Aufgaben der wissenschaftlichen Anstalt sind durch das Bundesmuseen-Gesetz 2002, BGBl. I Nr. 14/2002, und diese Museumsordnung bestimmt.

In § 4 werden die Museen verpflichtet, die aktuellen konservatorischen Standards einzuhalten.

§ 4. Die Sammlungsbestände gemäß § 17, § 18 und § 19 werden [unter Bedachtnahme auf aktuelle museologische, wissenschaftliche, logistische, sicherheitstechnische, klimatische, konservatorische und restauratorische Standards](#) bewahrt.

Durch die in § 1 Abs. 1 sowie in § 4 erwähnten ethischen und konservatorischen Standards sind die Museen gesetzlich verpflichtet etwa die Ethischen Richtlinien des Internationalen Museumsrates (ICOM Code of Ethics) einzuhalten. Durch die Definition der Museumsobjekte in § 2 als Denkmale, findet das Denkmalschutzgesetz seine Anwendung. Im Gegensatz zu den älteren Fassungen der Museumsordnung für das KHM (z.B. von 1989) wird nicht definiert, wer für die Einhaltung der klimatischen, konservatorischen und restauratorischen Standards direkt verantwortlich ist. Auch ist nicht geklärt, was im Falle von Unzulänglichkeiten zu geschehen hat.

1.2. Ethische Richtlinien des Internationalen Museumsrates

(Code of Ethics, International Council of Museums, ICOM)

Das *International Council of Museums* (ICOM, deutsch: Internationaler Museumsrat) ist eine internationale, nichtstaatliche Organisation für Museen, die 1946 in Zusammenarbeit mit der UNESCO gegründet wurde. Das Ziel der Organisation, dessen Generalsekretariat sich in Paris befindet, ist es, weltweit die Interessen von Museen zu unterstützen. Mit seinen 117 nationalen Komitees und 30 internationalen Fachkomitees ist es die größte globale Museumsorganisation. 1986 wurde auf der 15. ICOM-Vollversammlung in Buenos Aires der so genannte *ICOM Code of Ethics* (Ethische Richtlinien für Museen von ICOM) gleichsam als gemeinsame „Verfassung“ der Museen formuliert und einstimmig angenommen. 2001 in Barcelona (Spanien) und 2004 in Seoul (Südkorea) folgten Ergänzungen bzw. Revisionen, die ebenfalls von der jeweiligen Vollversammlung verabschiedet wurden. Die von den deutschsprachigen Nationalkomitees autorisierte Fassung wurde 2006 vorgelegt (für die Schweiz 2010); sie unterscheidet sich im Aufbau und in der Reihenfolge der Themen – nicht aber inhaltlich - z. T. von den älteren Fassungen¹. Die Ethischen Richtlinien für Museen von ICOM bilden die Grundlage der professionellen Arbeit von Museen und Museumsfachleuten. Bei der Aufnahme in die Organisation verpflichten sich die Mitglieder, diesen Kodex zu befolgen (ICOM Code 2006). In der Präambel des Textes wird der Status des Code of Ethics definiert:

„Die Ethischen Richtlinien für Museen von ICOM wurden vom Internationalen Museumsrat erarbeitet. Sie beinhalten die Berufsethik von Museen, auf die in den ICOM-Statuten Bezug genommen wird. Die „Ethischen Richtlinien“ spiegeln Prinzipien wider, die in der internationalen Museumswelt allgemein anerkannt sind. Die Mitgliedschaft bei ICOM und die Zahlung der jährlichen Beiträge an ICOM gelten als Anerkennung der „Ethischen Richtlinien für Museen von ICOM“.

Ausdrücklich wird darauf hingewiesen, dass es sich dabei um einen Mindeststandard für Museen handelt. Dieser wird im Glossar definiert als *„Ein Standard, der nach realistischem Ermessen von allen Museen und deren Mitarbeiter/innen erwartet werden kann. Manche Länder haben eigene Mindeststandards festgelegt.“* (ICOM CODE 2006: 29) Die Richtlinien, die in acht Kapiteln differenzierter behandelt werden, *„präsentieren eine Reihe von Grundsätzen, die durch Verhaltensrichtlinien innerhalb der beruflichen Praxis ergänzt werden. In einigen Ländern/Staaten sind gewisse Mindeststandards durch Gesetze oder staatliche Vorschriften geregelt...“* (ICOM CODE 2006: 4).

Die Thematik der Konservierung und Restaurierung wird im 2. Abschnitt behandelt, wobei der Schadensprävention Vorrang vor der Intervention eingeräumt wird:

„2.23 – Vorbeugende Konservierung

Vorbeugende Konservierung (preventive conservation) ist ein wichtiges Element der Museumstätigkeit und der Sammlungspflege. Es ist eine wesentliche Verantwortung der Museumsmitarbeiter/innen, ein schützendes Umfeld für die in ihrer Obhut befindlichen Sammlungen zu schaffen und zu erhalten, sei es im Depot, bei der Präsentation oder beim Transport.

2.24 – Konservierung und Restaurierung der Sammlungen

Das Museum soll den Zustand seiner Sammlungen sorgfältig beobachten, um zu entscheiden, wann ein Objekt oder Exemplar Konservierungs- oder Restaurierungsarbeiten benötigt und den Einsatz eines qualifizierten Konservators/Restaurators erforderlich macht. Das eigentliche Ziel soll darin liegen, den Zustand des Objekts oder Exemplars zu stabilisieren. ...“ (ICOM Code 2006: 16).

Mit den in Kap. A.5. beschriebenen Klimakonditionen in Ausstellungsräumen, Depots und Restaurierwerkstätten werden die vom ICOM Code of Ethics eingeforderten Mindeststandards für Museen in der Neuen Burg über größere Zeiträume nicht erfüllt.

¹ <http://www.icom-oesterreich.at/> (29.12.2010)

1.3. Agenda 21

Wie in der Einführung erwähnt, wurde die *Agenda 21* als entwicklungs- und umweltpolitisches Aktionsprogramm zur nachhaltigen Entwicklung für das 21. Jahrhundert auf der „*Konferenz für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen*“ (UNCED) 1992 in Rio de Janeiro von 180 Staaten, darunter auch von Österreich, akkordiert. Nachhaltige Entwicklung – und damit die Agenda 21 – erklärte man zur Leitlinie öffentlichen Handelns. Unter dem Motto „Global denken – lokal handeln“ wurde jede Verwaltungsebene der Unterzeichnerländer aufgerufen, eine eigene lokale Agenda 21 zu erarbeiten. In der Folge des 2002 in Johannesburg abgehaltenen „*Weltgipfels für nachhaltige Entwicklung*“ wurde auch in Österreich im Auftrag der Landesumweltreferentenkonferenz ein Arbeitsprogramm zur österreichweiten Etablierung der *Lokalen Agenda 21* ausgearbeitet und in einer gemeinsamen Erklärung am 9.10.2003 publiziert². Es ist klar, dass ein „Agenda 21-Projekt“ von einer Dorfgemeinde, einer Stadt oder von einem Bundesland als solches deklariert, projektiert und umgesetzt und abschließend evaluiert werden muss. Doch die in den Leitlinien formulierten Ziele decken sich weitgehend mit den in dieser Arbeit formulierten Vorstellungen bezüglich der Verantwortung der überwiegend aus Steuermitteln finanzierten Akteure in öffentlich-rechtlichen Institutionen gegenüber der Allgemeinheit, und sie bildeten auch Antrieb und Motivation für die Entwicklung eines nachhaltigen Gesamtklimakonzepts für die Neue Burg. Durch die Agenda 21 wären (neben der EU-Gebäuderichtlinie → Kap. B.1.8.) alle Voraussetzungen für eine Verpflichtung zur nachhaltigen Sanierung von Bundesgebäuden gegeben. Da im Bereich der Bundesmuseen die gesetzliche Verbindlichkeit der Agenda 21-Ziele auch im Rahmen der Museumsreform bisher nicht diskutiert wurden, und im Hinblick darauf, dass viele dieser Entschlüsse mehr als 10 Jahre zurückliegen, ohne dass grundlegende (thermische) Sanierungs- und Energiesparprogramme im Umfeld der Bundesmuseen implementiert wurden, seien hier die wichtigsten themenspezifischen Passagen im Wortlaut zitiert:

Gemeinsame Erklärung zur Lokalen Agenda 21 in Österreich

1. Einleitung

Die Agenda 21, das Programm für eine weltweite Nachhaltige Entwicklung, wurde beim UN-Erdgipfel in Rio 1992 von 180 Staaten beschlossen und durch die UN-Weltkonferenz für Nachhaltige Entwicklung in Johannesburg 2002 bestätigt. Den Gemeinden und Regionen kommt eine wesentliche Rolle bei der Umsetzung einer Nachhaltigen Entwicklung zu: „Jede Gemeinde/jede Region soll mit ihren BürgerInnen, Organisationen und der Wirtschaft in einen Dialog eintreten und eine Lokale Agenda 21, ein Leitbild für eine Nachhaltige Entwicklung, beschließen und umsetzen.“ (Agenda 21, Kapitel 28) Weltweit wurde die LA 21 in 113 Staaten mehr als 7000 Mal umgesetzt; In Europa gibt es bereits mehr als 5000 Agenda 21-Gemeinden und -Regionen. Davon entfallen auf Österreich Prozesse in 149 Gemeinden (Stand Februar 2003 – ca. 7% aller Gemeinden) und 7 Regionen.

Die „Lokale Agenda 21“ ist der Musteransatz zur Umsetzung einer Nachhaltigen Entwicklung auf kommunaler und regionaler Ebene. Sie tritt nicht anstelle bestehender Ansätze, sondern versteht sich als Integrations- und Vernetzungsinstrument.

Im Johannesburg-Umsetzungsplan (Art. 149) wird die Notwendigkeit zur Stärkung der kontinuierlichen Unterstützung für Lokale Agenda 21-Prozesse zur Umsetzung der Agenda 21 und der Johannesburg-Ziele besonders hervorgehoben.

Die Kommunen der Welt bekräftigen in ihrer Erklärung zum Weltgipfel für Nachhaltige Entwicklung in Johannesburg 2002 erneut ihre Unterstützung der Agenda 21 und verpflichten sich

„... Entwicklungsstrategien zu entwerfen, welche die wirtschaftlichen, sozialen, kulturellen und Umweltaspekte der Entwicklung integrieren;

... innerhalb der nächsten zehn Jahre auf den Erfolgen der Lokalen Agenda 21 aufzubauen und ihre Umsetzung mit Hilfe von LA 21-Kampagnen und –Programmen zu beschleunigen;

... eine neue tiefgreifende Kultur der Nachhaltigkeit in unseren Städten und Gemeinden zu entwickeln ...“

Die für die horizontale Koordination der Nachhaltigen Entwicklung zuständigen EU-Minister

² <http://www.nachhaltigkeit.at/article/archive/25543> (20.1.2011)

haben im Anschluss an den Johannesburg Gipfel im September 2002 nochmals unterstrichen, „dass auf allen Ebenen gehandelt werden muss, wobei insbesondere auf lokalen Prozessen im Rahmen der Agenda 21 aufzubauen ist.“

Die EU-Kommission stellt in ihrer Mitteilung zur EU-Nachhaltigkeitsstrategie fest:

„Um auf lokaler Ebene Veränderungen durchzusetzen, haben sich Initiativen wie die Lokale Agenda 21 als effizientes Mittel zur Konsensbildung bewährt. [...] Dass sich immer weitere Teile der Bevölkerung das Ziel der Nachhaltigen Entwicklung zu eigen machen, hängt ebenfalls von einer größeren Offenheit der Politik ab und von der Erkenntnis, dass auch der Einzelne durch sein eigenes Verhalten tatsächlich etwas bewirken kann. Beispielsweise ist es mit der Lokalen Agenda 21 gelungen, die Nachhaltige Entwicklung auf kommunaler Ebene wirksam zu fördern.“ Im Europäischen Raumentwicklungskonzept EUREK kommen die in der EU für Raumordnung zuständigen Minister in Potsdam im Mai 1999 zu dem Schluss:

„Den Mitgliedstaaten, regionalen und lokalen Gebietskörperschaften wird vorgeschlagen, sich mit Konzepten und Projekten an der Erarbeitung und Umsetzung regionaler und lokaler Agenden 21 zu beteiligen.“

Die Landesumweltreferentenkonferenz hat am 28. Mai 1999 beschlossen: „Die Landesumweltreferenten begrüßen Lokale Agenda 21-Prozesse auf Gemeindeebene als dezentrale Keimzellen für eine Nachhaltige Entwicklung im Bundesland unter Einbindung aller Beteiligten und Betroffenen. Die Umweltreferenten sprechen sich für die Initiierung und Förderung Lokaler Agenda 21-Prozesse aus.“

2. Was sind die Ziele einer Lokalen Agenda 21?

2.1. Konkretisieren und Umsetzen einer „Nachhaltigen Entwicklung“ im täglichen Denken, Entscheiden und Handeln

2.2. Erneuern, Stärken und Sichern gewachsener Strukturen im ländlichen Raum und in den urbanen Zentren als pro-aktive Antwort auf die Globalisierung

2.3. Hilfe zur Selbsthilfe, um maßgeschneiderte Lösungen für die Gemeinde/Region hervorzu-bringen (Sichtbarmachen von Potenzialen, Aktivieren von lokalem Know-how, das durch keine externe Expertise zu ersetzen ist)

2.4. Setzen wichtiger Impulse im Sinne direkter Demokratie durch Einbeziehung breiter Bevölkerungsschichten (gesteigertes Bürgerengagement, Förderung der Eigenverantwortlichkeit für den Lebensraum, Erhöhung der Identifikation mit dem Lebensumfeld)

2.5. Stärken des sozialen Zusammenhalts und Förderung einer neuen Beziehungskultur zwischen dem politisch-administrativen System und den BürgerInnen im Sinne einer gemeinsamen Verantwortung

2.6. Das Prinzip der Geschlechter-Gerechtigkeit fördern und umsetzen

2.7. Sichern des ökologischen Erbes bzw. Gleichgewichts (Verbessern der Umweltsituation durch z.B. nachhaltigen Umgang mit Ressourcen, Erhaltung natürlicher Lebensräume, Gestaltung zukunftsfähiger Siedlungsstrukturen und Setzen konkreter Umweltziele)

2.8. Stärken regionaler Wirtschaftskreisläufe (Vernetzen der Wirtschaft mit der Gemeinde, Schaffen sektorübergreifender Partnerschaften und neuer Beschäftigungsmöglichkeiten, Nahversorgung)

2.9. Erreichen einer gerechten Verteilung von Ressourcen und Kapital aus regionaler und globaler Sicht zwischen derzeit lebenden Menschen und auch zwischen Generationen

2.10. Etablieren einer modernen Zukunftsplanung – soziokulturell, ökologisch, ökonomisch und „global-verantwortlich“ – in der Gemeinde/Stadt/Region, um damit gegenwärtige und zukünftige Herausforderungen besser zu bewältigen

3. Wer wird durch die Lokale Agenda 21 angesprochen?

3.1. Die Menschen mit ihren Bedürfnissen, Visionen und Fähigkeiten

3.2. die Gemeinden, Städte und Regionen als Schlüsselakteure für die Verwirklichung einer positiven Entwicklung der Gesellschaft

3.3. Wirtschaft, Vereine und Organisationen als wesentliche Partner der Zielfindung und Umsetzung

3.4. alle weiteren politischen Ebenen (Länder, Bund, EU, UN) sowie deren Verwaltungen als Unterstützer im Sinne gelebter Subsidiarität

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

4. Was zeichnet die Lokale Agenda 21 aus?

Die Lokale Agenda 21

- 4.1. *orientiert sich an einem eigenständig entwickelten Leitbild (Zielsystem)*
- 4.2. *ist langfristig angelegt (mindestens 10 Jahre) und auf die Generationengerechtigkeit ausgerichtet*
- 4.3. *beruht auf einem ganzheitlichen Ansatz im Sinne der Verbindung von ökologischen, ökonomischen und soziokulturellen Zielvorstellungen*
- 4.4. *nimmt kommunale, regionale, überregionale und globale Verantwortungen wahr*
- 4.5. *ist ein öffentlicher und transparenter Prozess, der auf aktivem BürgerInnenengagement beruht*
- 4.6. *ist ein ergebnisorientierter und evaluierbarer Prozess, der spürbare Wirkung zeigt*
- 4.7. *setzt auf Motivation und Qualifizierung von AkteurInnen*
- 4.8. *achtet auf die Gerechtigkeit zwischen den Geschlechtern und den verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen*

5. Wie läuft ein Lokaler Agenda 21-Prozess ab?

Der Lokale Agenda 21-Prozess

- 5.1. *gründet auf einer gemeinde- und stadtpolitischen Willensbildung und -erklärung (Beschluss)*
- 5.2. *baut auf einer Bestandsaufnahme (Nachhaltigkeits-Check = Analyse des Bestehenden im Sinne der Nachhaltigkeit) auf und berücksichtigt Werte und Visionen*
- 5.3. *folgt anschließend einem Regelkreis kontinuierlicher Verbesserung von Zieldefinition, Maßnahmenplanung, Umsetzung und Evaluation*
- 5.4. *erfolgt unter breiter Beteiligung und Aktivierung der Bevölkerung und verbindet Top-down mit Bottom-up Strategien*
- 5.5. *ist umsetzungsorientiert, macht Nachhaltigkeit an emotional wahrnehmbaren Erfolgen konkret und leitet aus eigenen Stärken erfolgreiche Projekte ab*
- 5.6. *wird von einer Erfolgskontrolle begleitet, (z.B. durch Indikatoren, welche die Erreichung gesetzter Ziele messen)*
- 5.7. *setzt auf Öffentlichkeitsarbeit zur Aktivierung und Motivierung der Menschen*

6. Was kann die Lokale Agenda 21 leisten?

...

- 6.9. *ein neuer „nachhaltiger“ Umgang mit Energie und Ressourcen wird in Form konkreter, innovativer Lösungen praktiziert*
- 6.10. *ein Bewusstsein für die Besonderheiten von Natur und Umwelt entsteht, neue Modelle zur Sicherung von Kulturlandschaften und Ökosystemen werden entwickelt und so die Umweltsituation verbessert*
- 6.11. *in Tourismus, Landwirtschaft und Gewerbe tragen Innovationen im Sinne eines ökologischen Wirtschaftens zur Verbesserung der Wertschöpfung bei*
- ...
- 6.13. *ein positives Europa- und Weltbewusstsein mit regionaler Ausrichtung wird unterstützt*
- 6.14. *in einem kreativen Milieu entwickeln sich laufend innovative Projekte und Initiativen, die sonst nicht entstanden wären*
- 6.15. *engagierte BürgerInnen qualifizieren sich zu EntscheidungsträgerInnen und Projektverantwortlichen weiter*
- 6.16. *durch neue Public-Private-Partnership-Modelle verbessert sich die Effizienz der eingesetzten öffentlichen Fördermittel*

...

Von den politischen Institutionen sind Vorgaben und Rahmenbedingungen zu schaffen, um die Agenda 21-Ziele im Bereich der Bundes- und Länderverwaltung umzusetzen. Daneben ist es ebenso die Aufgabe aller Staatsbürger/innen, deren Umsetzung im jeweils eigenen Wirkungsbereich zu unterstützen.

1.4. Normen

Normen (von lat. *norma* „Maßstab“, „Richtschnur“, „Regel“, „Vorschrift“) sind allgemein anerkannte, in Normungsgremien erarbeitete Standards für eine bestimmte Mindestleistung im Arbeitsleben oder für technische Prozesse, die implementiert wurden, um zwischen Auftraggebern und Auftragnehmern Rechtssicherheit herzustellen und Gewährleistungsansprüche geltend machen zu können. Industrienormen beziehen sich auf eine national oder international verbindliche Vereinheitlichung der Begriffe, Produkte, der Qualität oder eines Verfahrens.

Eine ÖNORM ist eine vom *Austrian Standards Institute* (ASI) (ehemals Österreichisches Normungsinstitut), einer gemeinnützigen unparteiischen Plattform, veröffentlichte nationale Norm³. Das ASI erstellt ÖNORMen und ON-Regeln auf Basis des Normengesetzes von 1971 und beherbergt auch das Bau-schiedsgericht. Die ÖNORMen sind mit einer vierstelligen Nummer und einem vorangestellten Buchstaben bezeichnet, der die jeweilige Normengruppe angibt, wie z. B.:

- A - Allgemeine Normen
- B - Bauwesen
- E - Elektrotechnik
- F - Feuerlösch- und Rettungswesen
- H - Haustechnik
- Z - Arbeitssicherheitstechnik

Sehr häufig wird beispielsweise auf die *ÖNORM B 8110 - Wärmeschutz im Hochbau* Bezug genommen. Weitere thematisch relevante Normen sind:

- ÖNORM H 5056 - *Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Heiztechnik-Energiebedarf*
- ÖNORM H 5057 - *Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Raumluftechnik-Energiebedarf für Wohn- und Nichtwohngebäude*
- ÖNORM H 5059 - *Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Beleuchtungsenergiebedarf*
- ÖNORM H 5058 - *Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Kühltechnik-Energiebedarf*

Die europäischen Normen werden vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) herausgegeben und vom österreichischen Normungsinstitut übernommen; dabei wird vor die Normbezeichnung das Kürzel ÖN gestellt (z. B.: ÖN EN 13814).

- EN 832 *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Berechnung des Heizenergiebedarfs - Wohngebäude*. dt. DIN EN 832:2003-06 (Vorversion 1998-12), österr. ÖNORM EN 832:1999-07
- ÖNORM H 5055:2002 - *Energieausweis für Gebäude. Raumheizung und Wassererwärmung*
- Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates *über die Gesamteffizienz von Gebäuden*, engl. *Energy Performance of Buildings Directive* (EPBD)

Wichtig festzuhalten ist die Tatsache, dass Normen zunächst nicht verpflichtend sind sondern lediglich Empfehlungscharakter besitzen; sie können durch ein Gesetz, eine Verordnung oder einen Vertrag

³<http://www.as-institute.at/>, <http://www.bdb.at/service/normen> (20.04.2011)

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

verbindlich gemacht werden. Falls der Auftraggeber „nicht normgerechte“ Maßnahmen etwa im Bereich der Haustechnik wünscht, so muss der Auftragnehmer von Gewährleistungsansprüchen vertraglich entbunden werden. Es kann jedoch vorkommen, dass die normgerechte Durchführung einer technischen Maßnahme in der konkreten Situation dem „Hausverstand“ widerspricht; innerhalb der bestehenden Strukturen im öffentlichen Dienst findet sich jedoch meist niemand, der dafür die persönliche Verantwortung übernimmt (→ Kap. B.8.4).

Die Berufung auf Normen ist kein Garant für den Erfolg der ergriffenen Maßnahmen. Im Falle der Neuen Burg generiert die normgerecht geplante, nach und nach eingebaute aber im Zusammenwirken nie empirisch auf Erfolg überprüfte Heiz- und Lüftungstechnik in mehreren Bereichen konservatorische Probleme, zu deren Beseitigung sie eigentlich ursprünglich gedacht war.

1.5. Arbeitnehmerschutzgesetz

Die Vorschriften zum Schutz der Arbeitnehmer/innen sind im österreichischen Bundesgesetz über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit (ArbeitnehmerInnenschutzgesetz – ASchG) vom 1. Januar 1995, zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 159/2001 vom 1. Januar 2002, geregelt.

Ist ein Raum als Arbeitsraum definiert, d. s. jene Räume, in denen mindestens ein ständiger Arbeitsplatz eingerichtet ist (§ 22. (1)), dann muss er auch für den Aufenthalt von Menschen geeignet sein und unter Berücksichtigung der Arbeitsvorgänge und Arbeitsbedingungen den Erfordernissen des Schutzes des Lebens und der Gesundheit der Arbeitnehmer entsprechen (§ 22. (2)). Weiters definiert das Gesetz:

(3) In Arbeitsräumen muss unter Berücksichtigung der Arbeitsvorgänge und der körperlichen Belastung der Arbeitnehmer ausreichend gesundheitlich zuträgliche Atemluft vorhanden sein und müssen raumklimatische Verhältnisse herrschen, die dem menschlichen Organismus angemessen sind.

(4) Bei der Konstruktion und Einrichtung der Arbeitsräume ist dafür zu sorgen, dass Lärm, elektrostatische Aufladung, üble Gerüche, Erschütterungen, schädliche Strahlungen, Nässe und Feuchtigkeit nach Möglichkeit vermieden werden.

(5) Arbeitsräume müssen eine ausreichende Grundfläche und Höhe sowie einen ausreichenden Luftraum aufweisen, sodass die Arbeitnehmer ohne Beeinträchtigung ihrer Sicherheit, ihrer Gesundheit und ihres Wohlbefindens ihre Arbeit verrichten können.

(6) Soweit die Zweckbestimmung der Räume und die Art der Arbeitsvorgänge dies zulassen, müssen Arbeitsräume ausreichend natürlich belichtet sein und eine Sichtverbindung mit dem Freien aufweisen. Bei der Anordnung der Arbeitsplätze ist auf die Lage der Belichtungsflächen und der Sichtverbindung Bedacht zu nehmen.

(7) Arbeitsräume müssen erforderlichenfalls während der Arbeitszeit unter Berücksichtigung der Arbeitsvorgänge entsprechend künstlich beleuchtet sein.

1.5.1. Raumklima in Arbeitsräumen

Das Raumklima als *Zusammenwirken von Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftbewegung und Wärmestrahlung in Arbeitsräumen* ist in § 28 der Arbeitsstätten-Verordnung geregelt:

§ 28. (1) Es ist dafür zu sorgen, dass die Lufttemperatur in Arbeitsräumen beträgt:

1. zwischen 19 und 25 °C, wenn in dem Raum Arbeiten mit geringer körperlicher Belastung durchgeführt werden;
2. zwischen 18 und 24 °C, wenn in dem Raum Arbeiten mit normaler körperlicher Belastung durchgeführt werden;
3. mindestens 12 °C, wenn in dem Raum nur Arbeiten mit hoher körperlicher Belastung durchgeführt werden;

(2) Abweichend von Abs. 1 ist dafür zu sorgen, dass in der warmen Jahreszeit

1. bei Vorhandensein einer Klima- oder Lüftungsanlage die Lufttemperatur 25 °C möglichst nicht überschreitet oder

2. andernfalls sonstige Maßnahmen ausgeschöpft werden, um nach Möglichkeit eine Temperaturabsenkung zu erreichen.

(3) Es ist dafür zu sorgen, dass die Luftgeschwindigkeit an ortsgebundenen Arbeitsplätzen in Arbeitsräumen folgende Mittelwerte über eine Mittelungsdauer von 200 Sekunden nicht überschreitet:

1. 0,10 m/s, wenn Arbeiten mit geringer körperlicher Belastung durchgeführt werden;
2. 0,20 m/s, wenn Arbeiten mit normaler körperlicher Belastung durchgeführt werden;
3. 0,35 m/s, wenn Arbeiten mit hoher körperlicher Belastung durchgeführt werden.

(4) Von Abs. 1 bis 3 darf abgewichen werden, wenn die Einhaltung dieser Werte auf Grund der Nutzungsart des Raumes nicht möglich ist und

1. zumindest im Bereich der ortsgebundenen Arbeitsplätze den Abs. 1 bis 3 entsprechende Werte herrschen oder, wenn auch dies nicht möglich ist,
2. andere technische oder organisatorische Maßnahmen zum Schutz der Arbeitnehmer/innen vor unzuträglichen raumklimatischen Einwirkungen getroffen sind (wie z. B. Abschirmen von Zugluftquellen oder wärmestrahlender Flächen, Kühlen, Einblasen trockener oder feuchter Luft, Verminderung der Einwirkungsdauer).

(5) Wird eine Klimaanlage verwendet, muss

1. die relative Luftfeuchtigkeit zwischen 40% und 70% liegen, sofern dem nicht produktionstechnische Gründe entgegenstehen, und
2. in der Arbeitsstätte ein Raumthermometer und ein Hygrometer vorhanden sein.

1.5.2. Luftwechselraten und Luftqualität

Die gesetzlich geforderte Frischluft rate steht bisweilen im Widerstreit mit dem konservatorisch zuträglichen Außenluftwechsel – vor allem während der Wintermonate, wenn viel zu trockene und kalte Außenluft den empfindlichen Sammlungsbereichen zugeführt wird und entsprechend nachkonditioniert werden muss. Hier bilden die baulichen Gegebenheiten mit den großen Raumvolumina einen enormen Vorteil, wenn sie nicht durch unüberlegtes und falsches Nutzerverhalten wieder zunichte gemacht werden.

Ein Mensch verbraucht in körperlicher Ruhe pro Stunde etwa 0,5 m³ Luft mit 4 Vol.-% CO₂ in der ausgeatmeten Luft. Da die Atemluft max. 0,1 % CO₂ (1000 ppm) enthalten darf, um qualitativ noch als gut empfunden zu werden, ist ein weitaus höherer Frischluftanteil erforderlich (Recknagel-Sprenger 2008: 69f). Die ÖNorm EN 13779 fordert im Aufenthaltsbereich von Arbeitnehmer/innen bei mittlerer Luftqualität einen Frischluftanteil von 30 m³/Pers.h, bei Arbeitsplätzen mit hoher Luftqualität 45 m³/Pers.h.

Die Studiensammlung des MVK im 1. KG hat eine Kubatur von 8.200 m³. Bei einer (kaum anzunehmenden) Maximalbelegung von gleichzeitig 10 Personen wäre somit ein Frischluftanteil von 450 m³/h notwendig, d. h. 10 Personen stünde auch ohne Außenluftwechsel 18 Stunden lang der gesetzlich vorgeschriebene Frischluftanteil zur Verfügung. Bis 2010 wurde die Luft aus den Depots des MVK im Dauerbetrieb mit einer Förderleistung von 8.590 m³/h abgesaugt, was einer Luftwechselrate von $n \geq 1 \text{ h}^{-1}$ entspricht. Dieser für die Wintermonate in jedem Fall überhöhte Luftwechsel führte in der Vergangenheit dazu, dass die relative Feuchte in den Depots bei Kälteperioden aufgrund der Zufuhr trockener Außenluft (absolute Feuchte <2 g/m³) auf bis zu 20 %rF absank.

Selbst wenn die Luftwechselrate auf $n = 0,1 \text{ h}^{-1}$ gesenkt würde, stünde immer noch das Doppelte der gesetzlich vorgeschriebenen Frischluftmenge zur Verfügung. Sogar im Falle von Klimaalarm könnten bei abgedrehten Ventilatoren gleichzeitig 5 Personen vier Arbeitstage zu acht Stunden im Depot verbringen, ohne dass das Depot ein Mal „leer geatmet“ worden wäre.

1.6. Brandschutz

Der Brandschutz wird in der OIB-Richtlinie 2 sowie in ÖNORM B 3806, ÖNORM B 3807 und in ÖNORM EN 13501 geregelt (RICCABONA - BEDNAR 2008: 156). Aufgrund der Komplexität der Materie wurde von einer vertiefenden Beschäftigung damit von vornherein abgesehen. Dennoch ist die Thematik für das Gesamtklimakonzept von relevanter Bedeutung.

Der in der Nacht zum 27. November 1992 ausgebrochene Brand im Dachgeschoß der Redoutensäle konnte nur im letzten Augenblick vor einem Übergreifen auf den Prunksaal der Nationalbibliothek abgewehrt werden und führte der Öffentlichkeit die Wichtigkeit eines umfassenden Brandschutzkonzepts vor Augen. Ein solches in einem historisch gewachsenen, unter Denkmalschutz befindlichen Gebäudekomplex umzusetzen, bedeutet für alle Verantwortlichen eine große Herausforderung und erfordert ein ständiges Abwiegen der unterschiedlichen Prioritäten.

Bei der Generalsanierung des Corps de Logis stand die Einbindung des Brandschutzes in die Planung an oberster Stelle. Auch die Reaktivierung des Luftbrunnens und der zentralen Lüftungsschächte war davon maßgeblich betroffen. So wurden etwa alle (bisher händisch zu bedienenden) Lüftungsklappen in den einzelnen Stockwerken entfernt und durch Brandschutzklappen ersetzt, die einerseits von der noch nicht realisierten Gebäudeleittechnik automatisch angesteuert werden sollen, andererseits im Brandfall einen Brandüberschlag ins benachbarte Stockwerk verhindern. Am Fußpunkt aller vier vertikalen Zuluftschächte im 2. KG wurden unmittelbar vor und hinter jedem Schachtbeginn Brandschutztüren (EI₂ 90 C) gesetzt, die sich im Alarmfall – aber auch bei jedem Stromausfall – automatisch schließen und danach wieder händisch geöffnet werden müssen, um den freien Luftstrom zu erlauben.

Auch innerhalb des Gebäudes wurden Brandabschnitte definiert, was zur Folge hatte, dass bestimmte historische Türen, die die geforderte Brandwiderstandsklasse nicht erfüllten, durch neu gefertigte, stilistisch angegliche Brandschutztüren ersetzt werden mussten.

Für unser Thema relevant ist der Brandschutz insofern, als konservatorisch-lüftungstechnische Sachzwänge bei der Erstellung des Brandschutzkonzepts bisher kaum Berücksichtigung fanden. So wäre beispielsweise bei der Definition von Brandabschnitten im Keller zu hinterfragen, ob in gemauerten Gängen ohne jede Brandlast tatsächlich bei jedem Mauerdurchbruch eine Brandschutztüre bzw. -klappe notwendig wäre, die einem eineinhalbstündigen Vollbrand (Brandwiderstandsklasse EI₂ 90 C) widerstehen kann.

Auch die Abdeckungen der unten geschlossenen Abluftschächte mit einer 40 kg schweren Betonplatte erscheinen angesichts der leeren, brandlastfreien Gänge eines Kellers, der niemals die Funktion einer Lagerstätte sondern einer „selbsttätigen Klimaanlage“ erfüllen sollte, inadäquat. Für das angedachte Klimakonzept bedeutet dies hingegen eine beträchtliche technische Erschwernis im Hinblick auf die geplante Möglichkeit eines „strategischen Luftwechsels“ (= forciertes Luftwechsel des Kellers bei geschlossenen Stockwerkklappen der Zu- und Abluftschächte durch Öffnen der Abluftschächte am unteren Ende bei Maximallauf der Abluftventilatoren; → Kap. C.1.), da eine motorische Steuerung der schweren Deckel nunmehr in weite Ferne rückt.

1.7. Denkmalschutzgesetz

Die Neue Burg ist aufgrund „geschichtlicher, künstlerischer oder sonstiger kultureller Bedeutung“ zweifellos als Denkmal anzusprechen, weshalb das Denkmalschutzgesetz seine Anwendung findet (§1 DMSG).

§ 1 Begriffsbestimmungen, Geltungsbereich

(1) Die in diesem Bundesgesetz enthaltenen Bestimmungen finden auf von Menschen geschaffene unbewegliche und bewegliche Gegenstände (einschließlich Überresten und Spuren gestaltender menschlicher Bearbeitung sowie künstlich errichteter oder gestalteter Bodenformationen) von geschichtlicher, künstlerischer oder sonstiger kultureller Bedeutung („Denkmale“) Anwendung, wenn ihre Erhaltung dieser Bedeutung wegen im öffentlichen Interesse gelegen ist. Diese Bedeutung kann den Gegenständen für sich allein zukommen, aber auch aus der Beziehung oder Lage zu anderen Gegenständen entstehen. „Erhaltung“ bedeutet Bewahrung vor Zerstörung, Veränderung oder Verbringung ins Ausland.

(7) Soweit in diesem Bundesgesetz nicht besondere Regelungen getroffen werden (§§ 1 Abs. 4 letzter Satz, 2 Abs. 1 Z 3, 4 Abs. 1 Z 1 sowie 6 Abs. 5) gelten die Bestimmungen für Einzeldenkmale gleichermaßen auch für Ensembles und Sammlungen.

(9) Durch die Unterschutzstellung eines Denkmals werden auch alle seine Bestandteile und das Zubehör sowie alle übrigen mit dem Denkmal verbundenen, sein überliefertes oder gewachsenes Erscheinungsbild im Inneren oder Äußeren mitprägenden oder den Bestand (die Substanz) berührenden Teile mit einbezogen.

§ 4 Verbot der Zerstörung und Veränderung von Denkmalen

(1) Bei Denkmalen, die unter Denkmalschutz stehen, ist die Zerstörung sowie jede Veränderung, die den Bestand (Substanz), die überlieferte (gewachsene) Erscheinung oder künstlerische Wirkung beeinflussen könnte, ohne Bewilligung gemäß § 5 Abs. 1 verboten.

Im allgemeinen Verständnis und vor allem in der Praxis wird diese Anwendung auf das Gebäude und die Integrität seines Erscheinungsbildes bezogen. Im gegenständlichen Fall wird jedoch übersehen, dass auch der „Inhalt“ dieses Gebäudes, nämlich „Gruppen von unbeweglichen Gegenständen (Ensembles) und Sammlungen von beweglichen Gegenständen ... wegen ihres geschichtlichen, künstlerischen oder sonstigen kulturellen Zusammenhanges einschließlich ihrer Lage ein Ganzes bilden und ihre Erhaltung dieses Zusammenhanges wegen als Einheit im öffentlichen Interesse“ liegen (§ 1 Abs. 3 DMSG). Darüber hinaus befindet sich in der Neuen Burg auch die ehemalige Fideikommissbibliothek der ÖNB sowie das Archiv des KHM, weshalb auch der § 25 (Archivalien) zur Anwendung kommt. Die Erhaltung der Sammlungen – d. h. die Bewahrung vor Zerstörung und Veränderung (§ 1) – liegt gleichwertig im öffentlichen Interesse wie die der Bausubstanz bzw. der Gebäudehülle. Dieser Interessenskonflikt – Schutz der Integrität des Erscheinungsbildes des Gebäudes vs. Schutz der Integrität der darin aufbewahrten Sammlungen bzw. Archivalien – wurde in der Vergangenheit kaum thematisiert und berücksichtigt. Vielmehr wurden über viele Jahre irreversible Schäden an den Sammlungsbeständen in Kauf genommen, ohne dass Aktivitäten zum Schutz eben dieser Denkmäler erfolgt wären, was auch vom Rechnungshof beanstandet wurde (← Kap. A.4.1.6.).

Mehrere bauliche Maßnahmen, die für die Objekte aller in der Neuen Burg untergebrachten Sammlungen schadenspräventiv wirksam wären (wie z. B. Außenbeschattung, Beschattung der Lichtdächer, Karusselltüren im Eingangsbereich, Einbau von Klimaschleusen, Temperierung des Eingangsvestibüls des Corps de Logis), wurden bisher unter Berufung auf den Denkmalschutz abgelehnt. Dabei wurde meines Erachtens übersehen, dass es sich bei der Mehrzahl der geforderten Maßnahmen um keine irreversiblen Veränderungen sondern um reversibel montierte Schutzvorrichtungen (vergleichbar mit

Taubenschutznetzen) handelt, die an der Bausubstanz selbst nichts zerstören oder ändern, der Veränderung bzw. Zerstörung der im Gebäude aufbewahrten Sammlungsgüter hingegen maßgeblich entgegenwirken würden. Außenbeschattung beispielsweise trägt nachhaltig zur Substanzerhaltung originaler Fenster bei. Andere irreversible Eingriffe in die Bausubstanz der Neuen Burg wurden hingegen vom BDA toleriert⁴.

Weitere Überlegungen bezüglich einer differenzierten Auslegung des Denkmalschutzgesetzes finden sich in Kapitel B.1.9.

1.8. Die EU-Gebäuderichtlinie

Die „Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ ist eine Neufassung der Richtlinie 2002/91/EG vom 16. Dezember 2002 und ist seit 8. Juli 2010 in Kraft⁵. Sie *„unterstützt die Verbesserung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden in der Union unter Berücksichtigung der jeweiligen äußeren klimatischen und lokalen Bedingungen sowie der Anforderungen an das Innenraumklima und der Kosteneffizienz“* (Artikel 1) und wurde erlassen, um eine *„effiziente, umsichtige, rationelle und nachhaltige Verwendung“* von Mineralöl, Erdgas und festen Brennstoffen zu erreichen, die wichtige Energiequellen darstellen, aber gleichzeitig auch die größten Verursacher von Kohlendioxidemissionen sind.

Aus der Präambel sind einerseits die Zielvorgaben der Richtlinie, andererseits auch die wachsende Besorgnis angesichts des ungebremst wachsenden Energieverbrauchs erkennbar, weshalb hier die wichtigsten Absätze zitiert werden sollen:

(3) „Auf Gebäude entfallen 40 % des Gesamtenergieverbrauchs der Union. Der Sektor expandiert, wodurch sich sein Energieverbrauch weiter erhöhen wird. Daher sind die Senkung des Energieverbrauchs und die Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen im Gebäudesektor wesentliche Maßnahmen, die zur Verringerung der Energieabhängigkeit der Union und der Treibhausgasemissionen benötigt werden. Zusammen mit einer verstärkten Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen würden Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs in der Union es der Union ermöglichen, das Kyoto-Protokoll zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC) einzuhalten und ihrer langfristigen Verpflichtung, den weltweiten Temperaturanstieg unter 2 °C zu halten, sowie ihrer Verpflichtung, bis 2020 die Gesamttreibhausgasemissionen gegenüber den Werten von 1990 um mindestens 20 % bzw. im Fall des Zustandekommens eines internationalen Übereinkommens um 30 % zu senken, nachzukommen. Ein geringerer Energieverbrauch und die verstärkte Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen spielen auch eine wichtige Rolle bei der Stärkung der Energieversorgungssicherheit, der Förderung von technologischen Entwicklungen sowie der Schaffung von Beschäftigungsmöglichkeiten und von Möglichkeiten der regionalen Entwicklung, insbesondere in ländlichen Gebieten.

(4) Der Europäische Rat hat bei seiner Tagung im März 2007 auf die Notwendigkeit einer Steigerung der Energieeffizienz in der Union hingewiesen, um auf diese Weise den Energieverbrauch in der Union bis 2020 um 20 % zu senken, und dazu aufgerufen, die Prioritäten, die in der Kommissionsmitteilung mit dem Titel „Aktionsplan für Energieeffizienz:

⁴ Durchgeführt wurden: der Einbau von mehreren Aufzügen; die komplette Entfernung der aufgeputzten Quaderungen der Innenhöfe A - D und Ersatz in Kunststein, wobei gleichzeitig der zuvor unter Schutz gestellte mit Drahtglas verkleidete Liftschacht abgerissen und in Niro-Stahl mit Isolierverglasung neu gebaut wurde; das Abmauern der originalen Lüftungsauslässe und Entfernen der bronzenen Lüftungsgitter der HJRK sowie das Vermauern der Obergadenfenster in Saal VIII der gleichen Sammlung aus gestalterischen Intentionen. Die 2006 angeordnete Entfernung der originalen Windfänge im Vestibül des CdL, die nicht nur einen Eingriff in die historische Bausubstanz sondern eine wesentliche bauphysikalische Verschlechterung des Eingangsbereichs bedeutete, blieb ebenfalls ohne Konsequenzen.

⁵ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:DE:PDF> (18.2.2011)

Das Potenzial ausschöpfen“ genannt werden, umfassend und rasch umzusetzen. In diesem Aktionsplan wurde auf das erhebliche Potenzial für kosteneffiziente Energieeinsparungen im Gebäudesektor hingewiesen. Das Europäische Parlament hat in seiner Entschließung vom 31. Januar 2008 dazu aufgerufen, die Bestimmungen der Richtlinie 2002/91/EG zu verschärfen, und hat wiederholt und zuletzt in seiner Entschließung vom 3. Februar 2009 zur zweiten Überprüfung der Energiestrategie gefordert, das für 2020 gesteckte Ziel einer **Steigerung der Energieeffizienz um 20 % verbindlich vorzuschreiben**. Außerdem enthält die Entscheidung Nr. 406/2009/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 über die Anstrengungen der Mitgliedstaaten zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen mit Blick auf die Erfüllung der Verpflichtungen der Gemeinschaft zur Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2020 (6), verbindliche nationale Ziele für eine Senkung der Kohlendioxidemissionen, wofür die Energieeffizienz im Gebäudesektor von entscheidender Bedeutung ist; außerdem sieht die Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (7) die Förderung der Energieeffizienz im Zusammenhang mit dem **verbindlichen Ziel eines Anteils der Energie aus erneuerbaren Quellen von 20 % am Gesamtenergieverbrauch der Union bis 2020** vor.

In der Folge werden in der Präambel unterschiedliche Instrumente zur Steigerung der Energieeffizienz sowie zum vermehrten Einsatz erneuerbarer Energien hervorgehoben. Insbesondere wird an die Vorbildwirkung der öffentlichen Hand appelliert:

(23) Die Behörden sollten mit gutem Beispiel vorangehen und sich bemühen, die Empfehlungen des Ausweises über die Gesamtenergieeffizienz umzusetzen. Die nationalen Pläne der Mitgliedstaaten sollten Maßnahmen vorsehen, die die Behörden dabei unterstützen, die Energieeffizienz ihrer Gebäude frühzeitig zu verbessern und die Empfehlungen des Ausweises über die Gesamtenergieeffizienz so bald wie möglich umzusetzen.

(24) Gebäude, die von Behörden genutzt werden, und Gebäude mit starkem Publikumsverkehr sollten durch Einbeziehung von Umwelt- und Energieaspekten ein Vorbild darstellen, weshalb regelmäßig Energieausweise für sie erstellt werden sollten. Die Unterrichtung der Öffentlichkeit über die Gesamtenergieeffizienz sollte durch Anbringung der Energieausweise an gut sichtbaren Stellen unterstützt werden; dies gilt insbesondere für Gebäude einer bestimmten Größe, in denen sich Behörden befinden oder starker Publikumsverkehr herrscht, wie Ladengeschäfte und Einkaufszentren, Supermärkte, Gaststätten, Theater, Banken und Hotels.

Die eigentliche Richtlinie definiert nach Festlegung des Gegenstandes (Art. 1) und der Begriffsbestimmungen (Art. 2) die Erfordernisse zur Erstellung des sog. „Energieausweises“ mit der Festlegung einer Methode zur Berechnung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Art. 3). Diese Methode wird auf nationaler oder regionaler Ebene verabschiedet.

Im Artikel 4, in dem die Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz festgelegt werden, finden sich allerdings auch jene Gebäude, die von der Erstellung eines Energieausweises ausgenommen sind. Dazu gehören neben Gebäuden, die für Gottesdienst und religiöse Zwecke genutzt werden, **auch alle Gebäude, die unter Denkmalschutz stehen**:

(2) Die Mitgliedstaaten können beschließen, die in Absatz 1 genannten Anforderungen bei den folgenden Gebäudekategorien nicht festzulegen oder anzuwenden:
a) Gebäude, die als Teil eines ausgewiesenen Umfelds oder aufgrund ihres besonderen architektonischen oder historischen Werts offiziell geschützt sind, soweit die Einhaltung bestimmter Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz eine unannehmbare Veränderung ihrer Eigenart oder ihrer äußeren Erscheinung bedeuten würde.

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

Der Aufforderung des Gesetzgebers, „die Energieeffizienz ihrer Gebäude frühzeitig zu verbessern und die Empfehlungen des Ausweises über die Gesamtenergieeffizienz so bald wie möglich umzusetzen“ wurde in den Jahren seit 2002 im Bereich des Komplexes KHM/Neue Burg nicht erkennbar Folge geleistet; im Gegenteil: Obwohl der Text unzweifelhaft intendiert, alle Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung auszuschöpfen, sofern die ergriffenen Maßnahmen keine „*unannehmbare Veränderung ihrer Eigenart oder ihrer äußeren Erscheinung bedeuten würde*“, war in diesbezüglichen Gesprächen mehrfach zu hören, dass denkmalgeschützte Gebäude von der EU-Gebäuderichtlinie ausgenommen seien und daher kein Handlungsbedarf bestehe. Dabei wird übersehen, dass gerade in historischen Gebäuden der Gründerzeit mit ihren großen Raumvolumina die Effizienzsteigerung von besonderer Bedeutung und angesichts der Besucherströme im Umfeld der Museen und der Nationalbibliothek die Vorbildwirkung der Behörde besonders gefragt wäre.

Es zeigt sich, dass mit der Beibehaltung der jetzigen Situation ein problematisches Spannungsverhältnis zu Rechtsvorschriften mit Bezug auf die denkmalpflegerisch-konservatorischen Rahmenbedingungen, zum Arbeitsrecht, zur thermischen Sanierung bzw. zur Energieeffizienz und zur nachhaltigen Entwicklung besteht.

Somit resultiert nicht allein aus konservatorischer sondern auch aus rechtlicher Sicht ein unmittelbarer Handlungsbedarf, die thermische Sanierung der Neuen Burg und in weiterer Folge ein Gesamtklimakonzept umzusetzen.

Die 2010 in Angriff genommene Aktualisierung des Brandschutzes für Gartentrakt und Segmentbogen der Neuen Burg sollte in Abstimmung mit dem konservatorischen Gesamtkonzept erfolgen.

1.9. Güterabwägung

In Zeiten des Klimawandels und in Aussicht stehender Rohstoff- und Energieverknappung sollte das Ablehnen von bauphysikalisch und energiepolitisch sinnvollen Maßnahmen, die die historische Bausubstanz weder zerstören noch verändern sondern lediglich das vertraute Erscheinungsbild unmaßgeblich beeinträchtigen, gesellschaftspolitisch neu bewertet werden.

Die für die thermische Sanierung und das Herstellen der Sommertauglichkeit entscheidenden Außenbeschattungen der Fenster und Lichtdächer der Neuen Burg (→ Kap. C.4.) würden keine irreversible Veränderung der originalen Bausubstanz nach sich ziehen sondern lediglich eine Änderung der gewohnten Außenansicht. Neben den für die Öffentlichkeit unsichtbaren Fenstern in den Innenhöfen wären nur die relativ kleinen Fenster im obersten Stockwerk sowie im Mezzanin betroffen, wofür relativ kleine Sturzkästen notwendig wären. Die Fenster der Sammlungen im Hochparterre und im 1. Stock sind an der Südseite teilweise bereits mit einer „unsichtbaren“ Außenbeschattung mittels Vorsatzrahmen ausgestattet (→ Kap. C.5.1., Abb. C.39 bis C.42; ← s. Kap. A.4.8., Abb. A.22). Die zur Terrasse führenden Fenster und Türen im Hochparterre könnten im Sommer mit ästhetisch ansprechenden Pflanzenschirmen beschattet werden; nach dem Laubfall im Herbst wären weiterhin solare Gewinne möglich (→ Kap. C.5.1.2., Abb. C.44).

Lediglich der Einbau von Karusselltüren im Corps de Logis sowie im Mittelbau würde einen Eingriff in die Bausubstanz erfordern, der jedoch – im Vergleich etwa zum umgebauten Eingangsbereich zum Prunksaal der Hofbibliothek am Josepfsplatz mit dem neu geschaffenen Durchbruch zum Bibliothekshof – minimal ausfallen würde.

Seit 1988 wurden im Umfeld der Generalsanierungen der Bundesmuseen die meisten Vorschläge zur Klimaverbesserung (Wandtemperierung, Außenlichtschutz, Klimaschleusen) unter Verweis auf das Denkmalschutzgesetz abgelehnt. Aus diesem Grund werden hier einige Präzedenzfälle angeführt, die in der Vergangenheit vom BDA akzeptiert wurden.

Innerhalb eines Radius von ca. 300 m im Umkreis der Neuen Burg finden sich zahlreiche Beispiele, die dokumentieren, dass Entscheidungen für bzw. gegen eine das äußere Erscheinungsbild eines unter Denkmalschutz stehenden Objekts verändernde Maßnahme unter sehr unterschiedlichen Gesichtspunkten getroffen wurden. Die wenigen hier gewählten Beispiele zeigen, dass die für das Gesamtkonzept notwendigen Maßnahmen keine tiefgreifenden Veränderungen oder Eingriffe erfordern würden, als sie nicht ohnedies auch an anderen Gebäuden vom BDA bereits toleriert worden sind.

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

1.9.1. Stallburg

In der Erdgeschoßzone der Stallburg war im Bereich der ehemaligen Hofapotheke bis 2007 das Lipizzanermuseum untergebracht. Zur Zeit des Museumsbetriebs wurde an die Verantwortlichen mehrmals appelliert, den durch solaren Strahlungseintrag im Sommer verursachten Temperaturanstieg über die zum Hof orientierten Rundbogenfenster - zum Schutz der wertvollen Objekte - durch eine Außenbeschattung zu verringern, was unter Verweis auf den Denkmalschutz abgelehnt wurde. Nach dem Schließen des Museums wurden die Stallungen für die Lipizzaner in diesen Bereich ausgeweitet. Alle Fenster der Erdgeschoßzone sind heute – zum Schutz der wertvollen Tiere – mit einer Außenbeschattung versehen (Abb. B.2).



Abb. B.2: Außenbeschattung für die Lipizzaner in der Stallburg

1.9.2. Burgtheater

Während der Direktionszeit von Klaus Bachler (1999-2008) waren auf der dem Ring zugewandten Seite des Wiener Burgtheaters vor acht Fenstern der *bél étage* großformatige Fotos von Szenen und Schauspielern montiert, die das Erscheinungsbild des Hauses maßgeblich bestimmten (Abb. B.3).

Auch die Nebeneingänge des Burgtheaters wurden verändert. Um den rechts der Mittelachse gelegenen Eingang zum Restaurant „Vestibül“ für den Besucherverkehr auch außerhalb der Öffnungszeiten des Theaters lüftungstechnisch zu adaptieren, wurde der originalen Tür zum Ring eine Karusselltür vorgesetzt. Beim gegenüberliegenden linken Eingang zum sog. „Theater-Vestibül“ wurde 2009 am Beginn der Direktionszeit von Matthias Hartmann die originale geschnitzte Eichentür (Abb. B.3 - B.5) durch ein Glasportal ersetzt.



Abb. B.3: Großformatige Fotos vor den Fenstern des Wiener Burgtheaters 1999-2008. Im Eingang zum „Vestibül“ befand sich 2008 noch die originale geschnitzte Tür.



Abb. B.4: Eingang zum Theater-Vestibül nach dem Umbau 2009



Abb. B.5: Karusselltür vor dem Eingang zum Restaurant

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

1.9.3. Parlament

Das Parlament weist an der Ostseite eine Außenbeschattung auf. Bei der Generalsanierung 2007 wurde an der Vorderseite der Rampe ein rund 17 m breiter und 3 m hoher, neuer Eingangsbereich mit einem schwarzen falt-Sicherheitstor geschaffen (Abb. B.6).



Abb. B.6: Außenbeschattung und neu gebauter Eingangsbereich an der Vorderseite des Parlaments

1.9.4. Veränderung des äußeren Erscheinungsbildes

Bereits bei der Generalsanierung der Gemäldegalerie des KHM (1988-1991/92) wurde seitens der befassten Restaurator/innen gefordert, die Fenster der Galerie sowie die Lichtdächer über den Oberlichtsälen mit einer Außenbeschattung auszustatten. Dies wurde damals unter Verweis auf den Denkmalschutz abgelehnt. Stattdessen werden seit nunmehr fast 20 Jahren die solaren Strahlungseinträge im Sommer durch (mit großem energetischem und finanziellem Aufwand durchgeführte) technische Kühlung kompensiert. Die thermische Belastung der Räume der Obergeschoßzonen ist in allen ähnlich konzipierten Häusern signifikant hoch.

Auch über die seit ihrer Sanierung 1996 mit transparenten Wärmeschutzgläsern ausgestatteten Lichtdächer der Neuen Burg findet ein beträchtlicher solarer Energieeintrag statt, der – wie durch das Forschungsprojekt „Prevent“ bewiesen wurde – im Sommer dem Gebäude mehr Wärme zuführt als vor der Sanierung. Die bei der Planung geforderte Beschattung der Lichtdächer (und sogar die Verwendung einer Verglasung mit Punktraster zur Minimierung der Einstrahlungsfläche, wie es vom Projektanten vorgesehen war) wurde unter Verweis auf den Denkmalschutz und technische Schwierigkeiten abgelehnt. Mit einer Außenbeschattung der Lichtdächer könnte der sommerliche Strahlungseintrag um mehr als 80 % reduziert werden (KREČ 2010).

Bei der Sanierung des Naturhistorischen Museums wurde der Dachbereich ausgebaut und das ursprüngliche Aussehen signifikant verändert; die eingesetzten Lichtbänder erhielten eine Außenbeschattung. Darüber hinaus wurden rund 120 m² Sonnenkollektoren installiert (Abb. B.7). Noch tiefer gehend waren die Eingriffe beim Technischen Museum, bei dessen Generalsanierung das Lichtdach um ein ganzes Geschoß angehoben wurde und die Hauptfassade durch den neugebauten gläsernen Eingangsbereich ein völlig verändertes Erscheinungsbild erhielt. Die Außenbeschattung wurde unter Verweis auf den Denkmalschutz abgelehnt.



Abb. B.7: Ausgebautes und aufgestocktes Dach des Naturhistorischen Museums (rechts)
(Foto: www.bing.com/maps; 19.05.2011)

1.9.5. Klimaanlage

Außenbeschattung in Verbindung mit einer kontrollierten Lüftung zur Nachtlüftung sind die wirksamsten „Hebel“ zur Herstellung der Sommertauglichkeit eines Gebäudes. Es ist evident, dass das Denkmalschutzgesetz bei Maßnahmen zur Vermeidung der Ursachen sommerlicher Überwärmung in der Vergangenheit eher restriktiv, bei der Errichtung technischer Einrichtungen zur Bekämpfung der daraus resultierenden Symptome hingegen eher großzügig angewendet wurde.

So weisen viele unter Denkmalschutz stehende Gebäude, bei denen die Montage einer Außenbeschattung abgelehnt wurde, maßgebliche Eingriffe in die Bausubstanz und Änderungen im historischen Erscheinungsbild durch Lüftungs- bzw. Klimaanlage auf (welche bekanntlich auch im Gebäudeinneren sehr invasiv sind), die vermutlich in dieser Größe gar nicht notwendig gewesen wären, wenn alle anderen Möglichkeiten zur Vermeidung sommerlicher Überwärmung ausgeschöpft worden wären. Die meisten dieser Gebäude, wie auch die Neue Burg, verfügten ursprünglich über ausgeklügelte Ventilationssysteme, die jedoch in der Vergangenheit in fast allen Ringstraßenbauten deaktiviert und durch technische Einbauten ersetzt worden sind.

Bei mehreren Gebäuden (z. B. Musikvereinsgebäude, Palais Epstein) befinden sich auf dem Dach raumluftechnische Anlagen, die die Silhouette des Gebäudes und sein Erscheinungsbild nicht weniger verändern als die Außenbeschattung eines Lichtdaches bzw. der Fassadenfenster (Abb. B.8).

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept



Abb. B.8: Palais Epstein mit Klimaanlage auf dem Dach

Bei mehreren Gebäuden sind mit Schutzgittern versehene Ansaugöffnungen für Lüftungs- oder Klimaanlage auch an prominenter Stelle der Fassade sichtbar (Abb. B.9 - B.11). Wenn Fenster ganz oder teilweise als mit Lamellen versehene Zuluftöffnungen toleriert werden, lässt sich eine Ablehnung von Außenlichtschutzvorrichtungen unter Berufung auf den Denkmalschutz nicht stringent begründen.



Abb. B.9: Zur Ansaugöffnung einer Lüftungsanlage umgebaute Fenster an der Northwest-Fassade der Akademie der bildenden Künste

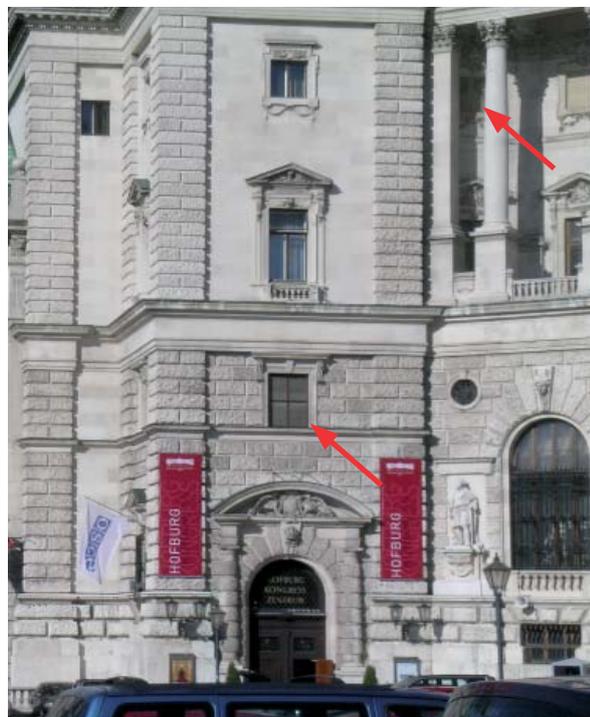


Abb. B.10: Lufteinlass direkt über dem Haupteingang des Konferenzentrums in der Hofburg. Hinter der ersten Säule der Kolonnaden befinden sich zwei Kernbohrungen für Ventilatoren.

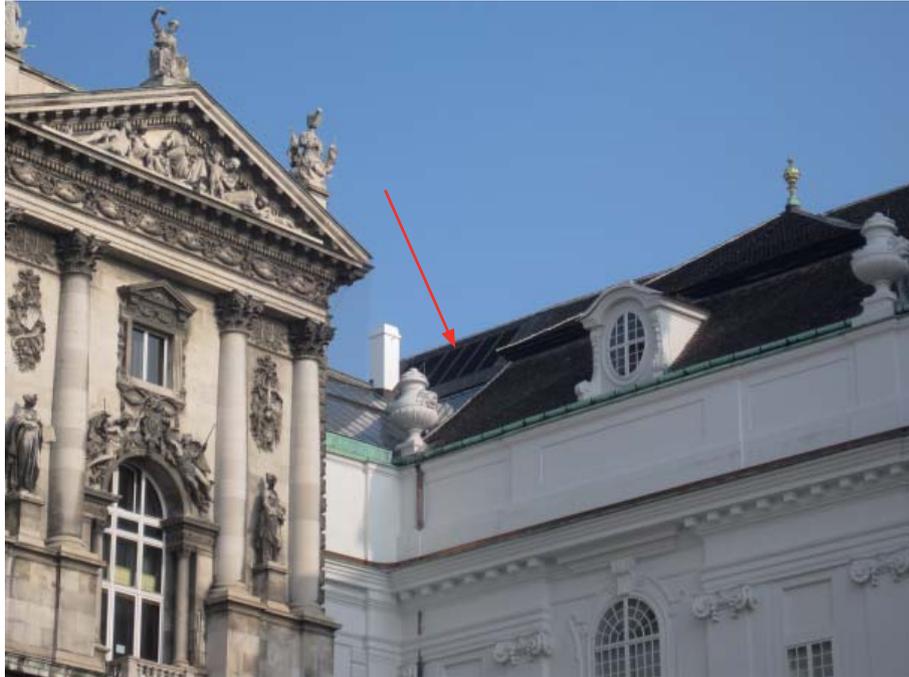


Abb. B.11: Ansaugöffnung für Klimaanlage des Konferenzentrums im Dach des Prunksaales der Bibliothek (Hofburg, Bibliothekshof)

Bei einer Abwägung der Vor- und Nachteile von klimastabilisierenden Einbauten (Außenbeschattung, Bauteiltemperierung, Karusselltüre) erlangen die aus den moderaten Eingriffen resultierenden signifikanten konservatorischen Verbesserungen für alle Sammlungen sowie die Vorteile der energiepolitisch dringend erforderlichen Maßnahmen einer thermischen Sanierung unzweifelhaft ein Übergewicht. So wie die Erfordernisse des Brandschutzes – etwa beim Einbau von Brandrauchschürzen oder Brandschutztüren bzw. bei der Schaffung von Brandabschnitten – stets höher eingestuft werden als die Sachwänge des Denkmalschutzes, so sind in einem Museum die schadenspräventiven Vorteile für alle Sammlungsobjekte höher zu bewerten als visuelle Veränderungen, zumal es sich bei den vorgeschlagenen Maßnahmen überwiegend um reversible Adaptionen und nicht um irreversible substanzzerstörende bauliche Eingriffe handelt.

2. Bauliche Rahmenbedingungen

Dieses Kapitel enthält keine hochbautechnische Bestandsanalyse; es sind lediglich jene baulichen Daten und Fakten erfasst, die zum Verständnis und als Grundlage für die Ausarbeitung einzelner Module in Abschnitt C notwendig und relevant erschienen sind.

Die Grundrisse aller Geschoße des Corps de Logis sowie ein West-Ost-Schnitt befinden sich im Anhang I, die Grundrisse aller Geschoße sowie die wichtigsten Schnitte durch Segmentbogen und Mittelbau der Neuen Burg im Anhang II.

2.1. Baukörper

Die Neue Burg ist im Kern aus massivem Ziegelmauerwerk aufgeführt. Die vorgeblendete Fassade ist aus dem sehr harten, in Istrien gebrochenen Marzana-Kalkstein gefertigt. Das Außenfundament der Neuen Burg besteht aus abwechselnd streifig verlegten Lagen von Bruchsteinen, auf die eine gerade Ausgleichsschicht von je drei Lagen Ziegel aufgemauert ist (→ Abb. B.18). Die Steine stammten aus der geschleiften Stadtbefestigung. Dieses charakteristische Baumerkmal findet sich bei den meisten Ringstraßenbauten dieser Zeit. Die Bautechnik dieser Epoche wurde von Manfred Wehdorn umfassend aufgearbeitet (WEHDORN 1979).

Die tragenden Geschoßdecken bestehen aus gleichabständig verlegten I-Stahlträgern mit aus Ziegeln gewölbten Kappen („Wiener Platzdecke“) und fallweise darunter abgehängten geraden armierten Beton-Zwischendecken. Über dem Plafond der südseitigen Ausstellungsräume des 1. Stocks befindet sich (oberhalb der 1990 eingezogenen gewölbten Gipskartondecke) eine gerade, ca. 80 cm hohe abgehängte Hohldecke, die ursprünglich mit größter Wahrscheinlichkeit zur Lüftung vorgesehen war: Im ehemaligen Luft- bzw. Heizungsschacht in der nördlichen Ecke des Marmorsaales der SAM im 1. OG befindet sich knapp unter der Decke ein jetzt vermauerter Durchbruch in diese Zwischendecke. Ein vermutlich ehemaliger horizontaler Luft-Kollektorgang verläuft in der Hohldecke oberhalb des Ganges im 2. OG. Zustand und Verwendbarkeit dieser Zwischendecken ist unbekannt; vermutlich wurden sie in der jüngeren Vergangenheit zur Verlegung elektrischer Leitungen verwendet. Die Querschnitte der horizontalen Lüftungs- bzw. Kollektorgänge sind in den aktuellen Gebäudeschnitten häufig nicht eingezeichnet; ihre Lage ist jedoch aus den signifikant dickeren Bereichen der jeweiligen Geschoßdecken ersichtlich (→ Schnitt Anhang II/10). Die in den Repräsentationsräumen sichtbaren Gewölbe sind Scheingewölbe; sie bestehen aus armiertem Beton und sind von den darüber liegenden eisernen I-Trägern bzw. Gewölbekappen abgehängt. Dazwischen befinden sich mehr oder weniger große schließbare Hohlräume.

Die Kubaturen und Nutzflächen der Neuen Burg Burg (Mittelbau und Segmentbogen) und des Corps de Logis sind aus Tab. B.1 ersichtlich⁶. Veranschlagt man einen Netto-Rauminhalt des Baukörpers von 80 %, so ergibt dies für die Neue Burg eine Kubatur der Baumasse von rund 30.000 m³ Ziegel- bzw. Mauersteine, woraus sich die große Wärmespeicherkapazität des Gebäudes erklärt. Die Netto-Kubatur des Corps de Logis beträgt rund 13.500 m³.

⁶ Die Nettogrundrissflächen umfassen alle Haupt- und Nebennutzflächen mit allen Verkehrsflächen und Fluktuationsflächen (Gänge, Stiegenhäuser etc.). Alle Angaben zu Kubaturen und Nutzflächen wurden von der BHÖ übermittelt.

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

Brutto-Rauminhalt Neue Burg (Mittelbau und Segmentbogen)	158.280 m ³
überbaute Grundfläche Neue Burg	7.244 m ²
vom KHM genutzte Nutzfläche in der Neuen Burg	7.617 m ²
von der ÖNB genutzte Nutzfläche in der Neuen Burg	6.964 m ²
Gesamtnutzfläche Neue Burg	14.581 m ²
Brutto-Rauminhalt Corps de Logis	67.621 m ³
überbaute Grundfläche Corps de Logis	4.676 m ²
vom KHM genutzte Nettogrundrissfläche im CdL	5.104 m ²
von der ÖNB genutzte Nettogrundrissfläche im CdL	3.416 m ²
Gesamtnutzfläche Corps de Logis	8.520 m ²
Gesamtnutzfläche Neue Burg + Corps de Logis	23.101 m ²
Gesamtkubatur Neue Burg + Corps de Logis	225.901 m ³

Tab. B.1: Kubaturen und Nutzflächen der Neuen Burg (Mittelbau und Segmentbogen) und Corps de Logis

2.1.1. Dächer

Der Dachaufbau besteht aus eisernen Fachwerkbindern, die mit eisernen und hölzernen Koppelpfetten verbunden sind, die eine Holzschalung mit Kupferblechdeckung tragen. Die Dächer des Gartentraktes sind nach Süden hin relativ flach geneigt (18° und 22°), nach Norden hin etwas steiler (30°) (→ Schnitt Anhang II/10). Die Dachlandschaft der Neuen Burg und des Corps de Logis und die Lage der Lichtdächer ist aus Abb. B.12 ersichtlich.

Die Glasdächer im Corps de Logis und im Mittelbau wurden zwischen 1995 und 2005 saniert; dabei wurde das alte grün gefärbte und transluzide Drahtglas gegen Wärmeschutzglas getauscht. Der niedrigere U-Wert der Gläser bewirkt im Winter eine signifikante Verringerung der Transmissionswärmeverluste. Allerdings resultiert aus der transparenten Verglasung ein erhöhter solarer Strahlungseintrag im Sommer mit einer erhöhten thermischen Belastung der Obergeschoßzone.

Dachflächen:

- Corps de Logis: ca. 4.000 m² zuzüglich 250 m² Glasdächer
- Gartentrakt und Mittelbau (ohne Konferenzzentrum): ca. 6.000 m² zuzüglich 600 m² Glasdächer

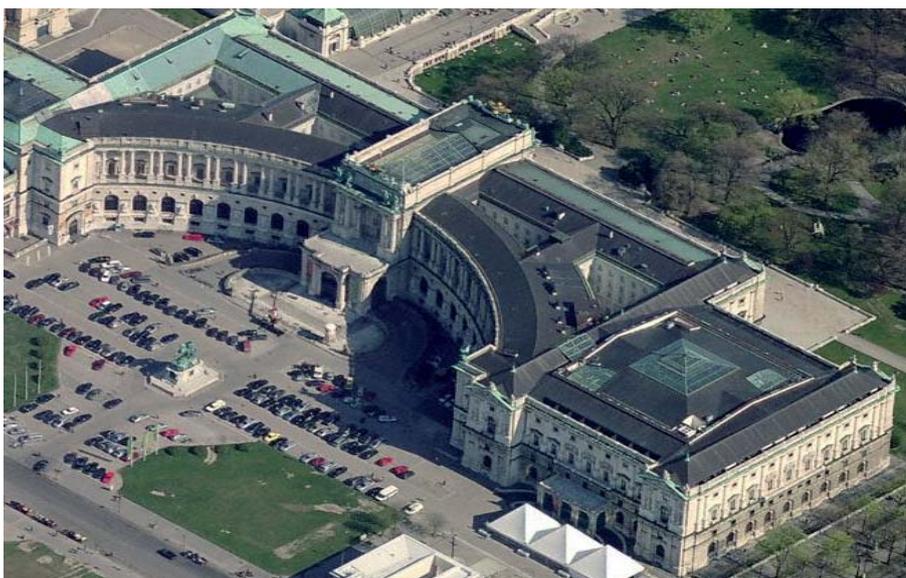


Abb. B.12: Luftaufnahme der Neuen Burg mit Glasdächern
(Foto: www.bing.com/maps; 19.05.2011)

2.1.2. Fenster

Die Fenster sind bis auf wenige Ausnahmen als Kastenfenster konstruiert. Die Fenster der Büro- und Verwaltungsräume sind im 2. OG zweiflügelig, sonst überwiegend dreiflügelig (mit Oberlichtflügel) ausgeführt. Die repräsentativen Rundbogenfenster an der Außenfassade weisen zwischen 9 und 24 Flügel auf; sie sind aus Eiche gefertigt und waren ursprünglich mit einem transparenten „Kutschenlack“ (vermutlich Bernstein/Kopal-Ölharzfirnis) beschichtet. Bei der Sanierung der Fenster (2004-2006) wurden Rahmen und Stöcke abgeschliffen und mit einem industriellen Anstrichsystem versehen. Die in die Innenhöfe orientierten Fenster sind aus Nadelholz (Fichte?) gefertigt und waren ursprünglich mit Ölfarbe gestrichen.

Soweit möglich wurden alle Fenster und Fenster-Türen der Neuen Burg typisiert und zur Abschätzung der Transmissionswärmeverluste die Glasflächen der inneren Fensterflügel erfasst (Tab. B.2).

Geschoß	Fenster-/Tür-Typ	Typ	Glasfläche [m ²]	Stück	Glasfläche gesamt [m ²]
2. OG Gartentrakt Corps de Logis Segmentbogen		1	1,9	22	41,8
				29	55,1
				21	39,9
2. OG Archiv/Bibliothek Rundbogen Seitenfenster		2	10,0 4,7	1	10,0
				2	9,4
1. OG SAM CdL/HJRK Heldenplatz		3	3,7 4,2	22	81,4
				23	96,6
				4	16,8
1. OG HJRK/SAM Saal II, IV, VI, IX, XIV		4	9,0	5	45,0
Mezzanin		5	3,2	22	70,4
				28	89,6
HP Terrasse Tür		6	4,2	12	50,4

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

Geschoß	Fenster-/Tür-Typ	Typ	Glasfläche [m ²]	Stück	Glasfläche gesamt [m ²]
HP Terrasse Fenster		7	8,5	10	85,0
HP Fenster CdL		8	8,5	22	187,0
1. OG Segmentbogen		9	4,3	19	81,7
Kanonengang		10	0,9	20	18,0
HP Segmentbogen		11	13,6	18	244,8
TP Segmentbogen		12	3,6	18	65,7
Lichthof A Lichthof B Lichthof C Lichthof D		13	2,3	101 64 56 90	232,3 147,2 129,0 207,0
Glasfläche aller inneren Fensterflügel					2004,1

Tab. B.2: Fenster und Fenster-Türen der Neuen Burg

Vor allem in den Innenhöfen kamen z.T. unterschiedliche Fenstertypen zur Anwendung, weshalb einige Flächen durch Auf- bzw. Abrunden ausgemittelt wurden. Da alle kleineren Fenster von unbedeutenden Nebenräumen und Hoftüren nicht erfasst sind, lässt sich die Gesamtglasfläche aller Fenster mit rund 2.000 m² plausibel abschätzen.

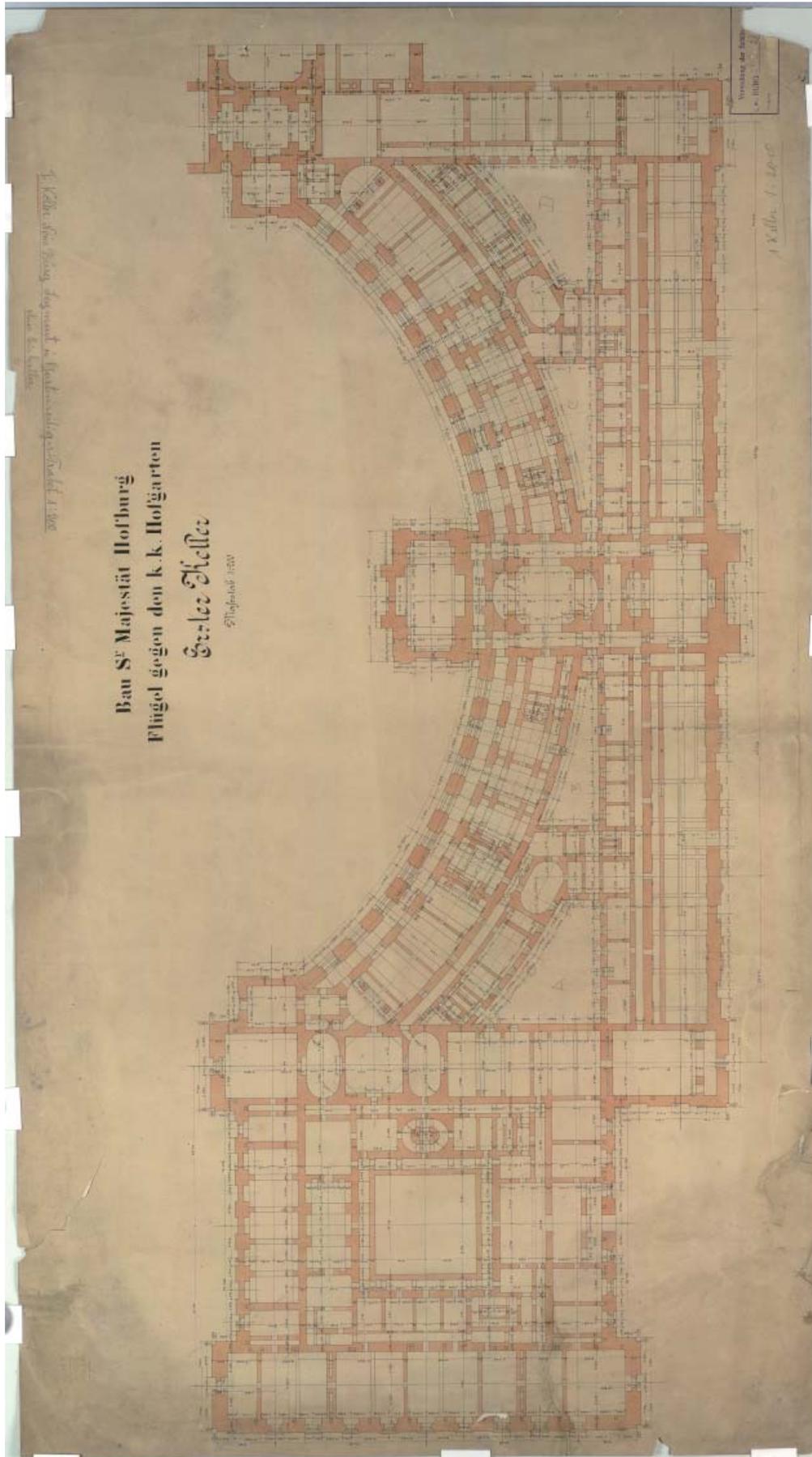


Abb. B. 13a: Flügel gegen den Hofgarten, 1. Keller.
Zeichnung von C. Hasenauer
Wien vor 1894 (HHStA/PAB 3942)

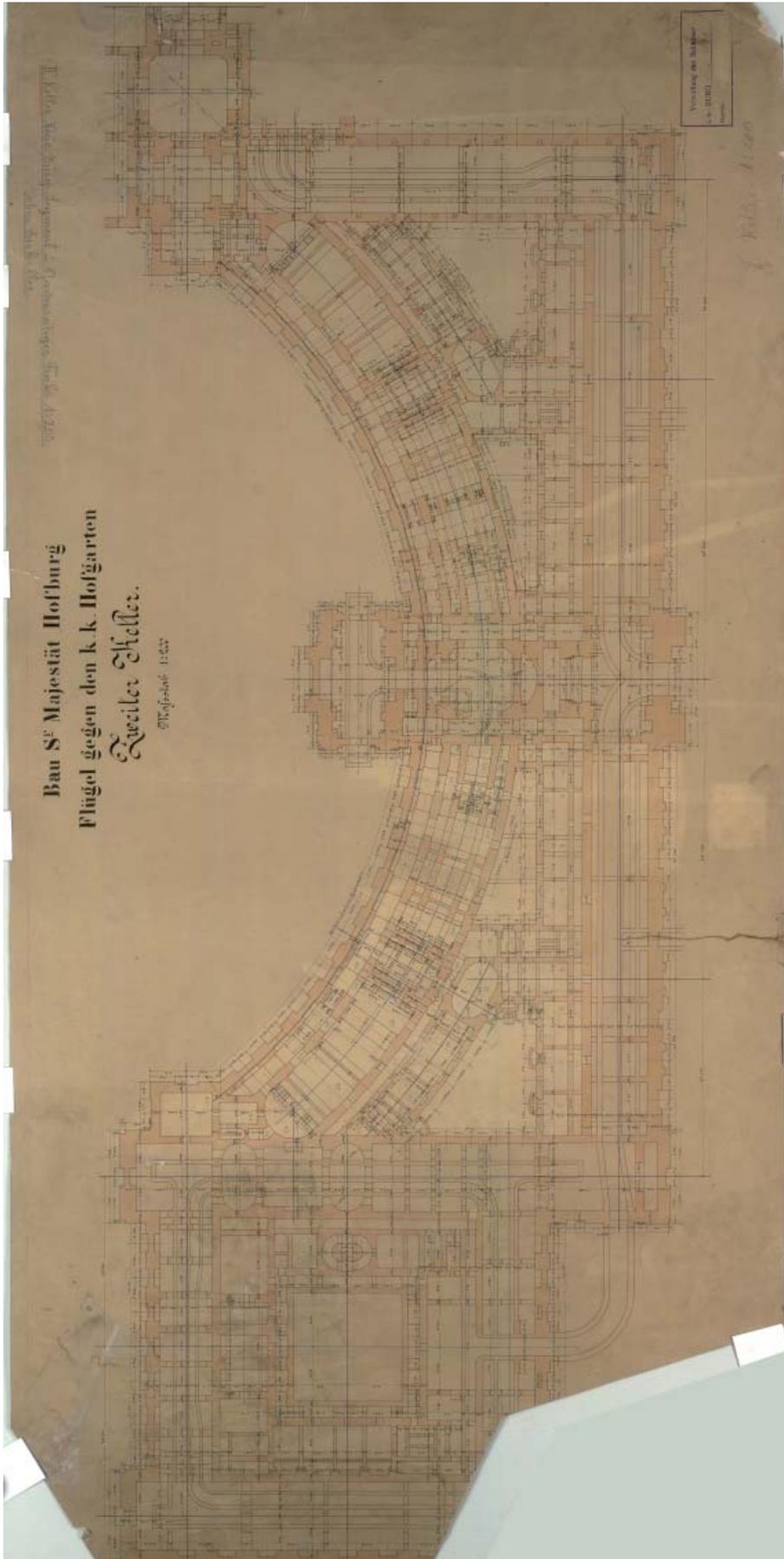


Abb. B.13b: Flügel gegen den Hofgarten, 2. Keller.
Zeichnung von C. Hasenauer
Wien vor 1894 (HHStA/PAB 3941)

2.2. Das Belüftungssystem - der „Luftbrunnen“

Der Luftbrunnen im Keller der Neuen Burg bildete das Herzstück des von Carl Böhm entwickelten ursprünglichen Heizungs- und Belüftungskonzepts (← Kap. A.2.5.). Bereits beim Baubeschluss 1881 wurde festgelegt, dass zur Gewährleistung behaglicher Temperaturen im Sommer ein zusätzliches, zweites Kellergeschoss anzulegen sei (Abb. B.13), zumal die beschränkte Kühlkapazität von Erdwärmetauschern zur Entstehungszeit im Bauwesen bekannt war (FISCHER 1881: 241). Die Besonderheit des Luftbrunnens besteht darin, dass das Gang- und Schachtsystem im Wesentlichen noch intakt ist und insbesondere im Corps de Logis größere irreversible Eingriffe unterblieben sind, weshalb seine Funktion ausreichend studiert werden kann und eine Rekonstruktion und Reaktivierung immer noch möglich erscheint. Die ursprüngliche Funktion wird allerdings durch mehrere Störfaktoren gravierend beeinträchtigt, worauf noch gesondert eingegangen wird.

In diesem Kapitel wird die bauliche Anlage des Luftbrunnens untersucht und – soweit dies aufgrund der Gegebenheiten möglich ist – seine Wirkungsweise analysiert.

2.2.1. Bauliche Anlage

Die Luft wird im Burggarten links und rechts der in der Mitte der Terrasse befindlichen Freitreppe über zwei durch eiserne Wendeltreppen erschlossene „Brunnenschächte“ angesaugt und über einen 2,5 m breiten und 4,5 m hohen gewölbten Gang dem 2. Keller zugeführt (Abb. B.14). Der doppelte Lufteinlass trägt möglicherweise den beiden in Wien dominierenden Hauptwindrichtungen – Nordwest und Südost – Rechnung. Unterhalb der Terrasse reduziert sich die Höhe des Zuluftganges auf 2,5 m, behält aber mit einer Breite von 4,5 m den Querschnitt bei.



Abb. B.14: Lufteinlass in den Luftbrunnen. Links: südöstlicher Lufteinlass im Burggarten; rechts: Lufteinlass von innen



Abb. B.15: Doppeldrehtür im Lufteinlass zum 2. Keller

Nach der ersten (ehemals durch Seil- oder Kettenzüge gesteuerten und jetzt deaktivierten) Doppeldrehtür (Abb. B.15) und einer neueren Gittertür (→ Abb. B.77) teilt sich der Gang in einen östlichen Teil (der zum Konferenzzentrum und in die alte Burg führt) und in einen westlichen Gang, der sich am Ende des Gartentraktes nach Norden wendet und das Corps de Logis in der Mittelachse erreicht. In diesem Hauptgang befindet sich (nach einem alten doppelten Eisentor) etwa in der Mitte eine neue doppelte Brandschutztür. Das Mauerwerk des Ganges zeigt unter dem abblätternden Putz deutlich die für die Fundamente der großen Gründerzeitbauten typische streifige Struktur abwechselnd gelegter Ziegelscharen und Bruchsteine der alten Stadtbefestigung (→ Abb. B.18). Wo der Hauptgang den 2. Keller des Corps de Logis erreicht, ist eine den ganzen Querschnitt ausfüllende 3,7 m hohe und 2,75 m breite Drehtür montiert. Eduard Meter, der unter Böhm bei der Lüftungsanlage des Burgtheaters mitgearbeitet hatte, griff hier auf das gleiche – offensichtlich bewährte – Steuerelement zurück (Abb. B.16).

Hinter der Drehtür wird der Luftstrom geteilt: Jeweils etwa 1/3 strömt links und rechts in den zweiten äußeren konzentrischen Kellergang. Das verbliebene Drittel der Luftmenge wird zum Teil diagonal durchs Zentrum des Kellerlabyrinths geführt; ein Teil davon strömt geradeaus in den im 1. Keller gelegenen „inneren Kellerumgang“ und von dort über ein ringförmiges Zwischengeschoß mit vier in den Ecken angebrachten Öffnungen in die Säulenhalle/Aula des Corps de Logis. Der für den inneren Kellerumgang mündlich tradierte Ausdruck „Schimmelkeller“ verrät, dass sich hier möglicherweise einmal eine Luftbefeuchtungsanlage (wie auch im Burgtheater) befunden haben könnte.



Abb. B.16: Drehtür im Eingang zum 2. Keller des Corps de Logis der Neuen Burg. Die Seilzüge zum Öffnen und Schließen wurden 2009 rekonstruiert.

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

Sowohl in den Plänen aus der Bauzeit als auch im Bestand ist eine große Anzahl von Vertikalschächten („Luftschläuche“) und horizontalen Verteilerstrecken („Kollektorgänge“) feststellbar, von denen ein Großteil heute abgemauert ist. In einem von Ohmann 1901 verfassten Plan des 1. Kellers des Corps de Logis (signiert Ing. Koth, HHStA/PAB 5950, Abb. B.17) sind diese Vertikalschächte bezeichnet und teilweise mit Nummern und mit römischen Zahlen versehen, wobei die Kürzel „II. K“, „I. K“, „I. KU“, „P“ und „M“ mit großer Wahrscheinlichkeit 2. Keller, 1. Keller, 1. Keller Unterteilung, Parterre und Mezzanin bedeuten.

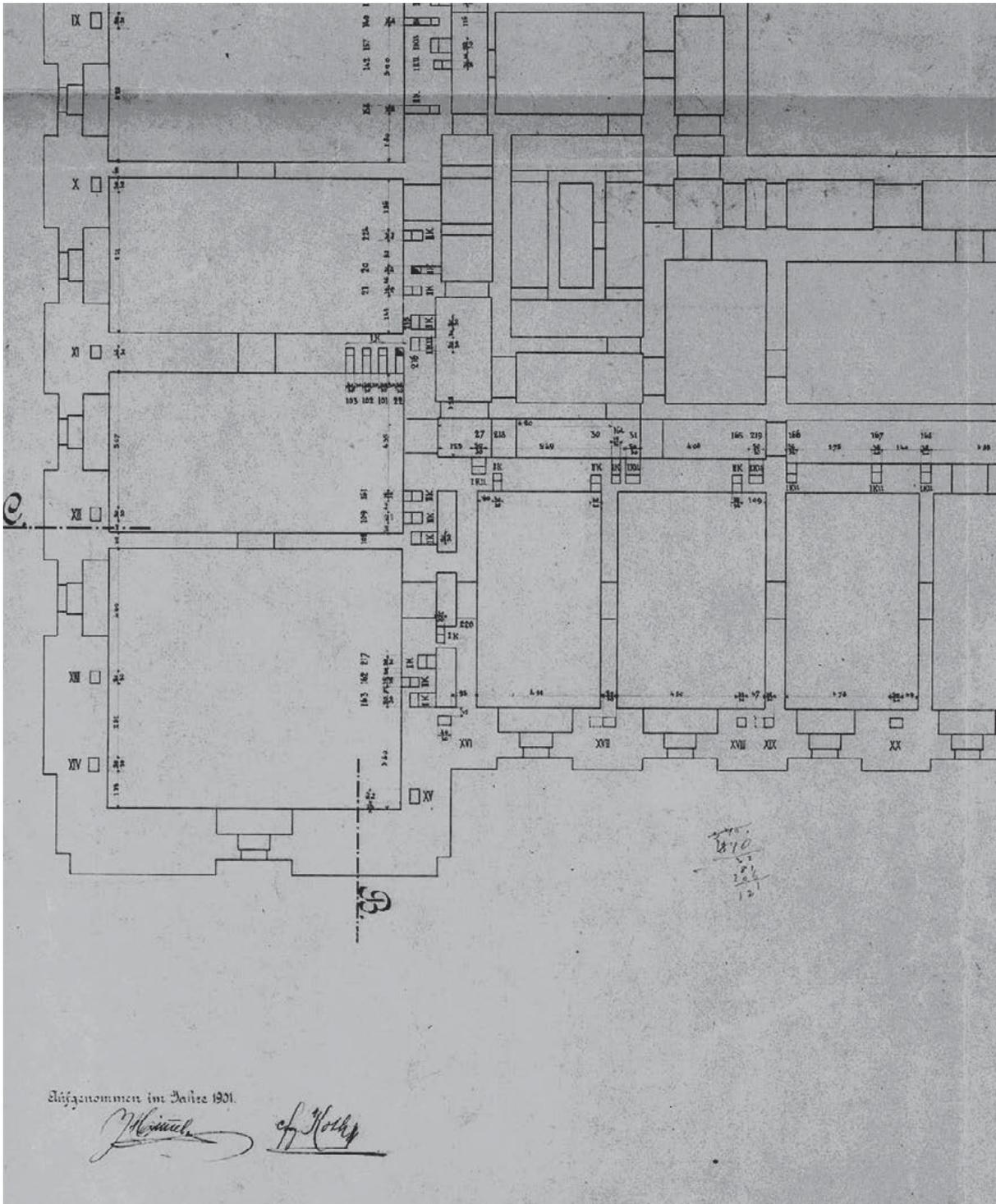


Abb. B.17: Friedrich Ohmann, „Flügel gegen den Hofgarten; aufgenommen im Jahre 1901“, Plan des 1. Kellers des Corps de Logis. Bezeichnung und Nummerierung der Luftschächte; HHStA/PAB 5950 (Ausschnitt)

Einer der vermauerten Schächte wurde im Auftrag der BHÖ geöffnet, war aber auch noch 50 cm dahinter mit Schutt und Beton verfüllt, worauf die Sondierung eingestellt wurde.

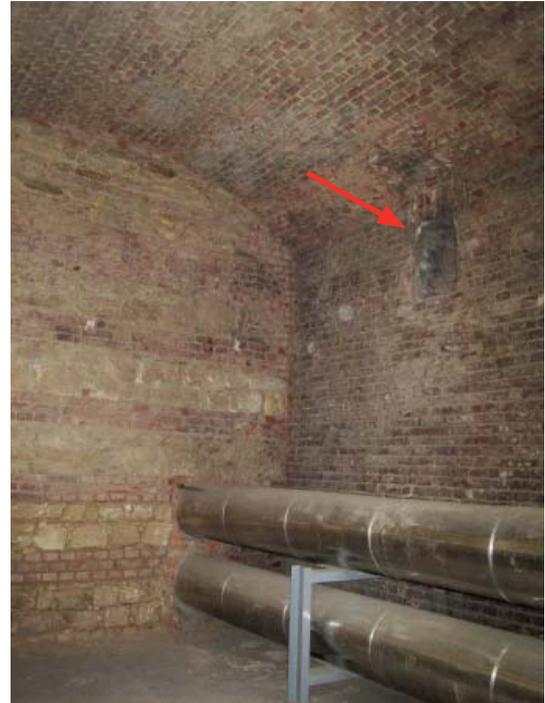


Abb. B.18: Zwei der zahlreichen abgemauerten Schächte (links) und teilweise geöffneter Schacht (rechts) im 2. Keller im Quadrant C. Die Außenmauer zeigt die typische Streifentextur der Gründerzeitbauten, in deren Fundamenten die Reste der geschleiften Stadtmauer verarbeitet wurden.

Nach bisherigem Kenntnisstand sind diese Schächte Teile des originalen Heizungs- und Belüftungssystems, wobei die Warmluftheizung in der ursprünglichen Form allerdings nie zur Ausführung gelangte. Bei der – zur Effizienzsteigerung nach den Ideen Meissners – für Schwerkraft-Umluftbetrieb gedachten Luftheizung musste die Luft aus den oberen Etagen wieder dem untersten Geschoß, wo sich die „Caloriferen“ befanden, zugeführt werden. Die abgekühlte und dadurch schwerere Luft wurde den Räumen durch mittels Klappen verschließbare Öffnungen über dem Fußboden entnommen und sank in den in den Außenmauern befindlichen Schächten selbsttätig in die unterste Ebene, um dort wieder erwärmt zu werden. Im darüber befindlichen 1. Keller sollte die Heizluft in speziellen Mischräumen mit Frischluft gemischt werden. (Zumindest einer der Mischräume, belegt durch die Ausschreibung Eduard Meters 1903, kam im Mittelbau zur Ausführung.)

Im 2. Keller des Corps de Logis sind einige bauliche Abweichungen von den ältesten Grundrissplänen Hasenauers feststellbar. Die in den vier Doppelmauern im Corps de Logis befindlichen Schächte waren vermutlich ursprünglich für Warmluftführung gedacht; diese kam jedoch nicht mehr zur Ausführung, was u. a. daraus geschlossen werden kann, dass der zwischen Saal VIII und IX im 1. OG befindliche Schacht nicht verputzt ist. Eduard Meter hat für die Beheizung der Obergeschosse der Neuen Burg die modernere Form der Wärmeverteilung mittels Radiatoren gewählt.

In den vier Ecken des 2. Kellers, in unmittelbarer Nähe zu den vier Hauptsteigschächten, befinden sich noch heute sog. „Luftheizkammern“, in denen mit Dampf beheizte Wärmetauscher („Caloriferen“) montiert waren (Abb. B.19 und B.20). Der Luftdurchsatz konnte durch zwei mittels Seilzüge gesteuerte Regelklappen variiert werden (Abb. B.21). Die Luft wurde dabei aus dem äußersten Kellergang angesaugt und strömte nach Passieren des Heizregisters unter der Decke der Luftheizkammer in Richtung

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

des jeweils nächstgelegenen der vier Steigschächte. Abgetrennte Dampf- oder Warmwasserleitungen zeigen, dass hier ältere Wärmetauscher durch die jetzt vorhandenen Radiatoren ersetzt wurden. Ihre konvektive Leistung konnte mittels (heute abmontierter) Ventilatoren gesteigert werden (Abb. B.22). Der Durchmesser der Ventilator-Öffnungen von 605 mm entspricht der kleinsten Größe der von E. Meter 1898 für den Festsaal bestellten Blackman-Ventilatoren.



Abb. B.19: Eingang zur Luftheizkammer IV (C-Schacht)



Abb. B.20: Blick in Luftheizkammer IV mit Regulierklappe und Radiatoren unter der Decke



Abb. B.21: Ehemalige Klappensteuerung mit Seilzügen außerhalb der Luftheizkammer



Abb. B.22: Standort der ehemaligen Heizungsventilatoren (A-Schacht)

2.2.2. Funktion und Wirkungsweise des Luftbrunnens

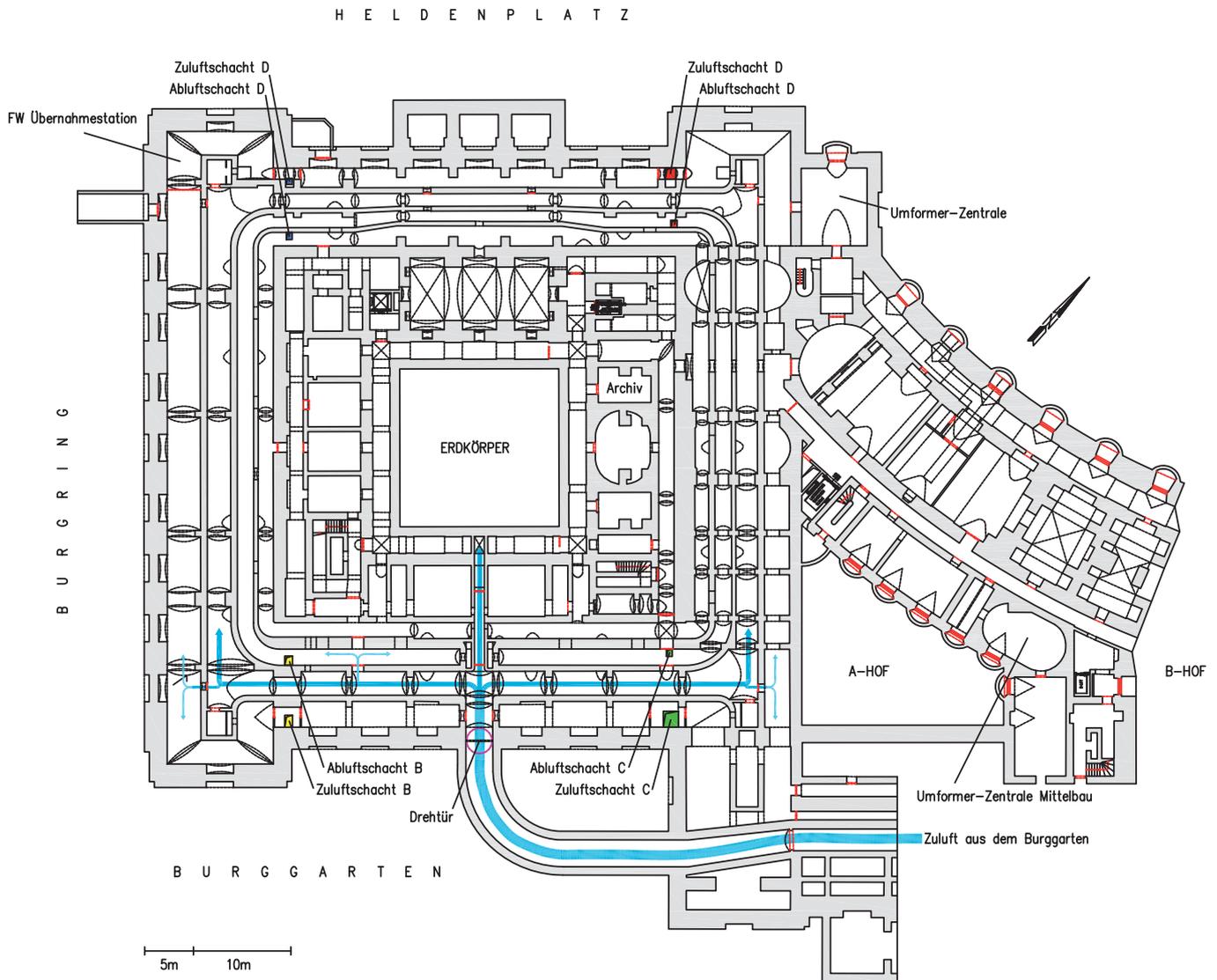


Abb. B.23: Grundriss des 2. Kellers im Corps de Logis

Der Luftbrunnen im 2. Keller des Corps de Logis ist ein großer Klimapufferspeicher (Abb. B.23). Er wirkt primär als Erdwärmetauscher, indem die Mauerflächen aus der vorbei streichenden Luft je nach Temperaturdifferenz Wärme entnehmen bzw. an sie wieder Wärme abgeben. Die großen Wandflächen sind darüber hinaus auch hygrysch aktiv, indem sie bei entsprechend niedriger Oberflächentemperatur als Kondensationsflächen wirksam werden, die aus der einströmenden Außenluft Wasserdampf absorbieren, diesen im Mauerwerk speichern und bei ausreichendem Dampfdruckgefälle gegenüber der nachströmenden trockeneren Außenluft an diese konvektiv wieder abgeben. Es ist zu vermuten, dass der Kellerfußboden anstelle des heutigen Beton-Estrichs ursprünglich einen Belag aus gestampftem Lehm aufwies.

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

Der Keller war durchgehend verputzt; bei der 2002 durchgeführten Sanierung wurde im Corps de Logis ein Teil des alten „faulen“ Putzes abgeschlagen und das Ziegelmauerwerk freigelegt. Im Gartentrakt wurde im sog. „Schliefgang“ oberhalb des östlichen Kollektorganges (der 2010 der SAM zugewiesen wurde) eine unberührt erscheinende Putzprobe genommen (Abb. B.24). Die Analyse des BDA wies Romanzement („Wiener Hydrauer“) als Bindemittel mit Calzit-, Quarz- und Silikat Körnung (letztere bis in den cm-Bereich) und einem Feinanteil bis ca. 300 µm Korngröße nach. Romanzement war um die Jahrhundertwende aufgrund seiner bauphysikalischen Vorzüge gegenüber Kalk und Portlandzement ein weit verbreitetes Verputz- und Baumaterial. Der Putz trägt keine Fassung/Beschichtung. Der helle Saum an der Oberfläche in der Lichtmikroskop-Aufnahme resultiert aus dem beim Abbinden entstehenden Carbonatisierungsprozess. Direkt auf der Oberfläche liegt der Staub auf. Der Putz ist frei von Gips oder anderen Schadsalzen und weist ein stabiles Gefüge auf⁷.

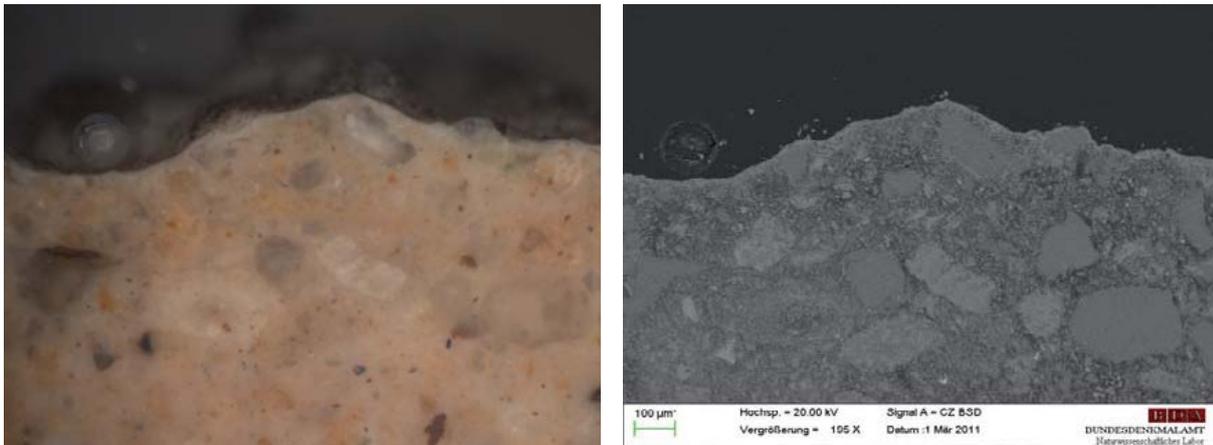


Abb. B.24: Querschliff und elektronenmikroskopische Aufnahme einer Putzprobe aus dem 2. Keller (Labor des BDA, Dr. R. Linke)

Aus der Bauweise des Luftbrunnens im Corps de Logis in sechs konzentrisch angeordneten Gängen mit dazwischen befindlicher Raumgruppe (jetzt Depotfläche, Archiv- und Serverraum), die jeweils wechselseitig durch Überström- und Unterströmöffnungen miteinander kommunizierend verbunden sind, ist die Intention ersichtlich, die Luft zu einem Überstreichen möglichst großer Mauerflächen zu bewegen. Die Durchströmung auch der inneren Kreise wurde bei einem Versuch im September 2009 ersichtlich, bei dem mit einem Aerosolgenerator bei der großen Drehtür künstlicher Rauch in das System eingeblasen wurde, um das Strömungsverhalten des Luftbrunnens zu visualisieren. Dabei erreichte der Rauch die gegenüberliegenden Bereiche (bei Schacht A und D) rascher diagonal über die Verbindungsöffnungen der inneren Gänge als über den außen direkt dorthin führenden Gang.

Beim Durchströmen der Gänge erfährt die Luft einen intensiven Austausch mit den Raumumschließungsflächen. Der 15 x 15 x 7 Meter umfassende Erdkörper in der Mitte unterstützt aufgrund seiner Speicherkapazität die Temperatur-Pufferwirkung. Wie aus den Klimakurven Abb. B.25 deutlich ablesbar, erfährt die Luft auf ihrem Weg von außen (hellrosa), über die Drehtür (pink) und Gang 2 (dunkelocker) und Gang 4 (helllocker) bis in den Gebäudekern (Archiv - rostbraun) eine generelle Klimastabilisierung. Die Temperatur im Erdkörper (schwarz) im Zentrum verläuft ebenfalls sehr stabil. Beim Kälteeinbruch Ende Oktober (29.10.2009) wurde die Drehtür geschlossen, was am steilen Anstieg der Temperaturkurven der Zuluft (pink, rosa) erkennbar ist.

⁷ Für die im Labor des BDA durchgeführte Analyse bin ich Dr. Robert Linke zu Dank verpflichtet (Untersuchungsbericht 144/11, GZ 2.566/1/2011)



Abb. B.25: Die Temperaturschwankungen der Außenluft (rosa) werden durch die Tauscherflächen des Luftbrunnens weitgehend gedämpft. Der Klimaverlauf im Archiv (rostbraun) verläuft signifikant stabil. Am 29.10.09 wurde die Drehtür geschlossen. (Oktober 2009)

Auch die täglichen Fluktuationen der Luftfeuchtigkeit der Außenluft werden dabei gedämpft (→ Abb. B.26a), was am besten aus dem Verlauf der Absolutfeuchte-Werte erkennbar ist (Abb. B.26b): Die weitgehend an die Außentemperatur gekoppelte absolute Feuchte der Außenluft (Drehtür - pink) wird auf dem Weg ins Zentrum des Luftbrunnens (Archiv – rostbraun) deutlich gepuffert und ausgemittelt. Das Schließen der Drehtür am 29.10. führt aufgrund der Einwirkung der Fernheizungsrohre zu einem Temperaturanstieg im Keller und damit zu einem Austrocknen der Luft.

Die für die Verdunstung benötigte Energie wird im Sommer als adiabate Kühlung wirksam. Darüber hinaus verändert die - aufgrund der höheren Absolutfeuchten der Außenluft - im Sommer erhöhte Bauteilfeuchte die Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks, was den Wärmeabfluss ins Fundament und in den kühleren Erdkörper begünstigt. Im Winter führt das Nachströmen von absolut trockenerer Außenluft zu einem Austrocknen des Mauerwerks, wodurch die Wärmeleitfähigkeit wieder etwas abnimmt, die Dämmwirkung des Ziegelmauerwerks steigt und der Keller warm bleibt.

Die jeweilige Wirkungsweise (wärmen, kühlen, befeuchten, entfeuchten) hängt unmittelbar mit der gerade vorherrschenden Temperatur der Mauerflächen ab. Aufgrund der immer noch dominanten Störgrößen⁸ können keine objektiv gesicherten Aussagen über das genaue Verhalten des Luftbrunnens ohne diese Einflussfaktoren gemacht werden. Dennoch soll hier anhand einiger Beispiele die prinzipielle Funktionsweise dargestellt werden.

⁸ 8 Fernheizrohre mit rund 700 m² Oberfläche und einer Temperaturdifferenz von 3-7 K gegenüber der Umgebungsluft, unkontrollierter Luftdurchsatz von bis zu mehr als 20.000 m³/h (→ Kap. B.2.2.4.)

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept



Abb. B.26: Die Schwankungen der Luftfeuchtigkeit (26a - oben: relative Feuchte; 26b - unten: absolute Feuchte) der Außenluft (rosa und pink) werden bis ins Zentrum des Luftbrunnens (Archiv – rostbraun) vom Ziegelmauerwerk gepuffert. Am 29.10. wurde die Drehtür geschlossen (Oktober 2009)

2.2.2.1. Wärmepuffer

Im Sommer wird die Außenluft auf ihrem Weg ins Zentrum des Kellers abgekühlt. Das ursprüngliche Kühlpotential ist jedoch nur mehr im westlichen Kollektorgang an der Basis der Mittelmauer des Gartentraktes, wo die (auch im Sommer wirksame) Wärmeeinwirkung durch die Fernheizrohre kaum auftritt, gegeben (*SAM west* - türkisblau Abb. B.27). Auffallend ist die große Temperaturspreizung zwischen 19,5 °C (*Erdkörper* - schwarz) und fast 25 °C am Fußpunkt des Zuluftschachtes C (hellgrün), die auf die noch zu behandelnden Störeinflüsse durch die Fernheizrohre zurückzuführen ist. Das „Pulsieren“ der grünen Kurve bildet das Einschalten der Abluftventilatoren ab, was zum Nachströmen kühlerer Luft führt⁹.



Abb. B.27: Im Sommer wird die Außenluft von den kühlen Mauerflächen abgekühlt (Kollektorgang West - türkis; Juli 2009)

Abb. B.28 zeigt das Temperaturprofil im Luftbrunnen am jeweiligen Fußpunkt der großen Steigschächte A (rot), B (gelb), C (grün) und D (blau) sowie im Kollektorgang (türkisblau) im Vergleich zur Außenluft am Einlass (rosa). Das Kühlpotential des Luftbrunnens wird auch durch die Temperatur im Erdkörper (schwarz), im Archiv (rostrot) und im Kollektorgang (*SAM west* - türkis) angezeigt. Theoretisch müsste der Keller im Sommer konzentrisch angeordnete, annähernd isotherme Bereiche aufweisen, was derzeit aufgrund der Störgrößen nicht der Fall ist. In diesem Diagramm ist auch die Temperatur bei der Übernahmestation in der Westecke des Corps de Logis eingeblendet (ocker); letztere ist dafür verantwortlich, dass die Zulufttemperatur in den Steigschächten A (rot) und D (blau) über dem ohnedies erhöhten Mittelwert des Archivs (rostrot) liegt.

⁹ Zwischen 6. und 11.7. waren die Brandschutztüren bei Schacht C geschlossen, was aus der gleichbleibend hohen Temperatur ersichtlich ist.

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

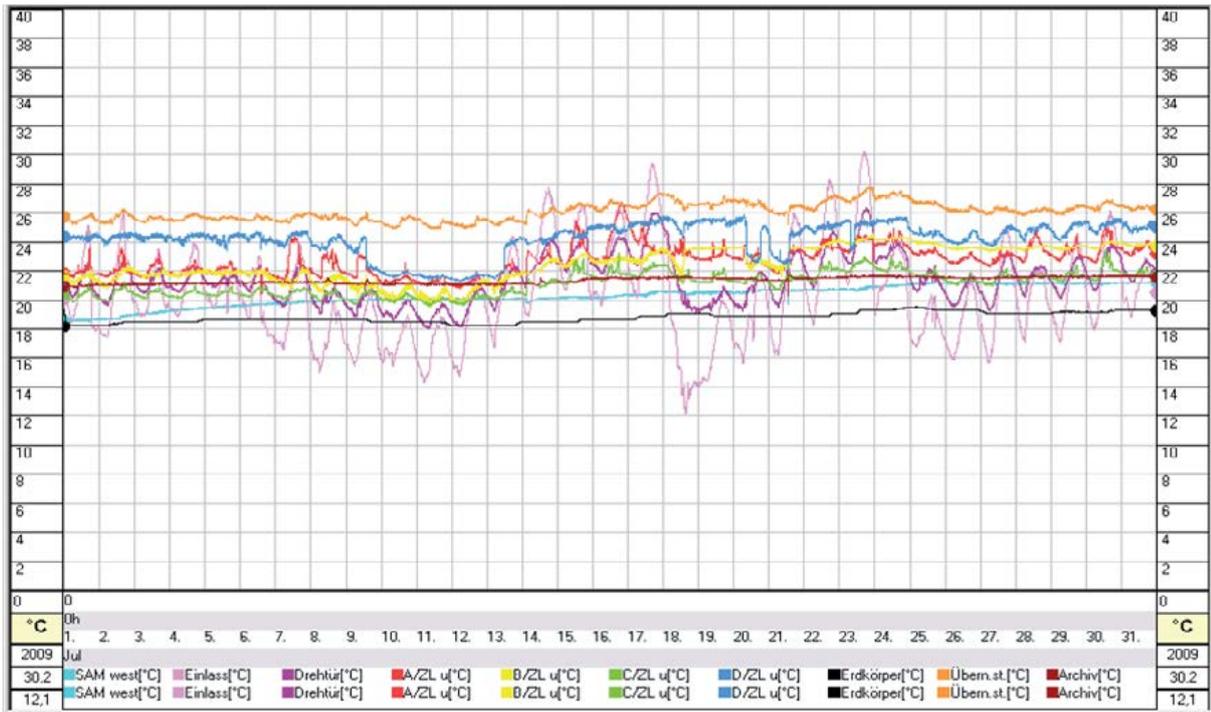


Abb. B.28: Je nach Lage zu den Fernheizrohren wird im Sommer über die großen Steigschächte (rot, blau, grün, gelb) unterschiedlich warme Luft den Obergeschoßräumen zugeführt. Am wärmsten ist es in der Nähe der Übernahmestation (ocker). Im Zentrum des Luftbrunnens (Archiv – braun) sowie im Erdkörper (schwarz) ist es am kältesten und der Temperaturverlauf sehr konstant. Im westlichen Kollektorgang (türkis) ist der Einfluss des Fernheizrohres sehr gering (Juli 2009).

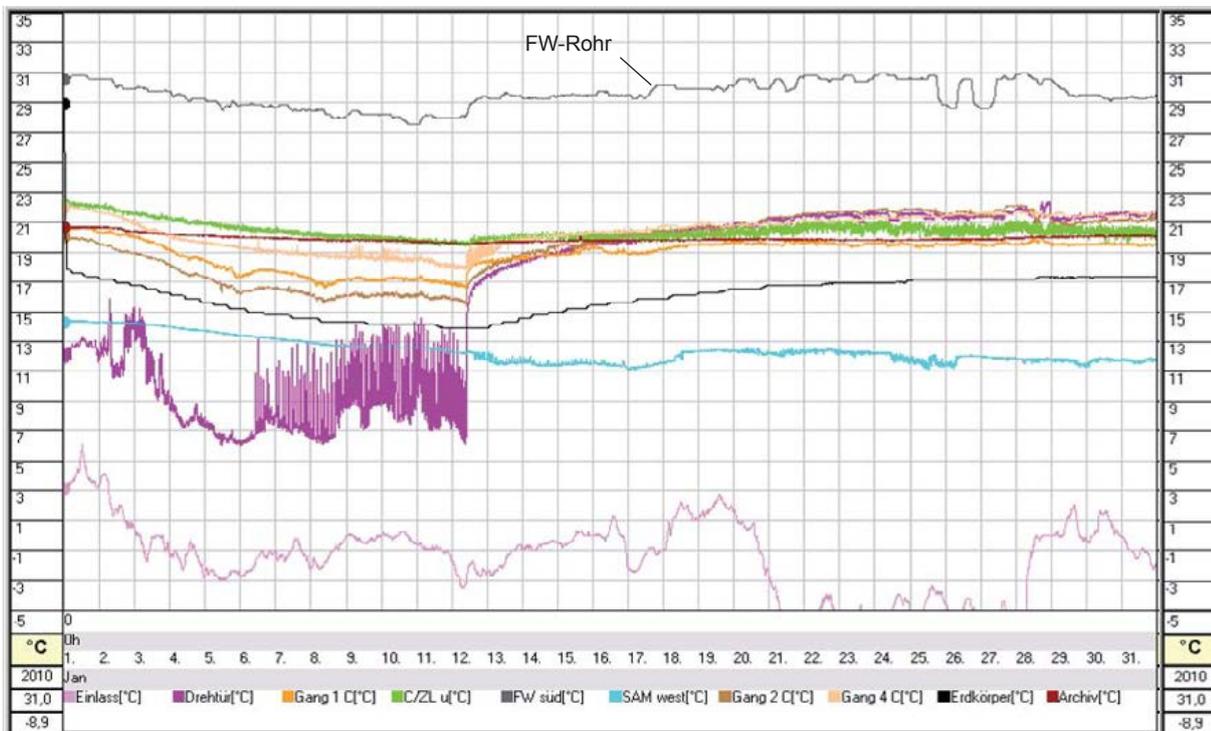


Abb. B.29: Im Winter wird die Außenluft durch das Mauerwerk und die Fernheizungsrohre angewärmt. Das Schließen der Drehtür (12.1.2010) führt zu einem signifikanten Anstieg der Temperatur im Keller. Die geschlossene Tür zum westlichen Kollektorgang (türkis) verhindert eine Erwärmung durch die Fernheizrohre, wodurch die Temperatur auf bis zu 11 °C absinkt (Jänner 1010).

Im Winter wird die Außenluft durch die Wärmetauscherflächen der Kellerwände aufgewärmt. In der Nähe der Fernheizrohre (grau) wie etwa am Fußpunkt von Zuluftschacht C (hellgrün) ist die Temperatur mit ca. 21 °C signifikant höher als im unbeheizten Fundamentbereich mit rund 12 °C im westlichen Kollektorgang (SAM west - türkis). Der Erdkörper kühlt im tiefen Winter bei offener Drehtür auf etwa 14 °C ab; nach Schließen der Drehtür (12. Jänner 2010) werden 18 °C kaum unterschritten (Abb. B.29).

2.2.2.2. Entfeuchten der Außenluft

Es ist nachgewiesen, dass durch Erdwärmetauscher die sommerliche Außenluft auf bis zu 15 °C abgekühlt und auf ca. 11 g/kg absolute Feuchte entfeuchtet werden kann (WIRTH 2002: 122; Abb. 5.16). Wegen des Temperatureintrages durch die Fernwärmerohre und aufgrund des forcierten und nicht quantifizierbaren Luftdurchsatzes ist die Feuchtepufferwirkung des Kellers der Neuen Burg nur bedingt darstellbar. Die prinzipielle Wirkungsweise lässt sich gut am Beginn einer Regenperiode zeigen; dabei nimmt die Absolutfeuchte der Luft auf ihrem Weg vom Einlass bis in den Gebäudekern immer mehr ab, wie aus Abb. B.30 ersichtlich. Während der Regenperioden 27.6.-7.7.2009 sowie 14.-18.7.2009 wurde außen die konservatorisch begründete Obergrenze der absoluten Feuchte von ca. 12 g/m³ mehrmals überschritten. Im Keller hingegen (Archiv - rostbraun) bewegte sich die Absolutfeuchte moderat zwischen 8 und 10 g/m³. Aus dem gedämpften Verlauf der absoluten Feuchte am oberen Ende des Steigschachtes C (dunkelgrün) wird die Feuchtepufferwirkung des Gebäudes nochmals verdeutlicht. Die Entfeuchtungswirkung der kühlen Bauteile ist im Sommer auch daran ersichtlich, dass sich auf dem Boden und im Sockelbereich dunkle Zonen durch Kondensatfeuchte bilden (Abb. B.31). Der vermutlich ursprünglich vorhandene Lehmboden verfügte über eine höhere Feuchtespeicherkapazität.



Abb. B.30: Bei hoher Außenluftfeuchte (>13 g/m³) wird der Luft auf ihrem Weg vom Einlass (rosa), über die Drehtür (pink) bis zum Fußpunkt der Steigschächte (hellgrün) ca. 1 g/m³ Wasserdampf entzogen. Im Gebäudekern (Archiv - rostbraun) und in den Steigschächten (dunkelgrün) findet ein weiterer Ausgleich der absoluten Feuchte um einen konservatorisch und physiologisch günstigen Mittelwert (8-10 g/m³) statt (Juni/Juli 2009).

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept



Abb. B.31: Bei hoher Außenfeuchte kondensiert im Sommer Wasserdampf an den kühlen Wand- und Bodenflächen.

2.2.2.3. Befeuchten der Außenluft

Beim Einströmen trockener Außenluft etwa im Sommer bei Südostströmung aus der pannonischen Tiefebene wird Feuchtigkeit aus dem Mauerwerk entnommen und bewirkt eine Vorbefeuchtung bzw. Feuchtepufferung der einströmenden Außenluft: Während zwischen 29. und 30.8.2009 die absolute Feuchte der Außenluft von 12,5 auf 6 g/m³ abfällt, sinkt die Absolutfeuchte im Archiv im gleichen Zeitraum nur von 10,5 auf 9,3 g/m³. Die Pufferwirkung des Gebäudes auch in den Obergeschossen zeigt sich am konstanten und flachen Verlauf der Kurve am oberen Ende des Steigschachtes C (dunkelgrün) (Abb. B.32).



Abb. B.32: Bei Einströmen trockener Außenluft wird Wasser den Mauerflächen entzogen und bewirkt eine Vorbefeuchtung der Zuluft (29.8.-2.9.2009)

Vor allem am Beginn der Heizperiode wird das Befeuchtungspotential bzw. die Pufferwirkung des Luftbrunnens sichtbar: Während bei Kälteeinbruch die absolute Feuchte der Außenluft (rosa) drastisch von 10 auf 3,5 g/m³ abfällt, wird der Wert von 5,5 g/m³ im Archiv (rostbraun) und am oberen Ende von Steigschacht C (dunkelgrün) nur kurz unterschritten (Abb. B.33).



Abb. B.33: Am Beginn der Heizperiode wird das Befeuchtungspotential und die Pufferwirkung des Luftbrunnens sichtbar (8.10.-8.11.2009)

2.2.3. Die „Käferhaus-Studie“ 1997

Im Auftrag der BHÖ wurde im August 1997 vom TB Käferhaus eine Machbarkeitsstudie zur Reaktivierung der „Natürlichen Lüftung“ im Corps de Logis erstellt. Darin wurde, nach einem kurzen historischen Abriss über zeitgenössische Ventilationssysteme und Schwerkraftlüftung, das prinzipielle Funktionieren der Anlage nachgewiesen und durch Luftvolumenstrommessungen ein maximal einfacher Luftwechsel pro Stunde ermittelt, was für Museumsräume dieser Größe als hygienisch ausreichend und bei kontrollierter übergeordneter Steuerung im Sommer konservatorisch als unbedenklich anzusehen ist. Durch entsprechende Steuerelemente und intelligente Regeltechnik („Klimaampel“) sollte der Luftwechsel im Winter auf das konservatorisch zuträgliche Mindestmaß (0,1-facher Luftwechsel) gedrosselt werden.

Die Lüftung erfolgt über je vier, in jedem Quadrant befindliche Zu- und Abluft-Schächte. Die unten offenen Zuluftschächte sind oben verschlossen; die unten abgedeckelten Abluftschächte werden oben über Dach entlüftet. In jedem Stockwerk sind die aus zwei bis drei Sälen bestehenden Raumgruppen durch Überströmöffnungen verbunden. Die Zuluft wurde in jedem Stockwerk über einen unter der Decke befindlichen, durch Klappen verschließbaren Einlass im Eckraum der jeweiligen Raumgruppe zugeführt. Die Abluft wurde in dem im gegenüberliegenden Eckraum befindlichen Abluftschacht abgesaugt, der aufgrund der vorhandenen Temperaturdifferenz einen mehr oder weniger starken Unterdruck aufwies. Bei

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

einer versuchsweisen Inbetriebnahme eines Quadranten wurde das prinzipielle Funktionieren der Anlage durch natürlichen Auftrieb nachgewiesen. Bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,2 m/s im Hauptzuluftgang stellte sich ein etwa 1-facher Raumluftwechsel ein. Die Wirkungsweise ist aus den Funktionsskizzen Abb. B.34 und B.35 ersichtlich. Die Käferhaus-Studie diente als Grundlage für die 1999-2004 erfolgte Reaktivierung der „Natürlichen Lüftung“. Bei der Umsetzung erfolgten allerdings einige gravierende Abweichungen.

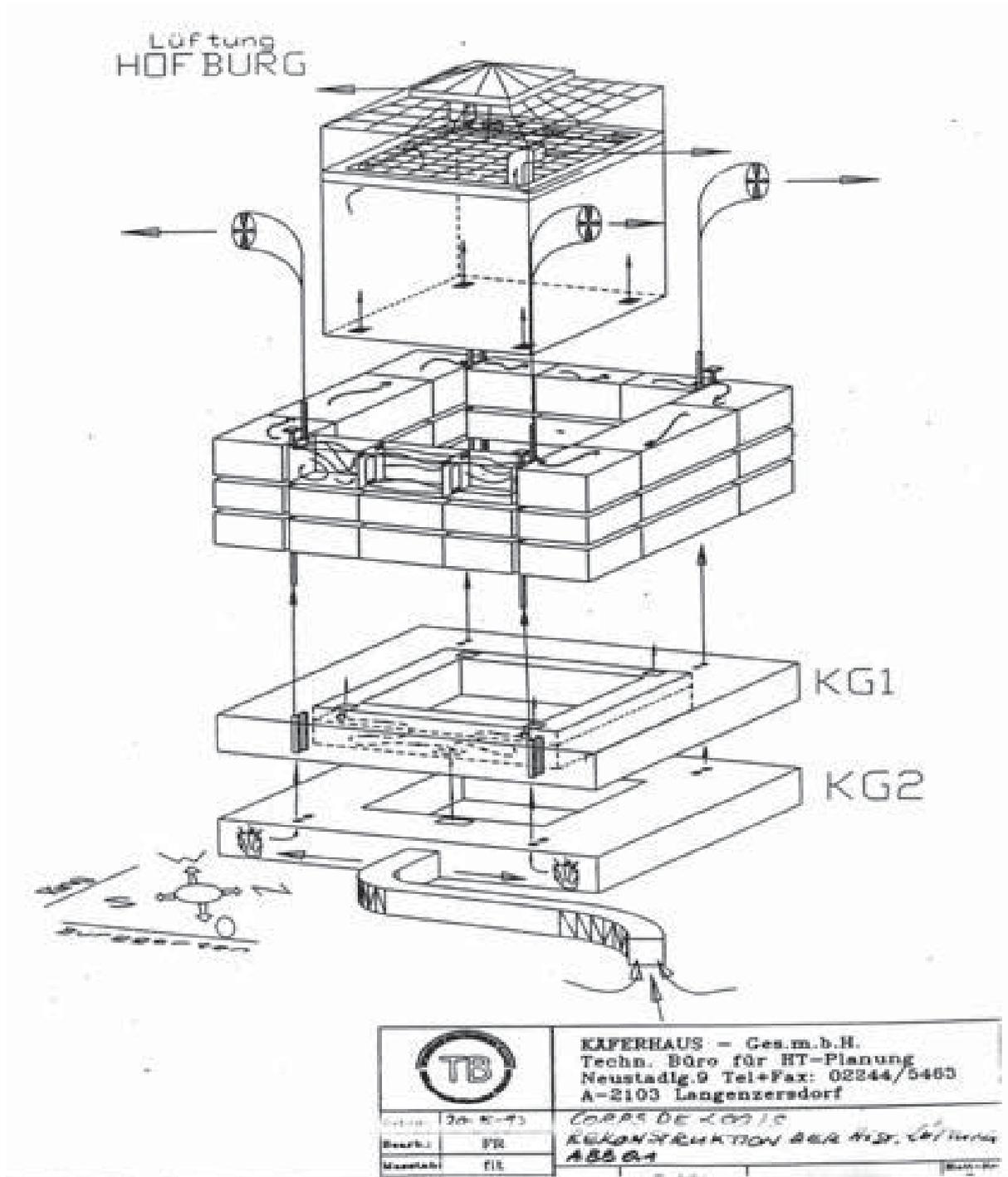


Abb. B.34: Funktionsschema der „Natürlichen Lüftung“ im Corps de Logis (TB Käferhaus 1997)

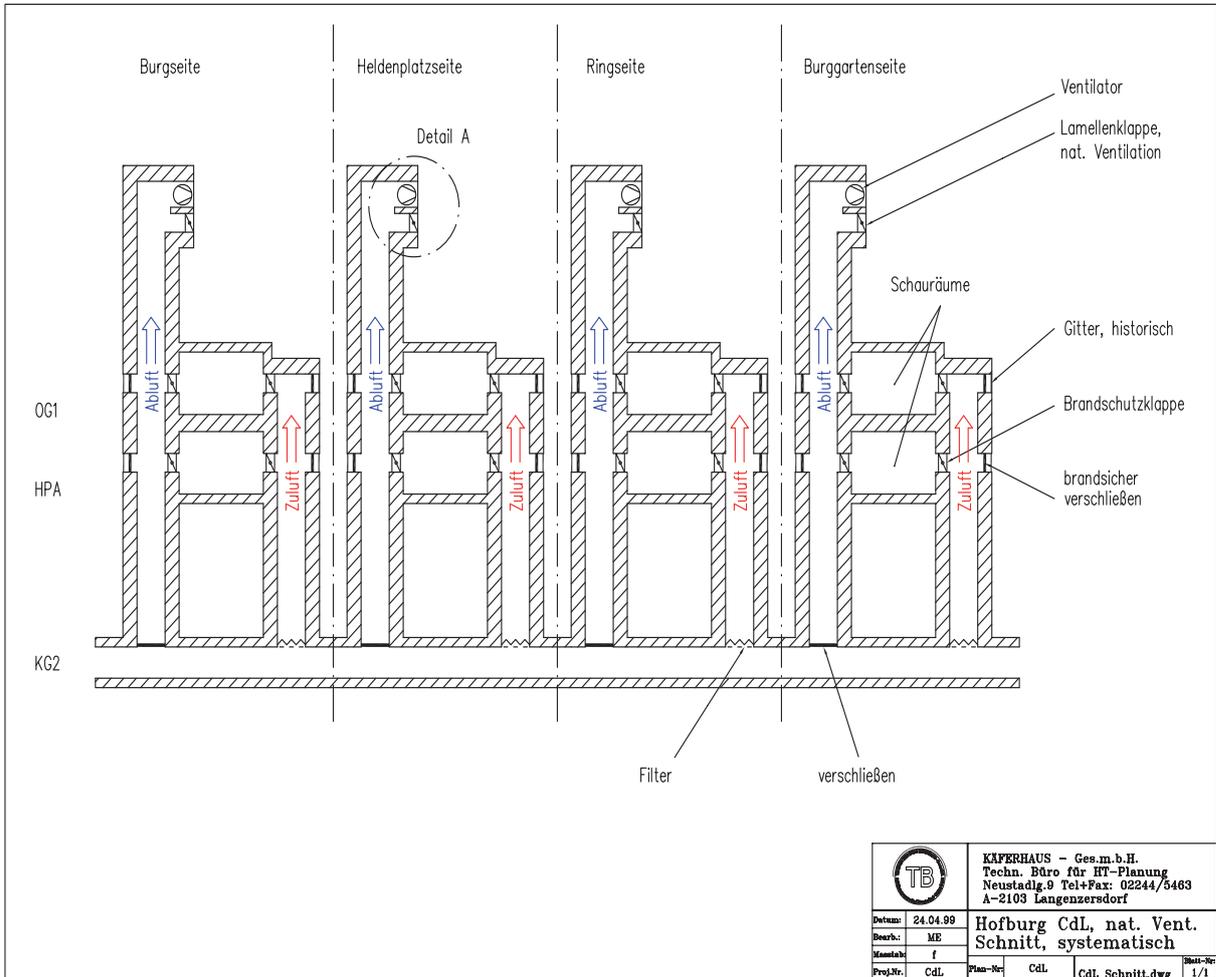


Abb. B.35: Planungsschema für Klappensteuerung der „Natürlichen Lüftung“ im Corps de Logis (TB Käferhaus)

Für eine ausreichende natürliche Ventilation ist eine Temperaturdifferenz von mindestens 10 K zwischen der einströmenden Luft im Keller und der abströmenden Luft über Dach notwendig. Bei zu geringer Temperaturdifferenz im Sommer wurde der Auftrieb durch elektrisch betriebene Ventilatoren unterstützt. Die folgende Tabelle zeigt augenfällig, wie die Strömungsgeschwindigkeit mit steigender Temperaturdifferenz und Kaminhöhe signifikant zunimmt (Tab. B.3).

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

	Temperaturunterschied [K]										
	4	5	6	8	10	15	20	25	30	40	50
Höhe [m]	Luftgeschwindigkeit [m/s]										
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	0,49	0,59	0,69	0,75	0,80	0,93	1,01
3	0,36	0,41	0,45	0,52	0,60	0,73	0,84	0,92	0,99	1,13	1,22
4	0,43	0,48	0,53	0,61	0,69	0,84	0,96	1,06	1,14	1,30	1,41
5	0,48	0,55	0,60	0,69	0,78	0,94	1,09	1,18	1,28	1,44	1,58
6	0,54	0,60	0,66	0,76	0,84	1,03	1,17	1,30	1,40	1,58	1,73
7	0,58	0,65	0,72	0,82	0,91	1,11	1,26	1,40	1,52	1,71	1,87
8	0,62	0,69	0,77	0,87	0,97	1,18	1,35	1,50	1,62	1,83	1,99
9	0,66	0,73	0,81	0,93	1,02	1,26	1,42	1,58	1,72	1,94	2,11
10	0,69	0,77	0,85	0,98	1,09	1,33	1,51	1,67	1,81	2,05	2,23
11	0,73	0,81	0,89	1,02	1,13	1,39	1,58	1,75	1,90	2,15	2,34
12	0,76	0,84	0,93	1,06	1,18	1,46	1,65	1,83	1,98	2,24	2,45
13	0,79	0,87	0,96	1,11	1,23	1,52	1,72	1,90	2,06	2,33	2,55
14	0,82	0,91	1,01	1,15	1,28	1,57	1,79	1,98	2,14	2,42	2,65
15	0,85	0,94	1,01	1,20	1,33	1,62	1,85	2,05	2,22	2,51	2,74
16	0,88	0,98	1,08	1,24	1,37	1,68	1,91	2,11	2,29	2,58	2,82
17	0,90	1,00	1,11	1,27	1,41	1,72	1,96	2,17	2,36	2,66	2,91
18	0,93	1,03	1,14	1,31	1,56	1,77	2,02	2,24	2,44	2,74	2,99
19	0,96	1,06	1,17	1,35	1,50	1,82	2,08	2,30	2,55	2,82	3,08
20	0,98	1,09	1,20	1,38	1,54	1,87	2,14	2,36	2,56	2,89	3,16
21	1,01	1,12	1,23	1,42	1,58	1,92	2,18	2,42	2,62	2,96	3,24
22	1,03	1,14	1,26	1,45	1,61	1,96	2,23	2,48	2,68	3,03	3,31
23	1,05	1,17	1,29	1,48	1,65	2,00	2,28	2,54	2,74	3,09	3,38
24	1,08	1,19	1,31	1,52	1,68	2,05	2,33	2,59	2,80	3,16	3,46
25	1,10	1,22	1,34	1,55	1,72	2,09	2,38	2,64	2,86	3,23	3,53
26	1,12	1,25	1,37	1,58	1,76	2,13	2,43	2,70	2,92	3,29	3,60
27	1,14	1,27	1,39	1,61	1,79	2,17	2,48	2,75	2,97	3,36	3,67
28	1,17	1,29	1,42	1,64	1,82	2,21	2,25	2,79	3,03	3,42	3,74
29	1,18	1,31	1,44	1,66	1,86	2,25	2,57	2,85	3,09	3,48	3,80
30	1,2	1,33	1,47	1,69	1,89	2,29	2,62	2,90	3,14	3,54	3,88

Tab. B.3: Luftgeschwindigkeiten in Schächten ohne Gebläse [in m/s] (KÄFERHAUS 1997: 27; aus der ehemaligen DIN 18017-1; Ausgabe 1987-02)

Bei der Sanierung wurden die originalen Jalousienklappen (Abb. B.36 - B.37) durch elektrisch betriebene Brandschutzklappen ersetzt, die gleichzeitig als Regelklappen angesteuert werden könnten.



Abb. B.36: Eine der beiden letzten original erhaltenen Jalousienklappen in Saal 7 der HJRK

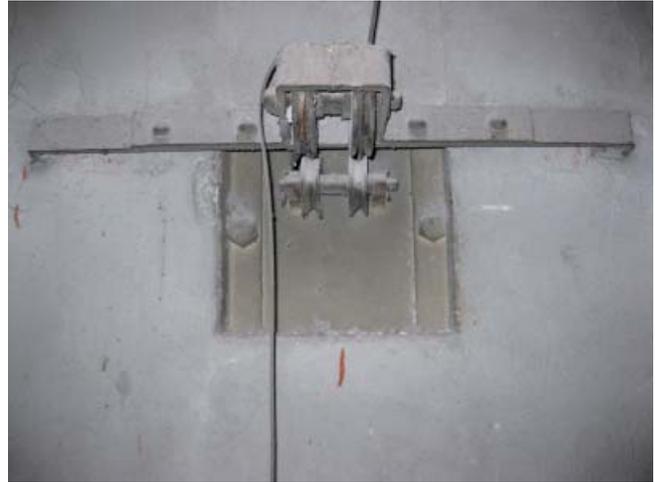


Abb. B.37: Originale Steuerelemente und Seilzüge für Jalousienklappen; in die Türstockverkleidung eingebaute Schalthebel (links); im Schacht dahinter (rechts)

Die von Anfang an geforderte übergeordnete Steuerung aller Ventilationsstellklappen und Ventilatoren war 2010 noch nicht in Planung. Die am Fuß jeder der vier Zuluftschächte ursprünglich vorgesehene große Brandschutzklappe wurde durch je zwei Brandabschnittstüren ersetzt, die im Gang vor und hinter der Schachttöffnung in neu errichteten Zwischenwänden eingebaut wurden. Sie werden durch Magneten offen gehalten und schließen sich im Brandfall. Der Nachteil dieser Lösung besteht darin, dass dies auch bei Stromausfall erfolgt und anschließend alle Türen wieder händisch geöffnet werden müssen. Wird dies unterlassen, ist die Frischluftzufuhr in die Obergeschosse unterbrochen.

Ebenfalls aus Brandschutzgründen mussten die Deckel am Fuß der Abluftschächte mit Beton vergossen werden, was einen Einstieg in die Schächte bzw. eine steuertechnische Einbindung in ein übergeordnetes Lüftungskonzept („strategischer Luftwechsel“ → Kap. C.1.) signifikant erschwert.

Der Luftbrunnen in der Neuen Burg diente als Vorbild und Anregung für die Planung und Entwicklung einer kontrollierten Lüftung für Schloss Schönbrunn, wofür der zufällig entdeckte 250 m lange unterirdische Mühlengang reaktiviert und als Erdwärmetauscher herangezogen wurde. 2002 wurde das System in Schönbrunn einer dynamischen Simulation unterzogen, wobei sich signifikante Übereinstimmungen mit den tatsächlich gemessenen Werten ergaben (KÄFERHAUS 2004).

2.2.4. Störfaktoren

Die Entscheidungsträger wurden in der Vergangenheit mehrmals darauf hingewiesen, dass die ursprüngliche Funktion des Luftbrunnens aufgrund mehrerer Störfaktoren derzeit nicht gegeben ist (← Kap. A.4.6). Diese sind einerseits darauf zurückzuführen, dass nach 1997 haustechnische Änderungen erfolgt sind (z. B. Nutzung von Fernwärme auch im Sommer für die Klimatisierung der Tiefspeicher der ÖNB seit 2003), andererseits darauf, dass ohne Rücksprache mit dem Planer Änderungen am ursprünglichen Konzept vorgenommen wurden. So wurden etwa (vermutlich aus Platzmangel) die Abluftventilatoren nicht wie ursprünglich vorhanden und auch geplant oberhalb der freien Abströmöffnungen positioniert, sondern direkt oben auf die Abluftschächte aufgesetzt, wodurch die „Natürliche Lüftung“ im freien Auftrieb (vor allem durch die Schalldämpfer, → Kap. B.2.2.4.3; Abb. B.50) fast gänzlich verhindert wird.

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

2.2.4.1. Störfaktor Fernheizungsrohre

Die Neue Burg wurde vor 1980 an das kommunale Fernwärmenetz angeschlossen. Die vom Ring kommende Sticheleitung (Vor- und Rücklauf) erreicht durch den Verbindungstunnel zum KHM in der Nordwestecke der Neuen Burg den 2. Keller, wo sich die Leitung in der sog. Übernahmestation teilt (Abb. B.38): Die nördliche Leitung (2 Rohre \varnothing 0,45 m; Länge je 80 m) führt durch den äußersten Kellergang, vorbei an den Fußpunkten der Steigschächte D und A (Abb. B.39) zur Umformerstation (B.40) und von dort weiter zur zweiten Heizzentrale im Mittelbau. Die andere Fernwärmeleitung (2 Rohre \varnothing 0,55 m; Länge je 130 m) führt entlang der Westseite (Ringseite; Abb. B.41 und B.42) und Südseite (Burggarten) unterhalb der Fußpunkte der Steigschächte B und C bis zur Südostecke, wo sie in den großen Hauptzuluftgang ausgeleitet wird und diesem entlang zum ehemaligen Heizhaus, wo sich die Klimazentrale der ÖNB befindet, weiterführt.



Abb. B.38: Übernahmestation der Fernwärme in der Nordwestecke des 2. Kellers



Abb. B.39: Fernwärmerohr am Fußpunkt von Schacht A

Die von heißem Wasser (Vorlauf 110 - 140 °C; Rücklauf 50 - 60 °C) durchflossenen Fernwärmerohre sind mit 10 cm Mineralwolle und einem Aluminiummantel isoliert. Die Oberflächentemperaturen der Rohre werden an der nördlichen Leitung am Fußpunkt von Schacht A sowie an der südlichen Leitung am Fußpunkt von Schacht B mittels Thermofühler erfasst und aufgezeichnet (→ Abb. B.43 und B.44 - FW nord; Abb. B.45 - FW süd). Die Rohrmäntel, die in diesen Bereichen Temperaturen von 25-31 °C aufweisen, stehen im Strahlungsaustausch mit den Raumschließungsflächen und geben an diese Wärme ab (Abb. B.41 und B.42); ein Teil der Wärme wird konvektiv an die vorbeiströmende Luft abgegeben.



Abb. B.40: Umformerstation in der Nordecke des Corps de Logis



Abb. B.41: Verlauf der Fernwärmeleitung an der Ringseite

Länge des Ganges: 65 m

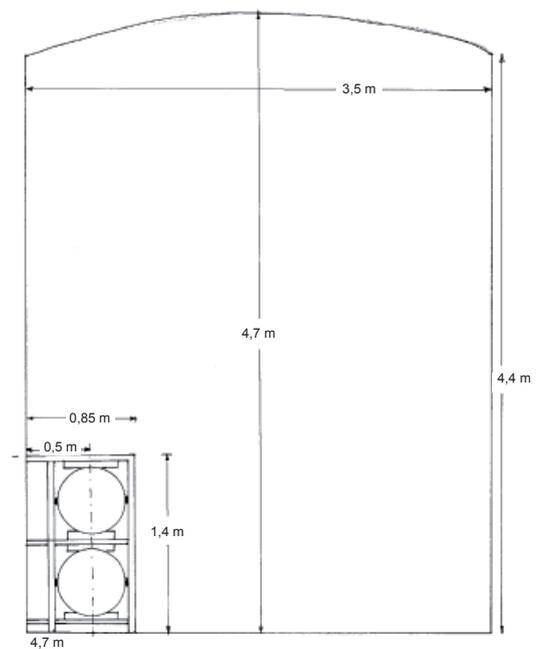


Abb. B.42: Querschnitt des äußersten Kellergangs an der Ringseite

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

Die Erwärmung des Kellers kann im Winter als Vorteil einer Vorbeheizung der Außenluft gesehen werden. Darüber hinaus hat sie zu einer Trockenlegung des vor der Sanierung sehr feuchten Kellers geführt. Der Trocknungsprozess ist auch daran ersichtlich, dass an der ehemals durchfeuchteten Westseite der Kellerwände (Ringseite) starke Ausblühungen von Mauersalzen feststellbar sind (← Abb. B.38 und B.41).

Seit 2002 wurde auch im Sommer ein signifikanter Temperaturanstieg auf bis zu 25 °C festgestellt¹⁰, der zunächst auf die in den Keller geleitete warme Abluft des Wärmetauschers der Klimadepots des MVK zurückgeführt wurde. Nach Ausleitung der Abluft über einen Blechkanal in den Fundament-Ringkanal blieb das Problem bestehen, da zwischenzeitlich die ÖNB bei der Generalsanierung der Lesesäle eine Vollklimaanlage eingebaut hat und für die Rück erwärmung nach dem Entfeuchtungsregister auch im Sommer Wärme benötigt wird. Aus Abb. B.43 und B.44 ist ersichtlich, dass sich die Lufttemperatur im Zentrum des 2. Kellers (Archiv – rostbraun) zwischen Erdkörper-Temperatur (schwarz) und der Oberflächentemperatur der Fernwärmeleitungen (hellgrau) bzw. der Temperatur bei der Umformerstation (hellocker) einstellt. Die Schwankungen sind darauf zurückzuführen, dass täglich und das ganze Jahr über zwischen 8 h und 18 h verschiedene Abluftventilatoren aktiviert sind (Schacht A, Entlüftung 1. Keller, Dachraum des Corps de Logis), die ohne übergeordnete Steuer- und Regeltechnik dem Gebäude rund 30.000 m³ Luft pro Stunde entnehmen. Die „von irgendwo her“ nachströmende Luft transportiert Wärme u. a. aus der Umformerstation (dunkelocker) in den Luftbrunnen, was dazu führt, dass die Abwärme der Umformerstation (> 30 °C) untertags in den Keller abgeführt wird. Die Temperaturschwankungen sind noch am oberen Ende des Zuluftschachtes A (dunkelrot) in 32 m Höhe nachweisbar (Abb. B.44: A/ZL o - dunkelrot. Am 30.12.2009 wurde die Drehtür geöffnet).

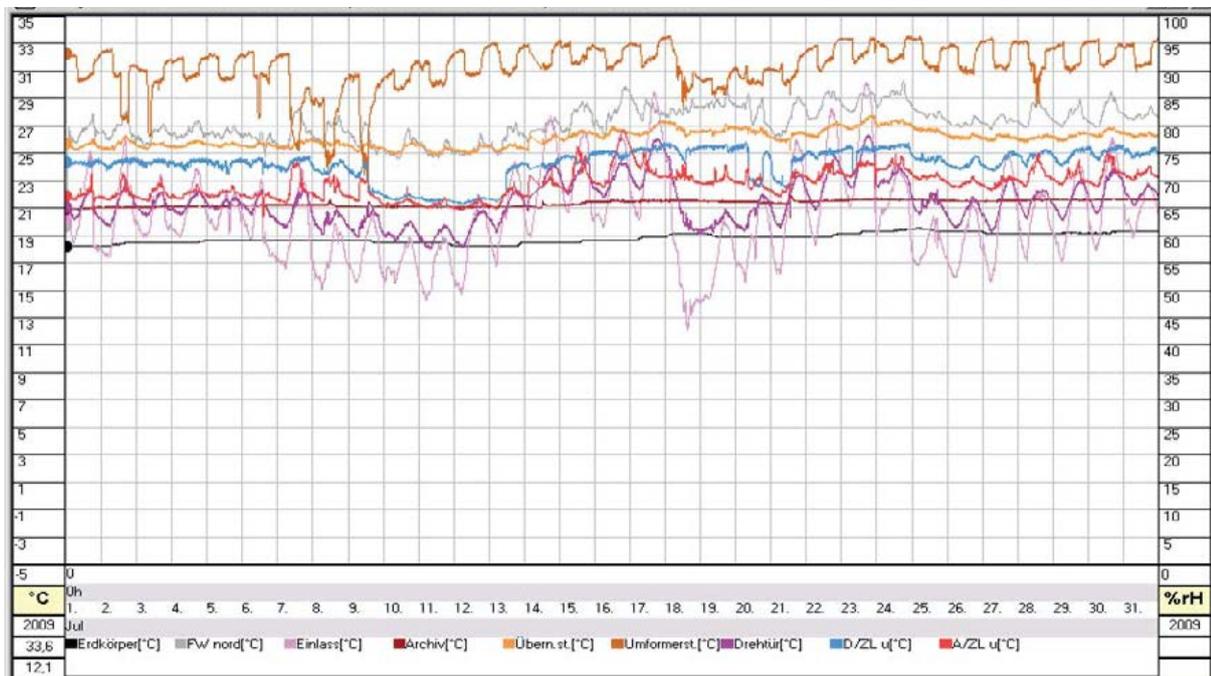


Abb. B.43: Temperaturprofil im nördlichen Teil des 2. Kellers am Fußpunkt von Schacht A (rot) und D (blau) im Sommer (Juli 2009)

¹⁰ Bericht an das GM vom 17. Juli 2002

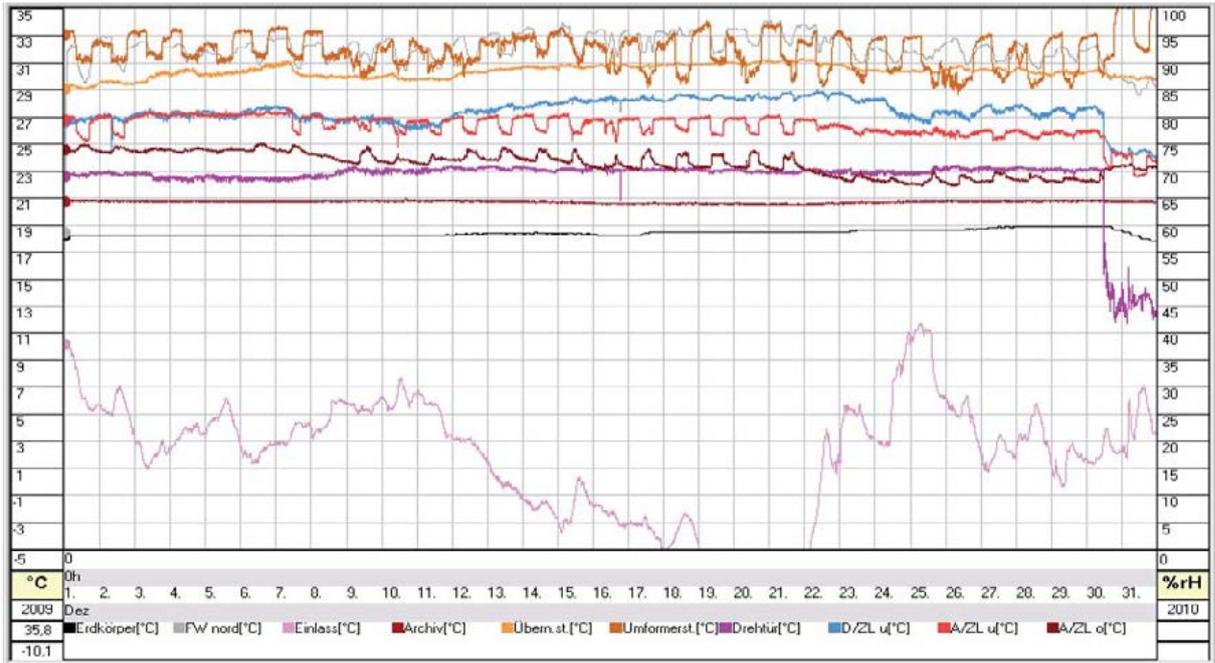


Abb. B.44: Temperaturprofil im nördlichen Teil des 2. Kellers am Fußpunkt von Schacht A (rot) und Schacht D (blau) im Winter (Dezember 2009). Am 30.12.2009 wurde die Drehtür geöffnet.

Auf der Südseite des Kellers verläuft der Temperaturverlauf etwas gleichmäßiger; die Erwärmung ist nicht so stark wie im nördlichen Bereich in der Nähe von Übernahme- und Umformerstation (Abb. B.45 und B.46). Im Sommer beträgt die Temperatur im Zentrum (Archiv – rostbraun) ziemlich genau den Mittelwert von Erdkörpertemperatur (schwarz) und Oberflächentemperatur des Heizrohres (dunkelgrau).

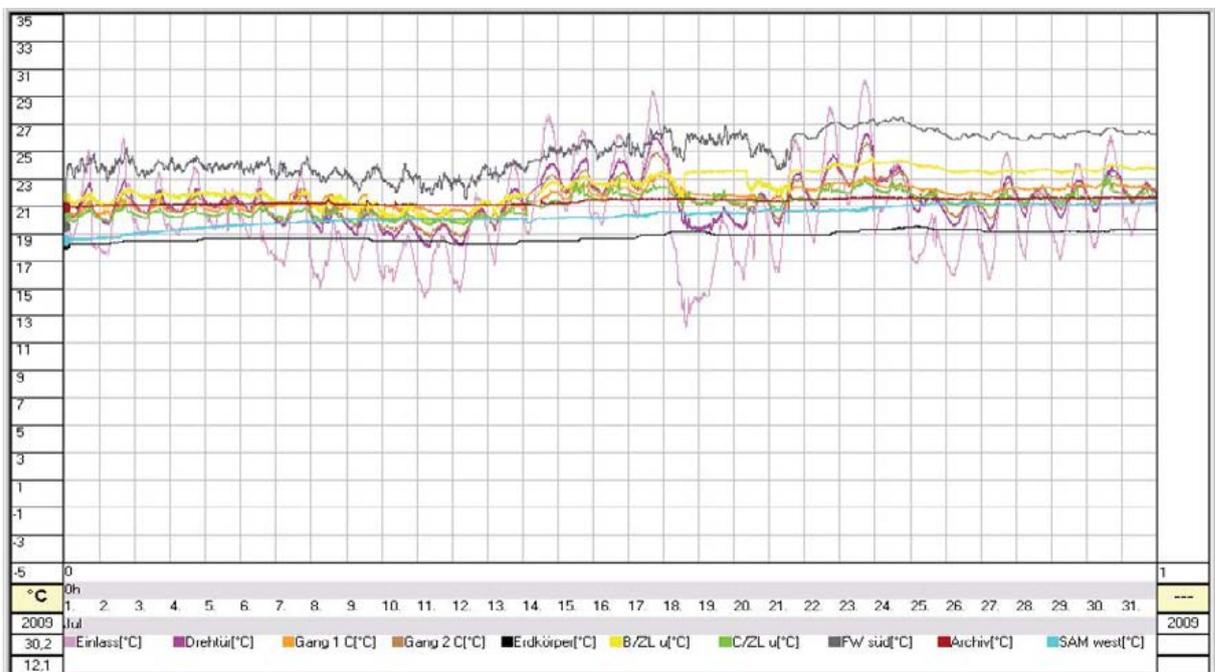


Abb. B.45: Temperaturprofil im südlichen Teil des 2. Kellers am Fußpunkt von Schacht B (gelb) und Schacht C (grün) im Sommer (Juli 2009)

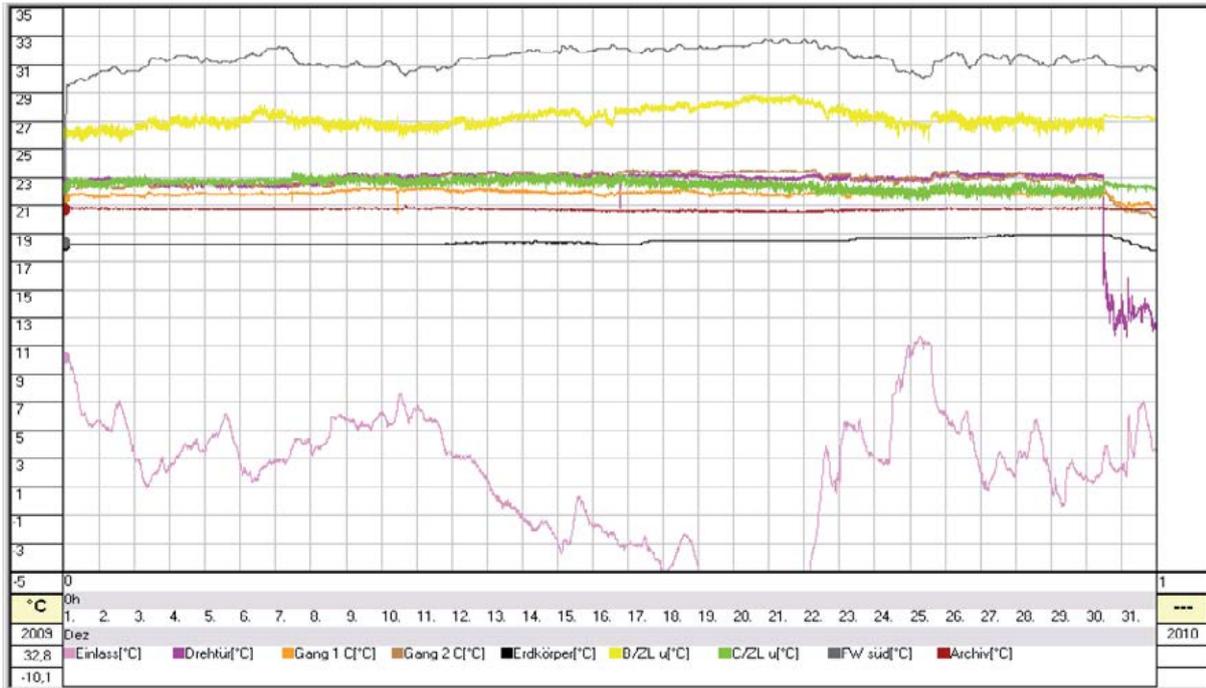


Abb. B.46: Temperaturprofil im südlichen Teil des 2. Kellers am Fußpunkt von Schacht B (gelb) und Schacht C (grün) im Winter (Dezember 2009)

Der von den Fernwärmerohren verursachte Wärmeeintrag in den 2. Keller lässt sich aufgrund der Temperaturdifferenzen zwischen Rohroberfläche und Umgebungsluft angenähert abschätzen. Die Auswertung erfolgt in Kap. C.3.1.

2.2.4.2. Störfaktor Umformerstation

Die Abwärme der Umformerstation (← Abb. B.40) wird aufgrund des Unterdrucks im Keller einerseits dem Luftbrunnen konvektiv zugeführt, andererseits bewirkt der Strahlungsaustausch mit den Raumschließungsflächen einen Wärmeeintrag in die Wände. Da die Umformerstation (als vermutlich vorgesehener ursprünglicher Heizraum) zweigeschossig angelegt ist, erfolgt der Wärmeeintrag unmittelbar in die im Gewölbereich benachbarten Depoträume im 1. KG (Ostasien, Indonesien). Die Nordostecke des Depots weist folglich die höchsten Raumtemperaturen und niedrigsten relativen Feuchtwerte auf. In Abb. B.47 und B.48 sind die Temperaturen sowie die relativen und absoluten Feuchten in der Umformerzentrale und am Fußpunkt von Schacht A im Jänner 2011 dargestellt, wo absolute Feuchtwerte unter 3 g/m^3 auftreten (anstatt der erforderlichen Mindestfeuchte von 5 g/m^3). Auffallend ist das Phänomen, dass der nächtliche Anstieg der Temperatur in der Umformerstation paradoxerweise zu einem Anstieg (und nicht zu einem Absinken) der relativen Feuchte führt. Der Vergleich mit Abb. B.47 zeigt, dass aufgrund der hohen Raumtemperatur die relative Feuchte in der Umformerzentrale um rund 10 %rF niedriger ist als in der Umgebung. Es ist daher zu vermuten, dass dadurch der Umgebungsluft im kühleren Keller (mit höherer Wasserdampfsättigung) Wasserdampf entzogen wird und vorübergehend die absolute Feuchte in der Umformerstation ansteigt. Diese Annahme wird durch den antizyklischen Verlauf der relativen Feuchte am Fußpunkt von Schacht A (untere rote Kurve; ganz links und ganz rechts) bestärkt.

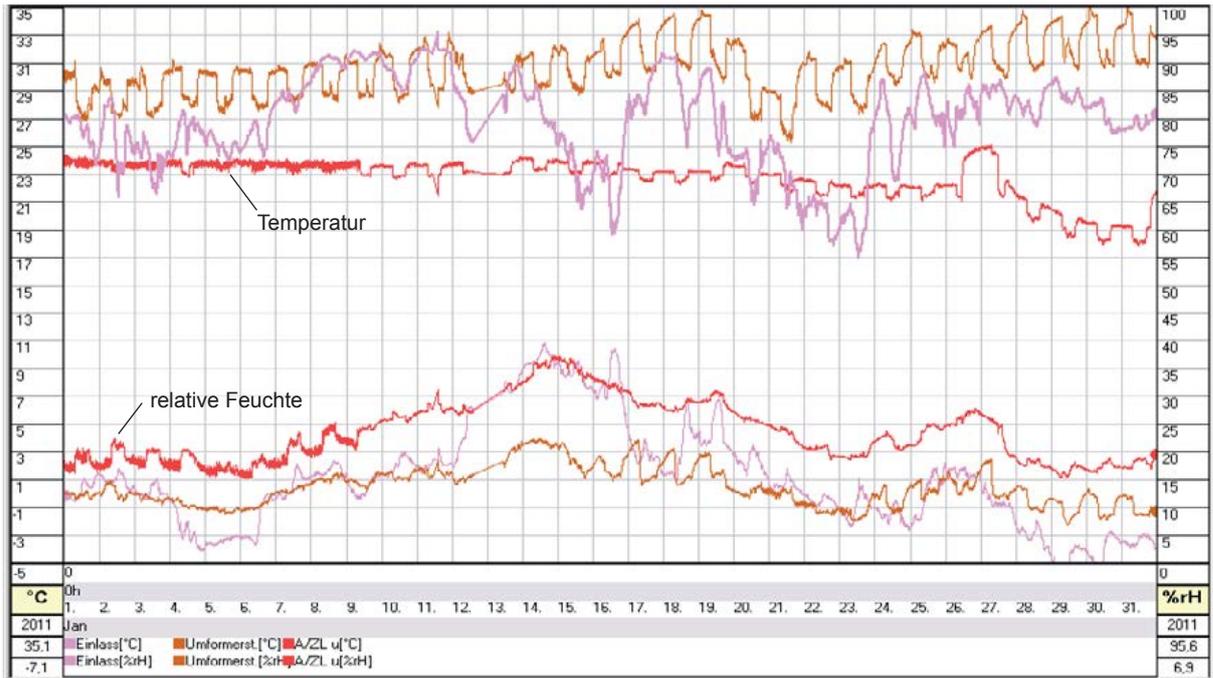


Abb. B.47: Temperatur und relative Feuchte in der Umformerstation (braun) und am Fußpunkt von Schacht A (rot) im Winter 2011

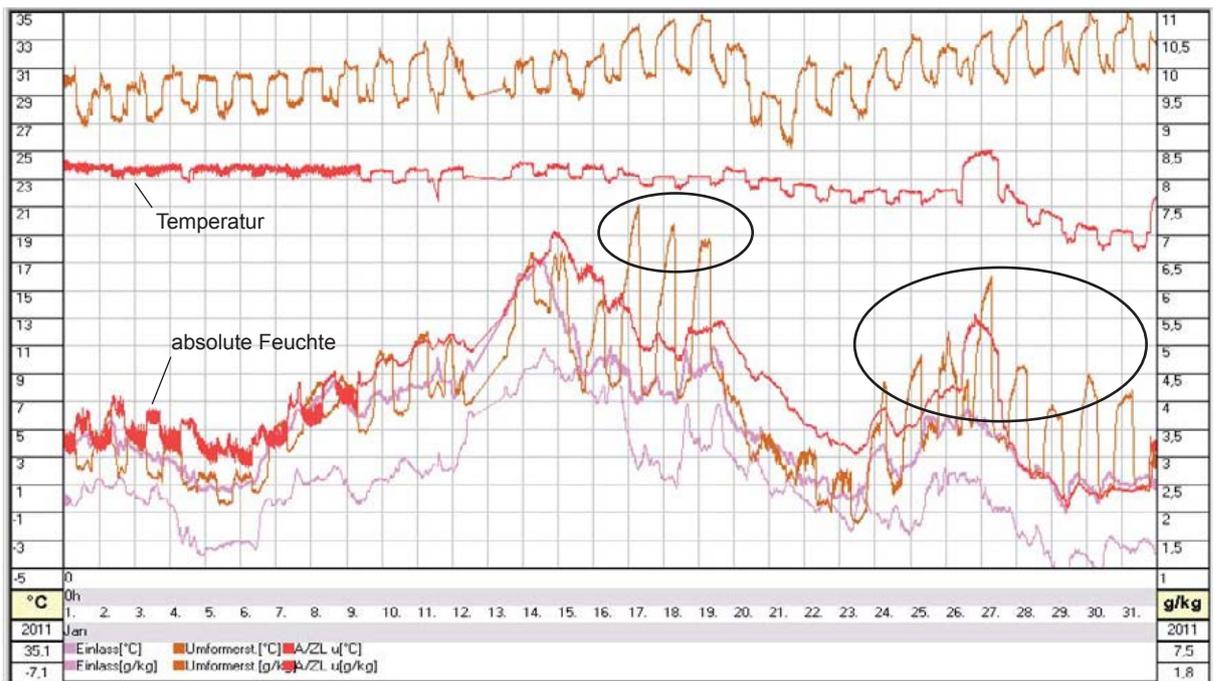


Abb. B.48: Temperatur und absolute Feuchte in der Umformerstation (braun) und am Fußpunkt von Schacht A (rot) im Winter 2011. Bei steigender Raumtemperatur steigt die absolute Feuchte paradoxerweise ebenfalls an.

Diese Beobachtung stützt die These, dass über heiße Wärmetauscherflächen geführte Luft (Luftheizung) aktiv zur Entfeuchtung der Raumluft führt, da der von der trockenen Luft forciert aufgenommene und mitgeführte Wasserdampf entweder über die Gebäudefugen entweicht oder an kalten Bauteilen abgeladen wird und dort zu Kapillarkondensation führt.

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

2.2.4.3. Störfaktor Abluftventilatoren

Im ursprünglichen Belüftungskonzept sollte die Ablufführung im Corps de Logis über die großen vertikalen Abluftschächte A – D überwiegend durch natürlichen Auftrieb aufgrund der Temperaturdifferenz der Luft im Gebäude erfolgen. Bei unzureichender Ventilation sollte über ein Bypass-System pro Schacht ein Ventilator zugeschaltet werden. Abweichend von der von Käferhaus erstellten Planung wurde bei der 2004 abgeschlossenen Reaktivierung der Abluftschächte das Bypass-System aufgegeben und jeder Abluftventilator direkt auf die Schachtmündung gestellt. Durch die Schalldämpfer wird der freie Schachtquerschnitt auf ca. 20 % der ursprünglichen Querschnittsfläche reduziert. Dadurch ist bei abgeschaltetem Ventilator der natürliche Auftrieb weitgehend behindert (Abb. B.49 und B.50).

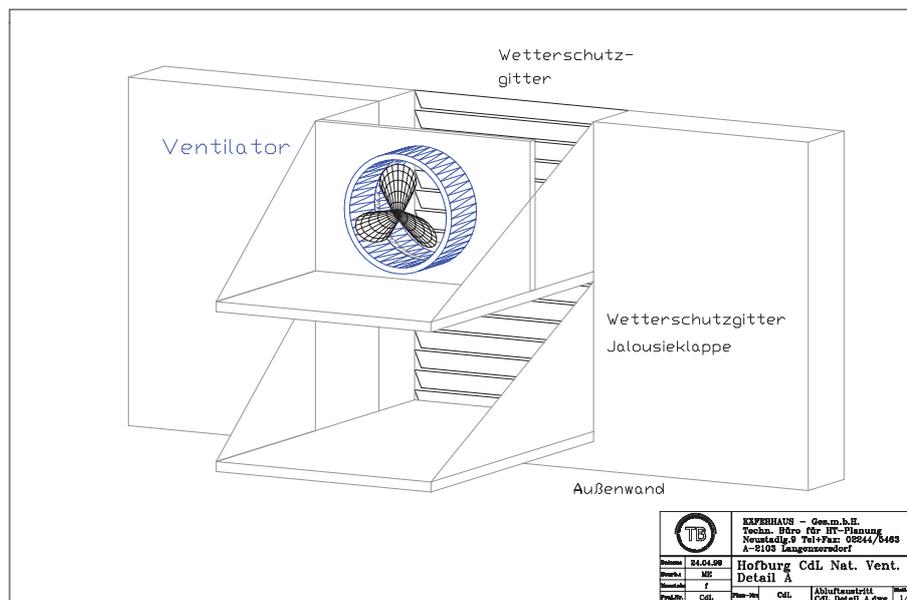


Abb. B.49: Ursprünglich geplante wahlweisen Ablufführung durch freien Auftrieb oder Ventilator (Planung TB Käferhaus 1999)



Abb. B.50: Die Abluftventilatoren der vier großen Lüftungsschächte sitzen direkt auf der Schachtmündung. Der Querschnitt des Schachtes wird von den Schalldämpfern um ca. 80 % vermindert und dadurch der freie Auftrieb behindert.

Insgesamt sind im Corps de Logis 11 Ventilatoren installiert, die teils zeitgesteuert, teils ständig oder bei Bedarf, ohne übergeordnete konservatorisch begründete Steuerung, laufen. Die in Kap. B.3.5. in Tab. B.6 aufgelisteten Ventilatoren fördern insgesamt (auch im Winter) pro Stunde bis zu 30.000 m³ Luft aus dem Gebäude. Bei geschlossener Drehtür im 2. KG erfolgt die unkontrollierte Nachströmung über Fenster und Eingänge; der Unterdruck im 2. Keller bewirkt eine Nachströmung von „irgendwo her“, u. a. über benachbarte Kellerbereiche, Liftschächte und Luftkanäle aus den Obergeschoßen.

Die konkreten Auswirkungen dieser Störfaktoren werden im nachfolgenden Kapitel B.2.2.5. genauer untersucht, das die Luftvolumenströme im Luftbrunnen des Corps de Logis analysiert.

2.2.4.4. Störfaktoren Klimageräte

Im Lauf der Jahre wurden vom KHM (zur Kühlung der Serverräume, Klimaanlage Dachgeschoss Corps de Logis) und auch von den anderen Nutzern (ÖNB, Konferenzzentrum) vom 2. Keller bis zum Dachboden zahlreiche Klimageräte installiert, die ihre Abwärme entweder direkt dem Keller oder dem Umfeld des Gebäudes zuführen und so vor allem im Sommer zur Erwärmung einerseits des ehemals kühlen Kellers, andererseits der unmittelbaren Umgebung (etwa im Bereich der Innenhöfe A – D) beitragen. Aus klimatologischer Sicht wird in Betracht gezogen, dass die rasch wachsende Zahl der Klimageräte in der Innenstadt zum Anstieg der Durchschnittstemperaturen und damit zu einer Verstärkung des Phänomens der städtischen Wärmeinselbildung (→ Kap. B.4.) beiträgt¹¹. Die in den engen Lichthöfen gestaute Wärme, in Verbindung mit dem Betriebslärm, verhindert für die anderen Anrainer ein normales und adäquates Lüftungsverhalten durch Fensteröffnen (Abb. B.51).



Abb. B.51: Klimageräte im Lichthof E der Neuen Burg. Abwärme und Lärm verhindern für die anderen Anrainer ein adäquates Lüftungsverhalten.

11 Persönliche Mitteilung von Dr. Heinrich Bica (ehem. ZAMG)

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

Erst im Sommer 2010 wurde ein weiterer Wärmetauscher mit einer Leistung von 11 kW entdeckt, der ohne Absprache direkt vor dem für die Belüftung der SAM kurz zuvor erschlossenen Kollektorgang Ost montiert wurde (Abb. B.52).



Abb. B.52: Im Sommer 2010 entdeckter Wärmetauscher (11 kW) im 2. Keller. Die Abwärme wird kurz vor der geplanten Zuluftansaugung zur Belüftung der SAM in den Hauptzuluft-Tunnel geblasen.

2.2.5. Analyse der Luftvolumenströme

Die im Winter 2008/09 installierte (in Kap. C.1. genauer beschriebene) Klimamessstrecke beinhaltet auch sechs Anemometer, die die Luftströmungsgeschwindigkeit (m/s) im Hauptzuluft-Tunnel bei der großen Brandschutztür, am Fuß der vier Hauptsteigschächte A – D sowie im Zuluftschacht zur Säulenhalle/Aula des Corps de Logis messen. Da die Schachtquerschnitte sehr unterschiedlich sind, kann die Strömungsgeschwindigkeit auch auf den Querschnitt des jeweiligen Schachtes umgelegt und der stündliche Luftvolumenstrom (m³/h) ermittelt werden. Die von den Anemometern angezeigte Luftströmung sagt allerdings nichts über deren Strömungsrichtung aus; wie zu zeigen sein wird, kann es in den Luftschächten zu einer Strömungsumkehr kommen.

Da das Anemometer bei der Brandschutztür (A1 BS Tür – rosa) zur Vermeidung von Beschädigungen am oberen Ende derselben angebracht ist (und dort ein höherer Strömungswiderstand aufgrund des Türsturzes gegeben sein dürfte), kann man nicht ausschließen, dass die tatsächlichen Strömungsgeschwindigkeiten etwa höher sind als die angezeigten Werte.

Abb. B.53 zeigt ein charakteristisches Strömungsbild im Jänner 2010. Die Luftvolumenströme in den vier Schächten sind auffallend unterschiedlich. Schacht A (rot) und D (blau) zeigen annähernd gleiche Durchflussmengen; Schacht A wird von 8-16 h technisch gestützt entlüftet, was die Auswertungen der Temperaturprofile in Abb. B.44 bestätigt. Mit dem Schließen der Drehtür (12.1.2010) reduziert sich der Luftdurchsatz in den Zuluft-Schächten A (rot), B (gelb) und D (blau). In Schacht C (grün) sowie im Zuluftschacht zur Aula (violett) steigt jedoch die Strömungsgeschwindigkeit an. Trotz geschlossener Drehtür bleibt im Hauptzuluft-Tunnel (rosa) ein relativ hoher Luftvolumenstrom aufrecht. Am 28.1. wurden die vier Gebläse der Aula-Heizung im Vorfeld einer Veranstaltung aktiviert (blau-violett), was paradoxerweise zu einer leichten Verringerung des Luftvolumenstroms im Hauptzuluft-Tunnel führt.

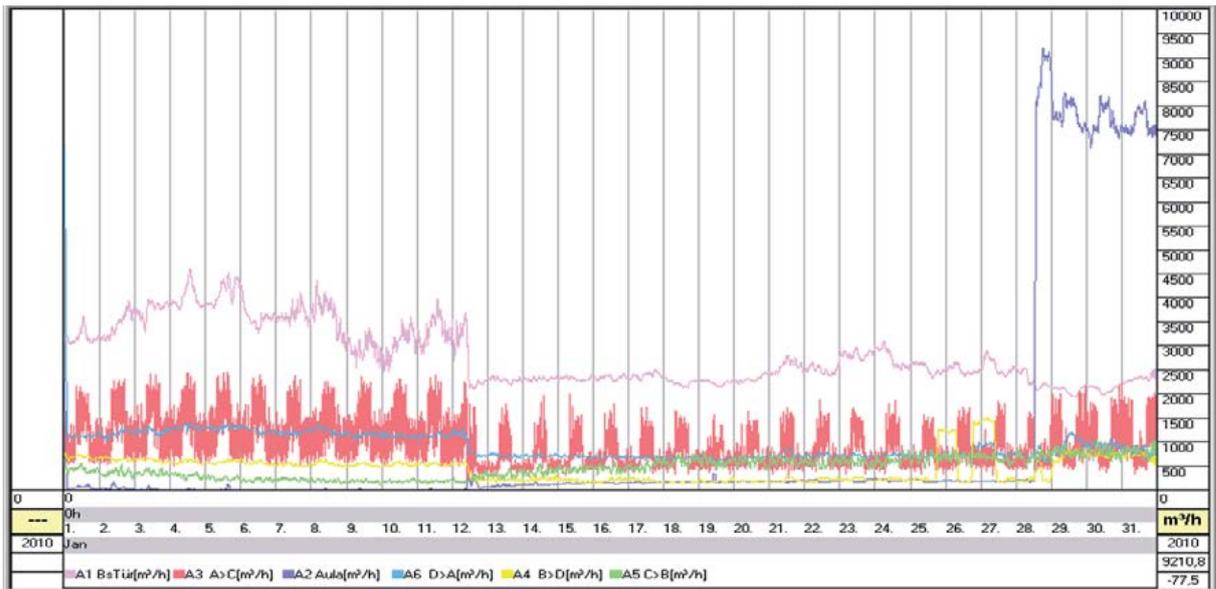


Abb. B.53: Mit dem Schließen der Drehtür (12.1.2010) reduziert sich der Luftvolumenstrom in den Zuluft-Schächten A (rot), B (gelb) und D (blau). In Schacht C (grün) sowie im Zuluftschacht zur Aula (violett) steigt jedoch die Strömungsgeschwindigkeit an. Am 28.1. wurden die vier Gebläse der Aula-Heizung im Vorfeld einer Veranstaltung aktiviert.

Bei ausgeschalteten Dachventilatoren (Winter) ist die Strömung in den vier Steigschächten gering (0,05 – 0,35 m/s); es findet ein geringfügiger freier Auftrieb statt („natürliche Lüftung“). Im Hauptzuluft-Tunnel sinkt beim Schließen der Drehtür (12.1.10) die Strömungsgeschwindigkeit auf etwa die Hälfte (Abb. B.54).

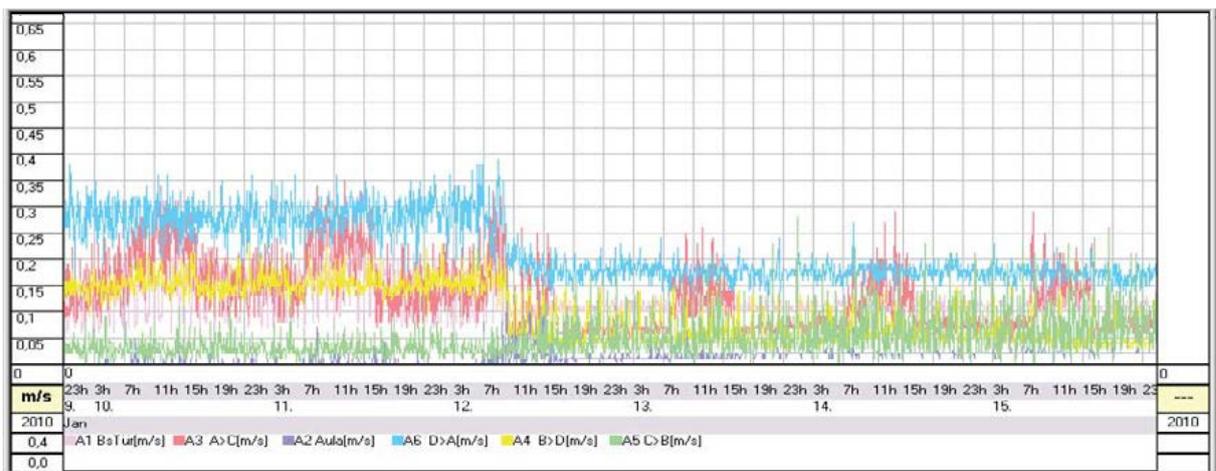


Abb. B.54: Bei ausgeschalteten Dachventilatoren (Winterbetrieb) ist die Strömungsgeschwindigkeit in den vier Steigschächten gering (0,05 – 0,35 m/s). Beim Schließen der Drehtür sinkt die Strömungsgeschwindigkeit auf etwa die Hälfte.

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

Abb. B.55 zeigt ein charakteristisches Strömungsprofil im Frühjahr 2010, insbesondere die völlig unterschiedlichen Luftvolumenströme in den einzelnen Schächten. Im April wurden mehrmals in den Abluftschächten die im Dach montierten Ventilatoren aktiviert. Solange keine Haustechnikpläne, Laufzeiten bzw. Regel-Algorithmen für die unterschiedlichen Ventilatoren vorliegen, können jedoch keine gesicherten Aussagen über die tatsächlichen Luftvolumenströme gemacht werden.

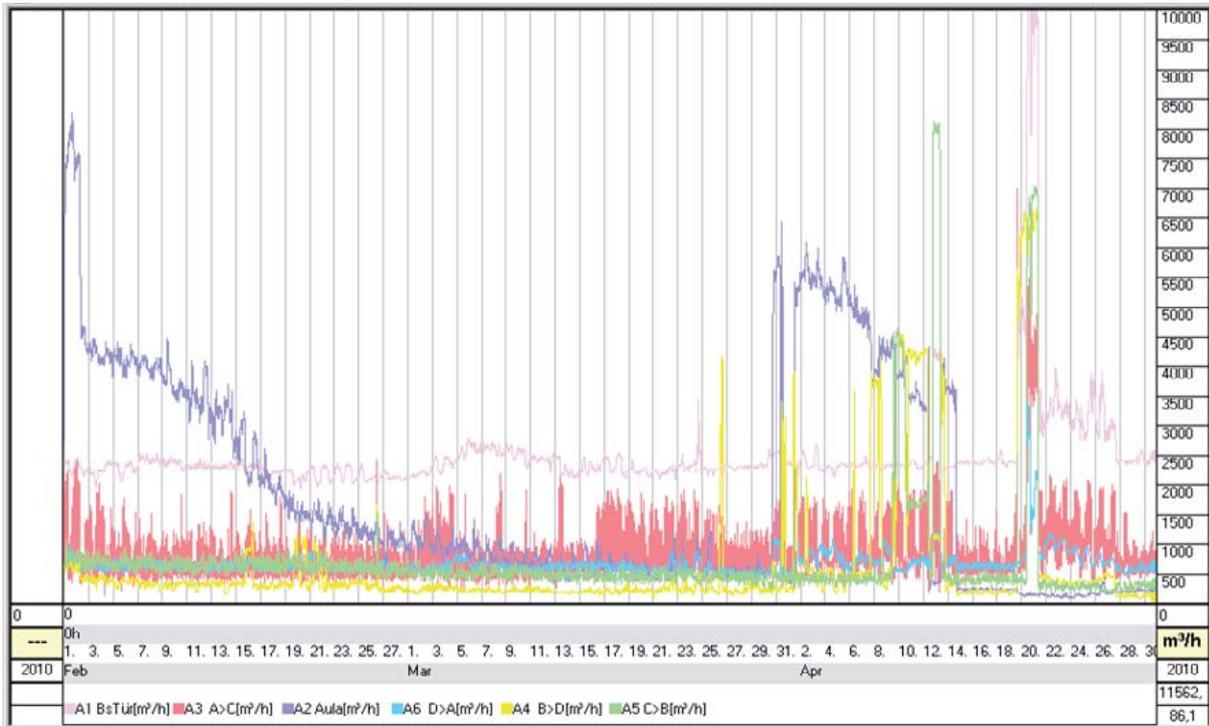


Abb. B.55: Luftvolumenströme in den Zuluftschächten des Corps de Logis. Im April wurden mehrmals die großen Abluftventilatoren am Dach aktiviert (Februar – April 2010)

Im Sommer kann durch Zuschalten der großen Ventilatoren am Kopf der Abluftschächte der Luftwechsel im Gebäude drastisch erhöht werden. Die Strömungsgeschwindigkeit in den vier Zuluft-Schächten (rot, gelb, grün, blau) ist sehr unterschiedlich, was nicht allein durch die unterschiedlichen Querschnitte erklärbar scheint (Abb. B.56).

Der umgerechnete Luftvolumenstrom im Haupt-Zuluft-Tunnel (rosa) liegt deutlich unter der Summe der Luftvolumenströme in den vier Schächten (rot, gelb, grün, blau). Dies deutet darauf hin, dass Luft aus anderen Bereichen (Segmentbogen, Liftschächte) in den Keller gesaugt wird (Abb. B.57).

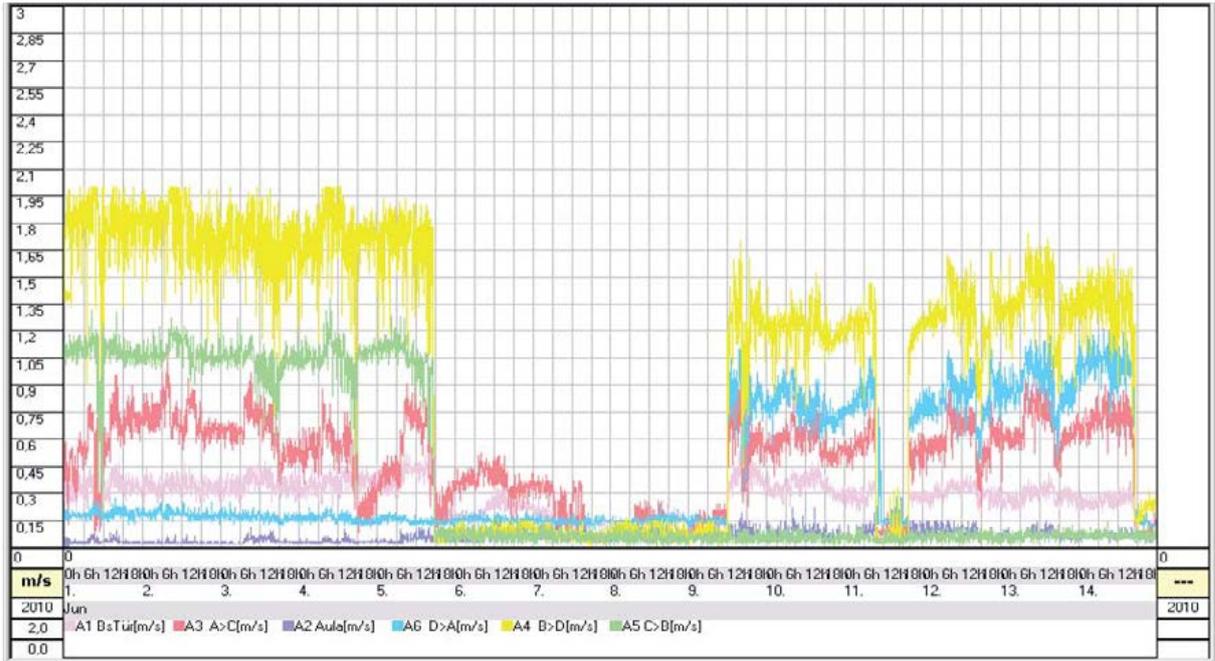


Abb. B.56: Die Strömungsgeschwindigkeit in den vier Zuluft-Schächten (rot, gelb, grün, blau) ist sehr unterschiedlich, was nicht allein durch die unterschiedlichen Querschnitte erklärbar scheint (1.-15.Juni 2010).

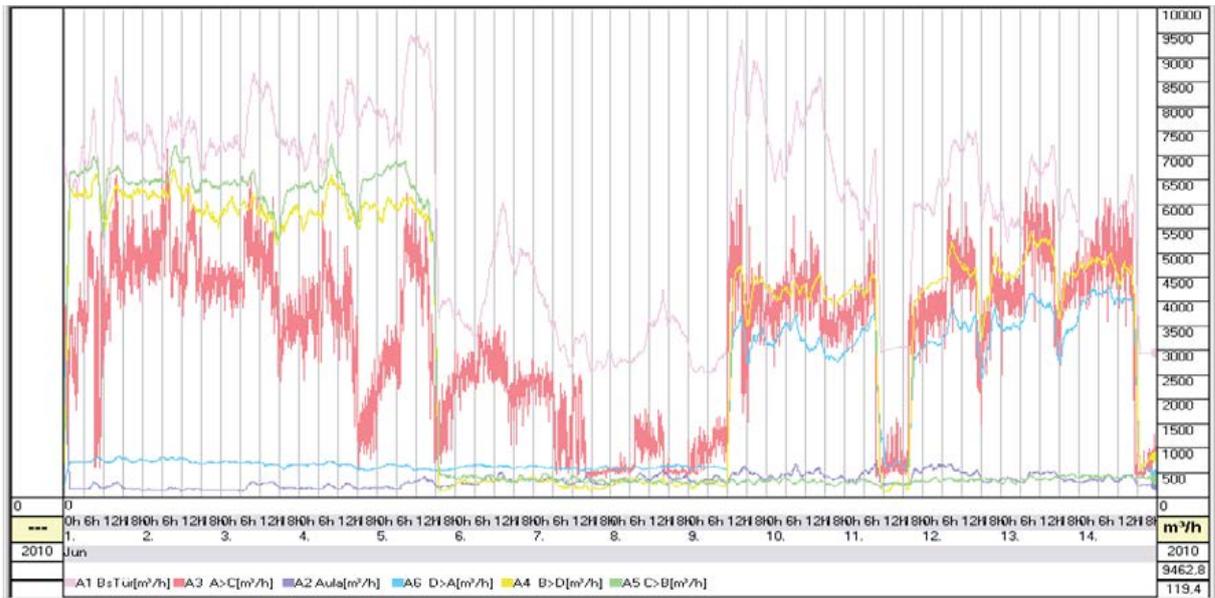


Abb. B.57: Der Luftvolumenstrom im Haupt-Zuluft-Tunnel (rosa) liegt deutlich unter der Summe der Luftvolumenströme in den vier Schächten (rot, gelb, grün, blau). Dies deutet darauf hin, dass Luft aus anderen Bereichen (Segmentbogen, Liftschächte) in den Keller gesaugt wird.

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

Es wurde bereits mehrmals die Annahme geäußert und nach Beweisen gesucht, dass es in den Zuluftschächten des Corps de Logis infolge der Zwangsentlüftung des 1. Kellergeschosses und der Säulenhalle (Aula) immer wieder zu einer Strömungsumkehr kommt. Darauf lässt etwa die Verringerung der Luftvolumenströme in den Schächten bei gleichzeitigem Anstieg im Haupt-Zuluftgang beim Öffnen der Drehtür (31.1.2011) schließen (Abb. B.58)¹².

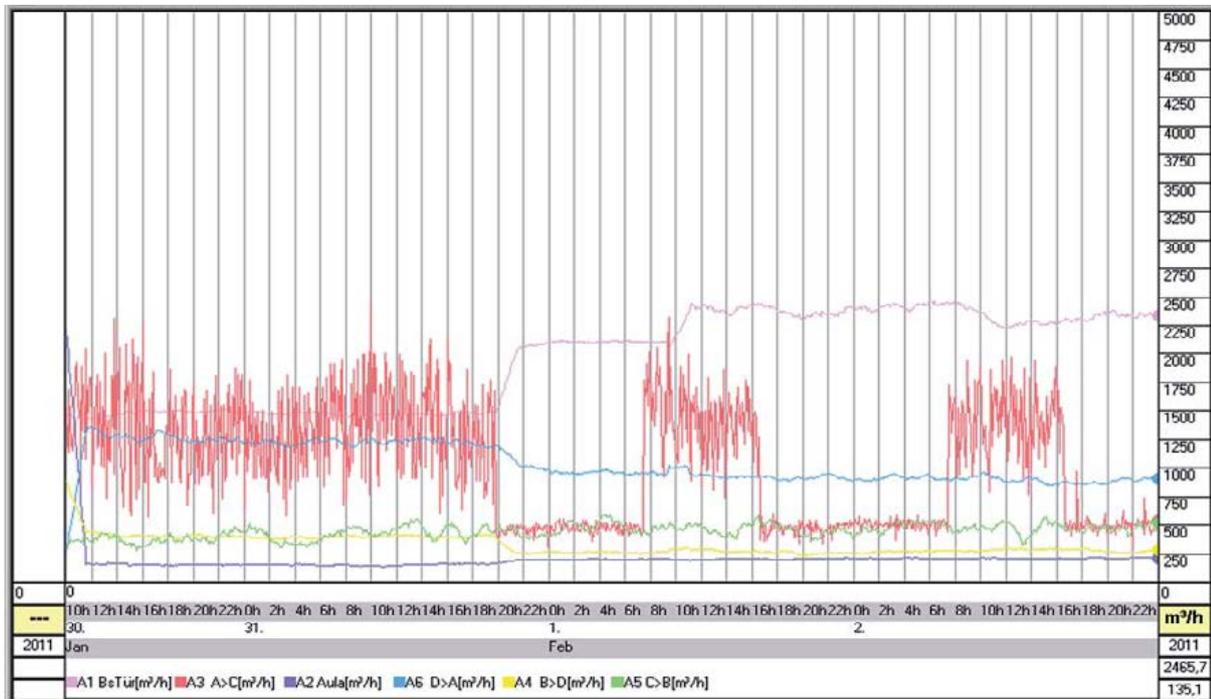


Abb. B.58: Die Verringerung der Luftvolumenströme in den Schächten (rot, gelb, grün, blau) bei gleichzeitigem Anstieg im Haupt-Zuluftgang (rosa) beim Öffnen der Drehtür (31.01.2011) lässt darauf schließen, dass es bei geschlossener Drehtür aufgrund des Unterdrucks im Keller zu einer Strömungsumkehr in den Steigschächten kommt.

Als Beweis für die Strömungsumkehr kann Abb. B.59 gelten, worin die Temperaturen am oberen Ende der Abluftventilatoren im Dachraum abgebildet sind: Bei geschlossener Drehtür (vor dem 30.12.2009) sind die Temperaturen an den oberen Abluftschächten deutlich differenziert gestaffelt. Schacht B (gelb) weist Temperaturwerte auf, die nur wenig über den Außentemperaturen liegen. Schacht D (dunkelblau) liegt mit 15 °C deutlich unter der Temperatur im Abluftschacht A (dunkelrot), die signifikant konstant bei 20 °C verläuft. Geringfügig abgekühlt ist der Abluftschacht C (dunkelgrüne Kurve). Abluftschacht A dürfte keine Verbindung zu offenen Raumgruppen darunter haben und gut isoliert im Dachraum liegen. Am wärmsten ist die Zuluft von Schacht A (rot).

Mit dem Öffnen der Drehtür am 30.12.2009 (die Temperatur bei der Drehtür – pink – fällt von 22,5°C auf 12,5°C) verschieben sich die Phänomene: Durch die nunmehr ermöglichte Nachströmung warmer Luft aus dem Gebäudekern steigen die Temperaturen an der Mündung der Abluftschächte; gleichzeitig sinkt die Temperatur der Zuluft (rot und hellgrün), bis nach ca. einer Woche alle Schächte etwa die gleiche Temperatur aufweisen.

¹² Beim Schacht C (grün) dürfte es aufgrund der verwinkelten Luftwege und des damit verbundenen hohen Strömungswiderstandes zu keiner Strömungsumkehr kommen.

2. Bauliche Rahmenbedingungen

Am 12.1.2010 wurde die Drehtür wieder geschlossen. An der blauen und gelben Kurve ist deutlich ein Temperaturabfall während der Betriebsstunden zu sehen, was auf das Einströmen kalter Außenluft in den Abluftschacht schließen lässt, wie auch aus der Vergrößerung Abb. B.60 deutlich sichtbar ist. Gleichzeitig wird der Umformerzentrale vermehrt Wärme entzogen; auch bei der Drehtür und am Fuß von Zuluftschacht A steigt die Temperatur an.

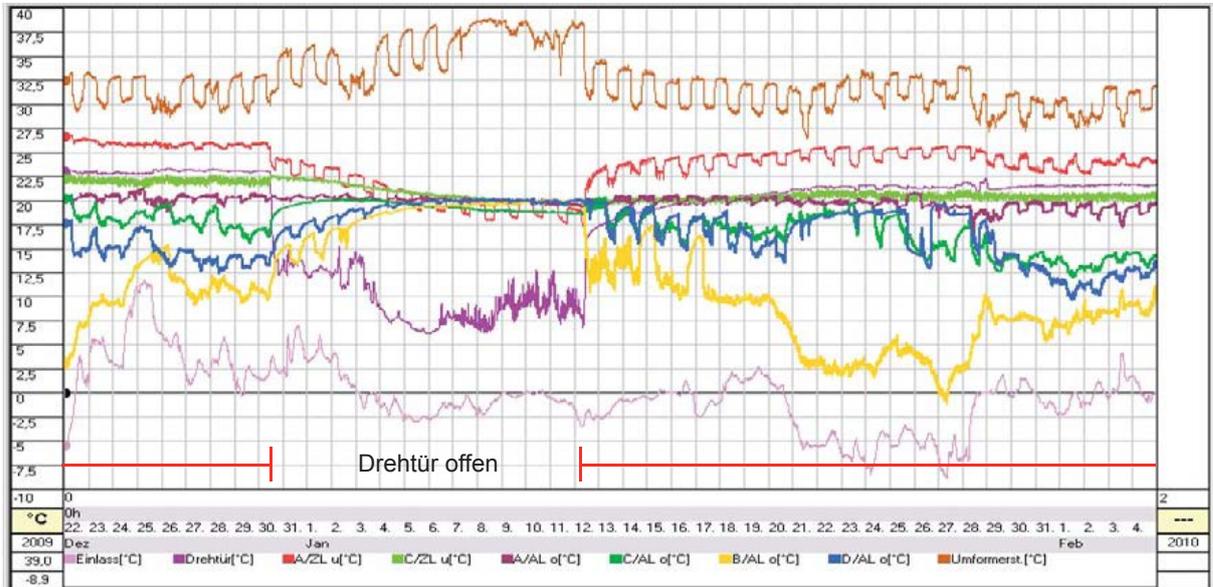


Abb. B.59: Beim Schließen der Drehtür im Keller kommt es aufgrund der Zwangsentlüftung zu einer Strömungsumkehr in den Abluftschächten.



Abb. B.60: Durch die Zwangsentlüftung wird winterlich kalte Außenluft über die Abluftschächte in den Gebäudекern gesaugt.

Dies zeigt, dass die Zwangsentlüftung zu hohen Lüftungswärmeverlusten führen muss.

2.2.6. Das Lüftungssystem im Mittelbau und Gartentrakt der Neuen Burg

Auch der gesamte mittlere Gartentrakt mit dem Segmentbogen verfügt über ein zweites Kellergeschoß, das ursprünglich ebenso vorwiegend der Luftaufbereitung bzw. der Lagerung von Lebensmitteln gedient hat (← Abb. B.13, Plan Hasenauer). Ursprüngliche Nutzungskonzepte sind nur ab dem 1. Keller bekannt – hier waren nach der Jahrhundertwende die Hofzuckerbäckerei und die Geschirrkammern untergebracht. Aus den Plänen und Schnitten ist ersichtlich, dass es auch hier ein ausgeklügeltes horizontales Luftverteilssystem gegeben hat. Soweit nachvollziehbar, erfolgte der Lufteintritt aus dem Corps de Logis über zwei nebeneinander liegende Öffnungen. Der nördliche Lufteintritt speiste die (jetzigen) Archivräume im Segmentbogen an. Der südliche Hauptverteiler befindet sich oberhalb des bei der H-Stiege gelegenen Segmentbogenganges, wo in der Zwischendecke ein durchgehender Kollektorgang (190 x 140 cm) verläuft, in dem auch die Hauptleitung der vom Kesselhaus kommenden Heizwärmeversorgung verlegt war bzw. ist (Abb. B.61). Somit konnte der gesamte Zuluftstrom für die Neue Burg über die als Drosselklappe wirksame Drehtür am Eingang zum Corps de Logis geregelt werden.

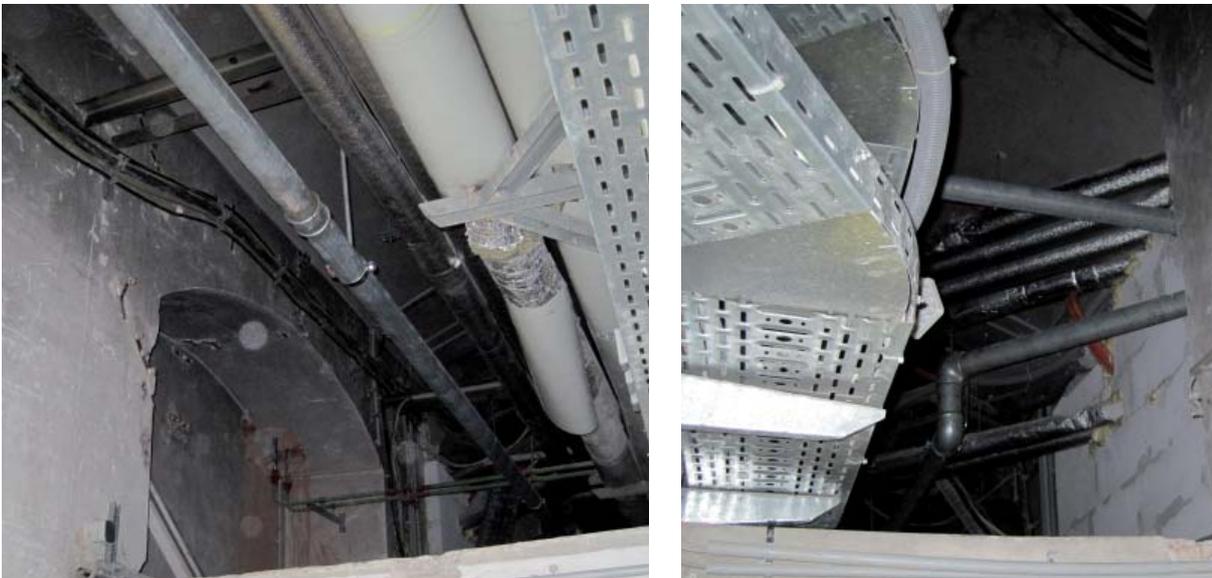


Abb. B.61: Einmündung der ehemaligen Lufteintrittsöffnungen vom 2. Keller des Corps de Logis in den Mittelbau (jetzt vermauert); links: nördliche Lufteinmündung in den Segmentbogen; rechts: südliche Lufteinmündung in den Kollektorgang

Die von Eduard Meter 1903 geplante und ausgeschriebene Warmluft- bzw. Niederdruckdampfheizung für das Parterre des rechten Segmentbogens („Garderäume“) dürfte zur Ausführung gelangt sein. In den Kollektorgängen im Zwischengeschoss des 2. Kellers finden sich alte, nach oben führende, deaktivierte Blechkanäle. Der in den Bestandplänen als „Foyer“ bezeichnete ovale Raum im 1. Keller des Mittelbaus diente dabei vermutlich als „Luftmischraum“. Inwieweit die Heizung und Lüftung des ersten und zweiten Stocks realisiert wurde, muss offen bleiben; bisher konnte nicht verifiziert werden, ob die für einen Betrieb notwendigen Steuerelemente (Jalousienklappen) je eingebaut wurden. Es ist evident, dass fast alle vertikalen, in den Mittelmauern verlaufenden kleinen Schächte (30 x 30 cm; vermutlich 1938) abgemauert bzw. später wie allgemein üblich zur haustechnischen Leitungsführung genutzt wurden.

Mehrere große Schächte haben das Gebäude vertikal erschlossen; diese sind entweder abgemauert oder als Liftschächte verwendet worden. Es ist aber aus den vielen unterschiedlichen Planungsvarianten der Entstehungszeit ersichtlich, dass im Gebäude bereits vor 1900 mehrere Aufzüge vorgesehen waren, die aber nicht zur Ausführung gelangten (einer davon in einer der Ecken des „Morgensalons“ im 1. Stock, heute Marmorsaal der SAM).

Für die Reaktivierung von zwei Vertikalschächten zur Anspeisung des Marmorsaales liegt seit 2008 ein nahezu fertiges Projekt vor (Büro Architekt Martin Bachner). Eine (zumindest teilweise) Reaktivierung der anderen Vertikalschächte scheint aus derzeitiger Sicht gut möglich zu sein; so könnte etwa der große freie Schacht im nordöstlichen Risalit des Mittelbaus zur Belüftung des Prunkstiegenhauses verwendet werden. Durch die Restaurierwerkstätte der SAM verläuft der Schacht eines vermutlich ehemaligen Speiseaufzugs, der im 1. KG beschickt wurde. Direkt daneben liegt ein durchgehender Luftschacht, in den jedoch 2006 die Kanäle der Lüftungsanlage der Restaurierwerkstätten des MVK unter großem Zeitdruck - ohne Berücksichtigung des Gesamtklimakonzepts - eingezogen wurden.

Da die betreffenden Teile des 1. und 2. Kellers im Mittelbau und Gartentrakt der Neuen Burg in der Vergangenheit nur mit großen bürokratischen Hürden zugänglich waren, das mehrmals angeforderte Planmaterial bis 2010 nicht verfügbar und eine gezielte Analyse unter den gegebenen Umständen undurchführbar erscheinen mussten, wurde auf weitere Bauforschung verzichtet.

Die Mittelmauer des Gartentraktes weist auf dem Dach westlich des Mittelbaus 36 und östlich 33 Kaminöffnungen auf, von denen nach derzeitigem Kenntnisstand (fast?) alle als Lüftungsschächte und nicht als Schornsteine konzipiert waren¹³. 2005 (?) wurde von der Fa. Rudolf Quester mittels Kamera ein Kaminbefund durchgeführt (siehe Tab. B.4 und B.5). Dieser weist zumindest drei Fehler auf: Bei der Suche nach für die SAM reaktivierbaren Schächten wurde festgestellt:

- Schacht Nr. 2 ist nicht 4 m sondern 16 m tief
- Schacht Nr. 13 teilt sich knapp unterhalb der Mündung in einen Doppelschacht; der zweite (jedoch nicht nummerierte) Kamin (13a) ist 4 m tief.
- Bei der Beschriftung der Kamine ist die Nummer 20 ausgelassen (auf 19 folgt 21).

Es ist evident, dass Schacht Nr. 25 im Befund um eine Nummer verschoben ist: er weist mit 19 m jene Tiefe auf, die im Befund für die Nr. 24 ausgewiesen ist. Der Kaminbefund muss daher noch einmal durchgeführt werden.

Die Kamine im Ostteil der Mittelmauer wurden nicht überprüft. Bei den 16 Öffnungen in 2 m Tiefe handelt es sich um eine Hinterlüftung des Dachraums. Die Sinnhaftigkeit dieser Maßnahme konnte 2009 in einer Messkampagne mittels Datenloggern bestätigt werden (→ Kap. C.5.7.).

¹³ Schacht Nr. 4 könnte ursprünglich oder zwischenzeitlich als Schornstein verwendet worden sein

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

Tab. B.4: Kaminbefund der westlichen Mittelmauer (Fa. Quester, teilweise korrigiert)

Fang Nr.	auf Rev.tür Dachboden	Länge von Mündung lt. Befund Fa. Quester [m]	korr. Längen [m]	Anmerkungen	Ursprung [vermutl.]
1		4			[DG]
2	P V 77	4	16	enthält „Ruß“ (?)	[1. OG]
3		4			[DG]
4		4			[DG]
5		5			[DG]
6		5			[DG]
7		31			[EG]
8		8			[2. OG]
9		3			[DG]
19		17			[1. OG]
11		13			[1. OG/U]
12		19			[1. OG]
13		4		Doppelfang (Nr. 13 ist tiefer; 13a ca. 4 m)	[DG]
14		9			[2. OG]
15		13			[1. OG/U]
16		27			[EG]
17	P V 76	19		Tür 1. OG Direktionsgang	1. OG
18		4			[DG]
19		6			[DG]
[20]		6			[DG]
21		9	6		[DG]
22		12	9		[2. OG]
23		8	12		[1. OG/U]
24		19	8		[2. OG]
25	∇	12	19	Tür 1. OG SAM/R (nach 8m Leitung)	1. OG
26		18	12		[1. OG/U]
27		5	18	(nach 8m Kabel im Fang)	[1. OG]
28		24	5		[DG]
29	P V 78	6	24	neue Rev.tür 1. OG vor SAM/R	[Mezz]
30		4	6		[DG]
31		2	4		[DG]
32		11	2		[DG]
33		2	11	(nach 8m Leitung im Fang)	[1. OG/U]
34		8	2		[DG]
35		9	8		[2. OG]
36			9		[2. OG]

Die farbliche Markierung kennzeichnet die Länge der Kamine und versucht eine Zuordnung an die entsprechenden Geschoße. Pro Stockwerk müssten fünf oder sechs Abluftschächte vorhanden gewesen sein. Es ist zu vermuten, dass mehrere der „kurzen“ Schächte abgemauert sind und ursprünglich tiefere Geschoße entlüftet haben.

Tab. B.5: Kaminbefund der östlichen Mittelmauer (Fa. R. Quester)

Fang Nr.	Länge gemessen von der Ausmündung [m]	Anmerkungen
1	11	nach ca. 2m Ventilationsgitter am Dachboden
2	2	nach ca. 2m Ventilationsgitter am Dachboden
3	2	nach ca. 2m Ventilationsgitter am Dachboden
4	2	nach ca. 2m Ventilationsgitter am Dachboden
5	8	
6	11	nach ca. 2m Ventilationsgitter am Dachboden
7	4	
8	4	
9	3	Kabel im Fang nach ca. 3m
10	13	
11	18	
12	29	
13	18	
14	9	nach ca. 2m Ventilationsgitter am Dachboden
15	8	nach ca. 2m Ventilationsgitter am Dachboden
16	11	nach ca. 2m Ventilationsgitter am Dachboden
17	8	nach ca. 2m Ventilationsgitter am Dachboden
18	23	
19	19	
20	6	nach ca. 2m Ventilationsgitter am Dachboden
21	28	nach ca. 8m Leitung durch Fang, nach ca. 26m Fangwange offen
22	12	nach ca. 2m Ventilationsgitter am Dachboden
23	11	nach ca. 2m Ventilationsgitter am Dachboden
24	4	nach ca. 2m Ventilationsgitter am Dachboden
25	18	
26	11	nach ca. 2m Ventilationsgitter am Dachboden
27	30	
28	16	nach ca. 2m Ventilationsgitter am Dachboden
29	9	
30	8	
31	8	nach ca. 2m Ventilationsgitter am Dachboden
32	2	
33	3	

Die Tiefe der Schächte und ihre Lage in Bezug auf die jeweiligen Geschoße ist aus dem Schnittplan im Anhang II/10 ersichtlich.

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

2.2.6.1. Abluftschächte in der Mittelmauer des Gartentrakts

Auf der Suche nach Luftschächten, die für die SAM reaktiviert werden könnten sowie zur Ergründung ihrer ursprünglichen Funktion (Rauchfang? Zuluft- oder Abluftschacht?) sollten die längsten Schächte der westlichen Mittelmauer sondiert und ihr Verlauf und Fußpunkt gesucht werden. Dabei wurden die erwähnten Fehler im Kaminbefund entdeckt. In einem ersten Versuch wurden mit Hilfe einer Schallquelle (Radio) und eines Stethoskops zunächst drei der Schächte im westlichen Hauptgang im 1. OG geortet und zur leichteren Zugänglichkeit mit Revisionstürchen (30 x 30 cm) versehen. Durch die Unterstützung einer Sponsorin war es möglich, eine gebrauchte Schachtkamera zu erwerben und genauere Befunde zu erstellen. So wurde festgestellt, dass bei Schacht Nr. 25 (nicht Nr. 24 wie im Befund vermerkt) 8 m unterhalb der Mündung die Fangwange beim Verlegen von Stromleitungen im 2. OG verletzt worden ist¹⁴ (Abb. B.62). Bei der Suche des Fußpunktes von Schacht Nr. 29 mit Hilfe der Schachtkamera und einer an einem Senklot befestigten Autohupe wurde festgestellt, dass er etwa 2,5 m hoch mit Schutt verfüllt sein muss, da das akustische Signal im Parterre knapp unterhalb der Decke lokalisiert werden konnte (Abb. B.63). Die längsten Schächte enden alle im Parterre; die Anbindung an den Luftbrunnen konnte bisher nicht befriedigend geklärt werden.

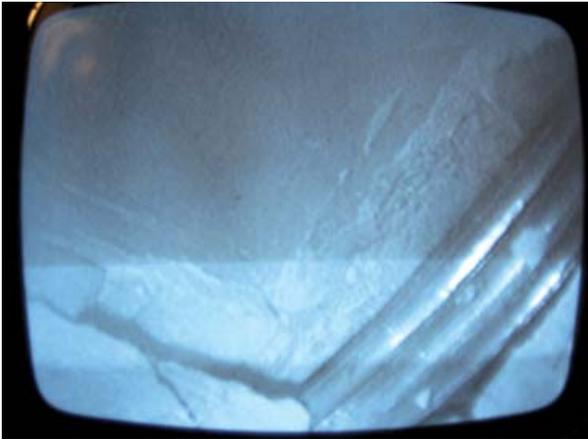


Abb. B.62: In Schacht 25 wurde im obersten Geschoß beim Verlegen der Stromleitungen die Fangwange verletzt.

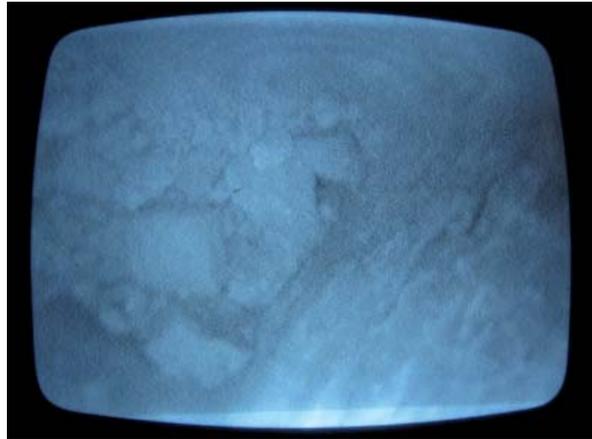


Abb. B.63: Schacht 29 ist unten ca. 2 m hoch mit Schutt verfüllt.

Im 1. OG sind noch drei originale Revisionstüren erhalten, deren Kamine auf dieser Ebene entspringen (Kamin Nr. 17 auf Direktionsgang SAM, Kamin Nr. 25 vor Restaurierwerkstatt SAM; ein weiterer noch freier Kamin mit Revisionstüre befindet sich vor dem Teamleiterräum). Aus den zugänglichen Kaminen wurden ca. 15-20 Liter Schutt entfernt. Die Revisionstüre von Kamin Nr. 17 war vom Türstock verbaut und konnte nicht geöffnet werden; dies beweist, dass die Innenausstattung des 1. Stocks erst nach dem Stilllegen des Ventilationssystems erfolgt sein muss (1938/39?, was sich mit der mündlichen Tradition im Haus decken würde, dass der Innenausbau erst nach dem „Anschluss“ fertig gestellt wurde). Hier wurde 2010 der Türstock im unteren Teil getrennt und mit versenkten Bändern versehen, um die Kamin-türe zugänglich zu machen (Abb. B.64).

¹⁴ Das Laufbild der Fernsehkamera ließ sich nur unzureichend fotografieren.



Abb. B.64: Die originale Revisionstüre von Schacht Nr. 17 war vom Türstock verbaut (links). Durch Trennen des Stocks und Einbau von Scharnieren konnte die Tür zugänglich gemacht werden (Mitte, rechts).



Abb. B.65: Originale Tür am Fußpunkt von Schacht Nr. 25 (links); neue Revisionstür (2010) Schacht Nr. 7 (rechts)



Abb. B.66: In Schacht Nr. 25 befindet sich ca. 50 cm über Fußbodenniveau eine zugemauerte Öffnung

In der Beschreibung der Lüftungsanlage Dr. Böhms (SEIFERT 1867: 247) sowie im Handbuch für Architektur von H. Fischer im Beispiel der Leibnitz-Realschule in Hannover (FISCHER 1881: 262ff) sind Schächte mit je einer Öffnung knapp über dem Fußboden und unter der Decke sowie eine Regelung mittels Klappen beschrieben. Zur Abklärung dieses Details wurden die zugänglichen Schächte teils mittels Schachtkamera, teils mit Fotoapparat untersucht. Bei den im 1. OG entspringenden Schächten Nr. 17 und Nr. 25 konnte ca. 50 cm über Fußbodenniveau eine ehemals vorhandene, jetzt abgemauerte Öffnung zu dem jeweils dahinter liegenden Saal (X und XII) gefunden werden (Abb. B.66). Darüber ließen sich in der Mittelmauer (in Deckenhöhe) keine verschlossenen Öffnungen feststellen – die Absaugung der Abluft erfolgte offensichtlich nur in Fußbodennähe, was dem in der zeitgenössischen Literatur gängigen Prinzip einer Ventilations-Luftheizung entsprechen würde (PAUL 1885: Fig. 159, Abb. 67; FISCHER 1881: 120, Fig. 92 sowie Farbtafel 260f, Abb. B.68 und B.69). Die Frage nach der ursprünglich geplanten Warmluftzufuhr muss offen bleiben.

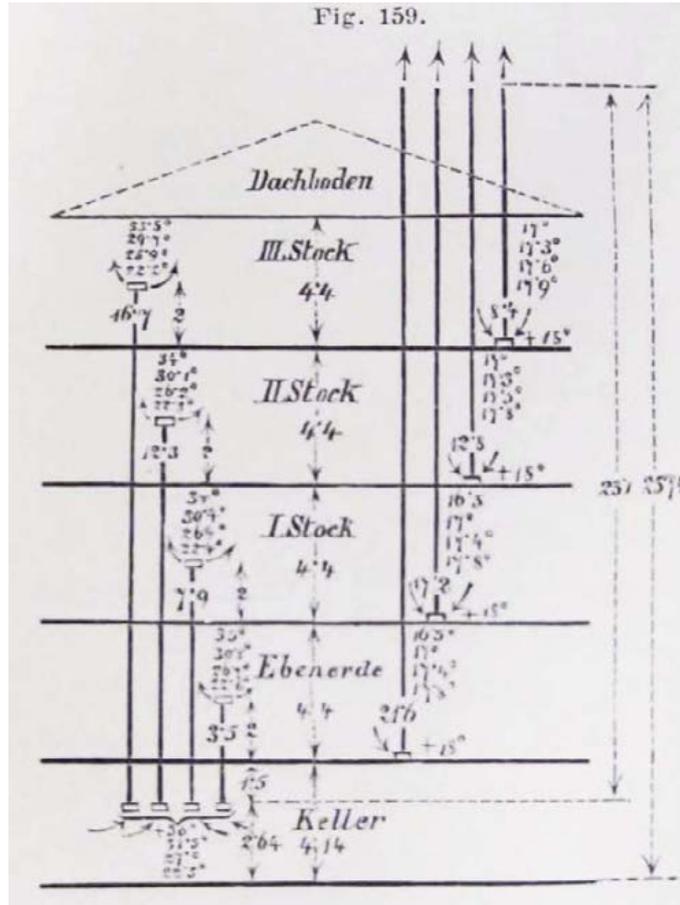


Abb. B.67: Funktionsschema und Temperaturverteilung bei einer Ventilations-Luftheizung (PAUL 1885; Fig. 159)

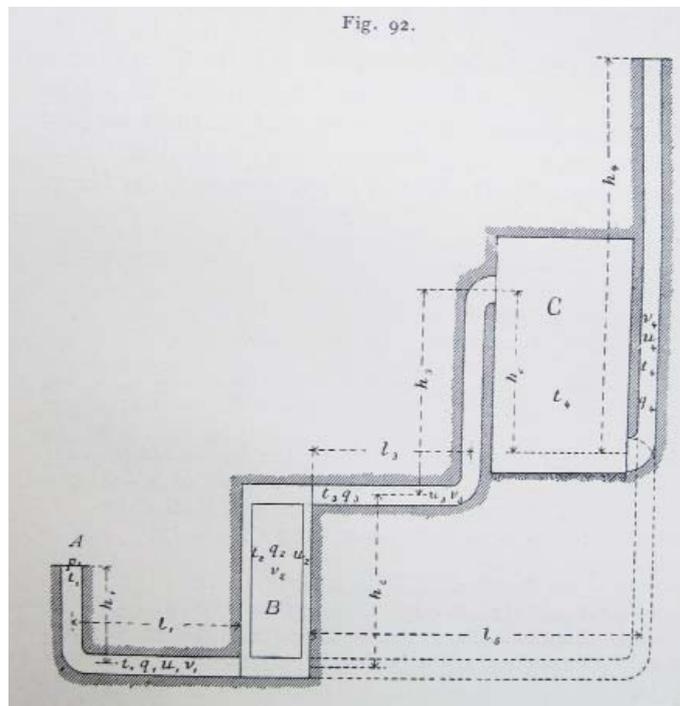


Abb. B.68: Funktionsschema einer Ventilations-Luftheizung (FISCHER 1881, S. 120, Fig. 92)

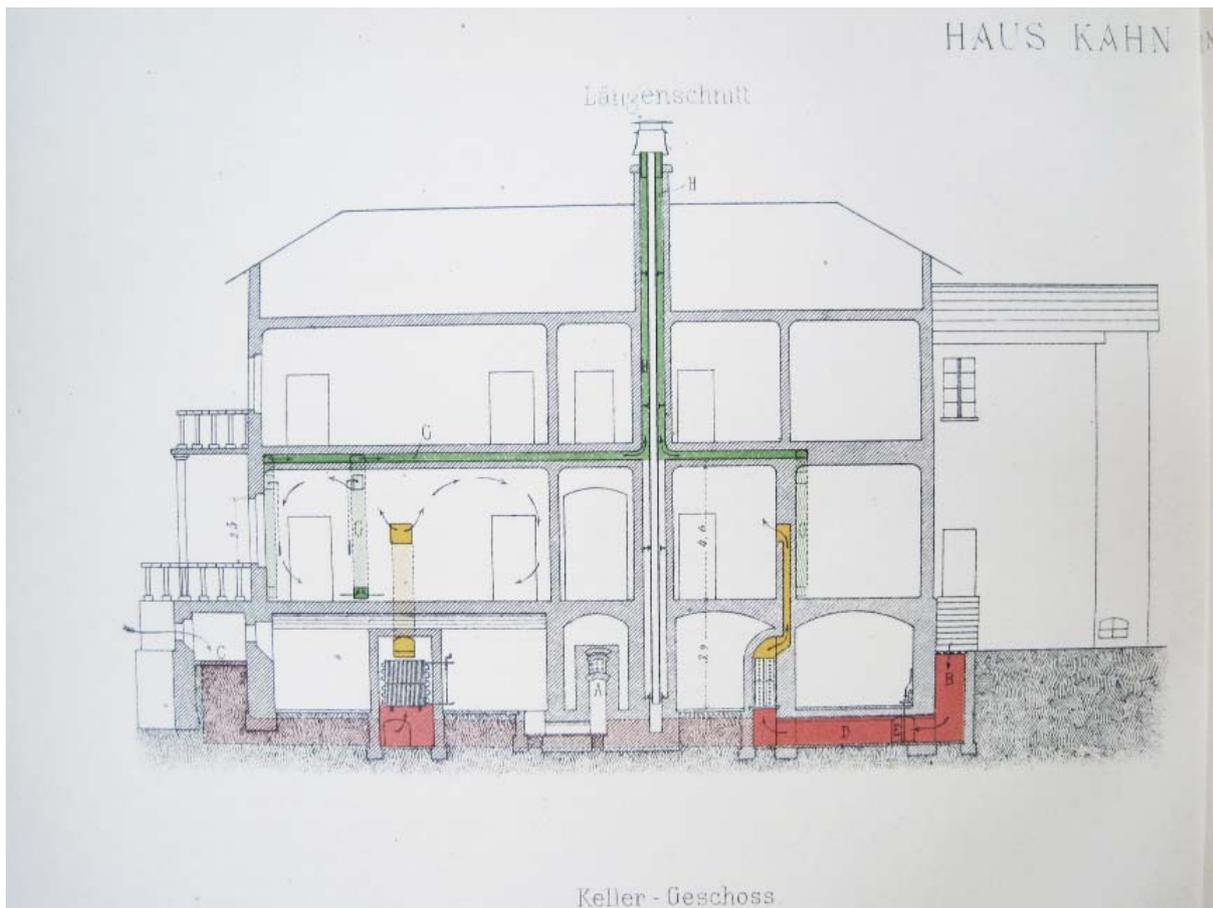


Abb. B.69: Heizungs- und Lüftungsanlage von Haus Kahn in Mannheim (FISCHER 1881: 260f)

Der Befund erlaubt die generelle Aussage, dass jeder Abluftkanal eines großen Saales an seinem Fußpunkt eine Revisionstüre auf dem dahinterliegenden Gang besaß; allerdings dürften bei der letzten Sanierung ein bis zwei Revisionstüren im westlichen Teil des Hauptganges im 1. OG (hinter den Sälen XVI bis XVIII der SAM sowie in den meisten anderen sanierten, von ÖNB bzw. MVK genutzten Bereichen im Zuge der in den letzten 15 Jahren erfolgten Instandsetzungen zugeputzt worden sein, was die Wiederauffindung und Reaktivierung erheblich erschweren dürfte. Die Schächte wurden je nach ihrer von der Mündung gemessene Länge (Tiefe) in Tabelle B.4 farblich markiert, um eine Zuordnung zu den einzelnen Stockwerken vorzunehmen. Aufgrund der Tatsache, dass sich in den einzelnen Schächten unterschiedlich viel Schutt befindet, die Schächte anderweitig verwendet wurden und der Kaminbefund möglicherweise weitere Fehler enthält, kann eine genaue Zuordnung erst nach einem neuerlichen Befund mittels Schachtkamera vorgenommen werden.

Es ist möglich, dass die Zuführung der Warmluft bzw. Frischluft in den Sälen ursprünglich in Schächten vorgesehen war, die in der der Mittelmauer gegenüber liegenden südlichen Außenmauer des Gartentraktes verlaufen. Solche leeren Luftschächte sind bisher nicht nachgewiesen; es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass diese (ehemals vorhandenen) Schächte verwendet wurden, um (vor 1908 ?) darin die Steigstränge der Zentralheizung zu verlegen, worauf im nächsten Kapitel noch genauer eingegangen wird (→ Kap. B.3.1).

Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass die Zuluftführung über die großen Steigschächte im Morgensalon (jetzt Marmorsaal) oder über andere Zuluftschächte im Stiegenhaus erfolgte. Aber auch bei natürlicher Ventilation durch Öffnen der Oberlichtflügel fand (aufgrund der Dichteunterschiede zwischen kühlerer Außenluft und erwärmter Raumluft in den Kaminen) ein Luftaustausch über die Schächte statt.

Alle Kamine wiesen ursprünglich auf den Kaminköpfen Aufsätze als Wetterschutz auf. Die in Nachbarbereichen auf dem Dach noch vorhandenen, aufwändig gestalteten und mit Regenabfluss versehenen Aufsätze (Abb. B.70) fehlen auf der Mittelmauer zur Gänze (Abb. B.71), weswegen die Kamine im Mündungsbereich stark abgewittert sind und der Putz in den Schächten einen schlechten Zustand aufweist. Alle Schächte dürften am unteren Ende mehr oder weniger hoch mit Schutt verfüllt sein; dadurch ist eine Auffindung der originalen Revisionsöffnungen sehr erschwert.

Die Lüftungsschächte im Segmentbogen wurden nicht untersucht.



Abb. B.70: Originale Kaminaufsätze auf dem Dach des Segmentbogens der Neuen Burg

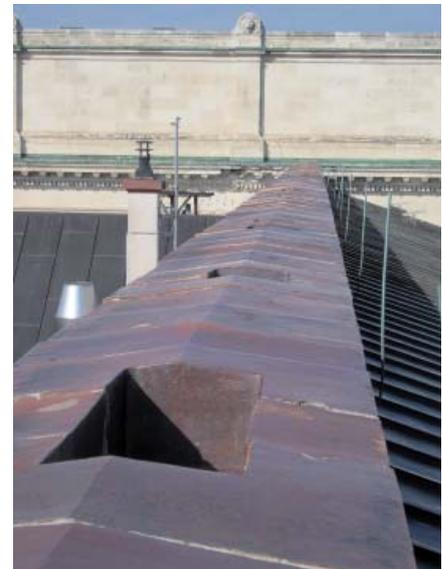


Abb. B.71: Alle Kaminaufsätze der Mittelmauer wurden entfernt

2.2.6.2. Entlüftung des 1. Kellers - Hinterlüftung der Dachräume

Im langen Verbindungsgang im 1. Keller sowie auf dem Dachboden befinden sich nordseitig vereinzelt schmale hohe Öffnungen (10 - 12 cm breit, 40 - 50 cm hoch) ehemals luftführender Schächte, von denen allerdings keiner mehr durchgängig sein dürfte. Es handelt sich dabei meines Erachtens um ehemalige Lüftungsschächte, die eine Entlüftung des 1. Kellers bzw. eine Hinterlüftung des Dachraums zur Abführung des sommerlichen Wärmepolsters gewährleistet haben. Der untersuchte Schacht erscheint von unten frei, ist aber irgendwo dazwischen abgemauert (Abb. B.72).



Abb. B.72: Korrespondierende ehemalige Lüftungsöffnungen zwischen 1. Keller (links) und Dachboden (oben) zur Hinterlüftung des Dachraums. Der Schacht erscheint von unten frei, ist aber irgendwo dazwischen abgemauert (rechts)

2.2.7. Bauliche Eingriffe

Im Mittelbau wurden – vermutlich im Zuge der für 1938 nachweisbaren Adaptierungen des 2. Kellers als Luftschutz- und Bergeräume (← Kap. A.2.) – sowohl die vertikalen als auch viele horizontale, in Zwischengeschossen verlaufende Luftführungswege abgemauert. Abb. B.73 zeigt eine ehemalige Verbindungsöffnung vom Hauptkollektor zu dem im Mittelbau befindlichen Foyer im 1. KG, wo sich vermutlich die Luftmischkammer befand. Abb. B.74 zeigt eine abgemauerte nach oben führende Luftöffnung im Hauptkollektorgang im Segmentbogen an der Westseite des Mittelbaus.



Abb. B.73: Zugemauerte horizontale Verbindungsöffnung vom Hauptkollektor im Segmentbogen in den Mittelbau



Abb. B.74: Zugemauerte vertikale Verbindungsöffnung vom Hauptkollektor im Segmentbogen im westlichen Teil des Mittelbaus

Im westlichen Segmentbogen wurde nach 2000 im Hauptkollektor die Sole zum darunter befindlichen Gang großflächig geöffnet (Abb. B.75). Ähnliche Eingriffe lassen sich auch in den Kollektorgängen des 1. Kellers feststellen.

Auch auf dem Dachboden sind die meisten Revisionstüren im westlichen Teil der Mittelmauer abgemauert; die Weitsicht der Gebäudeerhalter in der Vergangenheit ist daran ersichtlich, dass die verschlossenen Öffnungen mit einem kleinen Rücksprung verputzt sind, sodass ihre Lage jederzeit festgestellt werden kann. Von den vier noch erhaltenen und beschrifteten Türen sind drei nummeriert mit: V, V76, V77, V78, wobei das V für „Ventilation“ stehen dürfte (Abb. B.76). Weitere Kamintüren befinden sich noch im östlichen Segmentbogen; da ihre Fußpunkte nicht im Bereich des KHM liegen, konnten sie nicht befundet werden.

Eine tiefer gehende Untersuchung zur genaueren Rekonstruktion des ursprünglichen Belüftungssystems kann nur von einer von der BHÖ beauftragten und aktiv unterstützten Projektgruppe durchgeführt werden.



Abb. B.75: Eingriff in den horizontalen Hauptkollektor im Segmentbogen im 2. Keller (H-Stiege)



Abb. B.76: Zugemauerte Revisionstüren der Ventilationsschächte auf dem Dachboden

2.2.8. Baulicher und hygienischer Zustand des Luftbrunnens

Das nicht umsonst als Luft-Brunnen bezeichnete 2. Kellergeschoß der Neuen Burg war von Anfang an als direkte Zuluftquelle für die ursprünglichen Wohn- und Museumsräume des Kaiserhauses gedacht und unterlag, um den höchsten Luftqualitätsansprüchen und Kühlkapazitäten im Sommer zu entsprechen, somit anderen hygienischen Kriterien als ein üblicher Keller. Dies ist u. a. auch daraus ersichtlich, dass alle Mauerflächen mit einem 1-2 cm starken, mageren Putz aus Romazement versehen sind (← Befund des BDA, Abb. B.24). Die hohe Haltbarkeit bietet gute Voraussetzungen für die mit den Temperaturschwankungen und Sorptionszyklen verbundenen Anforderungen.

Dieser ursprünglich hohe Qualitätsanspruch ist momentan nicht gegeben. Begeht man die Luftwege vom Haupteinlass im Burggarten kommend, so fallen allgemein der Schmutz im Eingangsbereich sowie der desolate Zustand der Putzflächen im Hauptzulfttunnel auf. Im Gitter vor der ersten Teilung des flach gewölbten Hauptstollens hängen dichte Staubbeläge; auf dem Boden finden sich Laub, Schmutz und fallweise Exkrememente von Kleintieren.



Abb. B.77: Durch Staubflusen verschmutztes Gitter im Einlassbereich des Hauptstollens bei der Gittertür



Abb. B.78: Staubablagerungen im Bereich der Fernwärmerohre

Die vier großen Steigschächte im Corps de Logis wurden zwar brandschutztechnisch instand gesetzt; die z.T. absandenden Putzflächen befinden sich jedoch in keinem guten Zustand. In den Schächten befinden sich teilweise alte Heizungsrohre, aus deren offener Ummantelung Dämmmaterial quillt.

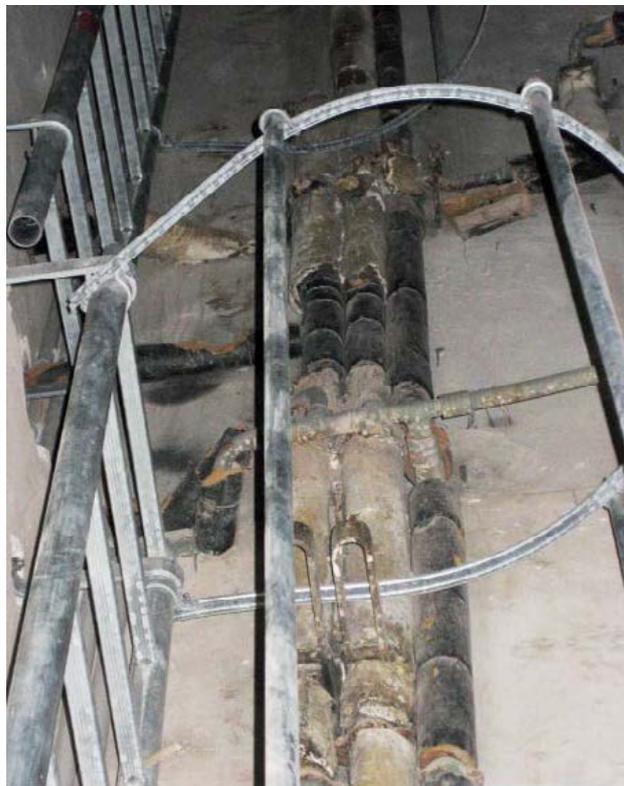


Abb. B.79: In den Steigschächten quillt Dämmmaterial aus der Ummantelung der alten Heizrohre. Der Verputz ist teilweise lose und sandet ab.

In den Hauptgängen sandet der z. T. lose Putz ab und sammelt sich im Sockelbereich der Fußböden; alle Flächen, insbesondere die glatten Flächen der Fernwärmerohre, werden von der in diesem Bereich besonders intensiv strömenden Zuluft überstrichen und der Feinstaub mitgeführt. In manchen Bereichen, vor allem in den Halbgeschossen der inneren Gänge, stößt man immer wieder auf grob- bis feinstaubigen Bauschutt, zerbröselnde Reste von alten Glasfasermatten aber auch auf menschliche Fäkalien. Einige abgeschiedene Ecken wurden regelmäßig als Pissoir benutzt. Diese Stäube können - bei unbeabsichtigter Mobilisierung - in die Ausstellungsräume eingetragen werden.

Die Kellerräume des Segmentbogens wurden möglicherweise ursprünglich auch von der nördlichen Heldenplatzseite belüftet und von dort die vertikalen Steigschächte im Mittelbau zur Belüftung des Stiegenhauses beschickt. Dieser ganze Bereich ist baulich verwahrlost und bedarf einer in das Konzept eingebundenen Sanierung.

Der Luftbrunnen im 2. Keller der Neuen Burg ist über weite Bereiche in seiner baulichen Anlage intakt. Die ursprüngliche Funktion als Klimapuffer lässt sich aus den bisherigen Messungen nachweisen. Eine Reaktivierung durch Öffnen der abgemauerten Luftwege erscheint sinnvoll und möglich. Allerdings müssen zuvor die erwähnten Störgrößen beseitigt werden. Eine gemeinsame Verwendung des Luftbrunnens bedarf einer übergreifenden, kooperativen Projektierung aller beteiligten Nutzer.

Bei dem in Planung befindlichen Brandschutzkonzept muss die optionale Rekonstruktion der Lüftungsanlage berücksichtigt werden.

2.3. Eingangsbereiche

Die Eingangsbereiche bilden bei hohem Besucheraufkommen die wichtigste konservatorisch-klimatische Schnittstelle zum Außenklima.

2.3.1. Haupteingang Nationalbibliothek und Sammlungen des KHM (Mittelbau)

Durch den Eingang nach der großen Freitreppe zur ehemaligen Wageneinfahrt im Mittelbau des Segmentbogens betritt man heute geradeaus den Katalograum, die Hauptlesesäle und die Papyrussammlung der Österreichischen Nationalbibliothek sowie rechts den Kassenbereich von drei Sammlungen des Kunsthistorischen Museums (Ephesos-Museum, Sammlung alter Musikinstrumente [SAM] sowie Hofjagd- und Rüstkammer [HJRK]). Aufgrund des zeitweise beträchtlichen Besucherverkehrs ist der als Klimaschleuse konzipierte Windfang als Zugang zur Eingangshalle häufig wirkungslos, da der ständige Besucherstrom zu einem Offenhalten beider Türflügel führt bzw. beide Türen des Windfangs in der warmen Jahreszeit oftmals zum Lüften aufgekeilt sind (Abb. B.80).



Abb. B.80: Haupteingang in die Neue Burg: Aufgrund der Türautomatik bzw. durch Aufkeilen der Türen im Sommer ist die Funktion als Klimaschleuse nicht gegeben

Bei starkem Nordwestwind, wie er vor allem im Herbst und Winter auftritt, kommt es zu beträchtlichem Winddruck auf die Fassade und die Türen. An manchen Tagen ist es für ältere Personen kaum möglich, die innere Tür des Windfangs im Mittelbau zu öffnen, ehe nicht die äußere Tür geschlossen ist. An einem stürmischen Wintertag (22.12.2008) wurde mittels Federwaage eine Kraft von 150–170 N gemessen,

die von den Besucher/innen beim Öffnen der Tür überwunden werden musste. Der Winddruck ist dann so stark, dass noch die Pendeltür der Glaswand zum Kassensbereich des Sammlungen des KHM auf bis zu 45° aufgedrückt wird, obwohl – um den enormen Winddruck auf die beiden Glaswände am Fuß der Stiegenaufgänge zu verringern – die Glastafeln mit 5–8 mm breiten Abstandsfugen versetzt sind (Abb. B.81).



Abb. B.81: Die Pendeltür zur Kasse der Sammlungen des KHM wird durch Zugluft bis zu 45° aufgedrückt

Mittels Anemometer wurde eine Luftgeschwindigkeit der in das Gebäude einströmenden Luft von 2-4 m/s ermittelt, die bei Sturmböen auf bis zu 6 m/s anstieg. Über die Querschnittsfläche von 2,5 m² der Tür im Mittelbau (wo auch der meiste Besucherverkehr stattfindet) ließ sich daraus ein Lufteintrag zwischen 5 und 10 m³ pro Sekunde errechnen, der sich zeitweise auf bis zu 15 m³/s steigerte. Dieser Lufteintrag bedeutet, dass die gleiche Menge an (im Winter beheizter) Raumluft gleichzeitig über undichte Stellen und Fugen aus dem Gebäude hinausgedrückt wird, was bei geöffneter Eingangstür einem unkontrollierten Verlust von konditionierter Raumluft von rund 300 bis fallweise über 600 m³ pro Minute entspricht.

2.3.2. Eingang ins Corps de Logis

Der Eingang in das Corps de Logis führt einerseits zu den Schausammlungen des Museums für Völkerkunde (MVK), andererseits über das A-Stiegenhaus und den dort installierten Lift zu den in den Obergeschossen untergebrachten Räumlichkeiten der Nationalbibliothek mit dem österreichischen Bildarchiv sowie zu den Büros und Verwaltungsbereichen des MVK sowie der HJRK. Das Vestibül ist von der ehemaligen Wageneinfahrt, deren Eisentor untertags ständig offen steht, durch drei Bögen getrennt, in die Flügeltüren eingesetzt sind. Hinter dem linken Türbogen befand sich bis 2006 eine ein-gebaute Portierloge. Die mittlere Flügeltür verfügte über einen Windfang mit kurzhubigen Pendeltüren,

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

die sich hinter den Eintretenden sofort wieder schlossen. (Die rechte Türe war bereits zuvor mit einer Rampe als barrierefreier Zugang ausgestattet worden.) Im November 2006 wurden die Portierloge und der originale Windfang auf Anordnung der Generaldirektion aus ästhetischen Gründen entfernt. Somit verfügt das Corps de Logis seitdem über keinen Windfang im Eingangsbereich. Auch thermisch stellen die nunmehr einfachen Türen mit Einfachverglasung gegenüber dem Vorzustand eine bauphysikalische Verschlechterung dar, was in den im Winter 2009 von Wien-Energie durchgeführten thermographischen Aufnahmen deutlich sichtbar gemacht werden konnte (→ Kap. C.4.7., Abb. C.37).



Abb. B.82: Eingang ins Corps de Logis. Das äußere Tor ist untertags ständig geöffnet (links). Die drei Flügeltüren zum Vestibül verfügen über keine Klimaschleusen.

2.3.3. Nebeneingang D-Stiege

Ein weiterer Eingang über die sog. D-Stiege erschließt den Zugang zu der im Erdgeschoß untergebrachten Einlaufstelle und den Büros der ÖNB sowie zu den Verwaltungsbereichen, Büros und Restaurierwerkstätten des MVK und des KHM. Neben dem 1969 errichteten Personenlift im Treppenhaus (dessen Betriebsbewilligung ausläuft) gibt es einen älteren Materiallift („D-Lift“ oder „Niro-Lift“; Grundfläche 200 x 90 cm, Türbreite 80 cm, 12 Personen) sowie den neueren „H-Lift“ (Grundfläche 300 x 140 cm, Höhe 220, Türbreite 130 cm), der auch schwere Lastentransporte wie etwa Klaviere und verpackte Rüstungen ermöglicht.

Die durch den baulich vorhandenen großzügigen Windfang ehemals vorhandene Wirkung als Klimaschleuse ist derzeit nicht gegeben. Zum einen verfügt die äußere Türe über einen motorbetriebenen, behindertengerechten Türöffner, der die Türe etwa 40 Sekunden offen hält – länger als man braucht, um zum dahinter liegenden Windfang zu gelangen. Der bei starkem Wind nunmehr auf der (zweiten) Tür lastende Winddruck erschwert bzw. behindert die dortige infrarotgesteuerte Türöffnerautomatik, welche in der Folge in der Vergangenheit häufig gestört war; weitere Störungen in der Zukunft können als wahrscheinlich angesehen werden. Bei Ausfall der Automatik war diese Tür während der Betriebsstunden häufig zwischen 8:00 und 17:00 Uhr aufgekeilt und somit als Klimaschleuse wirkungslos.

Über die D-Stiege finden alle wichtigen Anlieferungen durch Firmen, Kunsttransporte, für Catering, etc. statt. Stehen alle Eingangs- und Zwischentüren offen, wirken die Liftschächte wie Kamine, was besonders im Winter, verstärkt durch Westwetterlage, zu einem auch deutlich hörbaren forcierten und unkontrollierbaren Außenlufteintrag führt (Abb. B.83).

Die Größenordnung des Lufteintritts lässt sich angenähert abschätzen: Bei einem Temperaturunterschied von 20 K zwischen Außenluft und Raumluft beträgt die Luftgeschwindigkeit in einem Schacht von 20 m Höhe etwas mehr als 2 m/s. Bei einem Türquerschnitt von 2 m² (de facto sind es beim Eingang der D-Stiege 2,5 m²) werden somit dem Gebäude pro Sekunde 4 m³ Außenluft zugeführt. Hält man sich vor Augen, dass beide Türen bei jeder hereinkommenden und hinausgehenden Person (Mitarbeiter/innen, Lieferanten, Firmen, etc.) etwa 10 Sekunden offenstehen, wird klar, dass hier große Luftvolumenströme von winterkalter und trockener Außenluft dem Gebäude zugeführt werden.



Abb. B.83: Eingang zur D-Stiege; durch die Türautomatik sind beide Türen des Windfangs offen.

2.3.4. Nebeneingang Hochparterre (Tischlerei MVK)

An der Nordwestseite des Corps de Logis befindet sich ein großes Tor zu Raum HP 12, in dem vormals die Begasungsanlage des MVK untergebracht war, und der jetzt als Zwischenlager für An- und Abtransporte sowie zur Materialanlieferung für die Tischlerei des MVK genutzt wird. Das Tor wird derzeit nur selten verwendet, weshalb es klimatisch keine bedeutende Rolle spielt (Abb. B.84). Da der Raum in früheren Nutzungskonzepten als Garderobe für den Vortragssaal vorgesehen war und eine anderweitige Nutzung der jetzigen Tischlerei in Zukunft als wahrscheinlich anzusehen ist, muss auch für diesen Bereich ein funktionierender Windfang angedacht werden.



Abb. B.84: Nordwesteingang ins Corps de Logis

Die Eingangsbereiche bilden vor allem im Winter neben den Fenstern die klimatisch sensibelsten Schnittstellen des Museums mit der Außenwelt. Alle Eingänge müssen als zuverlässige Klimaschleusen funktionieren; dies ist derzeit bei keinem der drei Haupteingänge der Fall.

2.4. Klimatisch relevante Gebäudeabschnitte

Um im Kernbereich der Sammlungen sowie in den Depots bzw. Studiensammlungen vor allem während der kalten Jahreszeit konstante und verlässlich stabile Klimaverhältnisse zu gewährleisten, muss ein Museum in der gemäßigt kontinentalen Klimazone drei Klimaabschnitte (vergleichbar mit Brandabschnitten) aufweisen, die qualitativ unterschiedlichen Erfordernissen genügen müssen und die durch Türen getrennt sind:

1. Eingangsbereich
2. Erschließungsbereich (Stiegenhäuser, Korridore, Gänge)
3. Kernbereich (Sammlungen, Restaurierwerkstätten, Depots)

Im Eingangsbereich muss sich bei hohem Besucheraufkommen eine Klimaschleuse befinden, um, vor allem während der Heizperiode, Lüftungswärmeverluste und unkontrollierten Außenlufteintrag zu vermeiden. Meines Wissens wurde bisher in keinem Museum eine echte Klimaschleuse (bei der, technisch zwangsgesteuert, immer nur eine Türe geöffnet ist wie z. B. im Zentraldepot in Veyle/Dänemark) realisiert. Die einfachste und bauphysikalisch sinnvolle Lösung ist eine Karusselltür.

In der vom Eingangsbereich klimatisch getrennten Erschließungszone muss bereits eine Basiskonditionierung mit einer Absolutfeuchte nicht unter 5 g/m^3 gewährleistet sein, damit eine relative Feuchte von 40 % nicht unterschritten und verlässlich gehalten werden kann.

Vom Stiegenhaus und von den Korridoren ebenfalls klimatisch getrennt, erschließen sich die Sammlungsräume, Restaurierwerkstätten sowie die Studiensammlungen und Depots, die dem höchsten Qualitätsstandard genügen müssen.

Die Sammlung alter Musikinstrumente verfügt seit 1993 über Zwischentüren und funktionierende Klimaabschnitte (Abb. B.85).



Abb. B.85: Klimaabschnittstüren in den Zugangsbereichen der SAM; links Pufferzone Vorraum Marmorsaal, rechts Eingang zur rechten Seitengalerie.

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

Die Tür vom Plateau 1 zum Saal I der JHRK hat seit einigen Jahren einen Türschließer und definiert ebenfalls einen Klimaabschnitt. Allerdings stehen die Türen von den Sammlungsräumen zu den Galerien A - D im Corps de Logis im Winter fast immer offen, um den Eintritt wärmerer Luft in die unterkühlten Räume der HJRK zu ermöglichen; dies führt fallweise zu einem Absinken der relativen Feuchtigkeit und zu einem inkonstanten Klimaverlauf (Abb. B.86).



Abb. B.86: Die Türen zu den Galerien A - D verfügen über keine Türschließer und bilden keine funktionierenden Klimaabschnitte.

Klimaabschnitte sind die Voraussetzung für einen kontrollierten Luftwechsel, vor allem während der Heizperiode. Voraussetzung für das Funktionieren der Klimaabschnitte ist eine dichte Gebäudehülle. In der Neuen Burg, insbesondere im Corps de Logis, sind die baulichen Voraussetzungen für funktionierende Klimaabschnitte großteils gegeben bzw. könnten sie leicht geschaffen werden; es gibt jedoch bisher keine entsprechende Logistik.

3. Haustechnische Aspekte

Obwohl § 2 Abs. 1 BMG die Österreichischen Bundesmuseen zu Kooperation und Austausch im Forschungsbereich verpflichtet, konnte das ursprüngliche Vorhaben, einen möglichst umfassenden Überblick über die haustechnischen Gegebenheiten in der Neuen Burg zu skizzieren sowie den durchschnittlichen Energieverbrauch der einzelnen Nutzer abzuschätzen nicht umgesetzt werden, da die entsprechenden Unterlagen trotz mehrmaliger Urzugen im Untersuchungszeitraum nicht zur Verfügung gestellt wurden¹⁵. U. a. wurde darauf verwiesen, dass Informationen über die Räume der ÖNB nicht ans KHM weitergegeben werden dürfen. Es liegen keine aktuellen Haustechnikpläne vor. Auch der Gesamtenergieverbrauch der Neuen Burg war nicht in Erfahrung zu bringen; die Verbrauchsdaten der ÖNB wurden unter Verweis auf den Datenschutz nicht weitergegeben. Aber auch die aktuellen Verbräuche (in kWh) von Strom und Fernwärme der vom KHM genutzten Bereiche der letzten Jahre konnten nicht in Erfahrung gebracht werden. Die seit Jänner 2009 mehrmals mündlich und schriftlich an die Geschäftsführung bzw. Generaldirektion herangetragenen Appelle, eine Kommunikationsbasis mit den Abteilungen der BHÖ und ÖNB herzustellen und das Gesamtklimakonzept bzw. die thermische Sanierung der Neuen Burg zum gemeinsamen Ziel zu machen, blieben erfolglos. Die Anregung, einen „Haustechnik-Round-Table“ aller Planer und Nutzer einzuberufen, um die bestehenden und vermuteten Energieineffizienzen abzuklären, wurde bisher nicht aufgegriffen.

Die erwähnten technischen Details stammen aus unterschiedlichen Quellen: Soweit möglich wurden Verbrauchsdaten in Pilotversuchen im eigenen Wirkungsbereich mittels Subzählern ermittelt oder stammen von den Typenschildern der Geräte. Luftvolumenströme von Lüftungsanlagen wurden soweit vorhanden den Planungsunterlagen oder den bei den Anlagen ausgehängten Funktionsplänen entnommen. Zum Teil basieren die Angaben auf Informationen, die in persönlichen Gesprächen mitgeteilt wurden aber nicht verifiziert werden konnten¹⁶. Die hier angeführten Rahmenbedingungen sind daher nicht vollständig und nur bedingt aussagefähig. Die erschwerte bis verweigerte Kommunikation ist aber gleichzeitig symptomatisch für die diagnostizierte Dysfunktionalität des „Gesamtsystems Neue Burg“.

3.1. Heizung

Abgesehen von den mit Klimaanlage versorgten Bereichen der Nationalbibliothek und im Dachgeschoß des Corps de Logis, wird die Neue Burg mittels Radiatoren durch eine Warmwasser-Zentralheizung beheizt, die in ihren Grundzügen auf die von Eduard Meter zwischen 1903 und 1907 entworfene Niederdruck-Dampfheizung zurückgeht, wobei die Wärmebereitstellung ursprünglich über koksbeheizte Kessel erfolgte, die in dem nach 1893 errichteten Kesselhaus situiert waren (← Kap. A.2.1.). Heute erfolgt die Wärmeversorgung durch das Fernwärmenetz der Heizbetriebe der Stadt Wien. Über eine vom Ring kommende doppelte Stichleitung (Vorlauf und Rücklauf) wird je nach Witterung 110-140 °C heißes Wasser an der NW-Ecke der Neuen Burg in den 2. Keller eingebracht und an der sog. Übernahmestation in zwei Versorgungsstränge aufgeteilt: Der nördliche Strang wird zu der an der NO-Ecke situierten Haupt-Umformerstation (K212) geleitet; der südliche Heizstrang wird an der West- und Südseite der äußersten Fundamentmauern des Corps de Logis zur SO-Ecke geführt und dort in den Hauptzulufttunnel ausgeleitet, von wo die Leitung in die im Heizhaushof gelegene Heizzentrale weitergeführt wird. Der Sekundärkreislauf wird mit einer Vorlauftemperatur von rund 60-80 °C (mit 40-50 °C im Rücklauf) betrieben.

¹⁵ Die erwünschten Pläne in CAD-Format sowie als Ausdrucke lagen erst Ende April 2011 vor.

¹⁶ Herrn Wolfgang Weiland (KHM) sei hier besonders für die langjährige Unterstützung gedankt.



Abb. B.87: Eine der Lüftungszentralen im Mittelbau der Neuen Burg

In der genannten Hauptumformerstation befinden sich die Verteiler und Wärmezähler für das Corps de Logis. Ein Teil der Wärme wird in die sog. „Mittelbaustation“ (den zweiten Haupt-Umformerraum, U256 im Keller des Segmentbogens) weitergeführt, wo die Wärmezählung sowie die Vertikalverteilung in die Steigleitungen von Gartentrakt, Segmentbogen und Prunkstiegenhaus erfolgen. Darüber hinaus gibt es mehrere (insgesamt über 10) u. a. von der ÖNB verwaltete größere und kleinere Lüftungs- und Technikzentralen (Abb. B.87) für die Klimatisierung der Lesesäle, des Tiefspeichers und einiger Sonderdepots, die aber großteils nur für die zuständigen Haustechniker zugänglich sind. Die Luftvolumenströme der Lüftungsanlagen sind mir nicht bekannt.

In der Mittelbaustation befindet sich u. a. auch ein 2009 (?) errichteter Heizkreis für die Lufferhitzer zur Nacherwärmung der Lesesäle der ÖNB im Sommerbetrieb. Zur Erzielung einer effektiven und rasch wirksamen Kühlung und fallweisen Entfeuchtung wird die Luft zuerst auf bis zu 4°C gekühlt, was einen hohen Nachheizbedarf erfordert. Dieser Nachheizbedarf im Sommer ist die Ursache dafür, dass inzwischen etwa ein Drittel bis die Hälfte der Heizanlagen auch im Sommer in Betrieb ist, was wiederum dazu geführt hat, dass aufgrund der Leitungsführung des Fernwärmerohres der Luftbrunnen im Corps de Logis sein sommerliches Kühlpotential fast vollständig eingebüßt hat. Mit anderen Worten: Der Wärmebedarf zur Klimatisierung der ÖNB führt im Sommer zu einer signifikanten Beeinträchtigung der Klimasituation der museal genutzten Bereiche des KHM.

Für die Neue Burg existiert kein einheitliches Heizungs-, Klima- und Lüftungskonzept. Die Situation ist ein über Jahrzehnte gewachsener „pragmatischer“ Zustand, der mit offenkundigen Systemschwächen behaftet ist. Es gibt in der Hofburg Bereiche, wo gleichzeitig geheizt und gekühlt wird; dies war z. B. bis November 2010 in der Sicherheitszentrale im 1. OG/U (ZG0127/28; D-Stiege) der Fall. Auch das in Kap. B.2.2.4.4., Abb. B.52 erwähnte Kühlgerät war während der Heizperiode im Betrieb. Nach Einschätzung von Insidern besteht bei der Haustechnik (insbesondere bei der Kühlung) ein Einsparpotential von mehr als 30 %. Die Heizung in den Verwaltungsräumen des Segmentbogens und im Gartentrakt ist charakterisiert durch ein System von doppelten Steigleitungen (Vorlauf und Rücklauf), die überwiegend in den Außenmauern

zwischen jeder zweiten Fensterachse vom Keller bis zum Dachboden geführt werden. Auf dem Dachboden im westlichen Gartentrakt kommen die Steigleitungen (die auch die Ausstellungsräume der SAM versorgen) aus kleinen gemauerten Schächten in der Außenwand, von wo sie zum Druckausgleichsgefäß und Rücklauf geführt werden (Abb. B.88). Bisher konnte nicht verifiziert werden, ob diese kleinen Schächte ursprünglich Bestandteile des Heizungs- bzw. Belüftungskonzepts von Dr. Böhm gewesen sein könnten, bzw. – ähnlich den in Abb. B.72 dokumentierten Schächten – zur Hinterlüftung des Dachbodens gedacht waren. In einem 1908 von Baumann signierten Plan des 1. Stocks des Gartentrakts (HHStA; PAB 5923) sind die Radiatoren allerdings bereits an jenen Stellen eingezeichnet, wo sie sich heute noch befinden (bzw. bis zur Demontage bei der Generalsanierung 1990 befanden).



Abb. B.88: Auf dem Dachboden treten die Steigleitungen aus kleinen Schächten aus der Außenwand. Diese Schächte könnten eventuell Teil des ursprünglich geplanten Lüftungs- bzw. Heizungssystems gewesen sein.

Im Bereich der großen Eingangs-Galerien im Mittelbau vor dem Vortragssaal im Mezzanin bzw. dem Marmorsaal im 1. OG und in den Querpassagen (z. B. „linke und rechte Seitengalerie“ im 1. OG) sowie auch im Stiegenhaus E sind mehrere „Steigstrang-Bündel“ in den Querwänden geführt, die während des Heizbetriebes (je nach Vorlauftemperatur) temperierte Wandflächen mit Oberflächentemperaturen zwischen 24 und 28 °C aufweisen, wodurch sie als Wandflächenheizung wirksam werden und eine milde Strahlungswärme abgeben. Im Verantwortungsbereich der SAM wurden die in diesen Bereichen befindlichen Radiatoren bereits 1990 abmontiert. Die Entscheidung zur Demontage erfolgte aufgrund der Beobachtung, dass diese Räume auch bei abgedrehten Radiatoren niemals die im Sammlungsbe- reich gewünschten 18 °C erreichten sondern stets deutlich darüber lagen (→ Kap. C.4.4.).

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

Der nicht zu unterschätzende Vorteil dieses Wärmeverteilsystems (das sich in vielen zwischen 1890 und 1930 mit einer Schwerkraft-Warmwasser-Zentralheizung geplanten Häusern findet) besteht darin, dass bei stationärem Betrieb die meisten Außenwände ständig mit Wärme versorgt sind und deshalb nie so niedrige Außenhüllflächen-Temperaturen aufweisen wie Gebäude mit einer reinen Warmluftheizung. Da die Heizung ursprünglich für einen intermittierenden Betrieb mit stark reduziertem Wärmeangebot während der Nachtstunden ausgelegt wurde, sind die Steigleitungen im Hinblick auf den heutigen Betrieb mit Fernwärme stellenweise überdimensioniert, was jedoch für eine Grundtemperierung der Bauteile von Vorteil ist. In den Ausstellungsräumen und Büros des Gartentraktes bzw. des Segmentbogens und im Mittelbau lässt sich bei abgedrehten Radiatoren auch bei längeren Kälteperioden eine „Basistemperatur“ von 15-17 °C nur über die Wärmeversorgung über die Steigstränge halten. Vom Beginn der Heizperiode an bis etwa Mitte Dezember (je nach gerade vorherrschender Witterung) sowie ab etwa März schalten sich die auf 18 °C justierten Thermostatventile der SAM normalerweise nicht ein. Somit verfügt der Gartentrakt der Neuen Burg über etwas Ähnliches wie eine Bauteiltemperierung, woraus bei entsprechender „Klimadisziplin“ und Kontrolle des Luftwechsels ein sehr stabiles „Grundklima“ (← Kap. A.5, Abb. A.27) und vergleichsweise niedrige Energieverbräuche resultieren.

Im Gegensatz dazu werden die Ausstellungsräume des Corps de Logis – das allem Anschein nach ursprünglich für eine Warmluftheizung konzipiert und erst später mit einer Warmwasser-Zentralheizung nachgerüstet wurde – mittels großer, an den Schmalseiten der langen Saalfuchten situierter Guss-eisenradiatoren beheizt, die z. T. über die in den vier großen vertikalen Lüftungsschächten verlegten Steigleitungen angespeist werden. Die Sammlungsräume der HJRK im 1. Stock verfügen somit über keine grundtemperierten Wände, weshalb es hier wegen der undichten Fenster und der großen kühlen Strahlungsflächen bei Frost und Nordwestwind auch bei aufgedrehten Radiatoren fallweise zu Temperaturen unter 15 °C kommt.

Im Hochparterre und Mezzanin des Corps de Logis wurde 2004 in den Ausstellungsräumen des MVK anstelle der Radiatorenheizung eine Wandtemperierung installiert (← Abb. A.21). Abb. B.89 zeigt in einer Abwicklung das Verlegeschema der Räume des Hochparterres (Planung: Technisches Büro Jochen Käferhaus). Die an die Bestands-Steigleitungen angebotenen, unter Putz verlegten Kupferrohre umfahren im Vorlauf die Türen und versorgen mit einer Rohrschleife die Fensterlaibungen. Der Rücklauf wird im Sockelbereich geführt. Die Steuerung erfolgt einfach und betriebssicher über Thermostatventile, die über einen Bauteil-Temperaturfühler geregelt werden und sich manipulationssicher hinter einem Revisionstürchen in ca. 3 m Höhe befinden.

Die Verbrauchsdaten können nicht ausgewertet werden, da die Bereiche über keine eigenen Zähler verfügen. Die mit großer Sicherheit erfolgten Einsparungen (→ Kap. C.4.4.) kommen nicht dem KHM/MVK zugute sondern werden auf alle Nutzer aufgeteilt.

Für die Beheizung der Säulenhalle (Aula) des Corps de Logis sind in den Zuluftkanälen im Boden vier Luftheritzer zu je 28 kW (112 kW) installiert, die ihre volle Leistung nur bei aktivierten Ventilatoren entfalten. Aber auch ohne technische Unterstützung führt die Aulaheizung in der Übergangszeit zu einer konservatorisch unerwünschten Überwärmung dieses Bereichs bis zu 24 °C (→ Kap. B.7.3., Abb. B.113). Durch die Situierung der Luftheritzer vor die Zuluftöffnungen zur Aula wird allerdings die natürliche Lüftung durch selbsttätigen Auftrieb im Sommer verhindert.

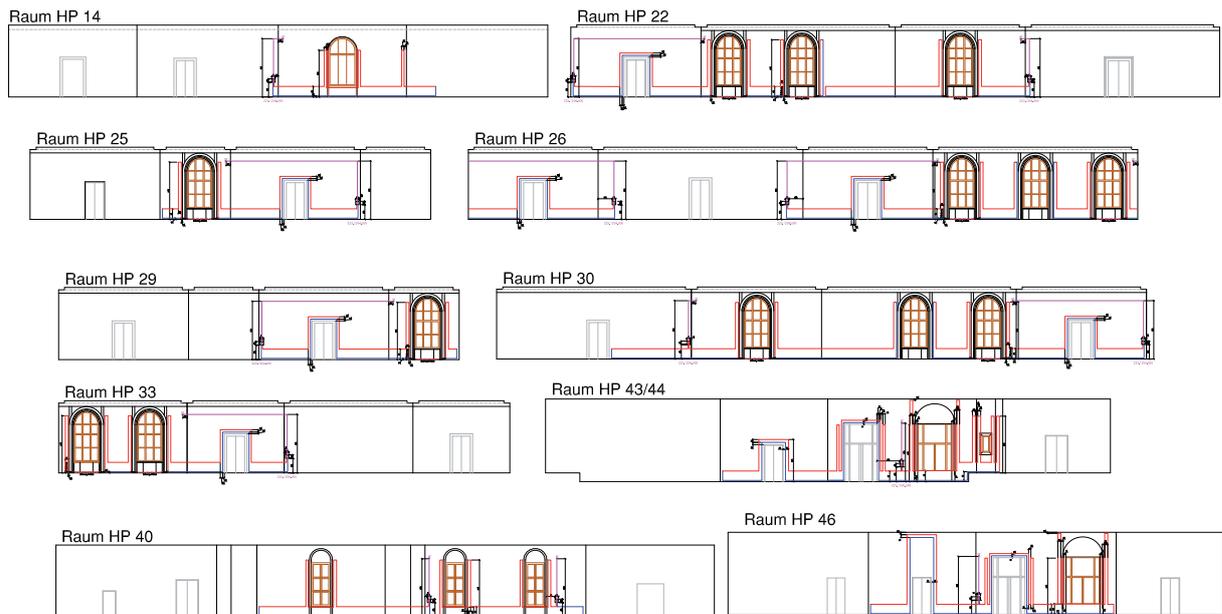


Abb. B.89: Verlegeschema der Wandtemperierung in den Schauräumen des MVK im Hochparterre des Corps de Logis (Planung: TB Jochen Käferhaus)

Die Regelung der Vorlauftemperaturen der Heizanlagen erfolgt über einen Temperatur-Außenfühler. Es war trotz mehrerer Anfragen nicht in Erfahrung zu bringen, ab welcher Außentemperatur die Heizanlage in Betrieb genommen wird. Die tatsächlichen Innenraumtemperaturen werden dabei nicht berücksichtigt: Dies bedeutet, dass im Spätsommer bei kühlen Nächten ab Mitte September mit dem Heizbetrieb begonnen wird, obwohl der ganze Gebäudekomplex aufgrund der hohen Speicherkapazität noch von den sommerlichen Wärmeeinträgen aufgeheizt ist. 2010 war die Heizungsanlage wegen einiger kühler Nächte im Mai bis zum 10. Juni in Betrieb, obwohl es aufgrund der solaren Gewinne in den Räumen bereits seit mehreren Wochen 22 – 26 °C hatte.

3.2. Warmwasser

Die Sanitärräume und Handwaschbecken in der ganzen Neuen Burg werden bis auf wenige Ausnahmen von einer zentralen Warmwasseranlage versorgt, deren Wärmetauscher sich ebenfalls in den diversen Technikräumen im Keller befinden. Aufgrund der langen Leitungswege und stellenweiser Verengung der Rohrleitungen kommt es bereichsweise zu hohen Strömungswiderständen. Dies hat zur Folge, dass man bei manchen Entnahmestellen das Wasser sehr lange laufen lassen muss, ehe Warmwasser zur Verfügung steht. Es müssen deshalb hohe Leitungsverluste angenommen werden. Das relativ dichte Warmwassernetz im Gebäude führt im Sommer ebenfalls zu einem zusätzlichen Wärmeeintrag in den Gebäudekern.

Die Beobachtung, dass sich die Armaturen im Herren-WC nach etwas längerer Pause warm anfühlen erlaubt den Schluss, dass aufgrund des Parallelverlaufs der Wasserstränge die Warmwasserleitungen von den Kaltwasserleitungen der WC-Spülung gekühlt werden.

Da zur Vermeidung von Legionellen-Keimen eine Betriebstemperatur von ≥ 60 °C an der Wurzel gewährleistet sein muss (ÖNORM B 5019), können zusätzlich entsprechend hohe Bereitstellungsverluste angenommen werden.

3.3. Beleuchtung

In den vergangenen Jahrzehnten war ein sehr sorgloser Umgang mit elektrischer Energie zu beobachten. Jede Sanierungsmaßnahme hat zu einem mehr oder weniger starken Anstieg der installierten Leistung geführt. So wurde etwa 1990 im Bereich der SAM für die damals rund 1.600 m² Ausstellungsfläche die projektierte Anschlussleistung für die Sammlungsräume (Raum- und Objektbeleuchtung, Luftbefeuchter, Durchsage- und Sicherheitseinrichtungen und sonstige Installationen) von 10 kW auf 44 kW angehoben und somit mehr als vervierfacht. (Durch gezielte Sparmaßnahmen konnte der tatsächliche Bedarf um mehr als 50 % gesenkt werden.

Den allgemeinen Usancen entsprechend wird in öffentlichen Gebäuden morgens das Licht auf allen regelmäßig begangenen Verkehrsflächen angedreht und am Ende der Betriebszeit wieder abgedreht, unabhängig von Tages- und Jahreszeit, und auch ungeachtet dessen, dass fast alle Räume ursprünglich für eine natürliche Belichtung konzipiert waren (wenn auch auf bescheidenerem Niveau als heute üblich). Lediglich in den zuletzt sanierten WCs im Corps de Logis wird das Licht mittels Bewegungsmeldern gesteuert. Bei der Adaptierung der Beleuchtung im Marmorsaal der SAM sowie im Saal IV der HJRK wurden die vorhandenen Halogenspots auf Quecksilberdampf Lampen getauscht und damit eine beträchtliche Energieersparnis erzielt (→ Kap. C.6.).

In Bereichen, die seltener begangen und aufgrund des Personalabbaus der letzten Jahre kaum mehr regelmäßig kontrolliert werden (wie etwa im Keller), können sich Bedienungsfehler zu großen Verlusten summieren. So wurde etwa Ende 2010 im Stromzählerkreis des 2. Kellers ein plötzlicher Mehrverbrauch von 32.000 kWh festgestellt. Nach längeren Recherchen konnte eruiert werden, dass (vermutlich von einer im Frühsommer im Keller arbeitenden Firma) unbefugt der sonst nur mit Schlüsselschalter zu bedienende Lichtsteuerkasten aufgeschraubt und die 3-Minutenschaltung überbrückt worden war. Somit brannte das Licht im 2. Keller (ca. 90 Leuchtbalken à 58 W) ohne Unterbrechung mehr als acht Monate, ohne dass es jemand aufgefallen wäre.

3.4. Innere Lasten

In den letzten 25 Jahren wurden – nicht zuletzt im Rahmen der als dringend notwendig erachteten Sanierungen der Bundesmuseen – neben der verbesserten Raum- und Objektbeleuchtung in den Schausammlungen, Verkehrsflächen und Büros auch zahlreiche Bürogeräte und Kommunikationseinrichtungen installiert, die zu einem starken Anstieg der inneren Lasten und somit der Raumtemperaturen geführt haben. In den vom KHM und MVK benutzten Bereichen der Neuen Burg wurden rund 40 Arbeitsplätze mit Computern, Druckern und Faxgeräten sowie einigen gemeinschaftlich genutzten Fotokopiergeräten ausgestattet¹⁷. Die seit ca. 2002 ins Computernetzwerk integrierte Telefonanlage erfordert nun Telefonapparate, die (anstatt zuvor mit einer allgemeinen Betriebsspannung von 12 V) nun einzeln mit Transformatoren (230/12 V) ausgestattet sind, die auch außerhalb der Betriebszeiten ständig Abwärme produzieren.

Auch Server und Notstrom-Akkumulatoren geben ihre Abwärme an die Umgebungsräume ab und müssen – aus Gewährleistungsgründen – gekühlt werden. Zur Bereitstellung der Kühlenergie wurden Raumklimageräte installiert (im Batterieraum 1. OG: 1,3 kW; im Serverraum 1. OG/UT (D-Stiege): 3,3 kW), die die Energiebilanz verschlechtern (→ B.3.5.2.).

Eine Auswertung einiger dieser Geräte erfolgt in Kap. C.4.9. und C.6.6.

¹⁷ Die Anzahl der Computerarbeitsplätze im Bereich der ÖNB und die Telefonanlage sind mir nicht bekannt.

3.5. Luftwechsel, Lüftungsanlagen und Klimageräte

In den letzten 15 Jahren wurden in den verschiedenen museal genutzten Teilen der Neuen Burg und des Corps de Logis von unterschiedlichen Planern mehrere Lüftungsanlagen installiert. Dazu liegen weder konservatorisch evaluierte Überlegungen über die von den einzelnen Geräten verursachten Luftvolumenströme, noch allgemeine aktuelle Haustechnikpläne vor, aus denen die tatsächlichen Luftfördermengen bzw. die Regel- und Steueralgorithmen ersichtlich wären¹⁸.

Die unten angeführten Ventilatoren und ihre Förderleistungen wurden mir erst im Laufe mehrerer Jahre bekannt; die genannten Daten stammen aus persönlichen Mitteilungen von Mitarbeitern des Gebäudemanagements, der Technischen Abteilung oder aus von Planern freundlicherweise zugeschickten Planungsunterlagen. Zum Teil widersprechen sich die Angaben der Planungsgrundlagen und der ausgeführten Anlagenpläne¹⁹.

3.5.1. Abluftventilatoren im Corps de Logis und Segmentbogen

Im Corps de Logis sind zurzeit 11 Ventilatoren installiert, die tlw. das ganze Jahr über und ohne übergeordnete Regelung bestimmte Bereiche mit beträchtlichen Luftvolumenströmen entlüften, ohne dass Überlegungen angestellt wurden, woher die Nachströmung (meist unkonditionierter Außenluft) erfolgt.

Bis 2010 wurden die Depots des MVK im 1. Keller durch zwei ständig laufende Ventilatoren mit einem definierten Luftvolumenstrom von 8.590 m³/h entlüftet²⁰, wobei die Nachströmung aus dem 2. Keller erfolgen sollte. (Im Herbst 2010 wurde eine übergeordnete Steuerung mittels Klimaampel beauftragt. Die von der ausführenden Firma RTR (Regeltechnik Riedel) erstellte Anlagenbeschreibung, die im Zuge des im Jänner 2011 erfolgten Einbaus der Steuerung aktualisiert wurde, ist in Kap. C.2.4. angeführt). Die Kältemaschine für das Lederdepot des MVK entnimmt dem Keller bei Bedarf ca. 5.000 - 7.000 m³/h Luft, die in den äußeren Ringkanal ausgeblasen wird.

Die Ventilatoren am oberen Ende der vier großen Hauptabluftschächte A-D im Corps de Logis haben jeder eine Förderleistung von max. 7.000 m³/h. Da die Drehzahlen elektronisch – je nach Anzahl der offenen Zu- bzw. Abluftklappen – nachgeführt werden, kann die jeweils aktuelle Förderleistung nur geschätzt werden. Sie beträgt (nach Auskunft des Gebäudemanagements) im Schnitt 3.000 - 4.000 m³/h.

Die 20 m hohe Säulenhalle (Aula) im Zentrum des Corps de Logis mit einem Volumen von 32.000 m³ wird von zwei Ventilatoren entlüftet, die sich im Dachraum unter der Glaspypamide befinden (Abb. B.90). Diese (ursprünglich gedacht wahlweise sowohl zur Entlüftung der Aula als auch zur Abfuhr des Wärmestaus unter dem Dach im Sommer), entnehmen der Säulenhalle täglich – also auch im Winter - zwischen 8:00 und 18:00 pro Stunde insgesamt 20.000 m³ geheizter und teilw. konditionierter Luft. Diese Ventilatoren durften bisher nicht manuell abgeschaltet werden, da sie auch zur Brandrauchentlüftung dienen und im Untersuchungszeitraum (bis 2010) niemand garantieren konnte, dass sich die deaktivierten Ventilatoren im Brandfall automatisch einschalten. Da die Zuluftöffnungen in den vier Ecken

18 Im 2. Keller sind im Wirkungsbereich der ÖNB zahlreiche Lüftungsgeräte mit z. T. komplexer Kanalführung installiert. Über die dem Luftbrunnen entnommenen Luftmengen liegen keine Angaben vor.

19 In der Planung der Abluftventilatoren des TB Käferhaus zur Entlüftung der Depoträume im 1. KG sind drei Ventilatoren mit einer Gesamtfördermenge von 8.200 ausgewiesen. Ausgeführt wurden (lt. Anlagenplan in der Lüftungszentrale) zwei Ventilatoren mit einer Förderleistung von 8.590 m³/h.

20 entnommen dem Anlagenplan in der Lüftungszentrale. Es existiert kein Haustechnikplan.

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

der Säulenhalle durch die Luftherhitzer blockiert sind, erfolgt die Nachströmung in die auf Unterdruck gebrachte Säulenhalle zwangsläufig vorwiegend über den Haupteingang, aus den Schausälen und aus dem Prunkstiegenhaus sowie über die undichten Gebäudefugen von Außen. Der ständige Unterdruck im Corps de Logis ist u. a. daran ersichtlich, dass – unabhängig von der Windrichtung - über die Tür zwischen Jagdplateau und Saal 1 der HJRK ein beständiger Luftstrom vom Prunkstiegenhaus Richtung Corps de Logis besteht (und niemals umgekehrt).



Abb. B.90: Der Dachraum oder wahlweise die Säulenhalle wird von zwei Ventilatoren mit einer Förderleistung von je 10.000 m³/h entlüftet.

Im Zuluftgang unter dem Fußboden der Säulenhalle des Corps de Logis sind in den Ecken Gebläsekonvektoren mit einer Leistung von 4 x 28 kW installiert. Bei aktivierten Ventilatoren werden 12.000 m³ pro Stunde ins Gebäude gedrückt; die Nachströmung erfolgt unkontrolliert aus dem 2. Keller.

Bei geschlossener Drehtür herrscht im 2. Keller ein beträchtlicher Unterdruck, wobei die Nachströmung, an den Schnittstellen auch deutlich hörbar, aus benachbarten Kellerbereichen sowie über die Liftschächte „von irgendwoher“ oder – wie in Kap. B.2.2.5, Abb. B.59 nachgewiesen - durch Strömungsumkehr über die großen Zuluftschächte aus den darüberliegenden Sammlungsbereichen erfolgt. Einer der Gründe für den Unterdruck im 2. Keller ist auch die Zuluftführung der Klimaanlage für die Sonderdepots des MVK, die bis zu 7.000 m³ aus den inneren Kellergängen entnimmt ²¹ (Abb. B.91).

21 nach Angaben des damaligen, in die Planung involvierten Restaurators Walter Baumgartner



Abb. B.91: Die Klimaanlage für die Sonderdepots des MVK entnimmt dem Keller bis zu 7.000 m³ Luft.

Die nachstehende Tabelle gibt nochmals einen Überblick über die installierten Ventilatoren und ihre Maximalleistung²² (Tab. B.6; es liegen keine Haustechnikpläne vor, genauere Angaben waren auch auf Nachfrage beim Gebäudemanagement nicht erhältlich²³).

Bezeichnung	Förderleistung [m ³ /h]
Abluft C Depots KG1 (lt. Plan Lüftungszentrale)	4.820
Abluft D Depots KG1 (lt. Plan Lüftungszentrale)	3.770
Hauptschacht A (DG) 3.000-7.000	4.000
Hauptschacht B (DG) 3.000-7.000	4.000
Hauptschacht C (DG) 3.000-7.000	4.000
Hauptschacht D (DG) 3.000-7.000	4.000
Klimaanlage Sonderdepots MVK (KG2)	5.100
Abluft Glasdach Süd	10.000
Abluft Glasdach Nord	10.000
Lufferhitzer Säulenhalle 4 x 3.000	12.000
Entlüftung Bildarchiv (keine Angaben)	
Klimaanlage Gemäldedepot MVK	7.000
Zuluft Restaurierwerkstätten MVK 4.200	
Entlüftung Aufenthaltsraum Aufsichtsdienst (k. A.)	
Summe aller bekannten Ventilatoren	61.200
Summe Winterbetrieb 8-18h (bis 2010)	33.690

Tab. B.6: Förderleistung der im Corps de Logis installierten Abluftventilatoren

Die Ventilatoren in den Abluftschächten A-D sind zwar ab Beginn der Heizperiode abgeschaltet (und auch die Gebläse der Lufferhitzer in der Säulenhalle (Aula) werden nur in Einzelfällen aktiviert), doch werden über die restlichen unregulierten Abluftventilatoren derzeit während der Wintermonate zwischen 8 Uhr und 18 Uhr pro Stunde bis zu 30.000 m³ beheizte und z. T. konditionierte Luft ohne Wärmerückgewinnung aus dem Gebäude gefördert, wobei im Winter kalte und trockene Außenluft unkontrolliert nachströmt. Während der Nachstunden sind es mindestens 6.000 m³/h.

²² Angaben (abgesehen von Hauptschächten A-D) von der Technischen Abteilung des KHM vom 20.1.2011

²³ Nach alten Aufzeichnungen (Walter Baumgartner) beträgt der dem Keller entnommene Luftvolumenstrom für Kältemaschine (3000 m³/h) und Sonderdepots (3x700 m³/h) mind. 5.100 m³/h. Der auf Anfrage von der Technischen Abteilung übermittelte Wert von 700 gilt nur für das Lederdepot.

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

Die 2009 nach Sanierung wieder in Betrieb genommenen Restaurierwerkstätten des MVK sind mit einer Lüftungsanlage ausgestattet, die den Arbeitsräumen pro Stunde 4.200 m³ Außenluft zuführt, die im Winter über ein Vorheizregister geführt wird. Die Laufzeiten der von den Nutzern nicht schaltbaren Ventilatoren konnten nicht in Erfahrung gebracht werden. Es gibt keine übergeordnete Steuerung, die bei „Klimaalarm“ die Anlage abschaltet. Ohne Luftbefeuchter sinkt die relative Feuchte in den Restaurierwerkstätten bei tiefen Außentemperaturen auf unter 30 %.

3.5.2. Kleinklimageräte (Gebläsekonvektoren; Fan Coils)

In den letzten 10 Jahren sind aus unterschiedlichsten Erwägungen im Bereich der Neuen Burg und des Corps de Logis zahlreiche Kleinklimageräte, meist Gebläsekonvektoren zum Kühlen von Einzelräumen oder Raumgruppen, installiert worden. Einer der Gründe dafür war die Schaffung von Standorten für Notstromakkumulatoren, Server und Sicherheitsanlagen, die aus Gewährleistungsgründen eine definierte Betriebstemperatur nicht überschreiten dürfen. Dabei stellt die Kühlung eines erwärmten Schaltschrankes mittels technisch gekühlter Raumluft die vermutlich ineffizienteste Form der Kühlung dar. Exemplarisch soll dies anhand des KHM-Servers in der Sicherheitszentrale (D- Stiege, Raum ZG0127) dargestellt werden. Der 14 m² große Raum wird seit 2007 (?) mit einem Gebläsekonvektor (Leistungsaufnahme 3,3 kW) auf 20 °C gekühlt. Der Kühlkompressor ist im Nachbarraum unter der Decke montiert. Die Zu- bzw. Fortluft wird über das Oberlicht der beiden Bestandfenster, deren Flügel herausgenommen wurden, geführt (Abb. B.92).



Abb. B.92: Zur Kühlung des Servers in der Sicherheitszentrale wird ein Gebläsekonvektor eingesetzt

Wie vor allem in den ruhigen Abendstunden deutlich zu hören, schaltet sich der Kompressor auch bei winterlichen Außentemperaturen nahe bzw. unter dem Gefrierpunkt mehrmals pro Stunde ein. Ab ca. Mitte Mai läuft das Gerät beinahe ununterbrochen. Es wäre vermutlich effektiver, den Geräteschrank direkt mittels kühler Außenluft über den Stahlmantel zu kühlen. Im November 2010 wurde zufällig entdeckt, dass der Radiator im Vorraum zum Serverraum aufgedreht war. Bis vor kurzem wurde somit der Serverraum gekühlt und gleichzeitig der atmosphärisch verbundene Nachbarraum beheizt.

Es wäre von Interesse, wie viel Abwärme aller dieser Geräte in unmittelbarer Umgebung der Neuen Burg in die Innenhöfe bzw. in den Keller eingebracht wird und damit wieder zur Erwärmung des Gesamtsystems beiträgt (vgl. ← Abb. B.51 und B.52). Dazu wäre ein gemeinschaftliches Haustechnik-Round-Table-Gespräch aller Nutzer notwendig.

3.6. Zusammenfassung

Wolfgang Kippes hat bereits vor mehr als 10 Jahren die Bedeutung des Luftwechsels und der Luftvolumenströme als Schlüsselparameter für die schadenspräventive Qualität des Innenraumklimas erkannt und in der deutschsprachigen Literatur erstmals grundlegend analysiert: *„Ohne Erfassung der Luftvolumenströme kann das Raumklimaverhalten nicht kausal erklärt werden. [...] Zur Erforschung der Rahmenbedingungen des Raumklimas in historischer Bausubstanz ist die umfangreiche Literatur zu Klimaplanung in Museen und Archiven nicht geeignet, da diese im Allgemeinen von der Aufgabenstellung der Planung einer Klimaanlage in einem neu zu errichtenden Bauwerk – oder des Einbaus in ein bestehendes Objekt – ausgeht.“* (KIPPES 1999: 15). Kippes' fundierte Überlegungen haben bisher kaum Eingang in die haustechnische Praxis der Neuen Burg gefunden. Das Planungsprinzip von *„passive climate control“*, das die bauphysikalische Eigendynamik des Gebäudes ebenso berücksichtigt wie die positiven bzw. unerwünschten Auswirkungen des Nutzerverhaltens auf das Raumklima (KIPPES 1999: 19), ist weitgehend unbekannt. Stattdessen werden bauphysikalische Mängel, überhöhte innere Lasten aber auch subjektive Komfortansprüche einiger Nutzer an die Raumtemperaturen im Winter bzw. im Sommer vorwiegend mit dem Einbau neuer RLT-Anlagen kompensiert.

Abgesehen von den konservatorischen Erfordernissen ist der unbekümmerte Umgang mit Energie bzw. technisch gestützter Lüftung und überhöhten Luftwechselraten auch aus ökonomischen Überlegungen fragwürdig. Nach Einschätzung der IEA (International Energy Agency) ist zu erwarten, *„that ventilation and air movement will become the dominant heat and cooling loss mechanism in buildings of the next century...“* (LIDDAMENT 1997: 4).

4. Meteorologische Rahmenbedingungen

4.1. Das Klima im Großraum Wien

Jedes Gebäude ist eingebettet in sein geografische Umfeld und damit langfristig mit den meteorologischen Gegebenheiten seines Standorts verknüpft (Abb. B.93). Dabei wird das Innenklima eines Bauwerks, in Abhängigkeit von der Dämpfung und Pufferwirkung der Gebäudehülle, vom äußeren Wettergeschehen und seinen Parametern Lufttemperatur, Luftfeuchte, Niederschläge, Wind sowie Globalstrahlung unmittelbar beeinflusst. Die in der Folge verwendeten Klimadaten stützen sich auf das von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG.ac.at) veröffentlichte Datenmaterial (Auswertung der Klimadaten 1971-2000) bzw. auf AUER-BÖHM-MOHNL 1989²⁴. Das Datenmaterial für den Zeitraum 2000-2009 wurde freundlicherweise vom Institut für Architektur und Entwerfen (TU Wien) zur Auswertung zur Verfügung gestellt.



Abb. B.93: Das Klimageschehen der Neuen Burg (rechts) wird maßgeblich von der geografischen Lage und der Klimazone im Großraum Wien (links) beeinflusst.

Die Stadt Wien befindet sich geografisch und meteorologisch an einem charakteristischen Schnittpunkt zwischen den Ausläufern des atlantischen Klimas im Westen und dem kontinentalen Klima im Osten, wobei Westwetterlagen überwiegen. Der Wienerwald bildet durch seine Lage quer zur Hauptwindrichtung eine signifikante Wetterscheide vor dem sich im Osten öffnenden Wiener Becken. Das Maximum der Windrichtungsverteilung ist west- bis nordwestorientiert. Ein sekundäres Maximum erfolgt aus Südost: Aus der pannonischen Tiefebene erreichen die Stadt immer wieder subkontinentale Perioden, die im Winter durch längere Kältephasen und im Sommer durch trockene, heiße Perioden charakterisiert sind.

Der in Wien häufige frische Westwind hat starke Auswirkungen auf das lokale Klima. Er überstreicht den die Stadt in einem Gürtel umschließenden Wienerwald, der mit rund 100.000 Hektar Fläche den wichtigsten Temperatur- und Klimaregulator für das regionale Wettergeschehen darstellt und die sommerliche Erwärmung der Stadt dämpft. Im Vergleich mit anderen Großstädten ist die Wiener Innenstadt mit einer

24 siehe auch: <http://www.stadt-wien.at/index.php?id=wetterwien> (28.12.2010)

mittleren Jahrestemperatur von 11,4°C und mittleren Maxima von rund 22 °C in den Sommermonaten (Mittelwerte 1971-2000; ZAMG, siehe unten Tab. B.7) klimatisch begünstigt. Auch die seit Mitte des 19. Jahrhunderts aktiv betriebene kommunale Grünraumpolitik macht sich positiv bemerkbar. Dennoch spielen anthropogene Modifikationen wie etwa das generelle Phänomen der urbanen Wärmeinselbildung sowie der nachweislich sukzessive Temperaturanstieg im Stadtzentrum eine nicht zu vernachlässigende Rolle.

Im Großraum Wien können die Niederschlagsmengen beträchtlich variieren. Da sich an den Hängen des nördlichen Wienerwaldes öfters feuchte Luftströmungen anstauen und in der Folge abregnen, sind die Niederschlagsmengen im Nordwesten mit bis zu 1000 mm deutlich höher als im Südosten (ca. 700 mm).

4.2. Städtische Wärmeinselbildung

Als „Städtische Wärmeinsel“ (*urban heat island*) bezeichnet man das Phänomen, dass die Durchschnittstemperatur im Zentrum großer Ballungsräume signifikant höher ist als die Temperatur des Umlandes. Der Temperaturunterschied beträgt bei europäischen Großstädten im Schnitt 0,5-0,8 K und kann sich im Winter auf bis zu 1,6 K vergrößern. Bei länger andauernden Hitzeperioden im Sommer hingegen kann nach mehreren hintereinander folgenden windschwachen und bewölkungsfreien Tagen die Temperatur im Kerngebiet um bis zu 10 K über der Temperatur des Umlandes liegen.

Die Wärmeinselbildung ist ein sehr komplexer Vorgang der durch verschiedenste Faktoren wie geografische Lage und Meereshöhe der Stadt, Windverhältnisse, Niederschlagsmenge, Nähe zu Gewässern, weiters Art, Höhe und Dichte der Bebauung sowie Versiegelung bzw. Grad der Begrünung des Stadtgebietes beeinflusst wird, nicht zuletzt auch von der Anzahl der Einwohner und der Bevölkerungsdichte. In den untersten Schichten der Atmosphäre wirken Städte als aktive Wärmequelle, die auf menschliche Aktivitäten (Heizung, Industrie, Verkehr, Klimaanlagen) zurückzuführen ist. Anthropogene Luftverunreinigungen vor allem durch den immer noch ansteigenden KFZ-Verkehr spielen dabei eine maßgebliche Rolle.

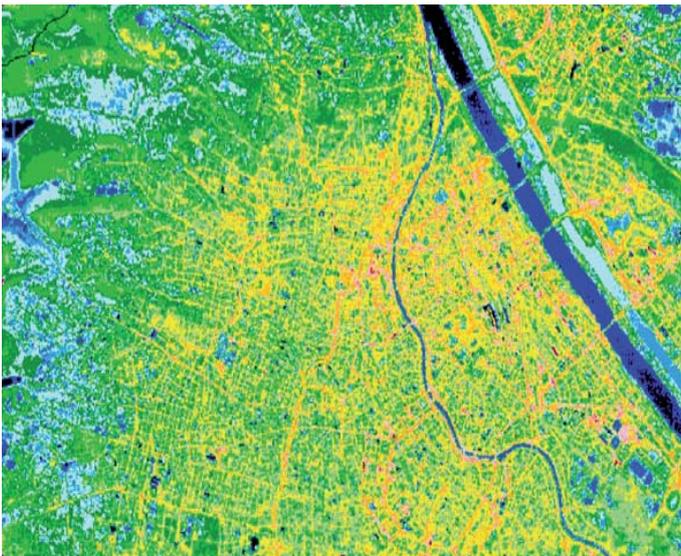


Abb. B.94: Thermografische Aufnahme der Stadt Wien. Im Vergleich zu anderen Millionenstädten ist Wien durch den dichten Grünflächenbestand bevorzugt.

Auch das Windfeld über der Stadt wird direkt und indirekt beeinflusst. Bei schwacher Windströmung führt die höhere Temperatur im Stadtzentrum zu einem Aufsteigen der Luft. Die bewirkt in Bodennähe eine

Nachströmung in Richtung Stadtzentrum, oberhalb der Stadt eine Abströmung in Richtung Umland. In Wien sind die Strömungs- und Mischungsverhältnisse wesentlich durch die Ablenkung am Wienerwald und die Düsenwirkung der „Wiener Pforte“²⁵ geprägt. Darüber hinaus wird die Luftströmung durch die Bebauung der Stadt abgebremst und abgelenkt. Dieser direkte Effekt der Stadt auf das Windfeld ist in verschiedensten Größenordnungen wirksam. Bei Betrachtungen mit einer horizontalen Auflösung von 1 bis 10 km (*Mesoscale*) wirkt die Stadt als ein wärmeres Gebiet mit höherer Durchmischung als das Umland. Erhöht man die Auflösung der Modellbetrachtung auf 100 m bis 1 km (*local scale*), so kommen lokale Unterschiede in der Bebauungshöhe, größere Grünflächen innerhalb der Stadt u.s.w. zum Tragen. Jener Höhenbereich innerhalb der städtischen Grenzschicht, in welchem die Strömung unmittelbar durch einzelne Reibungselemente (Häuser, Bäume,...) beeinflusst wird, wird als bodennahe Rauigkeitsschicht bezeichnet; diese kann von Modellrechnungen und Simulationen nur unzureichend erfasst werden (BAUMANN 2000).

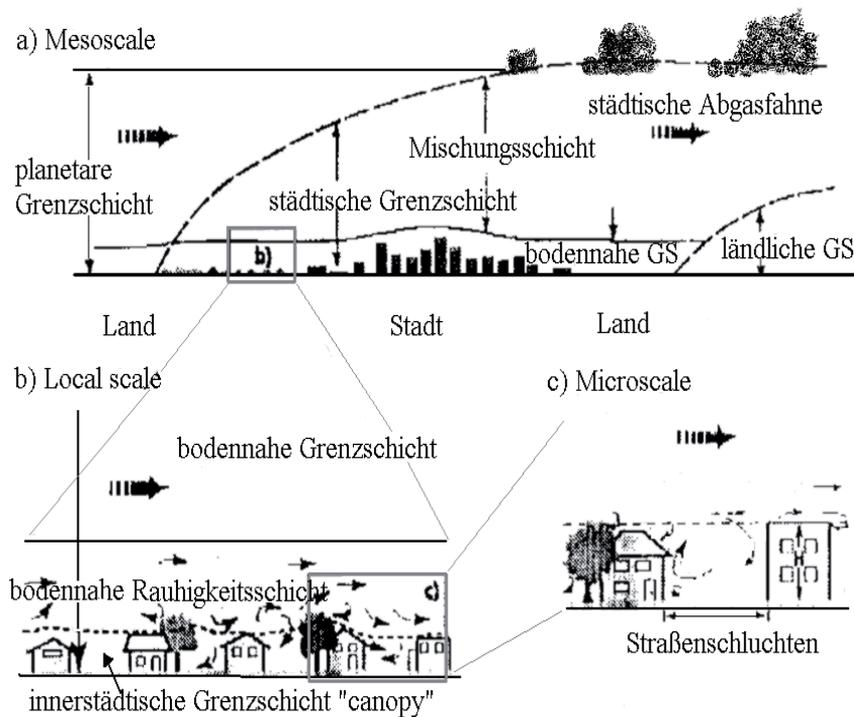


Abb. B.95: Geografische Lage, Bebauung und bodennahe Rauigkeit der Umgebung haben auf das Windfeld und damit auf das klimatische Umfeld eines Gebäudes unmittelbaren Einfluss (BAUMANN 2000 nach OKE 1997)

Die urbane Wärmeinselbildung ist aus der Gegenüberstellung der Temperaturmittelwerte von Wien-Innere Stadt und den Messstationen Hohe Warte und Donaufeld klar ersichtlich (siehe unten Tab. B.9). Dennoch ist – im Vergleich mit anderen Millionenstädten – für die Wiener Innenstadt und damit die Neue Burg aufgrund der vorherrschenden Westströmung über den Wienerwald sowie wegen der auch im Stadtkern reichlich vorhandenen Grünflächen die sommerliche Erwärmung moderat. Ein weiterer Parameter zur Beurteilung der lokalen Erwärmung einer bestimmten Region ist die so genannte Albedo (*albedo* = „Weißheit“; von lateinisch *albus* = weiß). Es ist dies ein in der Physik verwendetes Maß für das Rückstrahlvermögen von diffus reflektierenden Oberflächen und wird bestimmt

²⁵ Wiener Pforte: Durchbruchstal der Donau zwischen Kahlenberg (484 m) und Leopoldsberg (425 m) am rechten Donauufer und Bisamberg (358 m) am linken Ufer in die Ebene des Wiener Beckens.

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

durch den Quotienten aus reflektierter zu einfallender Lichtmenge. In der Meteorologie bezeichnet man damit die Fähigkeit der Erdoberfläche, Sonnenlicht durch Streuung oder Reflexion in den Weltraum zurückzustrahlen. Durch Schneedecken oder ausgedehnte Eisflächen wird die Albedo der betroffenen Gebiete erheblich verstärkt; gleichzeitig verringert sich deren Vermögen, energiereiche Sonnenstrahlung zu absorbieren und in Wärme umwandeln zu können. Daraus folgt im freien Gelände eine vermehrte nächtliche Kaltluftbildung, wie sie vor allem in den Polregionen der Erde auftritt. Die Albedo ermöglicht in der Meteorologie Aussagen darüber, wie stark sich Luft über verschiedenen Oberflächen erwärmt. Im Stadtgebiet ist sie mitunter drastisch vermindert: Die großen dunklen Absorptionsflächen von Straßen und Fassaden der Gebäude und die hohe Speichermasse dicht verbauter Gebiete tragen wesentlich zur Wärmeakkumulation im Stadtgebiet bei.

Die Versiegelung der Oberflächen ist einer der ursächlichen Parameter der Wärmeinselbildung. Durchschnittlich verdunstet auf unbebauten Grünflächen ein Drittel des Jahresniederschlages, in dicht bebautem Gebiet sind es nur mehr 16 Prozent. Mit zunehmender Versiegelung des Bodens nehmen Verdunstung und Versickerung dramatisch ab, womit sich auch die adiabatische Kühlleistung des Bodens verringert. Ein Großteil des Niederschlages muss oberirdisch abgeführt werden, was einen entsprechenden Ausbau von Kanalisation und Kläranlagen erfordert. In der Folge wird die Stadtluft nicht nur wärmer sondern auch trockener und staubiger. Die Zunahme der Staubbelastung spielt nicht nur aus gesundheitlicher sondern auch aus konservatorischer Sicht eine ernst zu nehmende Rolle, da frei platzierte Objekte wie Gemälde, Skulpturen oder Musikinstrumente (Klaviere) stärkerer Verschmutzung bzw. häufigeren Reinigungszyklen ausgesetzt sind.

Tagsüber führt die zusätzliche Erwärmung durch die Stadt zu einer verstärkten konvektiven Durchmischung der bodennahen Luftschicht, wodurch sich diese über der Stadt in größere Höhen erstreckt als über dem Umland. Diese durch die Stadt modifizierte bodennahe Luft, mit höheren Temperaturen, geringerer Luftfeuchte und einer höheren Mischungshöhe wird mit dem mittleren Wind in das Umland im Lee der Stadt getragen und damit der Wärmepolster konvektiv abgeführt. Bei Windstille hingegen bildet sich über der Stadt häufig eine geschlossene Zirkulation, wobei in Bodennähe die Luft zum Stadtzentrum strömt und in der Höhe wieder nach außen divergiert.

Nachts ist der Temperaturunterschied zwischen Stadt und Umland häufig am größten. Im Umland führt der freie Strahlungsaustausch zwischen Boden und Himmel zur Abkühlung der Erdoberfläche und zur Ausbildung einer Bodeninversion, welche die Mischungsschicht auf eine Zone beschränkt, die meist nicht einmal hundert Meter hoch reicht. Innerhalb der Stadt hingegen ist die Temperaturschichtung neutral. Das Kerngebiet der Stadt verhält sich somit wie eine „Tagspeicherheizung“, die die unternachts absorbierte Wärme über Nacht abgibt. Die verringerte nächtliche Abkühlung hat nicht unbeträchtliche Auswirkungen auf volkswirtschaftliche und gesundheitliche Belange. Die damit verbundenen Schlafstörungen der städtischen Bevölkerung führen zu verminderter Konzentration im Arbeitsprozess, erhöhter Unfallgefahr und häufigen Krankenständen. Auch konservatorisch-klimatisch ist die Problematik relevant, als Klimamanagement mittels Nachtlüftung nur dann zielführend ist, wenn die Temperaturspreizung während der Nachstunden ausreichend hoch ist.

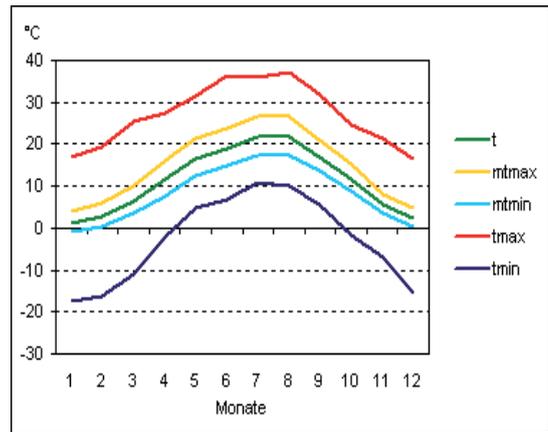
4.3. Meteorologische Klimadaten von Wien

Bei der Ermittlung des Außenklimas zur Berechnung des Heizwärme- und Kühlbedarfs eines Gebäudes wird Österreich nach ÖNorm B 8110-5 in sieben Klimazonen unterteilt. Für jede Klimazone gibt es eine höhenabhängige Modellierung zur Bestimmung der Monatsmittelwerte der Außenlufttemperatur und der Globalstrahlung auf eine horizontale Fläche. Mit Hilfe von Faktoren kann die Horizontalstrahlung auf jede beliebig geneigte Fläche umgerechnet werden. Die der Berechnung des Heizwärme- und Kühlbedarfs in der Norm zugrunde gelegten Monatsmittelwerte stimmen nicht zwangsläufig mit den genauen meteorologischen Mittelwerten überein; sie sind meist so modifiziert, dass man bei der Planung der Auslegung einer Heiz- oder Kühlanlage „auf der sicheren Seite“ liegt (RICCABONA/BEDNAR 2008: 58). Die Stadt Wien (geogr. Breite: 48°13'; geogr. Länge: 16°23'; Seehöhe 170 m) befindet sich am süd-östlichen Rand der Klimazone „Nord“. Das lokale Klima im Kerngebiet der Wiener Innenstadt und der Bezirke innerhalb des Gürtels (II – X) weicht vom regionalen Klima im Umland von Wien nicht unwesentlich ab, was auf die bereits erwähnte Wärmeinselbildung zurückzuführen ist. Es wird deshalb auch von der ÖNorm gesondert erfasst.

4.3.1. Lufttemperatur

Tab. B.7 zeigt die Monatsmittelwerte der Lufttemperatur (1971-2000) sowie die Mittelwerte der Tages-Maxima bzw. -Minima von Wien Innere Stadt.

	t	mtmax	mtmin	tmax	tmin	ht	gradt
Jan	1,2	3,8	-0,8	16,8	-17,6	30,8	573
Feb	2,9	6,1	0,3	19,5	-16,4	27,3	468
Mar	6,4	10,2	3,5	25,4	-10,8	27,2	384
Apr	11,5	16,1	7,8	27,4	-2,1	14,6	167
Mai	16,5	21,3	12,5	31,5	4,9	2,6	25
Jun	19,1	24,0	15,1	36,5	6,8	0,3	3
Jul	21,7	26,7	17,4	36,1	10,9	0	0
Aug	21,6	26,6	17,5	37,0	10,1	0	0
Sep	16,8	21,1	13,6	31,8	5,6	1,1	10
Okt	11,6	15,3	8,8	24,8	-1,8	14,4	165
Nov	5,5	8,1	3,6	21,3	-7,0	28,3	413
Dez	2,4	4,6	0,5	16,4	-15,4	30,6	538
Jahr	11,4	15,3	8,3	37,0	-17,6	177,2	2744



	Einheit	Element	Definition
t	°C	Tagesmittel	(7 Uhr Mittel + 19 Uhr Mittel + mittl. Maximum + mittl. Minimum) / 4
mtmax	°C	Mittel aller tägl. Maxima	Summe tägl. Maxima / Anzahl der Tage
mtmin	°C	Mittel aller tägl. Minima	Summe tägl. Minima / Anzahl der Tage
max	°C	Absolutes Maximum	größtes Tagesmaximum
tmin	°C	Absolutes Minimum	kleinstes Tagesminimum
ht	Tag	Anzahl der Heiztage 20/12	Summe der Tage mit Temperaturtagesmittel < 12,0 °C
gradt	°C	Gradtagszahl 20/12	Kenngroße für Heizenergiebedarf

Tab. B.7: Monatsmittelwerte der Lufttemperatur sowie die Mittelwerte der Tages-Maxima bzw. -Minima, die Heiztage und Heizgradtage von Wien - Innere Stadt (ZAMG 1971-2000)

Für die Auslegung und automatische Regelung von Heizungsanlagen sind die sog. Heiztage bzw. die sog. Heizgradtage von Bedeutung: Heiztage 20/12 sind Tage an denen das Tagesmittel unter 12,0 °C liegt. Die Gradtagszahl 20/12 ist die Summe der Differenzen, die zwischen der als Grenzwert mit 20 °C festgelegten mittleren Raumtemperatur und den Tagesmittelwerten unter 12 °C über alle Heiztage eines Monats gerechnet, bestehen.

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

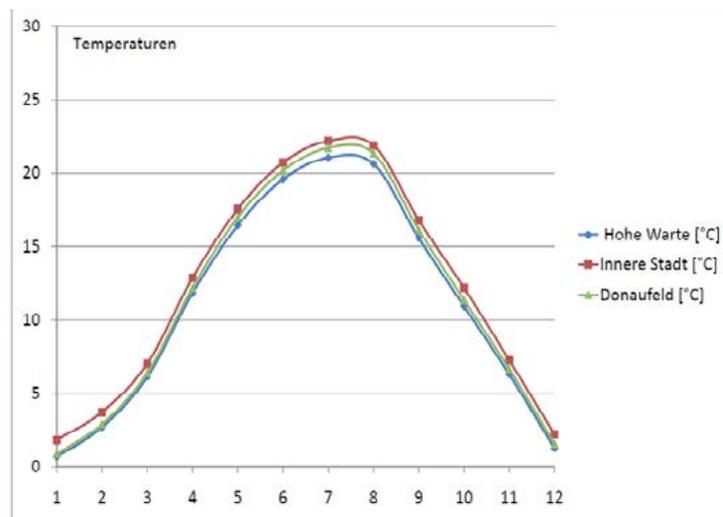
Genauere statistische Werte für Extremtemperaturen im Winter bzw. Sommer sind für den Zeitraum 1951-1980 angeführt (Tab. B.8). Die oben angeführten jüngeren Klimadaten (1971-2000) zeigen im Vergleich zu den älteren Mittelwerten für den kältesten Monat Jänner um 1 K höhere Temperaturen; im heißesten Monat Juli liegen sie um fast 3 K darüber (AUER-BÖHM-MOHNH 1989: 14). Das Jahresmittel hat sich von 9,9 auf 11,4 °C erhöht.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Mittelwert	-0,9	1,1	5,0	10,0	14,3	17,8	19,5	19,1	15,5	10,2	5,0	1,1	9,9
mittl. Tagesmax.	1,5	4,1	9,1	14,8	19,2	22,5	24,4	24,0	20,0	14,1	7,6	3,4	
mittl. Tagesmin.	-3,2	-1,7	1,3	5,5	2,5	13,2	14,8	14,5	11,5	6,8	2,6	-1,1	
mittl. Maximum	9,7	12,0	19,4	23,3	26,8	29,7	31,3	31,2	27,4	21,2	15,5	11,2	
mittl. Minimum	-10,1	-8,2	-5,0	-0,2	3,6	7,8	10,1	10,0	6,1	1,1	-3,1	-7,7	
abs. Maximum	16,6	18,0	25,2	28,1	32,2	34,1	37,3	38,2	32,2	25,8	22,0	16,3	
abs. Minimum	-18,2	-22,7	-14,1	-3,3	0,3	3,5	7,3	7,7	2,0	-2,2	-8,6	-16,0	

Tab. B.8: Monatsmittelwerte und Maxima/Minima der Temperatur (°C) in Wien-Innere Stadt (Rathauspark 1951-1980; AUER-BÖHM-MOHNH 1989)

Im folgenden Diagramm sind die Monatsmittelwerte der Lufttemperaturen von Wien-Hohe Warte im Westen, Wien-Innere Stadt und Donauefeld im Süden aus den Jahren 2000 bis 2009 aufgeführt. Das Temperaturgefälle zwischen Stadtzentrum und Stadtrand (urbane Wärmeinselbildung) ist daraus klar ersichtlich.

	Hohe Warte	Innere Stadt	Donauefeld
Monat	Mitteltemperatur [°C]		
1	0,7	1,8	0,9
2	2,7	3,7	2,9
3	6,1	7,0	6,4
4	11,8	11,7	12,2
5	16,4	17,5	17,0
6	19,6	20,7	20,2
7	21,1	22,2	21,7
8	20,6	21,9	21,3
9	15,6	16,8	16,1
10	10,9	12,2	11,4
11	6,3	7,3	6,6
12	1,3	2,2	1,6



Tab. B.9: Monatsmittelwerte der Lufttemperaturen (2000-2009) von Wien-Hohe Warte, Wien-Innere Stadt und Donauefeld (Daten: K. Kreč, Graphik: A. Huber)

Vergleicht man die Mittelwerte der letzten 10 Jahre mit den Mittelwerten 1971-2000 der ZAMG (← Tab. B.7; → Tab. B.16), so ist in diesem Zeitraum eine weitere Verschärfung des Problems der städtischen Wärmeinselbildung festzustellen: Das Monatsmittel im heißesten Monat Juli hat sich von 21,7 auf 22,18 °C erhöht, das August-Mittel von 21,6 auf 21,9 °C. Diese Daten werden deshalb angeführt, um das signifikante Ansteigen der Temperaturen im Stadtgebiet innerhalb von nur 30 Jahren vor Augen zu führen und damit den Handlungsbedarf zu unterstreichen, alle Maßnahmen auszuschöpfen, die einerseits die städtische Wärmeinselbildung dämpfen, andererseits die Sommertauglichkeit der Neuen Burg verbessern, da sich das Phänomen in den nächsten Jahrzehnten wohl noch verstärken wird.

4. Meteorologische Rahmenbedingungen

Das von der ZAMG verwendete Klimamodell (HadCM3) geht von einem Anstieg der Sommertemperaturen von +6 °C bis 2100 aus (AUER-BÖHM 2010: 101f).

Für die Stabilität des Innenraumklimas von Interesse ist auch die Dauer von Frost- bzw. Hitzeperioden (Tab. B.10) (AUER-BÖHM-MOHNL 1989: 44).

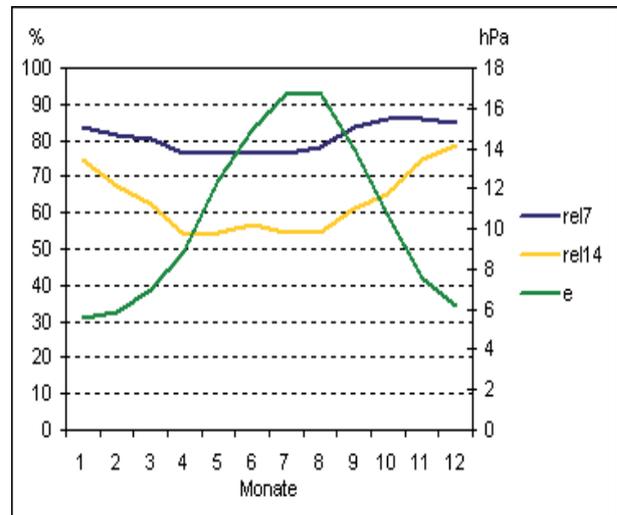
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Frosttage (Tmin <0 °C)	23,5	16,4	11,2	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	7,6	18,2	77,7
strenge Frosttage (Tmin <-10°)	2,3	1,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	5,0
Eistage (Tmax <0°C)	10,8	5,5	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	7,2	25,7
Stunden <0 °C	398	256	126	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2	78	281	1147
Stunden <-10 °C	19,6	17,2	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	45,4
Sommertage Tmax ≥25 °C	0,0	0,0	0,0	0,9	3,7	9,3	14,7	12,8	4,0	0,1	0,0	0,0	45,5
heiße Tage Tmax ≥30 °C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,8	3,2	2,7	0,3	0,0	0,0	0,0	7,1
heiße Nächte (T24 ^h ≥20 °C)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	3,0	6,9	5,9	0,9	0,0	0,0	0,0	17,1
Stunden ≥30 °C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	2,8	11,9	9,9	0,5	0,0	0,0	0,0	25,6

Tab. B.10: Kritische Werte der Temperatur (°C) in Wien-Innere Stadt (Rathauspark 1951-1980)

4.3.2. Luftfeuchte

Der Wassergehalt der Luft ist durch die Kenngrößen relative Feuchte, absolute Feuchte und den daraus sowie aus einer gegebenen Temperatur resultierenden Dampfdruck bestimmt.

	e	rel7	rel14
Jan	5,6	83,8	75,0
Feb	5,9	81,6	67,6
Mar	7,0	80,5	62,1
Apr	8,9	76,4	53,9
Mai	12,4	76,4	54,3
Jun	15,0	76,4	56,9
Jul	16,7	76,4	54,4
Aug	16,8	77,9	54,4
Sep	14,0	83,5	61,0
Okt	10,7	86,1	64,9
Nov	7,6	86,2	74,9
Dez	6,2	84,8	78,4
Jahr	10,6	80,8	63,2



Einheit	Element	Definition	
e	hPa	Dampfdruckmittel	Mittel aller 7, 14, 19 Uhr Termine
rel7	%	7 Uhr Mittel	Mittel der relativen Luftfeuchtigkeit aller 7 Uhr Termine
rel14	%	14 Uhr Mittel	Mittel der relativen Luftfeuchtigkeit aller 14 Uhr Termine

Tab. B.11: Monatsmittelwerte und Maxima/Minima der relativen Feuchte (%) in Wien-Innere Stadt (ZAMG 1971-2000)

Detailliertere statistische Daten (1951-1980) sind vom Messstandort Wien-Hohe Warte erhältlich (AUER-BÖHM-MOHNL 1989: 67).

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

rel. Feuchte [%]	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Mittelwert	79,6	75,9	69,6	64,0	66,5	68,2	66,7	69,1	72,9	78,4	80,6	80,9	72,7
mittl. Tagesmax.	89,5	87,9	85,5	82,2	86,2	86,8	85,6	87,5	89,9	92,1	90,8	90,4	
mittl. Tagesmin.	68,5	62,2	52,7	45,2	47,1	50,0	48,1	49,5	53,5	48,1	49,5	53,5	
mittl. Maximum	98,6	97,9	97,5	96,5	96,3	96,4	95,6	96,0	97,4	98,8	98,9	99,0	
mittl. Minimum	41,3	37,4	27,7	23,4	28,0	31,0	29,8	32,7	34,4	39,5	39,6	42,3	
abs. Maximum	100,0	100,0	100,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	100,0	100,0	100,0	
abs. Minimum	29,0	18,0	10,0	11,0	20,0	22,0	17,0	22,0	24,0	29,0	24,0	24,0	

Tab. B.12: Monatsmittelwerte und Maxima/Minima der relativen Feuchte (%) in Wien-Hohe Warte

absol. Feuchte [g/m ³]	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Mittelwert	3,8	4,1	4,8	6,0	8,1	10,3	11,0	11,1	9,5	7,4	5,5	4,4	7,2
mittl. Tagesmax.	4,3	4,7	5,5	7,0	9,4	11,9	12,6	12,6	10,8	8,6	6,2	4,9	
mittl. Tagesmin.	3,3	3,5	4,0	5,0	7,0	8,9	9,6	9,7	8,3	6,4	4,9	3,8	
mittl. Maximum	6,5	7,0	8,4	10,2	13,2	16,0	16,6	16,9	14,6	12,0	8,9	7,5	
mittl. Minimum	1,8	2,0	2,1	2,7	4,0	5,6	6,7	6,7	5,2	4,0	2,7	2,1	
abs. Maximum	7,9	8,6	9,9	11,8	15,5	18,7	18,9	19,8	17,8	15,3	11,5	9,4	
abs. Minimum	0,9	0,6	0,9	1,2	2,2	3,8	5,3	4,9	3,7	2,1	1,3	1,2	

Tab. B.13: Monatsmittelwerte und Maxima/Minima der absoluten Feuchte (g/m³) in Wien-Hohe Warte

Dampfdruck [hPa]	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Mittelwert	4,7	5,2	6,1	7,8	10,8	13,9	14,9	15,0	12,7	9,7	7,1	5,5	9,5
mittl. Tagesmax.	5,4	6,0	7,2	9,2	12,6	16,0	17,1	17,1	14,5	11,1	8,1	6,3	
mittl. Tagesmin.	4,1	4,5	5,2	6,6	9,2	12,0	12,9	13,0	11,0	8,4	6,2	4,8	
mittl. Maximum	8,4	9,1	11,1	13,5	17,9	21,9	22,8	23,4	20,0	16,1	11,7	9,7	
mittl. Minimum	2,2	2,4	2,7	3,5	5,3	7,4	9,1	9,0	6,8	5,1	3,5	2,6	
abs. Maximum	10,3	11,3	13,1	15,9	21,3	26,2	26,0	27,6	24,6	20,7	15,3	12,3	
abs. Minimum	1,1	0,7	1,2	1,5	2,9	5,0	7,3	6,7	4,9	2,8	1,7	1,4	

Tab. B.14: Monatsmittelwerte des Dampfdrucks (hPa) in Wien-Hohe Warte

Das Stadtzentrum liegt mit einer Niederschlagsmenge von 575-600 mm im Jahr im unteren Drittel der im Großraum Wien gemessenen Niederschläge.

4.3.3. Strahlungseintrag

Der Strahlungseintrag durch die Sonne bzw. aus dem Weltraum stellt einen wichtigen meteorologischen Einfluss vor allem in Hinblick auf die Sommertauglichkeit bzw. auf solare Gewinne im Winter dar. Die Globalstrahlung setzt sich etwa gleichanteilig zusammen aus dem kurzwelligem Strahlungseintrag der diffusen Himmelsstrahlung und der direkten Sonnenstrahlung. Die für das Stadtgebiet ermittelten Trübungsfaktoren nach Reitz und Linke berücksichtigen die durchschnittliche Strahlungsminderung durch Bewölkung, Luftschadstoffe, etc. (Tab. B.15). Durch die Wirtschafts- und Verkehrsentwicklung in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts und die (bei annähernd gleichbleibenden Bewölkungsverhältnissen) zunehmende Feinstaub- und „Dunstglockenbildung“ hat die Anzahl der jährlichen Sonnenscheinstunden seit der Jahrhundertmitte von im Mittel 1950 Stunden auf etwa 1700 Stunden reduziert. Obwohl also das Stadtgebiet weniger Strahlungseintrag erhält, ist die Dunstglocke an der urbanen Wärmeinselbildung maßgeblich beteiligt.

Monat	TagNr.	Linke	Reitz	Global [kWh/m ²]	Diffus [kWh/m ²]
Jänner	15,5	9,011	0,234	42,558	42,558
Februar	45,0	10,086	0,267	66,689	66,689
März	74,5	10,700	0,283	116,381	116,381
April	105,0	12,102	0,313	167,443	167,260
Mai	135,5	12,006	0,316	209,445	206,950
Juni	166,0	11,617	0,313	217,876	211,823
Juli	196,5	10,661	0,301	208,911	202,508
August	227,5	9,916	0,290	171,744	169,801
September	258,0	10,111	0,284	128,093	128,093
Oktober	288,5	8,685	0,215	71,789	71,789
November	319,0	8,986	0,195	40,845	40,845
Dezember	349,5	8,117	0,183	28,975	28,975

Tab. B.15: Trübungsfaktoren (nach Linke und Reitz) sowie Globalstrahlung und Diffusstrahlung für das Stadtgebiet von Wien (Daten: Klaus Kreč)

4.4. Meteorologischer Klimarahmen

Bei den oben angeführten Klimadaten sind nicht nur die statistischen Mittelwerte von Interesse sondern auch die Extremwerte (Maxima bzw. Minima). Sie erlauben Voraussagen über „worst-case“-Szenarien; sie sind sozusagen die „Hochwassermarken“, an denen ein Klimakzept zu messen ist. So muss etwa berücksichtigt werden, dass bei tiefem Frost bis in den März Absolutfeuchtwerte unter 1 g/m³ auftreten können, was etwa im Klimaalarmplan oder in der Kalkulation des Nachbefeuchtungsbedarfs Berücksichtigung finden muss. Dennoch kann bei der Festlegung der allgemeinen Rahmenbedingungen für das Klimakzept von den langjährigen Mittelwerten ausgegangen werden.

Aus den Monatsmittelwerten der Lufttemperatur und der relativen Feuchte lässt sich ein Diagramm über die durchschnittliche klimatische Entwicklung im Jahreslauf erstellen, in dem die relative Feuchte als Funktion der Temperatur und der absoluten Feuchte abgebildet ist (Abb. B.96). Diese aus dem h_x -Diagramm abgeleitete und von Tim Padfield eingeführte Darstellungsweise lenkt den Blick auch auf den Dampfdruck, dessen Gefälle zwischen Innen- und Außenklima einen entscheidenden Parameter hinsichtlich der Konstanz des Raumklimas vor allem im Winter darstellt²⁶. Da die absolute Feuchte sich direkt proportional zum Dampfdruck verhält, kann dieser parallel dazu auf der Sekundärachse dargestellt werden. Es muss allerdings betont werden, dass diese Beziehung nur bei einer bestimmten Temperatur gegeben ist, oder anders ausgedrückt: Die Proportionalität von Dampfdruck und absoluter Feuchte gilt nur für Sättigung (= 100 %rF). Und gerade im Winter herrschen innerhalb und außerhalb eines beheizten Gebäudes normalerweise beträchtliche Temperaturunterschiede. Dennoch soll diese Unschärfe im Hinblick auf die gute Brauchbarkeit der Darstellung hier toleriert werden.

26 http://www.conservaionphysics.org/atmcalc/vp_diag.pdf (07.01.2011)

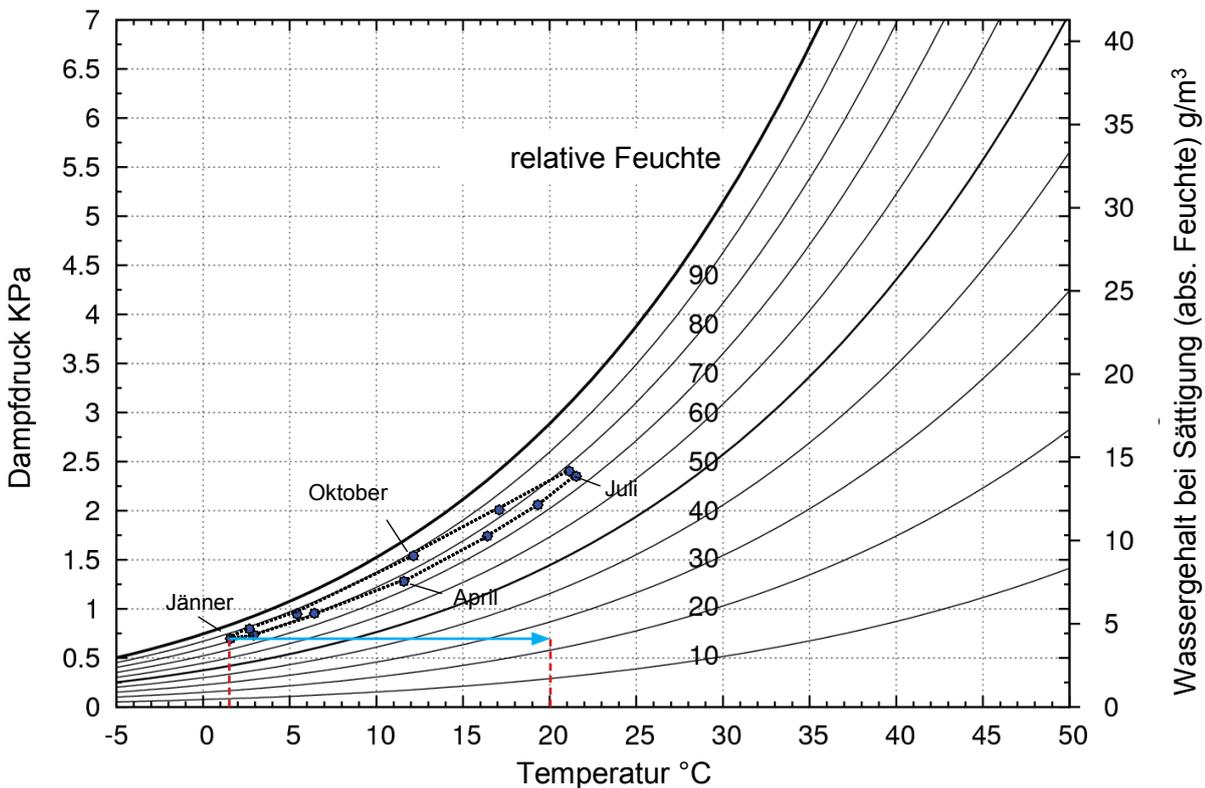


Abb. B.96: Relative Feuchte als Funktion von Temperatur und absoluter Feuchte bzw. Dampfdruck
 Eingetragen sind die Monatsmittelwerte von Wien-Innere Stadt
 (Diagramm: T. Padfield; Daten: ZAMG)

Trägt man in dieses Diagramm die aktuellen Monatsmittelwerte von Temperatur und relativer Feuchte von Wien-Innere Stadt ein (← Tab. B.7 und Tab. B.11), so erhält man die durchschnittlichen meteorologisch-klimatischen Rahmenbedingungen, in die das konservatorische Klimakonzept der Neuen Burg eingebettet werden muss (→ Kap. C.1.). Generell gilt dabei der Grundsatz: Je geringer das Gefälle zwischen Innen- und Außenklima, desto konstanter der Klimaverlauf im Gebäudeinneren. Dabei spielt der Dampfdruck als Movers für Ausgleichsvorgänge eine entscheidende Rolle. Im Diagramm ist eingezeichnet, was passiert, wenn an einem mittleren Jännertag Außenluft mit einer Temperatur von 1,2 °C und einem Wasserdampfgehalt von 4,42 g pro m³ und somit einer mittleren relativen Feuchte von 84 % in das Gebäude eingebracht und erwärmt wird. Erhöht man die Lufttemperatur auf 20 °C, sinkt die relative Feuchte auf rund 25 % ab, was weit unterhalb der konservatorisch zuträglichen Untergrenze von 45 % rF für Objekte aus gemischten Materialgruppen liegt (→ Kap. B.5). Um diese nicht zu unterschreiten, müsste die absolute Feuchte auf 7,8 g/m³ angehoben werden (z. B. durch Luftbefeuchter). Durch Absenken der Raumtemperatur kann jedoch der Nachbefeuchtungsbedarf beträchtlich verringert werden (bei 16 °C muss die Luft nur 6 g/m³ Wasserdampf enthalten, d. h., es muss nur mehr 1,6 g/m³ nachbefeuchtet werden, um eine relative Feuchte von 45 % nicht zu unterschreiten). Gleichzeitig verringert sich das Dampfdruckgefälle nach draußen, was wiederum die Stabilität des Innenraumklimas erhöht.

Aus den in Tabelle B.16 zusammengefassten Monats-Mittelwerten der Außentemperatur sowie der absoluten Feuchte ist ersichtlich, dass bei kontrolliertem Luftwechsel in den Sammlungsräumen theoretisch keine künstliche Befeuchtung nötig wäre, solange die Raumtemperatur der Absolutfeuchte gleitend nachgeführt würde, was im Winter Raumtemperaturen zwischen 10 und 12 °C erforderlich machen würde. Doch zumindest zwischen April und Oktober sollte bei adäquatem Sonnenschutz und moderaten

inneren Lasten auf Luftbefeuchtung weitgehend verzichtet werden können, da die Werte der absoluten Feuchte über 6 g/m³ liegen und damit innerhalb des konservatorischen Sollwert-Feldes. Die kritische Grenze von 45 % rF wird bei einer Raumtemperatur von ca. 12 °C unterschritten. Bei Raumtemperaturen im Sommer um die 26 °C treten relative Feuchtwerte von rund 60 % auf.

	Te	phi_e	ps_e	p_e	u_e		Ti	phi_i	ps	p_i	u_i	n
	°C	%	Pa	Pa	g/m ³		°C	%	Pa	Pa	g/m ³	1/h
Jan	1,2	84	666,35	559,74	4,42	Jan	20,0	25,5	2342	598	4,42	0,15
Feb	2,9	82	752,71	617,22	4,84	Feb	21,0	26,4	2491	658	4,84	0,22
Mrz	6,4	81	962,12	779,32	6,03	Mrz	22,0	31,1	2648	823	6,03	0,37
Apr	11,5	76	1358,71	1032,62	7,85	Apr	23,0	38,2	2814	1074	7,85	0,58
Mai	16,5	76	1880,02	1428,81	10,68	Mai	24,0	49,0	2989	1466	10,68	0,78
Jun	19,1	76	2214,63	1683,12	12,47	Jun	25,0	54,1	3173	1717	12,47	0,89
Jul	21,7	76	2600,12	1976,09	14,51	Jul	26,0	59,6	3367	2005	14,51	1,00
Aug	21,6	78	2584,28	2015,74	14,80	Aug	26,0	60,8	3367	2046	14,80	1,00
Sep	16,8	84	1916,22	1609,63	12,02	Sep	24,0	55,2	2989	1650	12,02	0,80
Okt	11,6	86	1367,74	1176,25	8,94	Okt	20,5	50,2	2415	1213	8,94	0,58
Nov	5,5	85	903,89	768,30	5,97	Nov	15,0	46,5	1708	794	5,97	0,33
Dez	2,4	81	726,34	588,34	4,62	Dez	11,4	45,0	1359	608	4,62	0,20

Tab. B.16: Durch kontrollierte Lüftung („strategisches Lüften“) und gezieltes Nachführen der Raumtemperaturen („konservatorisches Heizen“) könnte man theoretisch ohne künstliche Befeuchtung das Raumklima innerhalb des konservatorischen Sollwert-Feldes halten.

In der Tabelle sind den Monatsmittelwerten des Klimas in Wien-Innere Stadt (linke Hälfte) zwei Optionen der Klimatisierung gegenübergestellt: In der rechten Hälfte sind während der Heizperiode (Jänner – April) mit den üblichen Raumtemperaturen (20-23 °C) die Werte der relativen Feuchte abgebildet, die sich bei einem Außenluftwechsel [n = 1/h] ohne Nachbefeuchtung einstellen würden (ca. 25 - 38 %rF). In der zweiten Jahreshälfte (Oktober – Dezember) ist die Option des „konservatorischen Heizens“ dargestellt, wobei die Raumtemperaturen gleitend den Außentemperaturen so nachgeführt werden, dass die kritische Grenze von 45 %rF nicht unterschritten wird²⁷. Diese Strategie wird beispielsweise soweit möglich auf Schloss Ambras umgesetzt.

Nach dem Planungsprinzip der „passiv climate control“ (CHRISTOFFERSEN 1995: 45) würden die außerhalb der Mittelwerte liegenden Realwerte bei dichter Gebäudehülle, kontrolliertem Luftwechsel, entsprechend großer Speichermasse und ausreichender hygrischer Pufferkapazität der Raumhülle und Ausstattung weitgehend vom Gebäude selbst, ohne technisch gestützte Klimatisierung, selbsttätig ausgeglichen werden²⁸.

Der heiße „Jahrhundertsommer“ 2003 stellt in der Klimastatistik so etwas wie einen „worst case“ dar; er kann aber auch für Prognosen zur zukünftigen Klimaentwicklung im Stadtgebiet von Wien

27 Die Klimadaten wurden mit dem während der Übung „Bauphysikalisches Praktikum“ zur Verfügung gestellten „Feuchtebilanz“-Lehrprogramm errechnet.

28 Voraussetzung für das Funktionieren der selbsttätig wirksamen Pufferwirkung von Wandflächen und hygroskopischen Ausstattungsmaterialien ist eine Luftwechselrate von $n \leq 1$ im Sommer und $n \leq 0,1$ im Winter (vgl. im webbook on conservation physics von Tim Padfield: <http://www.natmus.dk/cons/tp/wallbuff/wallbuff.htm>; 02.06.2011)

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

herangezogen werden, da eine Verringerung des Problems der urbanen Wärmeinselbildung in näherer Zukunft nicht erwartet werden kann. Deshalb wurden die Stundenmittelwerte der Außentemperaturen der beiden Sommermonate Juli-August 2003 hinsichtlich ihres Potentials zum „strategischen Lüften“ ausgewertet und untersucht, wie viele Stunden die Außentemperaturen unter 15-26 °C lagen²⁹. Der Grenzwert 26 °C wurde unter der Annahme gewählt, dass keine Außenluft ins Gebäude gelangt, die über dem konservatorisch intendierten oberen Grenzwert liegt. Zieht man für den Luftbrunnen (aufgrund der noch tiefer liegenden Erdkörpertemperatur) ein zusätzliches Kühlpotential in Betracht, dann wird in die Museumsräume nur Frischluft eingebracht, deren Temperatur mindestens 1-3 K unter dem oberen Sollwert liegt. Bei niedriger Absolutfeuchte aufgrund trockener pannonischer Südostströmung kann durch Aktivieren der Sprühbefeuchtung zusätzlich ein adiabatischer Kühleffekt erwartet werden. Die Auswertung zeigt, dass von den 1.464 Stunden des untersuchten Zeitraums insgesamt 1.052 Stunden (72 %) zum strategischen Luftwechsel geeignet gewesen wären (Abb. B.97).

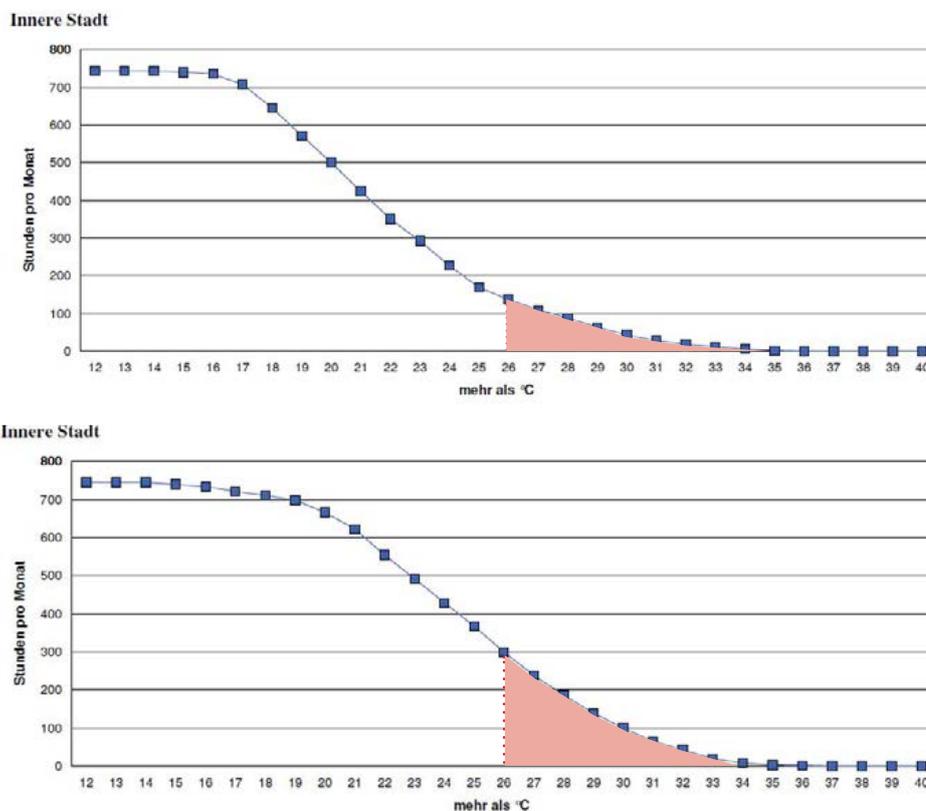


Abb. B.97: Anzahl der Stunden im Juli (oben) und im August (unten) 2003, in denen die Außenlufttemperatur unter bzw. über 26 °C lag
(Daten: Klaus Kreč, Grafik: Roland Frey)

²⁹ Ich danke Dr. Klaus Kreč für die beträchtliche Mehrarbeit zur Aufbereitung der Klimadaten. Die statistische Auswertung wurde dankenswerterweise von Ing. Roland Frey durchgeführt.

Die zweite Auswertung zeigt prozentuell, wie viele Stunden im Juli und August 2003 die Außenluft über 26 °C lag und somit zum Lüften ungeeignet war (Abb. B.98).

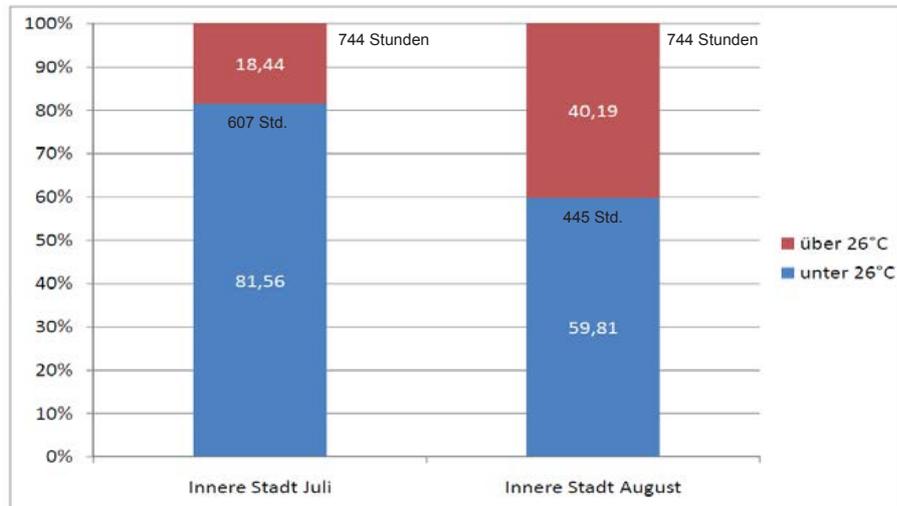


Abb. B.98: Anzahl der Stunden in % (rot) im Juli und August 2003, in denen die Außenluft über dem Grenzwert von 26 °C lag. Im Juli konnte 80 %, im August noch 60 % der Zeit gelüftet werden, ohne Wärme in das Gebäude einzutragen.
(Grafik: Roland Frey)

4.5. Einflüsse des Stadtklimas auf das Raumklima in der Neuen Burg

Die Neue Burg ist sowohl durch ihre geografische Orientierung und exponierte Lage als auch durch ihre Bausubstanz dem lokalen Wettergeschehen stark ausgesetzt. Der 30 m hohe Baukörper erstreckt sich von ONO nach WSW, wodurch die 130 m lange Fassade des Burggartentrakts nach SSO ausgerichtet ist. Sowohl im Nordwesten (Volksgarten und Heldenplatz) als auch südostseitig (Burggarten) gibt es im Vorfeld keine schützende Bebauung. Da auch auf der Burggartenseite die nächste Häusergruppe rund 200 m entfernt ist, beträgt die Horizontüberhöhung im Erdgeschoß nur 8°, im ersten Stock 5°. Dies bedeutet, dass die Fassade mit einer Gesamtfläche von rund 4850 m² (Gartenrakt 3900 m²; Corps de Logis 1950 m²) den ganzen Vormittag bis etwa 13 Uhr starke solare Gewinne verzeichnet. Was im Winter als Vorteil gesehen werden kann, erweist sich im Sommer als nachteilig, zumal 75 % der südostseitigen Fenster über keinen adäquaten Sonnenschutz verfügen³⁰. Die südwestorientierten Eckräume Saal VI der HJRK sowie Saal IX der SAM sind fast ganztägig strahlungsexponiert und daher thermisch stärker belastet als die übrigen Ausstellungsräume.

Durch die freie Lage spielt auch der Windangriff eine nicht unbedeutende Rolle: Die Burggarten-Fassade der Neuen Burg ist im Sommer häufig den erwähnten heißen pannonischen Strömungen ausgesetzt, die noch dazu zuvor die aufgeheizte Stadt vom Süden her überstreichen, was die Luft zusätzlich erwärmt und austrocknet. Im Jänner und Februar kommt es bei längerem Ostwind fallweise zu plötzlichen Kälteeinbrüchen mit Zufuhr sehr trockener Luft. Die großen Windangriffsflächen und beträchtlichen Fenstergrößen führen fallweise zu einem forcierten und schwer steuerbaren, konservatorisch unzutraglichen Infiltrationsluftwechsel.

³⁰ Die 22 Fenster der SAM im 1. OG wurden 2007 mit einem außen liegenden Lichtschutz ausgerüstet (HUBER 2007), die sieben nach Südost orientierten Fenstertüren von Saal VII der HJRK im Sommer 2010.

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

Besonders heftig sind Windangriffe aus der Hauptwindrichtung Nordwest, da die Luftströmungen unvermindert über den Volksgarten und den freien Heldenplatz gegen die konkav geöffnete Fassade des Segmentbogens der Neuen Burg prallen und auf der gegenüberliegenden Gebäudeseite (Lee) einen Unterdruck erzeugen. Aufgrund der undichten Gebäudehülle kommt es dabei vor allem in den stürmischen Herbst- und Frühwintermonaten in kurzer Zeit zu einem unerwünschten Luftaustausch und plötzlichen Abfall der relativen Luftfeuchte („Klimaschock“). U. a. aus diesem Grund hat das Nachdichten der Gebäudehülle an den Fenstern und Balkontüren sowie in den Eingangsbereichen (Karusselltür) zur Vermeidung unkontrollierten Luftwechsels oberste Priorität (→ Kap. C.2).

Die Beschaffenheit der lokalen Umgebung (← Kap. B.4.2.) ist für die sommerliche Temperaturentwicklung im Stadtkern von Bedeutung. Zwar wirken sich die zahlreichen Grünflächen im Umfeld der Neuen Burg günstig auf das lokale Klima aus; dieser positive Effekt wird aber teilweise durch die großen mit Asphalt versiegelten Freiflächen wieder kompensiert, die die Albedo des Heldenplatzes und der Burghöfe, sowie der Bereiche um Rathaus und Burgtheater vermindert. Dies führt zu einer verstärkten Speicherung von Sonnenenergie tagsüber, die während der Nachtstunden wieder abgegeben wird und ein Auskühlen des Stadtkerns verhindert, was wiederum während Hitzeperioden die Möglichkeiten der Nachtkühlung verringert.

Auch die Bausubstanz spielt bezüglich der Wechselwirkung mit dem meteorologischen Geschehen eine nicht unbeträchtliche Rolle. Das flach geneigte, mit Kupferblech gedeckte Dach (Dachfläche Corps de Logis: ca. 4000 m² zuzüglich 250 m² Glasdächer; Mittelbau [ohne Konferenzzentrum]: Dachfläche ca. 6000 m² zuzüglich 600 m² Glasdächer) erwärmt sich bei direkter Sonnenbestrahlung aufgrund der dunklen Farbe im Hochsommer auf über 50 °C, was im nicht hinterlüfteten Dachraum zu Lufttemperaturen über 40 °C führt (KREC-HUBER 2010). Durch die beträchtlichen Glasdachflächen der Lichtdächer erfolgt während der Sommermonate ein nicht unbedeutender solarer Strahlungseintrag in den Gebäudekern, wobei die Isolierverglasung ohne Außenbeschattung bewirkt, dass die eingebrachte Wärme während der kühleren Nachtstunden nicht abstrahlen kann und in den Bauteilen gespeichert wird.

Die geräumigen Lichthöfe zwischen Gartentrakt und Segmentbogen erfahren den ganzen Tag über Strahlungsgewinne, wobei in den Obergeschosszonen die südostorientierten Hofwände am Vormittag die Strahlung auf die im Schatten liegende Nordwestfassade reflektieren, die dann am Nachmittag durch direkte Sonneneinstrahlung weiter aufgeheizt wird.

Die reich gegliederte Fassade bewirkt eine stark vergrößerte Oberfläche, wobei das Rustika-Mauerwerk wie Kühlrippen wirkt. Dies könnte sich im Sommer als Vorteil erweisen; während der Heizperiode und besonders bei Wind sind damit vermutlich verstärkte Wärmeverluste verbunden.

5. Konservatorische Aspekte

Konservierung ist „*der Versuch, ein Objekt in einem stabilen Zustand zu erhalten, weiteren Verfall zu verhindern, und die Integrität des Objekts zu erhalten.*“ (WEIDACHER 1993: 386). Damit ist nicht vorrangig die behandelnde konservierende Intervention gemeint sondern in erster Linie die Schaffung geeigneter Aufbewahrungsbedingungen - heute gemeinhin als „präventive Konservierung“ bezeichnet. Neben der bereits in Kap. A.1.1. gebrachten ausführlichen Definition von Burmester (BURMESTER 2001: 77) soll hier auch das Standardwerk von Weidacher nicht unerwähnt bleiben, der Präventive Konservierung definiert als „*die Summe aller Vorkehrungen [...], deren Ziel die Erhaltung von Musealien im jeweils gegenwärtigen Zustand ist, ohne dass direkt auf sie Einfluss genommen wird.*“ (WEIDACHER 1993: 375). Dies beinhaltet die Erhaltung der Integrität der Bausubstanz genauso wie die der darin aufbewahrten Kunstschatze und Kulturgüter.

Die Gedanken der Prävention sind im Prinzip alles andere als neu. Häufig zitiert findet man die von John Ruskin vor 160 Jahren getätigte Forderung: *Sorgt rechtzeitig für eure Denkmale und ihr werdet sie nicht restaurieren müssen.* Als Begriff der Denkmalpflege taucht die *Preventive Conservation* aber erst in den 1990er Jahren auf; sie wird im Sinne des IIC nach Koller/Prandstetten wie folgt verstanden: „*Vorbeugende Konservierung umfasst passive Schutz- und aktive Pflegemaßnahmen im Rahmen langfristiger und für jede Aufgabe individuell abzustimmender Erhaltungskonzepte.*“ (RUSKIN 1849, nach KOLLER 1995: 27). Auf eine Diskussion der Quellen zur Geschichte der vorbeugenden Konservierung wird hier verzichtet, da dies von Kippes bereits ausführlich erfolgt ist (KIPPES 1999: 16-20).

In diesem Kapitel werden die raumklimatischen Aufbewahrungsbedingungen diskutiert, wie sie nach derzeitigem Forschungsstand für aus gemischten Materialien zusammengesetzte Objekte eingehalten werden müssen, um einen möglichst unbeschadeten Fortbestand nach den zuvor zitierten Definitionen zu gewährleisten und konservatorisch/restauratorische Interventionen so lange wie möglich hinauszuzögern³¹.

Da die Mehrzahl der in der Neuen Burg aufbewahrten empfindlichen Objekte zur Gänze oder teilweise aus hygroskopischen organischen Materialien (pflanzliche oder tierische Fasern bzw. Zellverbände) bestehen, soll das Verhalten bei unterschiedlichen Raumluftzuständen am Beispiel Holz dargestellt werden, das wie Papier oder Papyrus (Objekte der ÖNB) überwiegend aus Cellulosefasern aufgebaut ist.

Für die vorwiegend aus Eisen und anderen Metallen gefertigten Objekte der HJRK wären zwar zur Vermeidung von Korrosion niedrigere Luftfeuchtwerte (< 40 %rF) vorteilhaft, die Kombinationen mit Holz, Leder, Elfenbein, Textilien und anderen hygroskopischen Materialien und nicht zuletzt die zahlreichen im Sammlungsbereich befindlichen Gemälde und Tapisserien erfordern hingegen ebenfalls Luftfeuchtwerte im konservatorisch zuträglichen Mittelfeld.

Da diese grundlegenden Zusammenhänge zwischen Holz Anatomie, Sorptionsverhalten und Schadensphänomenen erfahrungsgemäß immer noch zu wenig Berücksichtigung finden, seien hier die wichtigsten Aspekte in Erinnerung gerufen.

29 Teile dieses Kapitels wurde in einem eigenen Beitrag vorab publiziert in HUBER 2010/1

5.1. Organische Werkstoffe am Beispiel Holz

Holz ist ein pflanzlich-organischer Werkstoff, dessen unterschiedliche biochemische Bausteine sich in zwei Hauptgruppen unterteilen lassen³²: Der überwiegende Bestandteil des Holzes sind polymere Kohlenhydrate, d. s. langkettige Zucker-Einheiten, deren wichtigstes Makromolekül die Cellulose darstellt. Aus der Kettenlänge der Cellulose und den zahlreichen Wasserstoffbrücken resultiert die signifikante Zugfestigkeit des Holzes. Ein geringerer Anteil an den polymeren Kohlenhydraten besteht aus Hemicellulosen (Holzpolyosen), d. s. mehr oder weniger verzweigte variante Zucker-Polymere kürzerer Kettenlänge. Der zweite Hauptbestandteil des Holzes, das Lignin, besteht aus einem Netzwerk von aromatischen Bausteinen, die die Cellulosefasern wie ein „Kitt“ verbinden und für die Druckfestigkeit des Holzes verantwortlich sind.

Die verschiedenen Zelltypen sorgen im Splintbereich³³ überwiegend für den Wasser- und Nährstofftransport. Die primär für die Nährstoffspeicherung verantwortlichen Parenchymzellen sind in Form der sog. Holzstrahlen sowohl für das visuelle Erscheinungsbild als auch für die Spaltbarkeit einzelner Holzarten charakteristisch. Im Kernbereich des Baumes sind die Zellen physiologisch nicht mehr aktiv und haben weitgehend nur mehr Stützfunktion. Mehrheitlich im Kernbereich enthaltene Holzinhaltstoffe (ätherische Öle, Gerbstoffe, Harze, Farbstoffe, mineralische Einlagerungen usw.) bestimmen weitgehend Geruch, Farbe und pH-Wert der Hölzer sowie ihre natürliche Resistenz gegenüber Insekten und Pilzen. Die jeweils unterschiedliche Anordnung und Verteilung der polymeren Kohlenhydratketten und der Ligninbausteine ist für die signifikanten Unterschiede der einzelnen Holzarten sowohl bezüglich ihrer physikalischen Eigenschaften als auch ihres Sorptionsverhaltens (Quellen und Schwinden) verantwortlich.

5.1.1. Sorptionsverhalten des Holzes

Aus der mikroanatomischen Struktur des Holzes resultieren neben der für jede Holzart charakteristischen Druck-, Zug-, Scher- und Biegefestigkeit sowie Elastizität weitere Eigenschaften, die für sein konservatorisch relevantes Verhalten von Bedeutung sind. Die Mehrzahl der Schadensphänomene ist darauf zurückzuführen, dass Holz ein anisotroper Werkstoff ist, d. h. sein physikalisches Verhalten ist in den drei Hauptrichtungen (axial, tangential, radial) unterschiedlich. Dies gilt nicht nur hinsichtlich seiner Festigkeit und Elastizität, sondern insbesondere im Hinblick auf das Sorptionsverhalten. Trockenes Holz ist wie fast alle organischen Materialien mehr oder weniger stark hygroskopisch, wobei sich zwischen dem Wassergehalt des Holzes (Holzfeuchte) und dem Wassergehalt der umgebenden Raumluft ein Gleichgewichtszustand einstellt (Gleichgewichtsfeuchte). Verursacht wird die Wasseraufnahme oder -abgabe von Unterschieden im Dampfdruck der Umgebung bzw. im Holz. Das Wasser wird in den Zellwänden von der Cellulose, aus der die Faserbündel (Fibrillen) aufgebaut sind, adsorbiert, was zum Aufquellen der Fasern und damit zu einer Volumenzunahme führt; die Tangentialquellung ist etwa doppelt so groß wie die Radialquellung. Da die Wassereinlagerung jedoch kaum eine Streckung der Celluloseketten bewirkt, kommt es axial nur zu einer minimalen Längenzunahme. Eine Verringerung der Umgebungsfeuchte führt zur Volumsverringering der Fibrillen (Schwinden). Der Zusammenhang zwischen Holzfeuchtegleichgewicht (Wassergehalt) und tangentialem bzw. radialem Schwundverhalten ist vereinfacht in Abb. B.99 dargestellt.

32 Der allgemeine Teil orientiert sich weitgehend an KOESLING 1999: 44-61; WAGENFÜHR 2008.

33 der äußere, physiologisch aktive Bereich des Baumes

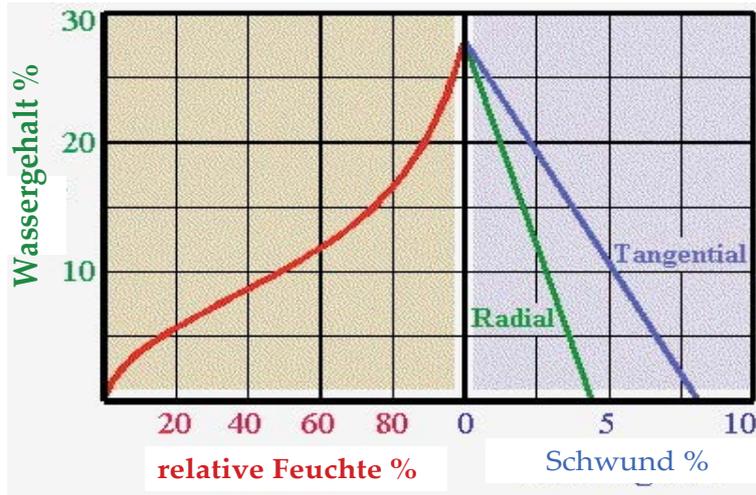


Abb. B.99: Zusammenhang zwischen Wassergehalt und Schwundverhalten von Holz (Grafik: nach Tim Padfield, www.natmus.dk/cons/tp/wood/wood1.htm)

Das Verhältnis zwischen Holzfeuchte und Umgebungstemperatur bei gegebener relativer Feuchte wird im sog. Keylwerth-Diagramm dargestellt; Das graue Feld markiert den konservatorisch zuträglichen Bereich der Holzfeuchte (Abb. B.100).

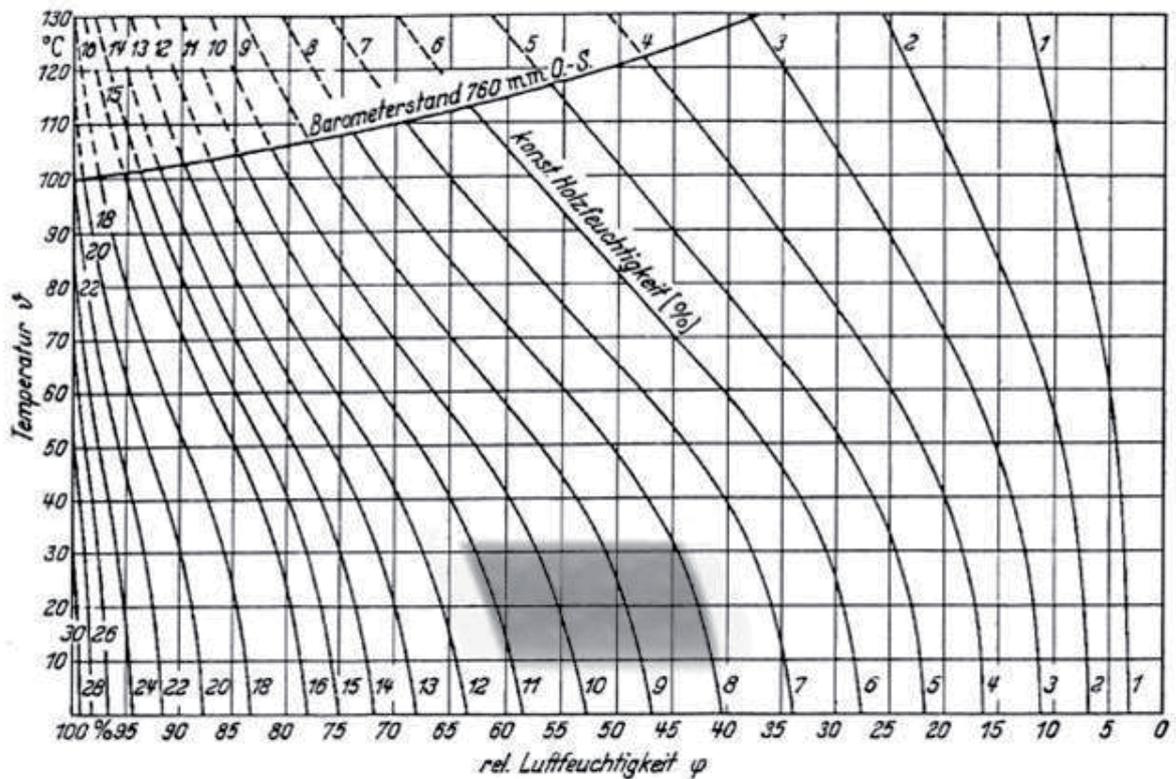


Abb. B.100: Darstellung der Gleichgewichtsfeuchte (Wassergehalt des Holzes) in Abhängigkeit von relativer Feuchte und Temperatur (Keylwerth-Diagramm für Fichtenholz). Das graue Feld markiert den konservatorisch zuträglichen Bereich der Holzfeuchte. (KOESLING 1999: 49; Bearbeitung: Rudolf Hopfner)

Bezieht man den Graph der Gleichgewichtsfeuchte auf eine konstante Temperatur, erhält man die sog. Sorptionsisothermen (z. B. bei 20° C). Dabei zeigt sich, dass nicht nur die unterschiedlichen Holzarten oder der Kern- und Splintbereich der gleichen Holzart sondern sogar die einzelnen chemischen Bestandteile des Holzes bei gegebener relativer Luftfeuchte unterschiedliche Materialfeuchten aufweisen: die Cellulose etwa doppelt so viel wie das Lignin, die Polyosen sogar das Vierfache. Die verschiedenen traditionellen Leime, insbesondere der in der Holzverarbeitung vorherrschende Glutinleim, zeichnen sich durch signifikante Änderungen des Volumens und vor allem der Zugspannungen bei verändertem Wassergehalt aus. Dadurch wird verständlich, dass Änderungen der Umgebungsfeuchte zu jeweils unterschiedlichem Wassergehalt der einzelnen Materialien und in Folge zu mehr oder weniger starken Spannungen im Materialgefüge und Verformungen bis hin zur Rissbildung führen müssen. Konservatorisch ebenfalls relevant ist die sog. Sorptions-Hysterese - nämlich die Tatsache, dass im Falle von Sorptionszyklen die Materialfeuchte im Durchgang durch eine bestimmte Umgebungsfeuchte jeweils verschieden ist und zwar höher (und damit das Volumen größer), wenn sich das Holz in der Phase der Desorption befindet als wenn das zuvor trockenere Holz aus feuchterer Umgebung Wasser adsorbiert. In jedem Fall gilt: Sowohl abrupte Klimaänderungen als auch Feuchteschwankungszyklen (wie sie etwa für technische Regeleingriffe von Klimageräten typisch sind) führen zu ständigen und je nach Material unterschiedlich verlaufenden „Knetbewegungen“ im Materialgefüge und auf Dauer zu dessen Destabilisierung („innere Verwitterung“).

Der maximal mögliche (massebezogene) Wassergehalt im Holz, d. h. die maximale Quellung bei 100 % relativer Feuchte beträgt rund 30 % (Fasersättigungspunkt). Vor Regen geschütztes im Freien gelagertes oder überdacht verbautes Holz („lufttrocken“) enthält je nach Klimastandort rund 15-18 % Wasser; unter 12 % Wassergehalt gilt es als „werkstatttrocken“, muss aber je nach Verwendung noch weiter getrocknet werden. So dürfen etwa Holzfußböden nur bei 9 % +/- 1 % massebezogener Holzfeuchte verarbeitet werden, um Folgeschäden zu vermeiden (ÖNorm B 2218 sowie B 7218). Aus dem Keylwerth-Diagramm ist auch ersichtlich, dass die Umgebungstemperatur (im Gegensatz zur weit verbreiteten Meinung³⁴) beim Feuchtegleichgewicht eine nicht unmaßgebliche Rolle spielt, vor allem dann, wenn Objekte aus vormals deutlich kühleren Standorten (Kirche, unbeheiztes Schloss oder Landhaus) in beheizte Ausstellungsbereiche verbracht werden. Als Faustregel gilt, dass eine Temperaturerhöhung um 15 K bei gleicher relativer Feuchte die Gleichgewichtsfeuchte im Holz um 1% erniedrigt (HOADLEY 1990: 79): Bei einer Umgebungstemperatur von 8 °C und 55 % rel. Luftfeuchte liegt die Gleichgewichtsfeuchte mit etwa 10,5 % um knapp 1 % über der Holzfeuchte bei einer Raumtemperatur von 22 °C und 55 % rF. Für einen schadenspräventiven Standortwechsel müsste man demnach die relative Feuchte am wärmeren Standort zunächst auf 60 % erhöhen und anschließend langsam absenken. Da kühlere Standorte „auf dem Land“ vor allem im Frühsommer normalerweise höhere rel. Luftfeuchtwerte (> 60 %) aufweisen als die auf ca. 50 % rF konditionierten wärmeren Ausstellungsräume, ist eine Austrocknung und damit Schrumpfung solcher Objekte vorprogrammiert. Der prozentuale Quellungskoeffizient beträgt bei den einheimischen Hölzern rund 0,3 – 0,4 pro 1 % Holzfeuchte; dies bedeutet, dass bei Reduktion der Holzfeuchte um 0,5 % das Volumen des Objektes um etwa 0,17 % verringert wird. Die Relevanz dieses vernachlässigbar erscheinenden Wertes wird offenkundig, wenn man sich vor Augen hält, dass eine Türfüllung oder ein Resonanzboden von 80 cm Breite dabei um 1,5 mm schwinden würde.

³⁴ Tatsächlich sind Temperaturunterschiede hinsichtlich der thermischen Ausdehnungskoeffizienten bei Holz unbedeutend, nicht jedoch hinsichtlich des Sorptionsverhaltens.

Trotz der soeben geschilderten Zusammenhänge gelten erfahrungsgemäß Holzfeuchtwerte über 8 % im Winter und unter 11 % im Sommer konservatorisch als unkritisch, solange langsame, saisonal gleitende Übergänge gewährleistet sind. Gefährlich sind plötzliche Wechsel der Umgebungsfeuchte ohne ausreichende Akklimatisationsphase, da dies zu Feuchte- und Volumendifferenzen zwischen Kernbereich und Peripherie des Objekts und damit zu starken Materialspannungen bis hin zur Rissbildung führt (Abb. B.101).

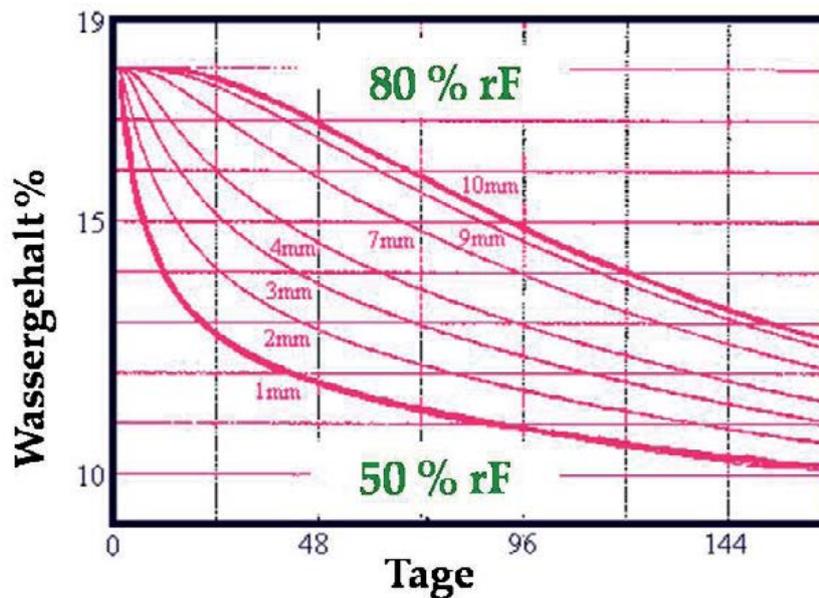


Abb. B.101: Geschwindigkeit der Austrocknung eines einseitig lackierten 10 mm dicken Holzbrettes. Gemessen wurde die jeweilige Holzfeuchte in unterschiedlicher Tiefe (Grafik: Tim Padfield: www.conservationphysics.org/4.2.2010)

Solange ein zur Gänze aus Holz gefertigtes und evtl. mit einer elastischen hydrophoben Substanz (Öl, Wachs-, Harzlösung) imprägniertes Objekt in seinen Sorptionsbewegungen nicht behindert wird, gilt Holz als ein sehr toleranter, unproblematischer Werkstoff, der Jahrhunderte überdauern kann. Sobald jedoch unterschiedliche Hölzer verschiedener Schnittrichtungen zusammengesetzt bzw. verleimt und/oder mit anderen Materialien wie Metall, Kitt, Grundierungen, Leim- oder Ölfarben, etc. kombiniert werden, sind die klimatischen Gegebenheiten plötzlich mehr als relevant. Wenn das Objekt dann auch noch eine mehr oder weniger diffizile mechanische Funktion erfüllen soll, bei der Maßhaltigkeit erforderlich ist (z. B. Türen oder Schublade eines Möbels; Windlade und Traktur einer Orgel oder Mechanik eines Klaviers) müssen sowohl bei der Herstellung als auch bei der Aufbewahrung relativ enge Vorgaben erfüllt sein, um eine möglichst lange störungsfreie Funktion zu gewährleisten.

5.1.2. Anwendungsgebiete

Je nach Anwendungsgebiet, Herkunft und Vorgeschichte zeigen die Objekte der einzelnen Sammlungen jeweils unterschiedliche und charakteristische Schadensphänomene.

Bei Werken der bildenden Kunst und ethnografischen Objekten (Tafelbilder, Skulpturen, Schnitzereien und kunsthandwerkliche Erzeugnisse), stehen neben dem Schädlingsbefall und photooxidativen

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

Abbauerscheinungen überwiegend die aus der Anisotropie resultierenden Dimensionsänderungen wie Werfen, Schwinden oder Reißen des Holzes im Vordergrund, was in der Folge zu Haftungsproblemen sowie Malschicht- und Fassungsverlusten führt. Hauptursache von Klimaschäden bei Objekten in großen historischen Räumen ist der periodische Wechsel von eher feuchten Raumlufzuständen im Sommer zu Trocknungsschüben im Winter, sobald Warmluft zur Raumheizung eingesetzt wurde. Großformatige Holztafelbilder oder gefasste Raumausstattungen, die über längere Zeit an Außenwänden von Räumen aufgehängt wurden, die im Winter beheizt und befeuchtet werden, sind besonders von der – immer noch weitgehend unterschätzten - „Kalte-Wand-Problematik“ und neben den daraus resultierenden oszillierenden Materialspannungen (→ Kap. 5.2.) auch von Befall mit Mikroorganismen betroffen (RANACHER 1994, RANACHER 2004, LIGTERINK-PIETRO 2007).

Holz im Kontakt mit Bauteilen wie etwa Fußböden, Vertäfelungen oder Kassettendecken sind der jahreszeitlich bedingten Klimaproblematik durch die im Winter absinkenden Bauteiltemperaturen unmittelbar ausgesetzt. Solange auf Raumheizung verzichtet wurde und die Bauteile trocken gehalten werden konnten, haben Ausstattungen von historischen Gebäuden (Bibliotheken, Chorgestühl, Sakristeischränke, Beichtstühle, Orgeln) oft Jahrhunderte überdauert. Mit dem Einbau von Warmluftheizungen, (vereinzelt ab dem 18. Jahrhundert, zunehmend im 19. Jahrhundert und fast flächendeckend nach dem 2. Weltkrieg; BECK-KOLLER 1980), setzte ein mitunter dramatischer Prozess ein, der mit großen Schäden und Substanz- bzw. Fassungsverlusten verbunden war und einen enormen (nicht selten innerhalb weniger Jahre neuerlich erforderlichen) Restaurieraufwand nach sich zog. Die Symptombekämpfung durch Befeuchtung kann gerade bei Vertäfelungen oder Wandverbauten das Problem nicht lösen, da zwischen Holzverkleidung und kalter Wand ein Mikroklima mit überhöhter relativer Feuchte entsteht, das Schimmelpilzwachstum zur Folge haben kann.

Mobile, in traditionellen Verarbeitungstechniken (d. h. vorwiegend vor ca. 1920) gefertigte Objekte aus Holz und gemischten Materialgruppen, werden heute unter Klimabedingungen aufbewahrt, deren relative Feuchte im Jahresschnitt etwa 10-15 % niedriger ist als zur Zeit ihrer Herstellung, was vorwiegend auf das geänderte Heizungsverhalten zurückzuführen ist. Im Laufe des 19. Jahrhunderts wurde die traditionelle Strahlungsheizung (gemauerte Stuben- oder Kachelöfen) durch konvektive Heizsysteme ersetzt, was systembedingt zu einer stärkeren Entfeuchtung der Raumluf im Winter führt (← Kap. A.5.2.). Bei fast allen Möbeln lassen sich Trocknungsschäden feststellen. Marketerien und lackierte Oberflächen sind häufig durch photooxidative Veränderungen infolge Tageslichteinwirkung beeinträchtigt. Objekte mit starkem aktivem Schädlingsbefall sind meistens schon im Lauf des 20. Jahrhunderts mit einem damals üblichen Festigungssystem behandelt worden.

Bei historischen Musikinstrumenten steht meist die Frage nach der Spielbarkeit im Vordergrund. Komplexere Typen wie generell die Tasteninstrumente (Clavichord, Cembalo, Hammerklavier oder Orgel) zeigen meist mehr oder weniger starke Dimensionsveränderungen, die nicht selten schon in der Vergangenheit stark invasive Eingriffe erfordert haben. Hohe Saitenzüge bei Klavierinstrumenten haben zur Folge, dass sich unter hoher Luftfeuchte Glutinleimfugen öffnen oder gegeneinander verschieben können. Bei länger andauernder niedriger Umgebungsfeuchte unter 35 % rF kommt es bei Saitenklavieren nicht selten zum gefürchteten Stimmstockriss. Bei den Orgelinstrumenten der SAM sind bzw. waren durchwegs die Windladen durch Trocknungsschäden beeinträchtigt.

5.2. Schadensursachen und Schadensphänomene

Es ist evident, dass ein Großteil der Kunst- und Kulturgüter die Zeiten nicht überdauert hat. Sieht man von Kriegs- und Gewalteinwirkung, Feuer oder Naturkatastrophen ab und beschränkt man die Analyse auf die klimatischen Aufbewahrungsbedingungen, so lässt sich als Hauptursache für Verluste in der Vergangenheit, d. h. die Zeit etwa vor dem 1. Weltkrieg, neben mangelnder Aufmerksamkeit und Pflege überwiegend ein zu hoher Feuchteintrag feststellen, der meist Zerstörung durch Mikroorganismen oder Holzschädlinge begünstigte.

Der heutige schlechte Erhaltungszustand vieler Objekte ist hingegen auf den Wechsel von „tendenziell zu feucht“ in der Vergangenheit zu „immer öfter tendenziell zu trocken“ in der Gegenwart zurückzuführen, wobei häufiger Standortwechsel und zyklische Klimaschwankungen die Destabilisierung des Materialgefüges beschleunigen.

Eine besondere Rolle spielen in diesem Zusammenhang die Glutinleime (Knochenleim, Hautleim, Fischleim), die einerseits örtlich begrenzt im konstruktiven Verbund (z. B. bei Brettfugen und Rahmenbauweise) zur Anwendung kamen, andererseits großflächig (Furnier, Marketerie), aber auch als Bindemittel für Kittungen, Grundierung und Fassungen eingesetzt wurden. Glutinleim wird bei Wasseraufnahme infolge hoher Luftfeuchte (über 70 %rF) gallertartig und plastisch verformbar, d. h. die Werkstücke werden bei einseitiger Krafteinwirkung gegeneinander verschiebbar und „schwimmen“ auseinander. Bei Desorption hingegen kommt es zu einer drastischen Volumsverringering, wobei Glutinleime enorme Zugspannungen aufbauen, die bei furnierten Werkstücken sowie bei Grundierungen starke Deformationen bewirken können (MECKLENBURG 2007) (Abb. B.102).

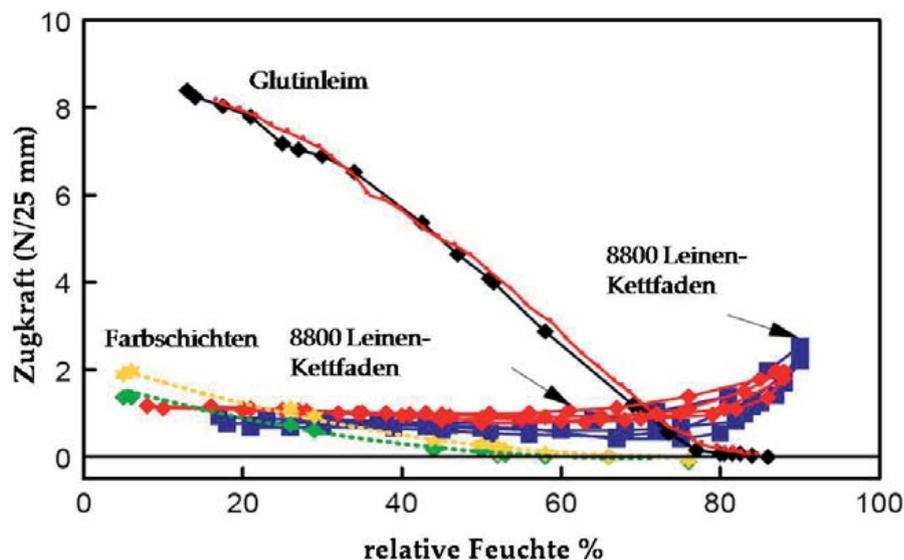


Abb. B.102: Zugspannungen bei eingespannten Proben von Leinen, Hautleim sowie Bleiweiß und Neapelgelb gebunden in Öl, in jeweils anwendungstypischen Schichtdicken, bei unterschiedlichen Werten der relativen Luftfeuchte (Grafik: M. Mecklenburg 2007)

Die in den letzten Jahrzehnten an dem aus Holz gefertigten Kultur- und Sammlungsgut entstandenen Schäden sind zum überwiegenden Teil Klimaschäden, die sich auf die vier folgenden Hauptursachen zurückführen lassen.

5.2.1. Über- oder Unterschreiten kritischer Grenzwerte der Holz-Gleichgewichtsfeuchte

Bei wechselnder Umgebungsfeuchte kommt es in allen hygroskopischen Materialien zu mehr oder weniger starken Volumensveränderungen, die darüber hinaus bei anisotropen Werkstoffen in den drei Hauptrichtungen sehr verschieden sein können. In der Literatur herrscht weitgehend Einigkeit darüber, dass langsame, saisonal gleitende Übergänge der relativen Feuchte zwischen 40 % im Winter und 65 % im Sommer³⁵ bei homogen aus Holz gefertigten Objekten Volumsveränderungen im elastischen Bereich bewirken, d. h. dass die Dimensionsveränderungen reversibel sind, vor allem dann, wenn das Holz in seiner Bewegungsfreiheit nicht eingeschränkt ist und die Sorptionsbewegungen durch tiefere Temperaturen verlangsamt sind. Uneinigkeit herrscht jedoch vorwiegend darüber, ab welchen kritischen Grenzwerten (*yield-point*; MECKLENBURG 2007) irreversible Deformationen durch plastische Verformungen (Verschiebung der Fibrillen gegeneinander oder Stauchung der Zellwände) eintreten. Letztere Zellkompression (Druckschwindung, *compression shrinkage*) findet statt, wenn Holz in der Absorptionsphase durch äußere räumliche Fixierung am Quellen behindert und die Zellen durch das aufgenommene Wasser zusammengequetscht werden (HOADLEY 1990: 132f). In der anschließenden Desorptionsphase kommt es dann zu einer übermäßigen Volumsverringering bis hin zur Rissbildung. Bekannte Beispiele dafür sind z. B. gerissene eingeleimte Füllungen oder im Schaftloch geschrumpfte Werkzeugstiele, aber auch Risse in Lautendecken, Resonanzböden von Saitenklavieren oder in Böden von Gamben und Gitarren (← Abb. A.18, → Abb. B.103).

Doch auch in Massivholz, das in seiner Bewegungsfreiheit nicht eingeschränkt ist (wie etwa bei echten Füllungen oder Skulpturen) kann es bei Luftfeuchtwerten über 70 % zu Zellkompression und anschließender Rissbildung nach zu rasch erfolgter Desorption kommen. 70 % relative Luftfeuchte gilt auch als Grenzwert für das Wachstum von Mikroorganismen (MICHALSKI 1993; KRUS-KILIAN-SEDLBAUER 2007: 186).

Bei Werten der relativen Luftfeuchte unter 30 % bzw. ab einer Holzfeuchte unter 7 % kommt es zu einer Volumsverringering und Deformation der Zellwände, die erfahrungsgemäß – auch nach neuerlichem Anheben der relativen Feuchte in den Normalbereich – irreversibel ist.

5.2.2. Irreversibler Schwund durch Feuchteschwankungszyklen

Das elastische Verhalten von Holz bei wechselnder Umgebungsfeuchte wird in der Literatur unterschiedlich beurteilt. Besonders die in den 1990er Jahren publizierten technologischen Untersuchungen von Mecklenburg und Erhardt und anderen Forschern der *Smithsonian Institution* lösten z. T. heftige Reaktionen in der Fachwelt aus (ERHARDT 1995; MECKLENBURG 1994). Vor allem die auf Messreihen mit Holzproben und daraus folgernden Berechnungen begründete Aussage, dass normalerweise bei 50 %rF gelagertes Holz Schwankungen der relativen Feuchte von knapp $\pm 20\%$ unbeschadet übersteht und reversibel quillt und schwindet - sofern es sich um ein spannungsfreies, rissfreies und gleichmäßig dickes Brett handelte - stieß bei vielen Restaurator/innen auf Widerspruch, zumal jahrelange Berufstätigkeit mit der Erfahrung verbunden war, dass Objekte aus Holz (die ja in der Mehrzahl konstruktiv oder mit anderen Materialien kombiniert verarbeitet wurden), z. T. schwere Schäden aufwiesen, wenn sie den genannten Bedingungen ausgesetzt waren.

³⁵ das entspricht einer Gleichgewichtsfeuchte zwischen ca. 8 % und 11,5 %

Bereits in den 1950er Jahren publizierte Richard D. Buck die Ergebnisse einer Testreihe, die zeigte, dass auch mehrere 100 Jahre alte Holzproben, bei länger andauernden Feuchteschwankungen eine fortschreitende und irreversible Volumensverringerng erfuhren (BUCK 1952). Bruce Hoadley zeigte auf, dass es bei Holzwerkstücken im konstruktiven Verbund, welche Schwankungszyklen ausgesetzt sind, zu irreversiblen Schwund bzw. zu Rissbildungen durch Stauchung der Zellwände kommt (HOADLEY 1978). Diese Phänomene lassen sich z. B. an Tür- und Möbelfüllungen in Bereichen mit stark schwankenden Klimawerten (Eingangsbereiche, Korridore, Sanitärbereiche) beobachten, die trotz der im Schnitt gleich bleibenden Spreizung zwischen Sommer- und Winterhalbjahr einen stetig fortschreitenden (wenn auch asymptotisch verlaufenden) Schwund erleiden.

Auf dem Gebiet der Gemälderestaurierung war es vor allem Gustav Berger, Leiter der *Art Conservation Research Foundation* in New York, der Anfang der 1980er Jahre erstmals mit mehrjährigen Versuchsreihen die unglaublichen Kräftewirkungen und Materialbewegungen innerhalb eines Gemäldes bei Klimaschwankungen aufzeigte. Unter Auswertung von über einer Million gespeicherten Messdaten zeigte Berger die Mechanik von Riss- und Blasenbildungen von Malschichten bei Temperatur- und Feuchteänderungen sowohl bei Leinwandgemälden als auch Tafelbildern auf. Weiters konnte er erstmals die Zugkräfte messtechnisch erfassen, die bei Klimaänderungen auf die Kett- und Schussfäden von Leinwandgemälden einwirken und zu deren Überdehnung und in weiterer Folge zum Durchhängen der Bilder sowie beschleunigter Alterung führen. Völlig unerwartet zeigte sich, dass plötzliche Temperaturänderungen um 2-3 °C zu weit größeren Spannungsänderungen führen können als eine abrupte Änderung der relativen Feuchte um ca. 5 % (BERGER 1989, insb. S. 195).

Berger vergleicht die Mechanik der Zerstörung mit der Funktion einer Pumpe: *„Jeder Klimawechsel ist ein Pumpstoß, der das Reservoir der Verformung weiter anfüllt. Veränderungen der Temperatur und relativen Feuchte, die der Wechsel von Tag und Nacht, vom Wetter, von den Jahreszeiten mit sich bringt, haben diese Mechanismen von je her angetrieben. Mit der Installierung von Zentralheizungen und anderen Klimaanlagen die zyklisch arbeiten, wurde dieser Verfall jedoch stark beschleunigt. So finden wir häufig, daß Bilder und Möbel, die sich in alten Häusern mit dicken Mauern gut gehalten haben, unter dem Einfluß der Zentralheizung rapide verfallen.“*

Beeindruckend dokumentierte Volker Schaible an der Höheren Schule für Gestaltung, Konservierung und Restaurierung in Bern 1990 in seinem Kurzfilm „Vom Atmen der Bilder“, die im Zeitraffer gefilmten Schollenbewegungen von Gemäldeoberflächen, die starken Klimaschwankungen ausgesetzt waren.

Insbesondere Glutinleim schrumpft beim Trocknen viel stärker als alle anderen Materialien und entwickelt dabei enorme Zugspannungen. Er gilt daher als Verursacher für viele Klimaschäden, vor allem durch schnelle Klimawechsel. Er kann diese Spannungen allerdings nicht über längere Zeit halten und gibt dann durch Erschlaffen nach. Oberhalb von 70 %rF nimmt Glutinleim vermehrt Wasser auf und verliert bei 85 %rF vollständig seine Zugfestigkeit. Er „regeneriert“ sich dabei und entwickelt dann beim Trocknen von neuem hohe Spannungen, weshalb großflächige Glutinleimschichten bei Feuchteschwankungszyklen in den warmfeuchten Bereich hinein zu fortgesetzter Dimensionsverringerng tendieren.

5.2.3. Heizen mit frei im Raum verteilter Warmluft

Was Berger mit der „Zentralheizung und anderen Klimaanlage“ – und die daraus resultierende Klimainstabilität – anspricht, umreißt summarisch die in den letzten 100 Jahren etablierten und inzwischen als „normal“ geltenden Formen der Haustechnik zur Raumheizung, Lüftung und Befeuchtung. Der unmerkliche Umstieg von überwiegend Strahlungsheizungssystemen (gemauerte bauteilgebundene Öfen oder Einzelöfen) auf konvektive Heizsysteme mittels frei im Raum zirkulierender warmer Luft im Laufe von etwa vier Generationen, hatte in Mittel- und Nordeuropa sowie in Nordamerika zu einer grundlegenden Änderung der Aufbewahrungsbedingungen für alle Kunstobjekte geführt. Die klimatechnischen Maßnahmen der Nachkriegszeit konzentrierten sich vorwiegend auf das Bekämpfen der aus dem Heizen mit Warmluft (durch Radiatoren, Konvektoren oder Klimaanlage) resultierenden Trockenheit. Als Gegenmaßnahmen wurden Luftbefeuchter und raumlufttechnische Anlagen entwickelt, die den Feuchteabfall der beheizten Raumluft kompensieren sollten. Die Frage, welche Kausalketten sich zu einer derartigen, mitunter dramatischen Austrocknung der Raumluft addieren konnten (bis auf 17 % rF in den in der Neuen Burg untergebrachten Sammlungen des KHM vor 1988 oder bis auf <10 %rF in der Aula des MVK, ← Kap. A.3. und A.5.2.), bzw. wodurch ein solcher Feuchteabfall im Vorfeld vermieden werden könnte, wurde zwar theoretisch immer wieder erörtert (KÜHN 1982, GROSSESCHMIDT 1992, HUBER 1995, RANACHER 1995), fand jedoch in der Praxis kaum einen Niederschlag. Auch die daraus resultierenden Schäden wurden meist jahrelang zur Kenntnis genommen und nicht einmal die einfachsten Maßnahmen – wie etwa im Winter das Absenken der Raumtemperaturen in Sammlungs- und Depotbereichen oder der Einbau von Pendeltüren zwischen Sammlungen und nicht konditionierten Stiegenhäusern – ergriffen. In vielen Kirchen und historischen Gebäuden, in denen mehr und mehr ein unreflektierter Behaglichkeitsanspruch (bis hin zu Wohnzimmertemperaturen) sowie Veranstaltungen und kommerzielle Nutzung in den Mittelpunkt des Interesses rückten, wurden die Raumtemperaturen im Winter auf 20°C und darüber angehoben, ungeachtet der daraus resultierenden Schäden an der Ausstattung wie etwa an historischen Orgeln und anderen Musikinstrumenten, die auf Klimaschocks besonders empfindlich reagieren.

5.2.4. Unkontrollierter Luftwechsel

Während Temperatur und relative Feuchte der Raumluft als wichtigste klimarelevante Parameter der präventiven Konservierung im Bewusstsein der Restaurator/innen und Kurator/innen in den letzten Jahrzehnten ihren festen Platz gefunden haben, wird die Frage nach dem konservatorisch zuträglichen Luftwechsel bis heute kaum kommuniziert. Es ist das Verdienst von Wolfgang Kippes, auf dieses Defizit im wissenschaftlichen Diskurs im deutschsprachigen Raum hingewiesen zu haben. Im Rahmen des Forschungsprojekts EU-1383 „Prevent“ hat er nachgewiesen, dass die Klimaprobleme in den Schauräumen von Schloss Schönbrunn nicht auf die steigenden Besucherströme, sondern auf den unkontrollierten Luftaustausch über die undichten Fenster zurückzuführen sind (KIPPES 1999; HOLMBERG 2001). Die Konstanz des Raumklimas – also die möglichst langsame zeitliche Veränderung der Soll-Werte von Raumtemperatur und relativer Luftfeuchte – ist überwiegend vom Luftwechsel abhängig. Es leuchtet ein, dass ein häufiger Luftwechsel zu stark schwankenden Raumluftkonditionen führen muss, wenn die klimarelevanten Parameter der nachströmenden Außenluft große Unterschiede zum Innenraumklima aufweisen. Dies ist vor allem während der kalten Jahreszeit bzw. im Hochsommer der Fall und erfordert ständige haustechnische Interventionen und Korrekturen: Jeder ausgetauschte Kubikmeter Raumluft müsste neuerlich auf die richtige Temperatur und relative Feuchte nachkonditioniert werden, was technisch schwer möglich ist. In vielen Museen bilden die Klimakurven in den Sammlungen deshalb nicht

das Verhalten der Klimaanlage oder den Einfluss der Besucher ab, sondern aufgrund der undichten Gebäudehülle nur den zeitlich verschobenen und vom Gebäude gedämpften Verlauf des Außenklimas. Das Dichten der Gebäudehülle sowie ein kontrollierter Außenluftwechsel sind deshalb unabdingbare Voraussetzung für ein stabiles Innenklima und sollten deshalb integraler Bestandteil jedes Klimamanagements sein (HUBER 2009).

Die Summe der hier skizzierten zyklischen Sorptionsabläufe führt zu kaum messbaren aber ständigen mechanischen Bewegungen und Zerrüttungen des Materialgefüges, die sich bei Gemälden oder Emailleobjekten und anderen Kompositobjekten anschaulich als „innere Verwitterung“ beschreiben lassen. Bei stark unterschiedlich dimensionierten Holzbauteilen im konstruktiven Verbund führt das anisotrope Schwindverhalten vermehrt zu Rissbildung (Abb. B.103). Es ist daher nur verständlich, wenn vor allem seitens der Museumsrestaurator/innen, die ihre Objekte über sehr lange Zeiträume kennen und beobachten können, immer wieder die Forderung nach möglichst gleichmäßigen und konstanten Klimabedingungen gestellt wurde.



Abb. B.103: Der Resonanzboden des Cembalos von J. Salodiensis, Salo 1559, (Inv.-Nr. SAM 630) wies 1990 vor der Restaurierung 64 Schwundrisse auf. Die Rissbildung wurde durch (im 19. Jahrhundert) darunter geleimte Rippen forciert. Es mussten 15 mm Schwund kompensiert werden. Zypressenholz im Tangentialschnitt ist für Druckschwindung besonders anfällig.

5.3. Konfliktbereiche

Wie erwähnt, berufen sich seit Ende der 1980er Jahre viele Restaurator/innen bei der Definition der Soll-Klimawerte auf das Standardwerk der Konservierungsliteratur, *The Museum Environment* von Garry Thomson. Darin sind u. a. die Ergebnisse einer 1960 von ICOM publizierten Umfrage in europäischen Museen, Bibliotheken und Archiven zu den dort herrschenden konservatorischen Aufbewahrungsbedingungen anführt (THOMSON 1986: 119). Die daraus ermittelten Durchschnittswerte mutierten innerhalb weniger Jahre zu den inzwischen in fast allen internationalen Leihverträgen fixierten „ICOM-Klimastandards“: 20-22 °C +/- 2 °; 55 %rF +/- 5 %.

Nun wird zwar niemand, der mit den Problemen der präventiven Konservierung vertraut ist, bezweifeln, dass oben definierte Klimavorgaben für Objekte aus gemischten Materialgruppen unter Verwendung hygroskopischer Werkstoffe durchaus zuträgliche Bedingungen darstellen würden. Es handelt sich dabei jedoch weder um wissenschaftlich untermauerte Idealbedingungen, noch spiegeln diese Werte die Realität im Alltag der Objekte wider, da sie vermutlich in keinem historischen Gebäude und in keiner Privatsammlung eingehalten wurden und werden (können). Sie sind ein zwar konservatorisch begründbarer aber vorwiegend versicherungstechnisch motivierter Kompromiss im Rahmen der Behaglichkeitserwartungen von Besuchern und Ausstellungsverantwortlichen bzw. Kurator/innen und Entscheidungsträgern in Museen. Aus konservatorischen Überlegungen müssten alle mittel- und nord-europäischen Museen im Winter abgesenkte Raumtemperaturen zwischen 10 und 15 °C bevorzugen; diese Vorgaben hätten in der Vergangenheit die Mehrzahl von irreversiblen Klimaschäden an unschätzbaren Museumsobjekten und Kirchengeschäften verhindert. Ein Großteil des Publikums würde dies – didaktisch entsprechend aufbereitet – vermutlich verständnisvoll akzeptieren. Weitgehend in Vergessenheit geraten ist die Tatsache, dass bei der Gründung der großen Museen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts offensichtlich viel niedrigere Raumtemperaturen konzipiert wurden als heute. Überliefert sind die Klimavorgaben aus dem Kaiser-Friedrich-Museum zu Berlin (heute Bode-Museum), wo mit einer konservatorischen Begründung – zum Schutz der Venezianischen Ölgemälde sowie der Tafelbilder und Schnitzwerke aus Holz – die Raumtemperatur auf 13 Grad³⁶ festgelegt wurden (SARRAZIN-SCHULTZE 1904).

Die engen „ICOM-Klimastandards“ haben zu einem hohen Einsatz von Raumluftechnik verbunden mit einem überproportionalen Anstieg der Betriebskosten geführt, ohne eine signifikante Verbesserung der Klima-Stabilität zu bewirken, weshalb seit rund 15 Jahren „weichere“ aber dafür stabilere Klimastandards gefordert werden. Wie bereits in Kap. A.6. vertiefend dargelegt, hat Burmester erweiterte Sollwerte für verschiedene Materialgruppen vorgeschlagen, bei denen nun auch jahreszeitlich bedingtes Gleiten vorausgesetzt wird und als wesentliches Qualitätskriterium die Stabilität des Klimas hinsichtlich der stündlichen, täglichen und wöchentlichen Änderungen Berücksichtigung findet. Das Sollwertfeld im Jahreskreis umspannt gleitende Feuchtwerte zwischen 40 %rF und 65 %rF; die Temperaturen können Werte zwischen 4 °C und 28 °C einnehmen, wobei niedrige Werte konservatorisch generell zu bevorzugen sind (ohne aktive Kühlung) und Werte zwischen 24 und 28 °C nur für 150 Stunden pro Jahr erreicht werden sollen. Durch entsprechende jahreszeitlich nachgeführte Set-points ließen sich die Betriebskosten der Museen beträchtlich senken (BURMESTER 2000). Auch die von der *American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) herausgegebenen neuen Klimastandards für Museen, Bibliotheken und Archive, die ebenso ein viel weiter gestecktes Sollwertfeld definieren und Kurzzeitschwankungen berücksichtigen, wurden bereits erwähnt (ASHRAE 1999; ← Abb. A.42).

³⁶ in dieser Zeit vermutlich °R [Reaumur]; entspricht 16,2 °C. Der geforderte Wert der relativen Luftfeuchte von 68 % erscheint zwar historisch interessant, nach heutigem konservatorischem Kenntnisstand jedoch zu hoch.

Die Festlegung auf die zu eng formulierten „ICOM-Richtlinien“ muss inzwischen wissenschaftlich als überholt angesehen werden (HOLMBERG 1995, KIPPES 1999, HOLMBERG 2001, KOTTERER 2004, MECKLENBURG 2007, PADFIELD 2009). Sie werden aber immer noch, nicht zuletzt auch von Restaurator/innen mit mangelnder Erfahrung auf dem Gebiet der präventiven Konservierung im Kontext komplexer historischer Baukörper, meist im Umfeld internationaler Sonderausstellungen, eingefordert. Dies setzt eine Spirale von Sachzwängen in Gang, die bis in die jüngste Vergangenheit zum Einbau von raumlufttechnischen Anlagen geführt hat bzw. führt³⁷. In historischer Bausubstanz kann dies jedoch im ungünstigsten Fall schwerste Bauschäden durch Kondensatbildung im Bereich von Wärmebrücken an kalten Außenbauteilen (zuerst sichtbar im Bereich der Fenster, bis hin zu angefaulten Balkenköpfen) nach sich ziehen. Zu hoch gewählte Raumtemperaturen erzwingen zusätzlich enormen Nachbefeuchtungsbedarf, mit kaum kontrollierbaren Folgewirkungen im (nicht dampfdichten) Baukörper. Bei einer Lufttemperatur von 22 °C und 55 % rF beträgt die absolute Feuchte ca. 9 g/m³ mit einer Taupunkttemperatur von 12,2 °C – ein Wert, der an kalten Bauteilen während einer längeren Kälteperiode leicht unterschritten wird. Da es jedoch an porösen Mauerflächen bereits ab einer Temperaturdifferenz von etwa 3,5 °C zwischen Luft und kaltem Bauteil zur Kapillarkondensation kommt, findet ein unsichtbarer Wassereintrag in kalte Bauteilbereiche bereits vor Erreichen des Taupunkts statt. In diesen feuchten Außenbauteilen steigen auch die Transmissionswärmeverluste signifikant an.

Ein weiterer Einflussfaktor resultiert aus der Tatsache, dass Geschäftsführungen heute vermehrt gefordert sind, Drittmittel aus Vermietungen zu erzielen. Dabei ist zu beobachten, dass die Veranstalter von Empfängen, Tagungen, Hochzeiten, etc. auch in historischem Ambiente während der Heizperiode im Laufe der Jahre immer höhere Raumtemperaturen (bis hin zu 24 °C) einfordern (→ Kap. B.7.). Da die Wärmebereitstellung aus Kostengründen meist sehr kurzfristig und plötzlich erfolgt, sind Klimaschocks und hektische wenn auch meist vergebliche Vermeidungsstrategien durch Restaurator/innen und damit verbundene interne Konflikte die unausweichliche Folge (→ Kap. B.8.).

Das nach wie vor größte Problem in der jahrelangen Klimadiskussion stellt das Heizen bzw. Kühlen mit frei im Raum umgewälzter Luft dar, womit die Oberflächen- und Kerntemperatur von Außenbauteilen nicht ausreichend beeinflusst werden kann. Fancoil-Geräte³⁸ als leicht zu planende „Universallösung“ erfreuen sich dabei, allen konservatorischen Einwänden zum Trotz, wieder wachsender Beliebtheit. Wohlbegründete Alternativen zur Vollklimatisierung – wie etwa Bauteiltemperierung oder weiter gefasste Klimawerte mit niedrigeren Raumtemperaturen im Winter – werden häufig von den Entscheidungsträgern unter Berufung auf den Stand der Technik oder die (inzwischen überholte) „Standardliteratur“ bzw. auf versicherungstechnische Rahmenbedingungen fallen gelassen. Die zahlreichen von der Klimatechnik verursachten Schäden werden hingegen häufig bagatellisiert und verschwiegen und bleiben gewöhnlich ohne weitere Konsequenzen³⁹.

37 wie etwa der 2010 mit stark invasiven Eingriffen in die historische Bausubstanz erfolgte Einbau einer Vollklimaanlage in der Schallaburg/NÖ, um den internationalen Leihverkehr für die jährlichen Sonderausstellungen zu gewährleisten.

38 Gebläsekonvektoren, mit denen die Raumluft fallweise geheizt und gekühlt werden kann.

39 Neben der im Kap. A.6.3. erwähnten Klimapanne im Depot des Tiroler Landesmuseums „Ferdinandeam“ mit über 100 betroffenen Gemälden, sind mir mehrere ähnliche Ereignisse aus anderen Museen vertraulich mitgeteilt worden.

5.4. Neue Wege zur Klimakonditionierung

Anfang der 1980er Jahre setzten Karl Assmann und Henning Großes Schmidt vom Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege einen Diskussionsprozess in Gang, der den unmittelbaren Zusammenhang zwischen dem klimarelevanten Verhalten der Gebäudehülle und der Art der Raumheizung thematisierte.

Über viele Jahre gab Großes Schmidt richtungweisende Impulse zum Themenkreis „Museumsheizung und präventive Konservierung“ (GROSSESCHMIDT 1992, GROSSESCHMIDT 2000, BOODY-GROSSESCHMIDT u. a. 2004). Die von ihm entwickelte und von vielen Baufachleuten und Klimatechnikern z. T. bis heute abgelehnte Bauteiltemperierung hat allein im süddeutsch-österreichischen Raum in mehreren hundert Objekten – vom kleinen Freilichtmuseumsobjekt⁴⁰, über die Nachrüstvariante im historischen Altbau⁴¹ oder in Stahlbeton-Plattenbauten⁴² bis zum zeitgenössischen Museumsneubau⁴³ – ihr Potential zweifelsfrei unter Beweis gestellt. Inzwischen wird die Methode auch vom Österreichischen Bundesdenkmalamt in den Richtlinien zur Energieeffizienz am Baudenkmal erwähnt und empfohlen (BDA-RICHTLINIEN 2011: 40). Nach einem 20jährigen Meinungsbildungsprozess und nach Abschluss des Eurocare-Projekts „Prevent“ kann die Bauteiltemperierung als das Wärmeverteilsystem mit dem geringsten konservatorischen Schadenspotential bezeichnet werden. Richtig geplant und eingebaut und von entsprechend geschultem Personal betrieben, ist sie jedem Luftheizungssystem bezüglich Feuchteverhalten, Konstanz und Trägheit und nicht zuletzt bezüglich Energieverbrauch und Sicherheit (bei Ausfall der Steuer- und Regeltechnik) weit überlegen. Bezieht man – über die reinen Heizenergiekosten hinaus – auch alle Folgekosten für Nachbefeuchtung, Wartung, häufigere Restaurierzyklen, Krankenstände, Schimmelbekämpfung, etc. mit ein, so zeigt sich gegenüber etwa einer Radiatorheizung mit Einzelbefeuchtern oder Fancoil-Geräten ein energetisches Sparpotential zwischen 30 und 50 % (→ Kap. C.4.4.; HUBER-KORJENIC-BEDNAR 2010; KÄFERHAUS-HUBER 2010). Nach den mir im persönlichen Gespräch von verschiedenen Museumsmitarbeitern genannten Zahlen dürften die Betriebskosten von Museen mit Vollklimaanlage etwa das 5- bis 10-fache von Museen mit Bauteiltemperierung und getrennter Lüftung/Befeuchtung betragen⁴⁴.

Im gleichen Zeitraum entwickelte der Chemiker Tim Padfield im Zuge seiner Tätigkeit am Conservation Department des Dänischen Nationalmuseums Konzepte zur passiven Klimatisierung von Museen und Depots unter Vermeidung von Klimaanlagen und ausufernder Haustechnik. Sein über Jahre entwickeltes frei zugängliches „*Web-Book about Physics in Conservation*“ gibt einen empfehlenswerten umfassenden Einblick in die physikalischen Grundlagen der Präventiven Konservierung⁴⁵.

40 GROSSESCHMIDT 1992

41 z. B. das Lederermuseum Purgstall/NÖ. Prominente Beispiele in Österreich sind das OÖ Landesmuseum-Schlossmuseum Linz (← Abb. A.43), Schloss Ambras bei Innsbruck sowie die Schausäle des Museums für Völkerkunde in Wien.

42 Das in den 1970er-Jahren gebaute Außendepot des KHM in Wien-Inzersdorf wurde 2004 mit einer Aufputz-Wandtemperierung nachgerüstet (← Abb. A.41; → Abb. C.25).

43 Als erstes „großes“ Museum wurde das Museum Ostdeutsche Galerie in Regensburg mit einer Wandtemperierung ausgestattet und wissenschaftlich ausgewertet (KOTTERER 2004).

44 Eine betriebswirtschaftliche Evaluierung von unterschiedlich klimatisierten Museen („Was kostet 1 m³ konditionierte Museumsluft?“) wurde m. W. bisher noch nie durchgeführt.

45 www.padfield.org/tim/cfys/ (29.12.2010)

5.5. Schadenspräventives Raumklima

Grundsätzlich sollte in jedem Museum bzw. museal genutzten historischen Gebäude oder Archiv das Prinzip der „präventiven Konservierung“ gelten, d. h. die Kunstwerke, Ausstattungsstücke oder Archivalien sollten jene optimierten Aufbewahrungsbedingungen vorfinden, die restauratorische Eingriffe gar nicht erst notwendig machten bzw. durch gezielte Pflegemaßnahmen die Restaurierzyklen in möglichst großen zeitlichen Abständen erfolgen lassen. Die dazu notwendigen klimatischen Voraussetzungen lassen sich in eine allgemeine Zielvorgabe zusammenfassen:

- größtmögliche Konstanz des Raumklimas
- innerhalb konservatorisch zuträglicher Schwellenwerte

Aus chemisch-materialtechnischer Sicht scheint es unmöglich, für alle Materialgruppen gültige schadenspräventive Idealklimawerte zu definieren. Häufig wird auf die von ERHARD/MECKLENBURG 1994 publizierte Auflistung der für unterschiedliche Materialien empfohlenen bzw. kritischen Luftfeuchtebereiche verwiesen. Dies suggeriert, dass für die einzelnen Materialgruppen hoch ausdifferenzierte Klimabedingungen geschaffen werden müssten (und könnten), um den beschleunigten Verfall zu stoppen (Abb. B.104).

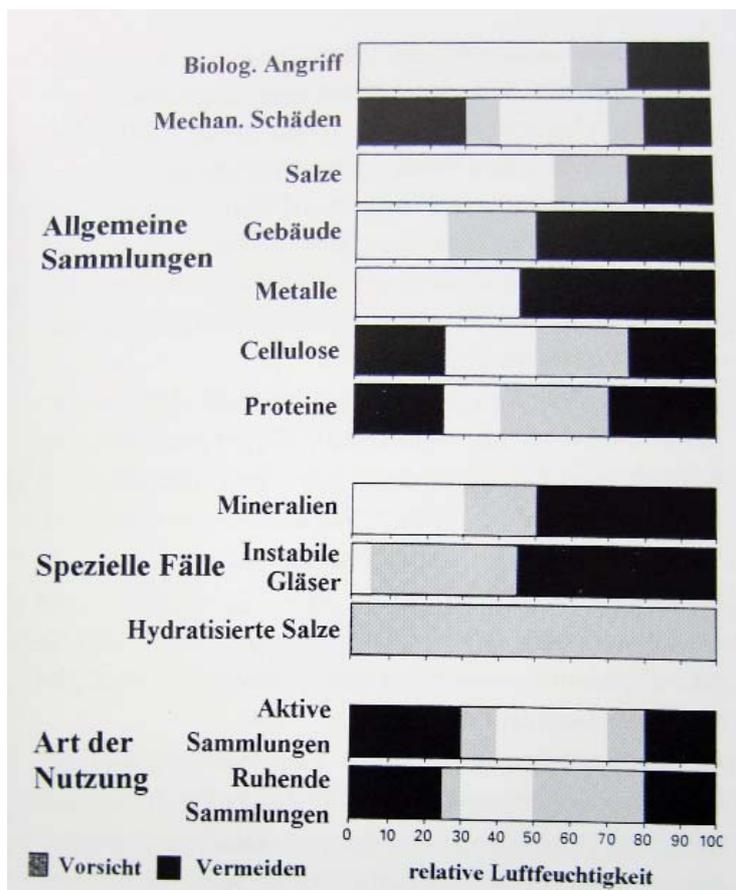


Abb. B.104: Schädliche bzw. schadenspräventive Bereiche der relativen Luftfeuchte für unterschiedliche Materialgruppen (nach ERHARD/MECKLENBURG 1994, aus KOESLING 1999: 33)

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

Abgesehen davon, dass aus verschiedenen Materialien zusammengesetzte Objekte (z. B. Holz + Perlmutter + Elfenbein + Glas + Silber + Papier) eine materialspezifische Lagerung ausschließen, ist es evident, dass die Mehrzahl der erhaltenen Kunst- und Kulturgüter viele Jahrhunderte ohne technisch gestützte Klimatisierung mehr oder weniger gut unter den in Kap. A.6. genauer beschriebenen Bedingungen überdauert hat:

- Bausubstanz: hohe Speichermassen, kleine Fenster, hygrisch ausgleichende Materialien
- Ort: trockener Repräsentations- oder Wohnraum, *bel étage*, nicht unterm Dach oder im Keller
- Sonnenschutz: bedarfsgerechte Außenbeschattung
- Heizung: keine oder Strahlungsheizung
- Konstanz: hoch (isotherme Bauteile und Ausstattung, geringe Dampfdruckunterschiede)

Daraus lassen sich letztlich folgende Voraussetzungen und Maßnahmen ableiten, die eine langfristig schadenspräventive und ressourcenschonende Aufbewahrung von Kulturgütern begünstigen:

- Baukörper mit großer Speichermasse, die von vorn herein amplitudendämpfend wirken und (bei kontrolliertem Luftwechsel) selbsttätig eine hohe Konstanz von Raumtemperatur und relativer Feuchte bewirken.
- thermische Sanierung der Gebäudehülle in allen denkmalpflegerisch möglichen Details
- keine direkte Sonnenbestrahlung (d. h. wo immer möglich: Außenbeschattung)
- optimiertes Abdichten von Fenstern und Türen sowie in unmittelbarer Folge:
- kontrollierter Luftwechsel mittels „Klimaampel“⁴⁶
- funktionstüchtige Klimaschleuse im Eingangsbereich
- abgehen von starren Klimawerten und zulassen tieferer Raumtemperaturen im Winter
- Bauteiltemperierung (keine Raumluft als Heizmedium)

Diese allgemeingültigen operativen „Spielregeln“ müssen jedoch eingepasst werden in die jeweils lokalen geografischen und meteorologischen Gegebenheiten. Objekte aus dem Amazonasgebiet werden sich langfristig im Museo Nazional de la Cultura Peruana in Lima auf ein anderes Durchschnitts-Klima einstellen als im Grassi-Museum in Leipzig oder im Museum für Völkerkunde in Wien. Das lokale durchschnittliche Außenklima und die Eigendynamik des Gebäudes bestimmen letztlich die alljährlich wiederkehrende klimatische „Grundfrequenz“, der Glättungen und bescheidene Korrekturen in die jeweils konservatorisch günstigere Richtung mit technischen Mitteln „aufmoduliert“ werden können.

Als leicht eingängiges Modell für ein in das regionale Umgebungsklima eingebettetes Museumsklima soll Abb. B. 105 dienen: Der Jahreskreis mit seinen monatlichen Durchschnittswerten der Temperatur und Absolutfeuchte definiert die äußeren klimatischen Rahmenbedingungen. Als jahreszeitliche Antipoden seien hier die in Kap. B.4. genannten jedoch in einer gewissen Bandbreite gestreuten winterlichen und sommerlichen Klimabedingungen genannt⁴⁷, wobei solare und globale Strahlungsgewinne die sommerliche Durchschnittstemperatur in Innenräumen auf ca. 24-26 °C anheben.

46 Siehe Kap. C.1.2.

47 Mittelwerte von Lufttemperatur, relativer und absoluter Feuchte für Wien/Innere Stadt: Jänner +1,2 °C / 84 % / 4,4 g/m³; Juli: 22 °C / 76 % / 11 g/m³

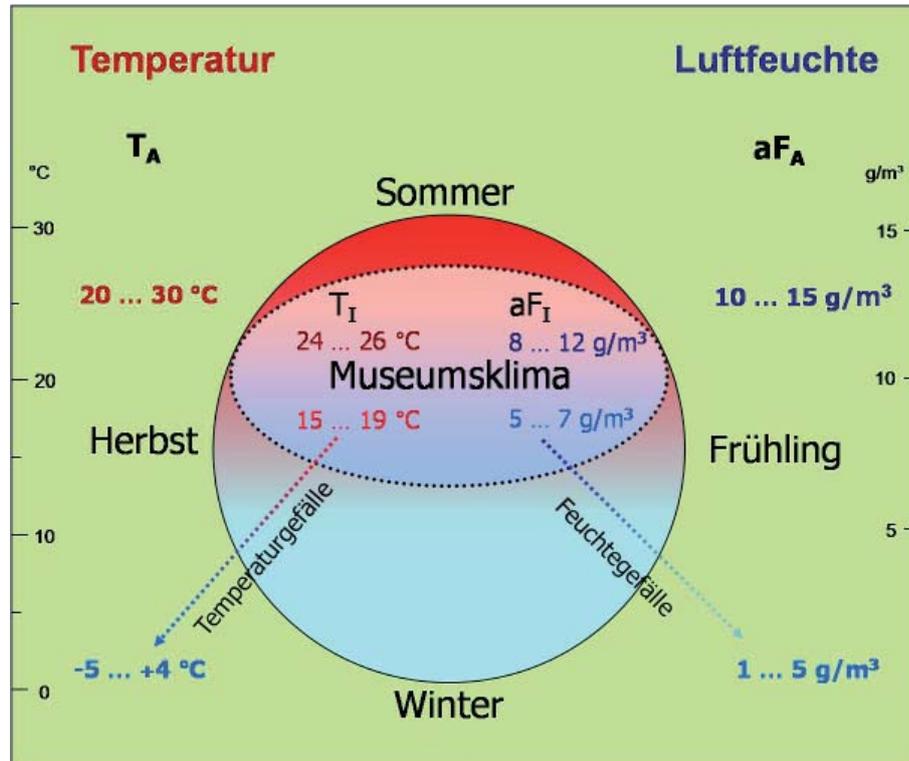


Abb. B.105: Das Innenraumklima muss den jahreszeitlich sich ändernden durchschnittlichen Außenbedingungen gleitend nachgeführt werden. Je weniger die Innenklimawerte vom äußeren Rahmen abweichen, desto weniger haustechnische Interventionen sind notwendig und desto konstanter ist der Klimaverlauf. (Skalierung schematisch)

Der „Antrieb“ für Ausgleichsvorgänge ist neben der Temperaturdifferenz und windbedingten Druckunterschieden zwischen Innen- und Außenraum im Winter der Wasserdampfpartialdruck, der sich proportional mit der Absolutfeuchte ändert. Das Zusammenspiel zwischen Temperatur, Absolutfeuchte und Dampfdruck im Jahresverlauf ist aus Abb. B.106 ersichtlich. Das (aus ← Abb. B.98 weiterentwickelte) Diagramm zeigt die monatlichen Mittelwerte der Lufttemperatur und relativen Feuchte und damit auch des jeweiligen Dampfdrucks bzw. der absoluten Feuchte für den Standort Wien-Innere Stadt. Dabei markiert die Absolutfeuchte von $4,4 \text{ g/m}^3$ im Jänner die kritische Untergrenze im Winter, die allerdings bei starkem Frost noch deutlich unterschritten werden kann. Durch gleitendes Nachführen der Innenraumtemperatur und Ausnutzung der Pufferkapazität des Baukörpers könnte (unter Voraussetzung einer dichten Gebäudehülle) auf künstliche Befeuchtung verzichtet werden, solange kein zu großes Dampfdruckgefälle nach draußen auftritt und keine Wohnraumbehaglichkeit gefordert ist. Die grüne Kurve bildet jenen hypothetischen Raumlufzustand ab, bei dem durch Nachführen der Raumtemperatur die relative Feuchte (ohne zusätzliche Befeuchtung) im Jahresverlauf im konservatorisch zuträglichen Sollwertbereich bleibt. Das bedeutet, dass im Winter durch „konservatorisches Heizen“ die Innenraumtemperatur so weit erhöht wird, dass die Außenluft (im Jänner mit durchschnittlich $1,8 \text{ °C}$ und 84 %rF) bei gleichem durchschnittlichen Wassergehalt ($4,4 \text{ g/m}^3$) im Innenraum den konservatorisch tolerierbaren Bereich nicht unterschreitet. Dies ist bei etwa 11 °C Innenraumtemperatur (bei starkem Frost auch darunter) der Fall, wobei die Raumluf 44 % ihrer Sättigungfeuchte (= relative Feuchte) erreicht.

Jedes Grad Erhöhung der Innenraumtemperatur im Winter muss mit einem Anheben der absoluten Feuchte kompensiert werden, womit sich allerdings auch das Dampfdruckgefälle nach draußen erhöht und die Labilität des Innenklimas zunimmt. Der steigende Nachbefeuchtungsbedarf ist durch das

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

zunehmend dichter werdende blaue Feld dargestellt. Eine Basisbefeuchtung von knapp über 5 g/m^3 bei Raumtemperaturen um $15 \text{ }^\circ\text{C}$ in Ausstellungen oder Depots würde den Dampfdruck nur geringfügig anheben; bei $22 \text{ }^\circ\text{C}$ und $55 \text{ } \%$ rF (wie dies heute in Museen häufig gemessen werden kann), hat sich mit einer notwendigen Absolutfeuchte über 9 g/m^3 der Dampfdruck gegenüber dem Außenklima mehr als verdoppelt.

Im Sommer wird die Raumluft bei einer durchschnittlichen Außenlufttemperatur von rund $22 \text{ }^\circ\text{C}$ in einem Gebäude durch solare und globale Strahlungsgewinne je nach Bauweise, Fenstergröße und Standort auf $24\text{-}27 \text{ }^\circ\text{C}$ angehoben. Die durchschnittliche relative Außenfeuchte von $76 \text{ } \%$ sinkt dadurch auf $60\text{-}65 \text{ } \%$ rF, was genau der konservatorisch zuträglichen Obergrenze der relativen Feuchte entspricht. Je weniger die Innenklimawerte – die ja, ohne sekundäre Einflüsse, die vom Gebäude gepufferten äußeren Durchschnittswerte abbilden würden – hinsichtlich Absolutfeuchte und Dampfdruck von den äußeren meteorologischen Rahmenbedingungen abweichen, desto weniger haustechnische Interventionen sind notwendig und desto konstanter ist der Klimaverlauf. Voraussetzung für das Funktionieren eines solchen „weichen“ passiven Klimakonzepts sind allerdings Bauten mit großer Speichermasse und hygrysch puffernder Innenausstattung, eine dichte Gebäudehülle, kontrollierter Luftwechsel mittels „Klimaampel“, moderate innere Lasten (Licht, Geräte, etc.) und Außenbeschattung. Vor allem aus England und Skandinavien (aus dem Kreis um Tim Padfield), wo diese Klimastrategie unter dem Begriff „*passive climate control*“ schon seit längerem diskutiert wird (HOLMBERG 1997), liegen mehrere Beispiele vor, die zeigen, dass Kunstdepots mit minimaler oder sogar ohne Klimakonditionierung längst Stand der Technik sind (PADFIELD-LARSEN 2004, PADFIELD-LARSEN 2007, RASMUSSEN 2007, PADFIELD-LARSEN 2009).

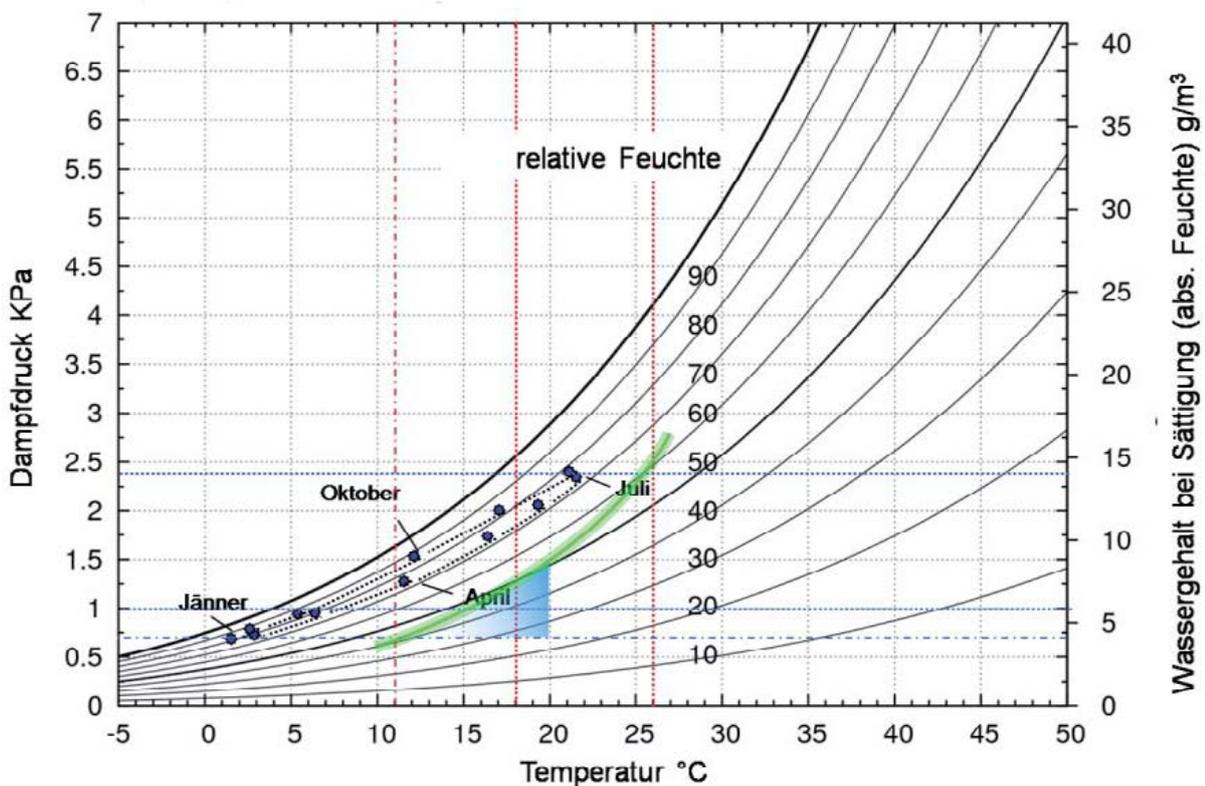


Abb. B.106: Zusammenspiel zwischen Temperatur, Absolutfeuchte und Dampfdruck im Jahresverlauf für den Standort Wien Innere Stadt. Durch strategischen Luftwechsel und Annäherung der Werte von Lufttemperatur, Absolutfeuchte und Dampfdruck an das Monatsmittel des Außenklimas kann der Aufwand für Klimakonditionierung signifikant verringert werden.

Die langjährige Umgebung definiert letztlich das „Historisches Klima“, auf das sich ein Objekt im Laufe der Jahre eingeschwungen hat, und nur Restaurator/innen können beurteilen, ob es unter den jahrzehntelang gewohnten Bedingungen stabil ist oder sein Zustand sich langsam aber merklich verschlechtert.

Objekte aus hygroskopischen Materialien sollten soweit möglich in geschlossenen Vitrinen aufbewahrt werden, die bereits einen Großteil von Klimaschwankungen puffern. Eine Ausstattung der Vitrine mit einer ausreichenden Menge Silica-Gel oder Artsorb, (das bei Sonderausstellungen auf das Herkunftsklima des Objekts konditioniert und in die Transportkiste mitgepackt wurde), sorgt selbsttätig für eine gleitende Akklimatisierung sowohl am Ausstellungsort als auch nach der Rückstellung. In Ausnahmefällen können bei besonders heiklen Objekten und Kunstammerstücken klimatisierte Vitrinen mit Umluftbetrieb und Schadstofffilter eingesetzt werden.

5.5.1. Sollwertfeld für den Standort Wien

Aus den zuvor entwickelten Überlegungen lässt sich ein konservatorisch begründetes Sollwert-Feld für Temperatur und relative Feuchte am Museumsstandort Wien definieren, das auch als saisonal gleitende Set-points in eine Klimaanlage einprogrammiert werden könnte. Da bei Objekten aus gemischten Materialgruppen materialabhängige Idealwerte nicht möglich sind, und sich die Objekte im Laufe von Jahrzehnten an das „historische Klima“ (M. Koller) angepasst haben, sind jene Werte anzustreben, die ein möglichst geringes Gefälle zum Außenklima aufweisen.

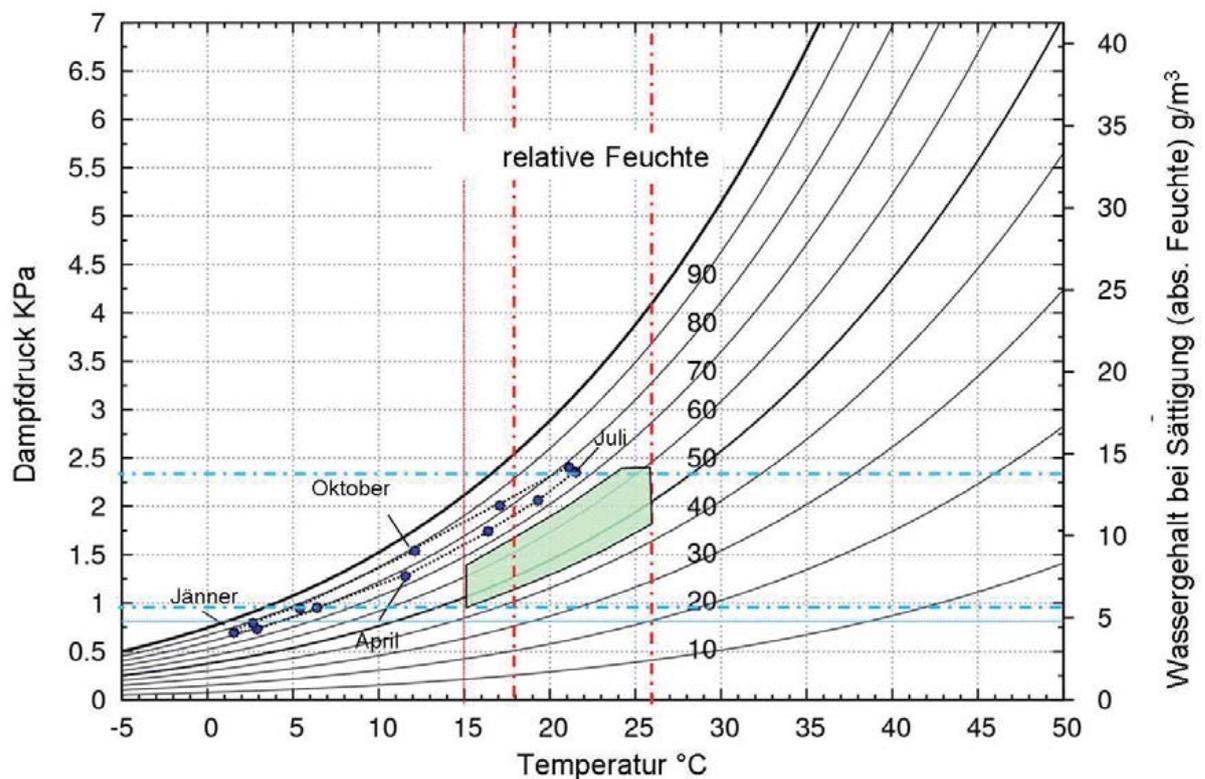


Abb. B.107: Sollwertfeld für den Standort Wien

5.5.2. Luftwechselraten

Der Luftwechsel ist als das pro Stunde ausgetauschte Raumluftvolumen definiert; der Luftaustausch wird mittels der Luftwechselrate oder Luftwechselzahl n charakterisiert⁴⁸. Vor allem in den deutschsprachigen Ländern Europas fällt auf, dass dem Luftwechsel in der Debatte über Raumklima im Museum bisher kaum Beachtung geschenkt wurde. Dies erstaunt, zumal die Diskussion über Raumtemperatur und Werte der relativen Luftfeuchte und die Konstanz des Raumklimas ohne Einbeziehung von Überlegungen zum Luftwechsel wenig aussagefähig ist. Das Thema wurde von Kippes umfassend behandelt (KIPPES 1999).

Die von der Lüftungstechnik für Veranstaltungsräume vorgegebenen Luftwechselraten müssen für den Museumsbetrieb als weit überhöht angesehen werden. Der tatsächliche physiologische Frischluftbedarf liegt pro Erwachsenen bei 10-20 m³/h; in den USA sind in öffentlichen Räumen mit Rauchverbot pro Person 9 m³/h gefordert (Hilbert 1987: 115). Die gängige deutsche Fachliteratur empfiehlt für Museen eine Frischluftfrate von 10 m³/h pro Person. In den USA werden 8 m³/h, in Schweden 4 m³/h pro Person gefordert (HOLMBERG 1989/1997, Teil D: 3-4). Selbst unter der Annahme des vom österreichischen Gesetzgeber geforderten Bedarfs von 30 m³/h, könnten sich in den Schauräumen der SAM (die jeweils Raumluftvolumen zwischen 600 und 1200 m³ aufweisen) pro Raum 20-40 Personen eine Stunde lang aufhalten, ohne eine Beeinträchtigung der Behaglichkeit zu erleiden.

J. Käferhaus hat in seiner Studie 1999 für das Corps de Logis für die Schauräume einen etwa einfachen stündlichen Luftwechsel durch natürlichen Auftrieb ermittelt (Käferhaus 1999: Abb. 6.1.3.), für die Aula einen 0,5fachen Luftwechsel. Auch aus konservatorischen Überlegungen ist eine Luftwechselrate von $n = 0,5 - 1 \text{ h}^{-1}$ im Sommer mehr als ausreichend, weshalb eine technisch gestützte Steigerung des Luftwechsels nicht erforderlich erscheint. Im Winter muss die Luftwechselrate auf $n = 0,05 - 0,1 \text{ h}^{-1}$ abgesenkt werden, um die Nachbefeuchtung mittels Verdunstungsbefeuchtern zu gewährleisten.

5.6. Zusammenfassung

Die hier grob umrissenen Fakten bezüglich Schadensursachen bzw. der notwendigen Rahmenbedingungen für eine schadenspräventive Aufbewahrung sind überwiegend seit mehr als 20 Jahren bekannt und damit keineswegs neu; sie werden allerdings in der Österreichischen Museumslandschaft kaum mehr diskutiert. Überlegungen zu „*risk assessment*“ und „*risk management*“ wie sie etwa in Großbritannien und Skandinavien seit rund 10 Jahren vertiefend diskutiert werden, sind hierzulande weitgehend unbekannte Begriffe (BROKERHOF 2007). Seit dem EU-Projekt „Prevent“ ist ausreichend erwiesen, dass die gängige Art der (Luft-)Heizung und Klimatisierung durch technische Konditionierung der Raumlufte (insbesondere im historischen Bestand) die zahlreichen Klimaschäden der letzten 50 Jahre nicht nur nicht verhindern konnte, sondern von einigen Autoren sogar als eine der Ursachen dafür angesehen wird und sowohl aus wirtschaftlicher als auch konservatorischer Sicht einer Neubewertung bedarf (CASSAR-FERNANDEZ-OREZYN 1994: 40; GUICHEN 1991: 18).

Das komplexe Thema „Klima“ wird in seiner konservatorischen Tragweite sowohl von den Entscheidungsträgern als auch von den meisten Architekten und Planern erfahrungsgemäß immer noch unterschätzt und die Verantwortung dafür „der Haustechnik“ zugeschoben. Dabei wird übersehen, dass der Schlüssel zum Erfolg in der Ursachenvermeidung (und nicht in der Symptombekämpfung) liegt. Viele bauliche Maßnahmen und gestalterische Entscheidungen (zu großer Energieeintrag, fehlender oder

⁴⁸ mit der Einheit h^{-1} bzw. $1/\text{h}$ (= pro Stunde)

ungeeigneter Sonnenschutz, fehlende Speichermasse, unkontrollierter und meistens zu hoher Außenluftwechsel, fehlende Klimaabschnitte und Pufferzonen, Heizen mit frei im Raum umgewälzter Warmluft, u. ä.) verursachen überhaupt erst jene Probleme, deren Beseitigung dann unreflektiert einer „Klimaanlage“ überantwortet wird. Die Eigendynamik des Baukörpers und der baulichen Gegebenheiten ist auf lange Sicht immer stärker als die Haustechnik. Nicht zuletzt wird übersehen, dass eine Klimaanlage oder auch Einzelgeräte wie Luftbefeuchter oder Fancoils keineswegs als Problemlösung, sondern mehr oder weniger als konservatorische „Krücken“ anzusehen sind, die nicht nur in Anschaffung, Betrieb und Wartung große finanzielle und personelle Ressourcen binden, sondern daneben auch neue konservatorische Probleme schaffen (wie etwa Stabumwälzung, Ionisation von Staubteilchen, Kurzzeitregelschwankungen, Schimmelpilzbelastung, etc.). Das dominante „Kalte-Wand-Problem“ ist im historischen Altbau mit Luftkonditionierung generell nicht zu lösen.

Der Ausweg aus der (über kurz oder lang kaum mehr finanzierbaren) haustechnischen Sackgasse in Museen kann nur über ein für den jeweiligen Standort entwickeltes, integrales konservatorisches Gesamtklimakonzept erfolgen, verbunden mit einer ohnedies gebotenen thermischen Sanierung sowie „haustechnischen Abrüstung“. Die Klimakonditionierung muss weitgehend über die Pufferwirkung der Gebäudehülle erfolgen („passive climate control“) unter Zulassung niedrigerer Raumtemperaturen im Winter. Bauteiltemperierung anstelle von Heizen durch Warmluft schafft konstante Strahlungsfelder auf energetisch niedrigerem Niveau. Große historische Räume mit bauteilgebundener Raumausstattung (Bibliotheken) bedürfen dabei besonders subtil geplanter Lösungen. Optimiertes Dichten der Gebäudehülle sowie kontrollierter Luftwechsel, der mittels Klimaampel (unter Ausnützung der gezielt eingesetzten Pufferkapazität der verwendeten Materialien) strategisch nach Maßgabe der Außenkonditionen zur- Be- und Entfeuchtung eingesetzt werden kann, reduzieren den Anlagenaufwand auf ein Minimum. Empfindliche Objekte sind in Vitrinen aufzubewahren, die entsprechend konditioniert und gepuffert werden können.

6. Physiologische Aspekte

Beim Raumklima im Museum überschneiden sich zwei Themenbereiche – nämlich die für die Objekte konservatorisch notwendigen Rahmenbedingungen und die Interessen und Bedürfnisse der Menschen, die sich in diesen Räumen aufhalten.

In diesem Kapitel werden einige wichtige Aspekte, die das Wohlbefinden der Angestellten betreffen, angeschnitten, da es hier erfahrungsgemäß immer wieder zu Interessenskonflikten und diametralen Zielvorgaben zwischen Restaurator/innen, Kustod/innen, kaufmännischer Verwaltung und Personalvertretung kommt. Es gibt jedoch auch Themenbereiche, wo eine Erhöhung der Behaglichkeit der Angestellten auch mit einer Verbesserung der konservatorischen Rahmenbedingungen verbunden wäre.

6.1. Behaglichkeit

Behaglichkeit kann man vereinfacht definieren als „*das thermische Gleichgewicht des Körpers bei verschiedenen physikalischen Umwelteinflüssen*“⁴⁹, wobei der Wasserdampfgehalt der Luft bei den physikalischen Einflüssen eine maßgebliche Rolle spielt. Es ist jedoch unmöglich, exakte Werte festzulegen, da das Wohlbefinden jedes Einzelnen von einer Reihe anderer Faktoren beeinflusst wird wie etwa Kleidung, Geschlecht, Konstitution, Gesundheit, Nahrungsaufnahme, Alter, Tages- und Jahreszeit, Art der Arbeit, Beleuchtung, Geräusche, Gerüche, Kontakt zur Umwelt, usw. Nicht zuletzt spielen auch psychische Aspekte eine nicht unbeträchtliche Rolle, wenngleich diese erst in jüngster Zeit ernsthaft wahrgenommen werden (RECKNAGEL-SPRENGER 1993: 44).

Da es unmöglich ist, Raumluftzustände zu schaffen, bei denen sich alle Menschen gleichermaßen wohl fühlen, kann man gesetzliche Rahmenbedingungen nur über eine statistische Auswertung einer möglichst großen Probandengruppe festlegen. Man kann davon ausgehen, dass ein Raumklima als behaglich gelten kann, wenn sich mehr als 90 % der darin anwesenden Personen wohl fühlen (RICCABONA-BEDNAR 2010: 21f).

Die Erfahrung zeigt, dass neben Kleidung und körperlicher Aktivität hauptsächlich vier Elemente des Raumluftzustands für das thermische Gleichgewicht des Körpers verantwortlich sind: Die Lufttemperatur und ihre gleichmäßige Verteilung, die Strahlungstemperatur der Raumumschließungsflächen (Wände, Fenster, Heizkörper) bzw. die Sonneneinstrahlung, die relative Luftfeuchte und die Luftbewegung. Aufgrund der Komplexität des umfangreichen Sachgebiets, das in der Heizungs-Klima-Lüftungstechnik durch die ÖNorm EN ISO 7730 erfasst wird, werden hier nur die für unser Thema relevanten Aspekte herausgegriffen.

6.1.1. Thermische Behaglichkeit und „empfundene Temperatur“

Die thermische Behaglichkeit des menschlichen Körpers wird wesentlich bestimmt durch Kälterezeptoren, die auf der ganzen Hautoberfläche verteilt sind und Wärmerezeptoren im vorderen Stammhirn, die den Wärmehaushalt steuern. Sinkt die Hauttemperatur unter 33 °C, wird den meisten Menschen kalt. Wenn die Temperatur im Innenohr bzw. Stammhirntemperatur 37 °C überschreitet, beginnt man zu schwitzen. Thermische Behaglichkeit tritt ein, wenn die genannten Werte nicht unter- bzw. überschritten werden (RECKNAGEL-SPRENGER 1993: 45).

Ein Regelkreis des Organismus erfolgt über die Lunge, wo Temperatur und Feuchte der eingeatmeten Luft geprüft und der Temperaturhaushalt bzw. der Kreislauf darauf abgestimmt wird. Die Kälterezeptoren

49 Dieses Kapitel orientiert sich weitgehend an RECKNAGEL-SPRENGER 1993: Kap. 1.2., 40-73

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

sind an der Körperoberfläche (mit erhöhter Sensibilität im Bereich des Unterarm- und Knöchelpulses) angeordnet, weshalb eine meist unbewusste aber deutlich ausgeprägte Richtungsempfindlichkeit gegenüber kalten Flächen bzw. Zugluft besteht („es zieht mir auf die Füße“).

Der menschliche Körper steht mit den Raumumschließungsflächen in ständigem Strahlungsaustausch. Mehr als die sog. „Lufttemperatur“ wird vom Organismus die Oberflächentemperatur der Hüllflächen registriert. Sinkt die Oberflächentemperatur der Raumumschließungsflächen unter 19-20 °C, wird den meisten Menschen kalt. Da die etablierten Heizwärmeverteilssysteme die Luft als Heizmedium verwenden (Radiatorheizung, Gebläsekonvektor, Klimaanlage), sind im Winter Wände und Fenster (je nach Außentemperatur und Wärmedurchgangskoeffizienten des Bauteils) immer um 2-8 K kälter als die Raumluft.

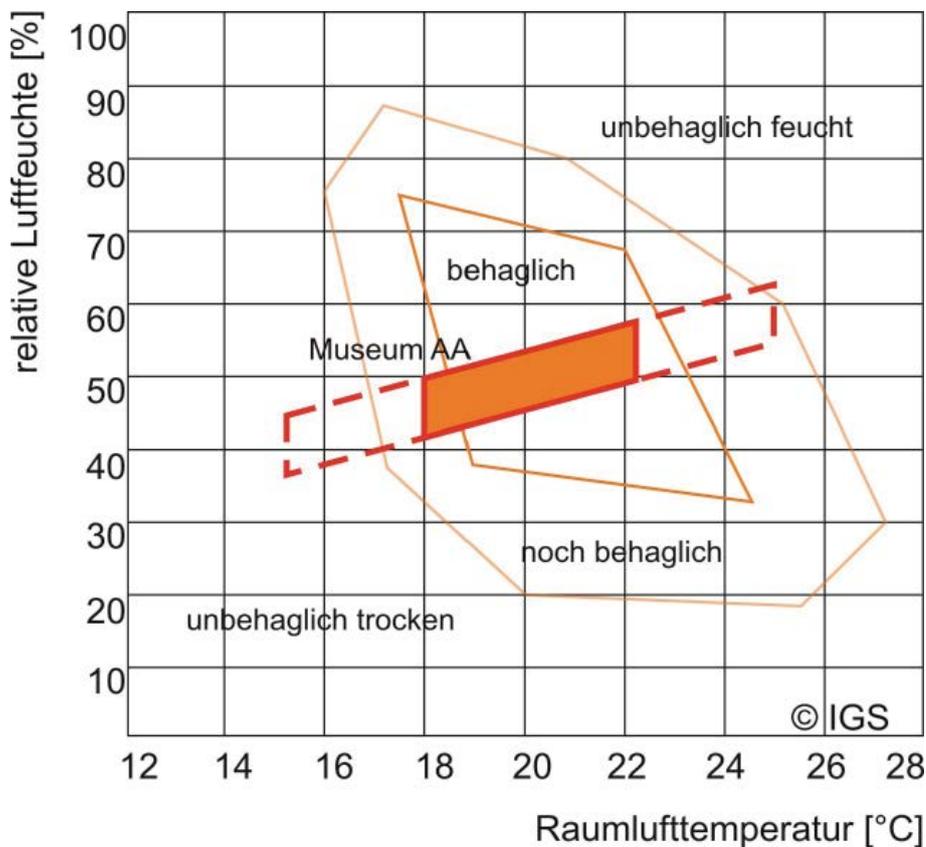


Abb. B.108: Physiologisches Behaglichkeitsfeld verknüpft mit dem konservatorischen Sollwertfeld aus dem ASHRAE-Handbuch 2007 (← Kap. A.6.4.)
IGS TU Braunschweig (Grafik: V. Huckemann)

Die Temperatur der Raumluft, die ebenfalls von der Temperatur der Hüllflächen durch Strahlung und Konvektion bestimmt wird, ist eine physikalisch nur schwer zu messende Zustandsgröße, da es – vor allem bei Radiatorheizung – zu einer mehr oder weniger starken Spreizung der verschiedenen warmen Luftschichten im Raum kommt. (Man sollte daher besser von Gleichgewichtstemperatur der Luft sprechen). In der Heizungs- und Klimatechnik hat sich der Begriff der „empfundenen Temperatur“ etabliert, die als Mittelwert zwischen der mittleren inneren Oberflächentemperatur und der Gleichgewichtstemperatur („Lufttemperatur“) ermittelt wird. Ein Raum mit einer „Raumtemperatur“ von 19 °C wird heutzutage normalerweise als „eher kühl“ empfunden, da die Strahlungstemperatur der Außenwände und Fenster um 2-8 K tiefer liegt, und daher die „empfundene Temperatur“ etwa 17-18 °C beträgt.

Noch in den 1970er Jahren wurde infolge des „Ölschocks“ (1973 sowie 1979/80) in Büros und Arbeitsstätten des öffentlichen Dienstes zeitweise auf die Einhaltung einer Obergrenze der Gleichgewichtstemperatur von 20 °C geachtet, worauf die Angestellten mit entsprechend wärmerer Winterbekleidung reagierten. Zwischenzeitlich stark veränderte Modetrends haben zu signifikanten Änderungen im Bekleidungsverhalten geführt. Die damit unmittelbar verbundenen im Winter auch im Privatbereich tendenziell höheren Wohnraumtemperaturen von 21-23 °C schaffen eine Erwartungshaltung gegenüber dem Arbeitsplatz, was bei Nichterfüllung naturgemäß zu Spannungen und Beschwerden führen kann. Generell rufen ausgeprägte Strahlungsasymmetrien vor allem bei ruhiger bzw. sitzender Tätigkeit (Aufsichtsdienst, Bürotätigkeit) Unbehagen hervor. Sinkt die Oberflächentemperatur aller Raumumschließungsflächen mehr oder weniger unter 17 °C, wird ein Raum auch bei einer „Raumtemperatur“ im höheren Behaglichkeitsbereich als ungemütlich empfunden. Im Sommer hingegen kann eine starke Asymmetrie zwischen von der Sonne aufgeheizten Strahlungsflächen (Fenster) und aktiv gekühlter Raumluft bei Personen mit schwachem Kreislauf oder Bluthochdruck zu Kreislaufproblemen bis hin zum Kollaps führen.

6.1.2. Luftfeuchte

Der menschliche Körper hat kein ausgeprägtes Sensorium für Unterschiede in der relativen Feuchte, solange sich diese zwischen ca. 35 % und 65 % bewegt. Sinkt die relative Feuchte deutlich unter 30 % wird den Schleimhäuten im Nasen- und Rachenraum und im Augenbereich Wasser entzogen, wodurch die Anfälligkeit für Infektionen und Entzündungen steigt. Im Sommer wird eine absolute Feuchte über 11-12 g/m³ als „schwül“ empfunden.

Das Arbeitnehmerschutzgesetz regelt, dass beim Vorhandensein einer Klimaanlage die relative Feuchte zwischen 40 und 70 %rF betragen muss und in jedem Raum ein Thermometer und Hygrometer vorhanden sein muss (§ 28. (5) ASG).

Im Museum muss im Winter die Raumluft nachbefeuchtet werden, um Defizite gegenüber der niedrigen absoluten Außenfeuchte auszugleichen. Bei Luftbefeuchtern, die nach dem Prinzip der Kaltverdunstung arbeiten, kommt es zu einem Kühlungseffekt, da die zur Verdunstung benötigte Energie der Umgebungsluft entzogen wird. Die Abkühlung im Bereich der Befeuchter, die im Sommer als angenehm empfunden wird, kann in der kalten Jahreszeit Kritik seitens des Aufsichtspersonals auslösen. Die in Klimaanlagen häufig eingesetzte Dampfbefeuchtung vermeidet diesen Effekt; dafür besteht vor allem in der Übergangszeit die Tendenz zu höheren Raumtemperaturen. Außerdem wird dampfbefeuchtete Luft eher qualitativ als „schlecht“ empfunden. Abgesehen davon besteht bei Dampfbefeuchtung die latente Gefahr einer plötzlichen Überfeuchtung bei unvorhergesehenem Reglerausfall⁵⁰.

Ultraschallbefeuchter benötigen entmineralisiertes Wasser (bzw. Kalkfilter) und sind technisch eher anfällig und wartungsintensiv und müssen regelmäßig von Fachkräften gereinigt werden. Luftbefeuchter stehen im Verdacht, Brutquelle für Mikroorganismen zu sein, die gesundheitsschädlich sind. Da jede technische Manipulation des Mediums „Atemluft“ im Prinzip zu vermeiden wäre, sollten alle Maßnahmen ausgeschöpft werden, um die Zahl und den Einsatz von Luftbefeuchtern möglichst zu minimieren.

6.1.3. Luftbewegung

In historischen Bauten mit hohen Räumen oder offenen Stiegenhäusern kommt es sowohl wegen Undichtigkeiten in der Gebäudehülle als auch durch Temperaturunterschiede der Bauteile oder der Luftschichten zu mehr oder weniger starken (konvektiven) Luftströmungen. In der kalten Jahreszeit werden

50 vgl. die Klimapanne im Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum im Dezember 2005, ← Kap. A.6.3

diese ab einer Windgeschwindigkeit $> 0,2$ m/sek. als „Zugluft“ und daher als unbehaglich empfunden. Im Sommer hingegen verschafft die bewegte Luft dem Körper Kühlung, weshalb ein erhöhter Luftwechsel absichtlich herbeigeführt wird, selbst dann, wenn von außen wärmere Luft ins Gebäude eingetragen wird. Dies führt im Sommer zu Interessenskonflikten zwischen den unterschiedlichen Nutzern.

6.2. Luftqualität

Um eine gute Qualität der Raumlufte zu erreichen, ist es notwendig, die Innenluft regelmäßig auszutauschen. Der Luftwechsel (als das pro Stunde ausgetauschte Raumluftevolumen mit der Luftwechselrate oder Luftwechselzahl n), wurde bereits im vorigen Kapitel definiert⁵¹. Der hygienische Luftwechsel wird von den physiologischen Gegebenheiten bestimmt, denen zufolge jedem Mensch im Ruhezustand pro Stunde rund 20 m^3 , bei leichter Aktivität etwa 30 m^3 Luft zur Verfügung stehen sollte. Laut ÖNorm EN 13779 sind im Aufenthaltsbereich von Arbeitnehmern je nach definierter Innenluftqualität (niedrig, mittel, hoch) 20, 30 oder 45 m^3 Frischluft pro Stunde vorgeschrieben. Dabei wird jedoch von einer fiktiven Raumhöhe von 2,6 m ausgegangen. Bei großen Raumkubaturen und einer Nutzungsdauer von maximal 10 Stunden pro Tag sind pro Person und Stunde jedoch weit geringere Frischluftmengen ausreichend. „Schlechte Luft“ und „Sauerstoffmangel“, wie sie vorwiegend während der Sommermonate von Museumsbesuchern oder vom Aufsichtspersonal konstatiert werden, haben meist nichts mit einem tatsächlichen Anstieg von CO_2 (>1000 ppm) oder einem Absinken des Luftsauerstoffgehalts ($< 20 \%$) zu tun, sondern mit Kreislaufproblemen, die beispielsweise auf die hohen Hüllflächentemperaturen der Raumschale bzw. auf Temperatur- und Strahlungsasymmetrien zwischen Atemluft, Wandoberflächen und Ausstattung und den wegen unzureichender Beschattung von der Sonne aufgeheizten Fensterflächen zurückzuführen sind. Der Sauerstoffgehalt der Luft beträgt 20,9 Gew.-%. Erst ein Absinken des O_2 -Gehaltes unter 16 % führt zu Beeinträchtigung im Wohlbefinden (RECKNAGEL–SPRENGER 1994: 1.57). Eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen dabei auch Staubverwirbelung sowie menschliche Ausdünstung und von der Raumausstattung (von Postermöbeln, Teppichböden oder Oberflächen) abgegebene Partikel und Geruchsstoffe, deren Freisetzung bei höheren Raumtemperaturen zunimmt und die von den meisten Menschen als störend empfunden werden bzw. Übelkeit auslösen können (RECKNAGEL–SPRENGER 1994: 69f).

6.3. Behaglichkeit für die Mitarbeiter/innen der Neuen Burg Situation im Ausstellungs- und Kassenbereich, in Büros und Werkstätten

Je nach Lage des Arbeitsplatzes und Tätigkeit wird die Arbeitssituation von den in der Neuen Burg tätigen Personen sehr unterschiedlich wahrgenommen. Aufgrund der vielen unterschiedlichen Situationen können hier nur die signifikantesten Beispiele herausgegriffen werden.

6.3.1. Behaglichkeit im Ausstellungsbereich

Wie in einem historischen Altbau mit seinen großzügigen hohen Räumen allgemein zu erwarten, wird der Aufenthalt in der Neuen Burg über die meiste Zeit des Jahres als angenehm bis zufrieden stellend empfunden. Die Arbeitsplatzsituation des Aufsichtspersonals und der Teamleiter hat sich einerseits aufgrund größerer und zeitgemäß ausgestatteter Aufenthaltsräume gegenüber der Vergangenheit signifi-

⁵¹ mit der Einheit h^{-1} bzw. 1/h (= pro Stunde)

kant verbessert. Andererseits blieben die Bedingungen in den Ausstellungsbereichen seit Jahren nahezu unverändert. In den Wintermonaten geben die tiefen Raumtemperaturen in einigen Sammlungsbereichen (im Prunkstiegenhaus wegen der Undichtigkeiten der Gebäudehülle bis zu 16 °C, in der HJRK wegen der undichten Fenster, der großen kühlen Strahlungsflächen der Fensterscheiben und Schwierigkeiten mit den Heizkreisverteilern im Winter 2010/11 bis zu 14 °C) regelmäßig Anlass zu Beschwerden. Ab Ende Juni (je nach gegebenem meteorologischem Jahresverlauf) übersteigen die Raumtemperaturen in den südseitigen Ausstellungsbereichen die gesetzlich vorgeschriebene Obergrenze von 26 °C jedes Jahr um bis zu 4,5 K. Dies führte in der Vergangenheit bei Besuchern und Personal mitunter zu Kreislaufproblemen. Dem Bedürfnis nach höherem Luftwechsel vor allem in der zweiten Tageshälfte kann aus konservatorischen Gründen nicht immer nachgegeben werden, da bei Südostströmung das Öffnen der Oberlichten zu einem direkten Eintrag noch wärmerer Außenluft führen würde, die zusätzlich von der warmen, von der Sonne beschienenen Sandsteinfassade weiter aufgeheizt ist. Auch bewirken die ständig verschatteten Fenster, die keinen Ausblick ins Freie ermöglichen, mitunter klaustrophobische Stimmungslagen. Gegen Ende des Sommers, wenn das Gebäude vom langen und übermäßigen solaren Wärmeeintrag (wegen mangelhaftem Lichtschutz und fehlender kontrollierter Lüftung) thermisch „aufgeladen“ ist und draußen wieder mildere Temperaturen vorherrschen, werden die Sammlungsräume (die aufgrund der überhöhten Temperaturen moderat nachbefeuchtet werden müssen) vom Personal als „stickig“ empfunden. Dies weckt das Bedürfnis nach Stoßlüften, das jedoch wegen der enormen Speicherkapazität des Mauerwerks außer kurzfristigen Klimaeinbrüchen keine effektive Verbesserung bringt.

Im Kassenbereich für SAM, HJRK und Ephesus-Museum im Mittelbau der Neuen Burg wird die dort häufig herrschende Zugluft als besonders störend bis gesundheitswidrig empfunden. Aufgrund der dominanten Westwetterlage und der undichten Gebäudehülle kommt es dort vor allem im Herbst zu extremem Winddruck, der die Pendeltür im Eingangsbereich auf bis zu 45° aufdrückt und Luftvolumenströme von bis zu 300 m³ pro Minute bewirkt (← Kap. B.2.3. und Abb. B.81). Die Zugscheinungen treten auch bei geschlossener Pendeltüre auf, da die Glastafeln der Trennwand auf Lücke versetzt sind (um keine zu starken Winddruckkräfte aufzubauen). In der kalten Jahreszeit kommt es hier vermehrt zu Krankenständen. Während der heißen Sommermonate wird die Eingangstüre manchmal absichtlich offen gehalten, da die bewegte Luft als kühlend empfunden wird. Die vom Heldenplatz einströmende Luft ist jedoch nur am frühen Vormittag tatsächlich kühler; ab etwa 10-11 Uhr und vor allem nachmittags ist die warme Außenluft vom heißen Asphalt zusätzlich aufgewärmt und führt zu einem verstärkten Wärmeeintrag ins Gebäude, sodass es auch auf der kühlen Nordseite der Neuen Burg im Prunkstiegenhaus im Hochsommer zu Raumtemperaturen bis zu 28 °C kommt.

Im Kassen- und Shopbereich für das MVK im Corps de Logis, der mittels der 2006 dort errichteten Glastrennwand als Pufferzone bzw. Klimaschleuse zwischen Eingangsvestibül und Säulenhalle fungieren soll, gibt es ebenfalls Behaglichkeitsprobleme sowohl im Hochsommer als auch während längerer Kälteperioden. Im Sommer bewirkt die Shop-Beleuchtung einen übermäßigen Temperaturanstieg, dem man durch Öffnen der Pufferzone zu begegnen sucht, was wiederum zu Klima-Instabilitäten und Zugscheinungen in der Säulenhalle und kontroversen Diskussionen mit den Restaurator/innen führt. Im Winter zeigt sich die thermische Insuffizienz des Eingangsvestibüls, die durch das Entfernen der originalen Windfänge 2006 noch verstärkt wurde, da die drei großen Eingangstüren nun eine Einscheibenverglasung aufweisen.

6.3.2. Behaglichkeit in den Büros

Die Situation in den nordseitigen Büros zwischen Hochparterre und 1. OG kann das ganze Jahr über weitgehend als sehr gut bis zufriedenstellend beurteilt werden. In allen Büros der Obergeschosszone wird jedoch im Hochsommer die gesetzlich vorgeschriebene Obergrenze von 26 °C überschritten (← B.1.5.; §28 ASG). Auch die nordseitigen von den Höfen A – D belichteten Büros erhalten bei Schönwetterperioden gantztägig solare Gewinne, da am Vormittag der Strahlungseintrag von den gegenüberliegenden Hofmauern in die nordseitigen Fenster, die über keinen Lichtschutz verfügen, reflektiert wird.

In fast allen frei nach Süden orientierten Arbeitsstätten ist aufgrund unzureichender Beschattungsmaßnahmen und fehlender kontrollierter Lüftung die Sommertauglichkeit nach ÖNorm B 8110-3 nicht gegeben und somit das Arbeitnehmerschutzgesetz nicht erfüllt. In den Büros der ÖNB im 2. OG wurden in der Vergangenheit nach Auskunft von MitarbeiterInnen bis zu 34 °C gemessen (z. B. im Sommer 2003). Im Sommer 2009 (21.6.-30.9.) wurden die Klimadaten in einem südseitigen Büro sowie im Archiv/Bibliothek im Mittelbau mit einem Datalogger aufgezeichnet. In diesem Zeitraum wurden mehrmals über 30 °C erreicht und dabei die gesetzliche Obergrenze von 26 °C in den beiden Monaten Juli und August (1.488 Std.) für insgesamt 436 Stunden überschritten.

6.3.3. Behaglichkeit in den Werkstätten

Bei allen Sanierungsmaßnahmen, insbesondere bei der Adaptierung der 2008 eröffneten Restaurierwerkstätten des MVK wurden die Vorschriften der ASV umgesetzt. Die Räumlichkeiten werden von allen Mitarbeiter/innen geschätzt. Der Einbau einer Lüftungsanlage bewirkt jedoch eine Zwangsbelüftung der Werkstätten mit mindestens 1-fachem Luftwechsel, was insbesondere während der Wintermonate zu Klimaproblemen in den Werkstätten mit einem hohen Nachbefeuchtungsbedarf führt. Das Absauggeräusch der Ventilatoren bildet ein ständiges, subjektiv unterschiedlich störend empfundenes, Hintergrundgeräusch

6.4. Einfluss von Haustechnik

Die berechtigten Anliegen zum Schutz von Arbeitnehmer/innen, die vor allem in den früheren Bundesdienststellen (die nicht der Kontrolle durch das Arbeitsinspektorat unterlagen) nicht selten unter widrigen Bedingungen ihre Arbeit verrichten mussten, haben zu einer überbordenden Fülle von Rechtsvorschriften und Normen geführt, die im Einzelfall häufig nicht mehr auf ihre Sinnhaftigkeit hinterfragt werden. Bauphysikalischen Mängeln, die das Wohlbefinden der Angestellten beeinträchtigen, versuchte man in den letzten Jahren vermehrt durch den Einsatz von technischen Geräten bzw. raumluftechnischen Anlagen zu begegnen, ohne zuvor gezielte Anstrengungen zu unternehmen, die eigentlichen Ursachen zu beseitigen. Anstatt die inneren Lasten zu verringern oder die Wärmeakkumulierung im Sommer durch geeignete Sonnenschutz- und Lüftungsmaßnahmen (Außenlichtschutz und Nachtlüftung) zu verhindern, werden Raumventilatoren und Raumklimageräte gefordert, die nur kurzfristig Linderung verschaffen.

Zu den haustechnischen Einrichtungen gehören auch die Luftbefeuchtungsgeräte. Sie erfordern einen hohen Bedienungsaufwand; werden sie nicht regelmäßig gereinigt, kommt es – vor allem während der warmen Jahreszeit – mitunter zu Geruchsbelästigung. Bei günstigen Brutbedingungen (25-27 °C)

kann die Bildung und Verbreitung von Schimmelpilzsporen nicht ausgeschlossen werden. Bei tiefen Raumtemperaturen im Winter wird die durch die adiabatische Verdunstung verursachte Temperaturabsenkung im Raum als „klamm“ und unbehaglich empfunden.

Das von einer zentralen Klimaanlage konditionierte Raumklima im ausgebauten Dachgeschoß des Corps de Logis wird von den Angestellten unterschiedlich beurteilt. Die gekühlten Räume werden im Hochsommer im ersten Empfinden als angenehm eingeschätzt; bei längerem täglichem Aufenthalt differenziert sich jedoch das Nutzerverhalten. Tatsache ist, dass viele Mitarbeiter/innen im Sommer die Fenster öffnen (was erfahrungsgemäß einen hohen Mehrverbrauch bewirkt), weil das Raumklima als unnatürlich empfunden wird und die künstliche Klimatisierung das Bedürfnis nach „frischer Luft“ nicht abdecken kann. Der Dachraum unter dem Lichtdach zur Belichtung der darunterliegenden Räume des Bildarchivs (sog. „Schwimmschule“ oberhalb des Franz-Saales) wird bei Schönwetterperioden aufgrund des gantztägigen direkten solaren Wärmeeintrags einhellig als unerträglich heiß eingestuft (Abb. B.109). Die hier von Anfang an bestehende Forderung nach einer Außenbeschattung wurde bisher von der BHÖ nicht umgesetzt.



*Abb. B.109: Über die mit transparenter Isolierverglasung ausgestatteten Lichtdächer findet ein hoher solarer Strahlungseintrag in den Gebäudekern statt. Die Wärmeabfuhr durch konvektive Entlüftung ist nahezu wirkungslos.
Links: Glaspypamide über der Säulenhalle des Corps de Logis. Rechts: Glasdach zur Belichtung des Franz-Saales im Bildarchiv der ÖNB*

7. Betriebliche Aspekte

In diesem Kapitel werden mit dem normalen Betriebsablauf verbundene Gegebenheiten, Sachzwänge und Zielkonflikte diskutiert, die mehr oder weniger unmittelbare Auswirkungen auf klimatische bzw. konservatorische Belange haben.

7.1. Besucher- und Personenverkehr

Alle in der Neuen Burg untergebrachten Institutionen (ÖNB, KHM, MVK) sind auf Besucherverkehr ausgelegt bzw. angewiesen. Die Besucherströme sind allerdings inhomogen und fluktuieren saisonal mehr oder weniger stark. Während die Benutzer/innen der Lesesäle der ÖNB (abgesehen von den schwächer frequentierten Sommermonaten) sich während der Universitäts-Studienzeiten relativ gleichmäßig verteilen, ist der stark schwankende Besucherverkehr in den museal genutzten Bereichen von unterschiedlichen Faktoren abhängig (Jahreszeit, Wetter, Lehrplan der Schulen, Touristik, etc.). In der tourismusschwachen Zeit, etwa im November und Februar werden in der Neuen Burg manchmal weniger als 100 Besucher/innen über den Tag verteilt gezählt; hingegen können bei bestimmten Sonderveranstaltungen innerhalb kurzer Zeit mehrere hundert Personen pro Stunde die Eingänge passieren. Große Besucherströme sind nicht *per se* konservatorisch bedenklich; die negativen Auswirkungen sind überwiegend auf den meist damit verbundenen unkontrollierten Luftwechsel sowie Staubeintrag zurückzuführen (KIPPES 1999). Konservatorisch relevant werden große Besucherströme nur, wenn sie (zufällig) bei meteorologisch kritischen Außenbedingungen stattfinden, und keine Klimaschleusen vorhanden sind. Mit einer funktionierenden Klimaschleuse (z. B. Karusselltür) und einer adäquaten Kompensations- und „Sauberlaufzone“ im Vorfeld der Kernbereiche der Sammlungen, verknüpft mit einem aktiven Klima- und Staubschutzmanagement können erfahrungsgemäß konservatorisch schädliche Klimaeinbrüche vermieden werden. Dabei bilden die Eingangsbereiche die alles entscheidenden Schnittstellen eines Gebäudes zur Außenwelt.

7.1.1. Haupteingang Mittelbau

Der bereits in Kapitel B.2.3. beschriebene Haupteingang im Mittelbau der Neuen Burg erfüllt derzeit – vor allem während der klimatisch kritischen Wintermonate und bei Hitzeperioden – nicht die sowohl konservatorischen als auch ökonomischen Erfordernisse einer Klimaschleuse. Der äußere automatisch gesteuerte Türflügel steht häufig offen, und lässt beim Öffnen des inneren Türflügels große Luftvolumenströme von bis zu 300 m³/min unconditionierter Außenluft ungehindert ins Gebäude einströmen (← Kap. B.2.3.1). Der Katalog- und Hauptlesebereich der ÖNB wird an Werktagen von durchschnittlich 1.400 Besucher/innen frequentiert⁵². Die Sammlungen des KHM in der Neuen Burg wurden in den letzten Jahren täglich von mind. 50 bis max. 600 Personen (bei Sonderausstellungen) besucht. Die Höchstwerte aus den 1980er-Jahren (1983-1988) mit bis zu 21.000 Gästen pro Monat (August 1985) konnten zuletzt nicht mehr erreicht werden. Die Besucherzahlen in der Neuen Burg betragen im Schnitt ziemlich konstant ca. 10 % der Besucherzahlen des Haupthauses.

52 Telefonische Auskunft der Abteilung für Öffentlichkeitsarbeit der ÖNB; September 2010

7.1.2. Eingang Corps de Logis

Der Eingang ins Corps de Logis wird von drei sehr unterschiedlichen Benutzergruppen frequentiert. Neben der mehr oder weniger gleich bleibenden Gruppe der 100 Mitarbeiter/innen (ca. 60 im MVK und 40 im Bildarchiv der ÖNB) besuchen wochentags durchschnittlich zwischen 3 und 20 Personen die Porträtsammlung bzw. das Bildarchiv der ÖNB. Das mit zwei Schausälen der Südostasiensammlung nach der Sanierung seit 2007 wieder eröffnete Museum für Völkerkunde weist sehr unterschiedliche Öffnungsperioden auf, die sich – vereinfacht ausgedrückt – auf jene Zeitspannen fokussieren, in denen auch Sonderausstellungen stattfinden. So besuchten beispielsweise bei der Sonderausstellung „James Cook“ von 12. Mai bis 13. September 2010 täglich zwischen 166 und 1.002 Personen den Museumsbereich des MVK.

Meist im Umfeld der Sonderausstellungen finden in unregelmäßigen Abständen Veranstaltungen (Eröffnungen, Vorträge, Führungen, Musik- oder Tanzaufführungen etc.) statt, bei denen bis zu 400 Personen innerhalb kurzer Zeit die Eingänge passieren, die dann fast durchgängig offen stehen und einen unkontrollierten Außenluftwechsel evozieren.

7.1.3. D-Stiege

Die rechts hinter der großen Freitreppe situierte D-Stiege bildet den Hauptzugang für die Mitarbeiter/innen der Sammlungen und des Archivs des KHM, sowie der Angestellten der ÖNB, die nicht im Bildarchiv beschäftigt sind. Beide Türen des Windfangs sind behindertengerecht mit einer Motorsteuerung ausgestattet. Da beim Durchtritt fast zwangsläufig die zweite Türe geöffnet wird, ehe sich die erste geschlossen hat, ist der Windfang vor allem im Winter und während der Hitzeperioden konservatorisch als Klimaschleuse wirkungslos. Bei Westwind und Staudruck auf der Heldenplatzseite erfolgt mit jeder Person ein massiver Lufteintritt. Wie bereits in Kap. B.2.3. aufgezeigt, können durch den Liftschacht im Winter bis zu 4 m³/s trockene Außenluft den Obergeschossen zugeführt werden. Bei An- und Ablieferung, insbesondere bei Vermietungen mit Catering, sind beide Türen offen und als Klimaschleuse wirkungslos.

7.2. Konzerte und Veranstaltungen

Im Marmorsaal der Sammlung alter Musikinstrumente finden drei Mal im Jahr an Sonntagvormittagen Matineen statt. Hinzu kommen einige wenige Abendveranstaltungen wie etwa die „Lange Nacht der Museen“, die „Lange Nacht der Musik“ oder andere themenbezogene Veranstaltungen, die in kleinerem Rahmen auch in den Saal IX verlegt werden. Die Konzerte werden von maximal 200 Besuchern frequentiert, bei den „Langen Nächten“ können es bis zu 500 Besucher sein, die sich allerdings über mehrere Stunden verteilen.

Bei hohem Besucheraufkommen während der Heizperiode kommt es aufgrund der fehlenden Klimaschleusen im Eingangsbereich zu einem unkontrollierbaren Außenluft- und Staubeintrag. Je nach Witterung sind Konzerte zwischen Ende Mai bis Anfang Oktober mit einem Anstieg der Raumtemperatur im Marmorsaal (der über keine kontrollierte Lüftung verfügt) um 2 – 4 K verbunden.

Vorträge und Veranstaltungen wie etwa Ausstellungseröffnungen im MVK gehen meist mit bedeutend höheren Besucherströmen (bis zu 400 Personen) einher. Auch hier ist der Eingangsbereich als wichtigste Schnittstelle zur Außenwelt mangels geeigneter Klimaschleuse insbesondere im Winter je nach Außenwitterung Ursache für unkontrollierten Außenlufteintrag.

7.3. Vermietungen an externe Nutzer

Derzeit werden das Plateau 2 in der Neuen Burg sowie die Säulenhalle im Corps de Logis für Veranstaltungen vermietet. Das Vermieten der Räumlichkeiten nimmt betriebswirtschaftlich einen maßgeblichen Stellenwert ein, da es mit beträchtlichen Mieteinnahmen verbunden ist. Die Abwicklung dieser externen Veranstaltungen obliegt einer eigenen Profit-Abteilung. Bei der Durchführung kommt es immer wieder zu Zielkonflikten zwischen den Interessen der Mieter (Catering-Firma bzw. deren Auftraggeber), der Profitabteilung des Hauses und den betroffenen Sammlungen, in deren Umfeld die Veranstaltungen stattfinden.

7.3.1. Schäden am Bestand

Die Anlieferung der Gerätschaften (Utensilien, Musik, Beleuchtung) und der Speisen auf das Plateau 2 erfolgt über den D-Lift und über die rechte Seitengalerie durch den Ausstellungsbereich der SAM. Hier kam es in der Vergangenheit immer wieder beträchtliche Schäden durch Kollisionen von schweren, übermannsgroßen Transportwagen mit der Raumausstattung und Objektvitrinen, bis hin zu beschädigten Vitrinensockeln, gesprungenen Vitrinengläsern und umgestürzten Weinkistenstapeln mit Glasbruch, wobei Wein im Ausstellungsbereich ausgelaufen ist, etc.

Weiters kam es von Beginn der Vermietungen an, vor allem beim hektischen Abbau durch das übermüdete Personal in den frühen Morgenstunden, zu mechanischen Schäden an der originalen, unter Denkmalschutz stehenden Ausstattung (abgestoßene Ecken der marmornen Säulenbasen, Wände, Türstöcke, Türblätter, originale Türbeschläge, Luftbefeuchter). Deshalb wurde nach mehrmaligem Vorschlag die westliche Bestandtür des Vorrums zum Marmorsaal (wo das Essen gewärmt und verteilt wird), die nach ca. 10 Jahren der Vermietung devastiert war, ausgetauscht und – nach Vergrößern des Türstocks – durch eine etwas größere (woanders ausgebaute) originale Bestandtür aus Eichenholz ersetzt. Trotz Schutzvorrichtungen war auch diese neue Tür kurz darauf wieder beschädigt.

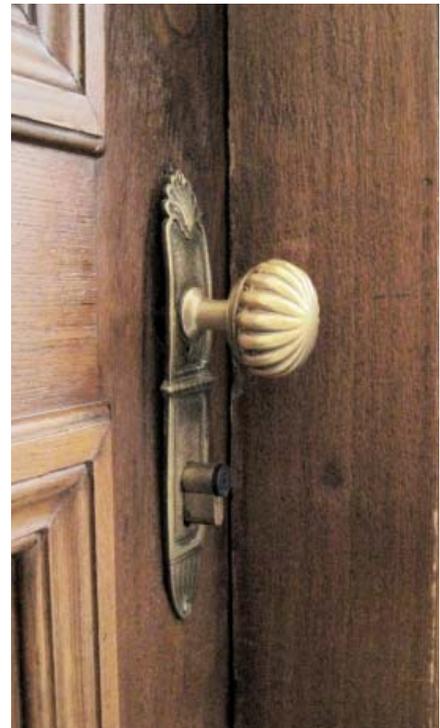


Abb. B.110: Nach fast jeder Veranstaltung sind Schäden am Bestand festzustellen.



Abb. B.111: Schäden an Bestand und Ausstattung werden nicht ersetzt.

Da neue Mängel nur durch frische Schäden nachweisbar sind, müssen ältere, von der letzten Veranstaltung herrührende Schäden vor der nächsten Veranstaltung notdürftig retuschiert werden.

Schadensmeldungen an die „Profit-Abteilung“ werden ans Gebäudemanagement weitergeleitet, das jedoch für diese mitunter beträchtlichen Beschädigungen keinen Budgetansatz hat, sodass sich die fremdverschuldeten Schäden am Bestand akkumulieren.

Der zunehmend verwahrloste Zustand dieses Gebäudeabschnitts im unmittelbaren Umfeld der Sammlung und der Restaurierwerkstätte, (wozu auch Speisereste auf den Wänden und Fußböden im Ausstellungsbereich zählen), löst bei den Mitarbeiter/innen der Neuen Burg in zunehmenden Ausmaß Widerwillen gegen Veranstaltungen aus.

7.3.2. Klimaeinbrüche

Abgesehen von den Beschädigungen beim Auf- und Abbau und den nachfolgenden Bemühungen zur Wiederinstandsetzung kommt es vor allem während der Heizperiode zu unerwünschten Klimaeinbrüchen, was auf unterschiedliche Ursachen zurückzuführen ist.

Der Hauptgrund für ein plötzliches Absinken der relativen Feuchte ist das lange Offenhalten der Türen während der Anlieferung bei konservatorisch ungünstiger Witterung. Bei Veranstaltungen im MVK sind die Türen häufig bis in den Kernbereich aufgekeilt (Abb. B.112). Bei der hier als Beispiel gewählten Weihnachtsfeier am 19.12.2008 strömten während der Anlieferung durch den offenen Windfang bei einer Strömungsgeschwindigkeit zwischen 0,7 und 2,5 m/s pro Minute zwischen 100 und 400 m³ winterliche Außenluft ins Gebäude.

Am Morgen nach den Veranstaltungen werden von den externen Reinigungsfirmen häufig unbefugt die Fenster geöffnet, was vor allem im Winter zu Klimaeinbrüchen führt.

Einflüsse auf das Raumklima können auch durch für ein Museum inadäquate Erwartungen bzw. Forderungen der Geschäftspartner entstehen. So wurde etwa im Vorfeld einer Veranstaltung am 4.4.2009 in der Säulenhalle des Corps de Logis an die Abteilung Sponsoring & Events der Wunsch nach einer Raumtemperatur von 24 °C herangetragen. Ohne Rücksprache mit dem MVK wurde dieser Wunsch an die Technische Abteilung weitergeleitet, die die Gebläse der Heizung aktivierte. Im Laufe der Veranstaltung stieg die Temperatur in der Säulenhalle auf 25 °C, wobei die relative Feuchte auf unter 30 % absank. (Abb. B.113).



Abb. B.112: Bei Anlieferung und Abbau von Sonderveranstaltungen (mit Catering) sind die Eingangstüren auch bei konservatorisch widrigen Wetterbedingungen häufig bis in die Säulenhalle des Corps de Logis aufgekeilt.
(Veranstaltung am 19.12.2008)

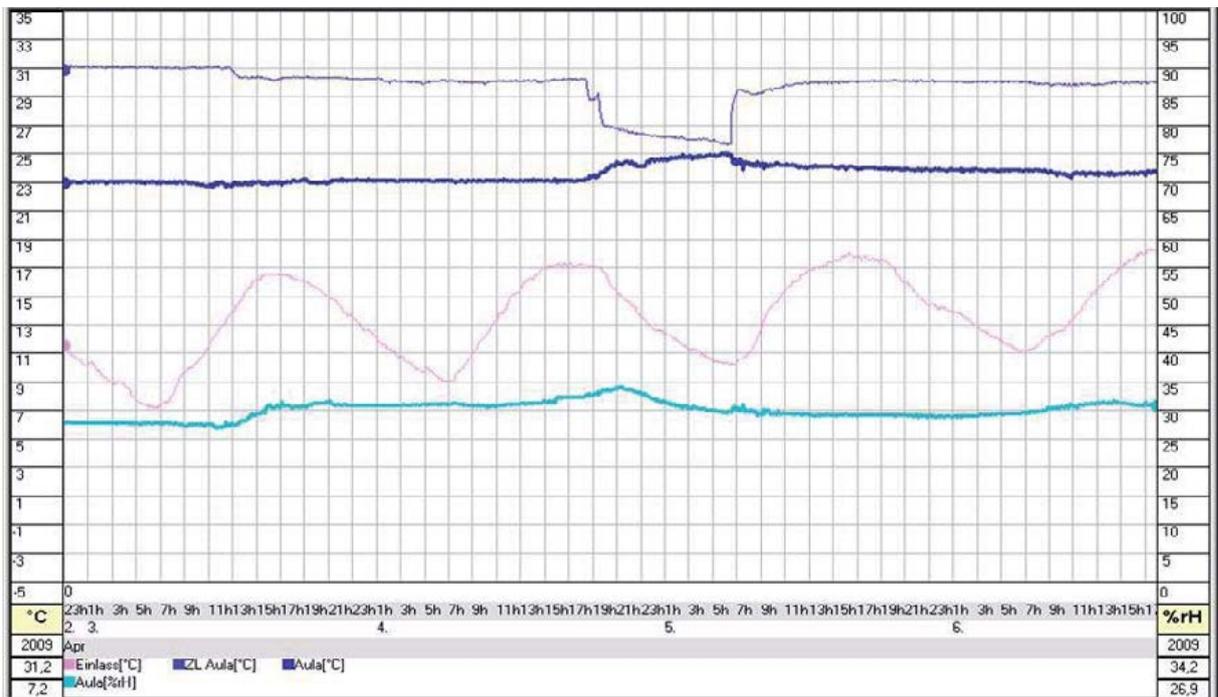


Abb. B.113: Auf Wunsch der Veranstalter nach 24 °C Raumtemperatur wurde die Gebläseheizung aktiviert und ohne Rücksprache mit dem Museum die Temperatur in der Säulenhalle auf bis zu 25°C angehoben. Dies führte zu einem Absinken der relativen Feuchte unter 30 %.

Aus konservatorischer Sicht muss der Themenbereich Catering und Anlieferung für die Aula des Corps de Logis einer sinnvollen Lösung zugeführt werden.

7.4. Sonderausstellungen

Im Bewusstsein der Öffentlichkeit besteht der Eindruck, Sonderausstellungen seien notwendig, um mehr Besucher und damit mehr Geld ins Museum zu bringen. Es ist zweifellos richtig, und entspricht auch dem Bildungsauftrag der Museen, dass während einer gut beworbenen Ausstellung die Besucherzahlen steigen. Bilanziert man jedoch die Mehreinnahmen durch höheres Besucheraufkommen mit den insbesondere für Großausstellungen notwendigen Geldmitteln, so zeigt sich, dass die überwiegende Anzahl der Ausstellungen um ein Vielfaches mehr kostet als sie einspielt. Als Beispiel sei die zwischen 12.5. und 13.9.2010 im MVK gezeigte Ausstellung „James Cook“ herangezogen, die von 28.000 Personen besucht wurde. Veranschlagt man - optimistisch berechnet - für 50 % der Besucher/innen den vollen Tarif von € 8,-, für 25 % den ermäßigten Eintritt von € 6,- und für 25 % freien Eintritt, so hat diese Ausstellung rund € 155.000,- an Eintrittsgeldern eingespielt; dies entspricht etwa 20 % des geschätzten Gesamtkostenrahmens. Insgesamt weisen die Österreichischen Bundesmuseen einen Deckungsgrad aus Eintrittserlösen von 10-13 % auf⁵³. Ein Vorteil besteht allerdings darin, dass im Vorfeld einer Sonderausstellung häufig bestimmte Objekte einer umfassenden Konservierung bzw. Restaurierung unterzogen werden, für die ansonsten kein Geld zur Verfügung gestellt worden wäre. Der Vorteil besteht jedoch nur für die im Besitz des Museums befindliche Objekte; da private Leihgeber sich in der Vergangenheit eine Leihnahme nicht selten mit einer damit verbundenen Restaurierung abgelten ließen, wurden diese Mittel wiederum aus dem Museum ausgelagert und „privatisiert“.

Im Rückblick auf die letzten 30 Jahre kann man feststellen, dass sich gewisse Standards bezüglich Vitrinenausstattung, Klimatisierung, Beleuchtung, etc. deutlich verbessert haben. Allerdings waren im Zuge der seit Ende der 1980er-Jahre bis zur Finanzkrise 2008 immer aufwändiger inszenierten Großausstellungen und dem damit verbundenen Zeitdruck zuvor jahrzehntelang gepflegene schadenspräventive Verhaltensweisen aufgegeben worden, so z. B. die Regel, dass mit dem Hängen der Bilder und dem Aufstellen der Objekte erst begonnen werden darf, sobald der letzte Handwerker die Ausstellungsräume verlassen hat. Als einzelnes, für die damals involvierten Restaurator/innen legendäres Beispiel sei die 1988 vom KHM veranstaltete Ausstellung „Prag um 1600“ erwähnt: Dabei wurden in einem Saal Schweißarbeiten durchgeführt, obwohl sich bereits Objekte im Raum befanden. In weiterer Folge wurde von einem Handwerker das Gemälde „Jupiter und Antiope“ von B. Spranger mit einer Leiter durchstoßen. Die von den Restaurator/innen geforderten Absperrungen vor den Gemälden waren vom Architekten als störend abgelehnt worden, woraufhin im Gedränge der Eröffnung Besucher mit ihren Rucksäcken über die Oberfläche einiger Gemälde von Archimboldo streiften. Die von den Restaurator/innen geforderten Glaspandeltüren als Klimaschleusen zum Stiegenhaus wurden unter Hinweis auf den Denkmalschutz abgelehnt. (Im Zuge der Generalsanierung der Gemäldegalerie wurden sie 1991 nach Forderung der Klimaplaner eingebaut.) Der von den betroffenen Restaurator/innen an den Ersten Direktor gerichtete Brief, dass sie unter den gegebenen Umständen ihre konservatorische Verantwortung abgeben würden⁵⁴, wurde dahingehend beantwortet, dass die konservatorische Verantwortung ohnedies nicht bei den Restaurator/innen sondern beim Ersten Direktor läge⁵⁵.

Häufig wurden prominente Architekten eingesetzt, die über keine konservatorische Vorbildung verfügten. Bei gestalterischen Fragen kam es regelmäßig zu konfliktreichen Diskussionen mit Restaurator/innen, wenn konservatorische Grundsatzfragen nicht beachtet wurden; meist bestanden konträre Auffassungen bezüglich konservatorischer vs. gestalterischer Sachzwänge z. B. beim Thema Klima

53 Laut Statistik Austria beträgt in Österreichischen Kunstmuseen der Anteil der Erlöse aus Eintrittsgeldern an den Gesamtausgaben 11,8 %, wobei bei den großen Museen mit über 500.000 Besuchern jährlich der Anteil mit 13,2 % leicht darüber liegt. Die Bundesmuseen insgesamt weisen einen Deckungsgrad aus Eintrittserlösen von nur 10 % aus. (http://www.statistik.at/web_de/statistiken/bildung_und_kultur/kultur/museen_und_ausstellungen/021270.html)

54 Schreiben der Restaurator/innen an den Ersten Direktor vom 23.11.1988; Zl. 26/Gal/88

55 Schreiben des Ersten Direktors an die Restaurator/innen vom 25.11.1988; Zl. 647-VK/88

und Beleuchtung. Die Debatten wurden mitunter durch Interventionen des Generaldirektors gegen die Meinung der eigenen Mitarbeiter/innen beendet. Für größere und prominenterer Ausstellungen wurden in der Vergangenheit fast immer neue und aufgrund gestiegener Präventiv- und Sicherheitsstandards immer teurere Vitrinen entworfen und gebaut, die nach der Ausstellung zum Großteil als Sondermüll entsorgt wurden. Diese wiesen – bei mangelnder Erfahrung des Architekten – mitunter konstruktive und materialtechnische Mängel auf, die bereits vor Jahrzehnten thematisiert und ausdiskutiert worden waren, aufgrund unzureichender Kommunikation sich jedoch regelmäßig wiederholten.

Die für Planung, Architektur, Einbauten, Beschriftung, Vitrinensonderanfertigungen, Werbung, Kataloge, etc. aufzubringenden Geldmittel kommen nicht den Museums-Objekten zugute; diese Mittel fehlen in der – für Besucher unsichtbaren – Bestands- und Objektpflege. Durch die Sonderausstellungen waren und sind die Objekte aufgrund des damit verbundenen nationalen bzw. internationalen Leihverkehrs einem erhöhten Risiko ausgesetzt. Informationen über regelmäßig auftretende Schäden an Objekten unterliegen der Schweigepflicht und wurden bisher, sofern es sich um Leihgaben handelt, intern versicherungstechnisch kompensiert⁵⁶.

Zur Verbesserung der internen Kommunikation und zur Vermeidung der ständig gleichen Reibungsverluste wurde 2007 von den Restaurator/innen des KHM eine Arbeitsgruppe angeregt, um gemeinsam mit der Ausstellungsabteilung ein Handbuch für die gleichbleibenden Organisationsabläufe, sowie für akkordierte Standards bezüglich chemisch getesteter Vitrinstoffe und Anstrichsysteme sowie Leuchtmittel zu erarbeiten. Das Projekt wurde nach zwei Sitzungen nicht weiter verfolgt. Inzwischen hat sich die Kommunikation mit der Ausstellungsabteilung entscheidend verbessert; so wurde beispielsweise ein Musterkatalog von bewährten und getesteten Materialien für Vitrinenausstattung angelegt.

Ebenfalls positiv können die im KHM seit 2009 durchgeführten kleineren Sonderausstellungen, die sich vorwiegend aus den eigenen Beständen speisen, beurteilt werden. Dabei wird die Gelegenheit genützt, Objekte aus den überreichen aber selten gezeigten Studiensammlungsbeständen restaurieren zu lassen und der Öffentlichkeit zu präsentieren. Diese Ausstellungen werden durch wenige Leihgaben von auswärts thematisch komplettiert und sind auch deutlich billiger als Großausstellungen⁵⁷.

Sonderveranstaltungen sind vor allem im Winter mit einem erhöhten konservatorischen Risiko für die Objekte verbunden, das aber durch logistische Begleitmaßnahmen minimiert werden könnte. Die meisten Großausstellungen kosten mehr als sie einbringen; sie bedeuten für die Museumsobjekte ein deutlich erhöhtes Schadensrisiko. Die damit verbundenen Mehrausgaben werden zum überwiegenden Teil für gestalterische und planerische Maßnahmen aufgewendet, die nicht dem Wohl und Schutz der Objekte dienen.

Sonderausstellungen sind aus konservatorischer Sicht dann zu begrüßen, wenn sie das Museum als Ort des Erlebens, der Bildung und der Begegnung im Bewusstsein der Bevölkerung wachhalten und gleichzeitig mit laufenden Pflege- und Verbesserungsmaßnahmen an den Objekten und am Bestand verbunden sind.

56 Als besonders gravierend wurden von den Restaurator/innen des MVK die schweren Klimaschäden während der Guatemala-Ausstellung „Im Land des Quetzal“ 2002/03 empfunden, bei der entgegen allen Warnungen Objekte aus Regenwaldgebieten im nicht konditionierbaren Corps de Logis (r.F. < 20 %) gezeigt wurden und millimeterbreite Trocknungsrisse erlitten, die teilweise von den hauseigenen Restaurator/innen notdürftig gekittet und retuschiert werden mussten.

57 Persönliche Mitteilung von Christian Hölzl, Abteilung Ausstellungswesen KHM

8. Systemische und psychologische Aspekte

Im letzten Kapitel über die Rahmenbedingungen soll der Blick auf die Wechselwirkung zwischen Organisationsstruktur und Handlungen der im „System Kunsthistorisches Museum“ agierenden Personen gelenkt werden. Im Hinblick auf die in Kap. A.1. angedeuteten Konflikte habe ich mich bereits seit Ende der 1980er-Jahre für diese Thematik zu interessieren begonnen (SCHLIPPE-SCHWEITZER 1996). Es ist jedoch völlig klar, dass aufgrund der Komplexität der Materie und mangels Kompetenz hier kein Anspruch auf eine professionelle „Systemanalyse“ des KHM erhoben werden kann, nicht zuletzt deshalb, weil man ein System von „innen“ nicht objektiv beurteilen kann. Ebenso ist es unvermeidlich, dass die Wahrnehmung aus dem Blickwinkel eines Restaurators anders ausfallen wird als aus jeder anderen Position.

Dennoch soll hier der Versuch unternommen werden, nach einer (mitunter ins Anekdotische abschweifenden) Darstellung subjektiver Erfahrungen im Teilsystem „Restaurator/innen im KHM“, einen sachlichen Diskurs über die systemischen Zusammenhänge im Gesamtsystem KHM zu führen, um daraus substantielle Verbesserungsvorschläge für die Zukunft zu entwickeln.

8.1. Institutionelle Fehlfunktionen aus restauratorischer Sicht

Bei vielen Museumsrestaurator/innen ist eine mit den Jahren zunehmende larmoyante Frustration und Lethargie zu beobachten, wodurch der Institution wertvolle Ressourcen an akkumulierter Berufserfahrung älterer Mitarbeiter/innen verloren gehen. Um die Gründe dafür zu verstehen, werden in diesem Kapitel exemplarisch einige der in den letzten 25 Jahren im KHM und seinem Umfeld von unterschiedlichen Akteuren erlebte Konfliktbereiche beleuchtet, sofern sie konservatorisch relevant sind oder zu Schäden an den Objekten bzw. am denkmalgeschützten Gebäude geführt haben. Dazu gehören auch Entscheidungen, die in beträchtlichem Ausmaß verlorenen Aufwand verursacht haben. Die Stellung der Restaurator/innen in der Entscheidungsstruktur des Gesamtsystems spielte dabei eine zentrale Rolle.

8.1.1. Stellung der Restaurator/innen in der Museumshierarchie und Entscheidungsstruktur

Das System der Museumshierarchie in den Österreichischen Bundesmuseen wurde im 19. Jahrhundert grundgelegt. Historisch gesehen spiegelt es das Humboldtsche Bildungsideal wider, wonach an der Spitze jeder großen Verwaltungseinheit ein humanistisch umfassend gebildeter Mann stehen soll, der seine fachlich geschickten aber intellektuell unterlegenen Mitarbeiter anleitet, nach welchen Vorgaben diese oder jene Maßnahme durchzuführen sei. Im Umfeld der Denkmalpflege tritt uns eine solche Persönlichkeit erstmals idealtypisch in der Figur des Freiherrn von Riesach in Adalbert Stifters „Nachsommer“ entgegen, worin Stifter bekanntlich seine eigene Rolle bei der Restaurierung des Kefermarkter Altares (1852-1855) einfließen ließ und erstmals auch die Idee einer eigenen Restauratorenausbildung anklingen lässt. Ohne auf die Entwicklung des Berufes genauer eingehen zu wollen (sie findet sich bei SCHIESSL 1992 mit weiterführender Literatur ausführlich behandelt), seien hier nur einige für den Berufsstand der RestauratorInnen und ihre systemische Stellung im Museum wichtige Aspekte herausgegriffen.

Im Laufe des 20. Jahrhunderts begann sich die Restaurierung von Gemälden (als Variante zur Kunstmalerei) als typischer Frauenberuf zu etablieren, in dem man es, vor allem im Museum „unter der Zucht eines strengen Galeriedirektors, zu etwas bringen könne“ (LANGE 1913). Auch heute noch ist die Mehr-

zahl der Restaurierstellen in den Museen von Frauen besetzt, während in den Sammlungsdirektionen bis vor wenigen Jahren die Männer überwogen. Trotz der wirtschaftlich schwierigen Situation nach dem 1. Weltkrieg und des Zerfalls der Donaumonarchie war Österreich mit der Einrichtung einer akademischen Fachausbildung führend: 1934 wurde an der Akademie der bildenden Künste mit der „Meisterschule für Konservierung und Technologie“ unter Robert Eigenberger ein dreijähriges Studium für die Restaurierung von Gemälden und Skulpturen etabliert, wobei ein zweijähriges künstlerisches Studium (z. B. Malerei) vorausgesetzt wurde. 1966 folgte der Lehrgang für Papierrestaurierung (Otto Wächter). Doch auf allen anderen Gebieten waren bis in die letzten Jahrzehnte des 20. Jahrhunderts in fast allen Bundes- und Landesmuseen immer noch angelernte Fachkräfte mit rein handwerklicher Vorbildung tätig, denen – gleichsam als verlängerte Arme der promovierten Kustod/innen – die Instandsetzung der Museumsobjekte nach eigenem Gutdünken bzw. nach Angabe ihrer Vorgesetzten (meist Kunsthistoriker/innen) oblag. Nach 1965 wurde unter Helmut Kortan die Studienzeit auf 10 Semester erhöht und das Ausbildungsspektrum an der Akademie der bildenden Künste um die Sparten Glas/Keramik, Bodenfunde/Archäologie, Metall, Ethnografika und historische Musikinstrumente erweitert. Es ist jedoch bezeichnend für die damalige Situation in den Museen, dass 1983 (als die Nachbesetzung des seit elf Jahren vakanten A-Planpostens eines Restaurators für die Sammlung alter Musikinstrumente zur Disposition stand) dem Sammlungsleiter vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung (das diese akademische Spezialausbildung eingerichtet hatte und finanzierte) immer noch beschieden wurde, er möge sich „einen begabten Tischler“ suchen.

Mit dem Universitäts-Studiengesetz 1999 ist die Ausbildung zur Konservierung und Restaurierung in Österreich an der Akademie der bildenden Künste (Wolfgang Baatz) und an der Universität für angewandte Kunst (Gabriela Krist) ein Diplomstudium (an der Akademie der bildenden Künste begleitet von 16 Wochen einschlägiger Praktika), an das ein Doktoratsstudium angeschlossen werden kann. Viele Restaurator/innen können vor bzw. nach dem Studium eine weitere fachspezifische Ausbildung vorweisen. Obwohl also Kunsthistoriker/innen und Restaurator/innen eine gleichwertige universitäre Ausbildung durchlaufen, und obwohl letztere ständig mit den Museumsobjekten praktisch zu tun haben und damit unmittelbar und eigenverantwortlich in die Biografie und in den zukünftigen Fortbestand von Kunstwerken eingreifen müssen, liegt die Verantwortung für die Objekte nicht in den Händen der dafür qualifizierten ausgebildeten Fachkräfte: Sowohl die alte, vor der Ausgliederung gültige Museumsordnung von 1992 als auch die Fassung von 2008 schreibt die konservatorische Verantwortung den geisteswissenschaftlich ausgebildeten Sammlungsleiter/innen zu. In fast allen Österreichischen Museen, so auch im Kunsthistorischen Museum, stehen die Restaurator/innen nach der Geschäftsführung, den Sammlungsdirektor/innen und den wissenschaftlichen Kurator/innen *de facto* in der vierten Reihe der Museumshierarchie⁵⁸.

Die Arbeit von Restaurator/innen findet weitgehend „unsichtbar“ statt. Wie der renommierte ehemalige Chefrestaurator des Schweizerischen Nationalmuseums und des Historischen Museums Basel sowie langjährige Mitarbeiter im *ICOM Conservation Committee*, Hans-Christoph von Imhoff in einer Analyse aufzeigt, lässt sich anhand der Einträge im Duden (bis zur 25. Auflage) feststellen, dass im Laufe des 20. Jahrhunderts der Restauratorenberuf und die damit verbundenen Schlüsselwörter – trotz enormer Steigerungen im Anforderungs- und Ausbildungsprofil sowie in den konservatorisch/restauratorischen aber auch wissenschaftlichen Leistungen nach 1945 – aus der öffentlichen Wahrnehmung mehr und mehr verschwinden (IMHOFF 2009).

58 Formal kann man die Kurator/innen nicht als Vorgesetzte der Restaurator/innen bezeichnen, da beide weisungsmäßig den Direktionen unterstellt sind. Doch gerade bei den großen Sammlungen ließ sich bisher anhand der Informationsflüsse und Entscheidungsgepflogenheiten etwa im Vorfeld von Sonderausstellungen oder Sanierungen ablesen, dass konservatorisch relevante Entscheidungen oft bereits in den oberen Etagen getroffen wurden, ehe noch die Restaurierungswerkstätten Kenntnis davon erlangten.

Hinzu kommt, dass jedes Berufsumfeld einen unsichtbaren Filter bildet, der nur für bestimmte Persönlichkeitsstrukturen durchlässig ist. Restaurator/innen mit unternehmerischen Ambitionen arbeiten kaum in einem Museum, da sie Bevormundung und beamtete Strukturen nicht mögen. Letztere werden eher von jenen Personen in Kauf genommen, die, um den Preis eines sicheren Arbeitsplatzes, bereit sind sich unterzuordnen. Diese Haltung wird noch verstärkt durch die Tatsache, dass das Berufsbild der Restaurator/innen, zumindest bis Ende des 20. Jahrhunderts, nicht selten mit dem von Ärzten oder Krankenschwestern verglichen wurde, die auch zu den „helfenden Berufen“ zählen. Gesellschaftlich romantisch verklärte Eigenschaften wie „einer Sache dienen“, Idealismus, „Demut“, Berufsethos, „hinter etwas (einen Künstler, ein Werk) zurücktreten“, „Opferbereitschaft“, etc. evozierten Rückkoppelungen, die zu einem selbst gewählten oder fremd bestimmten Persönlichkeitsbild bzw. Verhaltensmuster führten, das bis vor wenigen Jahrzehnten überwiegend von Frauen toleriert und von Männern als Vorgesetzten von diesen erwartet wurde. Harmoniebedürfnis, die Tendenz sich unterzuordnen und das wachsende Bedürfnis, Konflikten aus dem Weg zu gehen und einfach seine Ruhe zu haben, führen im Laufe der Jahre zu jener typischen „Beamtenmentalität“, die von der Öffentlichkeit als geradezu typisch für das Museumsdasein erachtet wird. Diese Tendenz wird sich in Zukunft wieder verstärken, da in den ausgegliederten Museen Restaurator/innen nicht mehr pragmatisiert werden und mehr als bisher Konfrontationen zu vermeiden suchen werden.

Es liegt in der Eigendynamik hierarchischer Beamtenstrukturen, dass eigenes, über die unmittelbaren Belange des jeweiligen Aufgabenbereiches hinausgehendes Engagement weder vorgesehen noch erwünscht war. Vereinzelte Versuche engagierter Restaurator/innen, gemeinsam Veränderungen zu erwirken, blieben meist erfolglos (← Kap. A.1.). Das gängigste Mittel in der Vergangenheit war dabei die verweigernde Kommunikation.

Aus der Sicht eines Restaurators für Musikinstrumente stellt sich die Situation noch etwas differenzierter dar. Historische Musikinstrumente, vor allem wenn von ihnen Spielbarkeit erwartet wird, gehören zu den schwierigsten und komplexesten Objekten überhaupt. Dabei sind es in erster Linie die bis zu 450 Jahre alten besaiteten Tasteninstrumente, die den Zielkonflikt *Bewahrung von Originalsubstanz und Einhaltung der konservatorisch-ethischen Prinzipien vs. Herstellen der Spielbarkeit* mitunter auf den ersten Blick unlösbar erscheinen lassen (HUBER 1990). Abgesehen von solchen konfliktreichen restaurier-ethischen Entscheidungen sind gerade auf diesem Gebiet der Restaurierung fast immer hochkomplizierte, technologische Probleme zu lösen. Allein die Schwundkompensation bei einem durch zu große Trockenheit geschrumpften und meist auch geworfenen Resonanzboden zur Entspannung des Holzes und Herstellung der ursprünglichen konstruktiven Gegebenheiten unter Beibehaltung der schwingungstechnischen Eigenschaften, verlangt außer manueller Fertigkeit viel Erfahrung und ein vorausschauendes Restaurierkonzept, um den millimetergenauen Anschluss an Saiten-*layout* und Rechenteilung nicht zu verlieren, ganz zu schweigen von den klanglich-musikalischen Erfordernissen (vgl. den Resonanzboden des Cembalos von J. Salodiensis, SAM 630, ← Abb. B.103).

Bei der Restaurierung des singulären, ca. 1785 gebauten Orgelklaviers von Franz Xaver Christoph (1728 - 1793), einem damals berühmten Wiener Klavier- und Orgelbauer und Zeitgenossen Mozarts, (Inv.-Nr. SAM 625; Abb. B.114), waren fünf Personen eineinhalb Jahre aktiv beteiligt (HUBER-KARNER-CZERNIN 2007). Bei einem Konzert oder einer CD-Aufnahme müssen in diesem Instrument ca. 2400 teils bewegliche, teils angeleimte oder mit Schrauben justierte Teile störungsfrei funktionieren; versagt ein an wichtiger Stelle positioniertes Element, ist das Instrument als Ganzes musikalisch unbrauchbar. Deshalb ist jede öffentliche Verwendung bei Konzerten oder Demonstrationen für den Restaurator mit großer Anspannung verbunden.

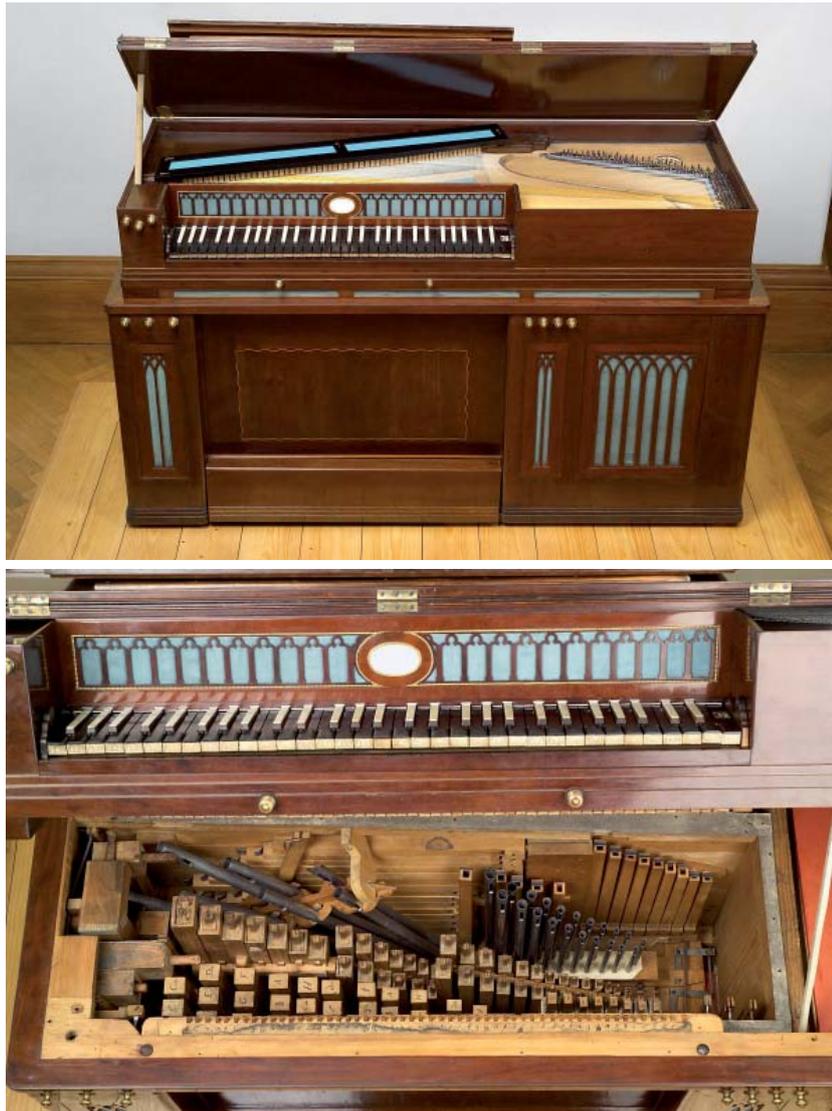


Abb. B.114: Orgelklavier von Franz X. Christoph, Wien ca. 1785, (SAM 625);
unten: Blick in den Orgelteil

Restaurierungen dieser Größenordnungen werden – wenn sie positiv abgeschlossen sind – als persönliche Genugtuung empfunden; man erlebt das Resultat als Beweis, dass sich der vielfältige Einsatz gelohnt hat. Umso größer ist die Enttäuschung, wenn dieser Leistung seitens der vorgesetzten Entscheidungsträger die erwartete Wertschätzung vorenthalten wird, indem die Vorschläge zur Optimierung der Aufbewahrungsbedingungen zur Verhinderung neuerlicher Schäden jahrelang ignoriert werden, zumal die erforderlichen Maßnahmen – im Vergleich zu den für gestalterische Adaptierungen im Haus aufgewendeten Mittel – geringfügig erscheinen. Schäden beseitigen zu müssen, die unter den im *ICOM Code of Ethics* genannten Rahmenbedingungen gar nicht hätten entstehen dürfen, wird als besonders demotivierend erlebt.

Die Wertigkeit, die der präventiven Konservierung und Restaurierung entgegengebracht wird, ist nicht zuletzt auch an den bereit gestellten Mitteln abzulesen: So war etwa bei der 1988 vom KHM veranstalteten Ausstellung „Prag um 1600“ bei einem Budget von 28 Millionen Schilling kein Ansatz für flankierende konservatorische Begleitmaßnahmen vorgesehen. (Die beim Aufbau gerade dieser Ausstellung

vorgekommenen gravierenden Sicherheitsmängel und entstandenen Schäden wurden bereits erwähnt, ← Kap. B.7.). Für die 1991 anlässlich von Mozarts 200. Todestag von der Stadt Wien veranstaltete Ausstellung „Zaubertöne“ wurden 70 Millionen Schilling bereit gestellt (dies entspricht etwa dem Dreifachen jenes Betrages, den man bräuchte, um das hier vorgelegte Konzept zur thermischen Sanierung der Neuen Burg weitgehend umzusetzen). Auch beim 1991 geschaffenen Österreichischen Museumspreis wurden bisher konservatorische Leistungen nicht als preiswürdig erachtet.

Dass in Österreich in den Museen auch den Naturwissenschaften – im Gegensatz etwa zu Deutschland oder den angelsächsischen Ländern - nicht der gleiche Stellenwert wie den Geisteswissenschaften beigemessen wurde, ist u. a. daraus ersichtlich, dass im bedeutendsten Museum des Landes erst 1998, nach vielen Jahren des Insistierens, ein naturwissenschaftliches Labor eingerichtet wurde - 110 Jahre nach dem naturwissenschaftlichen Laboratorium am Königlichen Museum zu Berlin (GILBERG 1987).

8.1.2. Restaurator/innen und Architekten

Im Spannungsfeld der konservatorisch relevanten Entscheidungen spielten in der Vergangenheit immer wieder Architekten eine wichtige Rolle. Dabei zeigte sich, dass Restaurator/innen eine Position zuge-dacht wird, die nicht ihren tatsächlichen Qualifikationen entspricht. Konservatorisch relevante Fehlentscheidungen von Architekten oder Kuratoren zogen mitunter negative Langzeitfolgen für die Objekte nach sich, deren Behebung dann den Restaurierwerkstätten zuge-dacht wurde. Für eine Revision der Gegebenheiten bedarf es eines großen persönlichen Einsatzes und meist eines Vielfachen jener Geldmittel, die notwendig gewesen wären, um von Anfang an eine konservatorisch nachhaltigere und schadenspräventive Lösung zu wählen. So wurden etwa, trotz begründeter Einsprüche, auf Anordnung des für die Neuaufrichtung der HJK zuständigen Architekten die originalen Lüftungsschächte des Corps de Logis 1995 im Bereich der Sammlung abgemauert. In der Folge wurden Leuchtmittel mit einer Leistungsaufnahme von 80 kW installiert. Bei der Wiedereröffnung der HJK im Sommer 1997 wurden Raumtemperaturen bis zu 34 °C gemessen, worauf die Leistung der Leuchtmittel durch Dimmen bzw. Demontage von Halogenspots etwa auf die Hälfte reduziert wurde. Die Schächte wurden 10 Jahre später im Zuge der baulichen und brandschutztechnischen Instandsetzung des Luftbrunnens wieder geöffnet; die acht originalen bronzenen Ziergitter gelten zwischenzeitlich als verloren.

Im Vorfeld der Generalsanierung der Antikensammlung wurde von den Restaurator/innen der Antikensammlung in Zusammenarbeit mit Kolleg/innen aus dem Haus im Herbst 2003 ein Maßnahmenkatalog erarbeitet, bei dem die positiven, vor allem aber auch die negativen Erfahrungen der vorangegangenen Sanierungen Berücksichtigung finden sollten. Von den, auch mit der Sammlungs-direktion abgestimmten, konservatorisch begründeten Vorgaben seien der Einbau einer Bauteiltemperierung, Außenbeschattung der Fenster sowie das Vermeiden einer bauteilgebundenen Montage von Leuchtmitteln als wichtigste Details hervorgehoben. Als im Frühjahr 2004 bekannt wurde, dass die neu beauftragten Planer und Architekten diese Vorgaben in wesentlichen Punkten ignorieren würden, verfasste ich einen dreiseitigen Aktenvermerk an den Generaldirektor, die kaufmännische Geschäftsführung und den Sammlungs-direktor, worin u. a. darauf hingewiesen wurde, dass mit dem Einbau von Fan-Coil-Klimageräten die durch das Forschungsprojekt EU-1383 Prevent nachgewiesene konservatorisch schlechteste und teuerste aller Möglichkeiten gewählt würde⁵⁹. Auch wurde (unter Verweis auf die negativen Erfahrungen in der SAM) die Warnung ausgesprochen, dass mangels Außenbeschattung und fehlender Lüftung mit einer hohen thermischen Belastung der Schausäle im Sommer gerechnet werden müsse. Das Schreiben blieb unbeantwortet. Nach der Wiedereröffnung der Antikensammlung kam es im Sommer 2005

59 AV vom 3. März 2004

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

trotz einer installierten Kühlleistung von 40 kW zu Raumtemperaturen über 30 °C, was mehrmals zu Kreislaufproblemen bei Aufseher/innen und Besuchern führte. Das Arbeitsinspektorat drohte mit der Schließung der Sammlung, worauf während des folgenden Winterhalbjahres nachträglich eine Lüftung eingebaut wurde. Die Betriebskosten der Antikensammlung betragen etwa das Drei- bis Fünffache der nahezu flächengleichen SAM⁶⁰.

Als einzelnes Beispiel dafür, dass Architekt und leitender Kurator als alleinige Entscheidungsträger in konservatorischen Belangen überfordert waren, sei zuletzt die 1993 eröffnete Hoftafel- und Silberkammer in der Wiener Hofburg erwähnt. Als Gegenreaktion zu den in den 1980er Jahren aufkommenden, vor allem auch beleuchtungstechnisch rigiden Ausstellungsbedingungen mit den von vielen Besuchern und Kuratoren als zu „düster“ empfundenen Lichtverhältnissen⁶¹, war es erklärtes Planungsziel, „das hellste Museum der Welt“ zu schaffen, da doch die überwiegend aus Metall und Porzellan gefertigten Exponate unempfindlich gegenüber Licht eingeschätzt wurden. Entgegen allen Empfehlungen wurden neue Vitrinen mit innen liegender Halogenbeleuchtung entworfen, die tägliche Schwankungen der Temperatur zwischen 25 °C und 37 °C und der relativen Feuchte zwischen 30 % und 14 % verursachten (Abb. B.115). Die Aufbewahrung in solchen Vitrinen muss als „künstliche Alterung“ von Keramik bezeichnet werden; die davon provozierten Mikrocracquelées in den Glasuren sind irreversibel⁶².

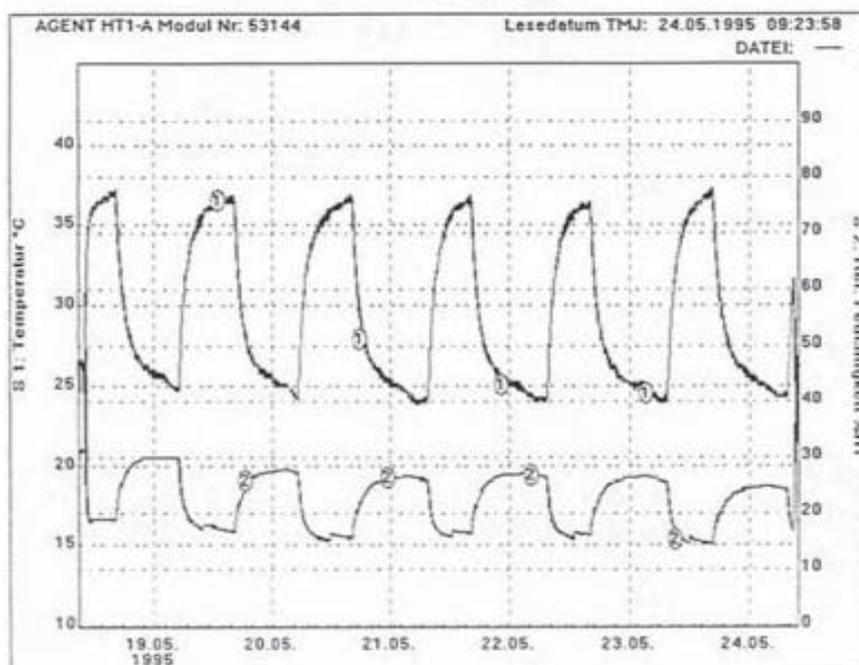


Abb. B.115: Temperatur und Feuchteschwankungen in einer Vitrine der Hofsilberkammer

Die Objekte und Tafelaufsätze der rekonstruierten Hoftafel wurden über Jahre mit einer Beleuchtungsstärke von 15.000 Lux präsentiert. Zur Beleuchtung von 1000 m² Ausstellungsfläche wurden Leuchtmittel mit einer Leistungsaufnahme von 34 kW installiert, was einem Anschlusswert von 34 W pro m² Ausstellungsfläche entspricht⁶³. Dieser Wert liegt mehr als drei Mal so hoch wie die im EuroCare-Projekt PREVENT empfohlene Obergrenze von 10 W/m².

60 Aus der Heiz- und Kühllastberechnung im Vorfeld der Sanierung der Antikensammlung abgeschätzt.

61 Das Absenken der Beleuchtungsstärken auf 250 Lux bei Gemälden bis zu 50 Lux bei Textilien und empfindlichen Graphiken war die Folge von irreversiblen Schäden durch Licht und Beleuchtung in der Vergangenheit.

62 Persönliche Mitteilung von Ludwig Widauer, Restaurator für Keramik, Wien

63 Persönliche Mitteilung von Wolfgang Kippes, technischer Leiter der Schloss Schönbrunn Betriebsges.m.b.H

8.1.3. Klimakontrolle und Haustechnik

Im KHM liegt der Kompetenzbereich „Klima“ in den Händen der haustechnischen Abteilung, die der Abteilung Gebäudemanagement eingegliedert ist. Aus historischen Gründen sind diese Mitarbeiter – als direkte Nachfolger der ehemaligen Heizer - trotz inzwischen stark gesteigener Qualifikationen und Anforderungen etwa bei der Bedienung und Wartung von heizungs- und raumluftechnischen Anlagen, im hierarchischen Gefüge des Museums „weit unten“ angesiedelt, nicht zuletzt erkennbar an den Büros im Keller. Sie verfüg(t)en kaum über das notwendige Pouvoir für grundlegende Entscheidungen; im Regelfall wurden sie nur aktiv, wenn entsprechende Anweisungen „von oben“ vorlagen. Wie das Beispiel in Kap. B.7. zeigt, kann es dabei zu Zielkonflikten zwischen den an die Profit-Abteilung herangetragenen und an die Haustechnik weitergeleiteten Wünschen von Catering-Firmen (Aufheizen der Säulenhalle/Aula auf 24 °C) und den konservatorischen Vorgaben der Sammlungen kommen.

Der seit 1992 (zuletzt in einer gemeinsamen Stellungnahme der Restauratoren im Juli 2001) geforderte und von der neuen Generaldirektorin im Jänner 2009 in Aussicht gestellte Posten einer Klimabeauftragten für das KHM wurde im September 2011 besetzt.

8.1.4. Persönliche Verantwortung

Zu den Reibungsverlusten im komplexen „System Neue Burg“ gehört das Phänomen, dass in einer hierarchischen Entscheidungsstruktur auf den einzelnen Verantwortungsträgern mitunter ein Entscheidungsdruck lastet, den er/sie aus nachvollziehbaren Gründen nicht bereit ist, allein zu übernehmen. Die gängige Reaktion ist, sich hinter eine Vorschrift, eine Norm oder ein externes Gutachten zurückzuziehen, auch dann, wenn das Ergebnis empirischer Beobachtung bzw. dem „Hausverstand“ widerspricht und in der Folge zu Ineffizienzen und verlorenem Aufwand führt. Da ein externer Gutachter oder Fachplaner die örtlichen Gegebenheiten nie so genau kennt wie die hauseigenen Mitarbeiter/innen, kann er die langfristigen Auswirkungen seiner Planung oft nicht abschätzen.

- Bei der Generalsanierung der SAM wurde der Wunsch geäußert, den überhöhten Wärmeeintrag in die Sammlungsräume durch Verringerung der Heizkörperleistung zu senken. Bei der an einen externen Planer vergebenen Wärmebedarfsberechnung (September 1990) wurde im Bestand eine Gesamtleistung von 60,4 kW ermittelt; die neue WBB ergab lt. ÖNorm M 7500 bei einer (ursprünglich gewünschten Auslegung für Konvektoren) eine geforderte Leistung von 59,6 kW. Da dies fast dem gleichen Wert wie zuvor entsprach wurde nachgefragt, ob die Wärmeabgabe der zwischen jeder zweiten Fensterachse verlaufenden Steigstränge (die die 6 m hohen Wände in einer Breite von rund 50 cm auf 25-28 °C erwärmen) bei der Berechnung mitberücksichtigt worden waren. Dies wurde unter Berufung auf die ÖNorm, welche die Einbeziehung von Wärmeeinträgen aus „fremdbeheizten Bereichen“ verbietet, verneint. Dem Gegenargument, dass die Steigstränge untrennbarer Bestandteil des Heizsystems und daher immer warm sind, wenn auch die Radiatoren Wärme abgeben, wurde nicht gefolgt und alle Radiatoren geplant, bestellt und montiert. (Seitens der SAM wurde nach der Sanierung mehr als die Hälfte der Radiatoren im Sammlungsbereich wieder entfernt oder deaktiviert; → Kap. C.4.1.5)

- Beim Umbau der Restaurierwerkstätte der HJRK wurden zwei Arbeitsplatz-Punktabsaugungen eingerichtet, wobei die Nachströmung aus dem angrenzenden Lichthof erfolgen sollte. Da die ÖNorm den Einbau einer Lüftungsanlage ohne Vorwärmung der Außenluft verbietet, wurde für den Zuluftkanal ein Heizregister projektiert. Dem Einwand der Werkstättenleiterin, dass die Absaugungen nur sporadisch und kurzfristig und niemals gleichzeitig in Betrieb genommen würden und deshalb eine Nachströmung aus der Umgebung genügte, wurde nicht stattgegeben. Das Heizregister wurde projektiert, eingebaut und unmittelbar nach Abnahme der Anlage wieder von der Heizwasserzuleitung abgekoppelt.

8.2. Versuch einer systemtheoretischen Deutung

8.2.1. Zur Entstehung der Systemtheorie

Der Begriff *Systemtheorie* bezeichnet eine interdisziplinäre Wissenschaft, in der Systeme zur Beschreibung und Erklärung unterschiedlich komplexer Phänomene herangezogen werden⁶⁴. Die Systemtheorie der Evolution entstand aus einer Weiterentwicklung der Evolutionstheorie von Charles Darwin (1809-1882); sie geht davon aus, dass lebende Organismen und Organisationsstrukturen offene Systeme im Sinne der Thermodynamik sind, die in einem Fließgleichgewicht mit ihrer Umwelt stehen. Die Allgemeine Systemtheorie wurde vom Biologen Ludwig von Bertalanffy (1901-1972) formuliert (BERTALANFFY 1956).⁶⁵

Im Zuge der Industrialisierung wurden im späten 19. Jahrhundert Organisationsabläufe auf die Arbeitswelt angewandt, wobei als Denkmodell nicht biologische Prozesse sondern die Maschine diente. Im *Scientific Management* von Frederic Taylor (1856-1915) wurden Personen und ihre Handlungen entkoppelt; Fabriken wurden als große Maschinen und die einzelnen Arbeiter bzw. Produktionsschritte als Bestandteile einer Maschine gedacht. Dieses Prinzip der rationalisierten Arbeitsteilung ermöglichte in der von Henry Ford eingeführten Fließbandproduktion eine enorme Produktivitätssteigerung aber auch Verbilligung von hochkomplexen Produkten wie etwa das Auto. Der einzelne Arbeiter wurde zu einem Glied in der Herstellungskette, das mit der Standardisierung der einzelnen Handlungsweisen zuerst austauschbar und letztlich mit den Roboter-Fertigungsstrecken des 20. Jahrhunderts gänzlich substituiert wurde. Chester Barnard (1886-1961) kam zu der wichtigen Erkenntnis, dass nicht Personen sondern Dienstleistungen, Handlungen oder Einflüsse als Konstituenten einer Organisation angesehen werden sollten (SIMON 2009: 13)

Erst mit der Bildung arbeitsteiliger Handlungsabläufe durch die Entkoppelung von Person und Handlung war es möglich, hochkomplexe Prozesse und Organisationsabläufe zu realisieren, die das Handlungsvermögen einzelner Individuen weit übersteigen. Da die einzelnen Akteure durch gleich qualifizierte Personen ausgetauscht werden können, galt es Rahmenbedingungen und Lenkungsmechanismen zu definieren, die das Organisationssystem als Ganzes auch unter sich ändernden Rahmenbedingungen stabil erhalten. Dies führte zur Beobachtung des bemerkenswerten Phänomens, dass größere Organisationen auch mit wechselndem Personal konstante Handlungsmuster herausbilden, die von individuellen Akteuren kaum beeinflusst werden können. Während kleine Systeme wie z. B. eine Familie sehr stark von der Persönlichkeitsstruktur der einzelnen Individuen abhängen, entwickeln größere Organisationsformen und soziale Systeme in ihrem Verhalten eine konstante Eigendynamik, die auch nach Substitution der Einzelelemente weitgehend erhalten bleibt.

64 Die allgemeinen Aussagen zur Systemtheorie sind weitgehend entnommen aus Simon 2009.

65 <http://www.psychology48.com> (14.07.2011)

In den 1930er-Jahren wurde die biologische Systemtheorie auch auf soziale Systeme angewendet. Der soziologische Systembegriff geht auf Talcott Parsons (1902-1979) zurück, der zuletzt den Begriff der *strukturell-funktionalen Systemtheorie* prägte. Der Begriff Struktur bezieht sich dabei auf die vorwiegend statischen Systemelemente, die von kurzfristigen Schwankungen im System-Umwelt-Verhältnis unabhängig sind. Funktion dagegen bezeichnet den dynamischen Aspekt eines sozialen Systems, also diejenigen sozialen Anpassungsprozesse, die die Stabilität der Systemstrukturen in einer sich ändernden Umwelt gewährleisten (PARSONS 1951). Aus der Struktur eines Systems soll durch funktionale Analysen abgeleitet werden, welche Handlungen für die Systemstabilisierung förderlich (funktional) sind oder destabilisierend (dysfunktional) wirken. Dabei taucht die Frage nach den Mechanismen auf, die solche koordinierte Handlungssysteme verbinden und lenken.

Nach dem 2. Weltkrieg bis in die 1980er-Jahre war das Schlagwort für diese ganzheitlich-dynamische Sichtweise die *Kybernetik* (von griechisch κυβερνητης, >Steuermann<). Der von Norbert Wiener (1894-1964) geprägte Begriff bezeichnet eine „*übergreifende Wissenschaftsdisziplin, die sich mit der formalen mathematischen Beschreibung und modellartigen Erklärung von dynamischen (kybernetischen) Systemen beschäftigt, welche besonders durch das Prinzip der selbsttätigen Regelung und Steuerung durch Übertragung und Verarbeitung sowie Rückübertragung von Informationen in wenigstens einem Rückkoppelungssystem gekennzeichnet sind*“ (Brockhaus 1989). Nicht zuletzt beeinflusst durch die Basisdemokratie- und Ökobewegung der 1980er-Jahre wurde versucht, ganzheitliches offenes Denken, das eine Vielfalt der Perspektiven ebenso berücksichtigt wie die Komplexität unterschiedlicher psychosozialer Rahmenbedingungen, auch in der Unternehmensführung zu etablieren (KÖNIGSWIESER-LUTZ 1992).

8.2.2. Grundzüge einer systemischen Sichtweise

Als der wichtigste Vertreter im deutschen Sprachraum vor allem der soziologischen Systemtheorie gilt Niklas Luhmann (1927-1998), der die struktur-funktionale Systemtheorie Parsons' zu einer universalen philosophisch-soziologischen Kommunikationstheorie ausbaute (Luhmann 1984; Luhmann 1998). Nach Luhmann sind alle Systeme tendenziell „selbstreferenziell“, d. h. auf sich selbst bezogen, wodurch automatisch eine Grenze zu ihrer Umwelt entsteht, mit der das jeweilige System durch strukturelle Kopplung und Kommunikation mehr oder weniger stark verbunden ist. Luhmann definiert „die (einzelne) Kommunikation“ als kleinste Einheit aller sozialen Systeme und setzt sie mit dem Wesen von „Gesellschaft“ gleich (Luhmann 1984/93: 193f). Dabei wird Kommunikation nicht als Übertragung von Information verstanden sondern als offene, niemals beendete Interaktion, in der nicht die Mitteilungsabsicht des „Senders“ von entscheidender Bedeutung ist, sondern die Interpretation durch den „Empfänger“, dass eine Mitteilung vorliegt. Anders als bei einer Handlung, die einem einzelnen Akteur zugerechnet werden kann, bedarf es zur „Kommunikation“ zweier oder mehrerer Akteure, deren Interaktionen mehrfach verknüpft (*assoziiert*) sind. Eine gelungene „Kommunikation“ besteht aus der Mitteilung einer Information, die vom Empfänger mit einem Zeichen des Verstehens beantwortet wird, das wiederum vom Sender bestätigt werden muss, dass die Mitteilung auch richtig verstanden worden ist. Nicht der Sender sondern der Empfänger entscheidet somit über den Erfolg und das Stattfinden von Kommunikation. Dies ist insofern wichtig, als jede Informationsübertragung mit Selektion und unterschiedlichen Verstehensmöglichkeiten bzw. potenziellen Missverständnissen verbunden ist (Daniel-Tonn 2006: 32f). Ob Kommunikation stattgefunden hat, ist allerdings erst an den daraus resultierenden Handlungen ablesbar. Die wichtigste Konsequenz aus diesen Überlegungen ist, „*dass Kommunikation nicht direkt beobachtet werden sondern nur erschlossen werden kann. Um beobachtet werden oder sich selbst*

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

beobachten zu können, muss ein Kommunikationssystem als Handlungssystem ausgeflaggt werden. Auch die mitlaufende Selbstkontrolle [...] funktioniert nur, wenn man am Abschlusshandeln ablesen kann, ob man verstanden worden ist oder nicht.“ (Luhmann 1984/93: 226).

Es gehört zu den überraschenden Erkenntnissen der Systemtheorie, dass das Ziel einer Organisation nicht das Erfüllen rationaler sachlicher Zielvorgaben, sondern schlichtweg der Selbsterhalt ist. Für jedes Subsystem bis hin zu den einzelnen Mitarbeiterinnen geht es in erster Linie ums Überleben in deren jeweiligen Umwelt. Im Museum beispielsweise kann zwar die Schaffung optimaler Aufbewahrungsbedingungen in der Museumsordnung festgeschrieben sein und für ein Subsystem des Museums (Restaurator/innen) oberste rationale Priorität haben, für andere Akteure im Gesamtsystem, die ihre je eigenen rationalen Ziele verfolgen (Steigerung der Besucherzahlen, Einhalten des Budgetrahmens, Verringern der Personalkosten, Bewältigung des Schriftverkehrs, etc.) ist diese Ziel zunächst jedoch peripher. Es gehört zum Wesen einer systemischen Betrachtungsweise, dass Kategorien wie „gut“ oder „schlecht“ tunlichst vermieden werden, da auch scheinbar dysfunktionales Systemverhalten auf verborgene Funktionalitäten verweist. Die Entscheidung, ob eine Handlung förderlich oder dysfunktional ist, hängt nämlich immer vom jeweiligen Standpunkt ab: So erscheint es aus der Sicht des „Subsystems Kaufmännische Geschäftsführung“ für ~~das Gesamtsystem Museum~~ durchaus förderlich, durch vermehrte Vermietungen und Events die Einnahmen zu steigern, auch wenn aus der Sicht des „Subsystems Restauratoren“ genau das Gegenteil der Fall ist.

Ein konkret nur schwer fassbarer aber für die Funktionalität des Gesamtsystems nicht unwesentlicher Bereich betrifft die psychische Befindlichkeit der einzelnen Akteure einer Organisation. Die Systemtheorie bezeichnet Körper und Psyche der Mitarbeiter/innen als je eigene „Umwelten“ der Organisation und definiert Körper/Psyche jedes für sich als je eigenes Kommunikationssystem (Simon 2009: 35). Daraus ergeben sich komplexe und mitunter spitzfindig anmutende Sichtweisen, die – konsequent weitergedacht – unerwartete Erkenntnisse und Erklärungen für Konfliktsituationen eröffnen. So werden etwa Mitarbeiter/innen häufig aufgefordert, dass sie sich in die Firma „mit ihrer ganzen Person einbringen“. Gleichzeitig wird jedoch von ihnen erwartet, ihr Privatleben (Telefonieren, Mailkontakt, etc.) während der Arbeitszeit weitgehend „draußen“ zu lassen. Die körperlichen Bedürfnisse der Angestellten müssen einerseits berücksichtigt werden (z. B. Einhalten von Arbeitsplatzstandards, Pausen, Urlaub), andererseits wird erwartet, dass auf bestimmte persönliche Gewohnheiten (z. B. Siesta, zu lockere Bekleidung) am Arbeitsplatz verzichtet wird. Dies erfordert von den Mitarbeiter/innen unbewusste Innen-Außen-Abspaltungen ihrer Verhaltensweisen und erwartungen.

Zur Eigenheit eines psychischen Systems gehört, dass es vom sozialen System grundsätzlich getrennt ist und ein Großteil davon selektiert wird. Denn nur ein Bruchteil dessen, was ein Individuum wahrnimmt, denkt und fühlt, wird Teil der Kommunikation – und was nicht kommuniziert wird, ist für das soziale System nicht existent! Das (nach außen hin unsichtbare) psychische System jedes einzelnen Mitarbeiters ist nicht Teil des sozialen Systems der Organisation; sie sind allerdings durch Kommunikation „strukturell gekoppelt“. Strukturelle Koppelung bedeutet aber, dass die Mitglieder in der Lage sind, die Strukturen der Organisation zu beeinflussen, wobei die Frage nach dem „wie“ von grundlegender Bedeutung ist.

Da das Individuum nie „als Ganzes“ Teil der Organisation sein kann und sein psychisches System nach außen hin nicht sichtbar ist, bedarf es einer wahrnehmbaren „Außenseite“; diese wird in der Kommunikationstheorie als fiktive Einheit mit dem Begriff „Person“ belegt. Die etymologische Herleitung von der in der Antike üblichen Maske der Schauspieler stellt gleichzeitig den entsprechenden Kontext her: In

einer Organisation wird jede „Person“ zu einem Rollenträger, von dem eine bestimmte Funktion (auch im Sinne von Funktionieren) erwartet wird. Unterschiedliche Personen als Träger derselben Rolle („alle Restaurator/innen“) sind mit der gleichen Erwartungshaltung konfrontiert. Eine klar definierte Erwartung (etwa in der Geschäftsordnung) schafft Entlastung für das Gesamtsystem, da die Handlungen einzelner Subsysteme kalkulierbar und „anschlussfähig“ an angrenzende Subsysteme werden. Wer den Erwartungen entspricht, braucht keine Rechtfertigung; von der Erwartung abweichendes Agieren hingegen bedarf einer Begründung und bedeutet meist Störung der gewohnten „bewährten“ Kommunikationsflüsse (selbst wenn diese aus der Sicht des Teilsystems, das die Störung verursacht, dysfunktional erscheinen).

Die Tatsache, dass ein großes Organisationssystem wie das KHM mehr als 100 Jahre existiert, beweist, dass das System so wie es ist, ausreichend stabil d. h. funktional ist (sonst wäre es nicht mehr existent). Erscheinen Abläufe aus der Sicht eines Teilsystems (z. B. der Restaurator/innen) dysfunktional, entsteht der Wunsch nach Veränderung. Da Änderungswünsche bzw. Fehlermeldungen die Routine unterbrechen, werden sie zunächst als Störung eingestuft. Die Akteure der Organisationen können meist nur begrenzt rational handeln, da sie überwiegend mit mehrdeutigen Informationen konfrontiert sind, für die es keine eindeutige Lösung (ja / nein) gibt und sich nicht vorhersagen lässt, welche Entscheidung für das „Überleben“ bzw. den Erfolg (des Entscheidungsträgers) die bessere ist. Deshalb werden mehrdeutige Entscheidungen gerne aufgeschoben oder die Verantwortung auf außerhalb des Systems befindliche „Experten“ oder Gutachter übertragen. Sehr häufig kommt es zu einem Spannungsfeld zwischen Zweckrationalität und Systemrationalität.

Der Wunsch nach Änderung innerhalb eines (Sub-)Systems entsteht durch Vergleich von „Daten“ bzw. bei Abweichungen des Ist-Zustands vom Soll-Zustand. Um „Daten“ in eine existente Form zu bringen, müssen sie codiert, d. h. in Zahlen, in Text oder Sprache oder in Bilder transformiert werden (Willke 2004: 29). Erst durch die richtige Codierung (*In-Form*-bringen) erlangen die zunächst wertfreien Daten Sinn und werden damit zur *Information*. Dabei kommt der Aufbereitung der Daten durch den Sender eine enorm wichtige Bedeutung zu, damit ihnen vom Empfänger/Interpreten Sinn zuerkannt wird und sie aus der täglich einströmenden Datenflut nicht als unwichtiges „Datenrauschen“ selektiert werden (Simon 2009: 61). Die beste Aufbereitung (Codierung) von „Daten“ zur „Information“ mit dem Ziel einer Veränderung im System nützt jedoch nichts, wenn es nicht gelingt, diese Information stabil im System zu implementieren; dies ist nur über direkte und erfolgreiche Kommunikation mit den Verantwortlichen möglich. Eine nachhaltige Änderung im System ist nicht über noch mehr und rational immer besser begründete Informationen sondern nur über eine Änderung der Kommunikations- und Entscheidungsstrukturen möglich!

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass es - je nach Kontext und Perspektive - offensichtlich für (fast) jeden Sachverhalt mehrere, gleichermaßen legitime „rationale“ Sichtweisen gibt. Die anscheinenden Insuffizienzen größerer, meist öffentlicher Institutionen sind in der Regel nicht auf üble Absichten der handelnden Personen zurückzuführen, sondern auf divergierende Denk-, Kommunikations- und Handlungsmuster der einzelnen Akteure innerhalb der verschiedenen Subsysteme: Expertensysteme folgen für gewöhnlich einer zielorientierten, rationalen Logik (*finale Rationalität*); sie reagieren meist flexibel auf Strategieabweichungen, sofern dies zum Erreichen des übergeordneten Ziels notwendig erscheint. Dagegen folgen formale Regelungssysteme in der traditionellen Verwaltung meist einer *konditionalen Rationalität*. Für das Funktionieren großer Organisationen bedarf es klarer Regeln, deren Einhaltung kontrolliert und deren Missachtung gegebenenfalls sanktioniert

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

werden kann („Wenn ... eintritt, dann hat dies ... zur Folge“). Das Befolgen der Regeln wird durch Regelmäßigkeit (Routine) begünstigt, wohingegen Änderungen und Abweichungen davon als Störung empfunden werden und dazu tendieren, aufgeschoben oder selektiert zu werden. Das Erfüllen von formalen Kriterien (wie etwa das Einhalten von Vorschriften/Regeln/Normen) wird innerhalb des formalen Regulationssystems rational als Zielerreichung eingestuft, selbst dann, wenn die Maßnahmen aus der Sicht des Expertensystems rational als sinnwidrig erscheinen. Die *situative Rationalität* politischer Kommunikationssysteme lässt sich in abgeschwächter Form auch für die Leitungsebene großer Organisationssysteme, die auf Öffentlichkeit und Medienpräsenz angewiesen sind, feststellen, wobei hier fast zwangsläufig eine Symbiose mit den Interessen der politischen Entscheidungsträger hergestellt wird. Akzeptanz und Aufmerksamkeit muss durch rasches Reagieren auf aktuelle Situationen erzeugt werden, wobei Symbole und Rituale (Neujahrsempfang, Ausstellungseröffnung in Anwesenheit von XY, etc.) eine wichtige Rolle spielen (HUBER 2003).

Die Idee eines gemeinsamen, von allen Beteiligten gleichermaßen angestrebten Ziels erweist sich somit weitgehend als Illusion: In den Entscheidungsprozessen großer Organisationen wird selten die „beste“ Lösung gewählt, sondern eine, die für die meisten hinlänglich „befriedigend“ ist. Das „Dahinwursteln“ im suboptimalen Bereich erweist sich dabei fast immer als ausreichend stabil (Simon 2009: 31).

Die Neue Burg als Schnittmenge von Systemkomplexen

Die von Mitarbeitern der Neuen Burg über Jahrzehnte beobachteten und beklagten Dysfunktionalitäten (Kommunikationsprobleme, zähe Verwaltungsabläufe, fehlende Entscheidungen für dringend geforderte Verbesserungsmaßnahmen, etc.) resultieren fast zwangsläufig aus den gegebenen Organisationssystemen und Verwaltungsstrukturen, die von unterschiedlichen Akteuren mit unterschiedlichen Teilinteressen und Abhängigkeiten bespielt werden:

- Die Neue Burg ist ein Teil des Gebäudekomplexes der Hofburg, der von der BHÖ verwaltet und von unterschiedlichen Institutionen genutzt wird, die wiederum unterschiedlichen (politischen, wirtschaftlichen, persönlichen, .etc.) Einflussphären unterliegen.
- Die BHÖ untersteht dem BM für Wirtschaft, Familie und Jugend (BMWFJ).
- In der Neuen Burg sind zwei von einander unabhängige, ausgegliederte wissenschaftliche Institutionen (KHM mit MVK, ÖNB) als Nutzer eingemietet, die beide dem BM für Unterricht, Kunst und Kultur (BMUKK) unterstehen.
- Alle vom BMWFJ verantworteten baulichen Entscheidungen müssen mit dem Bundesdenkmalamt abgestimmt werden, das dem BMUKK untersteht.
- Die Neue Burg bildet für die ÖNB den Mittelpunkt des Interesses, da sich hier die Lesesäle (mit durchschnittlich 1.400 Besuchern täglich), wichtige Verwaltungseinheiten und der Tiefspeicher in unmittelbarer Nähe zur Generaldirektion befinden.
- Der größere Teil der Nutzfläche der Neuen Burg wird vom KHM als Mieter genutzt. Die hier untergebrachten Sammlungen (Ephesus, HJRK und SAM) sowie das MVK sind für das KHM nur von sekundärem Interesse, da die Neue Burg nur etwa 10% der Besucher des Haupthauses aufbringt (wo sich die „bedeutenderen“ Sammlungen befinden).

In der folgenden Grafik wird der Systemkomplex Neue Burg schematisch dargestellt, wobei auf die von den anderen Verwaltungseinheiten verfolgten unterschiedlichen Präferenzen und Zielvorgaben (politisch, administrativ, ökonomisch, fachspezifisch) nicht näher eingegangen werden soll. Hält man

sich vor Augen, dass jedes Subsystem je nach historisch gewachsener Struktur, sozialem System und Ausbildungshintergrund der Akteure (Juristen, Verwaltungsbeamte, Techniker, Kunsthistoriker, Restauratoren, Bibliothekare, Handwerker, etc.) eine für das jeweilige *Expertensystem*, *formale Regulationssystem* und *politische Kommunikationssystem* je eigene Denkweise und Kommunikationsform („Sprache“) entwickelt hat, dann wirken die daraus zwangsläufig resultierenden Kommunikationsprobleme und Zielkonflikte nicht mehr überraschend. Die möglichst schadenspräventive Aufbewahrung von Kunstwerken, historischen Musikinstrumenten und ethnografischen Objekten ist für den „Systemkomplex Neue Burg“ rational nur von peripherer Bedeutung (Abb. B.116).

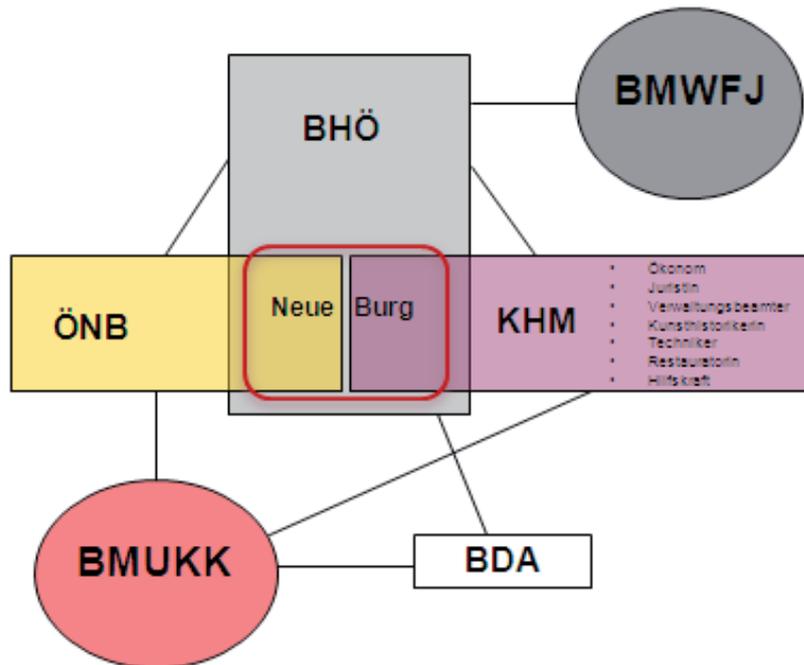


Abb. B.116: Die Neue Burg als Schnittmenge unterschiedlicher Verwaltungssysteme und Einflussbereiche

8.2.3. Organisationsstruktur des KHM

Wendet man die gleiche Fragestellung nach der möglichst schadenspräventiven Aufbewahrung der Sammlungsobjekte auf das KHM als einheitliche Organisationsstruktur an, so sollte eine gänzlich andere Wertigkeit sichtbar werden.

Ganz allgemein kann man feststellen, dass das von der Geschäftsführung eines Unternehmens publizierte Organigramm unmittelbar Auskunft über deren Selbstwahrnehmung gibt. Alle für die Geschäftsführung wichtigen Aspekte werden darauf groß und deutlich sichtbar, quasi „ins Auge springend“ sein (Bedeutungsperspektive); alle als peripher oder „selbstverständlich“, also nicht explizit erwähnenswert erachteten Bereiche (wie z. B. die Reinigungsdienste) werden in einem differenzierten Organigramm ganz unten, am Rande oder gar nicht vorkommen.

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

Analysiert man mit den Mitteln und Methoden der Bildbetrachtung – z. B. wie Kunstvermittler bei einer Führung - die auf der Homepage abgebildete Organisationsstruktur der „Wissenschaftlichen Anstalt Kunsthistorisches Museum mit Museum für Völkerkunde und Österreichisches Theatermuseum“ (Abb. B.117), so kann man dem Organigramm u. a. folgende Aussagen entnehmen.

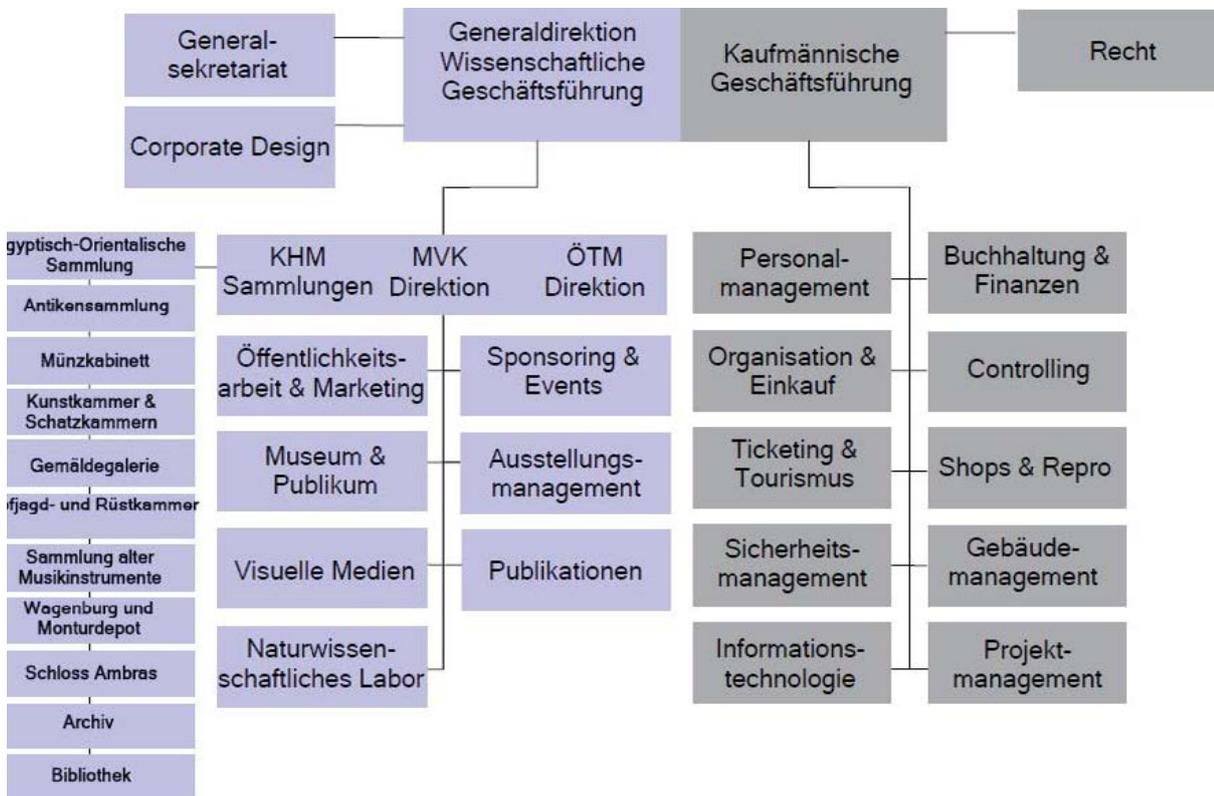


Abb. B.117: Organigramm des Kunsthistorischen Museums mit Museum für Völkerkunde und Österreichischem Theatermuseum (2011)

An der Spitze der Wissenschaftlichen Anstalt befindet sich – etwas abgesetzt und durch breitere Abstände von den übrigen Abteilungen getrennt – die Geschäftsführung. Die *Kaufmännische Geschäftsführung* hat sich einen ständigen *Rechtsbeistand* zur Seite gestellt. Die *Generaldirektion* und *Wissenschaftliche Geschäftsführung* benötigt unmittelbare Unterstützung durch das *Generalsekretariat*; darüber hinaus wird der Außenwahrnehmung große Bedeutung beigemessen, was in der Abteilung *Corporate Design* (der ein *Kreativdirektor* vorsteht), zum Ausdruck kommt.

Der Kaufmännischen Geschäftsführung sind zehn Abteilungen unterstellt, wovon *Personalmanagement* und *Buchhaltung & Finanzen* an erster Stelle stehen. Es fällt auf, dass die im organisatorischen Ablaufgeschehen wichtige Abteilung *Gebäudemanagement* auf Platz 8 angesiedelt ist, obwohl sie (nach dem Personalwesen) mit 37 Mitarbeiter/innen die größte Abteilung ist, der neben den baulichen Agenden auch die Hauswerkstätten, der Brandschutz, die Bestandspflege mit dem Reinigungsdienst und die Haus- und Klimatechnik unterstehen. Dies ist eine Position hinter dem *Sicherheitsmanagement* auf Platz 7, dem in einem Museum wohl ebenso eine größere Bedeutung beigemessen werden sollte; offensichtlich werden jedoch die Abteilungen *Ticketing & Tourismus* sowie *Shops & Repro*, die sich auf Platz 5 und 6 befinden, als wichtiger eingestuft. Die Abteilungen *Informationstechnologie* und *Projektmanagement* befinden sich auf den Plätzen 9 und 10.

Auf der Seite der *Generaldirektion* und *Wissenschaftlichen Geschäftsführung* sollte im Organigramm zum Ausdruck kommen, dass das KHM mit MVK und ÖTM im Museumsgesetz als Wissenschaftliche Anstalt definiert ist. Dies ist jedoch auf den ersten Blick nicht der Fall: Direkt der Generaldirektion unterstellt finden sich die Sammlungsleitungen sowie die Direktionen von MVK und ÖTM. Unmittelbar darunter – quasi im Zentrum des Geschehens – befinden sich sieben Abteilungen, von denen *Öffentlichkeitsarbeit & Marketing* sowie *Sponsoring & Events* an erster Stelle stehen. Obwohl in der von BM Schmidt initiierten „Museumsreform“ 2008 der Vermittlung der Schätze der „Sammlung Österreich“ an Schulen und Besucher/innen oberste Priorität eingeräumt wurde, sind die Abteilungen *Museum & Publikum* sowie *Ausstellungsmanagement* den *Events* nachgereiht. Die unzweifelhaft den Primäraufgaben der Wissenschaftlichen Anstalt dienenden Abteilungen *Publikationen* und *Naturwissenschaftliches Labor* rangieren nach den *Visuellen Medien* an letzter Stelle.

Das eigentliche „Kapital“ des Museums, die reichhaltigen Sammlungen des Hauses, die Schätze aus den habsburgischen Gemäldegalerien, Kunst- und Schatzkammern und Münzsammlungen, die singulären Bestände der Hofjagd- und Rüstkammer und des kaiserlichen Fuhrparks, die älteste Musikinstrumentensammlung der Welt als Zeugnis für die reiche Musikkultur Österreichs - sie alle finden sich nicht ins Auge springend in der Mitte sondern platzsparend links an den Rand gedrängt, im kleinsten Schriftsatz gedruckt. Das Museum für Völkerkunde mit seinen mehr als 200.000 ethnografischen Objekten, die ihre Herkunft u. a. den wagemutigen und wissenschaftlichen Entdeckungsfahrten des 16. bis 19. Jahrhunderts verdanken, ist im Organigramm sichtbar nur durch seine Direktion vertreten, obwohl die Bestände in einzelne Sammlungen gegliedert sind, die selbständigen Abteilungen vergleichbar sind und von international angesehenen Wissenschaftlern verwaltet werden. Ähnliches gilt für das Österreichische Theatermuseum, das ebenfalls nur aus einer Direktion zu bestehen scheint.

Es ist gewiss ohne jede Absicht aber eben doch nicht zufällig, dass im Organigramm des KHM mit MVK und ÖTM zwei zentrale Themenbereiche - ohne die kein Museum längere Zeit erfolgreich bestehen kann - gar nicht vorkommen: *Konservierung/Restaurierung* sowie *Klima & Haustechnik*. Die Tätigkeit der Restaurator/innen findet, nach außen hin nicht wahrnehmbar, im Hintergrund der „am Rande“ erwähnten Sammlungen statt. Der zweite Themenkreis ist unsichtbar im Gebäudemanagement verborgen.

Es steht für mich außer Zweifel, dass eine nachhaltige Verbesserung der konservatorischen Situation unmöglich ist, solange das aktuelle Organigramm nicht geändert wird. Es kommt darin klar zum Ausdruck, dass der Verwaltung, der Performance, der Außenwahrnehmung, den Events und dem Veranstellen von Sonderausstellungen ein größerer Stellenwert beigemessen wird als den im Museumsgesetz definierten Kernaufgaben des Museums als Wissenschaftliche Anstalt. Einige der im Organigramm etablierten Abteilungen bestehen aus 1 bis 3 Mitarbeiter/innen, während die über 30 Restaurator/innen aller Sammlungen über keine Möglichkeit verfügen, bei den regelmäßigen Besprechungen ihre Anliegen und Sichtweisen, so wie die Leiter/innen der Sammlungen und Abteilungen, mit der Geschäftsführung direkt auszutauschen. Eine rasche, problemlösungsorientierte Kommunikation ist dadurch nicht möglich, da jede Äußerung offiziell nur im Dienstweg über die jeweilige Sammlungsleitung erfolgen kann und alle diesbezüglichen Initiativen mit einem erhöhten Energieaufwand, mit inneren Widerständen, mit einem mehr oder weniger besorgten Abwägen der Sinnhaftigkeit verbunden sind.

Gleiches gilt für den zentralen Themenkreis *Klima & Haustechnik*. Von der Technischen Abteilung wird der reibungslose Ablauf aller Klimaanlage, Heizsysteme, technischen Geräte etc. erwartet, ohne zu überprüfen, ob die Rahmenbedingungen dafür gegeben sind. Die Analyse der Gegebenheiten hat hingegen gezeigt, dass unter den vorherrschenden Bedingungen bei bestimmten kritischen Ereignissen

Rahmenbedingungen für ein Gesamtkonzept

(Witterung, Besucheransturm, Stromausfall, Sonderveranstaltungen, Weisung der Geschäftsführung, etc.) aufgrund widersprüchlicher Zielvorgaben die Bemühungen der Technischen Abteilung von vorn herein zum Scheitern verurteilt sind. Da in der Organisationsstruktur des KHM für diese Thematik bisher kein Mechanismus der problemlösungsorientierten Kommunikation etabliert war, musste daraus, in fast zwangsläufiger Konsequenz, als Überlebensstrategie eine „typische Beamtenmentalität“ resultieren.

Die Analyse des Organigramms hat gezeigt, dass die möglichst schadenspräventive Aufbewahrung der Sammlungsobjekte für das KHM als Organisationssystem nicht von primärer Bedeutung ist. In Kap. C.9. findet sich ein Vorschlag für ein verändertes Organigramm, das die museologischen und konservatorischen Interessen besser zum Ausdruck bringt.

Aus der Sicht der für konservatorische Belange zuständigen Restaurator/innen besteht für das „System Museum“ derzeit dringender Verbesserungsbedarf. Eine Änderung kann nur über eine Änderung der Kommunikations- und Entscheidungsstrukturen erreicht werden. In jedem Museum müssen die Belange der präventiven Konservierung und Restaurierung von Restaurator/innen verantwortet werden, während kunst- und geisteswissenschaftliche Belange den Kustod/innen obliegen. Beim Treffen der Abteilungsleiter müssen die konservatorischen Interessen von einer Restauratorin bzw. von der Klimabeauftragten direkt vertreten werden.

ABSCHNITT C - DAS KONSERVATORISCHE BETRIEBSKONZEPT UND SEINE UMSETZUNG

In Abschnitt C wird das Gesamtkonzept dargelegt und anschließend wurden die zu seiner Realisierung umzusetzenden Themenkreise definiert. Insgesamt wurden 44 Teilmodule bearbeitet. Jedes Modul trägt kumulativ zu einer Verbesserung der Klimasituation bei und kann größtenteils unabhängig von den anderen geplant und realisiert werden. Am Schluss dieses Abschnitts wird eine Reihung der Module nach Prioritäten vorgenommen. Dabei sollte aus jedem Themenkreis das jeweils erste Modul in der Prioritätenreihung so rasch wie möglich projektiert werden.

Um die Vernetzung der Module zu verdeutlichen, wird bei Bedarf auf andere Module verwiesen, die als Voraussetzung für ein erfolgreiches Funktionieren des jeweiligen Moduls bereits vorher umgesetzt sein müssen.

Es wird ausdrücklich empfohlen, für die Umsetzung des Gesamtkonzepts nicht ein einziges großes Projekt ins Auge zu fassen sondern einen langfristigen Masterplan zu entwickeln, um nach der Realisierung größerer Teilmodule (z. B. Nachdichten der Fenster, Außenbeschattung der Lichtdächer) die aus den nunmehr veränderten Rahmenbedingungen resultierenden Rückkoppelungseffekte empirisch besser abschätzen und die daraus gewonnenen Erfahrungen in die Planung der nächsten Teilschritte einfließen lassen zu können. Es ist möglich, dass sich nach Evaluierung zuvor durchgeführter Module nachgereichte Teilmodule ändern oder sogar erübrigen.

Voraussetzung für die Umsetzung des Gesamtkonzepts ist eine auf Kooperation und problemlösungsorientierte Zielvorgaben aufgebaute Kommunikationsstruktur zwischen den Institutionen Burghauptmannschaft (BHÖ), Österreichische Nationalbibliothek (ÖNB), Kunsthistorisches Museum (KHM) und Museum für Völkerkunde (MVK).

1. Klimakzept

Das Ziel des konservatorischen Klimakonzepts besteht darin, das Raumklima in den Sammlungs-, Depot- und Werkstättenräumen möglichst stabil innerhalb eines definierten Sollwert-Feldes zu halten, wobei Kurzzeitschwankungen zu vermeiden sind und Änderungen langsam und saisonal gleitend erfolgen. Dies ist dann mit geringstem technischem Aufwand möglich, wenn die Unterschiede von Temperatur, Druck und absoluter Feuchte zwischen Innenraum und Außenklima möglichst gering gehalten werden, die Gebäudehülle ausreichend gedichtet und die Pufferwirkung der Gebäudehülle sinnvoll eingesetzt wird. Zum besseren Verständnis sei hier nochmals das in Kap. B.5. vorgestellte Diagramm mit den Monatsmittelwerten von Wien-Innere Stadt im Jahresverlauf angeführt (Klimawerte ← Kap. B.4.3., Tab. B.7 und B.11) (Abb. C.1).

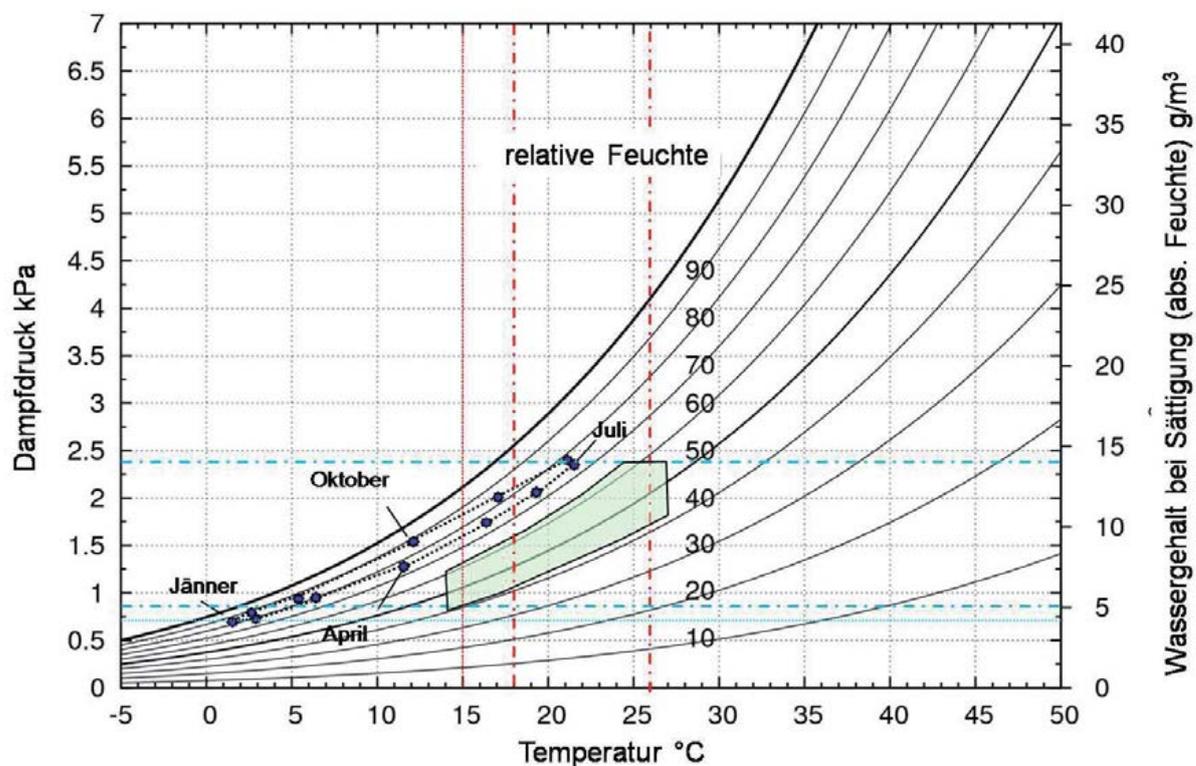


Abb. C.1: Monatsmittelwerte der Lufttemperatur und der relativen Feuchte von Wien-Innere Stadt als Funktion der absoluten Feuchte und des Dampfdrucks. Das hellgrüne Feld markiert den konservatorisch empfohlenen Sollwert-Bereich des Raumklimas.

Die durch die punktierte Linie verbundenen Punkte markieren die Monatsmittelwerte der Außentemperatur und relativen Feuchte von Wien-Innere Stadt. In diesen – im Durchschnitt kaum veränderlichen – im Durchschnitt kaum veränderlichen – Klimadaten-Rahmen muss das konservatorische Klima-Sollwert-Feld (hellgrün) eingebettet werden.

Das Sollwert-Feld der Raumtemperatur und der relativen Feuchte spannt sich aus zwischen 18 °C im Winter (in nicht als Arbeitsplatz definierten Depoträumen sind auch tiefere Temperaturen möglich¹) und 26 °C im

¹ Die blauen waagrecht markieren die langjährigen Monatsmittelwerte der absoluten Feuchte im Sommer bzw. im Winter. Die senkrechten strichpunktieren roten Linien markieren als Eckpunkte die arbeitsrechtlich erwünschten Temperaturen im Winter (18 °C) bzw. im Sommer (26 °C). Da das Arbeitsrecht ausdrücklich Ausnahmen einräumt, „wenn die Einhaltung dieser Werte auf Grund der Nutzungsart des Raumes nicht möglich ist und [...] 2. andere technische oder organisatorische Maßnahmen

Das Klimakonzept und seine Umsetzung

Sommer einerseits und andererseits zwischen 45 %rF und 60 %rF (das sind jeweils 10 % Abstand zu dem von Mecklenburg 2007 genannten „yield-point“ von ca. 35 %rF und der akuten Schimmelgefahr ab 70 %rF [vgl. Kap. B.5.2.1]). Bei Überschreiten der Grenzwerte wird „Klimaalarm“ ausgelöst und ein Klimaa-larmplan aktiviert, d. h., es werden gezielte Maßnahmen ergriffen, um eine weitere Verschlechterung des Raumklimas zu verhindern, wobei ein kurzfristiges Über/Unterschreiten der Grenzwerte von +/- 5 %rF als tolerierbar eingeschätzt wird (BURMESTER 2000; ← Kap. A.6.4., Tab. A.1).

Das Sollwert-Feld der absoluten Feuchte bewegt sich dabei zwischen mindestens 6 g/m³ und maximal 13 g/m³. Bei tiefwinterlichen Frostperioden und nachgeführten tieferen Raumtemperaturen wird ein kurzfristiges Absinken auf 5 g/m³ als tolerierbar angesehen; desgleichen bei schwülem Sommerwetter ein kurzfristiges Ansteigen der absoluten Feuchte auf 14 g/m³. Damit ist eine Gleichgewichtsfeuchte von Cellulosefasern von mindestens 8 % und maximal 11,5 % gewährleistet (← Kap. B.5., Abb. B.100). Aufgrund von Erfahrungswerten (bisher ohne kontrollierte Lüftung) kann davon ausgegangen werden, dass wegen der Pufferwirkung des Luftbrunnens bzw. der Gebäudehülle auch in Zukunft trotz verminderter Höchsttemperaturen eine relative Feuchte von 60 %rF kaum überschritten werden würde, wenn die Nachströmung von feuchtebefrachteter Zuluft verhindert werden kann.

Die Stabilität bzw. gleitende Änderung der Raumtemperaturen ist überwiegend durch die hohe Speichermasse des Gebäudes gewährleistet. Der zuträgliche Außenluftwechsel erfolgt im Sommer bei „Natürlicher Lüftung“ weitgehend und tendenziell selbsttätig, indem bei niedrigen Außentemperaturen aufgrund der Dichteunterschiede zwischen Innen- und Außenluft die Luftzirkulation vorangetrieben wird, da warme Luft aus dem Gebäude abströmt und kühle Außenluft über den Luftbrunnen nachgesaugt wird. Bei hohen Außentemperaturen (während der heißen Mittags- und Nachmittagsstunden) kommt die Nachströmung aufgrund zu geringer Temperaturunterschiede weitgehend zum Erliegen; ein forcierter technisch gestützter Luftwechsel in diesem Zeitraum ist deshalb gar nicht wünschenswert. Das Gebäude „atmet“ im Hochsommer gleichsam selbsttätig, wenn auch antizyklisch zu dem vom Menschen genutzten Zeitraum.

Für die Einhaltung der Raumtemperatur-Höchstwerte im Sommer sind folgende bauliche und administrative Voraussetzungen erforderlich:

- Dichtigkeit der Gebäudehülle
- Außenbeschattung aller Fenster und Glasdächer
- Klimaschleusen im Eingangsbereich (Karusselltür)
- mittels Klimaampel kontrollierter (strategischer) Luftwechsel: Taglüftung über den Luftbrunnen; erhöhte kontrollierte Nachtlüftung in Büros, Verwaltungsbereichen und Stiegenhäusern zusätzlich mit Außenluft bei meteorologisch zuträglichen Bedingungen
- Minimierung der Inneren Lasten

Für die Einhaltung und Stabilität bzw. gleitende Änderung der Soll-Werte der relativen Feuchte während der Heizperiode sind folgende bauliche und administrative Voraussetzungen erforderlich:

zum Schutz der Arbeitnehmer/innen vor unzuträglichen raumklimatischen Einwirkungen getroffen sind“ (§ 28 Abs. 4 ASV) könnte die Raumtemperatur in Schausammlungen und Depots aus konservatorischen Erwägungen auf 15 °C (rote punktierte Linie) abgesenkt werden; das Personal müsste jedoch entsprechend darauf vorbereitet und durch adäquate Dienstbekleidung vor Gesundheitsschäden geschützt werden.

- Dichtigkeit der Gebäudehülle
- Klimaschleusen im Eingangsbereich (Karusselltür)
- mittels Klimaampel kontrollierter (strategischer) Luftwechsel
- Zuluftführung über den Luftbrunnen

- Basisbefeuchtung im Luftbrunnen, in der Säulenhalle des Corps de Logis und im Prunkstiegenhaus auf $\geq 5 \text{ g/m}^3$
- Klimaabschnitte mit drei „Qualitäts-Zonen“
- hygrysch aktive offenporige Raumumschließungsflächen
- Bauteilheizung
- Für alle Mitarbeiter/innen bindende Verhaltensregeln für den Standardbetrieb, Veranstaltungen, Catering, etc.
- Klimaalarmplan

Die Stabilität des Gesamtklimas im Gebäude ist dann gegeben und konservatorisch durchaus günstig, wenn sich das Innenraumklima in der Nähe der Monatsmittelwerte des Außenklimas bewegt und die Pufferkapazität des Gebäudes ausreicht, die Fluktuationen des täglichen Wettergeschehens zu kompensieren. Die bereits bestehende beträchtliche Pufferkapazität der Neuen Burg könnte durch gezielte bauliche und administrative Maßnahmen noch gesteigert werden. Unter kontrolliertem, d. h. vorwiegend auf Ursachenvermeidung ausgerichteten Luftwechsel wird verstanden, dass die Zuluft für die Sammlungsräume überwiegend und mittels „Klimaampel“ kontrolliert über den Luftbrunnen dem Gebäude zugeführt wird. Dies bedeutet, dass etwa bei Starkregen die feuchtebefrachtete Außenluft gar nicht ins Gebäude gelangt (dann braucht sie auch nicht entfeuchtet werden), da der Zuluftstrom gedrosselt wird, wenn die Konditionen der Außenluft (Starkregen, Feuchteabfall, Kälteeinbruch) zu einer signifikanten konservatorischen Verschlechterung des Innenraumklimas führen würden. Unter strategischem Luftwechsel wird verstanden, den Luftwechsel kurzfristig zu erhöhen, wenn die Außenkonditionen zu einer Verbesserung der Innenkonditionen führen, indem etwa Raumluft mit überhöhter Absolutfeuchte („Rostalarm“) durch trockenere Außenluft substituiert wird.

Bei „Klimaalarm“ wird die Außenluftzufuhr vorübergehend ganz unterbrochen und entsprechende Maßnahmen eingeleitet.

1.1. Klimaperioden

Für das hier skizzierte Klimamanagement kann man das Jahr grob vereinfacht meteorologisch in drei jahreszeitlich bestimmte, asymmetrisch verteilte Klimaperioden mit gleitenden Übergängen einteilen. Aufgrund ähnlichen Verhaltens lassen sich die Frühjahrs- und die Herbstperiode zu einer gemeinsamen Periode („Übergangsperiode“) zusammenfassen.

Die *Übergangsperiode* erstreckt sich von April bis Ende Juni sowie von September bis fallweise Anfang November. Dieser Zeitraum ist dadurch gekennzeichnet, dass sich aus den Mittelwerten der Außentemperaturen (zuzüglich solarer Strahlungsgewinne) und der Absolutfeuchten in einem thermostabilen Gebäude mit dichter Gebäudehülle, kontrolliertem Luftwechsel und Außenbeschattung mittlere Innentemperaturen und relative Feuchtwerte einstellen, die sich innerhalb des konservatorisch zuträglichen Sollwert-Feldes bewegen. In Sammlungs- und Depoträumen (nicht in Büros und Aufenthaltsräumen) könnte theoretisch in einem Durchschnittsjahr sowohl auf Heizung als auch auf künstliche Befeuchtung verzichtet werden. Durch kontrollierten Luftwechsel und den Einsatz der hygrysch und thermischen

Das Klimakonzept und seine Umsetzung

Pufferwirkung des Gebäudes werden sich, nicht zuletzt auch wegen der geringen Dampfdruckunterschiede zwischen Innen- und Außenraum, sehr konstante „ideale“ Raumklimawerte abbilden.

Die *Hochsommerperiode* ist bestimmt durch die Monate Juli und August, in denen in meteorologisch durchschnittlichen bis heißen Sommern in Gebäuden ohne Außenbeschattung und ohne gezielte Lüftungsstrategische Maßnahmen die Rauminnentemperaturen die oberen Grenzwerte von 26-27 °C z. T. beträchtlich überschreiten können.

In der *Winterperiode* November bis März liegen die mittleren Außentemperaturen in Wien deutlich unter 10 °C, weshalb in als Arbeitsplatz definierten Räumen auf Raumheizung nicht verzichtet werden kann. Dies erfordert besondere Maßnahmen, nicht zuletzt künstliche Befeuchtung, um die trockenere Außenluft (mit einer absoluten Feuchte zwischen 0,5 und 5 g/m³) auf eine (je nach erwünschter Innentemperatur) Absolutfeuchte von 6-8 g/m³ anzuheben. Abhängig von der Differenz zwischen Innen- und Außentemperatur und der absoluten Luftfeuchte ergeben sich mehr oder weniger starke Dampfdruckunterschiede zwischen Gebäudeinnerem und Außenwelt, die nach Ausgleich drängen. Der ständige Verlust an Wasserdampf über Gebäudefugen und Hüllflächen (vgl. die „Entfeuchtungsmechanismen“ in Kap. A.5.2.) muss verlässlich substituiert werden. Alle Maßnahmen, die die Dampfdruckunterschiede möglichst gering halten, erhöhen automatisch die Klimastabilität im Gebäude und senken die Betriebskosten.

1.1.1. Klimatisierungsstrategie während der Übergangsperiode

In der Übergangsperiode liegt der Schwerpunkt des Klimamanagements auf kontrolliertem Luftwechsel. Die Zuluftführung erfolgt kontrolliert über den Luftbrunnen, wobei die Drehtür und die Abluftventilatoren mittels Klimaampel gesteuert werden. Im Hinblick auf Schimmel- und Rostgefahr ist die relevante Kenngröße dafür die absolute Feuchte der Luft von max. 13 g/m³. Die langjährigen Mittel der absoluten Feuchte (vgl. Tab. B.13 in Kap. B.4.3) liegen in den Frühlings- und Herbstmonaten nicht über 8 g/m³ und im Sommer bei 10,8 g/m³. In den kritischen Monaten Juli und August liegen die mittleren Tagesmaxima bei 12,6 g/m³. Dass jedoch Umsicht geboten ist, zeigen die Details: So wurden bereits Monatsmittlere bis zu 16,9 g/m³ und Tagesmaxima von 19,8 g/m³ gemessen (AUER-BÖHM-MOHN 1989: 67).

Geht man davon aus, dass dem Luftbrunnen keine Außenluft zugeführt wird, die eine Absolutfeuchte von mehr als 13 g/m³ aufweist, so behält der 2. Keller aufgrund der (ursprünglich vorhandenen und in Zukunft wieder anzustrebenden) Temperaturdifferenz zur Außenluft ein beträchtliches Entfeuchtungspotential. Die für Metallobjekte gefährliche Obergrenze von 60 %rF entspricht beim konservatorisch erwünschten Temperaturgrenzwert von 26 °C einer Absolutfeuchte von 13 g/m³. Die Taupunkttemperatur dafür liegt bei etwas unter 18 °C (ein Temperaturwert, der im Juni 1997 im 2. Keller noch gemessen wurde), wobei Kapillarkondensation im Sockelbereich bereits bei etwas höheren Bauteiltemperaturen statt findet. Eine Substitution des Betonstrichs durch Lehmsteine würde die hygrische Speicherkapazität des Luftbrunnens erhöhen. Über eine einfache Klappensteuerung und Rohrventilatoren, die die vorhandenen (jetzt unten abgedeckelten und oben offenen) Abluftschächte bei Bedarf („Rostalarm“, „Schimmelalarm“) oben verschließt und im Keller öffnet, könnte man mit minimalem regel- und steuertechnischem Aufwand eine Umluftführung etablieren, wobei die schwüle Luft aus den gefährdeten Sammlungsbereichen über die Abluftschächte in den Keller gesaugt und - moderat entfeuchtet - über die Zuluftschächte wieder rückgeführt werden könnte. Da Starkregenperioden in unserer Klimazone niemals sehr lange andauern, kann in den Niederschlagsphasen das Gebäude mit Frischluft versorgt werden. Die mit einer Schlechtwetterperiode einhergehende Abkühlung der Außenluft führt meist zwangsläufig zu einer Verringerung der absoluten Feuchte. Moderate innere Lasten (Beleuchtung, Geräte) können durch strategischen Luftwechsel ausgeglichen werden.

Möglicherweise muss je nach aktuellem Wettergeschehen an den „Rändern“ der Übergangsperiode, d. h. am Beginn bzw. Ende der Heizperiode, mehr oder weniger nachbefeuchtet werden; dies kann zentral mittels Sprühbefeuchtung im Luftbrunnen bzw. im Prunkstiegenhaus erfolgen. Mehr als die Hälfte der dezentralen Luftbefeuchter sollte im Sommerhalbjahr außer Betrieb genommen werden können.

1.1.2. Klimatisierungsstrategie während der Hochsommerperiode

In der Sommerperiode liegt der Schwerpunkt des Klimamanagements auf einer Reduktion des solaren Strahlungseintrags und kontrolliertem bzw. strategischem Luftwechsel.

Dies erfordert eine verlässliche Aktivierung der Sonnenschutzeinrichtungen sowie eine übergeordnete Steuerung der Abluftventilatoren. (Dafür sind eine Klärung der Zuständigkeiten, übergreifende Kommunikationsstrukturen und eine integrale Steuermatrix für alle Abluftventilatoren erforderlich.) Während Hitzeperioden muss der Luftwechsel limitiert, hingegen an kühleren Tagen und während der Nachtstunden forciert werden. In den Sammlungs- und Depoträumen (wo eine höhere Konstanz des Raumklimas gefragt ist) sind niedrigere Luftwechselzahlen von max. $n = 1,0 \text{ h}^{-1}$ erforderlich. In den von den Kernbereichen klimatisch abgekoppelten Verwaltungsräumen und Büros sowie im Prunkstiegenhaus und in der Säulenhalle des Corps de Logis kann durch erhöhten Luftwechsel vor allem während der Nachtstunden Wärme gezielt konvektiv abgeführt werden.

Ab etwa Mai bis Ende September kann der Gebäudekern über die (klimatisch abgekoppelten) Nebenstiegenhäuser (Stiege A bis E) natürlich, d. h. durch thermischen Auftrieb gekühlt werden, um die sommerliche Wärmeakkumulation hintan zu halten. Dieser Kühleffekt könnte über einzelne baulich geeignet gestaltete Liftschächte verstärkt werden, indem der erhöhte Außenluftstrom nur in den Liftschächten stattfindet. Letztere müssten dafür am oberen und unteren Ende mit Zu- und Abluftklappen versehen werden, die Ende April geöffnet und Ende September geschlossen werden müssen (Klärung der Zuständigkeit).

Das Verhindern der Zufuhr überfeuchteter Außenluft ($>13 \text{ g/m}^3$) erfolgt über den in Kap. C.2.4.1. beschriebenen kontrollierten Luftwechsel mittels Klimaampel.

Das Lüftungskonzept muss mit dem Brandschutzkonzept abgestimmt werden.

1.1.3. Klimatisierungsstrategie während der Winterperiode

In der Winterperiode liegt der Schwerpunkt des Klimamanagements auf einem minimierten kontrollierten Luftwechsel, der verlässlichen Bereitstellung einer Absolutfeuchte von mindestens $5\text{-}6 \text{ g/m}^3$ und einer Erhöhung des solaren Strahlungseintrags.

Dies erfordert in erster Linie eine gezielte Hintanhaltung bzw. Reduzierung jedes einzelnen der in Kap. A.5.2. analysierten Entfeuchtungsmechanismen, wobei der Minimierung des Außenluftwechsels zentrale Bedeutung zukommt. Mehrere dieser Mechanismen bilden Rückkoppelungseffekte und können nur als Gesamtlösung gesehen werden (z. B. durch Anheben der Oberflächentemperaturen durch Bauteiltemperierung sowie Fensteroptimierung werden Kapillarkondensation und Taupunktunterschreitung an Außenbauteilen unterbunden, Strahlungsasymmetrien beseitigt, Druckunterschiede und damit Lüftungswärmeverluste reduziert, die Klimakonstanz erhöht, Heizwärme- und Nachbefeuchtungsbedarf gesenkt und das Behaglichkeitsempfinden gehoben, etc.).

Der Luftbrunnen kann zentral (mittels Sprühbefeuchtung) auf $\geq 5 \text{ g/m}^3$ Absolutfeuchte vorkonditioniert werden (\rightarrow Kap. C.2.5.). Höhere Feuchtwerte sind in den jeweils eigenen Bereichen der verschiedenen Sammlungen mittels dezentraler Luftbefeuchter (Kaltverdunster) bereit zu stellen. Bei Vorbefeuchtung der Zuluft kann die Anzahl der Geräte in den Sammlungsbereichen signifikant gesenkt werden.

1.2. Klimaalarm

Für das in der Neuen Burg aufbewahrte Sammlungsgut gilt es zwei „Worst-Case“-Szenarien zu verhindern:

1. Bei allen aus organisch-hygrokopischen Materialien komplex zusammengesetzten bzw. mit anderen Materialien kombinierten Objekten steigt bei längerem Unterschreiten einer relativen Feuchte von 40 % die Wahrscheinlichkeit für irreversible Deformationen (*compression shrinkage*), Destabilisierung des Materialgefüges, Schichtentrennung und Rissbildung.
2. Bei allen aus Metall insbesondere aus Eisen gefertigten Objekten steigt ab einer relativen Feuchte von 60 % die Wahrscheinlichkeit für Korrosionsbildung (BAUER 1994: 47). Die Gefahr einer flächendeckenden Flugrostbildung an frei exponierten Metallobjekten (wie in der HJRK) wird durch Luftschadstoffe oder aggressive Stäube (z. B. Gipsstaub) bereits bei niedrigeren Werten der relativen Feuchte erhöht.

1.2.1. „Trockenalarm“

Das Unterschreiten von 40 %rF tritt normalerweise während der Heizperiode auf und ist überwiegend auf unkontrollierten Außenluftwechsel und die in Kap. A.5.2. beschriebenen Entfeuchtungsmechanismen sowie unzureichende Nachbefeuchtung zurückzuführen. Aber auch bei warm-trockener Südostströmung im Sommer kann es zu einem plötzlichen Einbruch der Absolutfeuchte kommen (statistisch häufig Ende August/Anfang September; ← Abb. A.26 in Kap. A.5.3.).

Im Alarmfall sind alle Eingänge, Türen, Fenster und Zwischentüren der Klimaabschnitte zu schließen und jeder technisch gestützte Außenluftwechsel zu unterbrechen. Es ist zu überprüfen, ob alle Luftbefeuchter funktionieren und die Wassertanks gefüllt sind. (Genauere Anweisungen sind in Abschnitt D - Anhang V festgelegt.)

1.2.2. „Feuchtealarm“ (Rostalarm, Schimmelalarm)

Berücksichtigt man, dass bei funktionierendem Klimamanagement dem Bau keine Außenluft mit einer Absolutfeuchte über 13 g/m³ zugeführt wird, so sollte – bei Raumtemperaturen, die erfahrungsgemäß im fraglichen Zeitraum bei rund 25-27 °C liegen - aufgrund der Pufferkapazität des Gebäudes ein Überschreiten des Grenzwertes von 60 %rF von vorn herein ausgeschlossen sein. Im Falle der SAM war in der Vergangenheit ein Überschreiten des oberen Sollwertes fast durchwegs auf verstellte bzw. defekte Hygrostaten der überalterten Luftbefeuchter oder (wie auch in der HJRK) auf unkontrolliertes und unbefugtes direktes Lüften über die Oberlichtklappen bzw. Balkontüren zurückzuführen.

Ein leichtes Absenken der relativen Feuchte um 3 bis 5 % ist durch Anheben der Raumtemperatur um 1 bis 1,5 °C möglich – etwa durch Reduktion des Sonnenschutzes (Erhöhung des solaren Strahlungseintrages). Die mehrstufig ausgelegten Beschattungseinrichtungen der Fenster der SAM bzw. die für die Lichtdächer des Mittelbaus bzw. Segmentbogens und des Corps de Logis geforderten justierbaren Außenbeschattungen sollten dafür ausreichend geeignet sein. In Zukunft könnte eine moderate Entfeuchtung über die in Kap. C.1.1.1. beschriebene Umluffführung der schwülen Luft über den Luftbrunnen erfolgen. Aufgrund der solaren Defizite im 1. Keller des Corps de Logis kann bei Starkregenperioden ein Anstieg der relativen Luftfeuchte über 65 % in den Depots des MVK nicht ausgeschlossen werden (in der Vergangenheit war dafür allerdings das Fehlen einer kontrollierten Zuluftführung bzw. das Einbringen überfeuchteter Außenluft verantwortlich). Hier wird man wie bisher fallweise auf den Betrieb von Luftentfeuchtern zurückgreifen müssen, deren Einsatz jedoch bei Berücksichtigung aller genannten Maßnahmen auf ein Mindestmaß beschränkt bliebe.

Um das beschriebene Klimakonzept und den Klimaalarmplan realisieren zu können, müssen zuvor die in der Folge ausgeführten baulichen, regeltechnischen und administrativen Voraussetzungen erfüllt sein.

2. Kontrollierte Inbetriebnahme des Luftbrunnens

Das 2. Kellergeschoß des Corps de Logis wurde von der BHÖ in den 1990er Jahren trocken gelegt. Um den Eintritt von Niederschlagswasser zu verhindern, wurden bei dem im Fundamentbereich außen verlaufenden Ringkanal die ehemaligen Fensteröffnungen zur Belichtung des 1. KG mit Glasbausteinen wasserdicht verschlossen. Durch Reinigen der verstopften Kanäle und Installieren einer ständigen mechanischen Zwangsbelüftung im Ringkanal sollte ein weiteres Durchfeuchten der Fundamentmauern hintan gehalten werden.

Der durch Salzmigration belastete Sockelputz wurde im 2. Keller an der Innenseite je nach Zustand in unterschiedlicher Höhe abgeschlagen und das Mauerwerk (überwiegend Ziegel) freigelegt.

Der 2. Keller wurde durch Einbau von Brandschutztüren, weiters die acht vertikalen Zu- bzw. Abluftschächte durch Einbau von Brandschutzklappen in jedem Stockwerk ins bestehende Brandschutzkonzept eingebunden und technisch den geltenden Normen angepasst.

Trotz dieser baulich wichtigen Maßnahmen kann der Luftbrunnen nicht als „saniert“ angesehen werden, da seine ursprüngliche Funktion als selbsttätige Klimaanlage aufgrund der beschriebenen maßgeblichen Störgrößen nicht gegeben ist, auch wenn dies bei öffentlichen Anlässen wie etwa der Eröffnung der von *National Geographic* veranstalteten Tut-anch-Amun-Ausstellung im Frühjahr 2005, so dargestellt wurde. Als Beispiel mögen die Klimawerte dieser Ausstellung vom Aufbau der Ausstellung Ende März bis Ende Juli dienen. Zwar lag die Spreizung der Raumtemperaturen im nordwestseitig gelegenen Saal I in einem guten Sollwert-Feld (zwischen 18 und 25 °C); die relative Feuchte bewegte sich jedoch sehr instabil zwischen 19 % und 63 %, wobei Ende Mai ein Klimaabsturz von 63 % auf 33 % innerhalb von 24 Stunden dokumentiert ist.

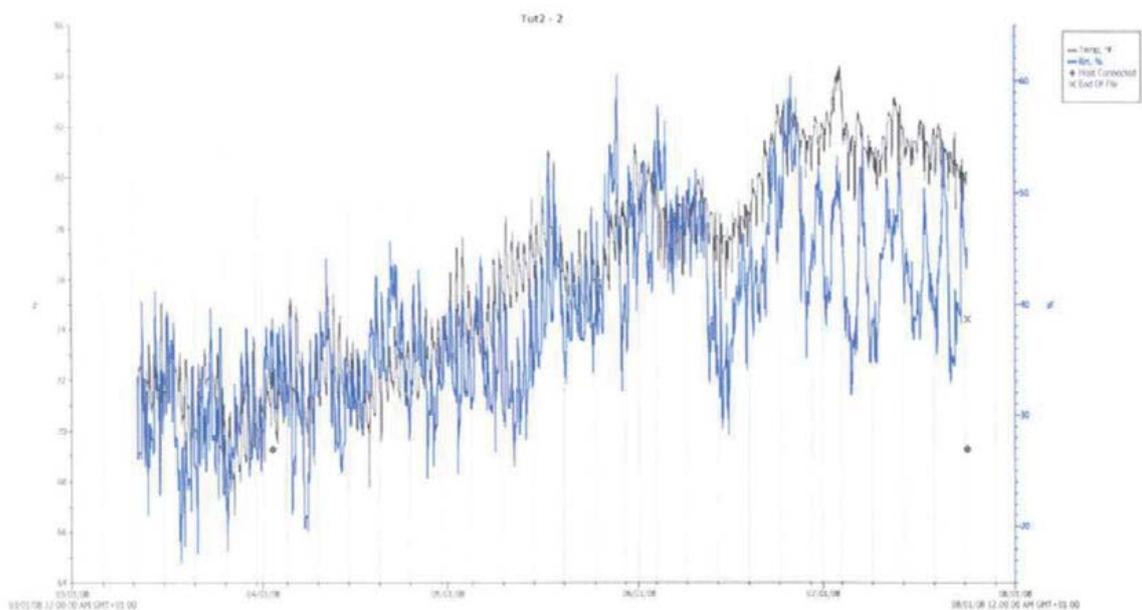


Abb. C.2: Klimaverlauf in der Tut-anch-Amun-Ausstellung März bis Juli 2005 nach Inbetriebnahme des Luftbrunnens

Angesichts der Gegebenheiten wird klar, dass grundlegende logistische, regeltechnische und hygienische Verbesserungen im Klimamanagement erforderlich sind.

2.1. Bauliche Sanierung des Luftbrunnens

2.1.1. Sanierungsmaßnahmen in den Zuluftwegen

Das ganze Kellergeschoß inklusive der acht Steigschächte muss – bei geschlossenen Windwegen und Stockwerkklappen – einer gründlichen und wohlüberlegten Reinigung unterzogen werden. Zunächst sind die Mauerflächen von losen Putzteilen zu befreien. Um eine Mobilisierung der Stäube weitgehend zu verhindern muss zuvor nass aufgesprüht und der Schutt und Staub mit großtechnischen Staubsaugern (v. a. in den nicht befahrbaren Zwischengeschossen) eingesammelt werden. Für die Schächte sind Rückenstaubsauger zu verwenden.

Um den Luftbrunnen optisch attraktiv und hygienisch zuträglich zu machen wird empfohlen, alle Mauerflächen mit einer Löschkalkschlämme so zu beschichten, dass eine gute mechanische Verbindung mit dem Untergrund gewährleistet ist (Hochdrucksprühen). Auch die jetzt offenen Ziegelflächen sollten mit Kalkschlämme fixiert werden, um ein weiteres Absanden zu verhindern.

Der alkalische Überschuss eines Kalkanstrichs unterdrückt die Entstehung von Schimmelpilzen (im Gegensatz zu Dispersionsfarben, die dies begünstigen können) und dient auch zur Bindung von SO₂ und anderen sauren Luftschadstoffen.

2.1.2. Sanierung der Steigschächte

In den acht Zu- und Abluftschächten müssen lose Putzflächen fixiert und Fehlstellen mit einem adäquaten Putzsystem ausgebessert werden. Eine Fixierung der absandenden Oberflächen durch ein aufgesprühtes Bindemittel (z. B. Kieselsäureester) ist zu prüfen bzw. eine mit Druck aufgesprühte Kalktünche erscheint ebenfalls zweckmäßig.

Die unteren Einstiegsluken der Abluftschächte bedürfen eines mechanisch unterstützten Öffnungsmechanismus.

2.1.3. Reinigungs- und Wartungsprogramm

Das Gitter im vordersten Einlassbereich ist gründlich zu reinigen und mit einem automatischen Türschließer auszustatten, um den Besuch von Kleintieren zu unterbinden. (Dazu muss die Türe unten im Bereich der Rampe etwas eingekürzt werden.) Ein feinmaschiges etwa ¾ m hohes Drahtnetz soll den Eintrag von Laub und Papier aus dem Burggarten verhindern.

Für die nähere Zukunft sollte es genügen, drei bis viermal im Jahr mit einer Reinigungs- (Feuchtkehr-) Maschine die Gänge abzufahren. Die Gitter und die Rohre der Fernwärmeleitung sind ebenfalls regelmäßig von Staub zu befreien. Bei neuerlichen Baumaßnahmen im 2. Keller müssen – anders als bisher – sorgfältige Staubpräventionsmaßnahmen getroffen werden, damit eine neuerliche Staubverfrachtung im Keller und in die Sammlungsräume verhindert wird.

Der ständige gemeinsame Betrieb des Luftbrunnens erfordert neue, übergreifende Kommunikationsstrukturen und Kooperation aller Nutzer.

2.2. Computergestützte Klimadatenerfassung

Zwischen Oktober 2008 und Mai 2009 wurde im 2. Keller des Corps de Logis sowie in den zuluftrelevanten Bereichen des MVK eine Datenleitung mit 74 Messfühlern installiert. Neben der Lufttemperatur und relativen Feuchte (mit dem Temperatur- und Feuchte-Sensor *Datasheet SHT7x* von Sensirion) werden an sechs Messpunkten (Brandschutztüre im Hauptzulftstollen, am Fußpunkt der vertikalen Zulufschächte A, B, C und D sowie im Verbindungsschacht vom 2. Keller zur Aula) auch die Luftvolumenströme mittels Anemometern (Typ *EE66* von E+E Elektronik, vertrieben über Global Controls, Inc.) erfasst. Die Kerntemperatur im Erdkörper in 30 cm Tiefe am Fußpunkt des Verbindungsschachtes zwischen 2. KG und Aula sowie die Oberflächentemperaturen der Fernheizungsrohre an zwei Stellen – und zwar die nördliche Leitung am Fußpunkt von Schacht A und die südliche Leitung am Fußpunkt von Schacht B – werden mit einem Oberflächen-Temperatursensor (Typ AD 22100 von Analog Devices, Norwood, MA) aufgenommen. Die Messdaten werden über eine BUS-Leitung dem im Archiv im 2. KG situierten Klimacomputer zugeführt. Die Lage der Messpunkte ist in Abb. C.3 eingezeichnet; die Positionen und Adressen der Messfühler sind aus Tabelle C.1. ersichtlich. Die Klimadaten werden über das von Ing. Roland Frey (Firma Freytec, Wolfgraben) entwickelte Programm Freylog 2004 verwaltet und können mittels Remoteverbindung über das Intranet online abgerufen werden (Abb. C.4). Neben den jeweils aktuellen Daten sind alle abgespeicherten Werte auch als Kurven darstellbar oder können anderweitig nach folgenden Parametern ausgewertet werden:

- Temperatur
- relative Feuchte
- absolute Feuchte
- Strömungsgeschwindigkeit der Luft
- Luftvolumenstrom

Zur Analyse des Klimas im Luftbrunnen wurden charakteristische Messbereiche definiert („Keller nord“, „Keller süd“, „Archiv“, die vier Quadranten „Schacht A“ bis „Schacht D“, die Depots „Südamerika“ und „Nordamerika“, „Vestibül & Aula“, etc.). Die einzelnen Messbereiche sind nach einem (nachträglich ins Programm integrierten) Farbcorde geordnet, sodass jede Kurve auf den ersten Blick grob zugeordnet werden kann. So sind etwa die Kurven in den vier Quadranten nach Varianten der Grundfarben abgeschattiert (A: rot, B: gelb, C: grün, D: blau), wobei die Farbtöne im Keller hell, am oberen Ende dunkler gehalten sind. Die den Kellerbereich abbildenden Messkurven sind in Ocker- und Brauntönen gefärbt; die der Zuluft vom Einlass über die Drehtür bis zur Anspeisung der Säulenhalle / Aula und des Vestibüls ist in Farbtönen „rosa“, „pink“ bis „violett“ gehalten.

Ebenfalls nachträglich wurde die Möglichkeit zur Glättung der Temperaturkurven in das Programm integriert; desgleichen die Messpunkte „Südamerika“ und „Vestibül“ aufgrund neu aufgetauchter Fragestellungen.

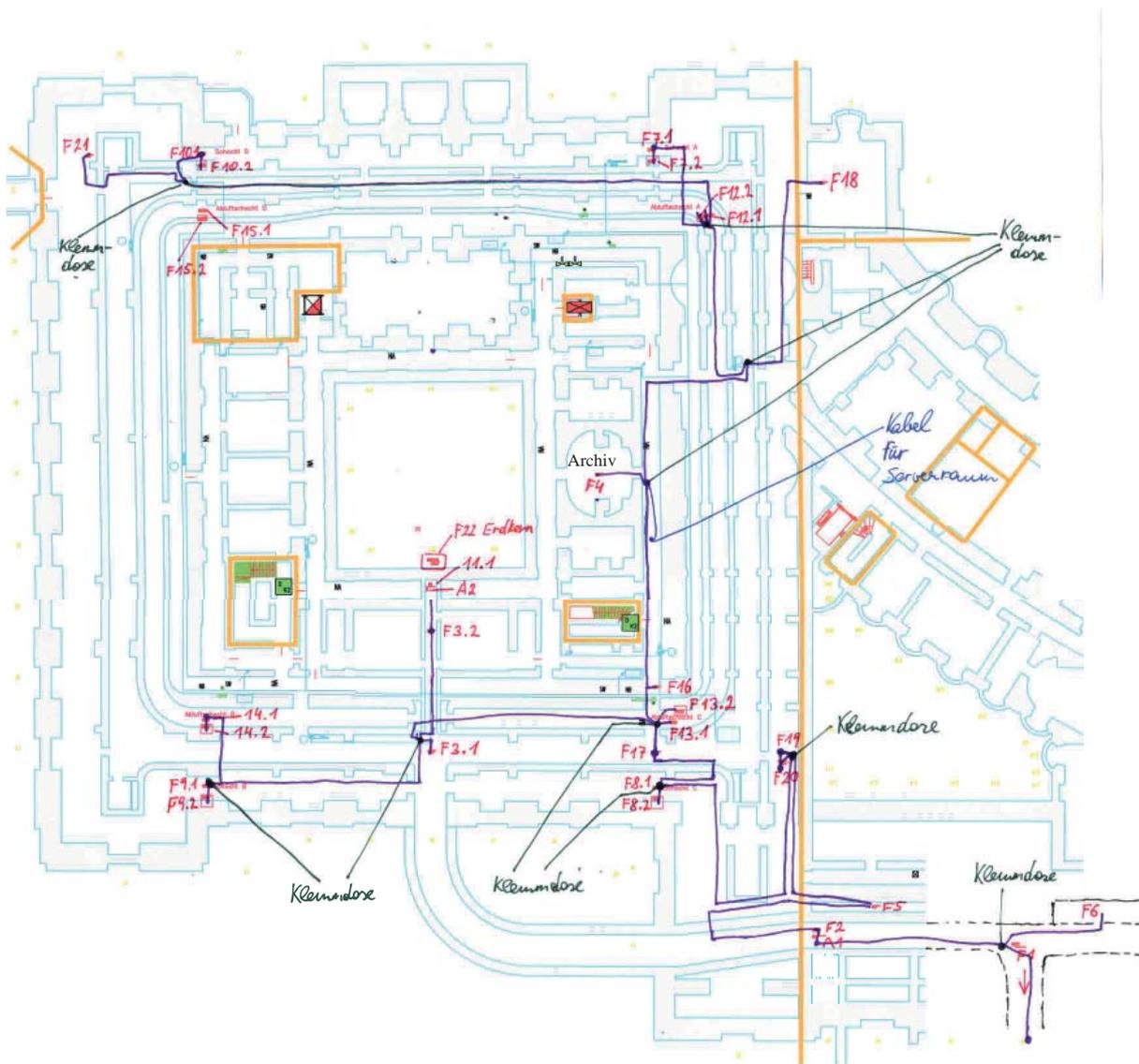


Abb. C.3: Montageskizze der ausführenden Firma für die Leitungsführung und Lage der Messpunkte des Klima-Monitorings im 2. Keller des Corps de Logis. Standort des Klimacomputers im Archiv

2. Kontrollierte Inbetriebnahme des Luftbrunnens

ID	urspr. Bez.	Adresse	Kurzbezeichnung		Messpunkt bei:
0	4	MU0720	Archiv		Archivraum KHM
1	12.1	MU0709	A/AL u		Schacht A / Abluft unten (3. Gang, Nord)
2	14.1	MU0724	D/AL u		Schacht D / Abluft unten (4. innerster Gang, West)
3	21	MU0731	Übern.st.		Übernahmestation Westecke CdL (unter MVK SAm)
4	16	MU0715	Gang 4 C		4. Gang (innen), Quadrant C (Ost)
5	13.1	MU0103	C/AL u		Schacht C / Abluft unten (3. Gang, Ost)
6	19	MU0702	Gang 2 C		2. Gang, Quadrant C (Ost) (unter BK 15)
7	3.1	MU0708	Drehtür		Drehtür Corps de Logis innen
8	14.1	MU0721	B/AL u		Schacht B / Abluft unten (3. Gang, Süd)
9	17	MU0703	Gang 1 C		1. Gang (äußerster), unter MVK NAm (C Ost)
10	5	MU0710	SAM west		Kollektorgang West, Fußpunkt Mittelmauer X-XIII
11	1	MU0719	Einlass		Luftleinlass (beim Burggarten)
12	2	MU0716	BsTür		Brandschutztür
13	A1	VV0115	A1 BsTür		Anemometer Brandschutztür
14	22	VV0112	Erdkörper		Temperatur Erdkörper
15	20	MU0736	MVK NAm		Depot MVK Nordamerika
16	11.1	MU0714	Verb. Aula		Verbindungsschacht zur Aula ("Schimmelkeller")
17	A.2.	VV0108	A2 Aula		Anemometer Schacht zur Aula
18	3.2.	MU0704	ZL Aula		Zuluftgang KG2 zur Aula
19	18	MU0725	Umformerst.		Umformerstation
20	23 (A.3.)	VV0110	A3 A>C		Anemometer Fußpunkt Schacht A
21	7.1.	MU0733	A/ZL u		Schacht A / Zuluft unten
22	26 (A.6.)	VV0109	A6 D>A		Anemometer Fußpunkt Schacht D
23	10.1	MU0732	D/ZL u		Schacht D / Zuluft unten
24	24 (A.4.)	VV0107	A4 B>D		Anemometer Fußpunkt Schacht B
25	9.1.	MU0713	B/ZL u		Schacht B / Zuluft unten
26	25 (A.5.)	VV0114	A5 C>B		Anemometer Fußpunkt Schacht C
27	8.1.	MU0707	C/ZL u		Schacht C / Zuluft unten
28	8.2.	MU0722	C/ZL o		Schacht C / Zuluft oben
29		VV0116	FW süd		Temperatur Fernwärmerohr Südseite (Schacht B)
30	9.2.	MU0700	B/ZL o		Schacht B / Zuluft oben
31	10.2.	MU0712	D/ZL o		Schacht D / Zuluft oben
32	7.2.	MU0701	A/ZL o		Schacht A / Zuluft oben
33	12.2.	MU0735	A/AL o		Schacht A / Abluft oben
34	13.2.	MU0706	C/AL o		Schacht C / Abluft oben
35	14.2.	MU0718	B/AL o		Schacht B / Abluft oben
36	15.2.	MU0705	D/AL o		Schacht D / Abluft oben
37	11.2.	MU0726	Aula		Säulenhalle / Aula MVK (auf Gesims)
38	27	MU0734	Vestibül		Eingangsvestibül MVK (Ostseite, unter Lautsprecher)
39		VV0113	FW nord		Temperatur Fernwärmerohr Nordseite (Schacht A)
40	28	MU0106	MVK SAm		Depot MVK Südamerika
41		VV0111	VENT		Abluftventilatoren Depot MVK EIN/AUS
42	6				Kollektorgang Ost, Fußpunkt Mittelmauer XV-XVIII

Tab. C.1: Positionen, Farbcodes und Adressen der Messfühler

Das Klimakzept und seine Umsetzung

Aktuelle Werte					HB				
MVK Lüftung					HB				
Nr.:	Adresse:		Sensor 1	Sensor 2	Nr.:	Adresse:	Sensor 1	Sensor 2	
11	MU0719	Einlass	16.5 °C	59.04 %rH	17	VV0108	A2 Aula	.03 m/s	180.14 m³/
12	MU0716	BsTür	18.04 °C	53.88 %rH	18	MU0704	ZL Aula	23.41 °C	39.99 %rH
13	VV0115	A1 BsTür	.11 m/s	2259.14 m³	37	MU0726	Aula	24.6 °C	29.4 %rH
7	MU0708	Drehtür	18.53 °C	51.73 %rH	38	MU0734	Vestibül	21.44 °C	37.37 %rH
14	VV0112	Erdkörper	18.24 °C	0 mV	10	MU0710	SAM west	16.77 °C	61.64 %rH
21	MU0733	A/ZL u	23.4 °C	36.41 %rH	15	MU0736	MVK NAm	21.25 °C	38.74 %rH
32	MU0701	A/ZL o	22.31 °C	39.62 %rH	40	MU0106	MVK SAm	22.66 °C	40.3 %rH
20	VV0110	A3 A>C	.1 m/s	688.01 m³/	29	VV0116	FW süd	26.47 °C	0 mV
1	MU0709	A/AL u	21.62 °C	42.22 %rH	39	VV0113	FW nord	27.56 °C	0 mV
33	MU0735	A/AL o	23.54 °C	32.51 %rH	41	VV0111	VENT	999 °C	999 °C
25	MU0713	B/ZL u	23.86 °C	36.65 %rH	42	-----	-	999 -	999 -
30	MU0700	B/ZL o	22.96 °C	38.39 %rH	43	-----	-	999 -	999 -
24	VV0107	A4 B>D	.08 m/s	288.56 m³/	44	-----	-	999 -	999 -
8	MU0721	B/AL u	19.71 °C	46.59 %rH	45	-----	-	999 -	999 -
35	MU0718	B/AL o	21.52 °C	39.42 %rH	46	-----	-	999 -	999 -
27	MU0707	C/ZL u	22.1 °C	41.61 %rH	47	-----	-	999 -	999 -
28	MU0722	C/ZL o	22.55 °C	37.06 %rH	48	-----	-	999 -	999 -
26	VV0114	A5 C>B	.08 m/s	475.45 m³/	49	-----	-	999 -	999 -
5	MU0103	C/AL u	20.72 °C	42.38 %rH	50	-----	-	999 -	999 -
34	MU0706	C/AL o	22.64 °C	40.5 %rH	51	-----	-	999 -	999 -
23	MU0732	D/ZL u	23.73 °C	37.44 %rH	52	-----	-	999 -	999 -
31	MU0712	D/ZL o	22.46 °C	40.09 %rH	53	-----	-	999 -	999 -
22	VV0109	A6 D>A	.2 m/s	789.47 m³/	54	-----	-	999 -	999 -
2	MU0724	D/AL u	20.42 °C	43.32 %rH	55	-----	-	999 -	999 -
36	MU0705	D/AL o	22.16 °C	39.89 %rH	56	-----	-	999 -	999 -
0	MU0720	Archiv	21.71 °C	39.76 %rH	57	-----	-	999 -	999 -
9	MU0703	Gang 1 C	20.98 °C	43.72 %rH	58	-----	-	999 -	999 -
6	MU0702	Gang 2 C	20.53 °C	46.2 %rH	59	-----	-	999 -	999 -
4	MU0715	Gang 4 C	20.24 °C	43.98 %rH	60	-----	-	999 -	999 -
3	MU0731	Übern.st.	25.86 °C	32.3 %rH	61	-----	-	999 -	999 -
19	MU0725	Umformerst.	29.47 °C	22.25 %rH	62	-----	-	999 -	999 -
16	MU0714	Verb. Aula	18.27 °C	50.55 %rH	63	-----	-	999 -	999 -

Messungen: 2347	Logmodus: Intervall	Fehler: 76563	Start Zeit: 01.01.1990
Datensätze: 2347	Meßintervall: 5	Serielles Port: COM 1	Stop Zeit: 01.01.2100
Speicherintervall: 5		Protokoll: 4800,n,8,1	
bearbeitetes Schaltunit:			17.05.2011 20:

Abb. C.4: Die Klimadaten im Luftbrunnen können über das Intranet online eingesehen werden. (Messpunkt 41 zur Darstellung der Ventilatorenaktivität ist noch nicht angeschlossen.)

2.3. Fehlfunktionen und Ursachenforschung

Erst mit Hilfe der Klimadatenerfassung war es möglich, über das Temperatur- und Feuchteverhalten des Luftbrunnens die zum Teil sehr komplexen Klimaabläufe im Keller abzubilden und Einflüsse und Wechselwirkungen mit haustechnischen Installationen wie etwa den Einfluss der Fernwärmeleitung sowie die durch freien Auftrieb erzeugten bzw. ventilatorgestützten komplexen Luftvolumenströme grob abzuschätzen. Dazu wurden mehrere hundert Klimakurven generiert, ausgewertet und charakteristische Situationen im Messzeitraum von 2 ½ Jahren analysiert.

So führte beispielsweise der Abfall der relativen Feuchte auf 20 % im Depot Nordamerika im Jänner 2009 zu der Erkenntnis, dass die Abluftventilatoren der Depots ohne übergeordnete Regelung das ganze Jahr über einen rund 1fachen stündlichen Luftwechsel bewirken. Im Winter ist ein solcher Luftwechsel um etwa das Zehnfache überhöht.

Auch konnte nachgewiesen werden, dass bei geschlossener Drehtür die Ventilatoren zur Entlüftung der Depots MVK und des Dachraums über der Säulenhalle, im 2. Keller einen starken Unterdruck bewirken, der fallweise zu einer Strömungsumkehr in den Abluftschächten führt (← Kap. B.2.). Ebenso strömt über die Aufzugsschächte des A-Lifts und des H-Lifts² Luft aus den Obergeschossen in den 2. Keller. Ab einer noch nicht näher quantifizierbaren Förderleistung der Ventilatoren verhindert der Unterdruck im Keller den Selbstschließmechanismus der Tür zur Umformerstation, wodurch von dort fallweise bis zu 40 °C warme und trockene Luft in den Keller strömt. Auch dies wurde erst anhand der zyklisch alternierenden Klimakurven („Hutkurven“) in der Umformerstation und im Schacht A bemerkt (← Abb. B.43 und B.60). Dank der Klimamessstrecke konnte nach zweijähriger Recherche als Ursache für den unerklärlichen Außenlufteinfluss im Depotbereich MVK „Nordamerika“ nicht nur die undichte Tür zum sog. „Karer-Magazin“ sondern auch der nicht funktionierende Schließmechanismus des zur Rauchabzugsklappe umgebauten Fensters zum A-Hof diagnostiziert werden.

Das in Kap. B.2.2.4. thematisierte paradoxe Phänomen, dass der starke Temperaturanstieg in der Umformzentrale zu einem Anstieg der absoluten Feuchte führt, gehört zu den noch offenen Fragestellungen, wofür eine Deutung zur Diskussion gestellt wurde.

Eine genaue Analyse des regulären Verhaltens des Luftbrunnens sowie der Luftvolumenströme war bis Ende 2010 nicht möglich, da wichtige haustechnische und messtechnische Voraussetzungen fehlen und der Luftbrunnen in seinem Verhalten immer noch durch unterschiedliche Störgrößen mehr oder weniger stark beeinträchtigt ist (← Kap. B.2):

- Zwei im Dauerbetrieb unregelmäßig laufende Ventilatoren zur Entlüftung der Depots des MVK entnehmen dem 2. Keller 8.590 m³/Stunde.
- Die Ventilatoren in den vertikalen Schächten A, B, C, D entnehmen dem 2. Keller je nach Schaltstufe bis zu 20.000 m³/Stunde.
- Das Kühlaggregat für die Klimadepots MVK entnimmt dem 2. Keller im Dauerbetrieb 7.000 m³/Stunde.
- Die beiden Ventilatoren unter der Glaspypiramide des CdL zur Entlüftung der Säulenhalle entnehmen dem 2. Keller je nach Regelung bis zu 20.000 m³/Stunde.
- Als gravierende Störgröße muss der sommerliche Wärmeeintrag durch die Fernwärmerohre bezeichnet werden.

² Dies konnte u. a. anhand von Essenseruch im Keller festgestellt werden, der eindeutig aus dem Aufenthaltsbereich des Aufsichtspersonals stammte, der im Tiefparterre nahe dem H-Liftschacht situiert ist.

Bis Mai 2011 gab es weder eine koordinierte Steuerung der Schacht-Ventilatoren, noch einen visuellen Anzeigemodus auf dem Klimacomputer, aus denen das Ein-/Ausschalten sowie die aktuelle Fördermenge jedes Ventilators ersichtlich wären. Auch die exakte Förderleistung sowie die Laufzeiten der anderen Ventilatoren waren bisher nicht in Erfahrung zu bringen. In diesem Abschnitt C werden jedoch soweit möglich, die noch im Winter 2010/2011 erfolgten Verbesserungsmaßnahmen berücksichtigt und ausgewertet.

Die Funktion des Luftbrunnens ist in der jetzigen Situation grundlegend gestört. Um ein funktionstüchtiges Betriebskonzept erstellen zu können, müssen zuvor zwei Voraussetzungen erfüllt werden:

- 1. In einem Haustechnik-Round-Table müssen unter Beteiligung aller Nutzer, Haustechnikverantwortlichen und Planer die Förderleistungen und Betriebsalgorithmen aller derzeit bestehenden Ventilatoren offen gelegt und eine Luftvolumenstromanalyse des Corps de Logis und des Gartentrakts/ Segmentbogens vorgenommen werden.***
- 2. Der Wärmeeintrag über Fernwärmerohre, Umformerstationen und Steigleitungen in den 2. Keller und in die Obergeschosse muss während der Sommermonate (Mai – September) stark reduziert werden. Es soll eine Simulation des Temperatur- und Feuchteverhaltens des Luftbrunnens mit und ohne sommerliche Heizwärmeeinträge erstellt werden.***

2.4. Steuerung der Abluftventilatoren der Depots des MVK

Für die Depoträume im 1. KG wurden im Rahmen der Teilsanierung des MVK im Jahr 2002 zwei getrennt schaltbare Abluftventilatoren installiert³. Die Ventilatoren liefen bis Anfang 2011 im Dauerbetrieb mit einer Förderleistung von 8.590 m³/h (Planungsunterlagen TB Pölzl); dies entspricht für die Depoträume einer Luftwechselzahl von $n \geq 1,0 \text{ h}^{-1}$. Die Versorgung dieser beiden bis 2010 einstufig ausgeführten Abluftanlagen (die abgesaugte Luft strömt aus dem darunter befindlichen KG 2 nach) sowie der zugehörigen Brandschutzklappen erfolgt über den im 2. KG installierten MSR-Schaltschrank „NB.K2 UV1/MSR Natürliche Lüftung“. Über die im angeführten Schaltschrank installierte DDC-Regelanlage (Direct Digital Control; Fabrikat Honeywell / Produktlinie XL5000) konnten die Anlagen in der Vergangenheit über ein Zeitprogramm geschaltet werden (was aber de facto nicht erfolgte). Von der im KHM installierten Gebäudeleittechnik (Fabrikat Honeywell / Produktlinie XBS) konnte auf die Zeitprogramme zugegriffen werden und bei Bedarf auch Veränderungen durchgeführt werden. Über dieses Leittechniksystem konnte auch von der technischen Betriebsführung auf beide Anlagen jederzeit zugegriffen und alle Betriebs- und Störmeldungen visualisiert werden. Der Nutzer der Depoträume hatte darauf allerdings keinen Zugriff.

Die Schaltung der Anlagen soll in Zukunft nicht über ein fixes Zeitprogramm, sondern mittels „Klimaampel-Funktion“ (SmartSwitch II / Fa. Freytec, s. u.) unter Verwendung der Temperatur- und Luftfeuchtedaten aus dem 2008/09 im Luftbrunnen installierten Klima-Monitoringsystem erfolgen. Für die optimale Belüftung der Depoträume sollen die Ventilatoren bedarfsabhängig dreistufig geschaltet werden (was mit den eingebauten Transformatoren mit Wicklungsanzapfungen möglich ist). Im Winterbetrieb wird der Eintrag von zu trockener Außenluft unterbunden; im Sommerbetrieb schaltet die Anlage auf eine niedrigere Stufe bzw. ganz ab, wenn die nachströmende Außenluft zu hohe Werte der absoluten

³ mit der Bezeichnung L104: Lüftung 1 Depoträume und L105: Lüftung 2 Depoträume

Feuchte aufweist und bei Ansteigen der relativen Feuchte in den Depots über 65 % die Gefahr von Schimmelpilzbildung besteht. Weiters soll in die Logistik eine Zeitfunktion programmiert werden, damit Wochenenden, Feiertage und Ferien bei den Betriebsvorgaben berücksichtigt werden können (Kap. C.2.4.2); in jedem Fall muss der gesetzlich vorgeschriebene Mindestluftwechsel gegeben sein und die Bestimmungen des Arbeitnehmerschutzes eingehalten werden. Der Schaltalgorithmus ist im folgenden Kapitel erklärt.

2.4.1. Klimaampel SmartSwitch II

Die von Roland Frey (Fa. Freytec / Wolfsgraben) entwickelte Klimaampel *SmartSwitch II* dient zur Ansteuerung von Lüftungsanlagen in Museen, Ausstellungen und überall dort, wo ein möglichst konstantes Raumklima benötigt wird⁴. Durch den speziellen Schaltalgorithmus wird mithilfe einer kontrollierten Lüftung das Raumklima möglichst in dem eingestellten Bereich gehalten. Da die Klimaampel im Klimakonzept einen wesentlichen Bestandteil als Kontroll- und Steuerelement bildet, wird hier zum besseren Verständnis auf den technischen Aufbau und die zugrunde gelegte Logistik näher eingegangen.

Kriterium für das Einschalten der Lüftung ist: „Können die Innenkonditionen durch Lüften im Moment verbessert werden?“ Wenn JA, dann ist die Klimaampel GRÜN und die Lüftung wird aktiviert. Würden die Innenkonditionen durch das Lüften verschlechtert werden, dann schaltet die Klimaampel auf ROT und die Lüftung wird deaktiviert. Wenn durch das Lüften die Innenkonditionen weder verschlechtert noch verbessert werden, dann zeigt die Ampel „GELB“ und die als bevorzugt konfigurierte Lüfterstellung wird aktiviert.⁵

Folgende Mess- bzw. Rechengrößen werden bei der Auswertung berücksichtigt:

1. Außentemperatur (-20 bis ca. 35 °C)
2. Außenfeuchte (relativ) (0 bis 100 %rF)
3. Außenfeuchte (absolut) (0 bis ca. 20 g/m³)
4. Innentemperatur (15 bis ca. 28 °C)
5. Innenfeuchte (absolut) (0 bis ca. 20 g/m³)
6. Innenfeuchte (relativ) (0 bis 100 %rF)

Folgende Parameter werden verwendet und können in der Konfiguration angepasst werden:

7. Minimal zulässige relative Innenfeuchte (Standard: 40 %rF)
8. Maximal zulässige relative Innenfeuchte (Standard: 60 %rF)
9. Minimal zulässige Innentemperatur (Standard: 0 °C)
10. Maximal zulässige Innentemperatur (Standard: 24 °C)
11. Bei Unterschreitung der minimalen Innentemperatur: angesteuerte Anlage (z. B. Heizung oder Lüftung) EIN, AUS oder „NICHT BEACHTEN“
12. Stellung „BEVORZUGT“: EIN oder AUS
13. Stellung „MANUELL“: EIN, AUS, AUTOMATISCH

Aufbau und Konfiguration der Klimaampel Smart Switch II sind im Anhang V detailliert aufgeführt.

⁴ Die Beschreibung und Bedienungsanleitung folgt weitgehend der technischen Beschreibung auf der Homepage der Fa. Freytec (www.freytec.com)

⁵ Eine weitere Option, die hier jedoch nicht zur Disposition steht, ermöglicht über ein zweites Relais das Aktivieren von „Konservatorischem Heizen“, wenn die maximal zulässige relative Innenfeuchte um 5% überschritten und die maximal akzeptierte Innentemperatur noch nicht erreicht ist.

Der seit Jänner 2009 mehrmals vorgeschlagene Einbau der Klimaampel wurde im September 2010 beauftragt⁶ und das Modul im März 2011 in Betrieb genommen. Durch einen Kurzschluss kurz nach Übernahme war jedoch das von Freytec installierte Steuermodul beschädigt und die gleichzeitig installierte Anzeige der Laufzeiten der Ventilatoren gestört, weshalb eine Funktionsanalyse und Erfolgskontrolle bis Mai 2011 nicht möglich war.

2.4.2. Konfigurationen für die Steuerung der Abluftventilatoren sowie der Drehtür

Ende Februar wurden die beiden Abluftventilatoren des Depots MVK von Dauerbetrieb auf Ampelsteuerung umgerüstet.

In beiden Depots werden die vorhandenen Fühler von SmartLog verwendet; als Außenfühler bzw. Zuluftsensor dient für beide Depots der Sensor am Einlass zum Luftbrunnen.

Für die Depots (MVK Nordamerika und MVK Südamerika) wird je eine Klimaampel in den Schaltschrank der DDC montiert. Jede Ampel verfügt über 3 potentialfreie Ausgänge, um die 3 Stufen der Ventilatoren stellen zu können. Im Sommerhalbjahr laufen die Lüfter auf Stufe 3 (100%), ab 15. Oktober bis 15. April (Winterhalbjahr) auf Stufe 2 (50%). Eine weitere Differenzierung (Stufe 1 10-30%) kann bei Bedarf nach einer Probephase vorgenommen werden.

Die Sollwerte der relativen Feuchte liegen zwischen 40 %rF und 60 %rF.

Die Ampel soll auf „bevorzugt EIN“ konfiguriert sein. Es kann jederzeit ein anderer Zuluftsensor aus dem Luftbrunnen-Klimamesssystem für die Ampel zugewiesen werden.

Klima-Alarm: Bei Feuchtwerten unter 35 %rF und über 65 %rF in den Depots des MVK soll Klimaalarm mittels E-Mail bzw. SMS an die technische Abteilung sowie an die Abteilung für Konservierung des MVK ausgelöst werden.

Alarm-E-mails/ SMS sollen nur einmal pro Tag gesendet werden. Einmal pro Woche soll ein Mail mit den gewichteten Feuchtwerten in den Depots als Kontrolle gesendet werden.

Für Berechtigte soll es einen eigenen Statusbildschirm der DDC geben, der den Anlagenzustand zeigt, mit einer Schnittstelle zum Intranet.

Drehtür: Die Drehtür soll vom Computer den Befehl zum Schließen erhalten,

- wenn es Außen eine absolute Feuchte von weniger als 4 g/m³ oder mehr als 13 g/m³ hat.
- wenn es Außen weniger als -5 °C oder mehr als 27 °C hat.

Bei Unterschreiten der Außenlufttemperatur von 0 °C soll die Drehtür auf 10 % schließen und die Lüfter auf die unterste Stufe schalten.

Die Lüftung soll von der DDC generell deaktiviert werden, wenn die Drehtür geschlossen ist; dazu ist ein Magnetkontakt für die DDC an der Drehtür zu befestigen. Gleichzeitig müssen auch die Abluftventilatoren A-D am oberen Ende der Vertikalschächte sowie die Entlüftung der Säulenhalle im darüber liegenden Dachraum abgeschaltet werden (dafür ist ein potentialfreier Kontakt zum Steuerschrank notwendig).

Übergeordnete Steuerung: Unabhängig von der Außenwitterung wird an jedem Werktag die Lüftung in der Früh von 07:00 bis 08:00 Uhr und nachmittags zwischen 13:00 und 14:00 Uhr eingeschaltet.

⁶ Der Auftrag erfolgte erst, nachdem Frau Dr. Gertrude Kastner eine Spende von € 10.000,- nach Umsetzung der Verbesserungsmaßnahme in Aussicht gestellt hatte.

Während des Winterhalbjahres wird die (Zwangs-)Lüftung generell jedes Wochenende und zu jedem gesetzlichen Feiertag ausgeschaltet (von 18:00 des Vortags bis 7:00 des nächsten Werktags).

1 x jährlich soll über einen Wartungsvertrag eine Wartung bzw. eine Funktions-Überprüfung durchgeführt werden. Alle drei Jahre muss die Plausibilität der Fühler überprüft werden. Eine Schätzung dieser Kosten soll erstellt werden, um sie jährlich im Budget berücksichtigen zu können.

2.5. Basiskonditionierung der Luftfeuchte

Nach derzeitigem Kenntnisstand besteht überwiegend Konsens darüber, dass für Objekte aus hygroskopischen organischen Materialien (Holz, Textil, Leder, Papier, Elfenbein, etc.) eine Raumluftfeuchte von 40 %rF als unterste, konservatorisch tolerierbare Grenze anzusetzen ist. Akzeptiert man in Depots und Ausstellungsräumen während der Heizperiode eine Gleichgewichtstemperatur von 17 °C (was bei temperierten Außenwänden im Winter einer konventionellen, gesetzlich vorgeschriebenen empfundenen „Raumtemperatur“ von 18 °C bei konvektiven Heizungssystemen mit kälteren Außenwänden gleichzusetzen ist), so ist dafür eine absolute Feuchte von 5 g/m³ notwendig. Um Klimakonstanz in den konservatorisch sensiblen Kernbereichen (Ausstellungsräume, Depots, Werkstätten) zu gewährleisten, muss somit während der Wintermonate jegliche Frischluft, die dem Gebäude aktiv zugeführt wird, auf eine Absolutfeuchte von mindestens 5 g/m³ vorkonditioniert werden. Diese Basisbefeuchtung wäre vermutlich für die Depots des MVK im 1. Keller (die die Luft direkt aus dem Luftbrunnen beziehen sollten) sowie für die Hofjagd- und Rüstkammer weitgehend ausreichend, um einerseits Korrosion, andererseits Trocknungsschäden an Objekten aus hygroskopischen organischen Materialien zu verhindern. Bei Bedarf können mit wenigen Einzelgeräten oder Wasserschälchen in Vitrinen höhere absolute Feuchten erreicht werden. Dabei gilt (unter der Voraussetzung einer dichten Gebäudehülle) als Faustregel: Um in 1000 m³ Raumluft die absolute Feuchte in einer Stunde um 1 g anzuheben, braucht man 1 Luftbefeuchter mit einer Verdunsterleistung von 1 Liter/Stunde.

Für die Museums- und Ausstellungsbereiche sowie für Porträtsammlung / Bildarchiv der ÖNB im Corps des Logis bieten die baulichen Rahmenbedingungen günstigste Voraussetzungen, diese Vorbefeuchtung zentral im 2. Keller mittels einer Sprühbefeuchtung zu installieren. Die dafür normalerweise notwendige Aufbereitung bzw. Entkalkung des Wassers mittels Ionentauschern kann entfallen, da eventuelle Kalkablagerungen bereits im Keller bzw. in den langen Zuluftwegen erfolgen würden. Dadurch lassen sich die Kosten für Anschaffung und Wartung um 90 % verringern.

Im Winter 2009 wurde von der Technischen Abteilung⁷ des KHM im 2. Keller bei der Drehtür ein Wasseranschluss hergestellt und probeweise ein einfaches Sprühbefeuchtungsgerät der Fa. Defensor installiert, dessen Wirkungsweise aufgrund des überhöhten Luftwechsels jedoch nicht nachgewiesen werden konnte. Am 28. Dezember 2010 wurde von der Firma WD-Austria der Industrie-Sprühbefeuchter WD-B6800 unentgeltlich für Versuchszwecke zur Verfügung gestellt⁸ (Abb. C.5). Vom 27.1. bis 11.2.2011 wurde ein Stromzähler-Zwischenstecker installiert, um den Verbrauch der Sprühbefeuchtung zu erfassen. In diesen 15 Tagen (= 360 Std.) war der Befeuchter 134 ½ Std. in Betrieb (37,4 % der Zeit) und verbrauchte dabei 29,4 kWh Strom. Das entspricht 218 W pro Betriebsstunde.

⁷ Ich danke Ing. Wolfgang Eder für die rasche und unbürokratische Unterstützung und Finanzierung aus dem Budget der Technischen Abteilung.

⁸ Leistungsaufnahme: 325 W; maximale Befeuchterleistung: 15 l/h bzw. max. 380 l pro Tag



Abb. C.5: Die Fa. WD-Austria stellte im Dezember 2010 einen Industrie-Sprühbefeuchter probeweise zur Verfügung.

Eine erste Analyse der absoluten Feuchtwerte beweist die Wirksamkeit dieser Maßnahme: Trotz mehrerer Kältetage im Jänner und Februar 2011 fiel die absolute Feuchte kaum unter 5 g/m³ (Abb. C.6), während im meteorologisch ähnlich verlaufenden Winter 2010 im Depot und Keller niedrigere absolute Feuchtwerte gemessen wurden, was natürlich auch auf die zeitweise offene Drehtür zurückzuführen war (Abb. C.7). Allerdings wurde die konditionierte Luft aufgrund des nicht kontrollierten und z. T. überhöhten Luftwechsels rasch wieder abgeführt und kalte trockene Winterluft nachgesaugt, was sich im parallelen Verlauf des Klimas im Keller (*Drehtür* – pink) und in den Depots (*MVK SAm* – petrol) mit dem Außenklima (*Einlass* – rosa) abbildet. Im Jahr zuvor (2009), am Beginn des Klima-Monitoring, sind absolute Feuchtwerte von 2,5 g/m³ dokumentiert.

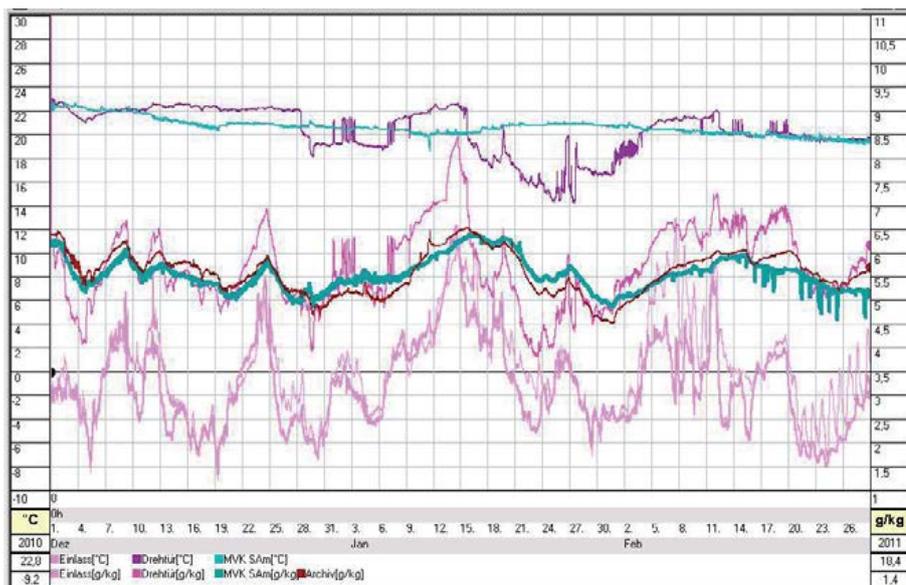


Abb. C.6: Die am 28. Dezember 2010 installierte Sprühbefeuchtung bewirkt ein Anheben der absoluten Feuchte im Keller. Die konditionierte Luft wird jedoch von den Ventilatoren zu rasch wieder abgesaugt.

2. Kontrollierte Inbetriebnahme des Luftbrunnens

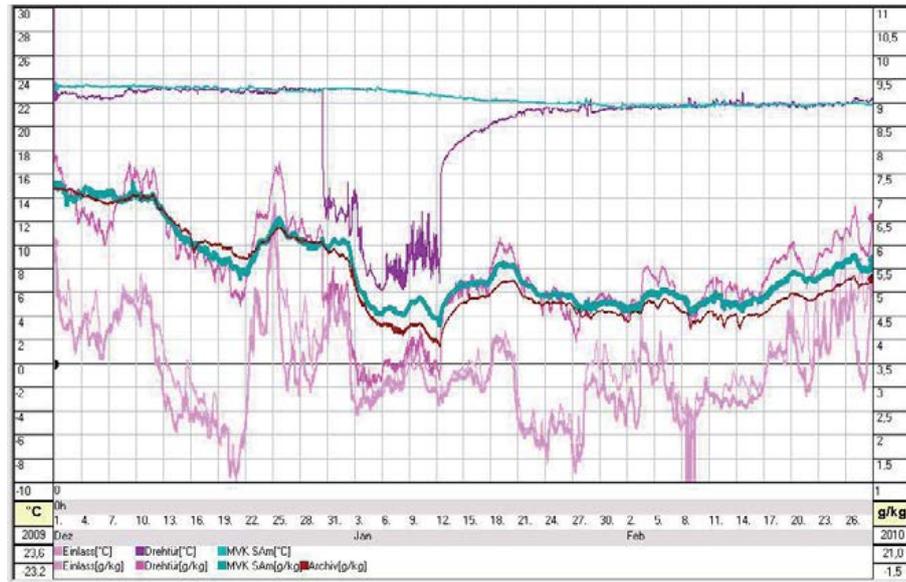


Abb. C.7: Im Winter 2009/2010 (vor Installation der Sprühbefeuchtung) war die absolute Feuchte im Keller niedriger als ein Jahr später (nach Installieren der Basisbefeuchtung).

Aufgrund der nach wie vor bestehenden Störgrößen und der unkoordinierten und nicht nachvollziehbaren Luftvolumenströme ist die Wirkung der Sprühbefeuchtung auf das Klima in den darüber liegenden Depots des MVK nicht exakt nachweisbar. Es ist jedoch evident, dass die tiefen relativen Feuchtwerte wie in den Vorjahren (trotz mehrerer Kältetage im Jänner 2011) im Depot nicht mehr erreicht wurden. Die Thermohygrographen in den südlichen und westlichen Depotbereichen zeigten 2011 im Vergleich zu den Vorjahren signifikant bessere und sehr konstante Klimaverläufe.

Die positive Wirkung der Basisbefeuchtung und des reduzierten Luftwechsels im Südamerika-Depot auf der einen Seite sowie die nach wie vor bestehenden Störeinflüsse im gegenüber liegenden Nordamerika-Depot andererseits zeigt die Gegenüberstellung von Abb. C.8 und C.9. Im gleichen Zeitraum (21.2.-7.3.2011) mit einigen Frosttagen bis unter -6 °C bleibt die absolute Feuchte im Südamerika-Depot (MVK SAm – petrolgrün) über 5 g/m^3 . Die Abluftventilatoren schalten sich Werktags vor Arbeitsbeginn und zu Mittag je eine Stunde ein. Die Betriebszeit der Ventilatoren ist aus dem periodischen Absinken der absoluten Feuchte um ca. $0,5\text{ g}$ ersichtlich, wobei die Luft aus dem darunter befindlichen äußersten Kellergang (Ringstraßenseite) nachgesaugt wird, wo sich die Übernahmestation und die zwei 80 m langen Rohre der Fernwärmeleitung befinden. Die absolute Feuchte ist dort mit 4 g/m^3 deutlich zu tief und für die Klimaeinbrüche in diesem Depotbereich verantwortlich. Am Wochenende (wenn sich die Ventilatoren nicht einschalten) läuft die Klimakurve konstant durch.

Wenig Einfluss der Basisbefeuchtung und der Ventilatoren ist hingegen im Bereich Nordamerika zu erkennen (MVK NAM – grün). Die Werte der absoluten Feuchte von $3,1 - 3,5\text{ g/m}^3$ sind deutlich zu niedrig und liegen signifikant tiefer als die absolute Feuchte bei der Drehtür (pink) und des direkt darunter liegenden Ganges 1 (senffarben), von wo die Luft nachgesaugt werden sollte. Tiefere Werte von $<2\text{ g/m}^3$ werden nur in der Umformerstation (dunkelocker) und Außen (Einlass - rosa) erreicht. Dies beweist die bereits zuvor gemachte Annahme, dass die Nachströmung für den östlichen Bereich des Depots nicht wie vorgesehen aus dem Keller erfolgt, sondern kalte und trockene Winterluft direkt über das undichte Fenster zum A-Hof oder aus dem Gebäudekern (H-Stiege oder H-Lift) angesaugt wird.

Das Klimakonzept und seine Umsetzung

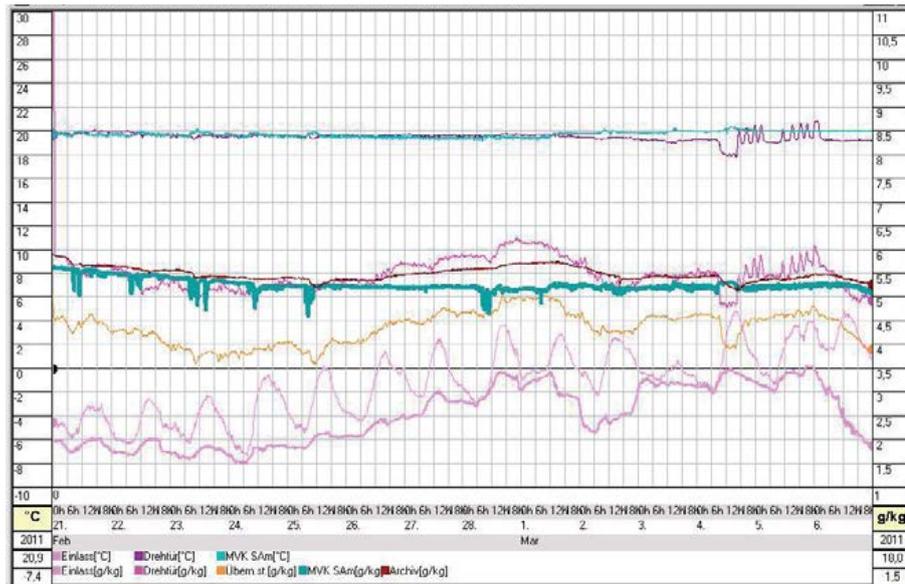


Abb. C.8: Die absolute Feuchte im Depot Südamerika sinkt nur dann unter 5 g/m^3 , wenn die Abluftventilatoren eingeschaltet sind und Luft aus dem darunter befindlichen, trockenen Bereich der Übernahmestation nachgesaugt wird.

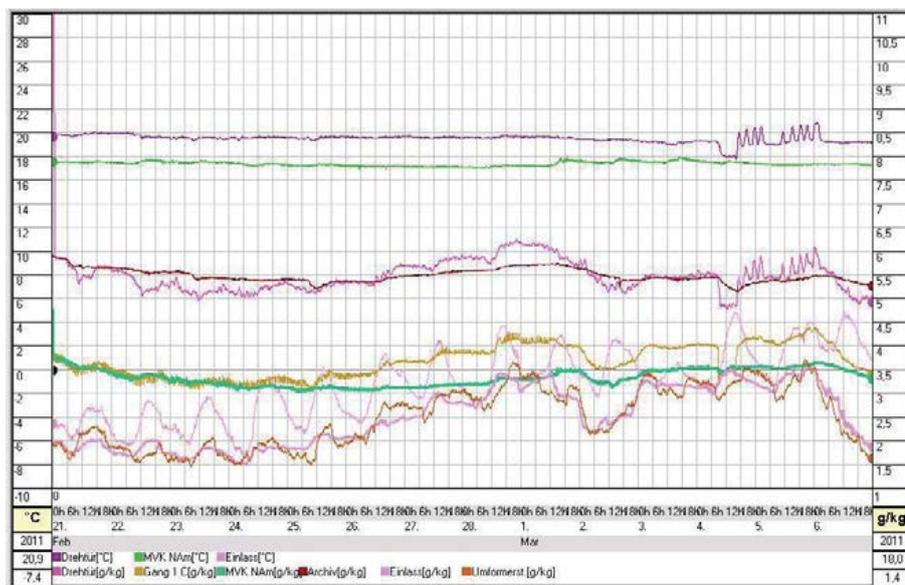


Abb. C.9: Die absolute Feuchte im Depot Nordamerika sinkt unter $3,5 \text{ g/m}^3$, obwohl die absolute Feuchte im darunter liegenden Keller höher ist. Dies beweist, dass die Nachströmung direkt von außen (vorwiegend über das undichte Fenster zum A-Hof) erfolgt.

Da auch über die Haupteingänge im Winter während der Betriebszeiten trockene Außenluft unkontrolliert ins Gebäude strömt, muss in der Säulenhalle des MVK sowie im Prunkstiegenhaus im Mittelbau ebenfalls eine Vorbefeuchtung installiert werden, die v. a. während der Nachtstunden den untertags über den Außenluftwechsel erfolgten Feuchteverlust kompensieren soll. Hier erscheinen mit Fixwasseranschluss, Spülautomatik sowie zur Sicherung mit Aquastop ausgerüstete Kaltverdunstungs-Einzelgeräte als zweckmäßig.

Voraussetzung für die Wirksamkeit der Vorbefeuchtung ist die Umsetzung der Module aus dem Themenkreis C.2., d. h. das Nachdichten der Fenster und Türen sowie der Einbau von Karusselltüren in den Haupteingängen müssen zuvor durchgeführt sein. Alle Abluftventilatoren im Corps de Logis müssen bedarfsgerecht und der Jahreszeit entsprechend gesteuert im Falle von Klimaalarm abgeschaltet werden. Ebenso darf die Systemluft für die Kältemaschine der Klimadepots nicht mehr aus dem Keller entnommen werden.

Bei technisch gestütztem Luftwechsel muss darauf geachtet werden, dass im Winter nicht ständig aufwändig konditionierte Raumluft abgeführt wird. Aufgrund der großen Kubaturen der Räume ist ein max. 0,1-facher Luftwechsel mehr als ausreichend. Bei der Belüftung von WC-Anlagen ist darauf zu achten, dass die Belüftung direkt „von außen nach außen“ und nicht aus dem konditionierten Gebäudekern erfolgt.

2.6. Steuerung der Drehtür

Die am Ende des westlichen Hauptzulufttunnels befindliche eiserne Drehtür, mit der der gesamte Querschnitt des Ganges verschlossen und die Außenluftzufuhr gedrosselt werden kann, geht auf das von Carl Böhm entwickelte Vorbild im 3. Keller des Burgtheaters zurück (← Kap. A.2.2). Da sie auf den 1908 von Baumann verfassten Plänen des 2. Kellers (noch?) nicht eingezeichnet ist, wurde sie möglicherweise erst relativ spät montiert.

Auf der Innenseite der Drehtür befindet sich in 2,1 m Höhe eine waagrecht befestigte halbkreisförmige, Führungsspanne, die zur mechanischen Steuerung mittels zweier gegenläufiger Drahtseilzüge dient.



Abb. C.10: Die Drehtür am Eingang in den 2. Keller dient als zentrale Drosselklappe für die Zuluft und wird von dem im Nachbarraum befindlichen 17 kg-Gewicht geschlossen. Das sichtbare 8 kg-Gewicht öffnet (beim Entlasten des Schließgewichts) die Drehtür.

Das Klimakonzept und seine Umsetzung

Der eine Seilzug führte über ein Umlenkrolle zu einem darunter befindlichen Gewicht, das in zwei noch vorhandenen Führungsschienen gelaufen sein muss und zum Öffnen der Drehtür diente, wofür eine Zugkraft von rund 80 N notwendig ist. Der andere Seilzug zum Schließen der Tür führte über weitere Umlenkrollen zu einer technischen Steuerzentrale, die vermutlich ehemals im zentral gelegenen Heizhaus angesiedelt war. Zum Schließen der Drehtür ist derzeit eine Zugkraft von ca. 170 N notwendig. Zur Reaktivierung der Drehtür-Steuerung wurden 2008 die verrosteten Umlenkrollen gangbar gemacht und die abgerissenen Drahtseile ersetzt und mit entsprechenden Gewichten versehen (Abb. C.10).

Als einfache automatische Steuerung soll in Zukunft ein Spindelmotor dienen, der die Drehtür in vier Stellungen positioniert: 0° (geschlossen), 10°, 45° und 90° (ganz offen). Auch bei geschlossener bzw. tlw. geöffneter Stellung kann die Tür bei Bedarf von einer Person ganz aufgestoßen werden und schließt sich nachher wieder bis zur vorgewählten Position. Eine als Seilspanner fungierende bewegliche Rolle sorgt dafür, dass der Seilzug beim manuellen Aufdrücken der (halb-) geschlossenen Drehtür nicht aus den Rollen springt und die Tür sich nach dem Durchgang wieder schließt.

Die Regelung soll über die von Roland Frey entwickelte „Klimaampel“ *SmartSwitch* (← Kap. C.2.4.) erfolgen, wobei die Klimawerte von der bestehenden Klima-Messstrecke abgefragt werden. Bei einer konservatorisch ungünstigen Entwicklung der Luftklimawerte und Über- bzw. Unterschreiten kritischer Werte der Temperatur (0 °C bzw. > 26 °C) und/oder der absoluten Feuchte (z. B. bei länger andauerndem Regen, wenn die Feuchte über einen definierten Zeitraum 12 g/m³ überschreitet oder wenn die Absolutfeuchte der nachströmenden Außenluft weniger als 5 g/m³ beträgt), soll die Drehtür um eine Position geschlossen und die Menge der nachströmenden Außenluft um rund 1/3 verringert werden. Hält die Tendenz zu einer Verschlechterung der konservatorischen Qualität der Zuluft an ($T_a < -5$ °C; $aF < 4$ bzw. > 13 g/m³), wird der Strömungsquerschnitt durch ein weiteres Schließen der Drehtür reduziert, bzw. „Klimaalarm“ (dessen Schwellwerte empirisch ermittelt werden müssen) ausgelöst, wobei die Tür zur Gänze geschlossen wird und alle Abluft-Ventilatoren über einen Magnetkontakt automatisch abgeschaltet werden (Abb. C.11).



Abb. C.11: Die Drehtür wird nach dem Umbau vom 8 kg-Gewicht zugezogen und mit einem Schrittmotor in drei Positionen offen gehalten. Die als Seilspanner fungierende bewegliche Rolle (Pfeil) sorgt dafür, dass der Seilzug beim manuellen Aufdrücken der (halb) geschlossenen Drehtür nicht aus den Rollen springt und die Tür sich nach dem Durchgang wieder schließt. (Der hier provisorisch montierte Garagenmotor erwies sich als zu schwach und muss durch einen Spindelmotor ersetzt werden.)

2.7. Regelklappe für die Zuluft der Säulenhalle/Aula

Die natürliche Belüftung der Säulenhalle durch freie Nachströmung aus dem 2. Keller ist derzeit gestört, da die Zuluftöffnungen aus dem sog. inneren Kellerrundgang (ehemaliger „Schimmelkeller“) durch die 2004 davor gesetzten Luftheritzer zur Beheizung der Aula verschlossen sind. Die Belüftung kann derzeit nur durch Aktivieren der Ventilatoren mechanisch erfolgen.

Die ursprüngliche Möglichkeit der Nachströmung durch freien Auftrieb soll wieder hergestellt werden (durch Umbau der Aulaheizung → Kap. C.4.3.). Zur kontrollierten natürlichen Belüftung der Säulenhalle muss die Nachströmöffnung zwischen 2. Keller und innerem Kellerrundgang mit einer elektrisch angesteuerten Jalousienklappe ausgestattet werden (Abb. C.12).



Abb. C.12: Zur kontrollierten natürlichen Belüftung der Säulenhalle (Aula) muss die Nachströmöffnung zwischen 2. Keller und innerem Kellerrundgang mit einer elektrisch angesteuerten Jalousienklappe ausgestattet werden.

2.8. Anbindung der SAM an den Luftbrunnen

Um die Ausstellungsräume der SAM an den Luftbrunnen anzubinden, wurden in den vergangenen Jahren zwei Kollektorgänge am Fuß der Mittelmauer von den Depotbereichen der ÖNB abgetrennt und für die SAM erschlossen (Abb. C.13). Weiters wurde eine Verbindung zwischen dem Kollektorgang West und den im 1. Keller gelegenen Fußpunkten von zwei Zuluftschächten, die ursprünglich den Marmorsaal angespeist hatten und (1938?) abgemauert wurden, hergestellt. Hier besteht bereits ein fast fertiges Projekt von Arch. Martin Bachner aus 2008, das Ende Mai 2010 wieder aufgenommen und bis Ende 2011 fertiggestellt werden soll.



Abb. C.13: Die Lüftungsschächte für die Säle X – XIII und der Marmorsaal der SAM sollen über den Kollektorgang West angespeist werden.



Abb. C.14: Die Lüftungsschächte für die Säle XV – XVIII der SAM sollen über den östlichen Schliefgang (2. KG/Unterteilung) erschlossen werden.

Der östliche Teil der SAM soll über den im Halbstock über dem Kollektorgang Ost befindlichen sog. „Schliefgang“ erschlossen werden (Abb. C.14). Die Anbindung der Kollektorgänge an die noch bestehenden bzw. zu sondierenden Schächte in der Mittelmauer muss noch projektiert werden.

Ein direkter Zugang zum Saal IX der SAM kann über den im Herbst 2010 entdeckten Schacht in der doppelt starken Mauer zwischen SAM/Saal IX und HJRK/Saal VIII erfolgen. Dessen Fußpunkt liegt im 1. KG (Depot MVK, im Durchgang zum Karer-Magazin) und soll dort über eine Revisionstür zugänglich gemacht werden.

2.9. Wärmedämmung der Fernwärmerohre

Das sommerliche Kühlpotential des mit großem finanziellem Aufwand instand gesetzten Luftbrunnens ist derzeit durch die in Kap. B.2.2.4.1. beschriebenen ganzjährigen Wärmeeinträge über die Fernwärmerohre, die Übernahmestation und die Umformerstation weitgehend unterbunden. Trotz mehrmaliger offizieller Anfragen konnte bisher nicht in Erfahrung gebracht werden, wofür auch im Sommer außer der Warmwasserbereitung beträchtliche Wärmemengen benötigt werden, die über die in den freien Gängen im 2. KG verlegten Fernwärmerohre den diversen Klimazentralen im Mittelbau bzw. im Heizhaus zugeführt werden (← Abb. B.38 – B.42). Von den Nachteilen dieser Nutzung (in Form von Wärmeabgabe in den bis 1997 nachweislich kühlen Keller⁹ des Corps de Logis) sind jedoch ausschließlich die Anrainer des Luftbrunnens (MVK, HJRK sowie SAM) betroffen.

Wie in ← Abb. B.43 und B.45 gezeigt, stellt sich die Lufttemperatur am Fußpunkt der Schächte etwa als Mittelwert zwischen der Temperatur des Erdkörpers im Zentrum des Corps de Logis (derzeit 18-19 °C) und der Oberflächentemperatur der Fernwärmerohre (25-29 °C) ein. Es wird somit den Sammlungsräumen des MVK und der HJRK, aber auch dem Bildarchiv der ÖNB im 2. OG Frischluft zugeführt, die von 18 °C auf 23-25 °C vorgewärmt ist. Damit ist ein Kühlen der sommerlich aufgewärmten Säle nur bedingt möglich.

Aber auch die Depots des MVK sind davon unmittelbar betroffen. Aufgrund der Lage oberhalb der Übernahmestation ist die Temperatur im Südamerika-Depot mit 26 °C höher als erwartet und liegt über dem derzeitigen Kellerschnitt von rund 22 °C. In der Nordecke oberhalb bzw. neben der Umformerstation liegen die Temperaturen im Depot im Sommer jetzt ebenfalls um rund 3-4 K höher als früher. Die relative Feuchte im Archiv liegt bei 55-60 %. Die nahezu parallel dazu verlaufende relative Feuchte im Depot (ca. 8 %rF darunter) zeigt, dass die beiden Bereiche klimatisch verbunden sind (Abb. C.15).

Von besonderem Interesse ist dabei der Verlauf der Raumluftfeuchte: Die niedrigeren Werte der relativen Feuchte im Depot lassen zunächst (aufgrund der höheren Raumtemperatur) auf eine gleiche absolute Feuchte in beiden Bereichen schließen. Überraschenderweise herrscht im Depot jedoch eine um 0,5 bis 1 g/m³ höhere absolute Feuchte als im Keller (Archiv – rostbraun). In dem unmittelbar unter dem Südamerika-Depot befindlichen Kellergang (im Bereich der Übernahmestation - ocker) liegt die absolute Feuchte nur knapp unterhalb der absoluten Feuchte außen (Einlass - rosa) aber über dem Kellerschnitt; dies bedeutet, dass aufgrund der hohen Lufttemperatur mehr Wasserdampf in der Zuluft mitgeführt und in den Keller bzw. ins Depot eingetragen werden kann. Der nahezu parallele Verlauf von Depotfeuchte und Außenfeuchte weist auf den bereits mehrfach konstatierten überhöhten Luftwechsel hin. Im konkreten Fall hat dies zu einer abrupten Abnahme der absoluten Feuchte im Depot in der letzten Augustwoche geführt (trockene Südostströmung, ← Kap. A.5.3, Abb. A.26).

9 Im Juli 1997 wurden vom Autor im Bereich der Drehtür 17 °C gemessen.

Das Klimakonzept und seine Umsetzung



Abb. C.15: Aufgrund der Lage oberhalb der Übernahmestation (ocker) liegt die Temperatur im Südamerika-Depot (petrolgrün) mit 26 °C über dem Kellerschnitt von rund 22 °C (Archiv – rostbraun). Die relative Feuchte im Archiv liegt bei 55-60%. Die parallel dazu (ca. 8 % tiefer) verlaufende relative Feuchte im Depot zeigt, dass die beiden Bereich klimatisch verbunden sind (August 2009).

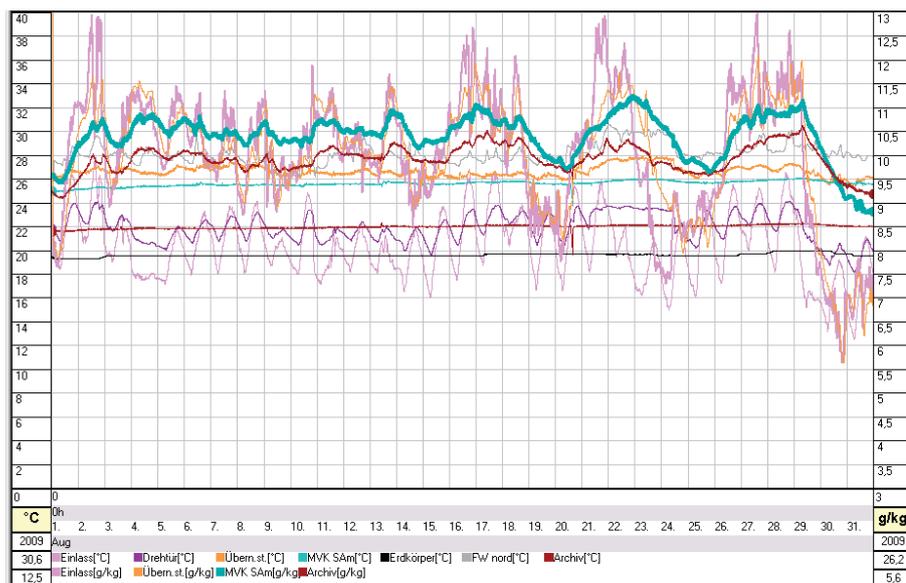


Abb. C.16: Im Depot (petrolgrün) herrscht eine um 0,5 bis 1 g/m³ höhere absolute Feuchte als im Zentrum des Kellers (Archiv - rostbraun). In dem unmittelbar unter dem Depot (MVK SAm – petrolgrün) befindlichen Kellergang (Übernahmestation - ocker) liegt die absolute Feuchte nur knapp unterhalb der absoluten Feuchte außen (dunkelrosa) aber über dem Kellerschnitt: Aufgrund der hohen Lufttemperatur wird mehr Wasserdampf in der Zuluft mitgeführt und in den Keller bzw. ins Depot eingetragen. Der nahezu parallele Verlauf von Depotfeuchte und Außenfeuchte weist auf den bereits mehrfach konstatierten überhöhten Luftwechsel hin.

Es besteht somit für die Nutzer des Corps de Logis prioritäres Interesse, den Wärme- eintrag über die Fernwärmeröhre und die Übernahmestation bzw. Umformerzentrale(n) in Keller und Depots ganz zu unterbinden oder zumindest signifikant zu verringern.

Das TB Käferhaus wurde im Jänner 2011 beauftragt, ein Gutachten über die von der ÖNB benötigte Wärmemengen und die Art der Anlagen und Nutzung zu erstellen sowie Alternativen für den sommerlichen Gebrauch von Heizwärme zu ergründen. Obwohl das Bundesmuseengesetz die Österreichischen Bundesmuseen zu Kooperation im Forschungsbereich verpflichtet (§ 2 Abs. 1 BMG), wurde die Bekanntgabe von Daten und Fakten jedoch von der Haustechnikabteilung der ÖNB im Auftrag der Generaldirektion verweigert.

Die an der West- und Südseite verlaufenden Fernwärme-Rohre ($U = 1,72 \text{ m}$) weisen eine Länge von insgesamt 260 m, somit eine Oberfläche von rund 450 m^2 , auf. Die etwas dünneren Rohre ($U = 1,39 \text{ m}$) an der Nordseite mit einer Länge von insgesamt 160 m bilden eine Wärmetauscherfläche von ca. 225 m^2 . Die Mantelflächen im Bereich der Übernahmestation sowie die Oberflächen der im Mittelbau weitergeführten Rohre wurden nicht erfasst, sodass die für den Wärmeeintrag in den 2. Keller angenommene Wärmetauscherfläche von rund 700 m^2 sicher zu gering veranschlagt ist.

Die Oberflächen der Fernwärmerohre stehen mit den Raumumschließungsflächen im Strahlungsaustausch und geben an diese Wärme ab. Darüber hinaus wird von der vorbeistreichenden Luft Wärme konvektiv mitgeführt und in die Obergeschoßräume über die Steigschächten eingebracht.

2.9.1. Abschätzung der Wärmeeinträge

Um den von der Rohroberfläche A in den Keller konvektiv abgegebenen Wärmestrom Q zu erfassen, wurde folgende vereinfachte Berechnung durchgeführt (SCHRAMBEK 2001: 150):

$$Q = \alpha_k * (t_o - t_l) * A \text{ [W/m}^2\text{]}$$

Q	W	Wärmestrom
t_o	°C	Temperatur der Rohroberfläche
t_l	°C	Temperatur der Luft
α_k	W/(m ² K)	konvektiver Wärmeübergangskoeffizient = $6,2 + 4,2 w \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$ für $w < 5 \text{ m/s}$
w	m/s	Strömungsgeschwindigkeit der Luft
A	m ²	Wärmetauscherfläche der Rohre = ($A_{\text{süd}} = 450 \text{ m}^2$; $A_{\text{nord}} = 225 \text{ m}^2$)

Oberflächentemperatur Rohr süd ... $30,4 \text{ °C}$

Oberflächentemperatur Rohr nord ... $31,7 \text{ °C}$

Lufttemperatur Keller süd ... $24,7 \text{ °C}$

Lufttemperatur Keller nord ... $25,0 \text{ °C}$

Strömungsgeschwindigkeit ... $0,2 \text{ m/s}$ (unterster Anemometer-Messwert)

$$Q_{\text{süd}} = (6,2 + (4,2 * 0,2)) * (30,4 - 24,7) * 450 = 18.058 \text{ [W]}$$

$$Q_{\text{nord}} = (6,2 + (4,2 * 0,2)) * (31,7 - 25,0) * 225 = 10.613 \text{ [W]}$$

$$\Sigma Q = 18,06 + 10,60 = 28,66 \text{ [kW]}$$

Der konvektive Wärmeübergang an die Luft über die Fernwärmerohre im Sommer beträgt rund 28 kW. Da ein ähnlich hoher Energieeintrag auch über Strahlung stattfindet, kann man - grob abgeschätzt - von einem Gesamtenergieeintrag von rund 50 kW ausgehen.

2.9.2. Überlegungen zur Minimierung des Wärmeeintrags

Als energetisch sinnvollste Lösung sollte die Wärmeabnahme während der Sommermonate gänzlich eingestellt werden. Alternativen zur derzeitigen Warmwasserbereitung werden in Kap. C.6. diskutiert. Falls auf den Bezug von Fernwärme im Sommer nicht gänzlich verzichtet werden kann, muss die Wärmedämmung der Rohre nachgerüstet werden. Als kostengünstigste Lösung bietet sich eine Einhausung der Rohrstrecke an, wobei der Hohlraum zwischen Ummantelung und Rohroberfläche mit einem hochisolierenden Material (z. B. Schaumglas-Schotter) gefüllt werden kann. Die jeweils effizienteste Lösung sollte über eine computergestützte thermische Simulation ermittelt werden.

2.10. Versorgung der Zuluftführung für Klimadepots MVK mit Außenluft

Die Systemluft für die Kältemaschine der Klimadepots MVK (mit bis zu 7.000 m³/h) wird derzeit aus zwei vor der Klimazentrale befindlichen Gängen entnommen und anschließend über einen Blechkanal auf der Nordseite ausgeblasen. Für das Funktionieren der natürlichen Lüftung durch freien Auftrieb ist es unabdingbar, dass im Keller kein störender Unterdruck durch mechanisch gestützte Ventilatoren entsteht. Es ist zu prüfen, ob die Zuluft für die Kältemaschine direkt von außen (mittels Blechkanalanbindung) aus dem im Fundamentbereich umlaufenden Ringkanal an der Westseite des Corps de Logis entnommen werden kann.

2.11. Entlüftung Umformerzentrale 1 im Corps de Logis (Nordecke)

Der Wärmeeintrag aus der Umformerzentrale im Sommer muss unterbunden werden. Die schon früher in Aussicht genommene mechanische Belüftung des Raumes während der Sommermonate soll noch einmal überprüft und gegebenenfalls umgesetzt werden.

Falls der neue Tiefspeicher für die ÖNB in Zukunft realisiert werden sollte, muss die Umformerstation am jetzigen Standort aufgelassen und im neuen Speicher mit entsprechend ausreichender Wärmedämmung neu errichtet werden.

3. Dichten der Gebäudehülle und kontrollierter Luftwechsel

Wie bereits mehrfach dargelegt, hängt die Konstanz des Raumklimas überwiegend vom so genannten Luftwechsel, also vom Austausch der Raumluft, ab. Ein häufiger Luftwechsel muss zu stark schwankenden Raumluftkonditionen führen, wenn die klimarelevanten Parameter der nachströmenden Zuluft große Unterschiede zum Innenraumklima aufweisen. Dies ist vorwiegend während der kalten Jahreszeit bzw. während Hitzeperioden im Hochsommer der Fall und würde ständige haustechnische Interventionen erfordern, da jeder Kubikmeter ausgetauschter Raumluft neuerlich auf die richtige Temperatur und relative Feuchte nachkonditioniert werden müsste. Vor allem die Raumluftkühlung in den diversen Klimadepots erfordert einen hohen energetischen Aufwand.

Nicht nur in konservatorischer, sondern auch in energetischer und ökonomischer Hinsicht gerät der Luftwechsel jedoch mehr und mehr ins Bewusstsein der Entscheidungsverantwortlichen. Im Winter geht über die Fensterfugen bzw. bei Fehlen eines Wärmetauschers im Abluftkanal (und dies ist im Museumsbereich auch heute noch der Regelfall) mit der abgeführten Raumluft gleichzeitig eine mehr oder weniger große Menge an Wärmeenergie verloren. Theoretisch könnten mehr als 80% der über eine Lüftungsanlage abgeführten Wärmemenge zurück gewonnen werden. In Zeiten knapper Budgetmittel, steigender Energiepreise und globaler Erwärmung sollte größtes Interesse daran bestehen, die Lüftungswärmeverluste im Winter auf das absolute Mindestmaß zu beschränken.

Das Abdichten der Gebäudehülle in Verbindung mit einem kontrollierten Luftwechsel und einem wohldurchdachten Klimamanagement wurde bereits zu Beginn mit einem Hochwasserschutzprogramm verglichen: Es genügt nicht, von durchschnittlichen „Pegelständen“ (= Monatsmittelwerten der Außenluftkonditionen) auszugehen; jedes Museum sollte auf den *worst case* vorbereitet sowie für den Fall plötzlicher massiver Wetterveränderungen gerüstet sein, um mit entsprechend geplanten Maßnahmen reagieren und gegensteuern zu können. Mir ist bisher kein Museum bekannt geworden, das über einen ausgearbeiteten, übergreifenden Klimaalarmplan (ähnlich einem Feueralarm) verfügen würde.

Ohne eine Kontrolle des Luftwechsels ist die Umsetzung eines nachhaltigen und ressourcenschonenden Klimakonzepts nicht möglich. Voraussetzung dafür ist in jedem Fall eine dichte Gebäudehülle, doch gilt es dabei besonders die diametralen Erfordernisse der Winter- bzw. Sommersituation im Blick zu behalten: Das sorgfältige Abdichten der Gebäudefugen ist notwendig, um Lüftungswärmeverluste und Klimaeinbrüche während der Heizperiode soweit möglich zu verringern. Dies würde jedoch während der heißen Sommermonate zu einer gravierenden Verschlechterung der Luftsituation führen, da solare Strahlungsgewinne nur konvektiv über einen erhöhten aber kontrollierten Luftwechsel, vor allem über Nacht, wieder abgeführt werden können.

Deshalb muss gleichzeitig mit dem Nachdichten der Gebäudehülle ein Lüftungskonzept zur kontrollierten Belüftung des ganzen Bauwerks entwickelt werden.

3.1. Nachdichten der Türen und Fenster

Alle Fenster und Balkontüren der Neuen Burg (ausgenommen den Segmentbogen) wurden seitens der Burghauptmannschaft zwischen 2003 und 2008 tischlerisch instand gesetzt und die Oberflächen neu beschichtet. Auch die Wandanschlüsse wurden nachgedichtet und abschließend die Fugenfalze der Fenster an den Innenflügeln mit silikonverklebten Silikon-Hohlprofilen (System Nuschei) versehen. Die Reparatur von Kastenfenstern ist nicht durch eine ÖNorm geregelt¹⁰, die beschriebenen Arbeiten entsprechen dem derzeit geltenden Stand der Technik und werden in dieser Art auch vom Bundesdenkmalamt empfohlen (BDA Richtlinie/1: 26).

Langjährige Beobachtungen haben jedoch gezeigt, dass diese Maßnahmen, die im Bereich der „normalen“ Fenstergrößen in Wohnungen, Büros und Werkstätten (mit rund 2 m² Glasflächen und maximal 10 m Falzfugenlängen) durchaus zielführend sind, bei den bis zu fünf Meter hohen Fenstern und Balkontüren im Prunkstiegenhaus sowie in den Ausstellungs- und Bibliothekssälen jedoch als unzureichend angesehen werden müssen. So weisen beispielsweise die 23 Balkontüren der HJRK im 1. Stock des Corps de Logis an den Innenflügeln Glasflächen von je 4,2 m² und Falzfugenlängen von 17 m pro Flügelebene auf. Bei den drei Rundbogen-Fenstertüren mit 9 m² Glasfläche addieren sich die Falzfugen der jeweils 12 Fenster- und Türflügel zu 48 m. Damit betragen die Glasflächen das 2- bis 4,5-fache der Fensterflächen eines gewöhnlichen Bürofensters, bei den Falzfugen fast das 5-fache.

Ähnlich ungünstig verhalten sich die 11 von den Plateaus im Prunkstiegenhaus auf die Säulengalerie zum Heldenplatz führenden großen Balkontüren, die innere Glasflächen von 4,3 m² sowie eine Falzfugenlänge von 19 m aufweisen. Die übrigen 8 Fenster weisen gleiche Glasflächen aber etwas kürzere Falzfugen (16,8 m) auf. Hinzugezählt werden müssten auch die nicht quantifizierbaren Fugen der pro Türe mit Glasleisten eingesetzten (aber nicht eingekitteten) 12 Glasscheiben. Die Belichtung der Deckzone erfolgt über 18 zweiflügelige Fenster von 1,7 x 1,5 m mit einer Fugenlänge von ca. 8 m. Im Hochparterre bzw. Mezzanin sorgen zwölf große Rundbogenfenster, die jeweils in zwölf Flügel unterteilt sind (Fugenlänge je Fenster ca. 58 m) für einen großzügigen Lichteinfall. Rechnet man alle Falzfugen der 48 Fenster / Türen auf der Nordwestseite¹¹ zusammen, so ergibt dies eine Gesamtlänge von mehr als einem Kilometer (1.177 m).

Auch nach der Sanierung sind folgende Mängel festzustellen:

- Bei starkem Windangriff ist in der Nähe einiger Fenster und Balkontüren Zugluft zu spüren, die durch Bewegungen der Lichtschutzvorrichtungen im Fensterkasten fallweise auch sichtbar ist.
- Bei Schneetreiben mit starkem Wind wird fallweise Schnee von außen in den Tür- bzw. Fensterzwischenraum gedrückt.
- Bei tiefen Außentemperaturen im Winter fällt die Raumtemperatur auch bei voll aufgedrehten Radiatoren in den nach Nordwesten orientierten Raumgruppen auf unter 15 °C. Die großen Glasflächen mit Scheibentemperaturen unter 12 °C verstärken den Eindruck der Unbehaglichkeit.

¹⁰ ÖNorm 5300 gilt für Fenster im allgemeinen, ÖNorm B 5320 für Fenstereinbauten

¹¹ Auf der Südostseite öffnen sich 14 Oberlichtfenster (1,7 x 1,5 m) und 4 dreifeldrig gegliederte Rundbogenfenster (3,3 x 2,1 m) zu den Lichthöfen.

Folgende Fragen waren zu beantworten:

1. Wodurch lassen sich die erhöhten Lüftungswärmeverluste während der Heizperiode vor allem bei Wind verringern?
2. Wie können die Oberflächentemperaturen der Innenscheiben angehoben werden?
3. Wie kann das thermische Verhalten des Gesamtsystems Kastenfenster insgesamt verbessert werden?
4. Wie können die Verbesserungsmaßnahmen messtechnisch erfasst und objektiv evaluiert werden, d. h. welches Energiesparpotential lässt sich abschätzen, um den Entscheidungsträgern die Sinnhaftigkeit einer solchen Maßnahme nahe zu bringen?

3.1.1. Optimierung der Fugendichtungen

Wie bereits detailliert beschrieben (HUBER 2009: 18f), wurde eine der großen Doppelflügeltüren im Saal III der HJRK gezielt nachgerüstet, um sowohl die Lüftungswärmeverluste über die Falzfugen als auch den Wärmedurchgang durch die Scheiben zu verringern (Abb. C.17). Dabei wurden folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Nachsetzen der Schließbleche
- Fixierung der Oberlichtflügel für den Winterfall mit zwei Drehhaken
- Optimierung der Stockanschlüsse der Innenflügel durch gedichtete Stockleisten
- Nachdichten der Außenflügel sowie der stark geschwundenen inneren und äußeren Mittelfugen mit Silikon-Hohlprofilen (nicht jedoch der äußere waagrechte Staffelanschluss und der äußere Oberlichtflügel → Kondensatschutz)



Abb. C.17: Die Balkontüre wurde mit Vorsatzflügeln an den Innenflügeln, Stockleisten und Winddruckbogen (der nur bei hochgezogener Jalousie sichtbar ist) ausgestattet und anschließend an den Außenflügeln und im Mittelfalz nachgedichtet.

Das Klimakonzept und seine Umsetzung

Die gleiche Maßnahme wurde im Herbst 2009 an einer der großen nordwestorientierten Türen auf Plateau 1 im Prunkstiegenhaus im Vorfeld einer geplanten Thermografie-Untersuchung durchgeführt. Auch bei allen Fenstern und Balkontüren der Sammlung alter Musikinstrumente wurden die Außenflügel im Oktober 2009 nachgedichtet. Die Sinnhaftigkeit der Maßnahme ließ sich unter anderem daran ablesen, dass sich der Nachfüllbedarf der Luftbefeuchter von täglich bis zu >250 l Wasser im Winter 2009/10 gegenüber den Vorjahren signifikant (- 25 %; s. u.) reduzierte (→ Kap. C.3.1.6., Tab. C.6).

3.1.2. Winddruckbogen

Um die Dichtigkeit der sich nach innen öffnenden Außenflügel zu erhöhen, wurde der äußere Flügel mit einem eigens entwickelten „Winddruckbogen“ - einem gebogenen Messingrohr mit hartverlöteten Montagehaken an den Enden - versehen, der etwa in 2/5 der Höhe den Gehflügel an der Schlagleiste mit etwa 10 mm Vorspannung gegen den Stehflügel presst und einem Aufdrücken der Türe bei Windangriff gezielt entgegenwirkt; er ist mit einer einfachen Steckverbindung unter Vorspannung in der Türleibung verankert (Abb. C.18).

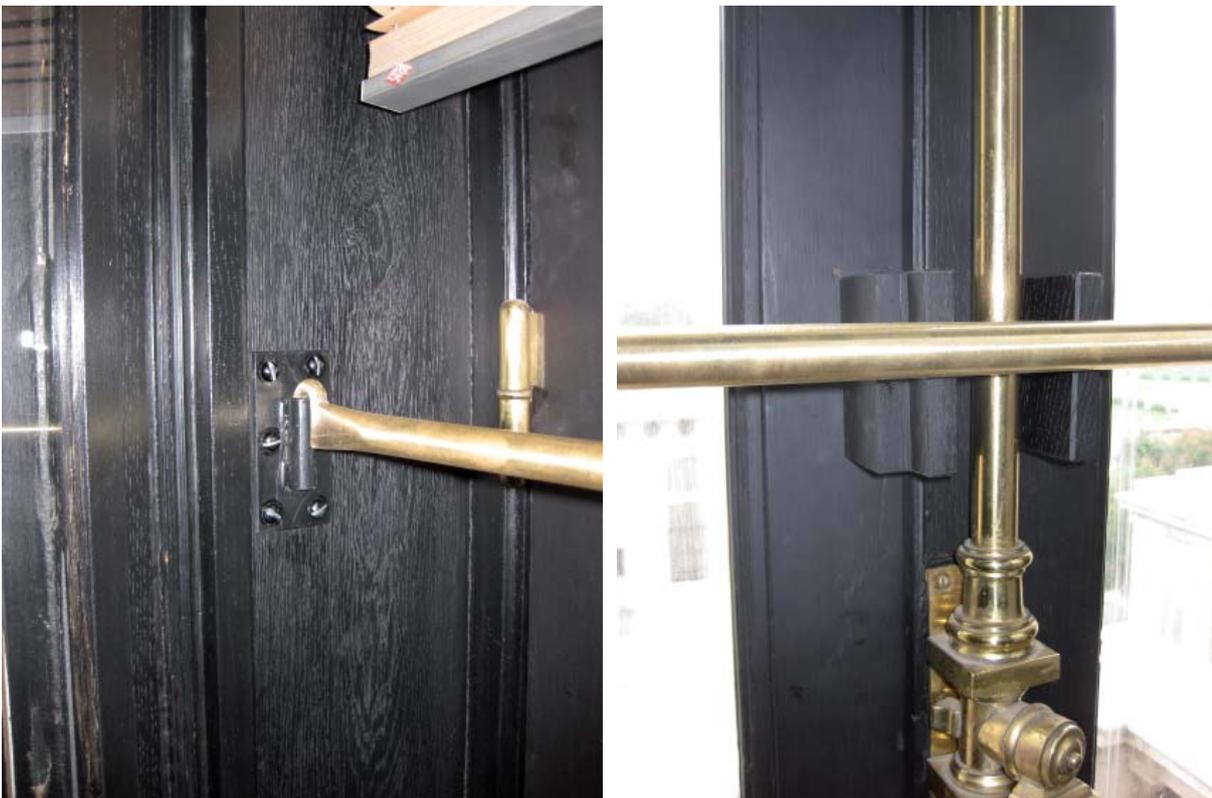


Abb. C.18: Der Winddruckbogen verhindert ein Aufdrücken der Flügeltüren bei starkem Winddruck; er ist mit einer einfachen Steckverbindung unter Vorspannung in der Türleibung verankert.

3.1.3. Verringerung des Wärmedurchgangskoeffizienten der Glasflächen

Es ist erwiesen, dass in unseren Klimazonen ein gut gedichtetes Kastenfenster mit innen liegender Wärmeschutzverglasung bauphysikalisch das beste Fenstersystem darstellt, das aufgrund der zwei Flügelebenen imstande ist, den diametralen Anforderungen der Sommer- bzw. Wintermonate (ausreichender Sonnenschutz, ausreichender Fugenluftwechsel, Kondensatschutz im Stockbereich) zu genügen (ORTLER-KRISMER-WIMMER 2005: 45-53).

Da sich ein Austausch aller Fensterscheiben im denkmalgeschützten Bereich meist verbietet, wurde hier zunächst die materialschonende Variante des Vorsatzflügels getestet und diese einer Tür mit ausgetauschter Verglasung gegenübergestellt. Obwohl die thermische Optimierung der Glasflächen dem Themenkreis C.4.6. (Heizlast senken) bzw. C.5.4. (Sonnen- und Wärmeschutz) angehört, wird aus praktischen Gründen die thermische Optimierung des ganzen Fensters bereits in diesem Kapitel erörtert.

Um den Wärmedurchgang durch die Glasflächen zu verringern, wurden an der Mustertür in Saal III/HJRK sog. Vorsatzflügel angebracht, also an der Außenseite der Innenflügel mittels Bändern (zum Öffnen und Putzen) scharnierte und mit zwei parallel verlegten Vorlegebändern möglichst luft- und staubdicht verschraubte zusätzliche Fensterrahmen, die beide Innenflügel und die Oberlichtklappe in ein Verbundfenster umrüsteten (← Abb. C.17), womit der Wärmedurchgang durch das Glas um rund 25 % gesenkt werden kann¹². Diese Maßnahme war bereits bei der Generalsanierung der SAM 1990 bei der Hälfte aller Fenster erfolgreich durchgeführt worden.

Um diese einfach umzusetzende und relativ preisgünstige Lösung mit heute üblichen Sanierungsstandards vergleichen zu können, wurden in der daneben befindlichen Innentür alle drei Scheiben ausgetauscht, die Falze nachgefräst und Wärmeschutzgläser eingesetzt. (Dies war ursprünglich für die nachgedichtete Balkontür auf Plateau 1 des Stiegenhauses geplant; aufgrund eines Missverständnisses blieb die 2. Mustertür im Saal III daher ohne Zusatzdichtung und Winddruckbogen.)

3.1.4. Verbesserung des U-Werts der Balkontür-Füllungen durch „Fensterpölster“

Alle Balkontüren des Hauses weisen im unteren Bereich Holzfüllungen auf, die ebenfalls als thermische Schwachstellen anzusehen sind, da sich in diesem Teil der Kastentüre im Winter ein „Kaltluftsee“ bildet. Der Zwischenraum der Türen in Saal III hat die Maße 170 x 70 x 20 cm, bei der Balkontür auf dem Plateau beträgt er 200 x 105 x 40 cm.

Zur thermischen Verbesserung und Anhebung der Oberflächentemperaturen der Füllungen wurde der Zwischenraum mit Schaumstoffplatten aus Ethafoam ausgekleidet. Es sollte untersucht werden, wie weit sich die Oberflächentemperatur sowohl der Füllungen als auch der darüber befindlichen Fensterscheiben zur Steigerung der Behaglichkeit anheben lässt. Vorwegnehmend lässt sich feststellen, dass es sehr wichtig ist, entweder die einzelnen Platten aneinander zu kleben, (damit keine Zwischenräume entstehen, in denen sich kalte Luft sammeln kann) oder den gedichteten Zwischenraum nach oben durch eine genau eingepasste Schaumstoffplatte abzuschließen.

12 Magistrat der Stadt Wien MA39, *Gutachten über die Wärmedämmung eines zweiteiligen Holzkastenfensters ohne und mit „Nuschei“-Vorsatzfenstern an den Innenflügeln* vom 4.8.1983 (Zl. MA39-F197, 198/83).

3.1.5. Bauphysikalische Evaluierung der Maßnahmen

Die beschriebenen Maßnahmen wurden vom Institut für Hochbau und Technologie/Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz messtechnisch ausgewertet: Am 16.6.2009 wurde an je einem normal sanierten Bestandsfenster sowie an dem optimierten Musterfenster in Saal III der HJRK ein „Blower-door-Test“ durchgeführt¹³ (HUBER 2009: 20f). Am 10.3.2010 wurden vom gleichen Institut Oberflächen-Temperaturmessungen und thermografische Aufnahmen von den erwähnten Türen sowie von zwei weiteren Türelementen auf Plateau 1 gemacht und anschließend evaluiert¹⁴ (HUBER-KORJENIC-BEDNAR 2010: 117-132). Da die jeweiligen Untersuchungsbedingungen in den erwähnten Publikationen ausführlich beschrieben sind, können hier die Ergebnisse zusammengefasst werden.

Durch die Thermographien lässt sich der Erfolg von Dichtungsmaßnahmen gut visualisieren und damit vom Auftraggeber kontrollieren. In Abb. C.19 ist das normal sanierte Türelement in Saal III der HJRK (links) der optimierten Tür daneben (rechts) gegenübergestellt.

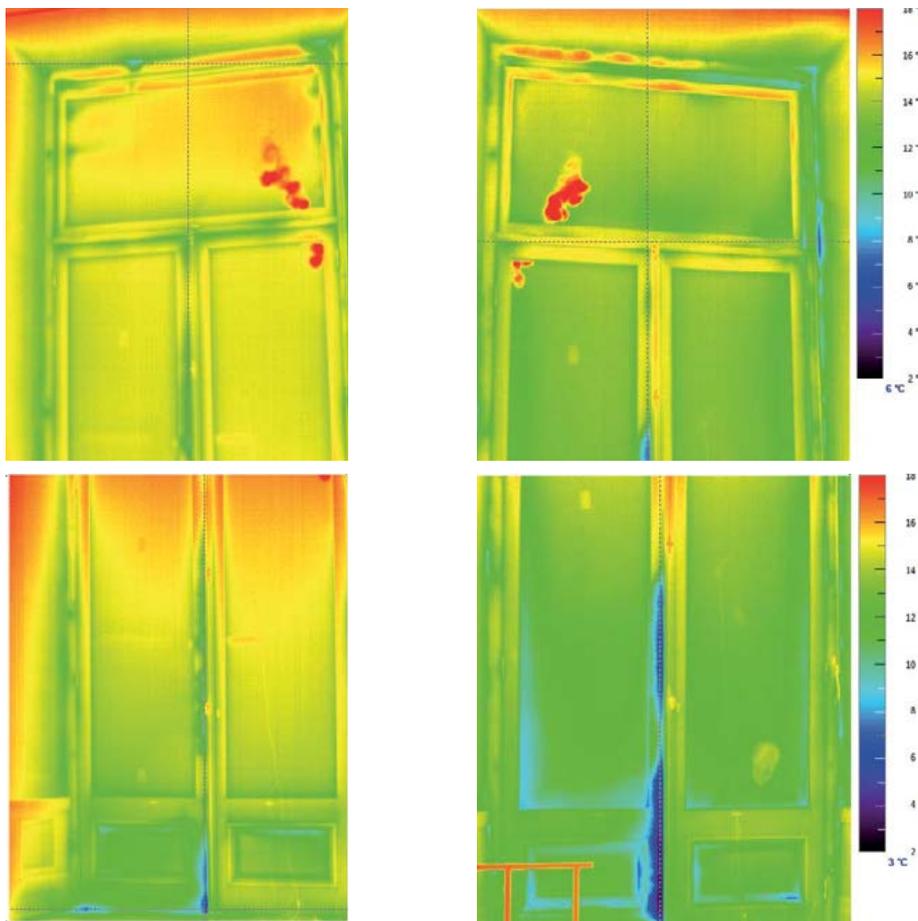


Abb. C.19: Wärmebildaufnahme einer konventionell sanierten Tür (rechts) im Vergleich mit der optimierten Tür in Saal III der HJRK (Dichten der Außenflügel mit Winddruckbogen, luftgefüllter Verbundscheibe am Innenflügel und „Fensterpolster“ im Zwischenraum; links)

13 Die Messungen wurden von Dr. Azra Korjenic und DI Otto Holzer mit dem Minneapolis Blower Door Modell 4 (Blende C) durchgeführt,

14 Die Aufnahmen wurden mit einer NEC H2640 (S/N 9120111) Wärmebildkamera mit Standardobjektiv (21,7°) angefertigt und mit der Software irMOTION PREMIUM PROFESSIONAL ausgewertet. Ich danke DI Grüner und Ing. Hofbauer für die freundliche Hilfe und Beratung.

3. Dichten der Gebäudehülle und kontrollierter Luftwechsel

Besonders augenfällig war das Ergebnis bei den großen Balkontüren auf Plateau 1 (Abb. C.20). Obwohl die Gläser nicht getauscht wurden, kam es nur durch das Nachdichten der Außenflügel zu einer Anhebung der Oberflächentemperatur der Innenscheiben um 1 – 1,2 K. Die Oberflächentemperatur der Füllungen wurde durch die Fensterpölster um 2,2 K erhöht (Abb. C.21).

Die Oberflächentemperaturen der unterschiedlichen Türelemente und die Raumtemperaturen während der Thermographien finden sich in Tab. C.1.



Abb. C.20: Optimierte Tür auf Plateau 1 der Neuen Burg (Dichten der Außenflügel und „Fensterpölster“ im Zwischenraum); markiert sind die Messpunkte T1 - T4 der Thermofühler auf Fenstergläsern, Türrahmen und Laibung

Saal III der JHRK, Corps de Logis OG1	T1	T2	T3	T4	Füllung Mittelwert	Raumtemp.	Raumluftfeuchte	Außen-temp.
	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[%rF]	[°C]
Türelement 1 mit gasgefüllter Isolierverglasung	15.2	14.1	15.7	14.8	-	17	22	-2
Türelement 2 mit Verbundverglasung und Dämmung	13.9	14.9	15.1	14.5	13,5	17	22	-2
Türelement 3 unsaniert	12.0	14.5	14.0	14.7	12,5	17	22	-2
Plateau 1, Neue Burg OG1	T1	T2	T3	T4	Füllung Mittelwert	Raumtemp.	Raumluftfeuchte	Außen-temp.
	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
Türelement 4 unsaniert	12.5	14.1	13.2	15.0	12,8	17	26	-1
Türelement 5, Fugen saniert, mit Dämmung	13.6	15.3	14.2	14.9	15,0	17	26	-1

Tab. C.2: Oberflächentemperaturen an den Messpunkten T1 - T4 und Raumtemperaturen während der Thermographien

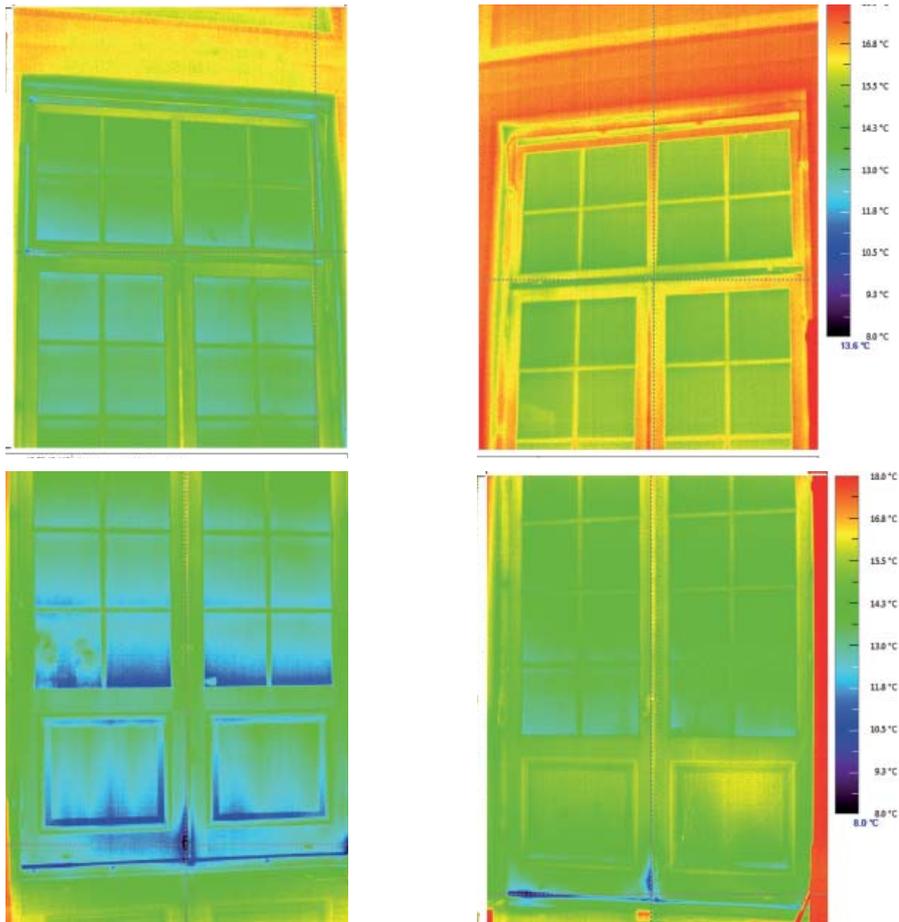


Abb. C.21: Wärmebildaufnahme einer „normal“ sanierten Tür (links) im Vergleich mit der nachgedichteten Tür auf Plateau 1 der Neuen Burg (Dichten der Außenflügel und „Fensterpolster“ im Zwischenraum; rechts)

Aus den Messungen der Oberflächentemperaturen und dem Temperaturgefälle zur Außenluft lassen sich die Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) der untersuchten Bauteile aufgrund der folgenden physikalischen Beziehungen nur grob abschätzen, da einerseits die Oberflächentemperaturen in situ gemessen wurden und darüber hinaus der innere Wärmeübergangskoeffizient unbekannt sind, weshalb auf den Normübergangskoeffizienten zurück gegriffen werden musste:

$$t_{i0} = t_i - U \cdot R_{si} \cdot (t_i - t_e)$$

daraus:

$$U = 1 / R_{si} \cdot (t_i - t_{i0}) / (t_i - t_e)$$

Dabei bedeutet t_{i0} die innere Oberflächentemperatur des Bauteils (Fensterscheibe, Füllung), t_i die Innentemperatur („Raumtemperatur“), t_e die Außentemperatur, R_{si} den inneren Wärmeübergangswiderstand mit $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ und R_T den Wärmedurchlasswiderstand. Die an den jeweiligen Messpunkten errechnete Verringerung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) und die daraus abgeschätzte thermische Verbesserung des Bauteils ist aus Tabelle C.3 ersichtlich:

3. Dichten der Gebäudehülle und kontrollierter Luftwechsel

	U-Wert Glas, Messpunkt T1	Verringerung im Vergleich zu T1 unsaniert	U-Wert Glas, Messpunkt T3	U-Wert Füllung	Verringerung im Vergleich zu Füllung ungedämmt
	[W/m ² K]	%	[W/m ² K]	[W/m ² K]	%
Türelement 3 unsaniert	2,0	-	1,2	1,8	-
Türelement 1 mit gasgefüllter Isolierverglasung	0,7	64	0,5	-	-
Türelement 2, nachgedichtet, mit Verbundverglasung und Fensterpolster	1,3	38	0,8	1,5	26
Türelement 4 unsaniert	1,9	-	2,0	1,7	-
Türelement 5 Fugen saniert, Fensterpolster	1,4	24	1,6	0,9	52

Tab. C.3: Unterschiedliche Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) der Glasscheiben und Füllungen vor und nach den Optimierungsmaßnahmen sowie die prozentuelle Verringerung der Wärmeverluste

Die Oberflächentemperaturen der Messpunkte T3 der Türelemente 1, 2 und 3 in der HJRK sind durch die halb herabgelassene beschichtete Sonnenschutzfolie im Fensterkasten deutlich angehoben, was sich auch in den Thermographien¹⁵ sowie in einer Verringerung der U-Werte abbildet. Die beiden unsanierten Türelemente 3 und 4 weisen im unteren Bereich der Innenscheiben fast gleiche U-Werte auf (2,02 bzw. 1,92 W/m²K). Die großen Türen auf dem Jagdplateau haben keine durchgehenden Lichtschutzfolien, sondern einzelne Bahnen einer gelochten Aluminium-beschichteten Folie („Pergerflex“) als Rollo vor den Außenscheiben; der Wärmedurchgang durch die Außengläser ist dadurch etwas vermindert.

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass sich allein durch das Nachdichten der Außenflügel beim Türelement 5 der U-Wert der Innenscheibe beim Messpunkt T1 um 24 % verringert hat. Eine Isolier- oder eine Verbundverglasung würde den Wärmedurchgang noch deutlicher absenken. Die Dämmung im unteren Türfüllungs-Bereich („Fensterpolster“) im Türelement 5 wirkt sich – wie auf den Thermographien deutlich sichtbar – signifikant aus: Die Oberflächentemperatur der Füllung wird um mehr als 2 K angehoben, wodurch sich der Wärmedurchgang durch die Füllung halbiert. Da durch die Dämmung und das Nachdichten der Außenflügel der „Kaltluftsee“ im Türkasten verringert wird, ist auch die Scheibentemperatur am Innenflügel deutlich angehoben.

Bei der Dämmung der Verbundglas-Türe 2 in Saal 3 der Hofjagd- und Rüstkammer wurden die Schaumstoffplatten an der Oberseite nicht durch eine genau eingepasste durchgehende Platte abgeschlossen, weshalb mehr kalte Luft in die Zwischenräume zwischen den Platten eindringen konnte. Dieses wesentliche Detail muss bei einer allgemeinen Umsetzung beachtet werden. Außerdem ist die Füllung niedriger als jene auf dem Jagdplateau. Dadurch war dieses Polster nicht so wirkungsvoll wie die Dämmung auf dem Jagdplateau.

Im Blick zu behalten ist auch die Kondensatgefahr im Fenster- bzw. Türkasten, die dann entsteht, wenn feuchte Luft in den Zwischenraum dringt. Die Thermographie bietet ein qualitativ objektives Kontrollinstrument in Hinblick auf die Frage, ob das Dichten der Innenflügel zweckmäßig erfolgte bzw. wo ein

15 Thermografien sind hinsichtlich exakter Aussagen über den U-Wert nur bedingt aussagefähig

Das Klimakonzept und seine Umsetzung

gezieltes Nachdichten notwendig wäre. Weiters ist zu beachten, dass die gewünschte Basisbefeuchtung im Stiegenhaus 40 % relative Feuchte nicht überschreiten sollte, weil dann bei 18 °C Raumtemperatur die Absolutfeuchte bei ca. 5 g/m³ liegt und eine Taupunktunterschreitung (bei ca. 4 °C) in den thermisch optimierten Kastenfenstern bzw. -türen ausgeschlossen sein müsste.

Generell kann festgehalten werden, dass sich durch das Nachdichten der Außenflügel und die beschriebenen Optimierungen am Kastenfenster die Heizwärmeverluste über die Fensterfugen um rund 25 % verringern lassen. Der U-Wert der Glasflächen eines Kastenfensters lässt sich durch eine Verbundverglasung („Vorsatzflügel“) am Innenflügel vorsichtig geschätzt um rund 30 % verringern; bei Isolierverglasung beträgt die Verringerung des Wärmedurchgangs am Innenflügel bis zu mehr als 60 %.

Aus den U-Werten in Tabelle C.3 lässt sich auch die mit der Fensteroptimierung verbundene Energieeinsparung grob abschätzen (Tabelle C.4). Der jährliche flächenbezogene Transmissionswärmeverlust in kWh pro m² errechnet sich nach der Formel:

$$\text{U-Wert} * 24\text{h} * \text{Heizgradtage [für Wien: } 3320^{16}] / 1000.$$

Nimmt man für die Glasflächen der unsanierten Kastenfenster einen U-Wert von rund 2,0 W/m²K, für die Verbundscheibe des nachgedichteten Fensterkastens U = 1,3 W/m²K und für die Isolierverglasung U = 0,7 W/m²K an, so ergeben sich folgende flächenbezogene Transmissionswärmeverluste:

		U-Wert [W/m ² K]	Jahresenergie- bedarf [kWh/m ² .a]	Differenz [kWh/m ²]	Kostenersparnis/m ² Preisbasis 0,08 €/kWh [€/m ²]
Kastenfenster Glas	unsaniert	2,0	159	-	-
Kastenfenster Glas	Verbundscheibe	1,3	104	-55	4,43
Kastenfenster Glas	Isolierglas	0,7	56	-107	8,56
Türfüllung Holz	unsaniert	1,7	136	-	-
Türfüllung Holz	gedämmt	0,9	69	-67	5,36

Tab. C.4: Errechneter Jahresenergiebedarf pro m² und das aus den Optimierungsmaßnahmen resultierende Energiesparpotential

Allein für die Ausstellungsräume der HJRK mit 23 Fenstertüren (mit je 4,2 m² Glasfläche und 1,2 m² Füllungsfläche) zuzüglich der drei Rundbogenfenster (mit je 9 m² Glasfläche und 1,5 m² Füllungsfläche) ergibt sich für die rund 124 m² Glasfläche bei (der billigeren) Verbundverglasung eine Energieersparnis von rund 6.820 kWh pro Jahr. Die aus recycelten Ethafoam-Platten (Ausstattungsverpackung) hergestellten „Fensterpölster“ zum Dämmen der rund 32 m² Türfüllungsflächen würden den Heizenergiebedarf um ca. 2.140 kWh pro Jahr verringern. Insgesamt ließen sich nur für diese eine Sammlung pro Jahr rund € 720,- an Heizkosten einsparen. (Der die Einsparungsmaßnahmen noch begünstigende Einfluss der Lichtschutzeinrichtungen wurde dabei noch gar nicht berücksichtigt.)

Wendet man die Kostenkalkulation auf die in Kap. B.2.1.2., Tab. B.2 ermittelten Wärmeverlustflächen über die Verglasungen aller Fenster der Neuen Burg von rund 2.000 m² an, so ergeben sich für den Jahres-Gesamtenergiebedarf folgende Werte:

16 aus dem Gebäuderechner-Programm „Ecotech“ nach ÖNORM EN 832

3. Dichten der Gebäudehülle und kontrollierter Luftwechsel

Jahresenergiebedarf über Fenster/ Tür-Elemente	kWh/a	Jahreskosten [€/a]	Einsparung %	Einsparung [€/a]
Bestand	318.000	25.440		
Verbundscheibe + Nachdichten	208.000	16.640	35	8.800
Isolierverglasung + Nachdichten	112.000	8.960	65	16.480

Tab. C.5: Geschätzter Gesamtjahresenergiebedarf für 2.000 m² Fensterfläche der Neuen Burg im Bestand und nach Optimierung der Fenster durch Nachdichten und Verringerung des Wärmedurchgangs der Innenflügel durch Verbundscheiben bzw. Isolierverglasung

Das Optimierungspotential betrifft insbesondere auch die Türen und Fenster im Hochparterre zur Burggartenterrasse (Bibliothek MVK, Austriaca-Saal ÖNB), die zwar mit einer Isolierverglasung nachgerüstet wurden aber deutlich sichtbare offene Fugen in den Falzen und im Staffelnbereich aufweisen, die nachgebessert werden müssen. Es wäre denkbar, während der Heizperiode (wenn die Türen auf die Terrasse nicht genutzt werden) die Passung der Falze (etwa mit Schubriegeln) mechanisch zu sichern.

Das gezielte Nachdichten der Innen- und Außenflügel sowie die Montage des Winddruckbogens bewirkte am geprüften Türelement eine Verringerung des Luftvolumenstroms und damit der Lüftungswärmeverluste um 24 %.

Durch Montage einer Verbundscheibe am Innenflügel lässt sich der Wärmedurchgangskoeffizient für das Glas von $U_g = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ auf $U_g = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ absenken; im Falle von Wärmeschutzgläsern mit $U_g = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ mehr als halbieren. Das Nachdichten der Außenflügel senkt den U-Wert der Kastenfenster mit gewöhnlicher Verglasung auf ca. $U_g = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ und für die Isolierverglasung auf $U = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Mit der Verwendung von „Fensterpölstern“ im Bereich der Türfüllungen wird der Wärmedurchgangskoeffizient der Füllungen von ca. $U_g = 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ auf rund $U_g = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ fast halbiert.

Durch die beschriebenen Maßnahmen lässt sich der Energiebedarf für das Gesamtsystem Kastenfenster/tür thermisch zwischen $\geq 30 \%$ und $\geq 60 \%$ verringern. Die thermische Verbesserung der Innenscheiben ist auch im Sommerfall zielführend, da der auf Absorption am Sonnenschutzscreen zurückzuführende Wärmeeintrag aus dem Fensterkasten (q_i) und damit die thermische Belastung des Raumes deutlich verringert wird.

Nicht berücksichtigt in dieser Kostenkalkulation sind Synergieeffekte wie verringerter Nachbefeuchungsbedarf oder minimierter Restaurieraufwand.

3.1.6. Verringerung des Nachbefeuchtungsbedarfs

Die Wirksamkeit des im Oktober 2009 erfolgten Nachdichtens der Fenster und Türen der SAM ließ sich neben dem konstanten Klimaverlauf in den Sammlungsräumen und der guten Stimmhaltung der Klaviere auch daran ablesen, dass der seit November 2008 täglich dokumentierte Nachfüllbedarf der Luftbefeuchter im Winter 2009/10 gegenüber dem Vorjahr signifikant niedriger lag. 2009 und 2010 gab es im Jänner und Februar mehrere Kältetage, sodass beide Jahre vergleichbar erscheinen. In Tab. C.6. sind die seit November 2008 für jeden Monat errechneten Tagesmittelwerte aufgelistet und den Monats-Tagesmittelwerten des Folgejahres gegenübergestellt. Aus der Summe der Tagesmittel des Minderverbrauchs errechnet sich (Tagesmittel x 30,4 [= Tage eines „mittleren Monats“]) eine Gesamteinsparung von rund 12.500 Litern Wasser im Jahr (der Mehrverbrauch für Juli und August wurde bewusst herausgenommen¹⁷).

Jahr Monat	2008 durchschnittl. Tagesverbrauch	2009 durchschnittl. Tagesverbrauch	2010 durchschnittl. Tagesverbrauch	Differenz Liter	Differenz %
1		172	127	-45	-26
2		202	148	-54	-27
3		141	116	-25	-18
4		145	120	-25	-17
5		107	72	-35	-33
6		78	37	-41	-53
7		23	56	(33)	(143)
8		23	54	(31)	(134)
9		78	66	-12	-15
10		106	73	-33	-31
11	173	98		-75	-43
12	167	94		-73	-44
Summe der monatl. Tagesmittel		1.415		-418	
Jahresverbrauch		43.000			
Ersparnis / Jahr				-12.700	

Tab. C.6: Durchschnittlicher Wasserverbrauch der Luftbefeuchter in Liter/Tag

Der verringerte Nachbefeuchtungsbedarf ist auch mit verringerten Laufzeiten der Luftbefeuchter verbunden. Um 20 Liter Wasser zu verdunsten verbraucht der Luftbefeuchter Defensor PH 26 auf Stufe 2 (von 4) 3,64 kWh¹⁸. Das etwas einfachere Gerät WD-B 450 der Fa. WD-Austria benötigte auf Ventilator-Stufe 2 rund 0,85 kWh, auf Stufe 1 waren es 1,1 kWh. Der Minderverbrauch der 20 Luftbefeuchter der SAM von rund 12.500 Liter pro Jahr bedeutet – hochgerechnet auf alle ca. 40 Luftbefeuchter in der Neuen Burg – je nach Gerät und Gebläsestufe – allein durch verminderte Nachbefeuchtung ein Einsparpotential zwischen 1000 und 4500 kWh pro Jahr.

17 Für den Mehrbedarf im Juli und August 2010 lassen sich zwei Gründe anführen: Die erstmals wieder auf 30 °C angestiegenen Raumtemperaturen können auch auf den durch die bessere Dichtigkeit verminderten Nachtluftwechsel zurückgeführt werden; daraus resultierte ein höherer Nachbefeuchtungsbedarf für die relative Feuchte, der bei konservatorisch adäquaten Raumtemperaturen nicht aufgetreten wäre. Als weiterer Grund kann die Beobachtung angeführt werden, dass von den Aufsehern die Hygrostaten der Luftbefeuchter hochgestellt werden, damit die Geräte "kühle Luft" verströmen (adiabatische Kühlung). Während der Urlaubszeit kann dies über mehrere Wochen unbemerkt bleiben.

18 Der Verbrauch der Luftbefeuchter wurde mit dem Energiekosten-Messgerät EIM-812 von Unitec erfasst (Art.-Nr. 40615).

3.2. Klimaschleusen in den Eingangsbereichen zum Corps de Logis und in die Neue Burg (Mittelbau und D-Stiege)

Die einzige einwandfrei funktionierende Lösung, um unerwünschten Lufteintrag über die beiden Haupteingangsbereiche in das Corps de Logis (Museum für Völkerkunde) bzw. in den Mittelbau der Neuen Burg hinten zu halten, besteht im Einbau einer Karusselltür, wie sie etwa bereits im Museum für Moderne Kunst (MuMoK) im Museumsquartier besteht (Abb. C.22).



Abb. C.22: Karusselltür im Eingang des Museums für Moderne Kunst (MuMoK) im Wiener Museumsquartier

Abgesehen vom unkontrollierten Lufteintrag erfordert die momentane Situation im Eingangsbereich des Corps de Logis infolge des 2006 entfernten Windfangs eine thermische Verbesserung, um auch die derzeitigen Transmissionswärmeverluste im Winter zu minimieren; dies wird in Kap. C.4.7. behandelt.

3.2.1. Eingangsvestibül und Kassenbereich Neue Burg

Im Herbst 2010 kam es bei der Glaswand im Kassenbereich der Sammlungen in der Neuen Burg (← Abb. B.81) zum Absturz einer Glastafel, die sich vermutlich aufgrund der Vibrationen durch starken Windangriff gelockert hatte, wodurch auch aus Sicherheitsgründen ein Handlungsbedarf besteht. Beide Glaswände (Stiegenaufgänge zum Ephesos-Museums bzw. zum Kassabereich) sind daher neu und winddicht in einer verstärkten Konstruktion zu errichten. Die Pendeltüren sind so zu konstruieren, dass sie sich nur nach außen öffnen lassen bzw. bei Zugluft fugendicht zugedrückt werden. Der Kassenbereich Neue Burg (für Ephesos Museum, SAM und HJRK) sollte nach Möglichkeit neu konzipiert werden, sodass das Personal nicht direkt der Zugluft ausgesetzt ist, sondern vor dem Heizkörper zu sitzen kommt. Dadurch können sowohl die Eingangstüre als auch der Stiegenaufgang und die Lifttüre im Auge behalten werden.

3.2.2. Klimaschleuse D-Stiege

Wie in Kap. B.2.3. beschrieben, funktionieren die elektrisch gesteuerten Eingangstüren nicht als Klimaschleuse, was vor allem an Frosttagen und starkem Wind vonnöten wäre. Da eine zeitlich versetzte Steuerung der Windfangtüren im Sinne einer echten Schleuse wohl kaum durchsetzbar ist, erscheint das Vorsetzen einer gedichteten, rechts angeschlagenen „Windfangtüre“ vor die Lifttüre im Erdgeschoss (so wie dies auch im 2. Keller am Fuße des A-Liftes ausgeführt ist) als einfachste und vorteilhafte Lösung. Diese Türe könnte während der Sommermonate offen gehalten werden.

3.3. Klimaabschnitte

Damit in den Sammlungs- und Depotbereichen vor allem während der Wintermonate ein möglichst konstantes und gleichmäßiges Klima gehalten werden kann, ist im Gebäude die Einrichtung dreier voneinander getrennter Klimaabschnitte notwendig (← Kap. B.2.4.): Im Eingangs- und Foyerbereich sollte eine Vorkonditionierung der Raumluft auf etwa 35 %rF erfolgen, wobei erfahrungsgemäß bei tiefen Außentemperaturen untertags Schwankungen zwischen 20 % und 30 %rF in Kauf genommen werden müssen. In der Säulenhalle / Aula des Corps de Logis, in den Stiegenhäusern, im Verwaltungsbereich und in den Büros ist ein Feuchteniveau nicht unter 35 %rF anzusetzen, wobei 45 %rF als oberer Wert für die HJRK gilt. Diese Basisluftfeuchte ist allein schon deshalb notwendig, damit Objekte beim Transport innerhalb des Gebäudes nicht allzu großen Klimadifferenzen ausgesetzt sind. Im MVK und in der SAM werden in den Kernbereichen der Sammlungsgebiete möglichst konstante Werte zwischen 45 % und 50 %rF im Winter angestrebt; bei starkem Frost können kurzfristig 40 %rF bei vorübergehend abgesenkten Raumtemperaturen zugelassen werden.

Die dazu notwendigen Zwischentüren gibt es zum Großteil bereits; im Sommer können diese zur besseren Luftzirkulation offen gehalten werden (← Kap. B.2.4., Abb. B.85 und B.86). Im Bereich der HJRK könnten die Galerien A – D des Corps de Logis ähnlich den darunter befindlichen Galerien im Mezzanin (allerdings mit dichtem Wandanschluss) verglast werden.

Dieses Ziel ist nur erreichbar, wenn es gleichzeitig gelingt, den unkontrollierten Außenlufteinfluss zurückzudrängen; Voraussetzung dafür ist die Umsetzung der Module C.2. und C.3. Die Luftwechselrate soll im Sommer etwa $n = 1 \text{ h}^{-1}$ betragen, im Winter und in den Depots etwa $n = 0,1 \text{ h}^{-1}$, in der Übergangszeit ca. 0,5. Die Hauptnachströmung im Corps de Logis soll kontrolliert, staubarm und regeltechnisch beeinflussbar über den Gebäudekern aus dem Luftbrunnen erfolgen. Zur Vorkonditionierung ist eine zentrale Vorbefeuchtung auf eine von allen Sammlungen erwünschte Basisluftfeuchte von mind. 5 g/m^3 absolute Feuchte notwendig. Darüber hinaus hat jede Sammlung dezentral mit Einzelgeräten für die jeweils gewünschte relative Feuchte in den einzelnen Sammlungsgebieten zu sorgen.

3.4. Quantifizierung des Luftbedarfes und der Luftvolumenströme

Wie in Kap. B.3.5., Tab. B.6. erläutert, sind allein im Corps de Logis mehr als 10 Ventilatoren installiert, deren Laufzeiten, Regelalgorithmen und Luftvolumenströme nicht genau bekannt und für die Restaurator/innen der Sammlungen nicht einsehbar und nachvollziehbar sind. Abgesehen von diesen Lüftungsanlagen gibt es im 2. Keller auch von der ÖNB errichtete und betriebene Anlagen, deren Luftvolumenströme nicht bekannt sind. Es war bisher nicht möglich, einen aktuellen Haustechnikplan mit den Förderleistungen der einzelnen Lüftungsanlagen zu bekommen. Nach derzeitigem Kenntnisstand

ist nicht auszuschließen, dass im Winter mehr als 30.000 m³/h geheizte und z. T. konditionierte Luft aus dem Museumsbereich gefördert werden.

Um gesicherte Aussagen treffen zu können, ist es unabdingbar, eine Studie zu erstellen, in der alle Lüftungsanlagen der Neuen Burg und im Corps de Logis (auch der nicht museal genutzten Bereiche) und die jeweiligen Luftvolumenströme mit deren Nachströmung erfasst und quantifiziert werden. Es müssen alle Regelvorgaben und Laufzeiten gemeinsam überprüft, evaluiert und nach jahreszeitlichen und konservatorischen Erfordernissen neu festgelegt werden. Sinnvollerweise soll letztlich empirisch der gerade notwendige Mindestbedarf an technisch gestützem Luftwechsel gefunden werden.

3.5. Nachströmung aus dem 2. Keller für Belüftung Prunkstiegenhaus Neue Burg

Das Dichten der Fenster im Prunkstiegenhaus würde voraussichtlich zu einem Anstieg der Raumtemperaturen im Sommer führen. Es ist daher notwendig, gleichzeitig mit dieser (für den Winterfall unabdingbaren) Maßnahme auch einen kontrollierten Luftwechsel für den Sommerfall mitzuplanen.

Die bereits mit elektrisch angesteuerten Schließmechanismen versehenen runden Fenster in der Laterne der zentralen Lichtkuppel im Mittelbau bilden bereits eine gute Voraussetzung für eine kontrollierte Ablufführung. Die in den Dachzwischenraum strömende Abluft aus dem Stiegenhaus könnte gleichzeitig verwendet werden, um den Dachraum des großen Satteldaches im Mittelbau gezielt zu hinterlüften. Allerdings haben die Nutzer dieses Bereichs derzeit keine Möglichkeit, die genannten Abluftklappen selbst zu aktivieren; dafür müsste ein Mitarbeiter der BHÖ kontaktiert werden.

Die Nachströmung in das Stiegenhaus erfolgt momentan über die undichten Fenster und über die Eingangstüren direkt vom Heldenplatz, wo im Hochsommer untertags vom heißen Asphalt erhitzte Außenluft ins Gebäude strömt und zusätzlich zu den solaren Gewinnen einen Wärmeeintrag bewirkt, der mangels Nachtlüftung nicht gezielt abgeführt werden kann.

Um in Zukunft die sommerlichen Temperaturen im Stiegenhaus abzusenken, muss die Nachströmung aus dem 2. Keller erfolgen. Die Zuluft könnte im Bereich der mit Gittern abgedeckten Souterrainfenster auf der am Vormittag beschatteten und nach Norden orientierten Seite des Segmentbogens dem 2. Keller zugeführt und über den im östlichen Risalit des Mittelbaus befindlichen großen und weitgehend leeren Schacht in die Obergeschoße geleitet werden. Eine andere Variante der Zuluftführung besteht möglicherweise über die Kanäle der ehemaligen Warmluftheizung, die am Fußpunkt des Personenlifts bei der Kassa in der Südwestecke des Vestibüls mündet. Allerdings müsste die Einmündung der Nachströmung innerhalb der Windfänge verlegt werden (die ja in ihrer Wirkung optimiert werden sollen, um die derzeit bestehende Nachströmung vom Heldenplatz zu unterbinden).

Als weitere Möglichkeit sollte ins Auge gefasst werden, innerhalb der großzügig dimensionierten und bis in den ersten bzw. zweiten Keller reichenden Liftschächte neue Luftschächte aufzuziehen und dadurch eine Anbindung ans Prunkstiegenhaus zu schaffen.

3.6. Kontrolle der WC-Ventilatoren

Die WC-Abluftventilatoren sind dahingehend zu überprüfen, ob und wie viel Luft sie aus dem Gebäudeinneren nachsaugen. Die Laufzeiten sind bedarfsgerecht einzustellen. Es soll verhindert werden, dass konditionierte Luft aus den Sammlungsbereichen zur WC-Lüftung verwendet wird. Nach Möglichkeit ist eine Luftführung „von außen nach außen“ herzustellen. Da Geruchsstoffe bei niedrigen Temperaturen weniger stark mobilisiert werden, kann während der kühleren Jahreszeit vermutlich mit geringeren Luftwechselraten das Auslangen gefunden werden.

3.7. Nachströmung für Restaurierwerkstatt SAM

Die beiden (übereinanderliegenden) Bereiche der Restaurierwerkstatt der SAM verfügen derzeit über keine Möglichkeit für einen kontrollierten Luftwechsel insbesondere während der Nachtstunden und im Sommer, wo es aufgrund des Strahlungseintrags über die Fenster in der Vergangenheit zu einem Temperaturanstieg bis zu über 30 °C kam (2003, 2005, 2008, 2009, 2010; in allen anderen Jahren seit 2002 wurden 28 °C überschritten). Bei Bedarf wurden die Punktabsaugungen und fallweise das Digestorium aktiviert, um Wärme gezielt abzuführen, wobei in der oberen Werkstatt die Nachströmung kühler Luft tagsüber durch Offenhalten der Eingangstür zur D-Stiege ermöglicht wird.

Die 1993 geschaffene Kanal-Verbindung zum Vorraum Marmorsaal (über den Maschinenraum zur Westwand, Blindtür fensterseitig unten) ist weitgehend ineffizient, da die Zwischentüren zum instabilen und nicht konditionierten Stiegenhaus geschlossen sein müssen, und die aus dem Prunkstiegenhaus nachströmende Luft derzeit ohnehin nicht kühl ist. Die damals konzipierte und in Aussicht genommene Anbindung an den 2. Keller über den Liftschacht des Besucherlifts wurde – entgegen der ursprünglichen Zusage – bei der Liftsanierung 2004 nicht durchgeführt (← Kap. A.4.6.).

Eine direkte Verbindung zwischen Restaurierwerkstattsräume und Keller besteht über den Schacht des ehemaligen Speiselifts bzw. über den unmittelbar daneben befindlichen Schacht, in dem jetzt die Rohre der Lüftungsanlage der Restaurierwerkstätten MVK geführt sind.

Es soll geprüft werden, ob einer der beiden Schächte zwischen dem 2. Keller und 1. OG bzw. 2. OG reaktiviert werden könnte. Die Luftführung soll nach Möglichkeit über den gemauerten Schacht und nicht über Kanäle erfolgen, um den Gebäudekern von innen zu kühlen.

3.8. Regelungsadaptierung der Klappensteuerung für das Corps de Logis

Die Ausstellungsräume im Corps de Logis sowie das Bildarchiv der ÖNB im 2. Stock sind über die vier zentralen Lüftungsschächte mit dem Luftbrunnen verbunden. Die Steuerung der Zu- und Abluft erfolgt über elektrisch angesteuerte Brandschutzklappen. Deren Aktivierung ist jedoch unmittelbar mit der Aktivierung der Abluftventilatoren am Kopf der Abluftschächte verknüpft. Das Öffnen der Zuluftklappen einer Raumgruppe aktiviert automatisch den entsprechenden Abluftventilator, das Zuschalten weiterer Raumgruppen erhöht automatisch die Förderleistung des Ventilators. Es handelt sich somit – entgegen aller Beschriftungen und kolportierten Ansichten - um keine „Natürliche Lüftung“ sondern um eine mechanisch gestützte Lüftungsanlage. Die vom Planer (TB Pölzl) erstellte Funktionsmatrix der einzelnen Raumgruppen und zugehörigen Klappen sowie die damit verknüpfte Leistung des jeweiligen Ventilators ist aus dem Schema in Anhang III ersichtlich.

3. Dichten der Gebäudehülle und kontrollierter Luftwechsel

Für die Reaktivierung der Natürlichen Lüftung sind folgende Maßnahmen notwendig:

1. Um die freie Durchströmung der Abluftschächte wieder herzustellen, müssen die Schalldämpfer der Ventilatoren am Kopf der Abluftschächte entfernt, versetzt oder verkleinert werden.
2. Die Lüftungsklappen müssen einzeln oder raumgruppenweise angesteuert werden können, ohne dass gleichzeitig die Ventilatoren aktiviert werden.
3. Es muss gemeinsam mit den Restaurator/innen bzw. mit der Klimabeauftragten empirisch eine neue Funktionsmatrix mit einer wahlweisen Zuschaltung der Ventilatoren entwickelt werden, deren Wirksamkeit über die Klimamessstrecke überprüfbar ist.
4. Die Funktionsmatrix der Lüftungsventilatoren muss in das Brandschutzkonzept eingebunden werden.

Gleichzeitig soll geprüft werden,

1. ob die Deckel an den Fußpunkten der Abluftschächte mit je einem Stellmotor versehen werden können, um die Klappen bei Bedarf öffnen und für einen eventuellen Umluftbetrieb (zum Entfeuchten der Luft bei Schimmel- bzw. Rostalarm) einrichten zu können.
2. ob am Fußpunkt z. B. des Abluftschachtes D ein Ventilator montiert werden kann, der die Luft aus dem Sammlungsbereich in den Keller saugt; gleichzeitig müsste eine Regelklappe den Abluftschacht am oberen Ende verschließen.
3. ob die Abluftventilatoren durch großflügelige, drehzahlgesteuerte Schachtventilatoren ersetzt werden könnten, die die Luftströmung durch freien Auftrieb nicht behindern und sich erst bei Unterschreiten einer Mindestdrehzahl dazu schalten (KÄFERHAUS 2004: 67f).

Voraussetzung für eine Reaktivierung der Natürlichen Lüftung bzw. ein Funktionieren der Regelung der mechanischen Lüftung ist in jedem Fall, dass der sommerliche Wärmeeintrag über die Fernwärmerohre unterbunden bzw. signifikant minimiert wird (entweder Einstellen des Fernwärmebezugs im Sommer oder Nachisolieren der Fernwärmerohre; ← Kap. C.2.9) und die Zuluffführung für die Klimadepots direkt von außen erfolgt (← Kap. C.2.10).

3.9. Belüftung der Stiegenhäuser

Eine gezielte Belüftung bzw. „Durchspülung“ der (Neben-)Stiegenhäuser während der Nachtstunden sowie an kühleren Tagen mit Außenluft (2- bis 4-facher Luftwechsel) würde zu einer Abfuhr der zuvor in den Baumassen gespeicherten Wärme führen. Die Stiegenhäuser fungieren als großflächige Wärmetauscher, die während der kühlen Phase „aktiviert“ werden könnten, wodurch in Folge Wärme aufgrund des Temperaturgefälles auch aus den angrenzenden Bereichen abgeführt wird. Das Stiegenhaus D beispielsweise (Umfang: 25 m, Höhe: 28 m), bildet eine Wärmetauscherfläche von 700 m². Durch Einbeziehung der Liftschächte könnte das Kühlpotenzial der Nachtlüftung beträchtlich gesteigert werden. Der konservatorische Vorteil dieser Art der passiven Kühlung besteht darin, dass in die Raumluftkonditionierung der museal genutzten Bereiche nicht eingegriffen wird, wodurch die Konstanz des Raumklimas nicht gefährdet wird.

4. Verringerung von Heiz- und Kühllast

In diesem Kapitel wird das Sparpotential an Wärmeenergie bzw. Strom untersucht, das ohne Komfortverlust zu einer Verringerung des Energieverbrauchs für Heizen bzw. Kühlen führen würde.

4.1. Evaluierung des Heizwärmeverbrauchs

Eines der Hauptziele der langjährigen Bemühungen zur Klimasanierung besteht darin, den Nachweis zu erbringen, dass im historischen Altbau signifikante Mengen an Heizwärmeenergie (vor allem infolge zu hoher Lüftungswärmeverluste) eingespart werden können durch:

- bauteilgebundene Wärmeverteilung
- konsequente Kontrolle der Thermostatventile
- Absenken der Raumtemperaturen
- Entfernen von „unnötigen“ Radiatoren.

Da die unterschiedlichen Nutzer über keine getrennten, geeichten Wärmezählereinheiten verfügen, und die Abrechnung durch anteilmäßige Aufteilung des Gesamtverbrauchs mit Hilfe von auf den Radiatoren befestigten Heizkostenverteilern (HKV; „Verdunstungszähler“) erfolgt, war eine Verifizierung dieser Annahme bisher (seit 1988) nur über Beobachtungen und indirekte Schlussfolgerungen angenähert möglich. Das in der Heizperiode 2009/2010 durchgeführte und in Kap. 4.4. beschriebene Pilotprojekt „Umrüsten von Radiatorheizung auf Bauteilaktivierung“ bestätigte jedoch in eindrucksvoller Weise die Richtigkeit dieser Annahme (HUBER-KORJENIC-BEDNAR 2010: 133-147).

In diesem Kapitel sollte einerseits der Heizenergieverbrauch unterschiedlicher Nutzer in Abhängigkeit vom Nutzerverhalten untersucht werden, andererseits inwieweit sich die Dämmung der Obergeschossdecke des Westflügels des Gartentrakts auf den Verbrauch auswirkte. Von der Fa. Techem wurden die über die Radiatoren abgegebenen und mittels elektronischer Heizkostenverteiler erfassten Wärmeverbrauchsdaten der Jahre 2009 und 2003 erbeten¹⁹. (Die Monatsmittelwerte der Heizmonate des Jahres 2009 – nach der Dämmung – stimmten am ehesten mit denen des Jahres 2003 – vor der Dämmung – überein, weshalb die Jahresabrechnung 2003 zum Vergleich herangezogen wurde²¹). Durch Gegenüberstellung von unterschiedlich organisierten Gebäudeabschnitten sollten charakteristische Unterschiede im Heizverbrauch evaluiert werden.

¹⁹ Da ich trotz mehrmaliger Urgezen bis April 2011 über kein komplettes Planmaterial inkl. Raumnummern der Neuen Burg verfügte und deshalb die gewünschten Räume aus den Abrechnungslisten nicht identifiziert werden konnten, erhielt ich im April 2010 von der Fa. Techem die Ablesedaten aller Heizkostenverteiler der Neuen Burg als pdf-Datei zugesandt, mit der Aufforderung, mir die gewünschten Räume selbst herauszusuchen, da der Sachbearbeiter nicht wissen könne, welche Räume konkret evaluiert werden sollten. Vom Teamleiter der Abt. Haustechnik der ÖNB, der um Erlaubnis zur Übermittlung der Daten gebeten wurde, erhielt ich am 19.3.2010 folgendes Mail: „Entsprechend einer Freigabe der Geschäftsleitung dürfen wir die Freigabe zur Weitergabe der Heizdaten von ca. 5-6 Heizkörpern des OG2 an das KHM durch die Fa. Techem bekanntgeben. Voraussetzung hierfür, dass: die Datenauslese von der Fa. Techem erfolgt; keine zusätzliche Arbeit der ÖNB-Mitarbeiter damit verbunden ist; die Kosten der Datenauslese zur Gänze vom KHM getragen werden; die ÖNB eine Kopie aller an das KHM ausgefolgten Daten erhält; das KHM die Daten nur intern verwendet und den vertraulichen und anonymisierten Umgang mit den Daten bestätigt.“ Da unter diesen Bedingungen eine konkrete Evaluierung nicht möglich ist, können nur allgemeine und vage Angaben über prozentuelle Unterschiede gemacht werden.

Das Klimakonzept und seine Umsetzung

Folgende Bereiche wurden ausgewertet²⁰:

- 1a. Ehemalige Aufenthaltsräume des Aufsichtspersonals im OG1
- 1b. Restaurierwerkstattbereich SAM, inkl. Gang und benachbarter WC-Gruppe
- 1c. Büros in den vom KHM genutzten Bereichen im 1. Stock mit teils kontrollierter, teils individueller Handhabung der Radiatoren im Behaglichkeitsbereich
- 1d. Tapissiererie-Restaurierungswerkstätten KHM im 1. Stock mit teils kontrollierter, teils individueller Handhabung der Radiatoren im Behaglichkeitsbereich
2. Ausstellungsbereich der SAM (Säle X-XIII; XV-XVIII) mit kontrollierter Wärmeabgabe über Radiatoren bzw. ohne Radiatoren in Räumen ohne Wärmeverlustflächen. Letztere (Marmorsaal, Vorraum Marmorsaal, linke und rechte Seitengalerie) werden nur über die in den Wänden verlaufenden Steigstränge beheizt und gesondert erfasst.
- 3a. Büros der ÖNB im 2. Stock der Neuen Burg mit nicht kontrollierter, individueller Handhabung der Radiatoren (Ostflügel; Dachraum darüber hinterlüftet)
- 3b. Büros der ÖNB im 2. Stock der Neuen Burg mit nicht kontrollierter, individueller Handhabung der Radiatoren (Westflügel; Dachraum darüber nicht hinterlüftet, 2003 ungedämmt, 2009 gedämmt)
4. Archiv/Bibliothek der ÖNB im Mittelbau 2. Stock (vergleichbar mit Marmorsaal SAM, jedoch mit 6 Radiatoren beheizt)
- 5a. Büros ÖNB im 2. Stock der Neuen Burg, A-Hof Nordseite mit nicht kontrollierter, individueller Handhabung der Radiatoren (Segmentbogen; Dachraum darüber ungedämmt und nicht hinterlüftet)
- 5b. Büros ÖNB im 2. Stock der Neuen Burg, A-Hof Südseite mit nicht kontrollierter, individueller Handhabung der Radiatoren (Burggartenseite; Dachraum darüber ungedämmt und nicht hinterlüftet)

Die von den elektronischen Heizkostenverteilern (HKV) erfassten Daten sind dimensionslose Zahlen und bilden daher nicht den tatsächlichen Heizenergieverbrauch der Wärmeabgabegeräte [in kWh] ab. Sie dienen bei der Heizkostenabrechnung als relative Vergleichsgrößen, indem der Gesamtheizenergieverbrauch aller Nutzer im Verhältnis der von den einzelnen Nutzern verbrauchten Einheiten (hier mit [n] bezeichnet) aufgeteilt wird²¹.

Zur Vereinfachung, und um auch die nicht beheizten Gangbereiche zu erfassen, wurden bestimmte Büro- bzw. Ausstellungsräume eines Stockwerks zu Raumgruppen zusammengefasst, bei denen beheizte

20 Monatsmittelwerte der Lufttemperatur, Station Innere Stadt (Quelle: Institut für Architektur und Entwerfen / K. Kreč)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Mittelwert
Monat	Temperatur [°C]										
1	1,3	1,6	2,7	0,6	-0,2	3,3	-2,3	7,1	4,5	-0,4	1,8
2	6,9	4,3	7,3	-0,7	4,3	0,0	0,7	6,4	6,0	2,0	3,7
3	7,3	8,0	8,5	7,7	5,6	5,3	4,7	9,1	7,4	6,6	7,0
4	14,6	10,8	11,2	11,2	12,6	12,6	12,8	14,8	12,0	16,0	12,9
5	18,4	18,4	18,8	19,1	15,2	17,0	16,1	17,8	17,4	17,3	17,5
6	21,2	18,2	21,7	23,7	19,1	20,1	20,3	22,2	21,5	19,1	20,7
7	19,7	21,8	22,6	22,5	21,1	21,7	25,3	22,9	21,6	22,7	22,2
8	22,9	22,8	21,7	25,1	21,9	19,7	18,8	21,7	21,6	22,7	21,9
9	16,3	14,6	16,0	17,1	16,7	17,9	19,3	15,0	15,9	19,1	16,8
10	14,0	14,7	10,6	9,0	12,7	12,4	14,1	10,6	12,3	11,4	12,2
11	8,7	5,3	8,6	7,7	7,0	5,3	8,9	4,9	8,2	8,0	7,3
12	3,5	-0,6	0,4	2,3	2,5	1,7	4,7	1,7	3,4	2,6	2,2

21 Dies ist nur mittels geeichten Wärmemengenzählers möglich. Bei dem in Kap. C.4.4. beschriebenen Pilotprojekt wurden im unteren Werkstatttraum der SAM (Raum 0133) zwei Radiatoren verbunden und der Verbrauch mit geeichtem Wärmemengenzähler erfasst. Gleichzeitig wurde die Heizverbrauchserfassung mit den auf den Radiatoren befestigten HKV beibehalten. Im Verrechnungsjahr 2010 wurden bis 31.12. 1.243 kWh verbraucht; die Summe der beiden HKV (524 + 620) betrug 1.144 Einheiten. Im gemessenen Raum betrug das Verhältnis zwischen HKV-Einheit und kWh 1:1,0865. Für eine grobe Abschätzung könnte man somit die in Tab. C.6 genannten HKV-Einheiten [n] mit dem Faktor 1,09 multiplizieren, um angenähert den spezifischen Jahresverbrauch der Wärmeabgabegeräte (Radiatoren) in kWh zu erhalten.

und fremd beheizte Räume (Gänge) zusammengerechnet wurden. Innerhalb jeder Raumgruppe wurden die Verbrauchskennzahlen aller Radiatoren addiert und auf die Grundfläche bzw. den Rauminhalt umgelegt. Um festzustellen, ob sich die 2008 erfolgte Dämmung von ca. 580 m² Obergeschosdecke der Raumgruppe im OG2 (Büros ÖNB West) im Verbrauch niederschlägt, wurden die östlich bzw. westlich des Archiv-/Bibliothekraums im Mittelbau befindlichen Raumgruppen separat berechnet.

Da die von der Geschäftsführung der ÖNB mit der Datenweitergabe verbundene Auflage zur Anonymisierung der Verbrauchsdaten eine objektive Evaluierung nicht zulässt, können diesbezüglich nur allgemein gehaltene Aussagen gemacht werden. Nicht zuletzt stellte sich erst während der detaillierten Auswertung im Mai/Juni 2011 heraus, dass die Verbrauchslisten der Fa. Techem offenkundige Fehler enthalten bzw. die Raumnummern mit den Raumbezeichnungen und zugehörigen Organisationseinheiten nicht übereinstimmen. Deshalb wurden in den Raumgruppen 1a bis 1d nur jene Räume aufgenommen, die eindeutig zugeordnet werden konnten – allerdings war es dadurch nicht möglich, größere geschlossene Raumgruppen (wie ursprünglich vorgesehen) auszuwerten und mit den genau darüber liegenden und flächengleichen Büros der ÖNB zu vergleichen.

Generell lässt sich feststellen, dass in den meisten Bereichen 2009 gegenüber 2003 ein Anstieg der Heizwärmeverbräuche zu verzeichnen ist. Dies würde eine subjektive Beobachtung bzw. Vermutung bestätigen, dass sich innerhalb des letzten Jahrzehnts (u. a. wegen der über Außentemperaturfühler geführten Heizungssteuerung und/oder geänderter Steuerparameter) die Heizperiode um vier bis sechs Wochen verlängert hat, indem bereits Mitte September mit dem Heizbetrieb begonnen und dieser, wie z. B. 2010 wegen der kühlen Außentemperaturen, bis Anfang Juni fortgeführt wurde, obwohl das Gebäude längst solare Strahlungsgewinne verzeichnete, was zwangsläufig mit einem Zuwachs an Heizenergieverbrauch verbunden ist. Ins Auge stechend sind allerdings die geradezu unwahrscheinlich großen Unterschiede im Heizenergieverbrauch einzelner Räume, die – flächenbereinigt – im Verhältnis 1: >200 stehen. So verbrauchte etwa der mit nur einem Radiator beheizte Raum 0145 („Küche“ für Reinigungskraft im OG1) mit 271,5 HKV-Einheiten/m² im Jahr 2009 rund das 300-fache der Raumgruppe der ehemaligen Aufenthaltsräume des Aufsichtspersonals. Zur Erklärung dafür bedarf es einer differenzierten Ursachenanalyse. Es besteht jedoch wenig Zweifel darüber, dass sich derartige Unterschiede im Heizenergieverbrauch nur über Lüftungswärmeverluste (und kaum über Transmissionswärmeverluste) erklären lassen. In jedem Fall erscheint eine kritische Überprüfung der einzelnen Räume bezüglich des Zustands der Fenster, des Heiz- und Lüftungsverhaltens, Zugluft, etc. anhand der Heizkostenabrechnung notwendig.

Die Dämmung der Obergeschosdecke hat nachweislich zu einer Verringerung der Transmissionswärmeverluste von rund 30 % geführt. Die Tatsache, dass sich diese signifikante bauphysikalische Verbesserung in den Verbrauchsdaten nicht widerspiegelt ist ebenfalls als Beweis für die überdurchschnittlichen Lüftungswärmeverluste anzusehen. Die spezifischen Verbräuche (bezogen auf Nutzfläche bzw. Kubatur) der einzelnen Raumgruppen sind in Tabelle C.7 zusammengestellt.

Das Klimakonzept und seine Umsetzung

Raumgruppe	Bezeichnung	Fläche [m ²]	Kubatur [m ³]	HKV-Verbrauch 2003 [n]	spez. Verbrauch 2003 [n/m ² .a]	spez. Verbrauch 2003 [n/m ³ .a]	HKV-Verbrauch 2009 [n]	spez. Verbrauch 2009 [n/m ² .a]	spez. Verbrauch 2009 [n/m ³ .a]
1a	ehem. Aufseher-Raum inkl. Gang	103	360	116	1,1	0,32	91	0,88	0,25
1b	Rest.Werkst. SAM inkl. Gang	109	382	1.021	9,4	2,70	1.292	11,9	3,39
1c	Büros SAM/HJRK inkl. Gang	129	452	3.320	27,5	7,35	2.898	22,5	6,40
1d	Küche, Lager Tapiss. inkl. Gang Rest-Atelier. Tapisserie	127 99	445 345	7.654 21.224	60,3 215,5	17,2 61,6	7356 20.287	58,0 206,0	16,5 58,8
1e	Aufenth. Reinigungskrft	9	32	2.664	290,0	82,70	2.498	271,5	77,6
2a	Ausstellung SAM Säle X-XIII; XV-XVIII	1.044	6.264	7.353	7,0	1,17	21.760	20,8	3,47
2b	„-“ ohne Radiatoren Marmorsaal+Vorraum + 2 Seitengalerien	412	2.724						
2a+2b	S Ausstellung SAM (ohne IX)	1.456	8.988	7.353	5,1	0,82	21.760	14,9	2,42
3a	Büros ÖNB OG2 Ost Burggartenseite (hinterlüftet) ohne Gang inkl. Gang	358 511	1.684 2.401						
3b	Büros ÖNB OG2 West Burggartenseite (2008 gedämmt) ohne Gang inkl. Gang	382 541	1.795 2.543						
4	Archiv ÖNB OG2 Bibliothek OG2 Mitte	126 186	592 1.283						
5a	Büros ÖNB A-Hof Nord (Segmentbogen)	282	1.324						
5b	Büros ÖNB A-Hof Süd (Burggartenseite)	154	722						

Tab. C.7: Unterschiedlich genutzte Raumgruppen im OG1 und OG2 der Neuen Burg mit ihren flächenspezifischen bzw. kubaturspezifischen Heizwärmeverbräuchen 2003 und 2009. Errechnet wurde zunächst der nutzflächenbezogene Jahresverbrauch, wie er auch im spezifischen Wärmebedarf („Energiekennzahl“) erfasst wird (hier [n/m².a]). Da jedoch die 6 m hohen Ausstellungsräume im Vergleich mit den 3,2 – 4,7 m hohen Büroräumen unverhältnismäßig schlechter abschneiden würden, lässt sich durch Umlegen der Verbräuche auch auf die Raumkubaturen (hier [n/m³.a]) der Einspareffekt deutlicher sichtbar machen.

4.1.1. *Ehemalige Aufenthaltsräume Aufsichtspersonal OG1 (jetzt KHM-Archiv neu, unten)* *Raumgruppe 1a*

Den geringsten Heizenergieverbrauch der ausgewerteten Bereiche zeigen die Räume 0117-0119, die zusammen mit dem davor befindlichen Gang 01006 eine Raumgruppe von 103 m² bilden (Raumhöhe 3,5; 360 m³). Die 116 HKV-Einheiten von 2003 verringerten sich 2009 auf 91 (-22%), woraus sich ein spezifischer Verbrauch von 1,13 n/m² (0,32 n/m³) für 2003 und 0,88 n/m² (0,25 n/m³) für 2009 errechnet. Der geringe Verbrauch dieser Räume lässt sich plausibel nur damit erklären, dass sich dort bis 2009 die Aufenthaltsräume der Aufseher/innen befanden. Hier wurde z. T. geraucht, gekocht und es befanden sich bis zu 10 Personen gleichzeitig im Raum, die dem relativ kleinen Raum rund 1 kW Wärme zuführten, weshalb die Radiatoren nur im tiefen Winter aufgedreht waren. Diese Raumgruppe ist somit für eine allgemeine Beurteilung (etwa einer Nutzung als Büro) nicht repräsentativ.

4.1.2. *Restaurierwerkstatt SAM inkl. Gang und WC-Gruppe* *Raumgruppe 1b*

In dieser Raumgruppe wurde sehr genau auf eine sparsame Justierung der Thermostatventile geachtet. Im Maschinenraum der SAM sowie im Herren-WC sind die Heizkörper generell durch Sperre des Rücklaufventils deaktiviert – die Heizung erfolgt bauteilgebunden über die vertikalen Steigstränge. Wie sehr sich Lüftungswärmeverluste zu Buche schlagen ist daraus ersichtlich, dass der 40,5 m² große Werkstatttraum der SAM 2003 einen Jahresverbrauch von 380 HKV-Einheiten aufweist, während der unter dem (häufig offenen) Fenster platzierte kleine Radiator im 8,6 m² großen Damen-WC im gleichen Zeitraum mit 641 Einheiten fast das Doppelte verbrauchte.

4.1.3. *Büros SAM und HJRK, ehemaliger Oberaufseherraum* *Raumgruppe 1c*

Diese Raumgruppe bildet vermutlich das anzustrebende und ohne Komfortverlust zu erreichende Potential der Bemühungen zur Verringerung der Heizenergieverbräuche ab. Der auf dem Gang befindliche Radiator unterm Fenster ist gesperrt, alle anderen Räume sind moderat beheizt. Durch Sockelheizleisten (anstelle von Radiatoren) bzw. Drosseln der Thermostatventile der Radiatoren übers Wochenende bzw. vor Feiertagen, ließen sich vermutlich weitere Einsparungen erzielen.

4.1.4. *Aufenthaltsräume und Werkstätte Tapissereien-Restaurierung* *Raumgruppe 1d*

Eine signifikante Diskrepanz besteht zwischen Lager, Teeküche und Gangbereich im Bereich der Tapissereien-Restaurierung und dem großen fast 100 m² großen Werkstatttraum, der gegenüber den erstgenannten Räumen einen rund 3,5-fachen Heizenergieverbrauch aufweist. Der Werkstatttraum, der von den Mitarbeiterinnen als „im Winter immer kalt“ beschrieben wird, weist durch die großen Fenster und den zum Dachboden ungedämmten Plafond große Strahlungsasymmetrien und bauphysikalische Defizite auf. Hier addieren sich Transmissionswärmeverluste über Außenwand und Plafond mit Lüftungswärmeverlusten über die undichten Fenster. In jedem Fall ist eine thermische Sanierung dringend geboten.

4.1.5. Ausstellungsräume SAM Raumgruppe 2

Wie bereits in Kap. B.8.6. dargelegt, wurden nach der Wiedereröffnung der SAM in den Sälen IX, X, XI, XIV und XVIII insgesamt sechs Radiatoren entfernt; in den Sälen X, XI und XVIII sowie im Marmorsaal befinden sich gar keine Heizkörper mehr, in den großen Sälen XII und XVI wurde bei je einem der beiden Radiatoren der Rücklauf gesperrt, sodass die ganze Sammlung derzeit nur über fünf Doppelheizkörper (zu je 2 kW) konvektiv beheizt wird. Die Grundversorgung erfolgt wie beschrieben über die in jedem Saal in den Außenmauern verlaufenden Steigstränge, die zwischen (fast) jeder zweiten Fensterachse jeweils ca. 4,5 m² große Zonen im Außenwandbereich mit einer Oberflächentemperatur zwischen 24 und 27 °C bilden (bei sonstigen Außenwandtemperaturen zwischen 16 und 18 °C). Ein zusätzlicher Wärmeeintrag erfolgt über die Beleuchtung. Im Marmorsaal sind ebenfalls über die Steigstränge alle vier Eckzonen indirekt bauteilgebunden mit Wärme versorgt und bilden dadurch große Niedertemperatur-Strahlungsflächen. Je nach meteorologischen Außenbedingungen sinken die Raumtemperaturen am Beginn der Heizperiode im Spätherbst auf 21-18 °C; die Thermostatventile der verbliebenen Heizkörper in den benachbarten Sälen öffnen sich erfahrungsgemäß etwa im Dezember, wenn die Raumtemperaturen 18 °C unterschreiten (bei tiefem Frost wurden aufgrund von verkalkten und deshalb klemmenden Ventilköpfen auch bisweilen 16 °C im Sammlungsbereich gemessen, was jedoch konservatorisch durchaus als Vorteil zu sehen ist). Dass trotz sparsamster und vorwiegend bauteilgebundener Beheizung die arbeitsrechtlich vorgeschriebenen Raumtemperaturen überwiegend eingehalten wurden, zeigt Abb. C.23, worin die Temperatur- und relativen Feuchte-Werte im Marmorsaal (XIV) von Oktober bis April der Jahre 2003 und 2009 dargestellt sind. Da auch im darunter befindlichen Raum im Mittelbau zumindest 2009 die Heizkörper abgedreht waren, war der Marmorsaal nicht „fremdbeheizt“.

Wie im Klimaverlauf 2003 ersichtlich, resultiert aus der bauteilgebundenen Wärmeverteilung ein tendenziell gleichmäßiger Verlauf der Feuchtekurven; Klimaeinbrüche sind für gewöhnlich auf starken Wind oder auf unbefugte Manipulationen an den Hygrostaten der Befeuchter zurückzuführen, die noch dazu aufgrund ihrer fast 20jährigen Laufzeit teilweise um 15 % verschobene Werte anzeigen.

Die Verbrauchssteigerung im Ausstellungsbereich SAM (Raumgruppe 2a und 2b) 2009 auf fast das Dreifache des Verbrauchs von 2003 könnte darauf zurückzuführen sein, dass im Winter 2003 die Heizkörper aus konservatorischen Gründen eher restriktiv gedrosselt wurden, was zu Raumtemperaturen unter 18 °C in den Sälen X und XI geführt hat. Nach Beschwerden durch das Aufsichtspersonal wurden in den Folgejahren die Thermostatventile höher gedreht; 2009 erfolgte dies Ende Februar. In der Übergangszeit wurde vermutlich vergessen, diese wieder zu drosseln, was sich in konservatorisch unerwünscht hohen Raumtemperaturen ab März (21 - 23 °C) sowie im Verbrauch deutlich niederschlägt.

Dennoch liegt der volumensbezogene spezifische Verbrauch der Sammlungsräume (inklusive der Räume ohne Heizkörper) 2009 mit 2,42 HKV-Einheiten/m³.a bei etwa 30 % der in den Büros SAM/HJRK (Raumgruppe 1c) verbrauchten Wärmeeinheiten.

Der im 2. OG über dem Marmorsaal gelegene Bibliotheks-/Archivraum verbrauchte im gleichen Zeitraum etwas das 9,5-fache an volumensbezogenen spezifischen Heizwärmeeinheiten.

4. Verringerung von Heiz- und Kühllast

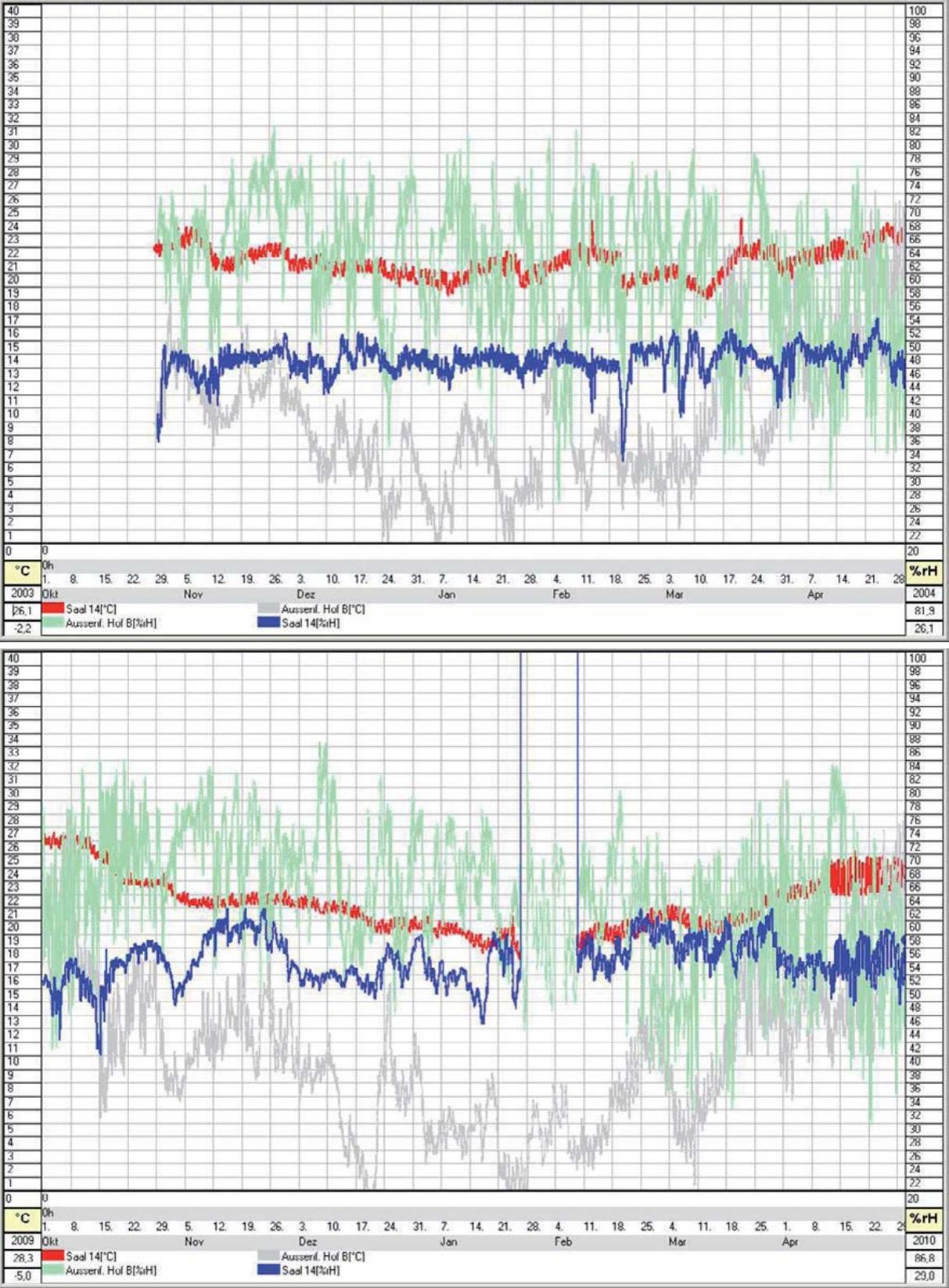


Abb. C.23: Die Raumtemperaturen im Marmorsaal unterschreiten trotz fehlender Heizkörper kaum die arbeitsrechtlich vorgeschriebene Mindesttemperatur von 18°C. Aufgrund des bauteilgebundenen Strahlungswärmeeintrags wird die im Winter konservatorisch gewünschte Raumtemperatur von 18 °C häufig überschritten. Gegenübergestellt sind die Heizmonate Oktober - April der Jahre 2003/04 (oben) und 2009/10 (unten).

4.1.6. Büros ÖNB OG2 Burggartenseite Raumgruppe 3

In einer Computersimulation wurde nachgewiesen, dass im Vollheizbetrieb durch die Dämmung der Obergeschossdecke ca. 30 % an Heizkosten eingespart werden (KREČ-HUBER 2010: 98); dennoch schlägt sich das Dämmen der Obergeschossdecke durch die Auswertung der HKV im Heizkostenverbrauch 2009 nicht signifikant nieder. Dies ist geradezu als Beweis dafür anzusehen, dass ein hoher Heizkostenanteil durch Lüftungswärmeverluste (und nicht durch Transmissionswärmeverluste) vorwiegend in der Übergangszeit entsteht, wenn untertags bei aufgedrehten Radiatoren Fenster geöffnet werden (wie dies in der Vergangenheit häufig beobachtet werden konnte). Das Offenstehen der Gang- und Bürotüren sowie die von den Liftschächten und Stiegenhäusern unterstützte Thermik verstärken in Verbindung mit den nicht optimal gedichteten Fenstern den forcierten Außenluftwechsel.

Die burggartenseitigen Büros im OG2 des geringfügig flächenkleineren Ostflügels (ohne Dämmung zum Dachboden) weisen gegenüber dem Westflügel einen 2,6-fachen Mehrverbrauch auf. Die Erklärung dafür dürfte darin zu finden sein, dass der darüber befindliche Dachboden ganzjährig hinterlüftet ist. Dies bewirkt zwar im Sommer eine signifikante Temperaturabsenkung (→ Kap. C.5), führt jedoch im Winter offenkundig zu einem deutlichen Mehrverbrauch an Heizenergie. Es wird geraten, diese Öffnungen mit Klappen zu versehen, die im Herbst am Beginn der Heizperiode verschlossen und im Frühjahr wieder geöffnet werden können, wodurch der Dachraum weiterhin selbsttätig und ohne weitere Kosten im Sommer hinterlüftet wäre.

4.1.7. Archiv/Bibliothek ÖNB OG 2 Mittelbau Raumgruppe 4

Der zum Burggarten orientierte Bibliotheksraum der ÖNB im OG2 (ab 2012 „Forscher-Lesesaal“) weist rund die doppelte Kubatur des benachbarten Archivraums auf, aber mehr als den sechsfachen HKV-Wert. Der mit sechs Radiatoren beheizte Bibliotheksraum (186 m²) hat eine Grundfläche von < 20 % der Gesamtfläche der mit nur fünf Radiatoren beheizten Ausstellungsräume der SAM (1.044 m²), verbraucht aber (trotz Thermostatventile) insgesamt etwa das Vierfache an Heizenergie. Im Frühjahr und in der Übergangszeit waren hier häufig, bei laufendem Heizbetrieb, Fenster geöffnet. Die von den Radiatoren erwärmte Raumluft strömt dabei aufgrund der Gebäudethermik durch die Fenster direkt ins Freie.

4.1.8. Büros ÖNB OG2 A-Hof Raumgruppe 5

Die um den A-Hof gruppierten Büros der ÖNB weisen gegenüber den burggartenseitigen westlichen (und 2008 gedämmten) Büros der ÖNB um bis zu 20 % höhere Verbräuche auf. Dies könnte einerseits auf fehlende solare Gewinne zurückzuführen sein, andererseits darauf, dass die im Segmentbogen gelegenen Büros auf der Südseite Wärmeverluste zum Hof A sowie auf der Nordseite zum kühlen Prunkstiegenhaus erleiden.

Die hier vorgenommene Auswertung der Heizwärmeverbräuche stützt die Annahme, dass im historischen Altbau aufgrund der großen Raumkubaturen, Stiegenhäuser und Fenstergrößen, das konvektive Heizen mit frei zirkulierender Raumluft signifikant hohe Lüftungswärmeverluste nach sich zieht. Diese Mehrverbräuche sind als systemtypisch anzusehen und können nur durch bauteilgebundene Wärmeverteilung verhindert werden (→ Kap. C.4.4.).

4.2. Eliminieren von überflüssigen Radiatoren und internen Wärmeemittenten

Zahlreiche Gänge und Stiegenhäuser sowie einige Bereiche, die keine direkten Wärmeverlustflächen aufweisen, werden durch Radiatoren beheizt, deren Bedarf über eine normgemäße Wärmebedarfsberechnung ermittelt wurde, bzw. die aus einer Zeit stammten, als ein intermittierender Heizbetrieb²² einen höheren Wärmeeintrag während der Betriebsstunden erforderte. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, dass diese Heizkörper bei der derzeitigen Regelung zu Raumtemperaturen weit über 20 °C führen, was in den fraglichen Durchgangsbereichen gar nicht benötigt wird, da deren Wärmebedarf ausreichend über die Steigstränge gedeckt ist und die von den Steigsträngen erwärmten durchgehenden Wandabschnitte als „Großflächen- Niedertemperatur-Heizkörper“ (Bauteilaktivierung) wirksam werden.

Im eigenen Verantwortungsbereich wurden deshalb bereits 1991 mehrere Radiatoren auf eigenes Risiko abmontiert; bei anderen, etwa im Bereich der D-Stiege oder in den Studiensammlungen, wurden im gleichen Zeitraum die Rücklaufventile abgedreht und damit die Wärmeabgabe unterbunden. In den vergangenen 20 Jahren gab es eine einzige Beschwerde über zu geringe Temperaturen im Stiegenhausbereich: Der Radiator unter dem Fenster im obersten Stockwerk der D-Stiege, (das Fenster fungierte jahrelang als „Rauchertreff“ und wurde auch im Winter bei Bedarf geöffnet), musste nach Protesten der Rauchenden aktiviert werden und heizte weiterhin beim während der Betriebsstunden offenen Fenster hinaus; mit Inkrafttreten des gesetzlichen Rauchverbots in öffentlichen Gebäuden wurde der Rücklauf wieder gesperrt. Gerade in Gebäudeabschnitten wie Stiegenhäusern, die aufgrund des thermischen Auftriebs einem erhöhten Luftwechsel ausgesetzt sind, ist der Einsatz von Radiatoren (welche Luft als Heizmedium benutzen) mit hohen Lüftungswärmeverlusten verbunden, weshalb hier eine Bauteilaktivierung ein überdurchschnittlich hohes Sparpotential zeigt (→ Kap. C.4.4.)

Durch das Abmontieren von Radiatoren in Stiegenhäusern und Durchgangsbereichen können – ohne Verringerung des Komforts – beträchtliche Mengen an Lüftungswärmeverlusten eingespart werden.

4.3. Heizung der Säulenhalle/Aula des MVK auf Umluftbetrieb umrüsten

In dem unterhalb der Aula des MVK befindlichen sog. Inneren Kellerrundgang sind neben den vier Luftauslässen ventilatorunterstützte Luftheritzer montiert, von denen jeder eine Leistung von 28 kW erbringt. Dies ist ein Vielfaches dessen, was zur Wärmebedarfsdeckung der Aula (die ja lediglich das Lichtdach als Wärmeverlustfläche aufweist) benötigt würde. Diese Anlage ist offensichtlich ausgelegt, um -10 °C kalte Außenluft auf mehr als 24 °C aufzuheizen – ein Anspruch, der nicht den Anforderungen entspricht. Die derzeitige technische Lösung hat in der Vergangenheit mehrmals dazu geführt, dass bei starkem Frost in der Aula relative Luftfeuchtwerte unter 10 % gemessen wurden (← Kap. 5.2., Abb. A.23). Dies deshalb, weil die winterlich-trockene Außenluft direkt über die Luftheritzer der Aula zugeführt wurde. Dies soll in Zukunft von vornherein durch einen Umluftbetrieb unterbunden werden, indem die zwei dem Eingangsbereich gegenüberliegenden Luftheritzer deaktiviert und die frei werdenden Lüftungsöffnungen als Nachströmung für die abgekühlte Luft dienen.

Geht man davon aus, dass die vom Glasdach auf etwa 14–16 °C abgekühlte Luft zu Boden sinkt, und die Luft der Aula auf max. 22 °C aufgeheizt werden darf, muss nachträglich nur mehr eine Temperaturdifferenz von 6–8 K (anstelle von zuvor 34 K) kompensiert werden. Dies ist mit etwa 25 % der ursprünglich veranschlagten Energiemenge möglich. Die Auswertung der Klimaaufzeichnungen hat ergeben, dass

²² Vollastbetrieb der Heizkessel nur zwischen 6 Uhr Früh und frühem Nachmittag

die Anlage im Winter und Frühjahr 2009 bis auf wenige Stunden ohne Einsatz der Ventilatoren gefahren werden konnte. Der Kellerrundgang soll an der Decke mit einer Bauteilaktivierung ausgestattet werden, die für die Aula als Fußbodenheizung wirksam würde.

Darüber hinaus werden durch die vier Lufterhitzer die Zuluftöffnungen aus dem Keller verschlossen, sodass eine Belüftung der Aula im freien Auftrieb („Natürliche Lüftung“) derzeit nur minimal möglich ist (dazu müssen jedes Mal die Ventilatoren aktiviert werden).

Durch Umrüsten der Aula-Heizung auf Umluftbetrieb können ca. 75 % der ursprünglich veranschlagten Wärmeenergie eingespart werden. Gleichzeitig muss durch eine Bypass-Führung die Möglichkeit der „Natürlichen Lüftung“ im freien Auftrieb wieder hergestellt werden. Es ist zu prüfen, ob durch Bauteilaktivierung im Deckenbereich des inneren Kellerrundgangs (= Fußbodenbereich des Säulenhalle) auf eine konvektive Beheizung der Aula verzichtet werden könnte.

4.4. Umrüsten der Radiatoren auf Bauteiltemperierung (Temperierung Depot, Temperierung MVK)

Die Auswertung der Heizkostenverteiler in Kap. C.4.1. belegt einmal mehr, dass im historischen Altbau alle konvektiven Heizsysteme, die Raumluft als Heizmedium verwenden, zu signifikant hohen Lüftungswärmeverlusten führen. Eines der Hauptziele des Gesamtkonzepts besteht daher darin, soweit möglich alle vorhandenen konvektiven Heizwärmeverteilsysteme (Radiatorheizung, Fan-Coils, Gebläsekonvektoren) auf Bauteiltemperierung (Bauteilaktivierung) umzurüsten, ohne dass im Bestand die Heizwasser-Verteilsysteme geändert werden müssten.

Die Methode der Bauteiltemperierung ist in Österreich seit 1989 bekannt und ihre Wirkungsweise durch zahlreiche praktische und positive Beispiele belegt. Dennoch bestehen nach wie vor seitens der etablierten Haustechnik Vorbehalte gegen diese Technologie; insbesondere die Tatsache, dass Heizwärme direkt in die kalten Außenmauern eingebracht wird, lassen immer noch Zweifel an den beschriebenen Energieeinsparungseffekten von > 15 % aufkommen. Da inzwischen außer dem EU-Projekt *Prevent* mehrere wissenschaftlich begleitete Pilotprojekte vorliegen (z. B. im Schulbereich: Gymnasium Waldstraße, D-45525 Hattingen; LEIPOLDT 1997, LEIPOLDT 2004), wird die Methode der Bauteiltemperierung hier als Stand der Technik vorausgesetzt. Der Energiespareffekt lässt sich überwiegend auf drei kumulativ wirksame Faktoren zurückführen:

1. Das Einbringen von Wärme in kühle (und dadurch - infolge Kapillarkondensation - tendenziell feuchtere) Außenbauteile führt zur Trocknung der Bauteile und in Folge zu einer verringerten Wärmeleitfähigkeit²³, wodurch der U-Wert der Außenbauteile reduziert wird (KREČ-PANZHAUSER 1992).
2. Aufgrund der höheren Oberflächentemperaturen der Außenwände kann mit niedrigeren Lufttemperaturen gleich hohes Behaglichkeitsempfinden erzeugt werden.
3. Die Verringerung der Lufttemperatur verringert während der Heizperiode die z. T. beträchtlichen Druckunterschiede zwischen Innenraumklima und Außenbedingungen. Dies führt – vor allem im historischen Altbau - zu einer weithin unterschätzten signifikanten Senkung der Lüftungswärmeverluste.

23 1% geringere Bauteilfeuchte \approx 10 % geringere Wärmeleitfähigkeit (TSCHEGG-HEINDL-SIGMUND 1984: 263f)

Die Bauteiltemperierung ist für alle Gebäude in traditioneller Bauweise, die einer ständigen Nutzung unterliegen (Schulen, öffentliche Gebäude, Krankenhäuser) bevorzugt geeignet. Als das Heizsystem mit dem geringsten konservatorischen Schadenspotential ist es – wie das EuroCare Projekt EU-1383 „Prevent“ nachgewiesen hat - für Museen geradezu prädestiniert (BOODY-GROSSESCHMIDT u. a. 2004). Die Impulse zur Etablierung der Wandtemperierung in Österreich sind weitgehend vom KHM ausgegangen. Hier wurden auch mehrere Pilotprojekte durchgeführt, die jedoch nur zu einem geringen Teil wissenschaftlich begleitet und ausgewertet wurden. So wurden etwa mehrere Gebäudeteile in Schloss Ambras und weiters die Ausstellungsräume im Hochparterre und Mezzanin sowie die Bibliothek des Museums für Völkerkunde 2004 als erstes Österreichisches Bundesmuseum mit einer Bauteiltemperierung ausgerüstet. Da jedoch m. W. für diese Bereiche keine eigenen Wärmemengenzähler und auch keine Messeinrichtungen installiert wurden, konnte bisher keine Evaluierung erfolgen. Für drei weitere Beispiele liegt unterschiedlich aussagefähiges Datenmaterial vor.

4.4.1. Nachrüstvariante Zentraldepot Traviatagasse

Das als Lagerhalle in den 1970er-Jahren in Plattenbauweise (15 cm Beton, 5 cm Mineralwolle, Außenverkleidung in Trapezblech) errichtete und seit 1991 angemietete Außendepot des KHM in Inzersdorf war bei seiner Übernahme mit einer Warmluftheizung ausgestattet. Aufgrund der extrem inkonstanten und kaum regulierbaren Klimawerte wurde der Bereich für die Gemälde als erster mit einer Bauteilaktivierung nachgerüstet, indem die Warmwasserrohre in Wandkontakt auf die Betonteile fixiert wurden. Die in Halle 3 untergebrachten Tasteninstrumente der SAM waren wegen der Warmluftheizung ebenfalls sehr inkonstanten und ungünstigen Klimabedingungen ausgesetzt. Aufgrund der guten Ergebnisse im Gemäldedepot wurde seit 1998 darauf gedrungen, hier ebenfalls eine Bauteiltemperierung nachzurüsten, was 2004 erfolgte (Abb. C.24). Der seither im Winterhalbjahr sehr konstante Klimaverlauf wurde bereits in Kap. A.6, Abb. A.41 gezeigt.



Abb. C.24: Das Klavierdepot der SAM wurde nachträglich mit einer auf die Betonaußenwände applizierten Bauteiltemperierung ausgestattet.

Das Klimakonzept und seine Umsetzung

Das Klavierdepot in Halle 3 mit einer Grundfläche von 195 m² und einer Raumhöhe von 5 m, ist mit einem etwas kleineren Zwischengeschoss ausgestattet, sodass man von einer Nutzfläche von 380 m² bzw. einer zu beheizenden Kubatur von 1.073 m³ ausgehen kann. Da die Halle über eine eigene Heiztherme mit Gaszähler verfügte, konnte der Gasverbrauch und damit der Jahresheizwärmebedarf für diesen Bereich ermittelt werden. In folgender Tabelle sind die monatlichen Verbräuche an Erdgas der Heizsaison 2006/07 und 2009/10 eingetragen.

Heizmonat	Zählerstand 2006/07 [m ³]	Monatsver- brauch	Zählerstand 2009/10 [m ³]	Monatsver- brauch
Oktober	39.494		5.410	
November	39.532	38	5.448	38
Dezember	39.666	134	5.586	138
Jänner	39.939	273	5.937	351
Februar	40.168	229	6.270	333
März	40.382	214	6.552	282
April	40.535	153	6.744	192
Gesamtverbrauch [m ³]		1.041		1.334
Jahresenergieverbrauch [kWh]		10.722		14.274
Nutzfläche [m ²]		380		
Kubatur [m ³]		1.073		
flächenbez. Verbrauch [kWh/(m ² a)]		28,2		37,6
raumbez. Verbrauch [kWh/(m ³ a)]		10,0		13,3

Tab. C.8: Spezifische Heizwärmeverbräuche von zwei Heizperioden in dem mit Bauteiltemperierung ausgestatteten Außendepot

Aus dem Gasverbrauch lässt sich (über den Brennwertfaktor 10,7 von Erdgas) der Jahresenergieverbrauch berechnen.

Aus dem Jahresverbrauch lässt sich der flächen- bzw. raumbezogene Heizwärmeverbrauch (Energiekennzahl) ermitteln. Aus konservatorischen und ökonomischen Erwägungen wurde der Raumthermostat auf 15 °C justiert. Rechnet man pro °C höherer Raumtemperatur mit einem Mehrverbrauch an Heizenergie von rund 6 %, dann läge die Energiekennzahl bei einer gewünschten Raumtemperatur von 20 °C immer noch weit unterhalb des für einen Bau dieser Zeit zu erwartenden Heizwärmebedarfs²⁴.

Alle Besucher, die während der Heizperiode die Studiensammlung besuchten, wurden aufgefordert, die Raumtemperatur (15 °C) zu schätzen. Bis auf eine Ausnahme („16 - 17 °C“) wurden durchwegs Werte zwischen 17 und 19°C genannt – ein typisches Phänomen für Räume mit temperierten Wandflächen.

²⁴ Bei Berücksichtigung des (unbekannten) Jahresnutzungsgrades der Therme würde sich die Energiekennzahl zusätzlich verringern.

4.4.2. Saal IV der Gemäldegalerie des KHM

Zwischen 1989 und 1992 wurde die Gemäldegalerie des KHM einer Generalsanierung unterzogen. Die damals von den Restaurator/innen des KHM geforderte Bauteiltemperierung zur nachhaltigen Vermeidung des „Kalte-Wand-Problems“ und der damit verbundenen Gefahr der Schimmelbildung wurde nicht realisiert und stattdessen eine konventionelle Klimaanlage – unter Beibehaltung der konservatorisch und bauphysikalisch ungünstigen raumzentralen Radiatorgruppen – installiert. Nachdem 2006 in Saal IV der Gemäldegalerie erneut aktiver Schimmelbefall an den kalten Außenwandecken festgestellt wurde, bestand die Möglichkeit, diesmal den richtigen Lösungsansatz zu verfolgen.

Die vom TB Käferhaus geplanten und vom Gebäudemanagement des KHM umgesetzten technisch höchst einfachen Maßnahmen zur Temperierung der Außenwand wurden 2009 realisiert. Gleichzeitig mit dem Umbau wurden an den thermisch relevanten Punkten Funk-Datenlogger installiert, womit die Temperaturentwicklung an der Wand und hinter den großformatigen Gemälden beobachtet und dokumentiert werden kann (Abb. C.25). Erste Auswertungen der Ergebnisse und des Heizwärmeverbrauchs nach der Heizperiode 2009/10 bestätigten nicht nur die prognostizierte Konstanz des Klimaverlaufes; gegenüber dem Mittelwert des spezifischen Heizwärmeverbrauchs des Museums ließ sich mittels Wärmemengenzähler ein um 30 % verringerter spezifischer Wärmebedarf feststellen. Die ungünstigen raumzentralen Radiatoren konnten ebenfalls außer Betrieb genommen werden (KÄFERHAUS-HUBER 2010). Eine detaillierte Evaluierung steht noch aus.

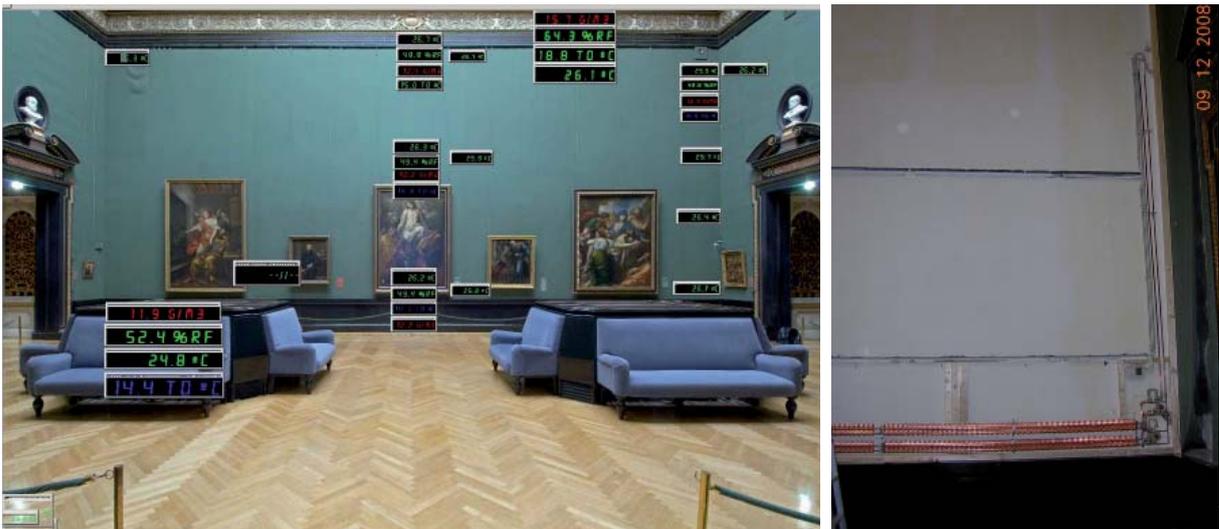


Abb. C.25: Über dem Sockel und in den Eckverschneidungen wurde an der Außenwand eine Bauteiltemperierung installiert, die von der Wandbespannung abgedeckt wird (rechts). Über ein Klimamonitorsystem werden Temperatur- und Feuchtwerte der Wand und hinter den Gemälden erfasst (links: Monitorbild mit online Messwertanzeige). Die raumzentralen Radiatoren konnten außer Betrieb genommen werden.

(Fotos: Jörg Stark / Jochen Käferhaus)

4.4.3. Umbau der Radiatorheizung in der Restaurierwerkstatt der SAM in Sockelheizleiste

In einem Pilotprojekt wurde die Möglichkeit zur Umrüstung einer bestehenden Radiatorheizung auf Bauteiltemperierung mittels Sockelheizleiste untersucht und der Wärmebedarf der Wärmeabgabegeräte (Radiator bzw. Sockelheizleiste) mittels Wärmemengenzähler (techem compact IV) erfasst. Neben der verbesserten Klimakonstanz konnte auch ein deutlich verringerter Nachbefeuchtungsbedarf sowie ein im Volllastbetrieb um ca. 25-30% verringerter Heizwärmebedarf nachgewiesen werden. In der Übergangszeit ab Mitte April lag (wegen des Heizens bei offenem Fenster) der Mehrverbrauch der Radiatoren zwischen 50 und 100%. Am Ende des Messzeitraumes betrug die von den Radiatoren abgegebene Wärmemenge mehr als das Doppelte der Sockelheizleiste. Aus dem bereits detailliert beschriebenen und publizierten Projekt (HUBER-KORJENIC-BEDNAR 2010) sollen hier lediglich die wichtigsten Ergebnisse herausgegriffen werden.

In der oberen Restaurierwerkstatt der SAM (1. OG/Unterteilung, Raum ZGO120) wurden alle drei Radiatoren entfernt und stattdessen an der Außenwand eine Sockelheizleiste (Fa. L'Orange Vie, Leistung: 200 W/Laufmeter) montiert, die an die vorhandenen Vorlauf- und Rücklaufleitungen des linken vertikalen Steigstranges angebunden wurde (Abb. C.26). In dem darunter befindlichen, flächengleichen Werkstatttraum (1. OG, Raum 0133) wurde der mittlere Radiator entfernt und der rechte Heizkörper mit dem linken parallel geschaltet (Abb. C.27), sodass beide Versuchsräume mit der gleichen Vorlauftemperatur angespeist wurden. Mittels genormter Wärmemengenzähler wurde der jeweilige Energieverbrauch in kWh kumulierend aufgezeichnet und durch Zwischenablesung die Verbräuche der einzelnen Messperioden ermittelt. Das Messprotokoll ist auszugsweise im Anhang IV angeführt.



Abb. C.26: Anstelle der Radiatoren wurde in der oberen Werkstatt die Sockelheizleiste entlang der Außenwand verlegt. Die Sockelheizleiste ist an die vorhandene Vorlauf- und Rücklaufleitung des Wärmeverteilsystems angeschlossen. Der Wärmeverbrauch kann über einen Wärmemengenzähler abgelesen werden.



Abb. C.27: Zwei Radiatoren im unteren Werkstattraum wurden parallel geschaltet und mittels Wärmemengenzähler ihr Gesamtverbrauch ermittelt.

In beiden Versuchsräumen wurden an je fünf Messpunkten Temperatur- und Feuchtefühler angebracht, um Verlauf und Verteilung von Raumtemperatur und relativer Feuchte zu dokumentieren und somit ein räumliches „Klimaprofil“ zu erstellen. Ab März 2010 wurde mit zwei neuen Luftbefeuchtern (WD-B 450 der Fa. WD-Austria 26), mittels Stromzähler-Zwischensteckern, über den Verbrauch der Geräte der Nachbefeuchtungsbedarf festgestellt und verglichen. In beiden Räumen wurde vor der hofseitigen Außenwand im Wandabstand von 3 cm ein „Bild“ (Spanplatte 10 mm; 140 x 104 cm) montiert und an der Rückseite ein Fühler befestigt, um die Temperaturentwicklung hinter einem an einer „kalten Wand“ aufgehängten Bild, abhängig vom Heizsystem, untersuchen zu können. Beide Räume waren „fremd-beheizt“, denn unterhalb des radiatorbeheizten (unteren) Werkstatttraumes befindet sich ein radiatorbeheizter Büroraum mit ca. 22 °C Raumtemperatur; über dem mit Sockelheizleiste beheizten (oberen) Werkstattraum liegt ein Archivraum, in dem am Vergleichstag ebenfalls knapp 22 °C gemessen wurden.

Die Messfühler wurden in den in Tabelle C.9 angeführten Positionen angeordnet. In den Kurvenblättern bezeichnet das Kürzel OW die Fühler der oberen Werkstatt mit Sockelheizleiste („Wandtemperierung“), UW die Fühler der unteren Werkstatt („Radiatorheizung“). Die Außentemperatur wurde über den Außenfühler im Hof A erfasst.

Nr.	Bezeichnung	Position
1	OW (obere Werkstatt) UW (untere Werkstatt)	an der Decke (Raumhöhe 3,2 m) türseitig an der Decke (Raumhöhe 3,5 m) türseitig
2	T_{io}	20 cm unter der Decke, fensterseitig
3	T_{iu}	Arbeitsplatz (68 cm hoch), gegen Heizrohre mit Alublech abgeschirmt
4	Wand	hinter „Bild“ (Spanplatte 140 x 104 x 1cm)
5	Fenster	in Kopfhöhe vor dem Fenster

Tab. C.9: Anordnung und Kurzbezeichnung der Messfühler im oberen und unteren Werkstattraum

Das Klimakonzept und seine Umsetzung

Die Thermostatventile wurden so justiert, dass sich auf dem türwandseitig an gleicher Stelle montierten Wandthermometer (Hygro-Thermometer Fa. Lauber, D-Alfdorf) in beiden Räumen die gleiche Gleichgewichtstemperatur („Raumtemperatur“) von 20 °C ergab. Dabei stellte sich während der Vollheizperiode Februar – März die „empfundene Temperatur“ am Arbeitsplatz (Fühler T_{lu} in Sitzhöhe neben dem Arbeitstisch) im Raum mit Heizleiste um ca. 1 – 2 K höher ein als im Raum mit Radiatorheizung. Dadurch war gleichzeitig dem Vorwurf der Manipulation vorgebeugt, dass durch absichtliche Drosselung der Raumtemperatur niedrigere Verbräuche erzielt werden sollten.

Folgende Fragestellungen sollten behandelt werden:

1. Wie verhalten sich beide Heizsysteme tendenziell hinsichtlich der Temperaturprofile im Raum?
2. Wie verhalten sich beide Heizsysteme tendenziell hinsichtlich der Klimakonstanz (Verlauf von Temperatur und relativer Feuchte)?
3. Wie reagieren die Systeme im Volllastbetrieb (Thermostatventile ganz geöffnet)?
4. Wie reagieren die Systeme in Hinblick auf einen bewussten Sparbetrieb (Sockelheizleiste) versus „Normalverhalten“ (Radiatoren)?
5. Gibt es Unterschiede im Nachbefeuchtungsbedarf?
6. Lassen sich die durch Heizen bei offenem Fenster im Frühjahr verursachten Heizenergieverluste quantifizieren?

Nach der Einjustierphase wurde zunächst das stationäre Verhalten der beiden Systeme erfasst. Auf den folgenden Diagrammen ist das „Klimaprofil“ von jeweils einem Raum abgebildet. Die oberen fünf Kurven geben den Temperaturverlauf an den beschriebenen Messpunkten wieder; die darunter befindlichen drei Linien entsprechen der relativen Feuchte an den markantesten Raumpunkten, wobei gleiche Farben dem jeweils gleichen Messpunkt entsprechen (zur besseren Lesbarkeit wurden die Messwerte der relativen Feuchte hinter dem „Bild“ und vor dem Fenster weggelassen). Die in Hof A gemessene Außentemperatur ist grau unterlegt. Bei jedem Beispiel ist zuerst der Klimaverlauf im konventionell mit Radiatoren beheizten Raum dargestellt, dem der gleiche Messzeitraum im Raum mit Sockelheizleiste gegenübergestellt ist.

4.4.3.1. „Stationäres“ Verhalten von Radiatorheizung und Sockelheizleiste (Wandtemperierung)

In Abb. C.28 ist das Verhalten der Temperatur- und Feuchtezustände des mit Radiatoren beheizten Raumes dem mit einer Sockelheizleiste temperierten Raum im „stationären“, d. h. im mehr oder weniger gleichmäßigen und ungestörten, Betrieb bei überwiegend geschlossenen Türen (Wochenende) gegenübergestellt. Es kommt zu einer Schichtung der Lufttemperatur, wobei im radiatorbeheizten Raum das Temperaturmaximum von 22,8 °C im Deckenbereich auftritt; der Temperaturverlauf am Arbeitsplatz liegt bei 20,5 – 21 °C. Die Temperatur hinter dem „Bild“ beträgt sehr gleichmäßig etwa 19 °C; am Fenster über den Radiatoren treten Temperaturen im Behaglichkeitsbereich auf. Im Raum mit Wandtemperierung ist die Temperatur im unteren Wanddrittel, also am Arbeitsplatz, mit 22,5 – 23 °C am höchsten; unter der Decke liegt sie um rund 2,5 K darunter. Die Wandtemperatur hinter dem „Bild“ unterscheidet sich nicht merklich von derjenigen des Vergleichsraumes. Die niedrige Temperatur beim Fenster zwischen 17 und 18 °C ist an der unteren Grenze des Behaglichkeitsfeldes angesiedelt und wird daraus erklärbar, dass die Fühler zunächst am „Kämpfer“ (Unterkante des Oberlichtflügels) befestigt waren. Sie wurden ab der zweiten Messung in Kopfhöhe, d. h. zur unteren Fensterquersprosse, versetzt, was dem tatsächlichen Körperempfinden besser entspricht.

4. Verringerung von Heiz- und Kühllast

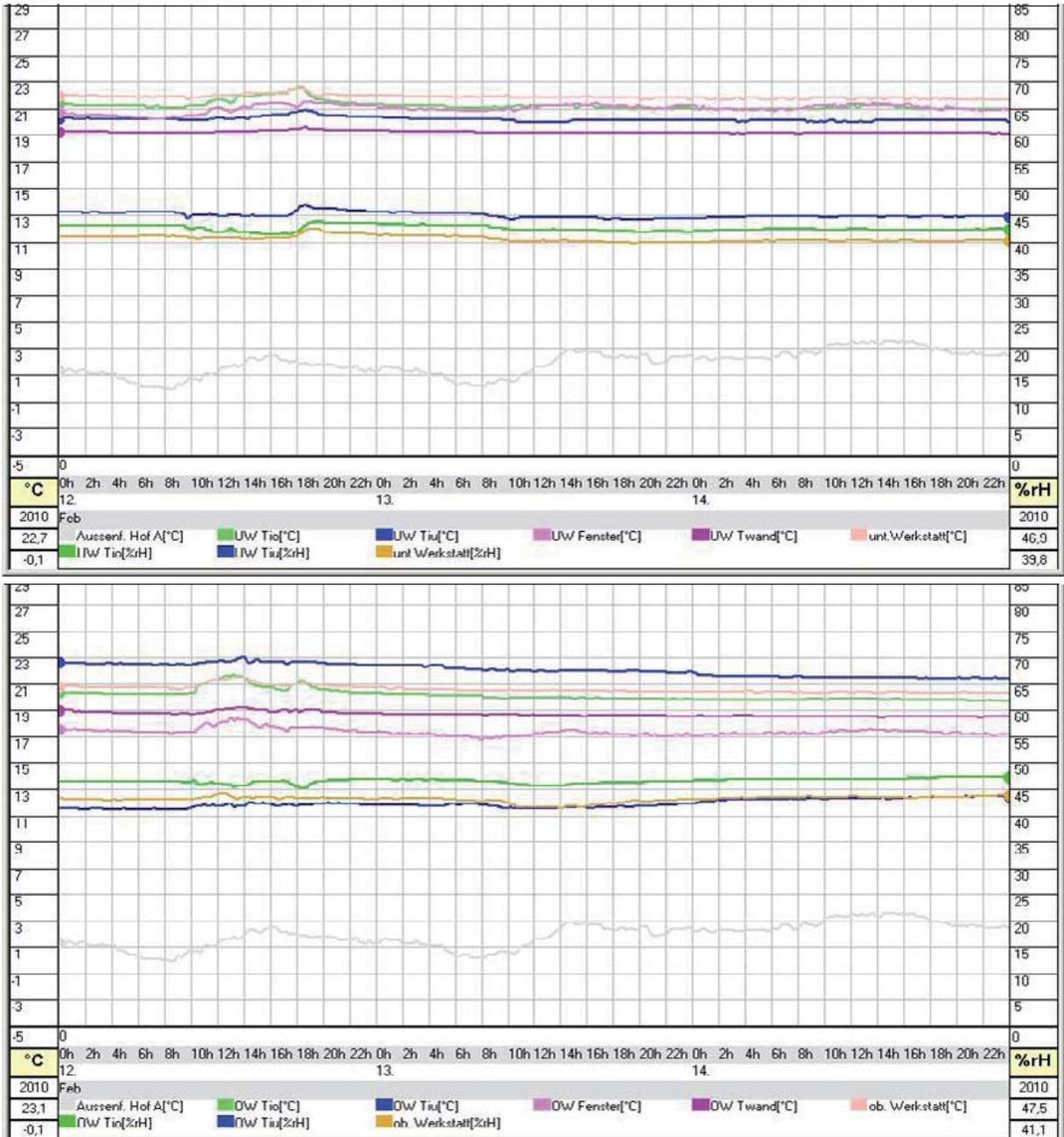


Abb. C.28: Oben: Raum mit Radiatorheizung im stationären Betrieb (Freitag bis Sonntag). Der Klimaverlauf ist sehr gleichmäßig. Im Deckenbereich (rosa) ist es mit 22 – 23 °C um 2 K wärmer als am Arbeitsplatz (blau).

Unten: Klimaprofil im Raum mit Wandtemperierung im stationären Betrieb (Freitag bis Sonntag). Der Klimaverlauf ist sehr gleichmäßig. Der Arbeitsplatz (blau) ist mit 22 – 23 °C angenehm temperiert; im Deckenbereich (rosa) ist es um 2,5 K kühler.

Die Spreizung der Temperatur der Luftschichten und der relativen Feuchten ist in etwa gleich. Entsprechend dem „gespiegelten“ Temperaturverlauf ist die Feuchte im temperierten Raum unter der Decke etwas höher als in Fußbodennähe. Es ist evident, dass der durch Konvektion (von den Radiatoren) bewirkte Wärmestau an der Decke des unteren Versuchsraumes den oberen (temperierten) Raum stärker mitheizt als der obere Raum (ohne Wärmestau an der Decke) den darüberliegenden radiatorbeheizten Raum. Der untere Raum wird allerdings ebenfalls vom Wärmestau des darunterliegenden radiatorbeheizten Raumes mitbeheizt, sodass dieser Einfluss als vernachlässigbar angesehen wird.

Das Klimakzept und seine Umsetzung

4.4.3.2. Stationärer „Volllastbetrieb“ 19.–21.2.2010

Am 18.2.2010 wurden in beiden Versuchsräumen die Thermostatventile voll aufgedreht und das grundsätzliche Verhalten der beiden Systeme im ungestörten Betrieb untersucht (Freitag bis Montag 00.00 Uhr; Abb. C.29). Die im Raum umgewälzte Radiator-Heizluft bewirkte ein häufigeres Einschalten des Luftbefeuchters – der Feuchteverlauf im temperierten Raum ist insgesamt konstanter.

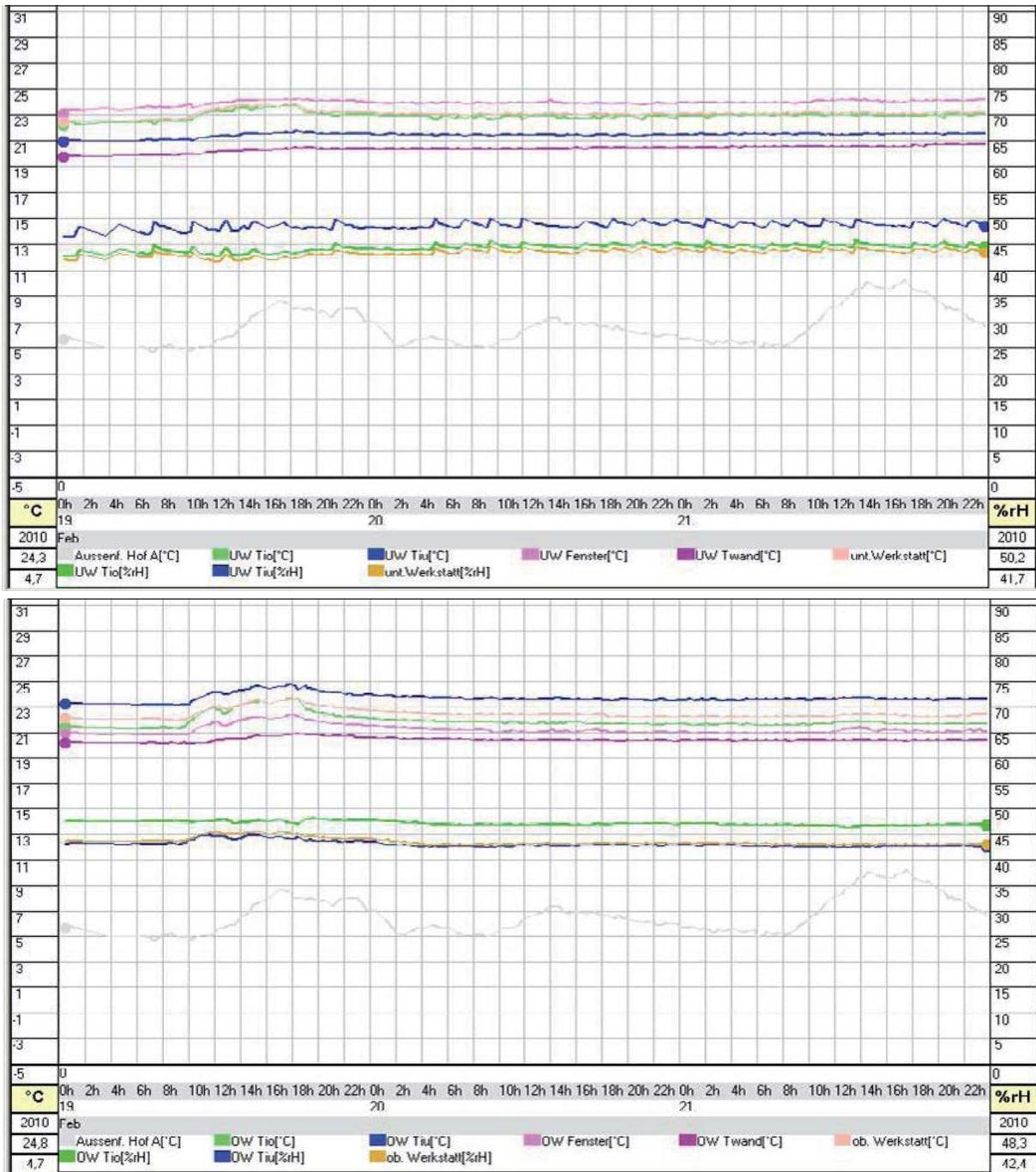


Abb. C.29: Oben: Überwiegend stationärer Volllastbetrieb (Ventilstellung 6) im Raum mit Radiatorheizung (Freitag und Wochenende). Zusätzlich Luftbefeuchter aufgestellt und auf 48 %rF justiert. Häufigere Einschaltintervalle sind gut erkennbar

Unten: Überwiegend stationärer Volllastbetrieb (Ventilstellung 6) im Raum mit Wandtemperierung (Freitag und Wochenende). Zusätzlich Luftbefeuchter aufgestellt und auf 48 %rF justiert.

4.4.3.3. „Kontrollierter Heizbetrieb“ 22.2.–28.2.2010

In KW 8 (22.–28.2.2010) wurde ein „kontrollierter Heizbetrieb“ untersucht, wobei in beiden Räumen die Thermostatventile auf 4 eingestellt waren (Abb. C.30). Dabei zeigte sich, dass der radiatorbeheizte Raum im fluktuierenden Tagesbetrieb zu größerer Instabilität tendiert. Im temperierten Werkstattraum war am Dienstag kein Betrieb (kein Licht, keine inneren Lasten und Personen), Mittwoch bis Freitag haben hingegen drei Student/innen gearbeitet (Licht, Leimkocher etc.). Der kontrollierte Heizbetrieb wurde bis zum 8.3.2010 fortgeführt; am Wochenende erfolgte ein Kälteeinbruch. In dieser und der folgenden Woche wurden im temperierten Raum 65 kWh Heizenergie verbraucht, im radiatorbeheizten Raum 107 kWh.

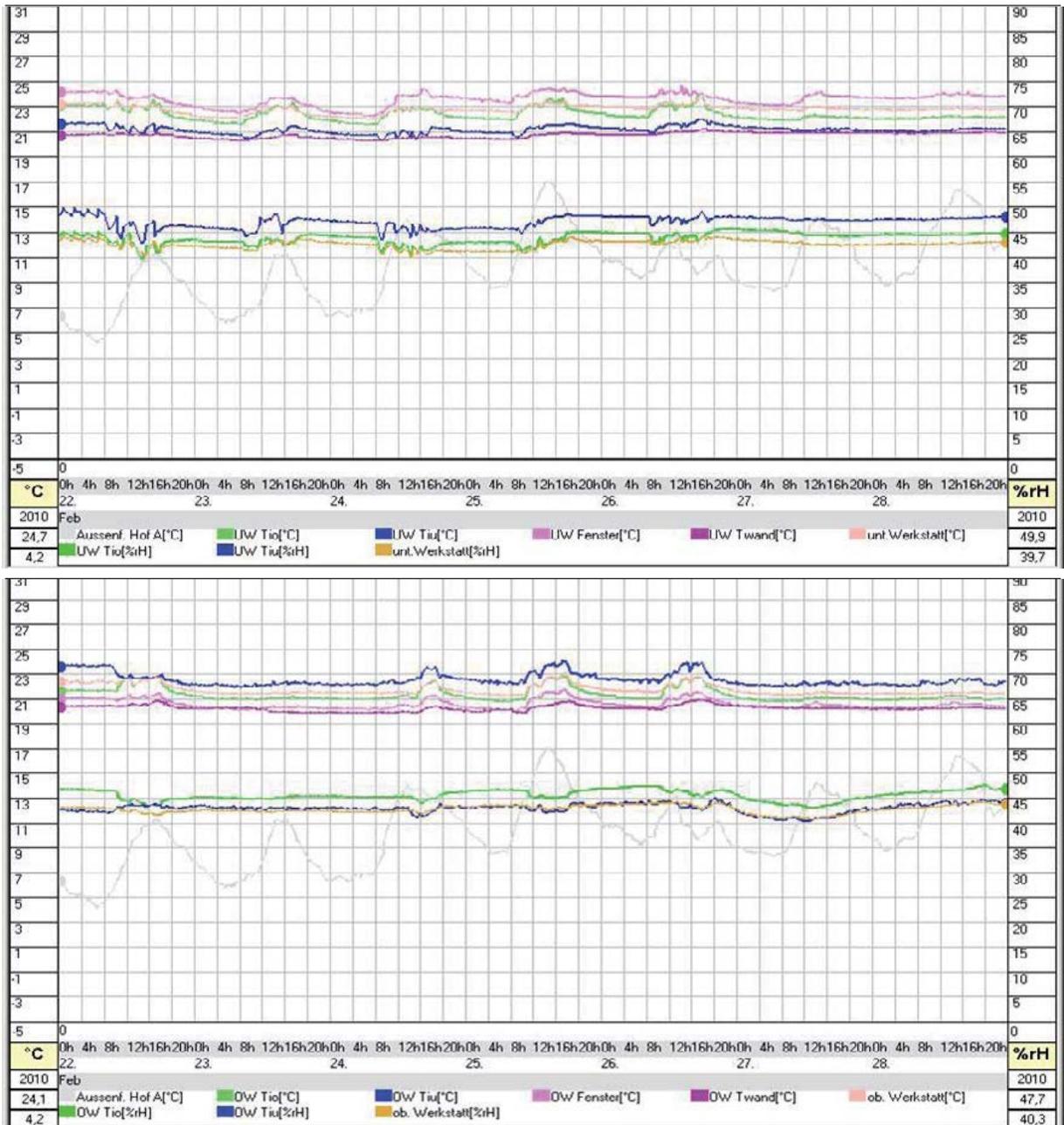


Abb. C.30: Oben: Kontrollierter Heizbetrieb im Raum mit Radiatorheizung (Ventilstellung 4). An den Werktagen höhere Tageserwärmung durch Beleuchtung und innere Lasten. Tendenziell unruhiger Klimaverlauf mit größerer Spreizung als bei Wandtemperierung.

Unten: Kontrollierter Heizbetrieb im Raum mit Wandtemperierung (Ventilstellung 4). An den Werktagen höhere Tageserwärmung durch Beleuchtung und innere Lasten. Tendenziell ruhiger Klimaverlauf mit geringerer Spreizung als bei Radiatorheizung.

Das Klimakonzept und seine Umsetzung

4.4.3.4. „Üblicher Heizbetrieb vs. Sparbetrieb“ 8.3.–14.3.2010

Um die Spreizung der Verbrauchsvariablen und ein besonnenes Nutzerverhalten auszuloten, wurden die Radiatoren etwas höher gedreht („üblicher Heizbetrieb“, Ventilstellung 4,2) und die Sockelheizung leicht gedrosselt („Sparbetrieb“, Ventilstellung 3,8) (Abb. C.31). Die Temperatur lag im radiatorbeheizten Raum mit 19,8 °C anfangs um 0,2 K unter der des temperierten Raums; am Ende der Woche war das Verhältnis umgekehrt und die Temperatur im temperierten Raum lag mit 19,9 °C um 0,1 K unter derjenigen des Vergleichsraumes. Im temperierten Raum stieg die Arbeitsplatztemperatur von 22,4 auf 22,8 °C; im radiatorbeheizten Raum fiel diese jedoch trotz höherer Ventilstellung von 20,7 auf 20,3 °C, um am letzten Tag wieder auf 20,6 °C zu steigen (Kälteeinbruch?). Der Kälteeinbruch bis 0 °C schlug sich auch im Verbrauch nieder: Die Sockelheizleiste im Sparbetrieb (ohne Komfortverlust) verbrauchte 23 kWh; die Radiatoren verbrauchten im gleichen Zeitraum mit 45 kWh fast die doppelte Heizwärmemenge.

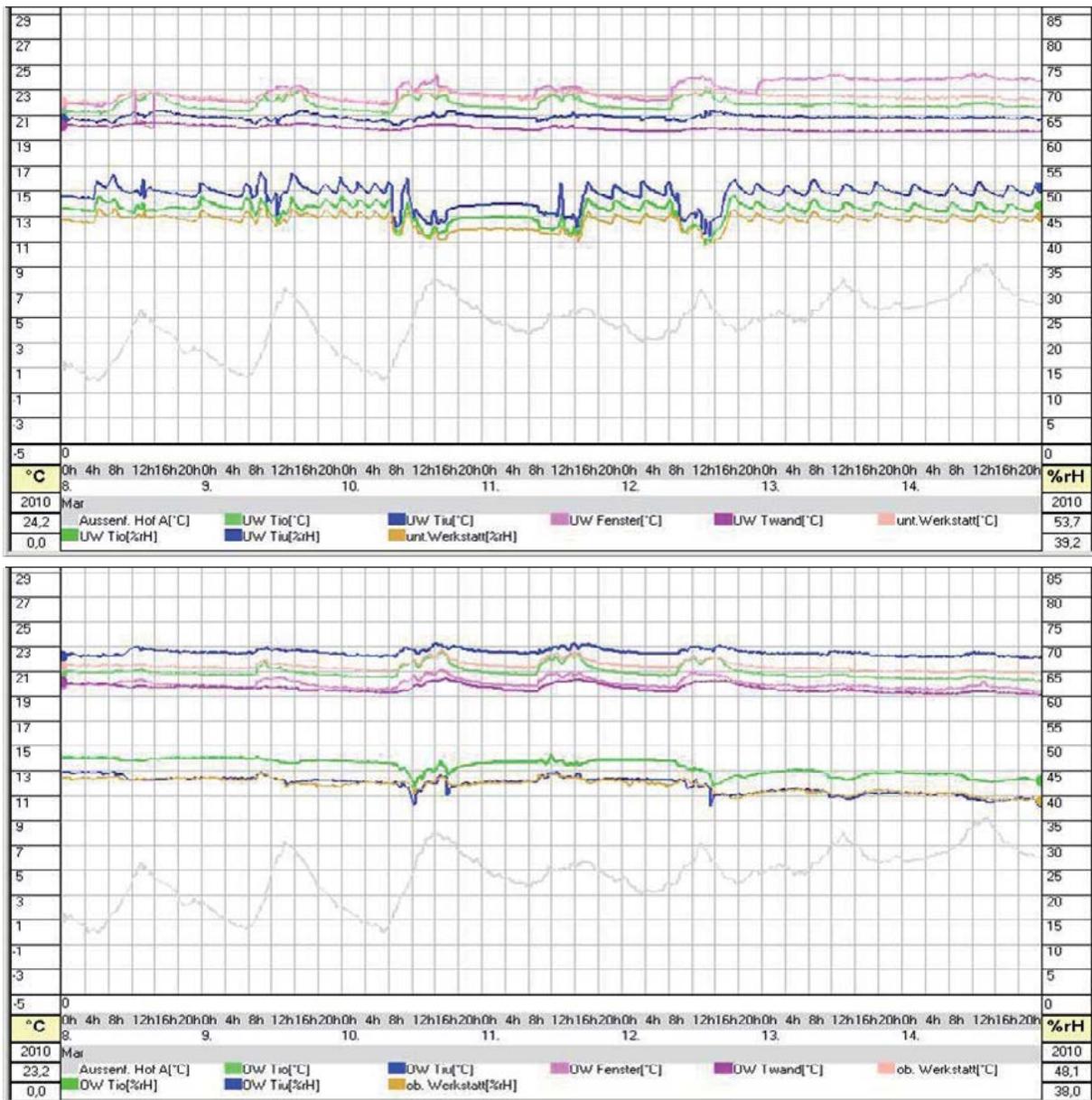


Abb. C.31: Oben: „Normaler“ Heizbetrieb im Raum mit Radiatorheizung. An Werktagen stärkere Fluktuation durch offene Türen, Beleuchtung und innere Lasten. Tendenziell unruhiger Klimaverlauf mit größerer Spreizung als bei Wandtemperierung. Unten: „Sparbarer“ Heizbetrieb im Raum mit Wandtemperierung. An den Werktagen stärkere Fluktuation durch offene Türen, Beleuchtung und innere Lasten. Tendenziell ruhiger Klimaverlauf mit geringerer Spreizung als bei Radiatorheizung.

4.4.3.5. „Frühjahrs-Normalbetrieb“ in öffentlichen Gebäuden: Heizung bei offenem Fenster 15.3.–15.4.2010; 15.–19.4.2010 bzw. 1.5.–31.5.2010

Die Vorlaufregelung der Heizungsanlage der Neuen Burg ist seit mehr als 10 Jahren über einen Außentemperaturfühler gesteuert. Die Heizanlage wird (vermutlich) aktiviert, wenn die Außentemperatur im Burggarten 15 °C unterschreitet. Dies hat zur Folge, dass fast jedes Jahr im September zu heizen begonnen wird, obwohl die Räume durch die vom Sommer gespeicherte Wärme Temperaturen zwischen 23 und 25 °C aufweisen. Im Frühjahr hingegen bleibt die Heizung eingeschaltet, solange die Außentemperaturen nachts unter 15 °C absinken, auch wenn durch solaren Strahlungseintrag die Raumtemperaturen längst über 20 °C angestiegen sind. Im Frühjahr 2010 war die Heizanlage am 10. Juni noch aktiv. Seit vielen Jahren wird in der Übergangszeit beobachtet, dass an sonnigen Tagen tagsüber in vielen Büros die Fenster offen stehen und die unterhalb der Fenster situierten Radiatoren aufgedreht sind. Selbst wenn das Thermostatventil auf „Sparmodus“ gestellt ist, kann der Eintritt kühlerer Außenluft dazu führen, dass das Thermostatventil aufmacht. In jedem Fall geht aufgrund der gebäudeeigenen Thermik fast die gesamte vom Radiator abgegebene Konvektionswärme durch das Fenster verloren. Neben den Lüftungswärmeverlusten ist auch der Nachbefeuchtungsbedarf durch die Luftbefeuchter höher. Diese Thematik sollte genauer untersucht werden.

Zunächst wurde über einen Monat im radiatorbeheizten Raum bei Ventilstellung 4,2 „normaler Heizbetrieb“ eingestellt und regelmäßig untertags ein Fenster geöffnet. Im temperierten Raum war das Thermostatventil auf „Sparbetrieb“ (Ventilstellung 3,5) geschaltet und für den gleichen Zeitraum ebenfalls ein Fenster geöffnet (Abb. C.32). Zwischen 15.3.2010 und 15.4.2010 wurden im temperierten Raum 119 kWh verbraucht; im radiatorbeheizten Raum lag der Verbrauch mit 217 kWh um den Faktor 1,8 höher.

Zwischen 15.4. und 19.4. wurde nochmals der Verbrauch bei Vollbetrieb (Thermostatstellung 6) beider Systeme in der fortgeschrittenen Übergangszeit untersucht (Abb. C.33). In dieser Zeit verbrauchte die Sockelheizleiste 27 kWh, der Verbrauch der Radiatorheizung mit 40 kWh lag um den Faktor 1,5 darüber. Für diese Messung konnte auch erstmals der Verbrauch der Luftbefeuchter störungsfrei ermittelt werden²⁵. Im temperierten Raum lag der Verbrauch bei einer Laufzeit von knapp 4 Stunden bei 0,12 kWh; der Luftbefeuchter des radiatorbeheizten Raums verbrauchte in 9:40 Stunden 0,31 kWh. Im letzten Messzeitraum wurde der „in den Büros übliche Heizbetrieb in der Übergangszeit“ (Ventilstellung 4,2) dem „Sparbetrieb in der Übergangszeit“ (Ventilstellung 3,5), gegenübergestellt, wobei in beiden Räumen werktags fallweise zur gleichen Zeit gelüftet wurde (Abb. C.34). Zwischen 19.4. und dem Ende der Heizperiode (10.6.2010) verbrauchte die Sockelheizleiste 2 kWh; im radiatorbeheizten Raum wurden im gleichen Zeitraum 263 kWh sprichwörtlich „zum Fenster hinaus geheizt“. Es muss allerdings eingeräumt werden, dass bis 10. Juni 2010 in beiden Räumen die Steigstränge mit Warmwasser versorgt waren und somit auch der temperierte Raum indirekt mit Wärme versorgt war. Durch eine andere als die bisher übliche Form der Wärmeverteilung könnten die Lüftungswärmeverluste allerdings drastisch verringert werden. Entsprechend hoch war auch der Nachbefeuchtungsbedarf: Im temperierten Raum lief der Luftbefeuchter 12:40 Stunden mit einem Verbrauch von 0,36 kWh; im radiatorbeheizten Raum lag der Verbrauch nach 83:18 Stunden bei 2,54 kWh bzw. um den Faktor 7 darüber.

²⁵ Bei den vorherigen Messungen kam es immer wieder zu Pannen wegen irrtümlich abgeschalteter Hauptschalter, leerer Wassertanks, etc, was einen objektiven Vergleich verunmöglichte.

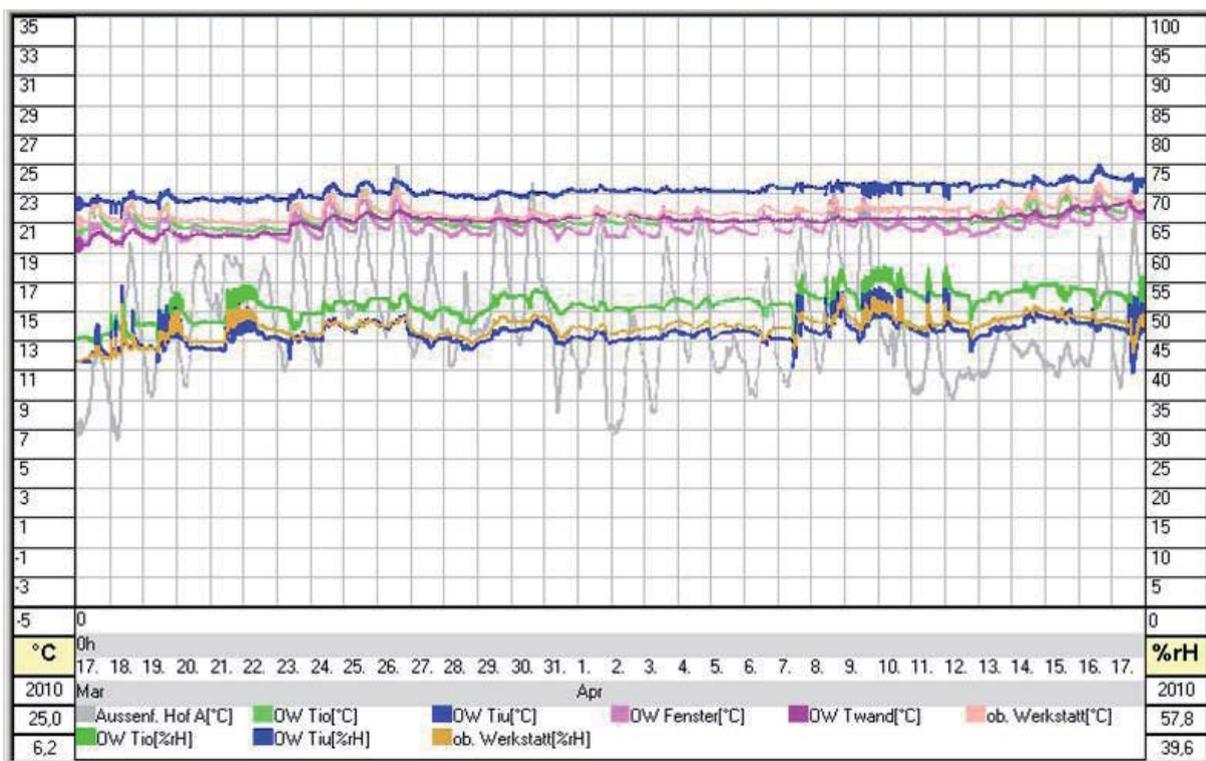
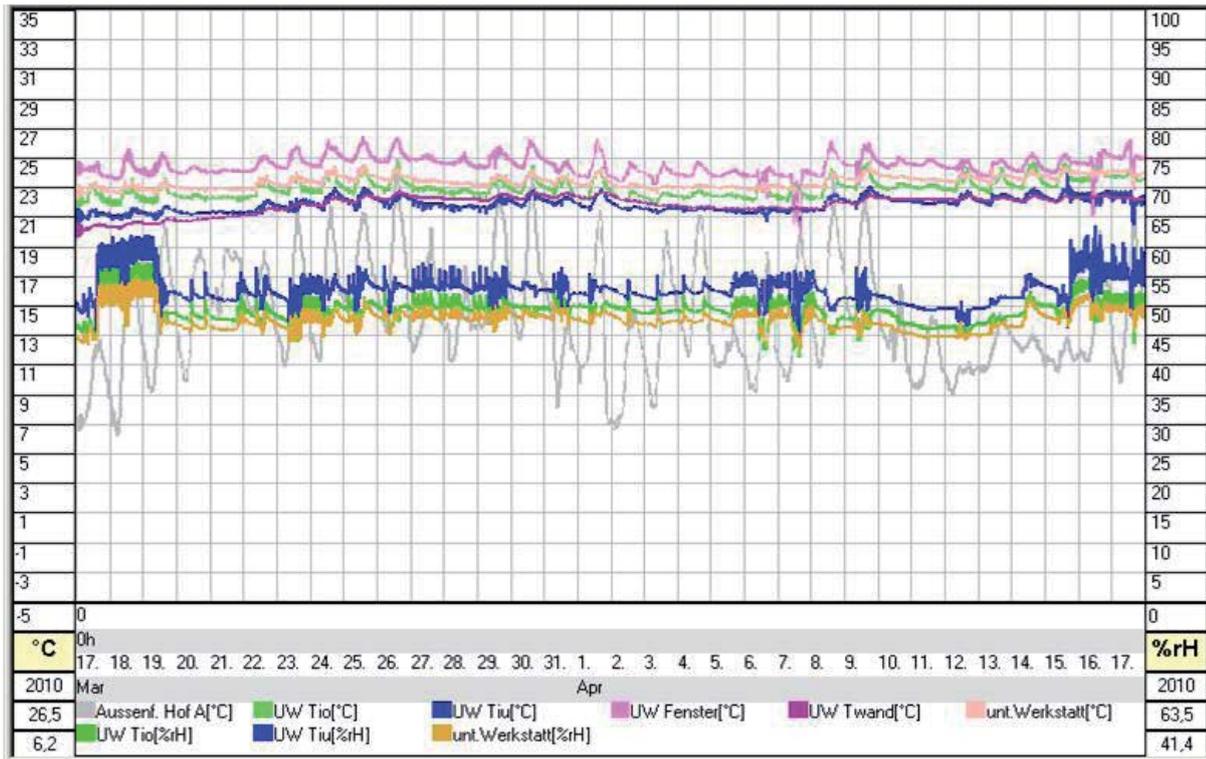
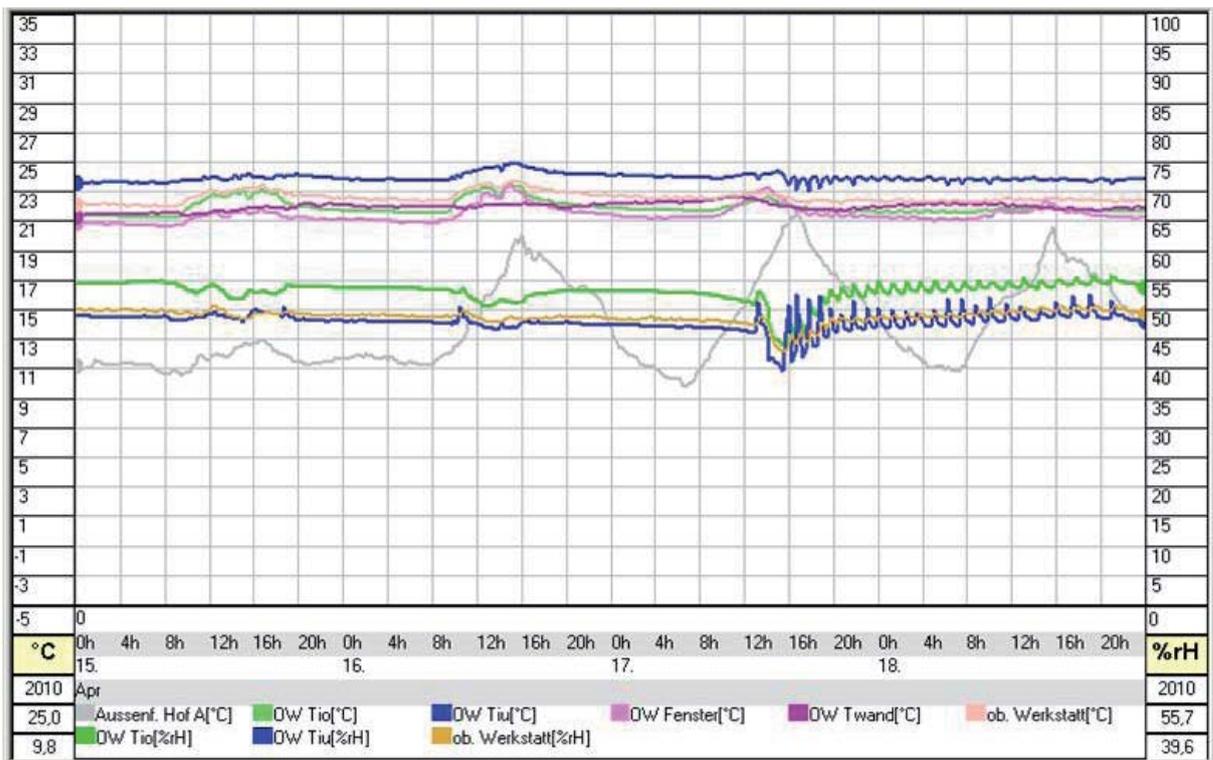
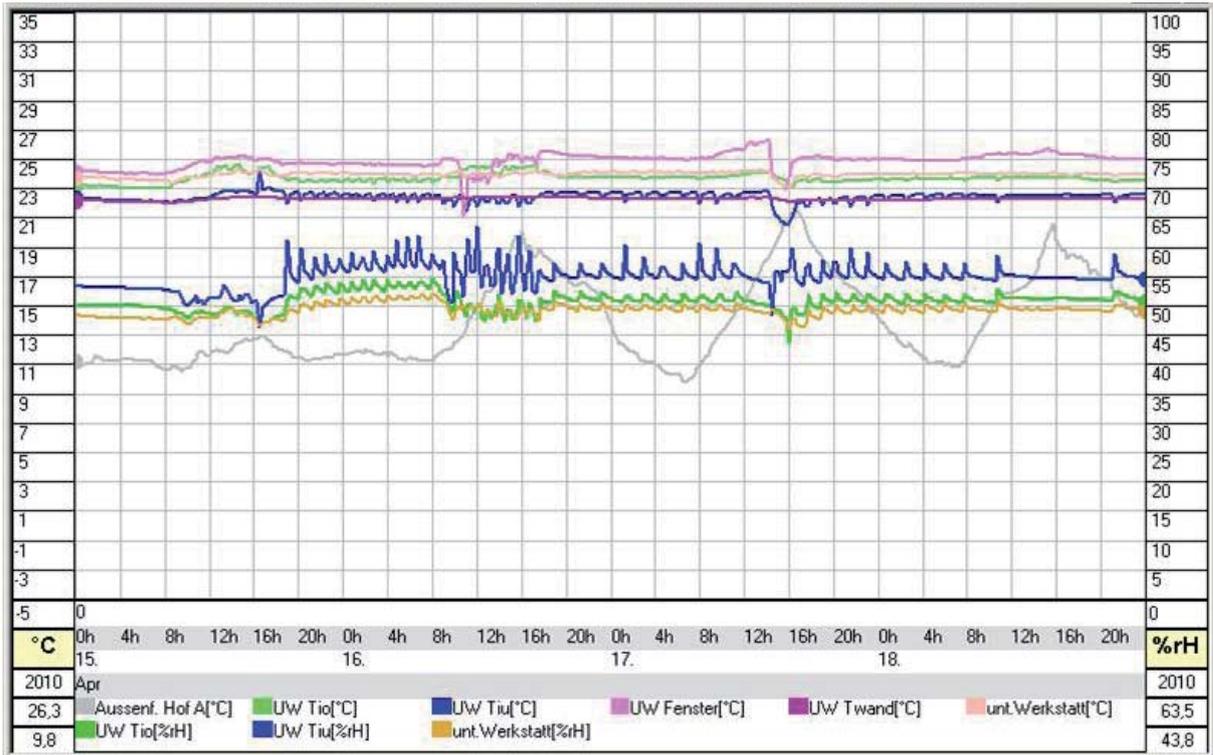


Abb. C.32: Oben: „Normaler“ Heizbetrieb im Raum mit Radiatorheizung. (Am 17.3.2010 neue Befeuchter mit größerer Regelhysterese installiert.) An den Werktagen stärkere Fluktuation durch offene Türen, Beleuchtung und innere Lasten. Tendenziell sehr unruhiger Klimaverlauf mit größerer Spreizung als bei Wandtemperierung.

Unten: „Sparsamer“ Heizbetrieb im Raum mit Wandtemperierung. (Am 17.3.2010 neue Befeuchter mit größerer Regelhysterese installiert.) An den Werktagen stärkere Fluktuation durch offene Türen, Beleuchtung und innere Lasten. Tendenziell ruhiger Klimaverlauf mit geringerer Spreizung als bei Radiatorheizung.

4. Verringerung von Heiz- und Kühllast



Oben: Voll-Heizbetrieb in der Übergangszeit im Raum mit Radiatorheizung (Ventilstellung 6). An den Werktagen stärkere Fluktuation durch offene Türen und Fenster. Tendenziell unruhiger Klimaverlauf mit größerer Spreizung als bei Wandtemperierung.

Unten: Voll-Heizbetrieb im Raum mit Sockelheizleiste (Ventilstellung 6). Luftbefeuchter schaltet sich erst am dritten Tag ein. Tendenziell ruhiger Klimaverlauf mit geringerer Spreizung als bei Radiatorheizung.

Das Klimakzept und seine Umsetzung

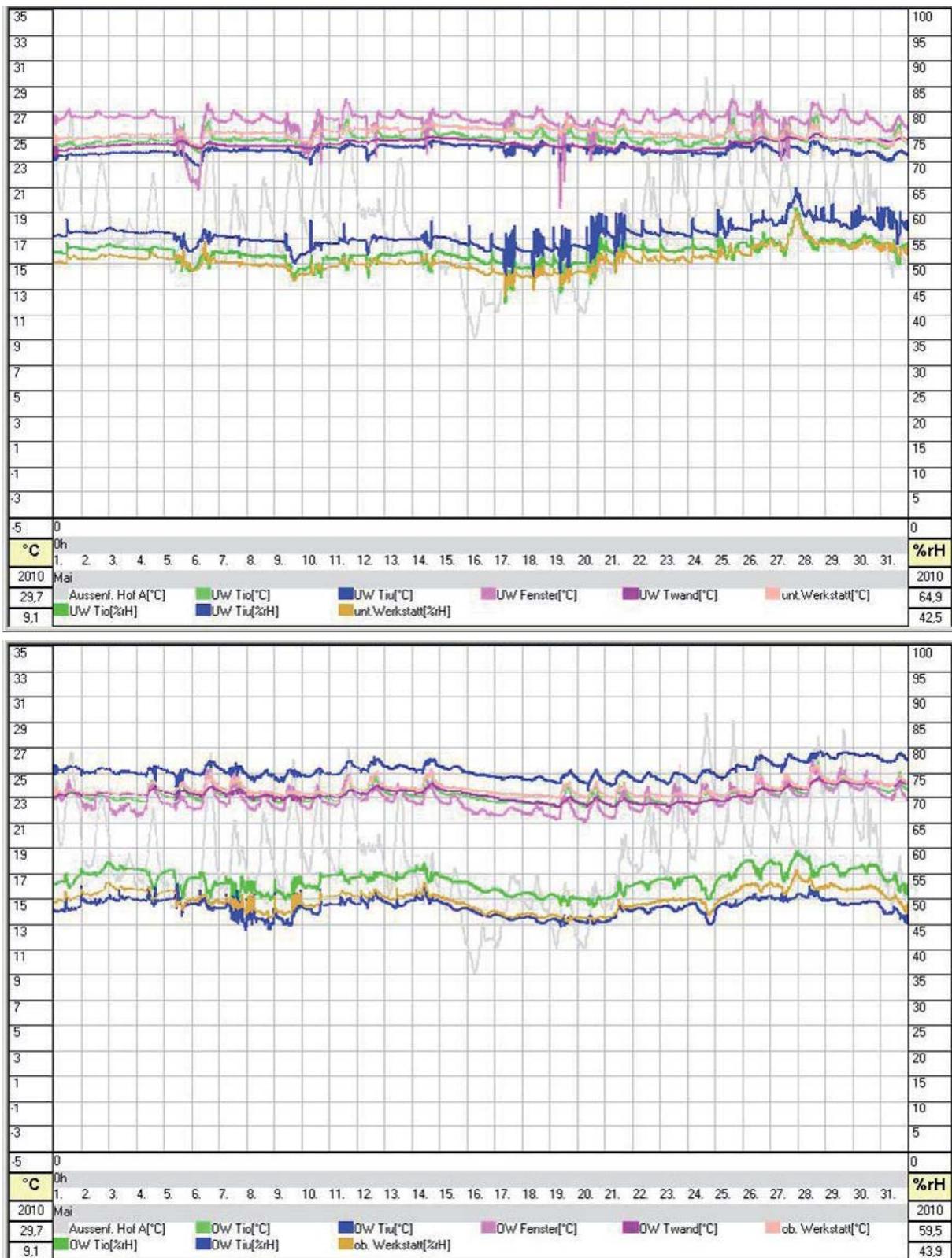


Abb. C.34: Oben: „Üblicher“ Heizbetrieb in der Übergangszeit (Heizen bei offenem Fenster) im Raum mit Radiatorheizung (Ventilstellung 4,2). An den Werktagen mit kühler Außentemperatur stärkere Fluktuation durch Zugluft. Tendenziell unruhiger Klimaverlauf mit größerer Spreizung als bei Wandtemperierung.

Unten: Kontrollierter Heizbetrieb (Ventilstellung 3,5) in der Übergangszeit im Raum mit Sockelheizleiste. Diese hat sich ab 20.4.2010 nicht mehr eingeschaltet. Wärmegewinne nur durch Steigstränge. An den Werktagen stärkere Fluktuation durch offene Türen und Fenster. Tendenziell ruhiger Klimaverlauf mit geringerer Spreizung als bei Radiatorheizung.

4.4.3.6. Thermographien der Werkstatträume

In den beiden untersuchten Werkstatträumen der SAM mit den jeweils unterschiedlichen Wärmeverteilensystemen wurden vom Institut für Hochbau und Technologie / Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz (Dr. Azra Korjenic, Di Manfred Grüner) die Wandbereiche unmittelbar neben den Fenstern sowie im Einflussbereich der Heizelemente (Radiator bzw. Sockelheizleiste) durch Messung der Wandoberflächentemperaturen mit Thermoelementen sowie durch Anfertigung thermographischer Aufnahmen untersucht (HUBER-KORJENIC-BEDNAR 2010: 142f).

- T1: in etwa 3 m Höhe an der Wand;
- T2: in etwa 1 m Höhe an der Wand;
- T3: etwa 5 cm hinter dem Rand der Holzplatte („Bild“);
- T4: Raumtemperatur in 1 m Höhe.

Die Messergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle C.10 eingetragen.

	T1	T2	T3	T4	Raumtemperatur	Raumluftfeuchte	Außentemperatur
	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[%rF]	[°C]
Werkstatt unten (Radiatoren)	19,2	19,1	18,1	20,3	20,5	43	0
Werkstatt oben (Sockelheizung)	19,7	20,2	19,2	20,7	21,3	38	0

Tab. C.10: Oberflächen- und Raumtemperaturen in den beiden Versuchsräumen während der Thermografie

Diese Thermogramme und die Messung der Wandoberflächen mit Thermoelementen visualisieren nur geringe Temperaturunterschiede, weshalb sie hier weggelassen wurden.

Bei der Sockelheizung ist der vertikale Temperaturverlauf im Vergleich zur Radiatorheizung umgekehrt. Die Oberflächentemperatur des Radiators liegt mit 43,5 °C deutlich über derjenigen der Heizleiste (28,7 °C); dennoch ist in der Aufenthaltszone die Wandtemperatur im Raum mit Sockelheizung höher. Obwohl die Lufttemperatur unter der Decke im radiatorbeheizten Raum deutlich höher liegt, ist die Wandtemperatur in 3 m Höhe um 0,5 K tiefer als im Raum mit Sockelheizung.

4.4.4. Resümee

Der akkumulierte Endstand der mit Zählerstand 0 eingebauten Wärmemengenzähler betrug am 10.6.2010 im Raum mit Radiator-Heizung 1.172 kWh, im Raum mit Sockelheizleiste 562 kWh, wobei sich letzterer Endstand nach dem 23.4. (= 48 Tage) nicht mehr geändert hat. Die unerwartet hohen Unterschiede im Heizwärmeverbrauch erfordern eine differenzierte Beurteilung. Der enorme Mehrverbrauch vor allem in der Übergangszeit (in der Neuen Burg war aufgrund der kühlen Witterung und Außenfühlersteuerung bei Raumtemperaturen von 23 °C bis zu 25 °C die Heizanlage bis Anfang Juni in Betrieb) ist ohne besonderen Erklärungsbedarf überwiegend auf Lüftungswärmeverluste zurückzuführen. Vom 23.4. (hier blieb der Zähler der Sockelheizleiste stehen) bis Ende der Heizperiode verbrauchte der radiatorbeheizte Raum (bei Ventilstellung 4,2 und untertags fallweise offenem Fenster – wie in vielen Büros üblich) weitere 259 kWh (wobei auch im temperierten Raum zum jeweils gleichen Zeitpunkt die Fenster offen standen). Es ist eine bekannte Tatsache, dass radiatorbeheizte Räume zum Erreichen von „Behaglichkeit“ (Wandoberflächentemperaturen > 19 °C) generell höhere Lufttemperaturen erfordern, wodurch diese Räume auch einen höheren Druck aufweisen, was die Lüftungswärmeverluste erhöht.

Das Klimakzept und seine Umsetzung

Der Raumluftzustand im temperierten Raum wird von den Nutzern als „leichter“ als im radiatorbeheizten beschrieben und die Luftqualität gilt prinzipiell als angenehm. Die durch die sog. „Warmluftwalze“ an den kalten Außenbauteilen und Fensterflächen ständig konvektiv vorbei geführte Raumluft bewirkt – im Vergleich zum weitgehend „stationären“ Zustand einer temperierten Außenwand – möglicherweise in einem nicht unmaßgeblichen Ausmaß eine Erhöhung des konvektiven Wärmeübergangskoeffizienten α_i . Der Mehrverbrauch des Luftbefeuchters (im Messzeitraum um den Faktor 7), der beim Einzelgerät vernachlässigt werden kann, würde sich bei den ca. 40 in der Neuen Burg stationierten Geräten jedoch über einen längeren Zeitraum deutlich zu Buche schlagen. Die signifikant längere Laufzeit führt letztlich auch zu einem rascheren Verschleiß der Geräte.

Nicht zuletzt ist aus den Klimakurven bei bauteilgebundener Wärmeverteilung auch ein deutlich stabilerer Klimaverlauf ablesbar. Sowohl aus konservatorischen als auch aus ökonomischen Gründen ist somit ein Umbau der Heizanlage von konvektiver Wärmeverteilung mittels Radiatoren auf bauteilgebundene Wärmeverteilung mittels Sockelheizleiste zu empfehlen. Unabhängig davon wird auch ein Umrüsten der Vorlaufregelung von Außenluftfühler-Steuerung auf Bauteil-(Masse-)fühler-Steuerung empfohlen. Bezüglich der simulierten „Kalte-Wand-Problematik“ ließen sich keine signifikanten Unterschiede feststellen. Offenkundig war das Format des „Bildes“ hinsichtlich der Größe des Wandabschnittes zu klein bzw. die Pufferwirkung der 65 cm dicken Ziegelwand zu groß. Die Temperatur im Luftraum zwischen Bildrückseite und Wandoberfläche war bei der Sockelheizleiste geringfügig höher; in beiden Fällen war der Klimaverlauf konstant.

Mehrere Räume der gleichen Verwaltungseinheit könnten zu kleinen Heizkreisen zusammengefasst werden, deren Verbrauch über Subzähler festgestellt wird. Damit könnte auch das sehr aufwändige jährliche Ableseverfahren der an den einzelnen Radiatoren angebrachten elektronischen „Wärmezähler“ vereinfacht und auf einen mehr nutzungsflächenbezogenen Verteilungsschlüssel der Heizkosten mit größerer Kostenwahrheit gewechselt werden.

4.5. Obergeschoßdämmung

Die Dämmung der Obergeschosdecken zum unbeheizten Dachboden stellt bei der thermischen Sanierung historischer Bausubstanz eine der effizientesten und prioritären Maßnahmen dar. Um das angestrebte Gesamtklimakonzept voranzubringen und die über den eigenen Wirkungsbereich hinausgehende Konzeption zu unterstreichen, wurde 2007 über das Gebäudemanagement des KHM an die BHÖ und ÖNB der Vorschlag herangetragen, den Dachbodenbereich des westlichen Gartentrakts der Neuen Burg (oberhalb der Büros der ÖNB „Hauptabteilung Bestandsaufbau und Bearbeitung“) mit einer hochwirksamen Dämmung zu versehen, was letztlich mit Hilfe einer privaten Spende von € 20.000,- durch Frau Dr. Getrude Kastner und unter Beteiligung der ÖNB und BHÖ realisiert werden konnte. Mit dem Verbundelement „Heralan-E-02/S“ (175 mm), das einen Nennwert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$ sowie einen Wärmedurchlasswiderstand von $3,90 \text{ m}^2\text{K/W}$ aufweist, konnte der Wärmedurchgangskoeffizient der Bestandsdecke von $U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ auf $0,214 \text{ W/m}^2\text{K}$ abgesenkt werden²⁶. Damit lässt sich die erforderliche Heizleistung für einen mittleren Januar-Tag (für eine Solltemperatur von $20 \text{ }^\circ\text{C}$) berechnen (Abb. C.35). In einer computergestützten thermischen Simulation wurde der mittlere Heizwärmebedarf für Januar bei nicht gedämmter Decke mit 6.911 kWh ermittelt. Die Dämmung der Decke vermindert diesen Heizwärmebedarf auf 4.809 kWh , was im langjährigen Schnitt eine Einsparung im Tiefwinter von rund 30 % ergibt (KREČ-HUBER 2010: 98. Verwendet wurde das Simulationsprogramm GEBA V8.0, © K. Kreč 1996-2010, das den sogenannten „periodisch eingeschwungenen Zustand“, wie er in Österreich zur Berechnung von Sommertauglichkeitsuntersuchungen normativ vorgeschrieben ist, abbildet.).

Die Maßnahme dient gleichzeitig auch zur Erhöhung der Sommertauglichkeit (→ Kap. C.5.6.).

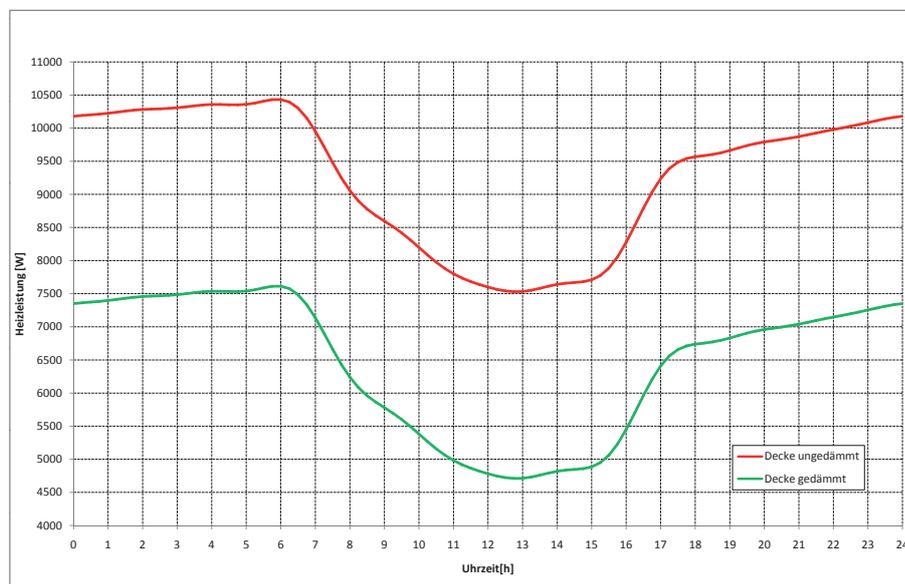


Abb. C.35: Durch Dämmung der Obergeschosdecke kann der Heizwärmebedarf im Tiefwinter um ca. 30 % gesenkt werden. (Simulation und Grafik: K. Kreč)

²⁶ Der im Gutachten von DI Dr. Gernot Scherpke vom 14.8.2007 genannte U-Wert von $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ basiert nur auf dem Wärmedurchlasswiderstand des Dämmstoffs und vernachlässigt den Wärmedurchlasswiderstand der Decke (so als ob die Decke nur aus Dämmstoff bestünde), weshalb die Verbesserung in Wirklichkeit noch besser ausgefallen ist als angegeben.

4.6. Thermische Verbesserung der Fenster und Außentüren

Wie bereits in Kap. C.3.1. ausführlich dargelegt, ist ein tischlerisch instand gesetztes und adäquat gedichtetes traditionelles Kastenfenster einem gängigen einflügeligen Fenster mit Wärmeschutzverglasung sowohl im Winter als auch im Sommer thermisch überlegen, wenn die innere Ebene mit einer Wärmeschutzverglasung ausgerüstet wird (ORTLER-KRISMER-WIMMERS 2005). Da dies im Fall der Neuen Burg einen Gläsertausch bei allen Innenflügeln erfordern würde (die Fenster wurden 2007-2009 im ganzen Haus einer Generalüberholung unterzogen), ist es vermutlich, nicht zuletzt aus Überlegungen des Denkmalschutzes, zur Zeit nicht denkbar, bei allen Innenflügeln die Glasfalze nachfräsen zu lassen und neue Wärmeschutzgläser einzusetzen, auch wenn dies von der aktuellen Literatur zur thermischen Sanierung im historischen Bestand empfohlen wird (HUCKFELD-WENK 2009: 285ff). Diese Lösung wurde allerdings bei den großen südseitigen Fenstern im Hochparterre der Neuen Burg bereits ergriffen und ist auch bei zukünftigen Sanierungen des KHM und der ÖNB vorgesehen.

Als Alternative bietet sich die Montage eines Verbund-Vorsatzflügels an, der den Wärmedurchgang der Verglasung der Fenster um 25–30 % reduziert. Diese Variante wurde bereits 1992 an den Innenflügeln der Fenster der SAM (Säle IX-XIII) realisiert und die Sinnhaftigkeit der Methode in einer späteren Computersimulation bestätigt (KREČ 2010).

Die in Kap. C.3.1. beschriebene gezielte Optimierung der Fenster und Balkontüren zur Minimierung der Lüftungswärmeverluste führt zusammen mit der Verringerung des Wärmedurchgangs über die Glasscheiben und der Füllungen zu einer signifikanten thermischen Verbesserung des Gesamtsystems Kastenfenster (wozu auch die Balkontüren gezählt werden müssen). Bereits im Jänner 2009 waren von den Wiener Stadtwerken/Gaswerke Thermografien der Neuen Burg durchgeführt worden, die das nicht ausgeschöpfte thermische Sanierungspotential der übrigen Bestandsfenster deutlich vor Augen führten (HUBER 2007: 14).

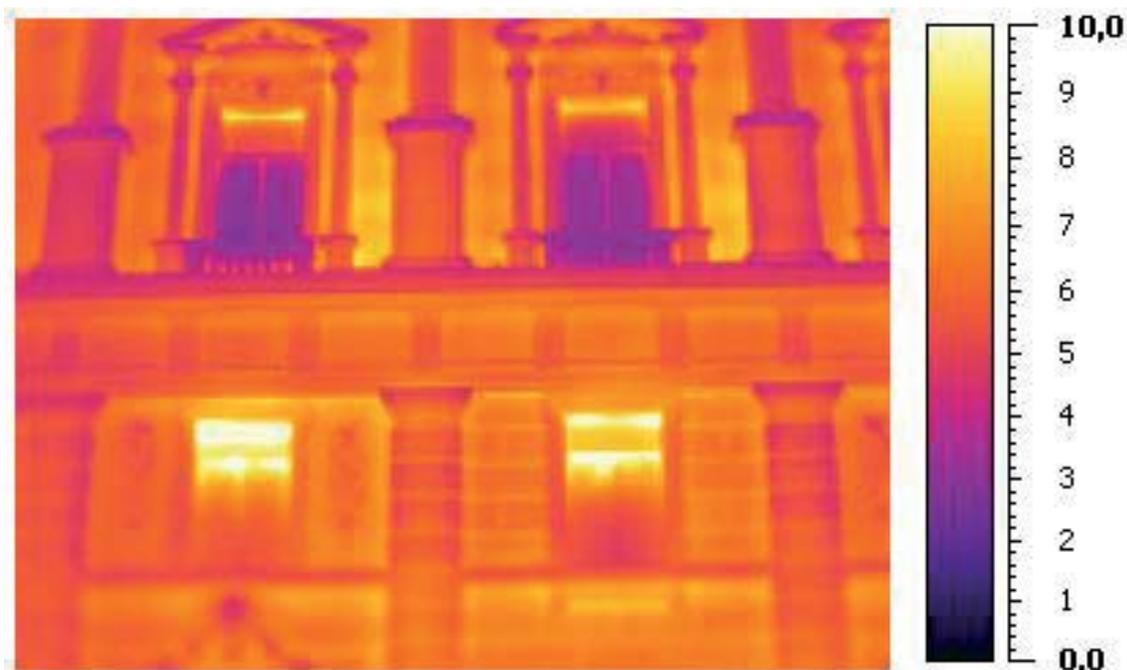


Abb. C.36: Thermografie an der Südostseite der Neuen Burg: Die obere Fensterreihe zeigt die optimierten Fenster der SAM (die Oberlichtflügel verfügen über keine Verbund-Vorsatzscheibe). Die Oberflächentemperatur der unteren Fenster ist an der Außenseite um ca. 3 K wärmer. (Thermografie: Wiener Stadtwerke/Gaswerke Jänner 2009)

4.7. Thermische Sanierung Eingangsbereich MVK

Mit der Entfernung der Windfänge im Eingangsbereich des Corps de Logis 2006 wurde diese klimatische Schnittstelle thermisch noch problematischer als zuvor. Die von den Wiener Gaswerken 2009 durchgeführte Thermografie zeigt die Bestandstüre als Wärmebrücke. Die mittlere Tür muss durch eine Karusselltür ersetzt und an den beiden Seitentüren zumindestens die Glasscheiben auf Isolierverglasungen umgerüstet und die Türrahmen unten mit eingefrästen Bürsten zur Verringerung von Zugluft versehen werden.

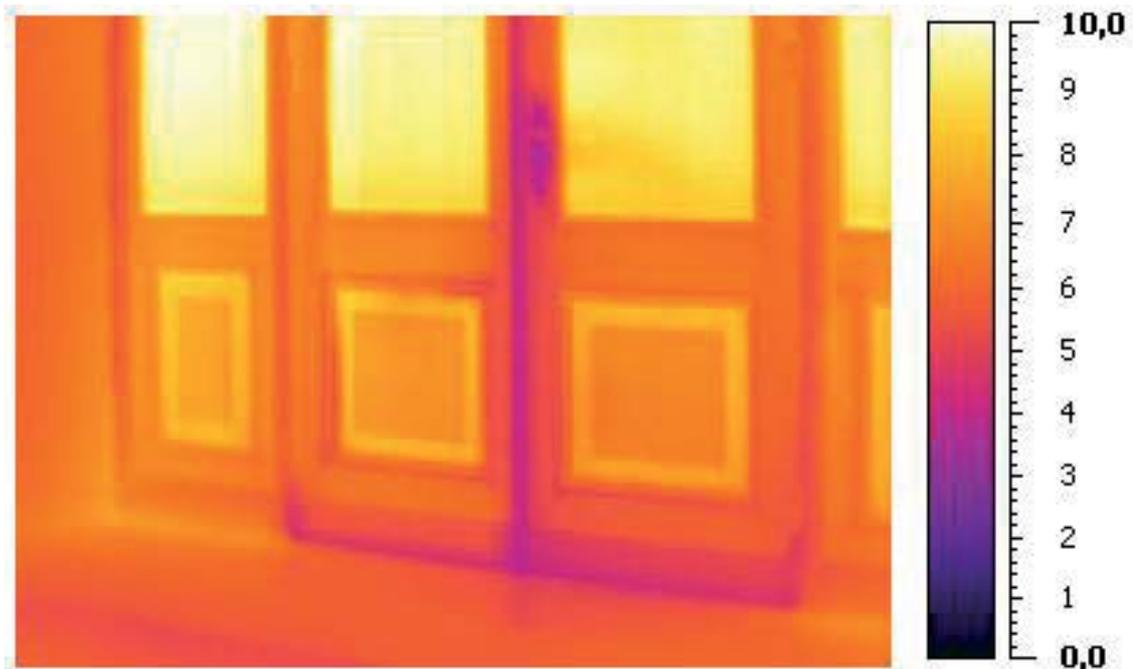


Abb. C.37: Die Thermografie der Eingangstür ins Corps de Logis von außen zeigt signifikante Wärmeverluste (Thermografie: Wiener Stadtwerke/Gaswerke Jänner 2009)

4.8. Umbau der Heizungssteuerung von Außenluftfühler auf Bauteilfühler

Es entspricht langjähriger Praxis und ist somit durchaus „Stand der Technik“, dass Heizungsanlagen im Herbst hochgefahren werden, wenn die über einen Außenfühler erfasste durchschnittliche Außenlufttemperatur auf unter 15° C absinkt. Für die Neue Burg geht diese Vorgangsweise jedoch an der Realität vorbei. Im Jahr 2008 wurde Mitte September zu heizen begonnen, obwohl in den Sammlungsräumen und Büros noch spätsommerliche Raumtemperaturen zwischen 25 und 23°C gemessen wurden. Im Frühjahr 2009 endete die Heizperiode (aufgrund einiger kühlerer Tage gegen Ende April) erst Ende Mai, obwohl die Räume bereits von der tief stehenden, aber schon kräftigen Frühjahrssonne erwärmt wurden, sodass die Temperatur in den Sammlungsräumen bei abgedrehten Radiatoren auf über 23° C anstieg. In der Praxis des Büroalltags sieht dies so aus, dass an schönen Tagen die Fenster offen stehen, unter denen sich die aktivierten Radiatoren befinden und die Heizwärme direkt ins Freie abgeben. Ein langjähriger Vorschlag besteht darin, die bestehende (über Außenluftfühler geführte) Heizungssteuerung auf eine durch einen bauteilgebundenen, etwa 2 cm tief eingeputzten Massefühler geregelte Heizungssteuerung umzurüsten, wozu lediglich ein repräsentativer Mauerabschnitt definiert und die Heizkurve neu berechnet und eingestellt werden müsste. Damit könnte die Heizsaison um mindestens vier Wochen abgekürzt werden.

4.9. Umrüsten von Einzel-Klimageräten auf modifizierte, bedarfsorientierte Außenlüftung

Die Räume zur Aufbewahrung der Computer-Schaltschränke im Rahmen der Sicherheitstechnik dürfen eine Raumtemperatur von 25° C nicht überschreiten. Dazu wurden mehrere Kleinklimageräte installiert, deren Energiebedarf sich zu nicht unbeträchtlichen Jahresverbräuchen summiert. Zur Kühlung des 14 m² großen Serverraums ZGO128 (D-Stiege) dient ein Split-Gerät mit einer Leistung von 3,3 kW, das (je nach meteorologischen Gegebenheiten) sich auch während der Heizperiode bei Außentemperaturen um den Gefrierpunkt regelmäßig einschaltet und ab etwa Ende April bis weit in den Herbst fast ohne Unterbrechung läuft. Allein im Sommerhalbjahr verbraucht dieses eine Gerät etwa 14.500 kWh, wofür (bei € 0,17/kWh) bei sechs Monaten Dauerbetrieb Kosten von mehr als € 2.600,- anfallen. Im November 2010 wurde entdeckt, dass im Nachbarraum, in dem das Gerät montiert ist und der mit dem Serverraum durch Lüftungsöffnungen verbunden ist, die Heizung angedreht war; die beiden Räume wurden somit gleichzeitig geheizt und gekühlt.

Da das Kühlen eines Stahlschranks durch Kühlen der Raumluft äußerst ineffizient ist, sollte geprüft werden, ob nicht andere Möglichkeiten einer Direktkühlung der Schrankwände bestehen. Die Kühlung der Räume könnte während des Winterhalbjahres technisch gestützt über die kalte Außenluft erfolgen. Alle in der Neuen Burg installierten Kühlgerät sollten einer Bedarfsprüfung unterzogen und Alternativen überlegt werden.

4.10. Verringerung der Kühlleistung durch Außenbeschattung der Fenster und Lichtdächer

Die bei der Sanierung der Lichtdächer eingesetzten Isolierverglasungen haben zwar im Winter zu einer Verringerung der Heizleistung, im Sommer hingegen zu einem Anstieg der Innenraumtemperaturen geführt. Statt einer technischen Kühlung wäre es sinnvoller, den Strahlungseintrag von vornherein durch geeignete Beschattungsmaßnahmen zu reduzieren. In einer 2010 durchgeführten Simulation konnte nachgewiesen werden, dass die am Normsommertag erforderliche Kühlenergie von 65,5 kWh für den Fall ohne Beschattung (rote Linie; 100 %) zur Erreichung der Norminnentemperatur von 26 °C durch Außenbeschattung auf 40,2 kWh (blaue Linie; 61 %) verringert werden kann (KREČ-HUBER 2010). Durch Nachtlüftung (1,5-facher Luftwechsel außerhalb der Betriebszeit) lässt sich die erforderliche Kühlenergie weiter auf 26,4 kWh verkleinern (grüne Linie; 40 %) (→ Kap. C.5.1).

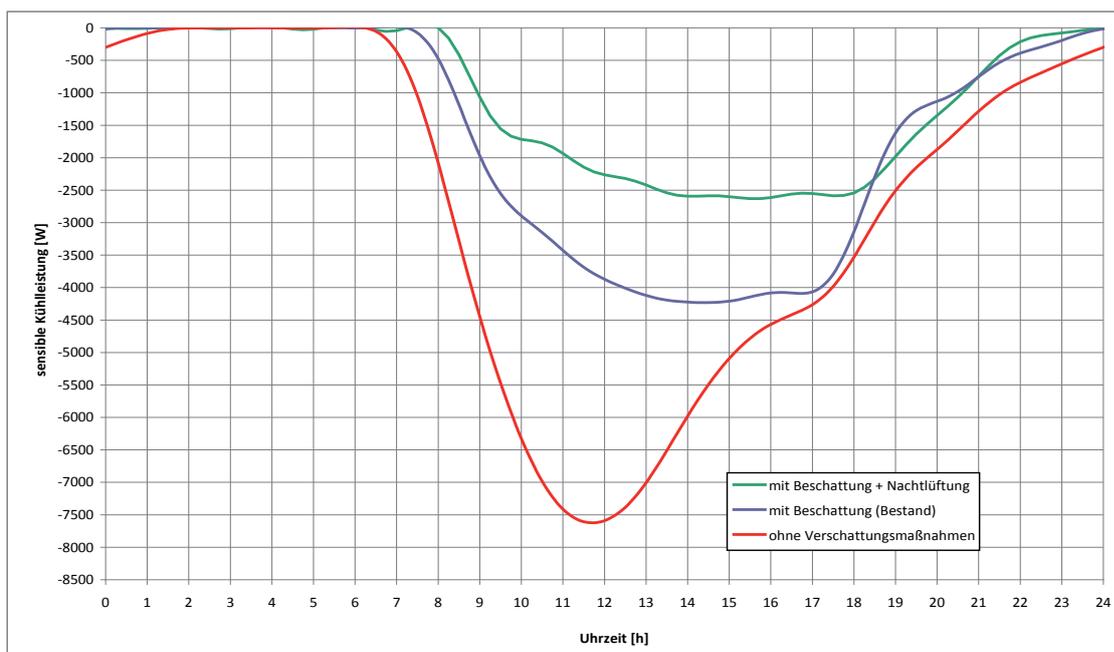


Abb. C.38: Berechnete Tagesgänge der für die Einhaltung von 26 °C Raumtemperatur erforderlichen sensiblen Kühlleistung (Simulation und Grafik: K. Kreč)

5. Sonnen- und Wärmeschutz, passive und aktive Kühlung

5.1. Außenbeschattung aller Fenster der Schausammlungen

Seit 2007 sind alle 24 Fenster bzw. Türen der SAM und seit 2009 die 7 Fenster von Saal VII der HJRK mit einer von außen quasi „unsichtbaren“ Außenbeschattung ausgestattet (← Kap. A.4.8.). Sie besteht aus einem dem Außenflügel mit einem Konvektionsabstand von 10-15 mm vorgesetzten, farblich abgestimmten Holz- oder Aluminium-Rahmen, der die Glaslichten des Außenflügels zitiert und deshalb von unten nicht wahrgenommen wird. In die Rahmennut ist eine Glas- bzw. Polycarbonatplatte²⁷ „schwimmend“ eingesetzt, die fensterseitig mit einer Sonnenschutzfolie beschichtet ist; dahinter ist ein Streckmetallgitter aus Aluminium mit einer offenen Fläche von $A_o = 34\%$ montiert, welches das Fenster ab etwa 9:30 Uhr beschattet (HUBER 2007: 174f). Mit dieser Beschattungseinrichtung kann der flächenbezogene Wärmeeintrag über die Fenster bei maximaler Sonneneinstrahlung an einem „Normsommertag“ von ca. 220 W/m^2 auf rund 32 W/m^2 gesenkt werden, d. s. 15 % des ursprünglichen Wertes (KREČ 2010; Abb. C.39 und C.40).



Abb. C.39: Südstfassade der Neuen Burg: Alle Fenster des 1. Stocks sind mit einer fixen Außenbeschattung ausgestattet.

²⁷ Der Vorteil der PC-Platten besteht in ihrer schlagzähen, quasi unzerbrechlichen Beschaffenheit. Als Nachteil muss der hohe thermische Ausdehnungskoeffizient von $0,07\text{ mm/m.K}$ hervorgehoben werden sowie die Tatsache, dass frisch gefertigte PC-Platten bei starker Sonneneinwirkung und Erwärmung Gase absondern, die die aufkaschierten Sonnenschutzfolien blasenförmig abheben (was bei Glasscheiben nicht beobachtet wurde). Es wird empfohlen, PC-Platten mit integrierter Sonnenschutzfolie zu entwickeln.



Abb. C.40: Die Beschattungsrahmen sind mit 10 mm Konvektionsabstand auf den Außenflügeln montiert. Die obere Fensterreihe im linken Bild zeigt den Bestand der tischlerisch sanierten Fenster; die untere Fensterreihe ist mit dem Prototyp-Vorsatzrahmen ausgestattet (OG1 Marmorsaal der SAM). In der zuletzt ausgeführten Version, können die Rahmen zum Putzen weggeklappt werden (rechts).

5.1.1. Belüftung der Fensterkästen

Im Fensterkasten entstehen (je nach gewähltem Beschattungsmaterial) durch Absorption an den Beschattungseinrichtungen sehr hohe Temperaturen bis zu über 65 °C, die zu einer Überhitzung der Innenscheiben führen. Die 2007 in eigenen Modellversuchen mit dem Sonnenschutzscreen „Soltis M030 anthrazit“ 2007 gemessenen Innenscheiben-Oberflächentemperatur von 50-55 °C (HUBER 2007: 182), wurden 2010 durch eine für die Fenster der Kunstkammer durchgeführte Simulation bestätigt (KREČ 2010: 3), was die Aussagekraft der hier durchgeführten Variantenrechnungen erhöht.

Zur Senkung der Oberflächentemperaturen wurden die Fenster der SAM darüber hinaus bereits 1990 mit einer Fensterkastenbelüftung ausgestattet: Durch Trennen der Z-Scheren der Oberlichtflügel und Installieren einer eigenen Mechanik für den Außenflügel, kann dieser - bei geschlossenem Oberlicht-Innenflügel - ausgestellt werden kann (→ die Bedienanleitung der Fensterkastenbelüftung in Abschnitt D). Bei Fenstern mit Schubstangenmechanik aber ohne Oberlichtflügel kann durch ein zweites Schließblech eine „Sommerstellung“ für den Außenflügel geschaffen werden, die bei ausreichend ausladendem Witterschenkel das Fenster regendicht erhält, aber dennoch eine konvektive Hinterlüftung erlaubt (Abb. C.41).



Abb. C.41: Durch ein zweites vorgesetztes Schließblech kann der Außenflügel eines Kastenfensters mit Schubstangenmechanik regendicht fixiert aber luftdurchlässig gemacht werden.

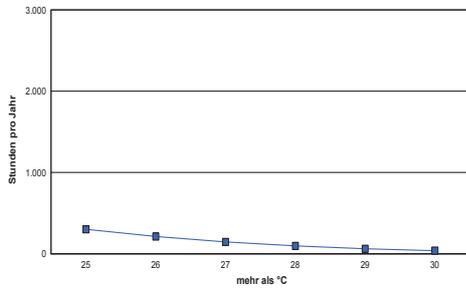
Bei den großen Rundbogenfenstern/-türen im Saal IX und XIV (Marmorsaal) wurde durch Umbau der äußeren Füllungen in Klappen (unten) und Herstellen eines nach außen geöffneten Fensterflügels im Kämpferbereich (oben) eine sehr wirksame konvektive Belüftung des Fensterkastens hergestellt (Abb. C.42).



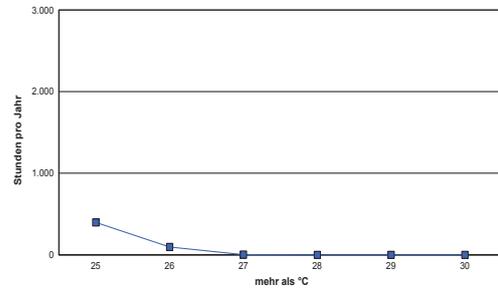
Abb. C.42: Fensterkastenbelüftung bei den großen Rundbogenfenstern/-türen

Mit aller gebotenen Vorsicht lässt sich der Erfolg der Außenbeschattung durch Auswertung der Klimaaufzeichnungen der SAM nachweisen: Es wurde untersucht, wie viele Stunden pro Jahr die Raumtemperaturen von 25 – 29°C in den Sammlungsräumen überschritten worden waren. Dabei wurden, mit Gegenüberstellung der Jahre 2001 und 2008, jeweils ein meteorologisch vergleichbarer Sommer vor dem Einbau der Außenbeschattung und ein solcher danach einander gegenüber gestellt und evaluiert (Abb. C.43).

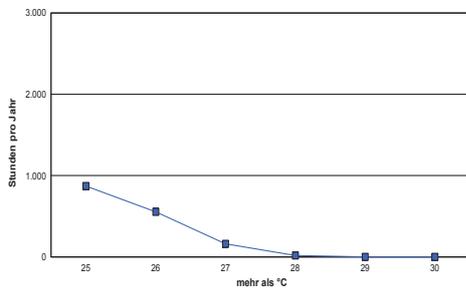
Aussenfuehler



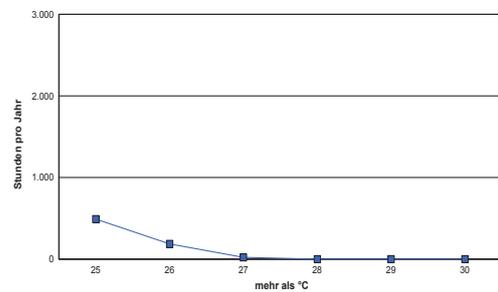
Seitengalerie



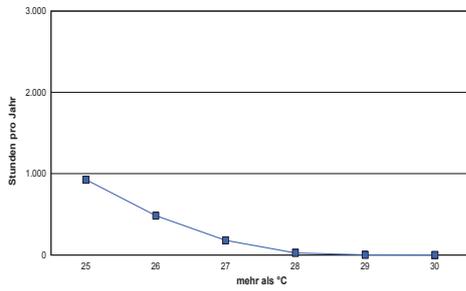
Saal 14



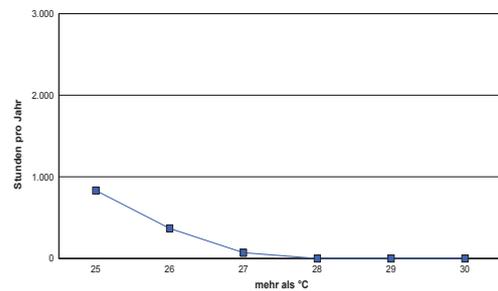
Stiegenhaus



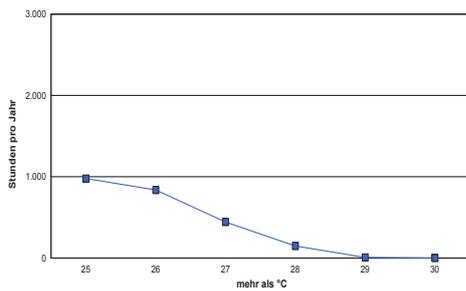
Saal 17



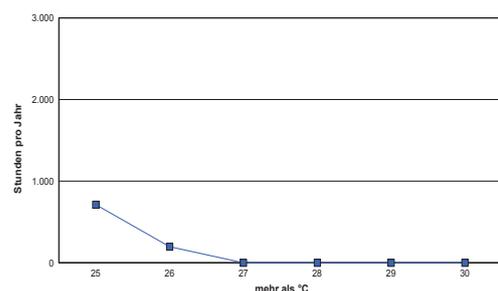
Studiensamm



Saal 9

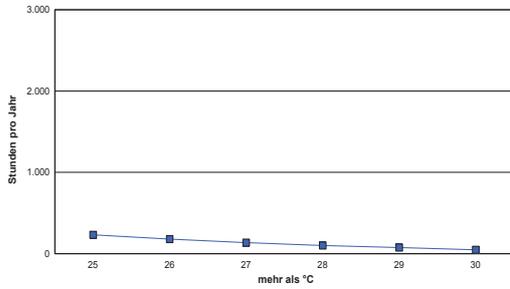


Werkstatt

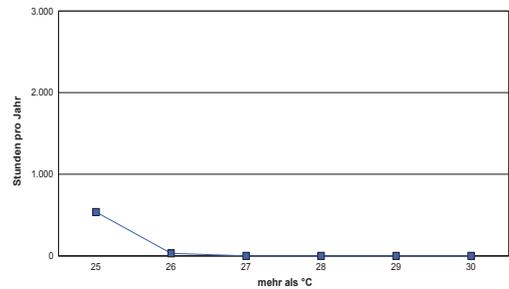


Jahr 2008

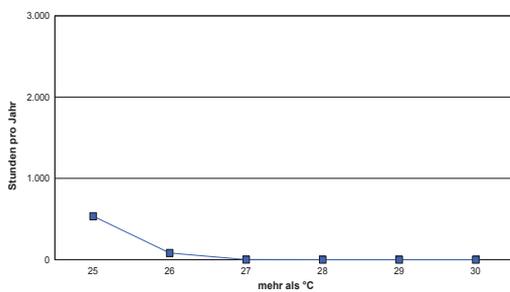
Aussenfühler



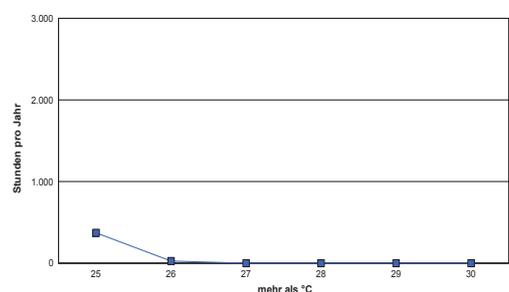
Seitengalerie



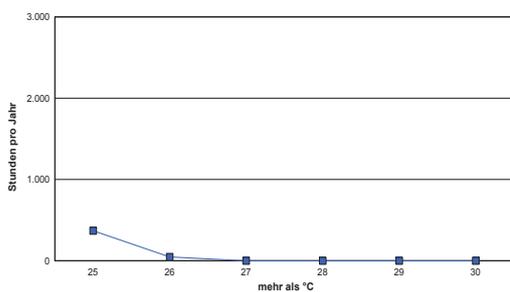
Saal 14



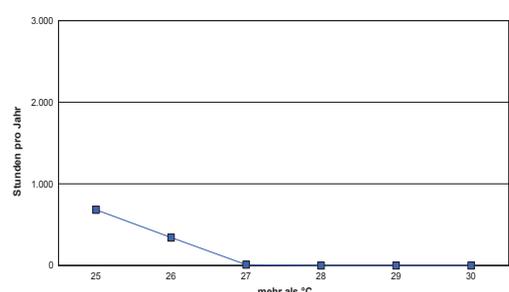
Stiegenhaus



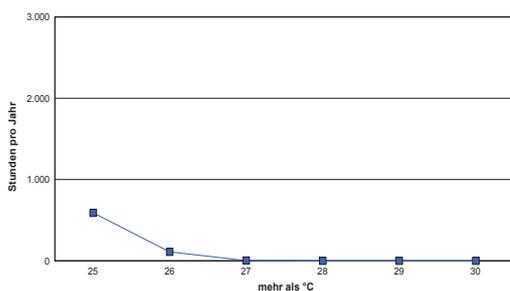
Saal 17



Studiensamm



Saal 9



Werkstatt

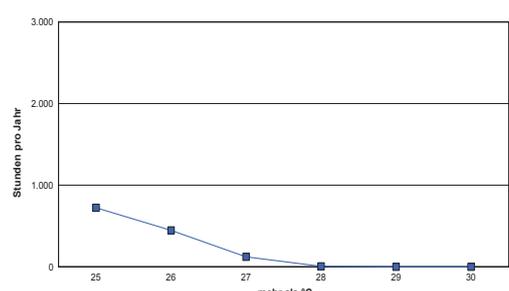


Abb. C.43: Nach Einbau der Außenbeschattung konnte im Bereich der Schausammlung die Anzahl der Stunden, bei denen die Raumtemperatur 25° C und mehr überschritt, um mehr als 50 % gesenkt werden. Studiensammlung und Werkstatt haben hingegen keine Außenbeschattung und weisen fast gleich hohe bzw. höhere Temperaturen auf wie zuvor.

Das Klimakonzept und seine Umsetzung

Mit den 31 Fenstern im 1. OG verfügen rund 25 % der Fensterfläche an der Südostseite der Neuen Burg über eine Außenbeschattung. Aufgrund der positiven Ergebnisse kann empfohlen werden, alle Fenster der Sammlungsräume der HJRK und des MVK mit diesem oder einem ähnlichen Lichtschutz auszurüsten.

Die Auswertung zeigt aber auch deutlich, dass im Bereich der im Nordteil des Mittelbaus befindlichen Werkstatt und der Studiensammlung der SAM, in dem weder Außenbeschattung noch Obergeschossdämmung wirksam werden, die sommerliche Erwärmung nicht gesenkt werden konnte, weshalb hier weiterhin Handlungsbedarf besteht (→ Kap. C.5.3. und C.9).

Bei den 1991 in den Fenstern und Türen des Segmentbogens und des Mittelbaus montierten Lichtschutzfolienrollos („Pergaflex“) beginnen sich nach 20 Jahren die Klebeverbindungen aufzulösen, was Überlegungen zur Anbringung eines langlebigeren Ersatzes notwendig macht. Da die oberhalb der Stiegen befindlichen Fenster und die Oberlichten über dem Gesims derzeit ausschließlich über ein Gerüst zugänglich sind, erscheint es langfristig besser, auch hier eine außen angebrachte Lichtschutzlösung zu wählen. Die zum Heldenplatz orientierte Nordwestseite ist nur im Hochsommer und dann am späten Nachmittag von direkter Sonneneinstrahlung betroffen; dennoch ist, wie die Simulation der Tagesgänge gezeigt hat (KREČ 2010: 7), auch aus Nordwest mit einem nicht unbeträchtlichen Eintrag an Diffusstrahlung zu rechnen. Möglicherweise würde es genügen, eine nur mit einer hochwirksamen Lichtschutzfolie beschichtete, auf Distanz gesetzte Vorsatzscheibe (also ohne Streckmetall) an der Außenseite der Fenster klappbar anzubringen. Bei Bedarf könnten diese Flügel – sie sind vom Balkon der Kolonnaden aus relativ leicht zugänglich – von außen gewartet oder weggeklappt werden, falls eine volle Belichtung des Stiegenhauses vorübergehend erwünscht wäre. Der U-Wert der Fenster würde sich deutlich verbessern, da durch die vorgesetzte Glasscheibe der Koeffizient für den konvektiven Wärmeübergang (α_e) abgesenkt wird.

5.1.2. Begrünte Sonnenschutzschirme vor den Fenstern/Türen der Burggarten-Terrasse

Um den Strahlungseintrag über die 4,3 bzw. 8,5 m² großen Glasflächen der Türen bzw. Fenster in der burggartenseitigen Terrassenzone und die damit einhergehende Erwärmung der Räume auf bis zu 30 °C zu verringern, sollten auf der Terrasse nach Süden orientierte (d. h. West-Ost ausgerichtete), etwa 4 m lange Pflanztröge mit einem mittig befestigten, ca. 4,5 m hohen Maschendraht-Zaunelement aufgestellt werden. Darin könnten verschiedene Kletterpflanzen (Veitschii, wilder Wein, Hopfen, Clematis, Geißblatt etc.) eine grüne und blühende Schattenwand bilden, die die Fenster vor direkter Sonneneinstrahlung schützen. Obwohl der Maschendraht keine große Windangriffsfläche bietet, sollten die Tröge mit Spannseilen gesichert werden.

Die Effizienz dieser Beschattungsmaßnahme konnte über eine Simulation des Tagesganges in der Bibliothek des MVK errechnet werden: Die Reduktion der Sonneneinstrahlung durch Bepflanzung bringt ein Absenken der Raumtemperatur untertags um 1,5 K mit sich; auch während der Nachtstunden kann die Temperatur um 1 K verringert werden. Besonders effektiv würde sich eine Kombination der Beschattung mit Nachtlüftung ($n = 1,5$) erweisen. Damit könnte, ohne aktive Kühlung, nur durch erhöhten Außenluftwechsel, in diesen Räumen „Sommertauglichkeit“ im Sinne der ÖNorm B8110-3 mit Höchsttemperaturen von 27 °C hergestellt werden (KREČ-HUBER 2010: 92f). Nach mündlicher Überlieferung gab es in den Bibliotheksräumen ursprünglich ein oder zwei Lüftungsöffnungen.



Abb. C.44: Fotomontage der Südfassade der Neuen Burg mit Pflanzenschirmen vor den Fenstern und Türen im Hochparterre und Außenbeschattung im Mezzanin und 2. Obergeschoß. (Fotomontage: Stefanie Huber)

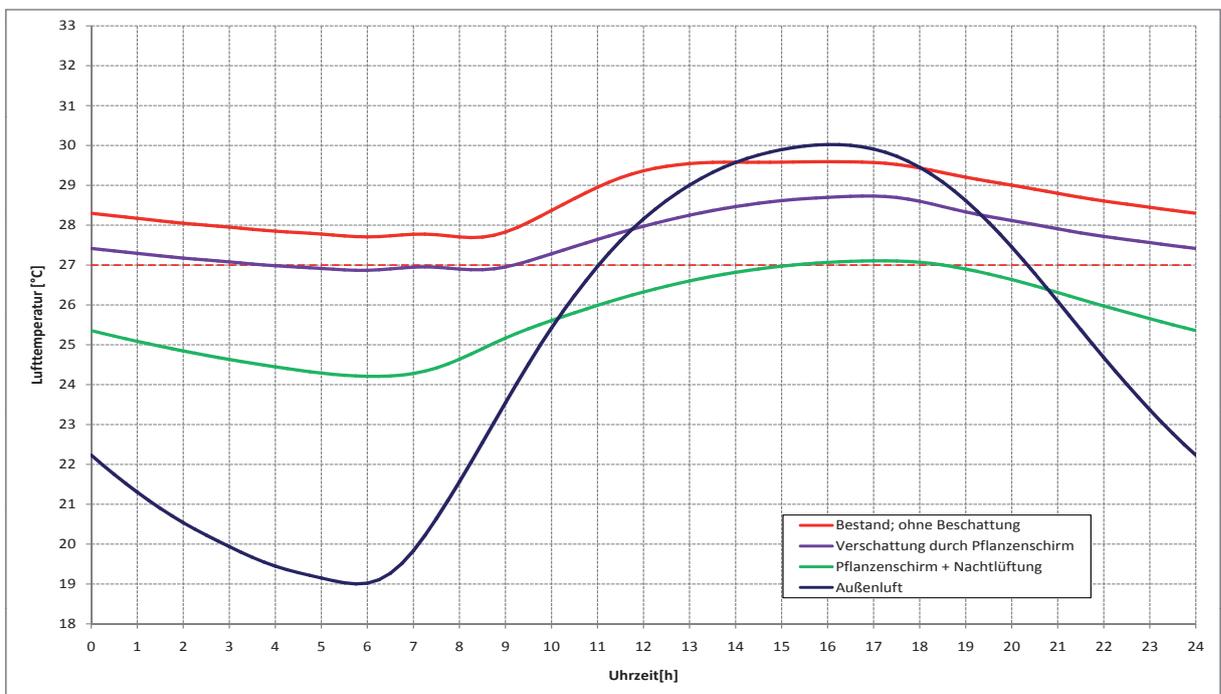


Abb. C.45: Simulation der Bibliotheksräume des MVK im Hochparterre. Durch die Außenbeschattung mit Pflanzenschirm und Nachtlüftung lässt sich die Sommertauglichkeit nach ÖNorm B8110-3 herstellen. (Simulation und Grafik K. Kreč)

5.2. Außenbeschattung vor den Fenstern im 2. OG und Mezzanin

Wie in Kap. C.9 gezeigt wird, ist das Absenken der sommerlichen Raumtemperaturen (ohne Einsatz von raumgreifender, kostspieliger und energieintensiver Kühltechnik) nur im Zusammenspiel mehrerer Parameter möglich. Dabei stellen Außenbeschattung und kontrollierte Nachtlüftung die wirksamsten Hebel zur Herstellung der Sommertauglichkeit im Sinne der ÖNorm B8110-3 dar. In Hinblick auf den stattfindenden Klimawandel scheint das Festhalten am strikten Verbot von Außenbeschattungsmaßnahmen im denkmalgeschützten Bereich nicht mehr haltbar, zumal – wie in Kap. B.1.9. gezeigt wurde – mehrere Präzedenzfälle vorliegen, wo für die Ansaugöffnungen von Klimaanlage schon bisher Änderungen im Erscheinungsbild in Kauf genommen wurden. Dies ist insofern inkonsistent, als ein Außensonnenschutz keine Veränderung der Bausubstanz, sondern eine zerstörungsfreie, additive Schutzmaßnahme darstellt, wohingegen Klimaanlage mit stark invasiven Eingriffen in die Bausubstanz verbunden sind. Wie die Simulationen in KREČ-HUBER 2010 gezeigt haben, können in den Obergeschoßen der Neuen Burg sommerliche Raumtemperaturen unter 27 °C nur dann erreicht werden, wenn alle sonnenexponierten Fenster eine Außenbeschattung erhalten. In der Fotomontage in Abb. C.44 sind im 2. OG und im Mezzanin der Neuen Burg Außenrollos angebracht. In der als Schutzzone ausgewiesenen Wiener Innenstadt (die allerdings nicht generell unter Denkmalschutz steht) gibt es mehrere Beispiele für dezent ausgeführte Beschattungsmaßnahmen an der Außenfassade (Abb. C.46).



Abb. C.46: Gründerzeithäuser in der Wiener Schutzzone. Fassade mit und ohne Außenbeschattung (1010 Wien, Parkring 2 und 4).

5.3. Konventionelle variable Außenbeschattung aller Fenster in den Lichthöfen

Über die ca. 2,5 x 1,2 m großen Fenster zu den vier Lichthöfen A – D findet im Sommer ein beträchtlicher Strahlungseintrag statt; dies nicht nur über die südorientierten Fenster in den Höfen A und D sondern in beträchtlichem Ausmaß auch über die nach Nordwest orientierten Räume durch Reflexion an der gegenüberliegenden hellen Mauer, was bei mehreren aufeinander folgenden Hitzetagen zu einem Anstieg der Raumtemperaturen in den Büros und Werkstätten auf über 30° C führt. Die im Arbeitnehmerschutzgesetz vorgeschriebene Sommertauglichkeit ist somit nicht gegeben.

Die Fenster zu den vier Lichthöfen A – D sollen in den drei obersten Geschossen eine handelsübliche Außenbeschattung erhalten. Die mit gewölbtem Fenstersturz ausgestatteten Fenster im 2. OG können nur mit einem hochreflektierenden Rollo im Fensterkasten beschattet werden.

5.4. Wärmeschutzverglasung bzw. Verbund-Vorsatzflügel an den Innenflügeln der Kastenfenster

Wie bereits in Kap. C.3.1. erwähnt, ist ein traditionelles Kastenfenster mit Wärmeschutzverglasung am Innenflügel einem einflügeligen Fenster mit Wärmeschutzverglasung nicht nur im Winter sondern auch im Sommer thermisch überlegen. Sowohl durch die Oberflächenmessungen des „Prevent“-Teilprojekts (HUBER 2004) als auch durch eine 2010 für ein Probefenster der Kunstkammer (KREČ 2010) sowie die im gleichen Jahr für die Obergeschossräume der Neuen Burg durchgeführte computergestützte Gebäudesimulation (KREČ-HUBER 2010) wurde nachgewiesen, dass im Falle eines im Fensterkasten befindlichen Lichtschutzes durch eine solche Maßnahme 70 % (bei Vorsatzflügel) bis 85 % (bei Wärmeschutzverglasung) der durch Absorption an den Lichtschutzscreens entstehenden Wärme am Eintrag in die Innenräume gehindert werden kann.

Für die Fenster der SAM wurde darüber hinaus die Möglichkeit geschaffen, die Fensterkästen von außen konvektiv zu belüften, wodurch die Temperatur im Fensterkasten bei voller Sonneneinstrahlung noch tiefer abgesenkt werden kann (← Abb. C.42; → Kap. D.2.3, Abb. D.1 - D.4). Mit Außenbeschattung, mehrlagigem Lichtschutz, Verbund-Vorsatzflügel am inneren Fensterflügel und Fensterkastenbelüftung reduziert sich die Oberflächentemperatur des sonnenbeschienenen Fensters auf max. +1,5 K über Raumtemperatur (gegenüber vorher +10 K; HUBER 2007). Dennoch kann die konservatorisch erwünschte Obergrenze von 26 °C nur erreicht werden, wenn auch die angrenzenden Bereiche Außenbeschattung und Nachtlüftung implementieren (KREČ-HUBER 2010: 98f).

5.4.1. Innovative Technologien

Weiterführende Technologien von Gläsern, deren Lichtdurchlässigkeit durch Verwendung von thermoreflektierenden Folien mit steigender Temperatur abnimmt, wie etwa die von der US-amerikanischen Firma RavenBrick (Denver, Colorado) entwickelten Gläser, wurden hier nicht weiter verfolgt, da eine Umsetzung aus Kostengründen als unwahrscheinlich einzuschätzen ist²⁸.

5.5. Außenbeschattung der Lichtdächer

Im Zuge des EuroCare Projekts EU-1383 PREVENT wurde gezeigt, dass der Austausch der alten, grün gefärbten Drahtverglasung durch transparente Wärmeschutzgläser zwar unzweifelhaft eine thermische Verbesserung für den Winterfall gebracht hat, dass er jedoch im Sommer zu einem erhöhten Strahlungseintrag und in der Folge zu einem Anstieg der sommerlichen Raumtemperaturen im Obergeschossbereich geführt hat. Dieses Faktum ist vor allem beim Lichtdach oberhalb des Bildarchivs und des Saals I der HJRK (ehemals sog. „Schwimmschule“) für jeden Nutzer evident, gilt aber auch für die Büros des Bildarchivs und der ÖNB im Bereich der Glaspypiramide sowie für das Prunkstiegenhaus im Mittelbau, wo im Sommer – trotz nordseitiger Lage – Raumtemperaturen bis zu 28° C erreicht werden. Die neuen Wärmeschutzgläser wirken im Zusammenspiel mit dem darunter liegenden Dachraum als „Sonnenkollektoren“. Die unterhalb der Glasdächer generierte Absorptionswärme kann nicht mehr abstrahlen; sie wird vielmehr über Wärmeleitung den angrenzenden Gebäudeteilen zugeführt und aufgrund der Wärmekapazität im Mauerwerk gespeichert. Bezüglich der Sommersituation bedeuten die sanierten Glasdächer im Vergleich zum Vorzustand eine bauphysikalische Verschlechterung, die nur durch eine Außenbeschattung korrigiert werden kann. Empfohlen werden breite, mit größerem Abstand voneinander montierte Alulamellen, die mechanisch in eine Sommer- und eine Winterstellung gebracht werden, wobei letztere weiterhin solare Gewinne während der Heizperiode ermöglichen soll.

²⁸ <http://www.ravenbrick.com/>
<http://inhabitat.com/2010/11/11/new-window-changes-tint-automatically-when-it-gets-hot/> (12.11.2010)

5.6. Dämmung der Obergeschossdecken

Bereits 2007 wurden mit Unterstützung (€ 20.000,-) von Frau Dr. Gertrude Kastner rund 600 m² der oberhalb der Büroräume des ÖNB im Westflügel des Gartentrakts befindlichen Dachbodendecke mit 17 cm „Heralan“-Dämmplatten belegt, wodurch der U-Wert der Decke auf 0,21 W/(m² K) gesenkt werden konnte (← Kap. C.4.5.). Dies verringert einerseits den Wärmeeintrag über den Dachboden im Sommer, andererseits wurden damit auch die Wärmeverluste über die Obergeschossdecke im Tiefwinter auf rund 30 % gesenkt. Die Sinnhaftigkeit der Maßnahme wurde mit einer Computersimulation untermauert. Mit der Simulation wurde auch nachgewiesen, dass im Falle einer Kühlung zur Herstellung der Sommer-tauglichkeit ($T_i \leq 27 \text{ °C}$) die aufzubringende Kühlleistung gegenüber dem Bestand um 30 % abgesenkt werden könnte (KREČ-HUBER 2010; ← Abb. C.38).

5.7. Hinterlüften der Dachböden

Wie bereits in Kap. B.2.2. ausführlich dargelegt, verfügten die südseitigen Dachböden der Neuen Burg vermutlich ursprünglich über ein höchst einfaches System zur Hinterlüftung des Dachraums, das in dieser Form vermutlich nur mit beträchtlichem Aufwand rekonstruiert werden könnte. Durch eine Belüftung der Dachräume ließen sich die in diesem Bereich gemessenen Lufttemperaturen von bis zu 42 °C signifikant absenken und damit auch die Maximaltemperaturen in den darunter liegenden Büroräumen. In langjähriger Beobachtung zeigte sich, dass die ständige Hinterlüftung des Dachbodens im Ostflügel des Gartentrakts nicht nur zu einer Absenkung der Temperaturen im Dachraum (auf max. 36 °C) führte, sondern auch in den Sälen XV – XVIII in der zwei Geschosse tiefer liegenden SAM.

In einer computergestützten Gebäudesimulation der Obergeschossräume wurde nachgewiesen, dass durch Hinterlüftung der darüber liegenden Dachböden mit einem 1,5-fachen Luftwechsel – vor allem während der kühleren Nachtstunden – die Raumtemperatur in den Büroräumen der ÖNB im 2. Stock um 0,8 °C gesenkt werden könnte (KREČ-HUBER 2010: 96f). In einer weiteren Variante wurde gezeigt, dass durch Hinterlüften des Dachraums in Verbindung mit Außenlichtschutz, kontrolliertem Luftwechsel und Nachtlüftung in den Büros, die Raumtemperaturen im 2. OG auf unter 27 °C abgesenkt werden könnten, wodurch die Sommer-tauglichkeit nach ÖNORM gegeben wäre und sich die Notwendigkeit für technische Kühlung erübrigen bzw. drastisch verringern würde.

5.8. Streckmetallbleche als Vorbeschattung der Blechdächer

Blechdächer wirken bei direkter Sonneneinstrahlung wenig amplitudendämpfend, wodurch es zu einer raschen Erwärmung der Obergeschosßzonen kommt. Es soll in einem Pilotprojekt geprüft werden, inwie weit Beschattungselemente aus engmaschigem Streckmetallblech, die mit Konvektionsabstand an den Stegen der Blechbahnen parallel zur Dachhaut befestigt sind, eine Verringerung des Wärmeeintrages in die darunter befindliche Dachgeschosszone bewirken. In Verbindung mit der Hinterlüftung der Dachböden und evtl. adiabatischer Kühlung müsste sich die Wärmeentwicklung in den Obergeschossen der Neuen Burg ohne großen Energieeinsatz signifikant absenken lassen.

Als Pilotversuch bietet sich das südwestorientierte, von außen nicht einsehbare ca. 65 m² große Blechdach oberhalb der Tapissereien-Restaurierwerkstatt an. In diesem Bereich ist sowohl im Sommer als auch im Winter die Notwendigkeit einer thermischen Sanierung evident.

5.9. Adiabatische Kühlung der Dachhaut

Blechdächer lassen sich durch Berieseln mit Wasser sehr effizient adiabatisch (durch Verdunstungskälte) kühlen. Dies könnte durch Sammeln von Regenwasser in einer im Burggarten zu bauenden Zisterne bewerkstelligt werden, wobei das Wasser bei Bedarf auf das Dach gepumpt und dort über ein Berieselungssystem verteilt werden müsste.

Im langjährigen Durchschnitt fallen in Wien-Innere Stadt von Mai bis August rund 270 mm Regen; dies entspricht einer Wassermenge von 270 Litern pro m^2 (AUER-BÖHM-MOHNL 1989: 113). In diesen vier niederschlagsreichsten Monaten des Jahres könnte allein über die rund 3.500 m^2 Dachfläche der Neuen Burg knapp 1 Million Liter (1000 m^3) Wasser gesammelt werden, wofür eine mit Überlauf und Kupferabscheider ausgestattete Zisterne (ca. 50 x 12 x 2 m) nötig wäre.

5.10. Sonnenkollektoren bzw. Photovoltaikpaneele

Als hochwirksamer Synergieeffekt zur Senkung des sommerlichen Strahlungseintrags in die Dachhaut und Obergeschoßzone bietet sich die Montage von Sonnenkollektoren bzw. einer Photovoltaik-Anlage (wie sie etwa bereits auf dem Dach des Naturhistorischen Museums besteht) an.

Die mit Kupferblech gedeckten Dächer der Neuen Burg verfügen über eine Fläche von rund 3.500 m^2 mit einem spezifischen Jahresenergieertrag von mindestens 500 kWh/ m^2 a. Aus Gründen des Denkmalschutzes wird der Vorschlag zur Montage von Warmwasser-Sonnenkollektoren wohl zunächst auf Widerstand stoßen, obwohl Kollektoren aus patiniertem Kupferblech (wenngleich mit etwas geringerem Wirkungsgrad) sich visuell leicht in die Dachhaut integrieren ließen.

Einwänden bezüglich der Beeinträchtigung des gewohnten Erscheinungsbildes kann man begegnen, dass inzwischen auch PV-Module auf dem Markt sind, die nicht azurblau reflektieren sondern eine dunkelgraubraune neutrale Oberfläche aufweisen. Die für den Betrachter von der Brüstung der Attika verdeckten Kupferdächer der Neuen Burg (← Abb. C.39) zeigen bereits jetzt sehr unterschiedliche Färbungen vom Malachitgrün der alten Dachflächen über rostbraune Korrosionsspuren bis zum Dunkelbraun der erneuerten Bleche (Abb. C.47 und C.48).



Abb. C.47: Die Kupferdächer zeigen im erneuerten Bereich signifikante Farbabweichungen

Das Klimakonzept und seine Umsetzung

Keine objektiven Einwände dürfte es für eine Montage von Sonnenkollektoren oder Photovoltaikpaneelen auf den nach innen, zu den Lichthöfen hin, geneigten Dachflächen geben. Auch die obersten Glasfüllungen der Südwestwand des Liftes im B-Hof könnten durch Photovoltaikpaneele substituiert werden.

Von der Fa. Oekoplan wurde im Frühjahr 2011 eine Projektstudie erstellt, die die Möglichkeiten und Sinnhaftigkeit einer Photovoltaik-Anlage auf dem Dach der Neuen Burg überprüfen sollte²⁹. Für die beiden südseitigen Dachflächen des Gartentrakts wurden zwei Generatorflächen (370 m² bzw. 340 m²) mit 248 bzw. 228 PV-Modulen als geeignet angesehen; eine kleinere nach Südwest orientierte Dachfläche (107 m²) auf dem Segmentbogen (beim Triebwerkraum des H-Lifts) würde 72 Modulen Platz bieten. Die über eine Modellrechnung ermittelten Ergebnisse sind in Tab. C.11 zusammengefasst.



Abb. C.48: Für Photovoltaik-Nutzung geeignete Dachflächen der Neuen Burg

PV-Leistung	120,56	kWp
PV-Bezugsfläche	817,02	m ²
PV-Generator Einstrahlung	946.619	kWh
PV-Gen. erzeugte Energie (wechselstromseitig)	103.412	kWh
Systemnutzungsgrad	10,9	%
Performance Ratio (Ausnutzungsgrad)	74,0	%
spezifischer Jahresertrag	857,2	kWh/kWp
vermiedene CO ₂ -Emissionen	91.558	kg/a

Tab. C.11: Mögliche Stromgewinnung über eine Photovoltaik-Anlage auf dem Dach der Neuen Burg

In Abb. C.49 ist die im Jahresverlauf zu erwartende vom Wechselrichter abgegebene Energie dargestellt. Insgesamt ist mit einer Jahresenergieerzeugung von 103.412 kWh zu rechnen. Der vorwiegend während der Sommermonate anfallende Strom könnte zur Kompensation der vermehrt eingesetzten technischen Kühlung eingesetzt werden.

²⁹ Ing. Michael Koppensteiner von der Fa. Oekoplan / Energiedienstleistungen GmbH sei für die freundliche Beratung und unentgeltliche Erstellung der Studie vom 24.6.2011 gedankt.

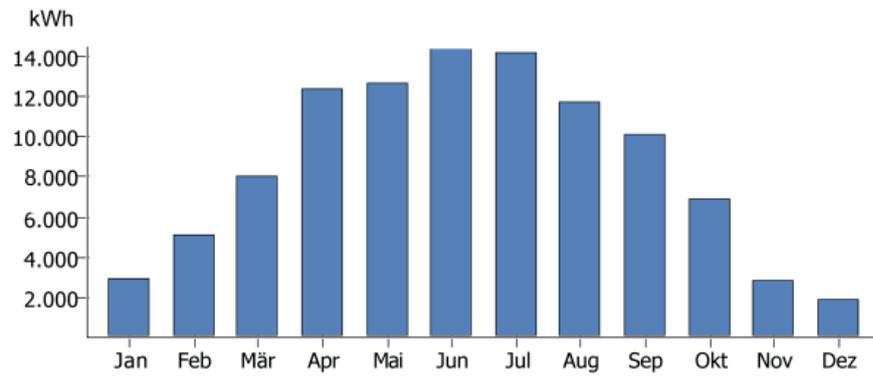


Abb. C.49: Es kann mit einer vom Wechselrichter abgegebenen Energie von 103.412 kWh gerechnet werden. (Grafik: M. Koppensteiner / Oekoplan)

6. Energieverbrauch und Innere Lasten senken

In den letzten 25 Jahren sind die Energieverbräuche in der Neuen Burg wie überall in der öffentlichen Verwaltung, trotz allgemeiner Sparappelle, stetig angestiegen. Vereinzelte Maßnahmen (wie etwa der Einsatz von Energiesparlampen) wurden durch Neuinstallationen von Computern, Servern, Licht oder Bürogeräten mehr als kompensiert. Dieser vermehrte Energieeintrag war auch mit einem schleichenden Anstieg der Raumtemperaturen vor allem im Sommer verbunden, was wiederum sukzessive zum vermehrten Einsatz von Kühlgeräten und zentralen Klimaanlage geführt hat. Diesen *circulus vitiosus* gilt es zu durchbrechen, wobei hier mehrere unterschiedliche Strategien offen stehen.

6.1. Voraussetzungen

Grundvoraussetzung für eine Senkung des Energieverbrauchs ist eine bewusste Änderung der allgemeinen Einstellung zum Energiekonsum. Energiesparen muss als Gebot der Stunde erkannt und darf nicht als kleinkrämerischer Sparzwang abgetan werden. Nur wenn es gelingt, bei der Mehrzahl sowohl der Entscheidungsverantwortlichen als auch der einzelnen Mitarbeiter/innen der verschiedenen Institutionen und hierarchischen Ebenen ein Problembewusstsein gegenüber dem verantwortungsvollen Umgang mit Energie zu wecken, kann das Ziel einer signifikanten Verringerung der Energieverbräuche erreicht werden.

Als Beispiel für eine erfolgreiche Strategie und gleichzeitig als Vorgabe für die Möglichkeiten und Größenordnung des Sparpotentials sei hier das Umweltamt Graz erwähnt, das bei der europaweit ausgeschriebenem *Energytrophie 2008* in der ersten Kategorie (Gesamtenergieverbrauch < 219 kWh/m² pro Jahr) mit dem 3. Platz ausgezeichnet wurde. Bedingung dabei war, dass die Einsparungen ohne vorhergehende Investitionen erzielt wurden. Mit den Bereichen „Luft“, „Lärm“, „Energie“ und „Abfall“ betreut das Umweltamt die - gerade für eine Stadt und ihre Lebensqualität - wichtigsten Problembereiche. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Forcierung einer nachhaltigen Stadtentwicklung. Das Umweltamt gilt mit den erzielten Einsparungen in der Höhe von rund 37.500 kWh, (d. s. 25 % des Vorjahresverbrauchs), als Vorzeigeprojekt für andere öffentliche Gebäude. Auf der Homepage des Grazer Umweltamts werden folgende Maßnahmen genannt³⁰:

- *Tägliche Anzeige des Energieverbrauchs via Monitor für die Belegschaft*
- *Optimierung der Heizungsregelung durch Absenkung am Wochenende und an Feiertagen sowie Fremdwärmenutzung*
- *Einbau von Schaltuhren für Warmwasserbereitung und Getränkeautomaten*
- *Einsatz von schaltbaren Steckerleisten, um Standby-„Schmarotzer“ zu eliminieren*
- *Überwindung des inneren „Schweinehundes“ durch konsequentes Abschalten von gerade nicht benötigten kleineren und größeren „Stromfressern“.*

Das aktuelle Gegenbeispiel für die Situation in der Neuen Burg - ein im Jänner 2011 entdeckter Mehrverbrauch von 32.000 kWh innerhalb von 9 Monaten bei einem der Stromzähler für den 2. Keller, der auf ein Überbrücken der 3-Minuten Automatik der Beleuchtung zurückzuführen war - wurde bereits in Kap. B.3.3. erwähnt. Durch Personalabbau im Nachtdienst- oder Haustechnikbereich gibt es keine Verantwortlichen mehr, denen solchen Irregularitäten im System auffallen und die für eine Behebung sorgen.

30 <http://www.oekostadt.graz.at/cms/beitrag/10151542/1639749/> (30.6.2011)

6.2. Eliminieren überflüssiger Leuchtmittel

Ein bereits umgesetztes Modul ist die Modifizierung der Vitrinenbeleuchtung der HJRK. Hier zeigte sich, dass die Leuchtmittel über weite Strecken unreflektiert und ohne Berücksichtigung der tatsächlichen Gegebenheiten installiert worden waren: In vielen Fällen waren die Leuchtbalken in den Aufsatz-Lichtkästen so montiert, dass sie die senkrechten Montageflächen, auf denen die Objekte befestigt sind, auf der Rückseite (!) beleuchteten; deshalb war es möglich, alle Leuchtbalken, die das hintere Drittel der Vitrinen ausleuchteten, zu entfernen. Dies bedeutete nicht nur eine große Energieersparnis, sondern auch einen ästhetischen Gewinn, da die hinteren Leuchtbalken vorwiegend eine störende Blendwirkung entfalteten, wenn der Besucher auf die oberen Objekte blickte. So konnten 271 Leuchtbalken (zu je 21 – 36 W) aus dem Schausammlungsbereich entfernt werden, was einer Reduktion der Wärmeleistung um 4,2 kW und einer Betriebskosteneinsparung von über € 1800,- /Jahr entspricht³¹.

6.3. Austausch der Leuchtmittel

Ein großes Einsparpotential an Stromkosten und Energieeintrag liegt im Austausch der vorhandenen Leuchtstoffröhren und Halogenstrahler gegen eine neue Generation von Reflektor-Leuchtstoffleisten³² und Niedervolt-Quecksilberdampf lampen. Die relativ kostenintensive Investition würde langfristig eine Reduktion des Stromverbrauchs für die Beleuchtung im Ausstellungsbereich um rund 80 % mit sich bringen. Auch der Wärmeeintrag im Sommer würde dadurch deutlich minimiert.

Das Studio *fourth minute lighting design gmbh* hat für die HJRK ein neues Beleuchtungskonzept vorgelegt, das allerdings aus Kostengründen bisher nicht realisiert werden konnte. Darin wird für das Jagdplateau eine jährliche Einsparung von € 3.300,- allein für die Deckenfluter prognostiziert. Saal IV der HJRK wurde bereits 2010 auf diese neue Leuchtmittelgeneration umgerüstet, was nach allgemeiner Meinung auch ästhetisch ein Gewinn war.

Vom gleichen Planer wurden auch der Marmorsaal der SAM und die davor befindliche Eingangsgalerie („Vorraum Marmorsaal“) mit den neuen Leuchtmitteln ausgestattet. Ursprünglich waren im Marmorsaal 23 Halogen-Strahler mit einer Leistung von 50 W im Einsatz (1150 W). Diese wurden durch 29 Spots à 20 W ersetzt (580 W). Dies ergibt eine Einsparung von ca. 50%.

Die Leuchtmittel der Luster spielen bei einer Gesamtberechnung eine maßgebliche Rolle. Derzeit sind in der SAM auf 1.900 m² Ausstellungsfläche 19 Luster mit 529 „Kerzen“ und einer Gesamtleistung (ungedimmt) von rund 13 kW im Einsatz³³. Allein die beiden großen (je 72-flammigen) Luster im Marmorsaal geben pro Stunde 3,6 kW Wärme ab, was sich besonders bei Konzerten mit bis zu 200 Personen unangenehm bemerkbar macht. Selbst wenn alle Luster zu 50 % gedimmt sind, verbrauchen sie derzeit pro Tag immer noch rund 60 kWh.

Gerade im Hinblick auf die ungünstige Wärmeentwicklung im Sommer würde sich ein Umrüsten der Luster auf LED-Technik empfehlen, wie dies derzeit in der Großen Galerie in Schloss Schönbrunn in Zusammenarbeit mit der Fa. Swarovski mit eigens entwickelten „LED-Kerzen“ durchgeführt wurde (Schönbrunn-Journal 2/2011, 1), die gegenüber herkömmlichen Glühbirnen eine 20fache Lebensdauer und einen um 80 % geringeren Stromverbrauch bei gleicher Helligkeit aufweisen.

³¹ Rechnet man die kWh zu € 0,17, so addieren sich bei acht Stunden Betriebsdauer/Tag und 6 Besuchstagen/Woche die eingesparten Kosten im Jahr auf rund € 1800,-. Das Einsparungspotential liegt jedoch deutlich darüber, da die Leuchten auch am Schließtag häufig eingeschaltet sind und auch die Mittel für den – nunmehr verringerten – Leuchtmitteltausch nicht eingerechnet sind.

³² Fa. Elliptipar, Westhaven Connecticut, USA (www.elliptipar.com)

³³ Bericht ZI. SAM 79/97AH vom 28.6.1997

6.4. Differenziertes Beleuchtungskonzept Sommer – Winter

Durch die Abwärme der Beleuchtung werden einem Gebäude beträchtliche Wärmemengen zugeführt. Während dies im Winter in gewisser Weise durch einen geringeren Heizwärmebedarf ausgeglichen wird, kommt es im Sommer zu einem deutlichen Anstieg der Raumtemperaturen. Im Bereich der SAM und der HJRK wird seit einigen Jahren versucht, dem sommerlichen Wärmeeanstieg durch ein differenziertes Beleuchtungskonzept entgegenzuwirken. Dabei wird ab Ende Mai bis zum Beginn der Heizperiode auf rein dekorativ-gestalterische Lichtelemente wie Wand- und Deckenfluter oder die Gesimsebeleuchtung im Stiegenhaus bewusst verzichtet. Im dunkleren Winterhalbjahr wird hingegen eine stärkere Grundbeleuchtung zugelassen. Die Luster der SAM werden um 50 % gedimmt.

6.5. Steuerung der Beleuchtung durch Bewegungsmelder

Es ist eine langjährige Beobachtung, dass die Verbindungsgänge, Stiegenhäuser und Verkehrsflächen den ganzen Tag über beleuchtet werden, auch wenn sich dort über längere Zeit keine Personen aufhalten. Die Beleuchtung der peripheren Verkehrsflächen, der Gänge und der WC-Anlagen sowie auch die Ventilatoren in den WCs sollen mit Bewegungsmeldern bedarfsgerecht angesteuert werden.

6.6. Eliminieren interner Wärmeemittenten und Stand-by-Verbraucher

6.6.1. Büroarbeitsplätze

Die gängigen Bürogeräte verbrauchen in Summe beträchtliche Mengen an Energie, wovon eine beachtliche Menge eingespart werden könnte. Mittels Zwischenstecker-Subzähler wurde untersucht, wie viel Strom die gängigen Bürogeräte wie Computer, Drucker, Faxgerät und Fotokopierer im Stand-by-Betrieb (außerhalb der Betriebsstunden) verbrauchen, wenn sie aus Bequemlichkeit bzw. Gedankenlosigkeit nicht abgeschaltet werden. Von den 168 Stunden einer Woche fungieren nur rund 25 % als Betriebsstunden in den Büros; fix angesteckte Geräte befinden sich somit zu 75 % im Stand-by-Betrieb. Alle diese Geräte verbrauchen nicht nur unnötig Strom, sondern geben dabei auch Wärme ab. Was im Einzelfall vernachlässigbar erscheint, addiert sich in Summe zu nicht unbeträchtlichen Energie- bzw. Geldmengen.

Typisches Beispiel für den unbekümmerten Umgang mit Energie sind die neuen Netzwerk-Telefone, deren Trafos – zur Erzeugung von 12 V-Betriebsspannung – rund um die Uhr am 230 V-Netz hängen und Transformationsabwärme erzeugen; dies ist auch in Bereichen der Fall, in denen das Telefon nur fallweise oder wenige Minuten pro Monat benötigt wird. Jedes Telefon verbraucht pro Woche 1,27 kWh; das sind pro Jahr 66 kWh. Davon gehen pro Apparat im Jahr rund 50 kWh im Stand-by-Betrieb verloren. In der Neuen Burg sind rund 80 Apparate installiert, die pro Jahr im Stand-by etwa 4.000 kWh verbrauchen, wofür bei einem Preis von € 0,17/kWh € 680,- bezahlt werden müssen.

Ein Büroarbeitsplatz (Computer, Monitor, Drucker und Telefon) benötigt pro Stunde im reinen Stand-by-Betrieb 93 W, das sind pro Woche rund 15 kWh, wovon rund 11 kWh eingespart werden könnten, also rund 570 kWh (oder € 97,-) pro Jahr und Arbeitsplatz. In der Neuen Burg befinden sich 39 Computerarbeitsplätze (nicht alle davon mit Drucker). Erfahrungsgemäß wird nach Dienstschluss nur der Computer ausgeschaltet, die anderen Geräte befinden sich weiterhin im Stand-by-Modus.

Alle über eine schaltbare Steckerleiste verbundenen Geräte eines Arbeitsplatzes (Computer, Drucker und Telefon) sowie auch der Fotokopierer sollten nach Dienstschluss abgeschaltet werden.

6.6.2. Fotokopiergeräte

Die SAM, die HJRK und das Archiv verfügen gemeinsam über zwei Fotokopiergeräte (Farbkopierer Konica/Minolta Bizhub C450 sowie einen Schwarzweiß-Kopierer Konica/Minolta Bizhub 250), die im Stand-by-Betrieb ständig eingeschaltet sind. In einem 21 Tage (3 x 168 Std.) dauernden Test mittels zwischengeschalteten Stromzählern wurde der Verbrauch der Geräte ermittelt. In den 504 Betriebsstunden verbrauchte der Farbkopierer 91,1 kWh, das SW-Gerät 20,7 kWh. Dabei sind die Unterschiede im Verbrauch zwischen Stand-by-Betrieb und tatsächlichem Gebrauch unerheblich, da Heizung und Lüfter auch in der Warteposition aktiviert bleiben, was auch aus der Erwärmung des Raumes über Nacht erkennbar ist. Unter der Annahme eines etwas erweiterten Arbeitszeitrahmens von 8:00 – 18:00 h (10 Std.) würden die Geräte an 5 Arbeitstagen 50 Stunden pro Woche benötigt. Veranschlagt man einen fallweisen Gebrauch auch am Wochenende von 5 Std., so müssten die Geräte in drei Wochen 165 Std. (statt 504 Std.) eingeschaltet sein. Dies bedeutet, dass rund 2/3 der Energie eingespart werden könnten. Bei einem Verbrauch von rund 37 kWh pro Woche benötigen beide Kopierer im Jahr rund 1.925 kWh; d. s. bei einem bald aktuellen Grundpreis von € 0,18/kWh € 346,-, wovon € 231,-/Jahr eingespart werden könnten, wenn man die beiden Geräte morgens und abends ein- und ausschaltet.

6.7. Warmwasserbereitung auf 5 Liter-Boiler oder elektrische Durchlauferhitzer umstellen

Die Neue Burg verfügt im Mittelbau über etwa 50 Wasserentnahmestellen, für die das ganze Jahr über Warmwasser bereitgestellt werden muss, obwohl in den 168 Wochenstunden nur während etwa einem Drittel der Zeit Personen anwesend sind, die tatsächlich warmes Wasser benötigen. Dies bedeutet, dass in der Umformerstation auch im Sommer große Wärmemengen umgesetzt werden, von denen ein beträchtlicher Anteil über Bereitstellungs-, Betriebs- und Leitungsverluste verloren geht. Die Beobachtung, dass die Warmwasserrohre durch die Kaltwasserrohre der WC-Spülung gekühlt werden, wurde bereits erwähnt.

Zwar gilt elektrischer Strom als ineffiziente Energieform zur Wärmezeugung; für die Warmwasserbereitung erweist sich elektrische Energie allerdings als höchst effizient. Es sollte geprüft werden, ob eine Warmwasserbereitung über bei den Waschbecken direkt angebrachte 5–10 Liter-Boiler (ca. 2 kW) die wirtschaftlich bessere Variante wäre. Mittels Datums- und Zeitschaltung könnte die Warmwasserbereitstellung auf den tatsächlichen Bedarf minimiert werden.

Eine bedarfsorientierte Warmwasserbereitstellung wäre auch über elektrische Durchlauferhitzer möglich, die jedoch eine deutlich höhere Anschlussleistung (3,5 kW) erfordern würden und auch in der Anschaffung um rund 30 % teurer sind.

Aufgrund der großen Dachflächen erscheint in den Obergeschossen eine Warmwasserbereitung im Sommer mittels Sonnenkollektoren sowohl ökonomisch als auch technisch unter Verwendung der vorhandenen Leitungen überlegenswert.

6.8. Kontrollierte Belüftung des Ringkanals

Der zum Trockenhalten des Fundaments entlang der Außenmauer des Corps de Logis verlaufende Ringkanal wird seit rund 10 Jahren mittels großer Ventilatoren das ganze Jahr über mechanisch belüftet³⁴. Die Steuerung der Ventilatoren sollte bedarfsgerecht über einen Feuchtedifferenzfühler erfolgen,

34 Mündliche Auskunft Fa. Riedel/Regeltechnik

der die Ventilatoren nur dann einschaltet, wenn die absolute Feuchte im Ringkanal über der absoluten Feuchte im Keller liegt. Die Laufzeit der Ventilatoren ließe sich vermutlich um 60 - 80 % verringern.

Eine völlige Austrocknung des Fundamentmauerwerks ist vor allem im Sommer gar nicht wünschenswert, da mit abnehmendem Wassergehalt die Wärmeleitfähigkeit der Bauteile abnimmt und damit der Wärmeabfluss ins kühlere Erdreich verringert wird.

6.9. Evaluierung von Kühlgeräten

Wie in den Kapiteln B.2.2.4.4. (Abb. B.51) sowie in B.3.5. und C.4.10. erwähnt, sind in der Neuen Burg zahlreiche Kleinklimageräte bzw. Lüftungsanlagen in Betrieb, die nicht nur ihre Abwärme der unmittelbaren Umgebung zuführen sondern auch als akustischer Dauerreiz für die benachbarten Mitarbeiter vor allem im Sommer bei geöffneten Fenstern eine unzumutbare Beeinträchtigung der Arbeitsplatzqualität darstellen.

Es sollen alle Möglichkeiten der Ursachenvermeidung ausgeschöpft werden, um Einsatz und Laufzeiten von Kühlanlagen zu reduzieren. So könnten etwa im Bilderdepot des MVK die Set-points der Raumtemperatur saisonal gleitend der Außentemperatur nachgeführt werden, wobei im Winter (aufgrund von Wärmeeinträgen aus benachbarten fremdbeheizten Bereichen) auf Raumheizung gänzlich verzichtet und im Sommer dafür höhere Raumtemperaturen bis 26 °C toleriert werden könnten. Auch die Sollwerte in den Sonderdepots sollten neu überdacht und auf die saisonalen Außenbedingungen abgestimmt werden, um möglichst wenig korrigierende Eingriffe erforderlich zu machen.

Speziell für die Kühlung der Server- bzw. Batterieanlagen scheint eine Temperaturkontrolle mittels Kühlung der Raumluft energetisch nicht mehr zeitgemäß. Hier sollte eine Direktkühlung der Stahlschränke ins Auge gefasst werden.

6.10. Sonstiges

Im Juni 2011 wurde erstmals festgestellt, dass die Umwälzpumpe der Heizungsanlage auch außerhalb des Heizbetriebs ständig aktiviert ist. Auch unter der Annahme, dass das Umwälzen des kalten (?) Heizwasserkreises aus technischen Gründen erwünscht ist, sollte überprüft werden, ob nicht die Durchflussmenge und damit der Verbrauch für die Pumpen drastisch gesenkt werden könnten oder ob etwa ein intermittierender Betrieb (z. B. jeden Tag dreimal eine halbe Stunde) zur Vermeidung von Sedimentierung oder Korrosion ausreichend wäre. Nach Auskunft eines Haustechnikmitarbeiters der BHÖ war die Umformerstation 1 im Juli 2011 in Betrieb; in der Neuen Burg wurde somit im Sommer gleichzeitig geheizt und gekühlt.

7. Physiologische Überlegungen, Hygiene

Die Gesundheit und das Wohlbefinden der Mitarbeiter/innen, die mitunter viele Jahre im Museum verbringen, muss bei allen Überlegungen zu einem Klimakzept im Blick behalten werden. Die hier vorgebrachten Überlegungen sind nicht umfassend sondern nur als Ergänzung zu den bestehenden Arbeitnehmerschutzverordnungen zu verstehen.

7.1. Erhöhung der Behaglichkeit

Die Umsetzung des Gesamtklimakonzepts wird generell zu einer Verbesserung der Arbeitsbedingungen führen: Die Umrüstung der Radiatorheizung auf Strahlungsheizung, das Anheben der Oberflächentemperaturen der Fensterverglasungen, die Absenkung der Raumtemperaturen im Sommer, das Vermindern von Zugluft im Kassen- und Shopbereich etc. – dies alles führt in Summe auch zu einer Erhöhung des Wohlbefindens und verringert die Anfälligkeit für Krankheiten.

Auch der verminderte Einsatz von technischen Geräten (weniger Laufgeräusche, Wartung, Staubverwirbelung von Luftbefeuchtern, etc.) bedeutet eine signifikante Steigerung der Lebensqualität am Arbeitsplatz.

7.2. Reinigungsintervalle der Luftbefeuchter

Den Angaben der meisten Herstellerfirmen zufolge müssen Luftbefeuchter, die mittels Befeuchtermatten nach dem Verdunstungsprinzip arbeiten, spätestens alle vier bis acht Wochen gereinigt werden, damit die Bildung von Mikroorganismen hintan gehalten wird. In der SAM wurden die Befeuchter bis 2008 nur zweimal pro Jahr, d. h. alle 26 Wochen, gereinigt. Die Wartung und Instandhaltung der Geräte liegt im Verantwortungsbereich der Technischen Abteilung des KHM. Aufgrund der immer wieder auftretenden Geruchsbelästigung sowie der latenten Gefährdung einer Belastung der Mitarbeiter/innen durch Schimmelpilzsporen, wurden in der Vergangenheit immer wieder unterschiedliche Lösungsansätze erwogen. Eine Verkürzung der Reinigungsintervalle wurde viele Jahre aus budgetären und administrativen Gründen abgelehnt.

Seit 2008 konnte durch eine einfache administrative Regelung mit nur einem zusätzlichen Reinigungsdurchgang die Laufzeit zwischen zwei Reinigungsdurchgängen halbiert werden: Alle Geräte werden in der kühleren Jahreszeit (in der die ideale Bruttemperatur der Bakterien und Pilze von 25° C normalerweise deutlich unterschritten wird) während zweier Zyklen von je dreieinhalb Monaten (= ca. 14 Wochen) bis zur nächsten Reinigung in Betrieb gehalten. In der Praxis bedeutet dies: Nach der Herbstreinigung Mitte Oktober erfolgt das nächste Service jeweils Ende Jänner und Mitte Mai. In den fünf Sommermonaten, in denen die Raumtemperatur naturgemäß höher aber der Nachbefeuchtungsbedarf viel niedriger ist, wird jeweils nur die Hälfte der Geräte, und zwar für jeweils zweieinhalb Monate (= ca. 12 Wochen), in Betrieb genommen. Im Betriebsjahr 2008/09 kam es zu keinen Beschwerden aufgrund von Geruchsbelästigung. Auf Betreiben des Betriebsrats werden die Luftbefeuchter im MVK intern einer häufigeren Reinigung durch das Aufsichtspersonal unterzogen. Es wird empfohlen, zumindest die Bodenwannen aller Luftbefeuchter in der Neuen Burg alle 4 Wochen zu spülen.

Das Klimakonzept und seine Umsetzung

Generell ist festzuhalten, dass die Umsetzung des Gesamtklimakonzepts zu einer signifikanten Verringerung des Nachbefeuchtungsbedarfs führen wird. Damit kann mit weniger Geräten das Auslangen gefunden werden, wodurch sich der administrative und finanzielle Aufwand verringern ließe.

7.3. Schimmelprävention

Mit dem Einsatz der Klimaampel im 2. Keller und in den Depots und dem Auslösen des Klimaalarms sollte ein plötzlicher und unkontrollierter Anstieg der Raumlufffeuchte in den Depots des MVK auf über 65 %rF der Vergangenheit angehören. Damit sollte der Gefahr flächendeckenden Schimmelpilzbefalls nachhaltig vorgebeugt werden. Um jedes Risiko zu vermeiden sollten im Sommer vier Luftentfeuchtungsgeräte bereitgehalten werden.

7.4. Staubprävention

Die Reduktion von Aufsichtspersonal (das auch für die Bestandsreinigung eingesetzt wurde) hat dazu geführt, dass besonders in der Neuen Burg eine zunehmende Verschmutzung der Sammlungsräume, der Architekturoberflächen und nicht zuletzt der Objekte festzustellen ist. Ein unkontrollierter Staubeintrag findet (aufgrund der fehlenden zentralen Zuluftführung über den Luftbrunnen und unkontrollierten Außenlufteintrages) über die Fenster und Eingänge und durch die Besucher statt. Aufgrund der starken Zugluft wird der Staub unkontrollierbar im Gebäude verfrachtet.

Die Parkettböden der Sammlungsräume werden regelmäßig vom Aufsichtsdienst mit ölprägnierten Wischtüchern von Staub befreit und die Glasflächen der Vitrinen und Eingangstüren gereinigt. Es gibt jedoch faktisch keine regelmäßige Bestandpflege der Raumschale.

Bereits 2005 hatte sich im KHM eine Arbeitsgruppe „Staubprävention“ gebildet, die es sich zur Aufgabe gemacht hatte, Maßnahmen gegen die massive Verstaubung der Sammlungsräume festzulegen. Die von der Arbeitsgruppe formulierten und von der Generaldirektion jedoch nicht weiter verfolgten Vorschläge sollten für die Neue Burg adaptiert und umgesetzt werden. Nötig wären kürzere Reinigungszyklen und ein gemeinsam mit dem Serviceteam entwickelter systematischer Bestandsreinigungsplan. Als besonders wirksam könnten sich in diesem Zusammenhang etwa auch textile Läufer im Bereich des Stiegenhauses erweisen, die in dieser „Sauberaufzone“ im Vorfeld der Sammlungsbereiche ein Verfrachten des Staubes zu verhindern imstande wären. Der von den Kokosläufern gebundene Staub könnte leicht regelmäßig mit Staubsaugern entfernt werden.

7.5. Reinigungsplan für den Luftbrunnen

Der 2. Keller, der als direkte Zuluftquelle für die Ausstellungsräume genutzt wird, ist faktisch eine große Luftkonditionierungsanlage und unterliegt somit anderen hygienischen Kriterien als ein üblicher Keller. Derzeit überstreicht die Zuluft staubig-schmutzige, abgesandete Fußböden, vor allem aber Bereiche, in denen grob- bis feinstaubiger Bauschutt und zerbröselnde Reste von Glasfasermatten aber auch menschliche Fäkalien liegen (← B.8.). Bei unbeabsichtigter Mobilisierung könnten diese Stäube in die Ausstellungsräume eingetragen werden.

Der zweite Keller inklusive der acht Schächte muss – bei geschlossenen Windwegen und Stockwerkklappen (!) – einer gründlichen und wohlüberlegten Reinigung unterzogen werden (es muss vorher nass

aufgesprüht werden, für die Schächte sind Rückenstaubsauger zu verwenden, ferner großtechnische Staubsauger für die nicht befahrbaren Zwischengeschosse etc.). In den acht Zu- und Abluftschächten ist eine Fixierung der absandenden Oberflächen durch ein aufgesprühtes Bindemittel (z. B. Kalkmilchschlämme) notwendig.

Wird der Keller durch ein gezieltes Reinigungsprogramm sauber gehalten, könnte in diesem weitläufigen Bereich ein Großteil des von der Zuluft ins Gebäude eingebrachten Staubes bereits im Keller abgelagert und dort beseitigt werden, ehe er in die Sammlungsräume gelangt. Für die nähere Zukunft sollte es genügen, drei- bis viermal im Jahr mit einer Reinigungs- (Feuchtkehr-)Maschine die Gänge abzufahren. Die Fernwärmerohre sollten abgesaugt und feucht nachgewischt werden. Bei neuerlichen Baumaßnahmen im 2. Keller müssen – anders als bisher – sorgfältige Staubpräventionsmaßnahmen getroffen werden, damit ein Staubeintrag in die Sammlungsräume verhindert wird.

8. Stadtökologische Aspekte

Im Sinne der angestrebten ganzheitlichen Betrachtungsweise sollen in diesem letzten Kapitel über den Standort der Neuen Burg hinaus einige Überlegungen angedacht werden, inwieweit den vor allem im Hochsommer zunehmend problematischer werdenden Auswirkungen der urbanen Wärmeinselbildung entgegengesteuert werden kann. Hier sind alle Maßnahmen ins Auge zu fassen, die die Absorption des solaren Strahlungseintrags reduzieren, Niederschlags- und Oberflächenwässer zurückhalten und damit die Verdunstungsleistung erhöhen, was zur adiabatischen Kühlung des gesamten Umfelds beiträgt. Politisch müssen durch steuerliche oder andere Lenkungsmechanismen (wie Förderungen, Verordnungen oder Normen) alle Maßnahmen gefördert werden, welche die Sommertauglichkeit von Gebäuden, Wohnungen oder Geschäften ohne technisch gestützte Kühlung gewährleisten. Technisch gestützte Kühlung darf nur dort eingebaut werden, wo durch andere verbrauchsenkende Maßnahmen die Energiebilanz wenn schon nicht verbessert dann zumindest ausgeglichen bleibt.

8.1. Senkung der Oberflächentemperaturen und Erhöhung der Albedo

Eine der Hauptursachen für den Temperaturanstieg in den Großstädten liegt im Versiegeln der horizontalen Bodenflächen mit Asphalt. Die dunkle Farbe bewirkt eine starke Absorption des solaren Strahlungseintrags. Niederschlagswasser findet keinen Porenraum und fließt unverzüglich in die Kanalisation ab. Selbst das in den Ritzen der ehemaligen Pflastersteine gespeicherte Wasser und das dort angesiedelte Bodenleben führten zu einer gewissen Kühlung des Straßenbelags. Zumindest außerhalb der stark belasteten Verkehrsflächen, in Nebenstraßen und Fußgängerzonen aber auch im Burggarten ist es zu empfehlen, die völlig dichten Asphaltbeläge zumindest auf Gehsteigen oder Fußgängerflächen wieder durch offenporige, im Kiesbett verlegte Steine oder Platten zu ersetzen.

In den Mittelmeerländern und in anderen heißen Klimaregionen der Erde versucht man (vermutlich schon seit Jahrtausenden), die sommerliche Erwärmung von Gebäuden zu verringern, indem man die Architekturoberflächen mit weißen, reflektierenden Oberflächenanstrichen aus Kalkmilch versah. Die Vermeidung dunkler Fassaden- und Dachflächen spielt nicht nur beim Einzelgebäude sondern auch in Summe eine durchaus ernst zu nehmende Rolle. Auf diesen Effekt zielte auch der Vorschlag der österreichischen Zementindustrie (VÖZ) ab, Asphalt-Straßenbeläge durch Betonflächen zu ersetzen. In einer computer-simulierten Modellierung hat der gutachterlich beauftragte Bauphysiker Klaus Kreč errechnet, dass bei einer Lufttemperatur von 25 °C eine direkt besonnte Asphaltdecke sich um 18,5 K über Lufttemperatur erwärmt, wohingegen die Übertemperatur einer Betondecke nur 11,5 K beträgt. Der Effekt ist bis in eine Höhe von 16 m spürbar. Da Straßen etwa 10 % der Fläche des Wiener Stadtgebietes ausmachen, könnte – so das Ergebnis der Simulation - der Austausch der dunklen Asphaltflächen mit dem helleren Beton zu einer Reduktion der empfundenen Temperatur im Stadtgebiet um 1,5 K führen (www.zement.at/print.asp?c=591). Abgesehen davon, dass die Kosten dafür in wirtschaftlich schwierigen Zeiten kaum aufzubringen sein dürften, ist der Erfolg vermutlich zeitlich sehr begrenzt, da die neuerliche atmosphärische Verschmutzung der waagrechten befahrenen Betonbeläge deren Albedo in kürzester Zeit wieder verringern würde. Wirksamer wäre es hingegen, bei der Färbelung von Hausfassaden oder sonstigen Architekturoberflächen bevorzugt auf helle bzw. reflektierende Anstriche zurückzugreifen.

Die Verkleidung der äußeren Gebäudehülle des Museums für Moderne Kunst (MuMoK) mit schwarzem Basalt muss aus bauphysikalischer Sicht für einen Museumsbau als sehr ungünstig eingeschätzt werden: Die daraus resultierende Absorptionswärme im Baukörper muss mit hohem energetischem Aufwand im Sommer gekühlt werden. Zur Klärung dieses Sachverhalts wäre eine Studie zum Vergleich der sommerlichen Energieverbräuche zwischen dem „schwarzen“ MuMoK und dem „weißen“ Leopold-Museum von Interesse.

8.2. Grünflächen

Weitaus effektiver und nachhaltiger dürften alle Bemühungen sein, versiegelte Bodenflächen durch Begrünung von Fassaden, Dächern, Lärmschutzwänden oder sonstigen strahlungsexponierten Freiflächen zu kompensieren. Damit könnte in der Vertikalen ein Vielfaches der horizontalen Flächenverluste als Natur- und Lebensraum zurück gewonnen werden. Vorreiterrolle für eine durch Förderungen beschleunigte Schaffung von Grünraum in urbanen Ballungsgebieten ist dabei die Stadt Linz mit einem forcierten Dachbegrünungs-Programm: 2008 waren 450 Dächer mit einer Gesamtfläche von 480.000 m² als Grünflächen eingerichtet³⁵.

Begrünte Dächer und Hausfassaden haben eine nicht zu unterschätzende Wirkung sowohl auf das Bauwerk selbst als auch auf das lokale Mikroklima: Die wärmedämmende Wirkung der Bewuchsschicht senkt im Winter die Transmissionswärmeverluste der Dachhaut; im Sommer hingegen senkt sie deren Oberflächentemperatur von 60-80° C um bis zu über 30 K. Das im Substrat gespeicherte Wasser verliert bei Verdunstung latente Wärme und bewirkt dadurch eine adiabatische Kühlung. Gleichzeitig wird die Luftfeuchte der Umgebung erhöht und Staub gebunden. Die durch den Bewuchs vergrößerte Oberfläche bewirkt vor allem nachts durch Strahlungsaustausch mit dem Weltraum eine stärkere Abkühlung als ein massives Dach.

Gerade die mit der Wärmeinselbildung verbundene Verringerung der nächtlichen Abkühlung gilt als eine der Hauptursachen für gesundheitliche Probleme während Hitzeperioden, da der Schlaf in heißen stickigen Nächten keine Erholung bringt und dies den menschlichen Kreislauf und das allgemeine Wohlbefinden stark belastet. Gründächer, wenn sie richtig und sorgfältig angelegt wurden, verlängern die Lebensdauer der Dachhaut, indem sie die Temperaturspreizung zwischen Tag und Nacht sowie zwischen Winter und Sommer absenken und darüber hinaus als mechanischer Schutz für die Isolier- und Dichtungsschicht dienen. Abhängig von Konstruktion und Humusschicht können beträchtliche Mengen an Regenwasser gebunden werden.

Der Klimatologe Dieter Scherer von der TU Berlin (Institut für Ökologie) hat 2007 in einer Studie³⁶ nachgewiesen, dass die Kühlwirkung einer Parkanlage nur über einen Streifen von etwa 300 m hinaus wirksam ist, weshalb viele kleinere und komplex bepflanzte Grünflächen etwa in der Größe eines Fußballplatzes sich auf das Stadtklima viel positiver auswirken als mehrere Hektar große zentrale Parks. Wien spielt mit seiner langjährigen Grünraumpolitik auf diesem Gebiet sicher europaweit eine Vorreiterrolle, obwohl in den letzten 10 Jahren diesbezüglich eine gewisse Stagnation zu beobachten ist und innerhalb des Gürtels (etwa im Bereich der Stadtbahnbögen sowie auf der Lastenstraße/Museumsquartier) ehemalige kleine Grünflächen rückgebaut und wieder mit v. a. im Winter pflegeleichtem Asphaltbelag versehen wurden.

Im Zuge des prognostizierten Klimawandels ließe sich Stadtbegrünung wirkungsvoll zur Senkung der sommerlichen Überwärmung einsetzen, indem möglichst viele und flächendeckend über das Stadtgebiet verstreute Assimilationsflächen angelegt werden. Dazu genügt es nicht, kleine Freiräume oder Geländezwickel mit Rollrasen zu dekorieren, sondern es müssten strategisch gezielt die vorhandenen, von großen Luftströmungen überstrichenen „technischen Wüstenflächen“ wie Feuermauern von Wohnhausanlagen, das Bett des Wienflusses, die U6-Bahntrasse des Gürtels sowie die weiträumigen Begleitflächen der Stadtautobahnen (Tragekonstruktionen, Brücken, Lärmschutzwände, etc.) begrünt werden. Ähnlich dem Baumschutzgesetz könnte man über eine Verordnung erwirken, dass für jede ver-

35 Geschäftsbericht Magistrat Linz 2008/2009: http://www.linz.at/images/GESCHaeFTSBERICHT_200809.pdf (12.07.2011)

36 <http://umwelt.scienceticker.info/2007/08/28/> (28.09.2011)

siegelte Bodenfläche eine klimatisch äquivalente, d. h. in der Vertikalen z. B. um das Drei- bis Vierfache vergrößerte Pflanzenfläche angelegt werden muss.

Weiters sollte das über die großen Dachflächen der Stadt anfallende Niederschlagswasser gezielt in mit Überlauf ausgestatteten Zisternen bzw. Sickergruben gesammelt und anschließend für Bewässerung verwendet werden. Diese ober- oder unterirdischen Regenwasser-Retentionsbereiche, die in Parks, auf sonstigen Freiflächen, unterhalb von Parkplätzen, Nebenfahrbahnen oder Radwegen problemlos anzulegen wären, würden die bei Starkregen überforderte Kanalisation von Großstädten entlasten und dienen gleichzeitig als Speicher einerseits zur Bewässerung von Grünanlagen, andererseits für latente Wärme, die zur adiabatischen Kühlung eingesetzt werden kann.

8.3. Dach- und Fassadenbegrünung

Eine der wirkungsvollsten Maßnahmen zur Verminderung der Urbanen Wärmeinselbildung wäre die gezielte Förderung von Dach- und Fassadenbegrünungen. Dazu gibt es seit den 1980er Jahren eine Fülle einschlägiger Literatur (KRUPKA 1986). Während zu Beginn der Ökobewegung noch „Mut zu Grünen Wänden“ gemacht und die ökologischen und kleinklimatischen Vorteile ins rechte Licht gerückt werden mussten, so geht die jüngere Literatur vertiefend in anwendungsbezogene, praktische Details und bietet ausreichend Sachinformationen. In der Zwischenzeit liegen für Gründächer und die dafür notwendigen Baustoffe auch Normen vor (ONR 121131 u. a.), die für die Konsumenten Entscheidungs- und Rechtssicherheit herstellen. Der ökologische Wert und die generell positive Wirkung von Pflanzen im dicht verbauten Gebiet sollten demnach heute außer Streit stehen; kontrovers diskutiert ist meist immer noch die praktische Umsetzung. Auch wenn nicht allen die Zunahme der Biodiversität im Stadtgebiet ein Anliegen sein wird (technische Dachflächen sind als „biologische Wüsten“ anzusprechen; KRUPKA 1986), sind doch die günstigen Auswirkungen sowohl auf das lokale Mikroklima als auch auf die Bausubstanz objektiv in der überwiegenden Anzahl der Fälle nicht von der Hand zu weisen.

8.3.1. Gründächer

Extensive (natürliche) Begrünung ist in Herstellung und Pflege die einfachste und billigste Form der Dachbegrünung. Sie orientierte sich ursprünglich an den in Nordeuropa und Skandinavien üblichen traditionellen Bauweisen, wobei Erdhäuser bzw. auf dem Dach befestigte Grassoden Schutz vor winterlicher Kälte und Sommerhitze boten. In den letzten Jahrzehnten wurden je nach Geschmack, Arbeits- und Finanzkraft der Nutzenden verschiedenste Anbauvarianten von ausgefeilter Dünnschichtbegrünung mit trockenresistenten Pflanzenformen bis hin zur sich selbst überlassenen, im Hochsommer bisweilen abgestorbenen „Blumenwiesen auf dem Hausdach“ entwickelt.

Von intensiver Dachbegrünung spricht man, wenn auf dem Dach ein von den Bewohnern als Lebensraum genutzter Garten angelegt wird. Dabei können je nach verfügbarer Nutzfläche und baulichen bzw. statischen Rahmenbedingungen Wiesenflächen, Zier- oder Obstgehölze, Sträucher, Blumen- und Gemüsebeete, kleine Teiche und Bäume auf engstem Raum gepflanzt sein. Die Gestehungskosten liegen deutlich über denen einer konventionellen Dachkonstruktion, und auch für die laufende Erhaltung und Pflege müssen beträchtliche Mittel und Zeitaufwand einkalkuliert werden. Die Vorteile eines bewohnbaren „Dachgartens“ werden jedoch von den meisten Nutzern als unverhältnismäßig im Vergleich mit den Nachteilen beschrieben.

Geeignete Dachflächen können im Normalfall nicht genutzt werden. Somit werden Grasschrägdächer meist aufgrund überwiegend ökologischer Gesichtspunkte angelegt. Aber auch letztere weisen eine Fülle positiver Faktoren auf.

Das Klimakonzept und seine Umsetzung

Durch Begrünung wird die Oberflächentemperatur von Dach- und Fassadenflächen signifikant abgesenkt. Die Blätter der Pflanzen brauchen zur Photosynthese Sonnenenergie, die der Umgebung demnach entzogen wird und zur Abkühlung führt. Die vor allem im dicht verbauten Gebiet hohe Reflexion der Sonnenstrahlung wird reduziert und damit der Gesamtstrahlungseintrag auf die Häuser der Umgebung gesenkt. Da die Oberflächentemperatur von Blättern je nach Pflanzenart max. 32-38 °C beträgt, können begrünte Flächen niemals die Temperaturen von Ziegel- oder Blechdächern (50-80 °C) erreichen. Auf einer Wiesenfläche verdunsten pro m² an einem Sommertag 6-8 Liter Wasser. Die adiabatische Kühlung senkt die Umgebungstemperatur um bis zu 8 K. Die durch den Pflanzenbewuchs um das 60- bis 80-fache vergrößerte Oberfläche wirkt wie eine Filtermatte, in der oberflächlich verfrachtete Stäube gebunden werden, was der aktuellen Feinstaubproblematik entgegenwirkt.

Der Bodenaufbau von Dachbegrünungen kann beträchtliche Mengen an Wasser speichern. Als Faustregel gilt, dass die halbe Volumenmenge des Bodensubstrats direkt als Wasserspeicher zur Verfügung steht. Jedoch hat etwa Hans-Joachim Liesecke in Hannover in systematischen Experimenten mit Dünnschichtbegrünung nachgewiesen, dass eine Bodenschicht von 7 cm im Zeitraum von dreieinhalb Monaten alle Niederschläge von 30,5 l/m² zurückgehalten hat, während auf dem Vergleichsdach mit Kiesbelag 70 % der Wassermenge sofort in die Kanalisation abgeleitet, d. h. nur 30 % der Niederschläge gespeichert wurden. Der ein- oder mehrschichtige Aufbau des Bodensubstrats sowie die Art der Dränung spielen dabei eine wesentliche Rolle. Generell lässt sich feststellen, dass bei extensiver Bewirtschaftung durch einen zweischichtigen mattenförmigen Aufbau sowie mittels Kombination von Vegetationsschicht / Bodensubstrat, Wasserretentionsschicht aus speicherfähigem Material (Ziegelsplitt, Lava/Bims-Gemisch, Schieferschlacke oder Blähschiefer mit jeweils optimierter Korngröße) und Dränmatte mit einer Gesamtschichtdicken <10 cm, bis zu 50 l/m² Wasser gespeichert bzw. 38-50% der Niederschlagsmenge zurückgehalten werden können (LIESECKE 2007: 42-49).

Die Bewuchsdichte und -dicke und damit die Menge der Blattoberflächen ist für viele positive Eigenschaften von Gründachflächen ausschlaggebend. Neben der Tauwasserbildung und der bereits erwähnten Wärmedämmwirkung ist es vor allem die Filterwirkung gegenüber Luftschadstoffen und Stäuben, die im Stadtgebiet eine besondere klimaverbessernde Rolle spielen. Es ist wenig bekannt, dass Extensivbegrünungen mit einer 10-20 cm hohen Gras-Kraut-Vegetation auf ca. 15 cm Substrat 5- bis 10-mal soviel Blattgrün pro Fläche schaffen wie eine öffentliche „gepflegte“ Parkanlage. In einer 1981 durchgeführten Untersuchung des Forschungslabors für Experimentelles Bauen der Universität Kassel wurden die Blattoberflächen verschiedener Vegetationsformen erfasst (MINKE 2000: 21):

Untersuchte Vegetation	Blattoberfläche je m ² Bewuchsfläche
Rasen: 3 cm 5 cm	6 m ² 9 m ²
Wiese mit 60 cm langen Gräsern	Bis zu 225 m ²
Grasdach im Sommer	> 100 m ²
Sedum, bis 8 cm hoch	1 m ²
Sedum, dicht, bis 10 cm hoch	2,5 m ²
Wilder Wein an Fassade: 10 cm dick 20 cm dick	3 m ² 5 m ²
Efeu an Fassade, 25 cm dick	11,8 m ²

Tab. C.12: Blattoberflächen verschiedenster Vegetationsformen

Aus obiger Liste ist ersichtlich, dass Dachbegrünungen mit den sehr anspruchslosen, optisch neutralen und deshalb weit verbreiteten Sedum-Arten bauphysikalisch und mikroklimatisch unvergleichlich schlechter abschneiden als Gründächer mit dickerem Substrat und mittelgroßem Gras-Krautbewuchs, die eine um den Faktor 100 größere Blattoberfläche aufweisen.

In der Werbung wird die wärmedämmende Wirkung von Gründächern oft hervorgehoben; diese darf im Winter jedoch nicht überschätzt werden, zumal der hohe Feuchtegehalt des Bodens den Wärmedurchgangswiderstand herabsetzt (5 cm Styropor hat den gleichen Wärmedurchgangskoeffizienten wie etwa 2,5 m dichter und durchfeuchteter lehmiger Boden). Deshalb dürfen laut deutscher Wärmeschutzverordnung bei der Berechnung des U-Wertes des Daches Bodensubstrat und Pflanzendecken nicht berücksichtigt werden, obwohl durch den verringerten Strahlungsaustausch nicht so tiefe Oberflächentemperaturen erreicht werden: Bei Gründächern wurden in klaren Winternächten Oberflächentemperaturen gemessen, die um 20 K über den Temperaturen von Blechdächern lagen.

Unbestreitbar sind hingegen die positiven Auswirkungen im Sommer, wo das Gründach die Tagesamplituden der Oberflächentemperaturen deutlich verringert. Allein die amplitudendämpfende Wirkung von Gründächern trägt maßgeblich dazu bei, dass die Lebensdauer der verwendeten Werkstoffe verlängert wird. Während ungeschützte Dachflächen im Jahresgang eine Temperaturspreizung zwischen -20 und 80°C aushalten müssen, wird die Spreizung bei Gründächern auf 0-40 °C verringert. Dies verringert die Materialermüdung von Bitumen- oder Silikondichtungen und Sperrfolien und verlängert damit deren Lebensdauer beträchtlich. In Österreich gilt die ÖNORM ONR 121131 für die Planung, Ausführung und Erhaltung von Gründächern als anerkanntes Regelwerk der Technik.

In der Literatur findet man die Dächer je nach Neigungswinkel in unterschiedliche Gruppen eingeteilt. Die deutsche Flachdachrichtlinie unterscheidet vier Dachneigungsgruppen (KÖHLER 1993: 273):

	Neigungswinkel	Neigung in %
I	0 - 3°	0 – 5,2
II	3° - 5°	5,2 – 8,8
III	5° - 20°	8,8 - 36
IV	> 20°	> 36

Tab. C.13: Dachneigungsgruppen nach der deutschen Flachdachrichtlinie

Minke definiert ebenfalls vier Gruppen, jedoch in einer anderen Reihung (MINKE 2000: 52):

	Neigungswinkel	Neigung in %	Kategorie
I	0 - 3°	0 – 5	Flachdächer
II	3° - 20°	5 – 36	schwach geneigte Dächer
III	20° - 40°	36 - 84	stark geneigte Dächer
IV	> 40°	> 84	Steildächer

Tab. C.14: Dachneigungsgruppen nach Minke

Das Klimakonzept und seine Umsetzung

Extensivbegrünungen sind auf Dächern bis zu einem Neigungswinkel von 20° ohne technischen Mehraufwand für Schubsicherungsschwellen oder -gewebematten realisierbar. Aus Sicherheitsgründen ist jedoch bei stark wind- und regenexponierten Dächern bereits ab einer Neigung von 10° der Einbau von Schubsicherungen in Erwägung zu ziehen; ab 20° Neigung werden normalerweise immer Schubsicherungen eingebaut. Einige Hersteller bieten jedoch vollflächig verlegte, kassettierte Wasserspeicherplatten an, wobei der Dachrand alle Schubkräfte aufnehmen können muss. In diesem Fall muss am Dachrand eine Traufenbohle montiert und innen liegend entwässert werden.

Die Südseite des Gartentraktes der Neuen Burg ist mit einer Dachneigung von 18° gerade noch als schwach geneigtes Dach anzusprechen; die Nordseite mit 30° Neigung ist hingegen in jedem Fall ein stark geneigtes Dach. Ähnliches gilt für den Segmentbogen mit Dachneigungen von 18 bzw. 24°. Die Neigung des Pyramidendaches des Corps de Logis weist ebenfalls eine Neigung von 18° auf. Im Falle der schwach geneigten Dachkonstruktion der Neuen Burg könnten die Schubkräfte von der Attikazone aufgenommen werden; die Entwässerung erfolgt über die vorhandene innen liegende Regenrinne.

Der Vorschlag, das Dach der Neuen Hofburg extensiv zu begrünen würde vermutlich, unter Hinweis auf den Denkmalschutz, zunächst entschieden zurückgewiesen werden. Dabei werden – wie in Kap. B.1.9 anhand einiger Beispiele gezeigt wurde - im öffentlichen Raum und im Umfeld denkmalgeschützter Gebäude, große Fassaden- oder Freiflächen in dominantem Sichtbereich meist zu kommerziellen bzw. Werbezwecken genutzt, ohne dass seitens des Gesetzgebers oder der Öffentlichkeit interveniert würde. Dies zeigt, dass es sich dabei nicht um objektive ästhetische Kriterien, sondern um eine gesellschaftspolitische Beurteilung handelt, quasi eine zeitgeistige Momentaufnahme, die einem Wandel unterworfen ist³⁷. In jedem Fall jedoch könnten bereits jetzt die zu den Lichthöfen geneigten inneren Dachflächen problemlos mit einer Begrünung versehen werden. Für die Dachaußenflächen könnten bis zur Brüstung der etwa 1 Meter hohen Attikazone waagrechte oder schwach geneigte „keilförmige“ Pflanztröge mit einer (neigungsabhängigen) Breite zwischen 3 m (bei 0° Neigung) und 5 m (bei 3° Neigung) angefertigt und damit immerhin die halbe Dachbreite begrünt werden.

Neben Gründächern können auch begrünte Fassaden zur Klimaregulierung eingesetzt werden. Bei richtiger Anwendung und Befestigung von Rankhilfen schützt das Pflanzenkleid vor direkter Bewitterung. Besonders wirksam sind dabei phototrope Pflanzen, deren Blätter sich nach dem Sonnenstand ausrichten. Dies entspricht einer Lamellen-Jalousie mit einer Lamellenstellung zwischen 0° (= waagrecht) und 45°, was einem Abminderungsfaktor $z = 0,27$ entspricht (KÖHLER 1993: 37).

8.3.2. Vorbehalte

Natürlich dürfen auch die Vorbehalte gegenüber Dach- und Fassadenbegrünung bzw. deren Nachteile nicht außer Acht gelassen werden. Um Schäden an der Dachhaut und angrenzenden Bausubstanz zu vermeiden, kommt dabei der Wurzelsperrschicht maßgebliche Bedeutung zu. Die häufig einer Fassadenbegrünung angelasteten Schäden gehen allerdings meistens auf eine Vernachlässigung der Fassade und nicht auf die Bepflanzung selbst zurück. Die richtige Wahl der Pflanzen in Kombination mit einer tauglichen Rankhilfe führt sogar zu einem Bewitterungsschutz (KÖHLER 1993: 232). Neben den

³⁷ Es ist durchaus vorstellbar, dass spätere, stadttökologisch sensibilisierte Generationen eine pflanzliche Begrünung ehemals grüner Kupferblechdächer weit eher tolerieren würden als die weitere Zunahme von Klimaanlageanlagen im Bereich von ausgebauten Dachgeschoßzonen oder etwa großformatige bewegte Werbeflächen („rolling boards“) am Rand einer Weltkulturerbe-Altstadt.

relativ hohen Gesteungskosten sind auch laufende Kosten für Erhalt und Pflege zu bestreiten. Es wäre betriebswirtschaftlich interessant, in welchem Verhältnis diese Kosten zu den bis jetzt unhinterfragt tolerierten Kosten für Gesteung, Betrieb und Wartung von Klimaanlage stehen, die in der Folge deutlich verringert werden könnten.

Von Seiten der Restaurator/innen wird immer wieder der Verdacht geäußert, dass Gründächer und begrünte Fassaden zu einem verstärkten Eintrag von Schadinsekten führen könnten. Dieser Vorbehalt ist nicht unbegründet: In einem mit begrüntem Flachdach ausgestatteten neu errichteten Museum in Deutschland ist es zu einem Eintrag von roten Mauermilben (*balaustium mrorum*) ins Gebäudeinnere und in der Folge zu einem Befall von Grafiken gekommen, was weitere Bekämpfungsmaßnahmen erforderlich gemacht hat³⁸. Die Anlage eines Gründachs oder einer begrünten Fassade erfordert eine dichte Gebäudehülle und die Implementierung eines integrierten Schädlingsbekämpfungsprogramms (*integrated pest management, IPM*); beide Maßnahmen sollten aber ohnedies Bestandteil eines zeitgemäßen Museumsbetriebes und umfassenden konservatorischen Gesamtklimakonzepts sein. Nach der Reaktivierung des Luftbrunnens sollte die Frischluft nicht wie bisher über die Fenster eingebracht werden (was schon jetzt zu verstärkter Staubbelastung und zum Eintrag warme Luft im Sommer und möglichem direktem Zuzug von Schadinsekten aus dem Burggarten führt), sondern die Nachströmung zentral und kontrolliert über der 2. Keller und die Schächte im Gebäudekern erfolgen. Die langen und „nahrungslosen“ Zuluftwege bis zu den Sammlungen würden einen Schädlingsbefall von vorn herein und mehr als bisher erschweren.

Das erforderliche Reinigungsprogramm des Luftbrunnens und das ebenso erforderliche IPM würden einander sinnvoll ergänzen.

38 persönliche Mitteilung von Dr. Pascal Querner (www.ipm-museen.at/index.html) (20.5.2011)

9. Schlussbetrachtung

Der Ausgangspunkt unserer Überlegungen bestand darin, für die Sammlung alter Musikinstrumente des Kunsthistorischen Museums jene schadenspräventiven klimatischen Rahmenbedingungen ganzjährig und gesichert herzustellen, die in der Fachliteratur empfohlen und in den eigenen Leihverträgen gefordert werden. Es wurden die jahrelangen aber bis zuletzt vergeblichen Bemühungen beschrieben, dies im eigenen Wirkungsbereich umzusetzen: Nach wie vor werden die im Arbeitnehmerschutzgesetz geforderte maximale Raumtemperatur am Arbeitsplatz von 25 °C (nach § 28. (1) ASchG), die konservatorisch erwünschte Höchsttemperatur von durchschnittlich 26 °C für 150 Stunden/Jahr (BURMESTER 2000), und auch die für die „Sommertauglichkeit“ (nach ÖNorm B8110-3) erforderliche maximale Raumtemperatur von 27 °C in den Ausstellungsräumen, in der Studiensammlung und in den Restaurierwerkstätten, aber auch in den Büros der Angestellten der Neuen Burg jeden Sommer, je nach Grenzwert und meteorologischen Gegebenheiten an ca. 30-70 Tagen (d. s. rund 750 -1680 Stunden), überschritten.

Der Grund dafür liegt, wie nachgewiesen wurde, nicht an gravierenden Mängeln in der Bausubstanz sondern überwiegend am Nutzerverhalten bzw. am Fehlen einer koordinierten institutionsübergreifenden Nutzungsstrategie – also an einem konservatorisch-klimatischen Gesamtkonzept für die ganze Neue Burg. In der bereits mehrmals zitierten thermischen Gebäudesimulation (KREČ-HUBER 2010: 99f) wurde in der letzten Variante gezeigt, dass die Sommertauglichkeit für die SAM durchaus möglich wäre; dies aber nur, wenn auch in den darüber bzw. darunter befindlichen Raumgruppen (Büros der ÖNB bzw. Sammlungsräume des MVK) die dafür notwendigen Maßnahmen (Außenbeschattung, kontrollierter Luftwechsel tagsüber und forcierte Nachtlüftung) umgesetzt werden (Abb. C.50). Dieses Faktum zeigt exemplarisch, dass größere komplexe Systeme, die aus mehreren Subsystemen zusammengesetzt sind, nur dann für alle vorteilhaft, also funktional agieren können, wenn sie auf Kooperation basieren.

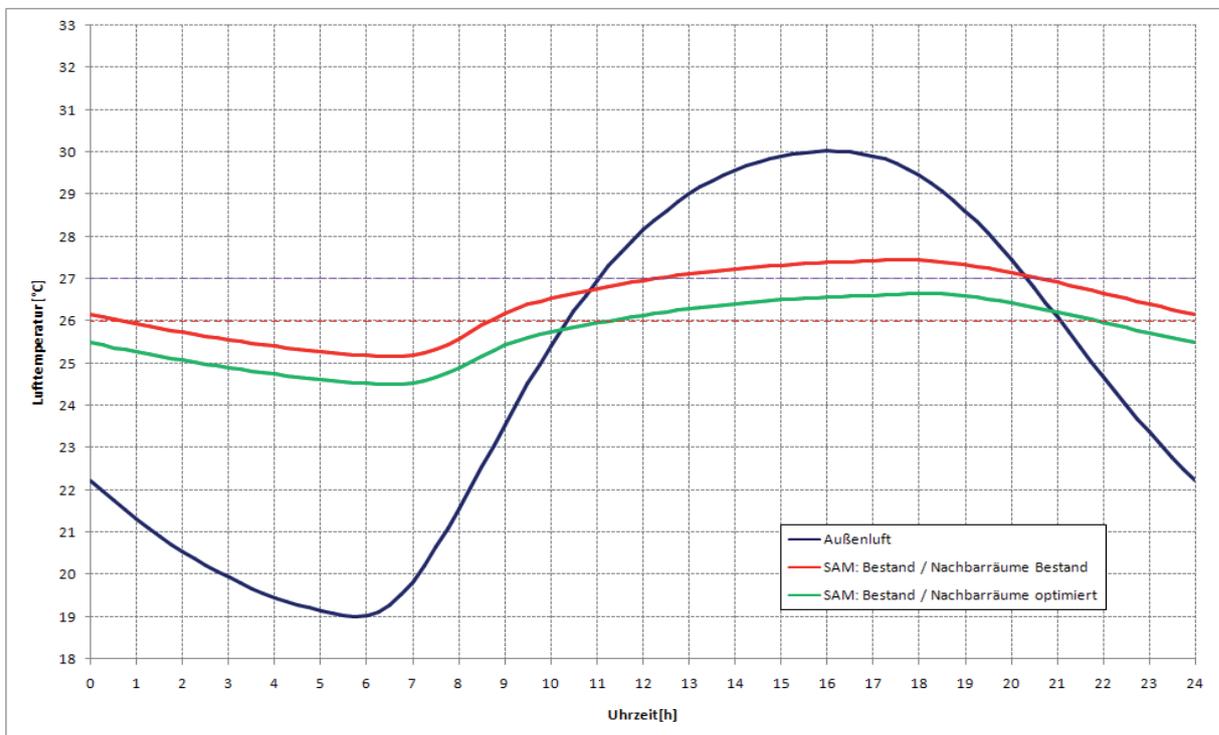


Abb. C.50: Für die SAM kann Sommertauglichkeit im Sinne der ÖNorm B8110-3 nur dann hergestellt werden, wenn auch in den benachbarten Raumgruppen Außenbeschattung, kontrollierte Lüftung tagsüber und forcierte Nachtlüftung durchgeführt werden. (Simulation und Grafik: K. Kreč)

Es stünde im Widerspruch zu einer systemischen Sichtweise, wenn mit dieser Arbeit der Anspruch auf eine widerspruchsfreie Universallösung für einen konservatorisch optimalen Museumsbetrieb in der Neuen Burg erhoben würde. Sie ist als Grundlage, also als Diskussionsbasis für ein gemeinsam noch zu entwickelndes „eigentliches“ Gesamtkonzept zu verstehen. Auch ist klar, dass es sich dabei zwangsläufig um einen einseitigen und subjektiv gefärbten Blickwinkel aus der Sicht eines Restaurators handelt. Dennoch kann aufgrund der langjährigen Beobachtungen und akkumulierten Erfahrungen mit großer Wahrscheinlichkeit vorausgesagt werden, dass die hier vorgeschlagenen Maßnahmen – im Gegensatz zur gegenwärtigen Situation - einen „Quantensprung in die richtige Richtung“ bedeuten würde, nämlich bessere konservatorisch-klimatische Bedingungen für die Objekte und Mitarbeiter/innen bei geringerem Mitteleinsatz und Ressourcenverbrauch. Die Energiekennzahl der Neuen Burg (oder noch treffsicherer: der „Ökologische Fußabdruck“ als inzwischen etablierte Referenzgröße), würde dadurch signifikant verringert, wodurch sich auch die Wahrscheinlichkeit für ein Überdauern der Institutionen mit den darin aufbewahrten Objekten in Krisenzeiten deutlich erhöhen würde. Und damit sind wir letztlich wieder bei der ursprünglichen Zielvorgabe, nämlich Grundlagen für ein nachhaltiges konservatorisches Betriebskonzept für das „Museum Neue Burg“ zu entwickeln.

Der rote Faden, der sich durch alle Überlegungen zieht, heißt „Synopsis“ (Zusammenschau). Die Gegebenheiten werden bestimmt durch das Zusammenspiel unterschiedlichster einzelner Wirkkräfte, wie sie in Abschnitt B ausführlich analysiert worden sind. Eine effektive, ressourcenschonende und für die Mitarbeiter/innen mit Zufriedenheit verbundene Arbeit wird dort möglich, wo synergetische Strukturen geschaffen werden, die Partikularinteressen, Doppelgleisigkeiten oder diametrale Zielvorgaben vermeiden, gegenseitige aktive Unterstützung fördern und geplante Maßnahmen auf mögliche Auswirkungen für die benachbarten Institutionen bzw. für die gemeinsame (!) Zukunft hinterfragen. „Kooperation statt Konkurrenz“ (FELBER 2009) wird wohl eines der wichtigsten und zukunftsrelevanten Paradigmen des 21. Jahrhunderts darstellen.

9.1. Zu erwartende Energieeinsparung

Das Umsetzen der in Abschnitt C vorgeschlagenen Maßnahmen würde zu einer Energieeinsparung im Bereich von 20 % bis 30 % führen. In Kap. C.6.1. wurde bereits als Beispiel das Grazer Umweltamt genannt, das ohne zusätzliche Investitionen, nur durch einfache interne Verhaltensänderungen der Angestellten, den Jahresenergieverbrauch um rund 25 % senken konnte.

Der ehemalige Direktor des Naturhistorischen Museums Dr. Bernd Lötsch ließ 2009 von der Firma Oekoplan einen „*energy-check*“ des Hauses durchführen³⁹. Mit einer Bruttogeschoßfläche von 37.586 m² und einer Nutzfläche von 24.500 m² ist das NHM mit der Neuen Burg gut vergleichbar. Als Jahresenergiekosten vor der Sanierung sind € 334.476,- (davon für Wärme € 113.480,- und für Strom € 220.996,-) ausgewiesen. Mit der Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen (Leuchtentausch in den Ausstellungsräumen; Einsatz von modernen, dem heutigen Stand der Technik entsprechenden Leuchtmitteln; Optimierung der Klimatechnik; Reduktion der Einschaltdauer von Lüftungsgeräten; Einbau einer Wärmerückgewinnungseinrichtung für die Fischsammlung; Automatensteuerung für Treppenlicht, Keller- und Gangbeleuchtung; Installation eines Lastmanagements; Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung) wird eine Kosteneinsparung von ca. € 97.800,- pro Jahr in Aussicht gestellt; dies entspricht einer Verringerung der Energiekosten von 29 %. Die CO₂-Reduktion betrage 240.250 kg / Jahr.

39 http://www.oekostrom.at/magazin/00/artikel/61537/doc/d/Naturhistorisches_Museum_rand.pdf?ok=j (30.6.2011)

Da bekanntlich das Ganze mehr ist als die Summe seiner Teile kann jedoch aufgrund des Phänomens der Emergenz mit - über das errechnete Einsparpotential hinausgehenden – Synergieeffekten gerechnet werden. Als Beispiel dafür sei das in Kap. C.3.1.5. beschriebene Nachdichten der Außenflügel der Balkontüren genannt, das eigentlich zur Verringerung der Lüftungswärmeverluste über die Falzfugen führen sollte, jedoch gleichzeitig und zunächst unerwartet auch eine Verringerung des U-Wertes der Fensterscheiben um 24 % bewirkte. Ähnliches gilt für den Umbau der Radiatorheizung auf Sockelheizleiste, wodurch sich – ebenfalls unerwartet – der Nachbefeuchtungsbedarf bzw. die Laufzeit der Luftbefeuchter um bis zu 80 % verringerte.

Es erscheint daher durchaus wahrscheinlich, dass bei den langfristig wirksamen Investitionen (wie sie beispielsweise für die Reaktivierung des Lüftungssystems im Segmentbogen, Mittelbau und Gartentrakt der Neuen Burg sowie bei der Beschattung der Lichtdächer oder der Umrüstung auf Bauteilheizung notwendig wären) höhere Gesamtkosteneinsparungen für die Zukunft angenommen werden können. Aber bereits die zu erwartenden Synergieeffekte würden sich auf den gesamten Arbeitsprozess und die Mitarbeiterzufriedenheit positiv und stressmindernd auswirken und die Funktionalität des Systems „Museum Neue Burg“ entscheidend verbessern, auch wenn letzteres sich nur schwer quantifizieren lässt.

9.2. Prioritätenreihung

In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Module des Gesamtkonzepts nach Themenschwerpunkten geordnet und nach unterschiedlichen Prioritäten gereiht. Die rot hinterlegten Module können ohne weitere Messungen oder Untersuchungen sofort umgesetzt bzw. sollten unverzüglich projektiert werden.

1. Kontrollierte Inbetriebnahme des „Luftbrunnens“
1.1. elektronische Klimadatenerfassung
1.2. Steuerung Drehtüre
1.3. Isolieren/Hinterlüften/Abschalten Fernheizrohre 2. KG
1.4. Klimaalarmplan (Was ist zu tun, wenn...)
1.5. Regelklappe 1. Keller / innerer Kellerrundgang
2. Kontrollierter Luftwechsel
2.1. Haustechnik-Round-Table
2.2. Nachdichten aller Fenster und Türen
2.3. Klimaschleusen Eingangsbereiche MVK und NB (Karusselltüren)
2.4. Ventilatorsteuerung 1. KG (2010 beauftragt)
2.5. Nachströmung aus 2. Keller für Belüftung Stiegenhaus NB
2.6. Kontrolle WC-Ventilatoren
2.7. Dichten der Liftschächte
2.9. Nachströmung Rest. Werkst. SAM
2.10. Regelungsadaptierung Klappensteuerung CdL
2.11. Regelung Brandrauchklappen Mittelbau (Stiegenhaus Abluft)

Legende: ■ erledigt bzw. beauftragt ■ sofort umzusetzen ■ Stufe 2 ■ Stufe 3

3. Basiskonditionierung der Luftfeuchte
3.1. Vorbefeuchtung 2. Keller (auf 5 g/m ³ absolute Feuchte)
3.2. Befeuchtung Aula MVK (Fixwasseranschluss + Spülautomatik)
3.3. Befeuchtung Stiegenhaus Neue Burg (Fixwasseranschluss und Spülautomatik)
4. Sonnen- und Wärmeschutz
4.1. Außenbeschattung der Fenster Mezz., OG2 und Lichthöfe
4.2. Außenbeschattung Lichtdächer
4.3. Obergeschoßdämmung
4.4. Vorsatzscheibe oder Thermoverglasung Innenflügel
4.5. Auswertung der Dachbodendämmung
4.6. Hinterlüftung der Dachböden
4.7. Adiabatische Kühlung der Dächer (Berieseln mit Regenwasser)
4.8. Außenbeschattung Segmentbogen OG1
5. Energieverbrauch senken
5.1. Heizung Aula MVK auf Umluft umrüsten
5.2. Beschattung Lichtdächer (Kühllast)
5.3. Differenziertes Beleuchtungskonzept Sammlungen (Sommer – Winter)
5.4. Eliminieren überzähliger Radiatoren (z.B. in Stiegenhäusern)
5.5. Fensteroptimierung
5.6. Obergeschoßdämmung und Dachbodenhinterlüftung
5.7. Umrüsten Radiatoren auf Bauteilaktivierung
5.8. Umbau Heizungssteuerung von Außenfühler auf Bauteilfühler
5.9. Klimaanlage Sicherheitszentrale D-Stiege auf Außenlüftung umrüsten
5.10. Vitrinen HJRK Leuchtbalken herausnehmen
5.11. Beleuchtung Verkehrsflächen auf Bewegungsmelder umrüsten
6. Hygiene
6.1. Reinigungsintervalle Luftbefeuchter 4x/Jahr
6.2. Putzsanierung und Kalkanstrich Luftbrunnen
6.3. Reinigungskonzept Luftbrunnen
7. Maßnahmen zur Optimierung der SAM
7.1. Abmauern des Parallelganges Ost 2. Keller
7.2. Öffnen der Schächte Marmorsaal
7.3. Abluftventilatoren Marmorsaal
7.4. Außenbeschattung Forscherlesesaal ÖNB
7.5 7.5. Außenbeschattung Museumsbereich MVK
7.6. Glaswände Kassabereich / Ephesus NB erneuern
7.7. Pilotversuch: Umrüsten Radiatoren auf Bauteilaktivierung
7.8. Nachströmung Restaurierung SAM
7.9. Vorsatzflügel Saal XIV-XVIII
7.10. Parapet-Abluftventilatoren Saal IX und XVIII von Lüftungssampel gesteuert
7.11. Verbindung zu Kollektorgängen herstellen

Legende: ■ erledigt bzw. beauftragt ■ sofort umzusetzen ■ Stufe 2 ■ Stufe 3

9.3. Grobkostenschätzung zur Umsetzung des Gesamtkonzepts

Die folgende Kostenschätzung wurde im Auftrag der Geschäftsführung vom Leiter des Gebäudemanagements des KHM Ing. Gerhard Seidl im Juli 2010 erstellt. Sie beruht auf Erfahrungswerten bzw. Beauftragungen im Rahmen von Kleinmengen und Mustern; im Zuge von Auftragsvergaben sind hier Abweichungen möglich. Die Kosten der Fenstersanierung/Beschattung betreffen die gesamte Neue Burg inkl. ÖNB. Werden nur die als dringend zu bezeichnenden Fenster der am meisten beschienenen Teilbereiche MVK, SAM, HJRK bewertet, können die Kosten bei ca. € 350.000,- eingegrenzt werden. Es ist aber auch möglich, dass einige Posten zu hoch bewertet wurden. So ist etwa die Basisbefeuchtung des 2. Kellers mit € 25.000,- veranschlagt; ein von der Firma WD Austria leihweise für den Winter 2011 zur Verfügung gestellter Sprühbefeuchter mit einer Verdunsterleistung von ca. 350 l/Tag wurde mit € 2.100,- angeboten. Eventuell wird ein zweites Gerät für den gegenüber liegenden Bereich des Kellers notwendig sein.

I a) Reaktivierung Luftbrunnen / "Corps de Logis" MVK		
kurzfristig		
	Verlegung der Zuluft Klimamaschinen 2.KG	15.000,00
	Verfestigen des Altverputzes in Vertikalschächten	35.000,00
	elektr. Antrieb der Drehtüre im Zuluftgang 2. KG	7.000,00
	Zuluftregelung 1. KG	25.000,00
längerfristig		
	Einhausen der Fernwärmeleitung u. Ableiten der Wärme ins Freie	n.b.
	Verlegung d. Umformerzentrale	n.b.
	Alternative zur Verlegung: Entlüftung der Umformerzentrale zum Heldenplatz	15.000,00
	Austausch der Kulissenschalldämpfer	20.000,00
	Vorbefeuchtung der Luft im 2.KG	25.000,00
	Regelung/Steuerungssoftware und Verkabelung d. Infrastruktur	90.000,00
	Nachrüsten der Brandschutztüren mit Magnetkontakten	2.000,00
	Umbau der Aulaheizung MVK auf Umluftbetrieb und Befeuchtung	50.000,00
I b) Reaktivierung Luftbrunnen / Segmentbogen Neue Burg		
	Belüftung SAM Säle	20.000,00
	Belüftung SAM Marmorsaal	80.000,00
II: Thermische Sanierung/Aufrüstung		
	Nachrüsten d. Fenster (Dichtungen; Thermoglas, Aussenbeschattung) gesamte Neue Burg	1.300.000,00
	große Fenster ca. € 7.000,-/Stk.	
	mittelgroße Fenster ca. € 4.500,-/Stk	
	kleine Fenster ca. € 3.000,-/Stk.	
	Aussenbeschattung der hofseitigen Fenster (A-, B-, C-, D-Hof)	200.000,00
	Aussenbeschattung der Glasdächer	100.000,00
	Dämmung der Obergeschoßdecke ca. € 45/m ²	120.000,00
	Querlüftung Dachgeschoß	50.000,00
	Nachlüftung ÖNB	n.b.
	Einbau v. Karusselltüren MVK	80.000,00
	Einbau v. Karusselltüren NB	100.000,00
	Umrüsten d. Heizungssteuerung auf Bauteilfühler	15.000,00
	Umrüsten auf Sockelheizleiste	n.b.
		2.349.000,00

Tab. C.15: Grobkostenschätzung

9.4. Konservatorisch relevante strukturelle Verbesserungen

Aus der langjährigen Ursachenanalyse für die, zumindest zeitweise bestehende, konservatorische Dysfunktionalität des Systems „Museum Neue Burg“ resultieren zwei Gegebenheiten:

1. Anstelle der im letzten Jahrzehnt betonten Ökonomisierung und Quantifizierung der Museumspolitik („Quotensteigerung“) empfiehlt es sich, vermehrt Qualitätssicherung sowie die Kernaufgaben des Museums, nämlich die Erhaltung, Bewahrung, Erschließung und Präsentation der eigenen Sammlungsbestände in den Mittelpunkt zu rücken. Dies ist insofern durchaus von ökonomischem Interesse, als konservatorisch fragwürdige Entscheidungen sich auf Dauer fast immer auch als wirtschaftlich nachteilig erwiesen haben.

2. Eine grundlegende Verbesserung der konservatorischen Rahmenbedingungen ist nur durch eine Änderung der Entscheidungs- und Kommunikationsstrukturen möglich. Alle konservatorisch relevanten Entscheidungen, wie zukünftige Ausstellungsplanung, Anzahl der zugesagten und konservatorisch bewältigbaren Leihgaben, etc. müssen unter Einbindung von Restaurator/innen getroffen werden.

Die wissenschaftliche Bedeutung der einzelnen Sammlungen und die äußerst komplexen Aufgabenstellungen der Konservierung und Prävention müssen gegenüber den Veranstaltungen und „Events“ vermehrt ins Bewusstsein der Verantwortlichen gerückt werden. Die 2011 erfolgte Einrichtung der Position einer „Klimabeauftragten“ stellt einen entscheidenden Schritt in diese Richtung dar. Eine weitere systemische Verbesserung wäre die Einführung der Funktion einer leitenden Restauratorin/eines leitenden Restaurators, die/der von den anderen Restaurator/innen gewählt werden sollte, und wofür auch ein verstärkter dienstrechtlicher Schutz angebracht erscheint. Durch eine zeitliche Begrenzung dieses Amtes (mit der Option einer Wiederwahl) kann der Gefahr einer Überforderung vorgebeugt werden. Ohne großen administrativen oder legislativen Aufwand könnte der/die Leitende Restaurator/in in alle konservatorisch relevanten Entscheidungsprozesse von vorn herein eingebunden werden, indem sie/er an den regelmäßigen Direktions- bzw. Abteilungssitzungen („Jours fixes“) teilnimmt.

Die Einrichtung einer zentralen „Anwaltsstelle“ könnte dazu beitragen, einen direkten Informationsfluss zwischen den für die Erhaltung und Pflege unmittelbar verantwortlichen Personen und dem Ministerium (bzw. dem Kuratorium) als Eigentumsvertreter in Gang zu setzen. Können Konfliktsituationen nicht intern beigelegt werden, ist diese Anwaltsstelle aufgerufen, den notwendigen Klärungsprozess herbeizuführen.

Eine ebenfalls leicht und rasch umsetzbare Lösung wäre es, den *ICOM Code of Ethics for Museums* als Richtlinie bzw. Zusatz zur Museumsordnung zu definieren.

In Kap. B.8. wurde das Organigramm des KHM mit MVK und ÖTM einer Analyse mit den Mitteln der Bildbetrachtung unterzogen. Dabei wurde festgestellt, dass in der (unbewussten) Wahrnehmung der Entscheidungsverantwortlichen die Verwaltungs-Abteilungen einen bedeutend größeren Stellenwert einnehmen als das eigentliche Herzstück der Museen – nämlich die Sammlungen mit ihren Objekten, die etwas unscheinbar am Rand stehen bzw., wie im Fall des MVK oder des ÖTM, im Organigramm gar nicht vorkommen. (Gerade für die in der Neuen Burg untergebrachten Sammlungen gehört die „Nicht-Wahrnehmung“ zur langjährigen Grunderfahrung.) Die wichtigen Themengebiete „Klima“ und „Konservierung/Restaurieren“ scheinen in der Organisationsstruktur ebenfalls nicht auf.

Zum Abschluss dieser Arbeit wird ein Organigramm des Kunsthistorischen Museums mit Österreichischem Theaternmuseum und Museum für Völkerkunde vorgestellt⁴⁰, dessen Bedeutungsperspektive die Stellung der Sammlungen und die Rolle der Verwaltung als administrative Substruktur besser abbilden soll als bisher. Ausgehend von einer konventionellen zweidimensionalen Darstellungsform (→ Abb. C.52) wurde zuletzt bewusst eine dreidimensionale Struktur gewählt, die dem dynamischen und organischen Charakter eines solchen Systems mehr gerecht wird als die traditionelle Abbildungsweise. Diese, auf den ersten Blick, unübersichtlichere Darstellungsform ist als Denkanstoss gedacht; will man das System als Ganzes verstehen, ist man genötigt, zum Erkennen aller Details mehrmals seinen Blickwinkel bzw. seinen Standpunkt zu verändern.

Die Geschäftsführung im Zentrum bildet den „operativen Zellkern“ des Systems, die kaufmännischen und wissenschaftlichen Abteilungen koordinieren und moderieren die notwendigen Funktionsabläufe und Kommunikationsflüsse. Die Sammlungen bilden die von der Öffentlichkeit wahrgenommene „Außenseite“ des Systems, wobei die Objekte (je nachdem welches Bild man bevorzugt) die repräsentative Prunkfassade, die beeindruckende Ausstattung oder die gelungene Performance des „Ökosystems Museum“ darstellen (Abb. C.51).

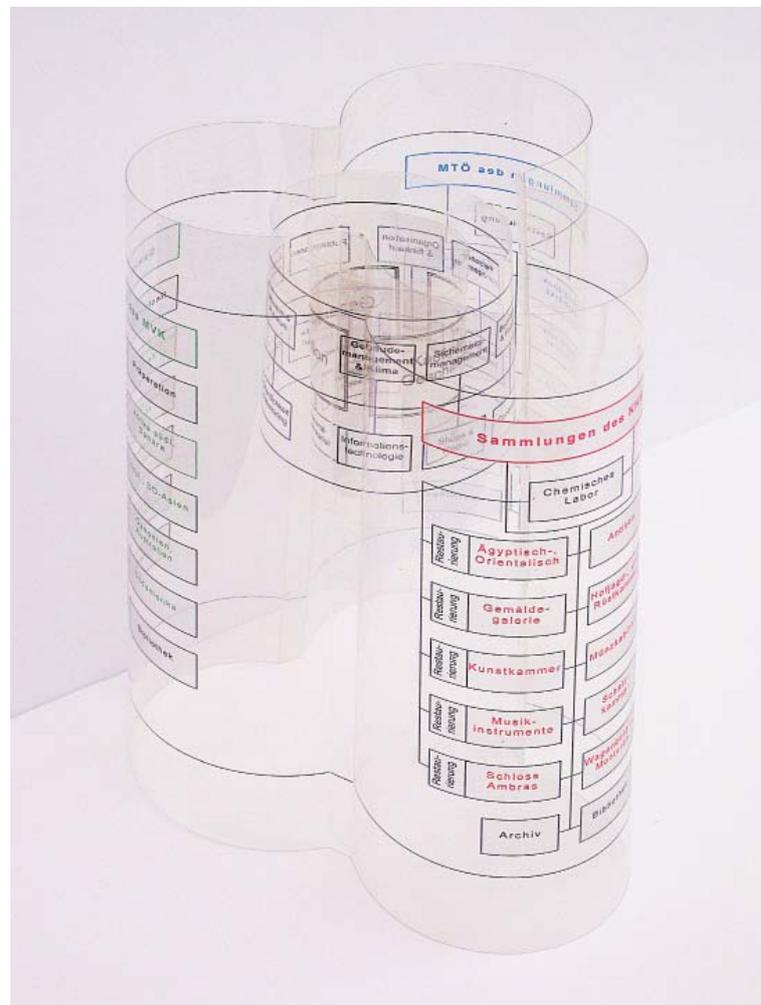


Abb. C.51: Dreidimensionales Organigramm des Kunsthistorischen Museums mit Museum für Völkerkunde und Österreichischem Theaternmuseum

40 Das hier entworfene Modell orientiert sich an jenem Organigramm, das in der 2002 von Michael Krabiell und Gabriele Zugay herausgegebenen Informationsmappe für das KHM mit ÖTM und MVK abgebildet ist.

Das Klimakonzept und seine Umsetzung

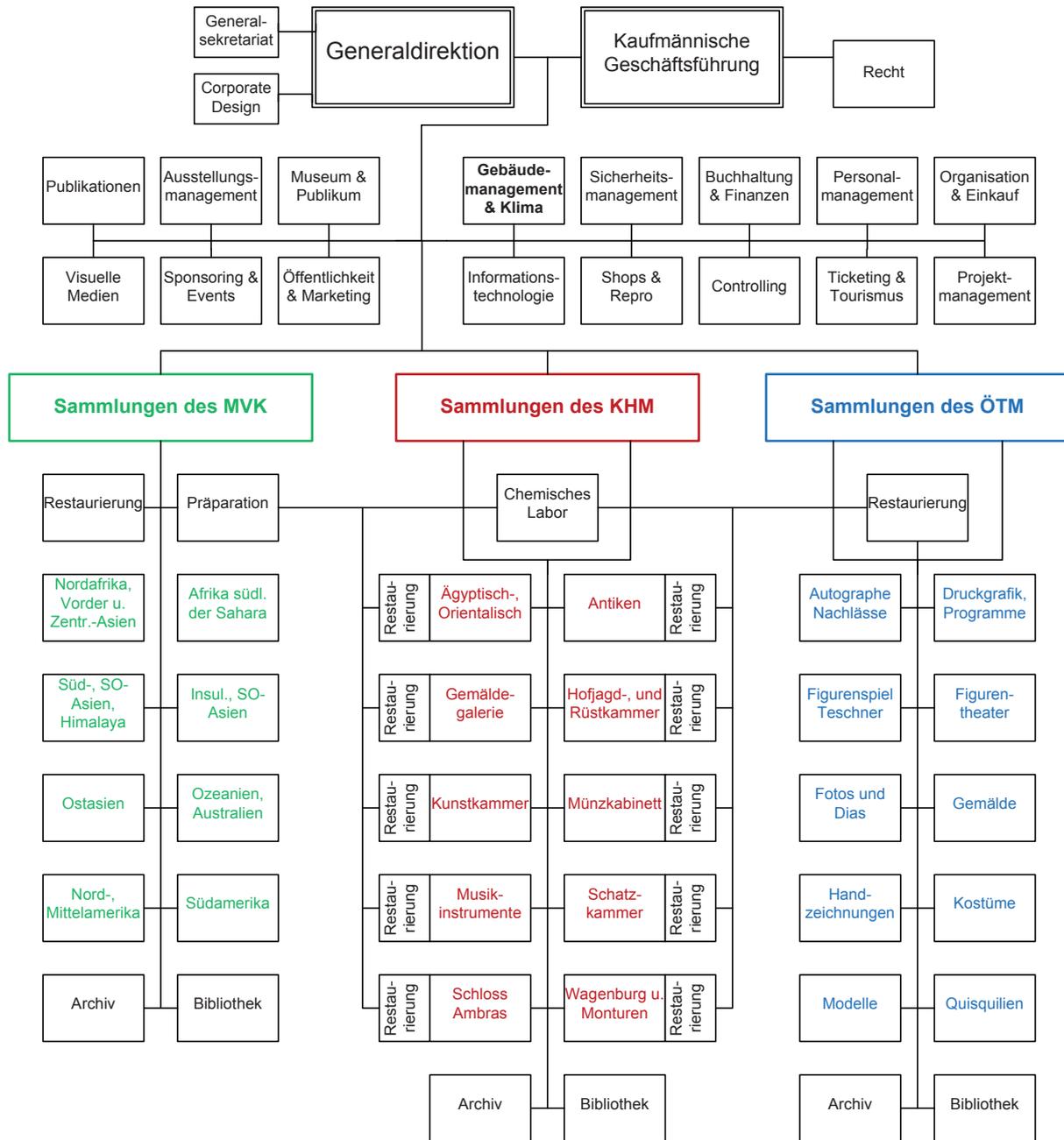


Abb. C.52: Zweidimensionales Organigramm des Kunsthistorischen Museums mit Museum für Völkerkunde und Österreichischem Theatermuseum (Grafik: S. Huber)

ABSCHNITT D - ANHANG

Im Anhang I und II werden Grundrisse und Schnitte des Corps de Logis und der Neuen Burg angeführt. Sie dienen zur groben Orientierung und sind aus Platzgründen nicht in einem definierten Maßstab sondern mit Maßstabsleiste dargestellt.

Anhang III zeigt die vom TB Pölzl erstellte Funktionsmatrix der Lüftungsventilatoren im Corps de Logis (← C.3.8.).

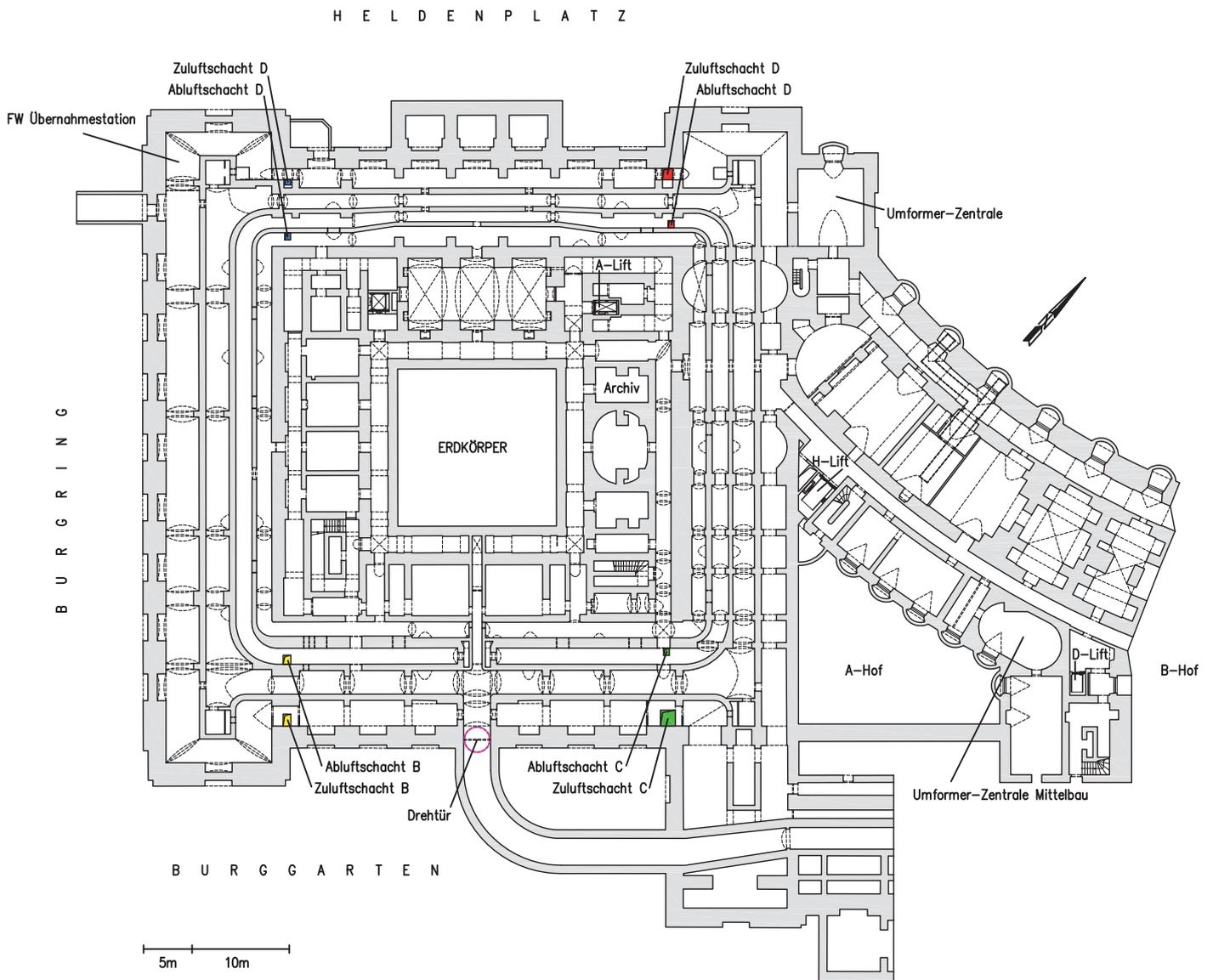
Im Anhang IV findet sich das Protokoll der Wärmeverbräuche mittels Wärmemengenzähler des Pilotprojekts zum Vergleich von Radiatorheizung und Sockelheizleiste (← Kap. C.4.4.3.).

Anhang V zeigt Schaltschema und Konfiguration der Klimaampel SmartSwitch II (← Kap. C.2.4.1.).

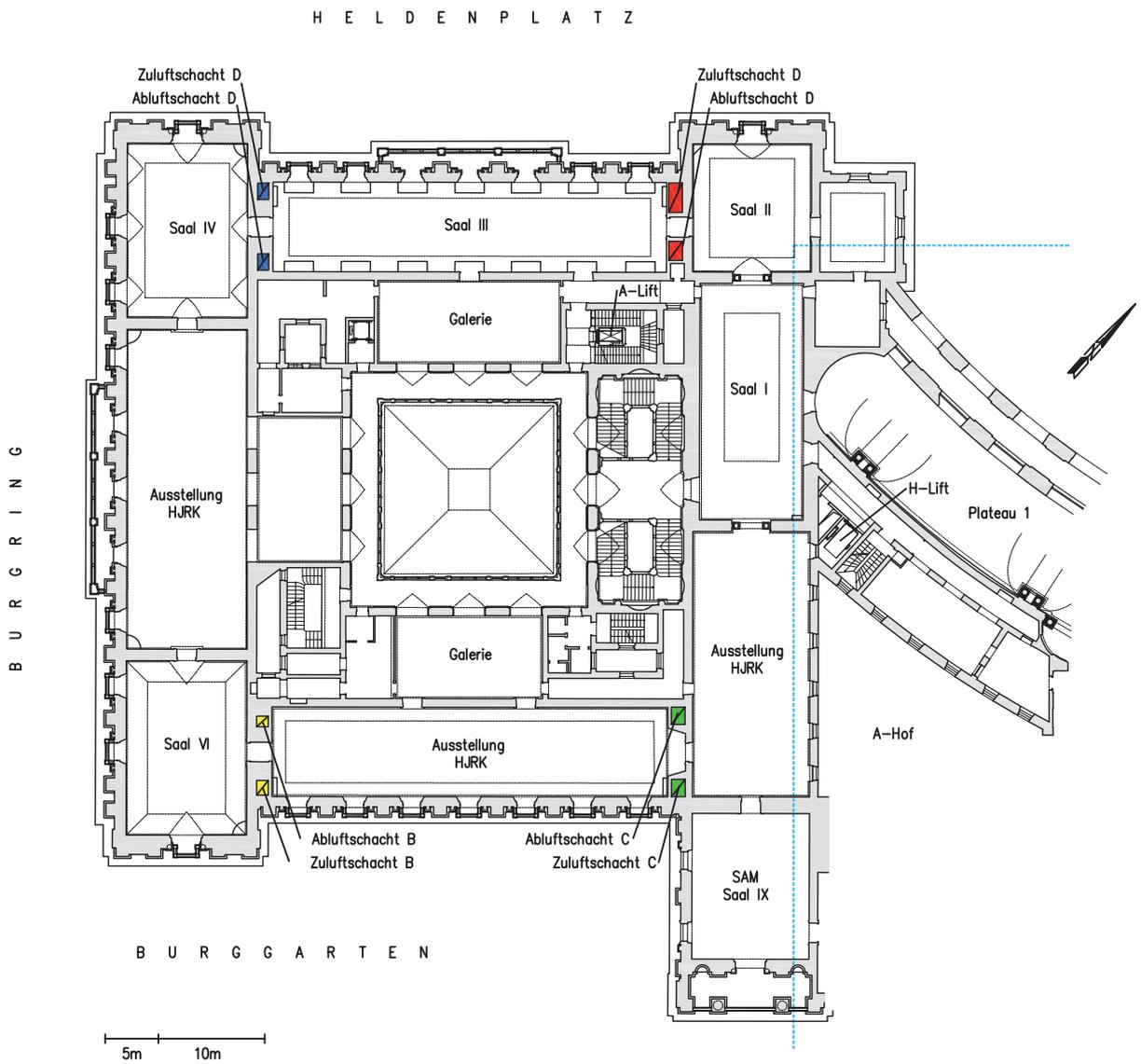
Im Anhang VI wird der Entwurf für ein konservatorisches Betriebshandbuch vorgestellt, das in Zusammenarbeit mit den Restaurator/innen der Neuen Burg erarbeitet wurde. Als nächster Schritt ist eine Feinabstimmung mit der Geschäftsführung und anschließende Implementierung vorgesehen.

ANHANG I - GRUNDRISS UND SCHNITT DES CORPS DE LOGIS

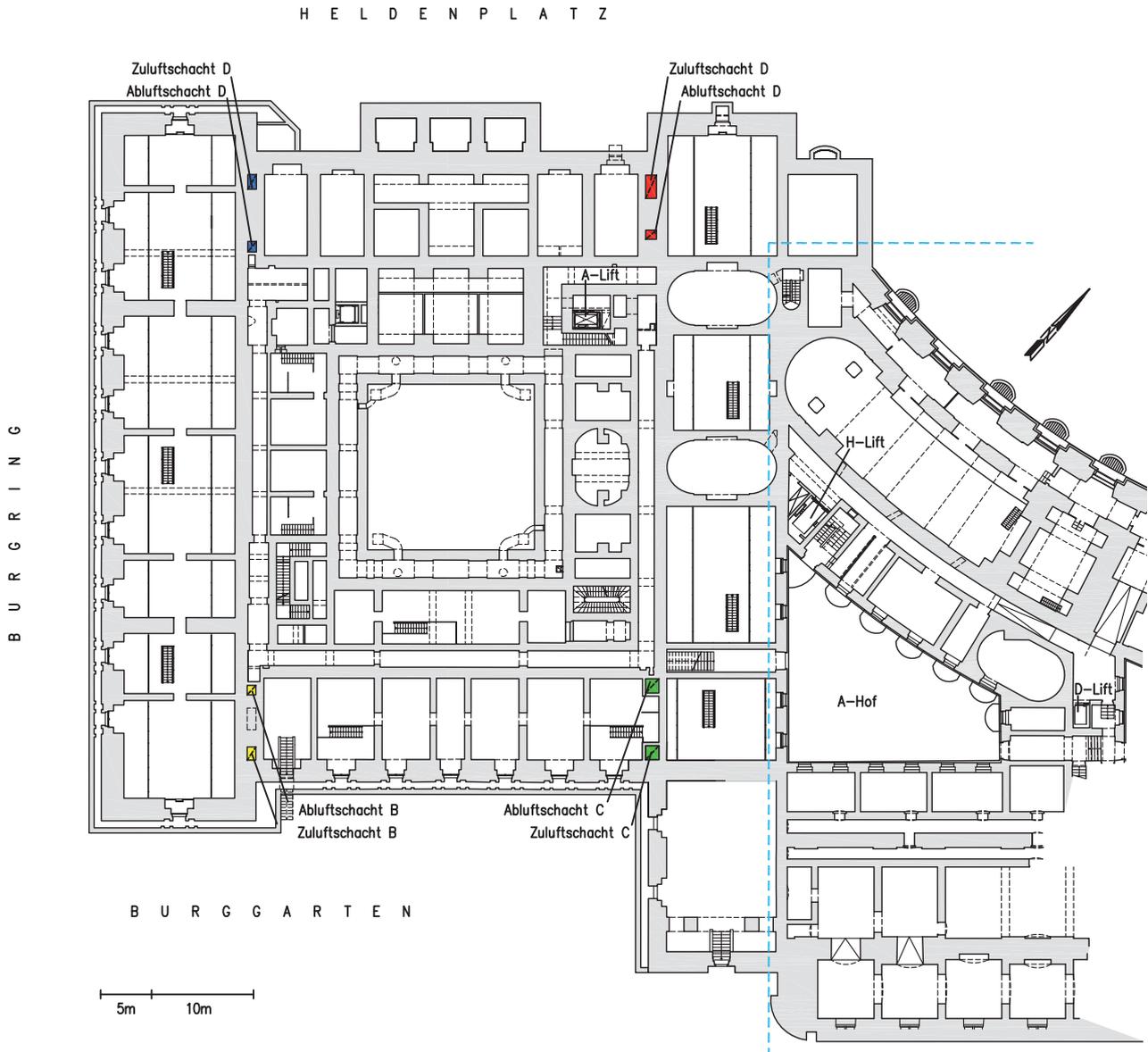
Anhang I/1: Corps de Logis - UG 2 (2. Keller)



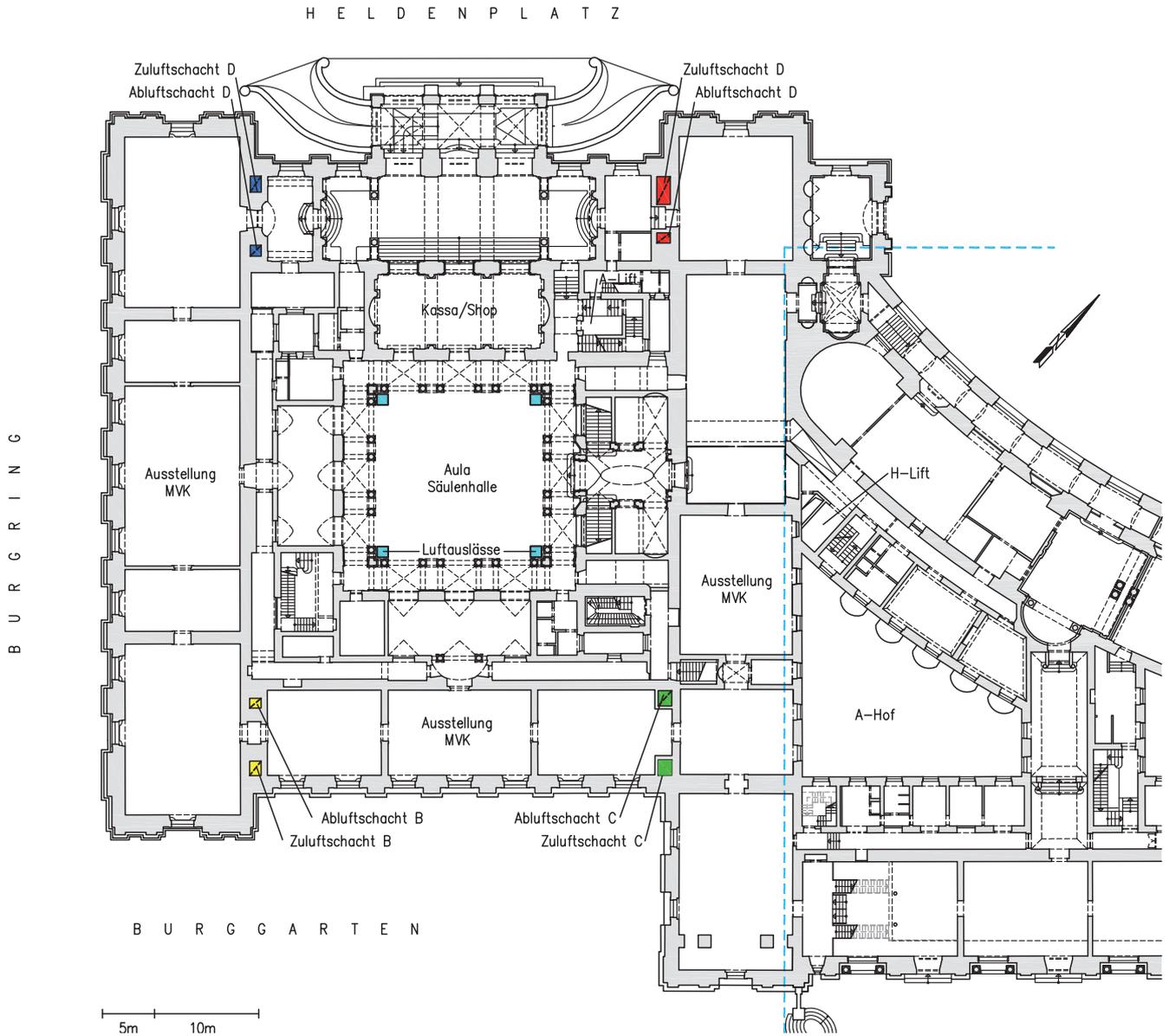
Anhang I/2: Corps de Logis - UG 1 (1. Keller)



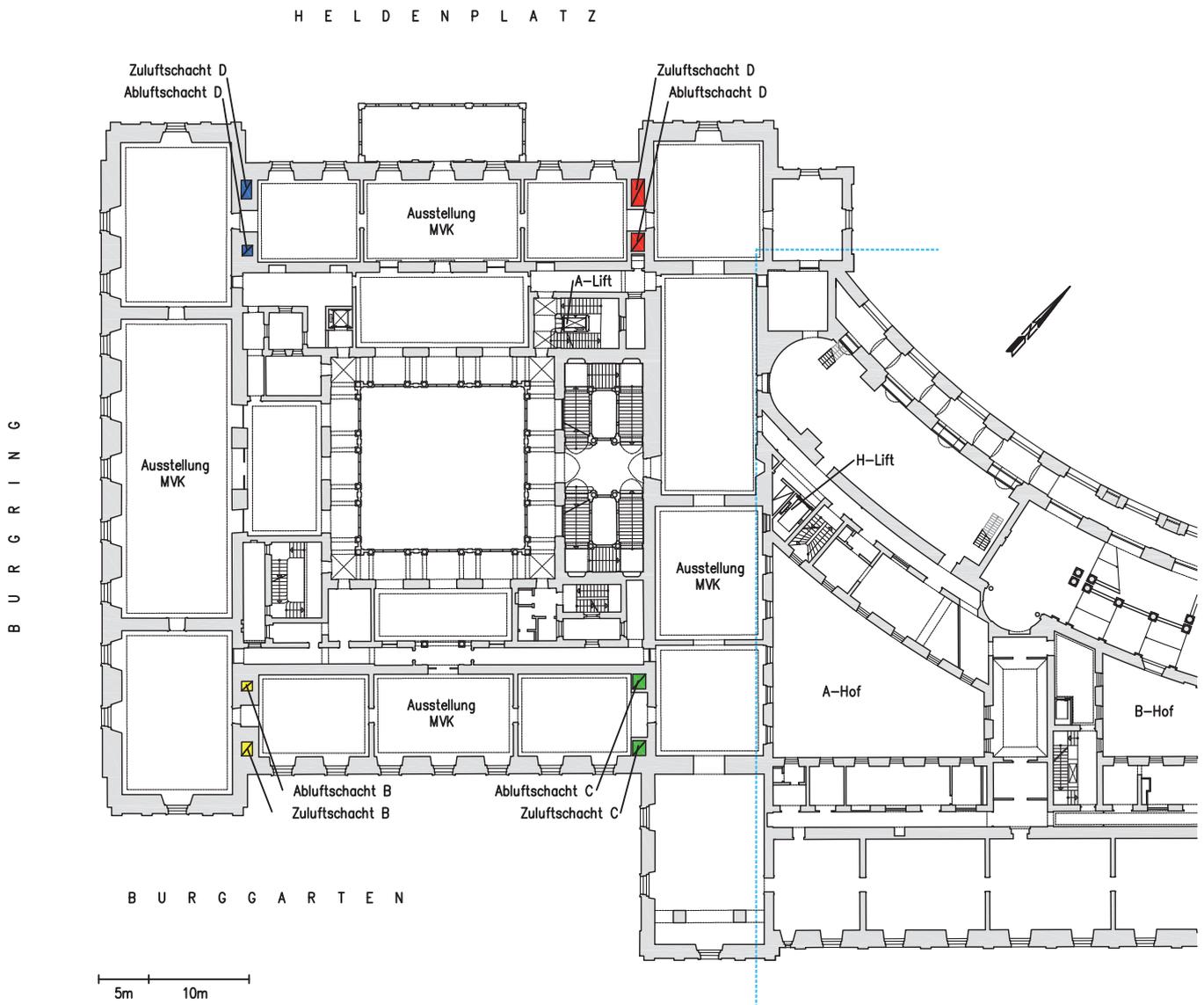
Anhang I/3: Corps de Logis - Tiefparterre



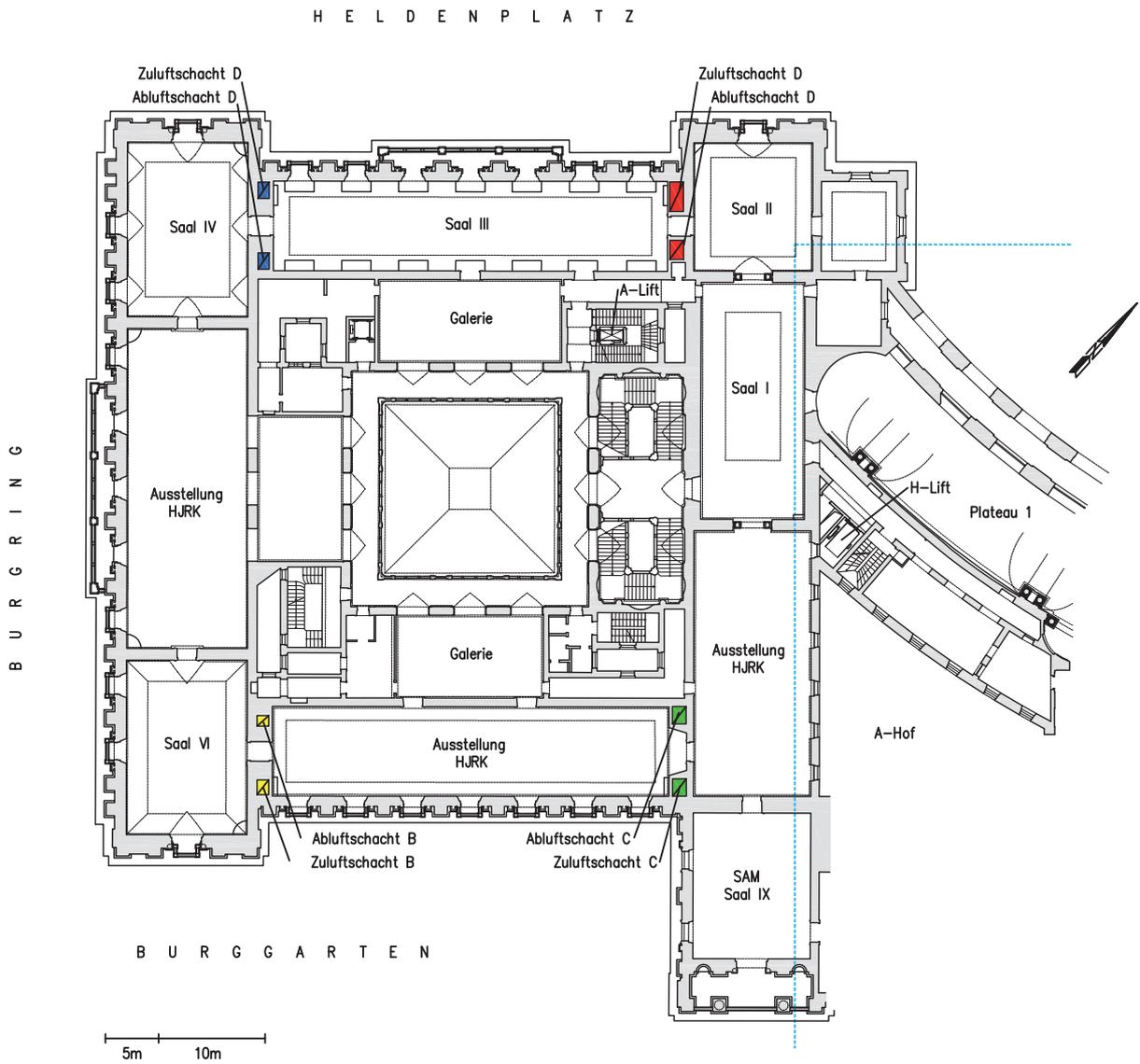
Anhang I/4: Corps de Logis - Hochparterre



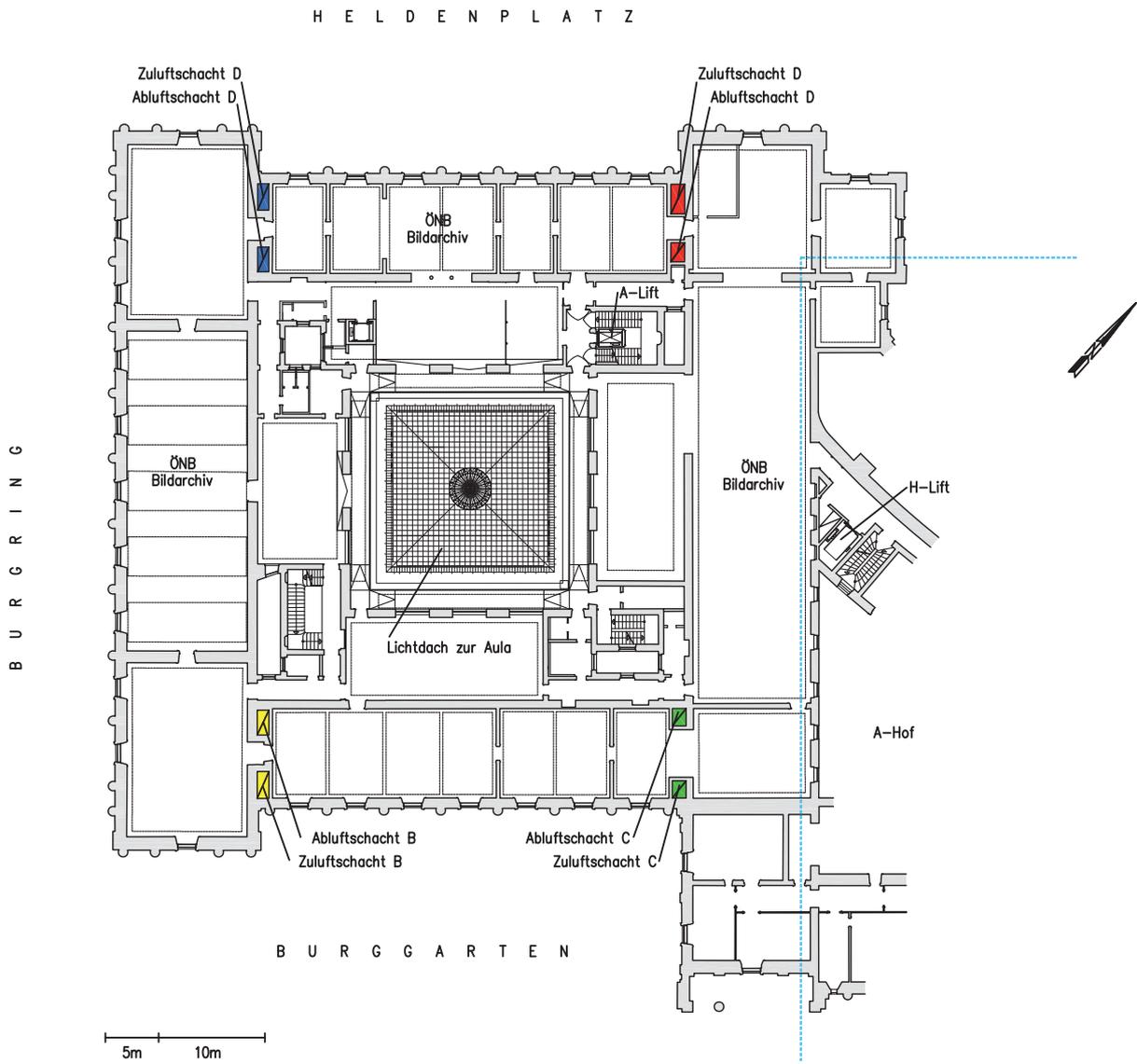
Anhang I/5: Corps de Logis - Mezzanin



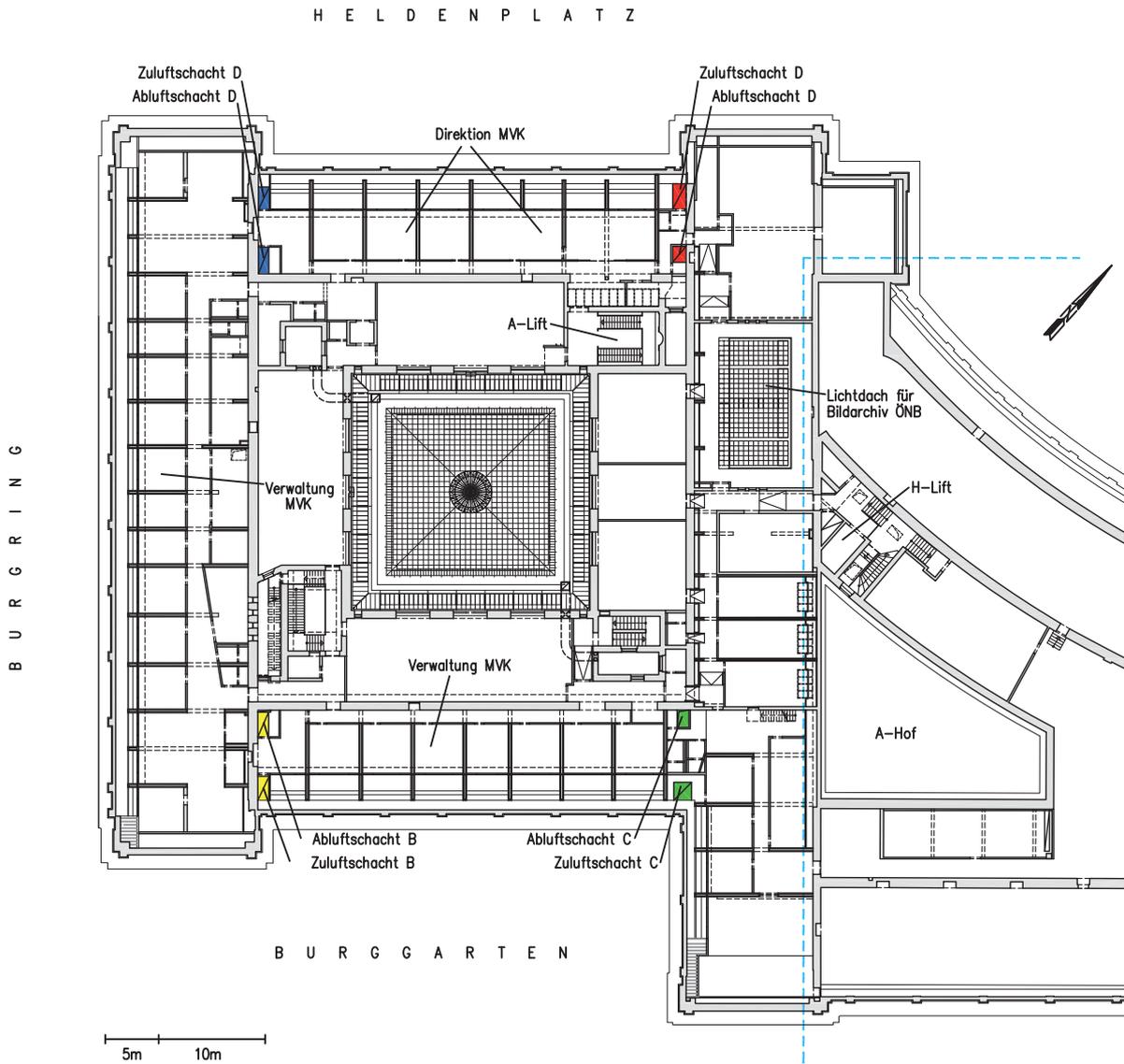
Anhang I/6: Corps de Logis - OG 1 (1. Stock)



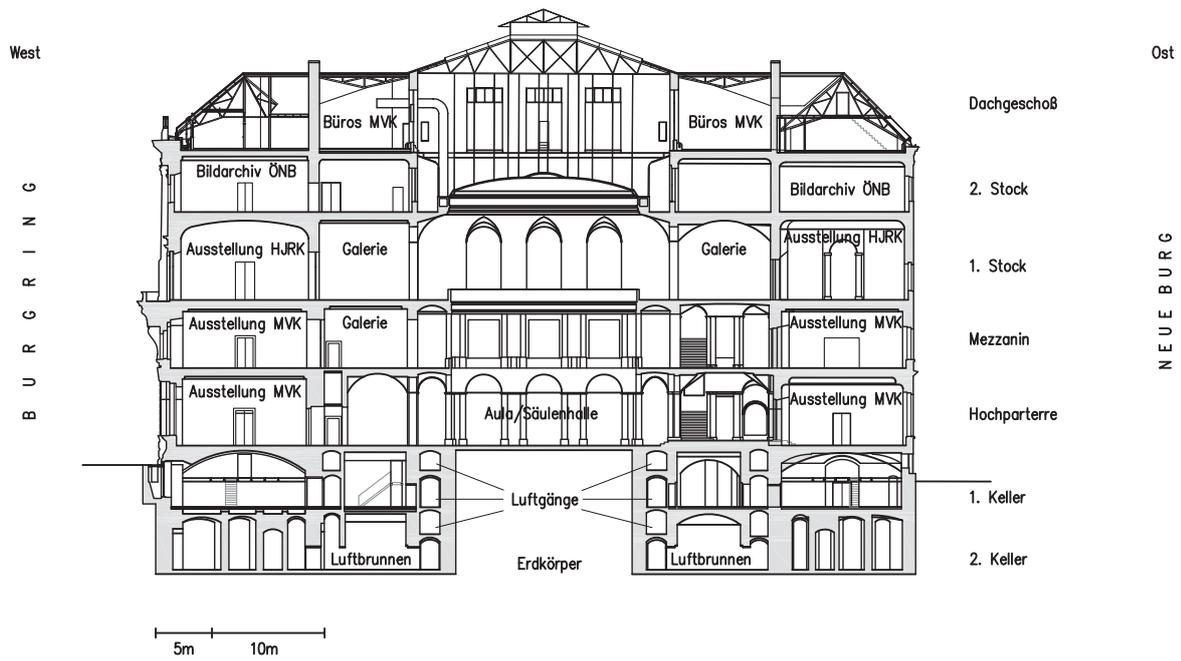
Anhang I/7: Corps de Logis - OG 2 (2. Stock)



Anhang I/8: Corps de Logis - Dachgeschoß

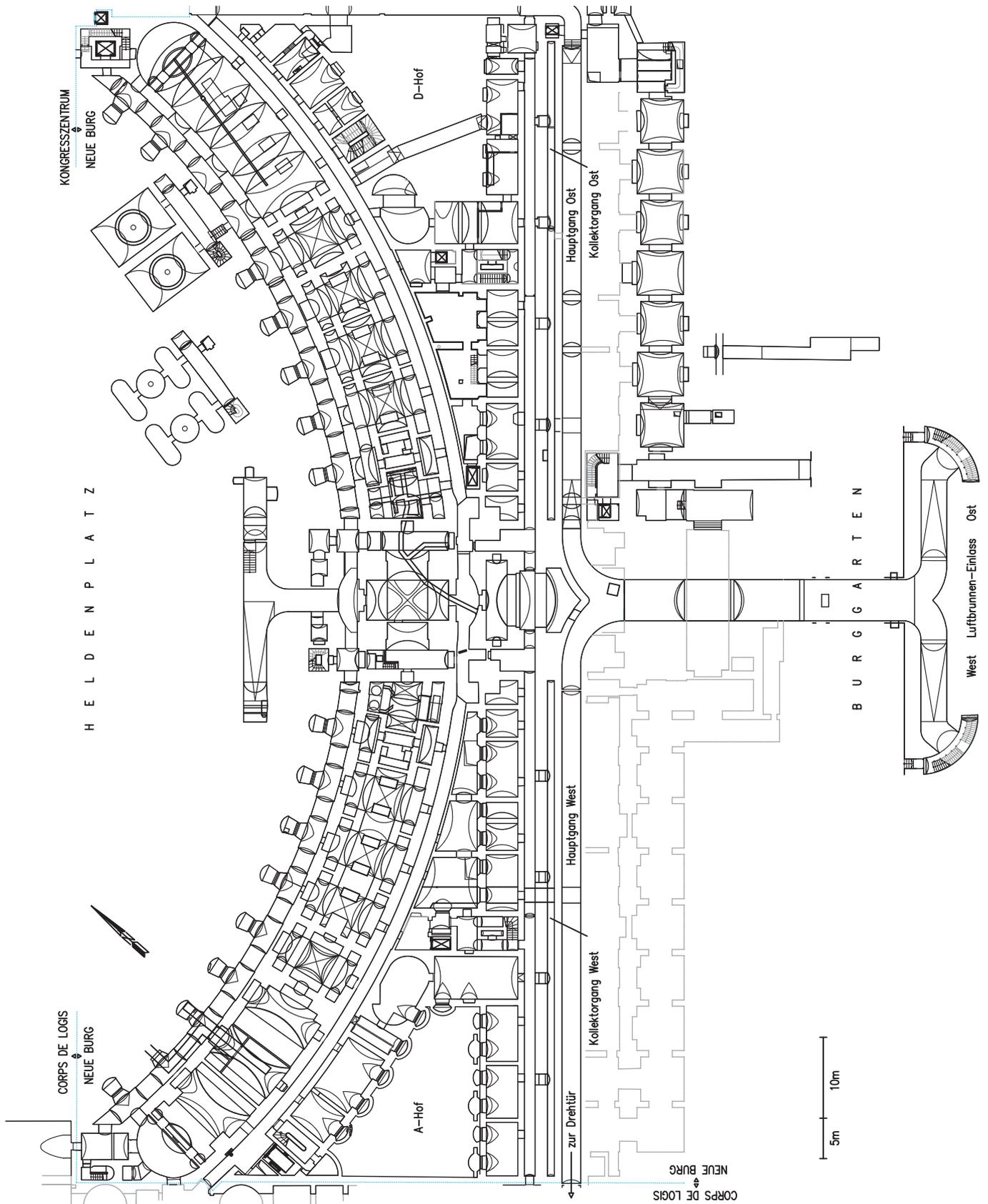


Anhang I/9: Corps de Logis - Schnitt West - Ost

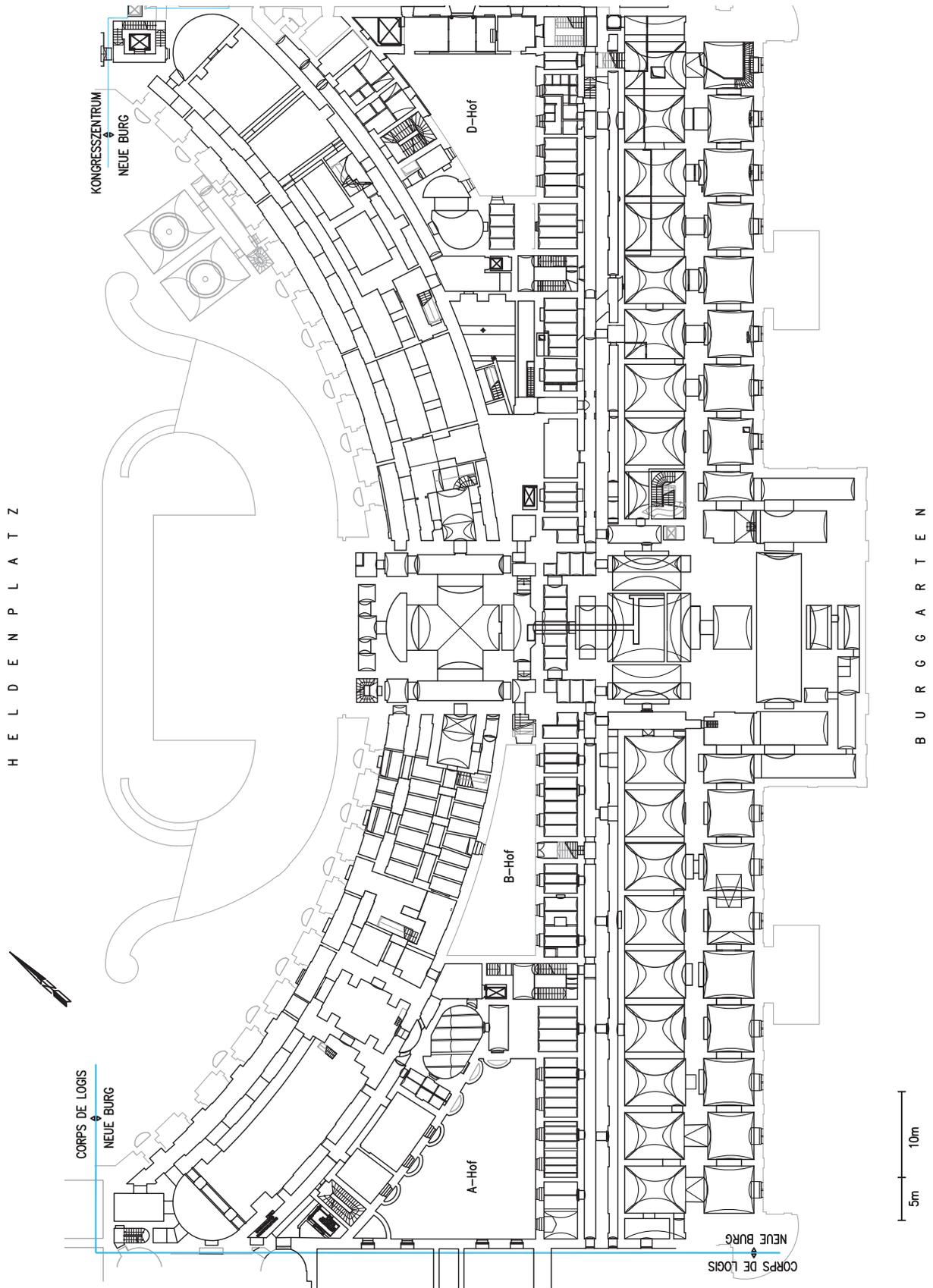


ANHANG II - GRUNDRISSSE UND SCHNITTE DER NEUEN BURG

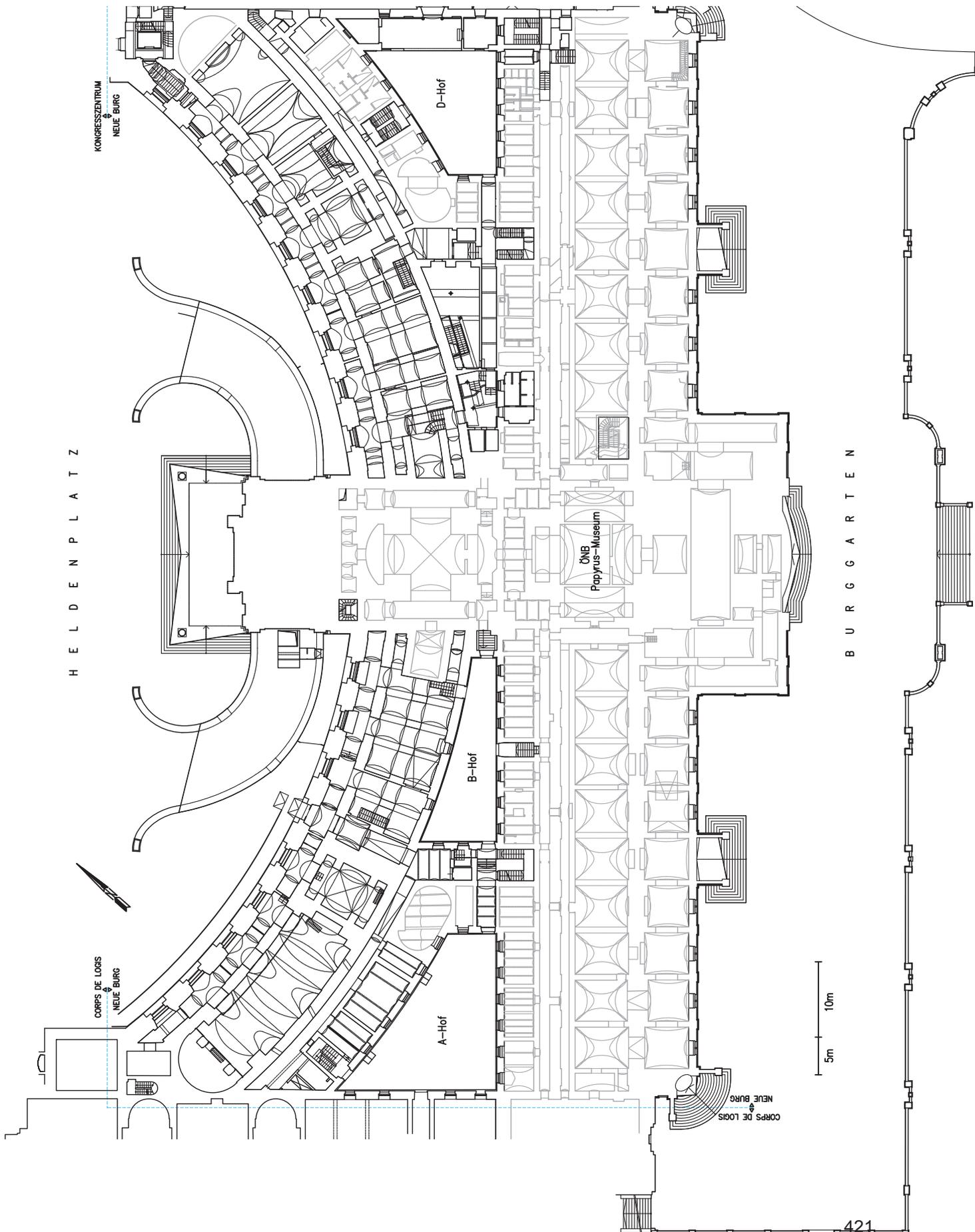
Anhang II/1: Neue Burg - UG 2 (2. Keller)



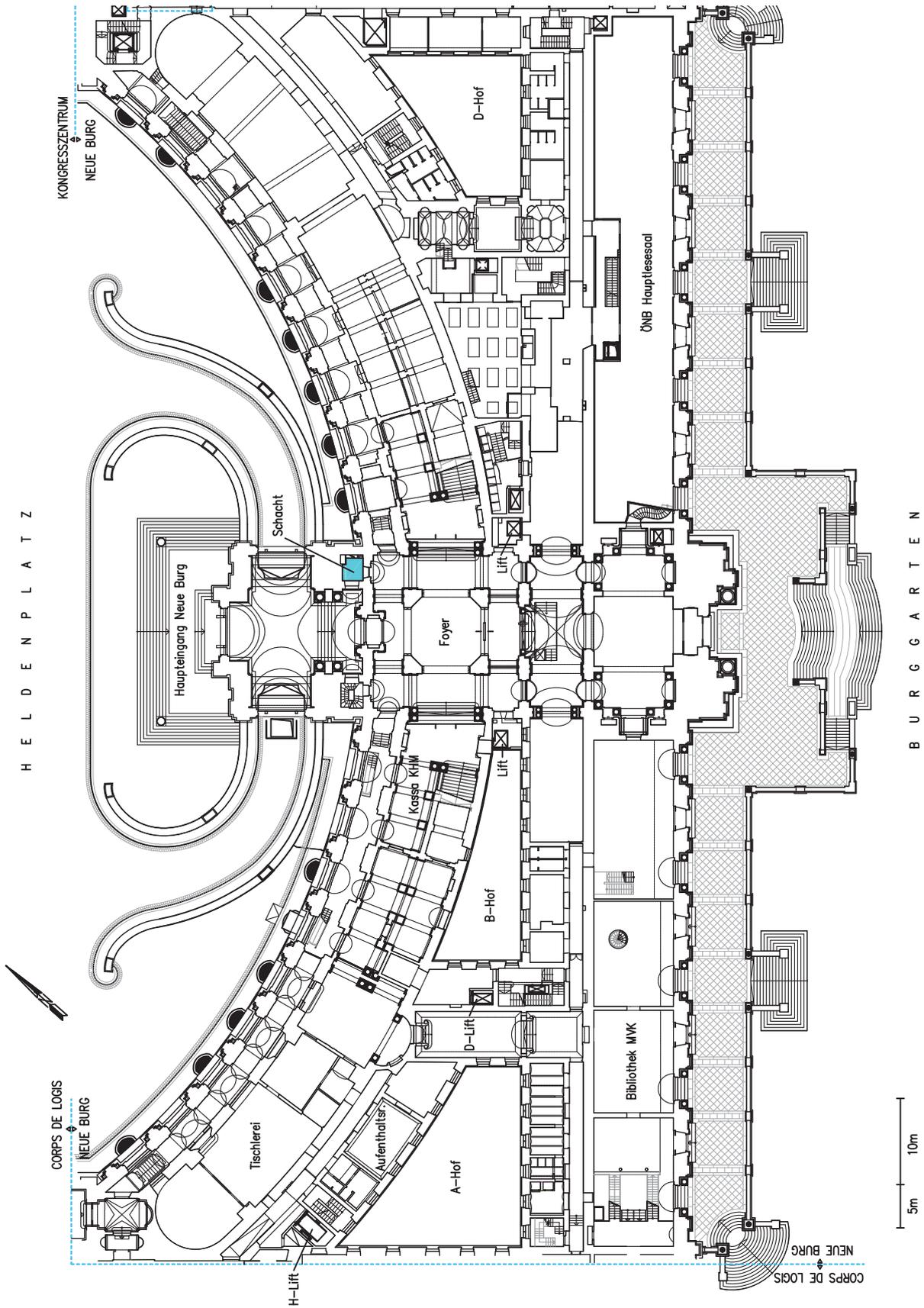
Anhang II/2: Neue Burg - UG 1 (1. Keller)



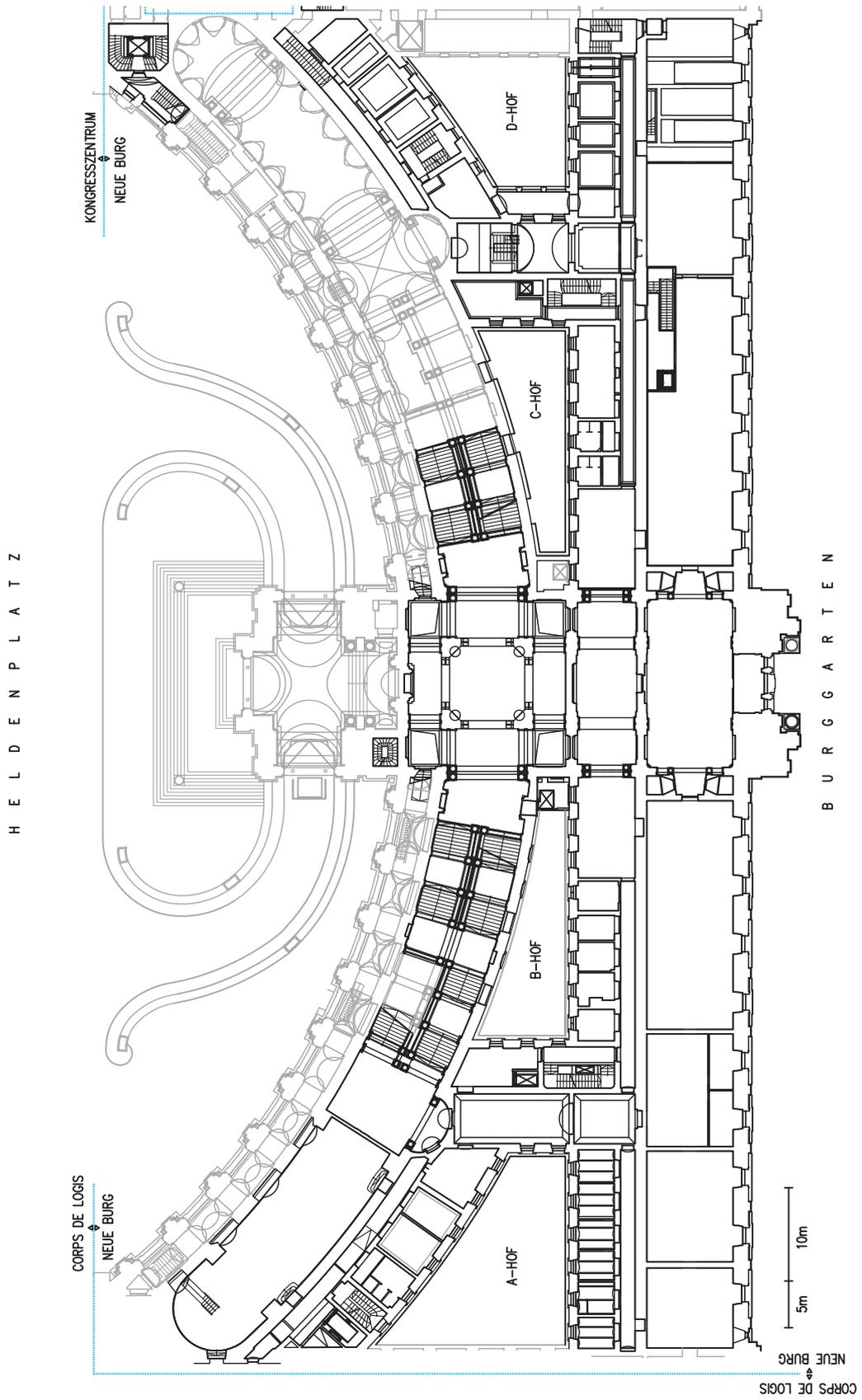
Anhang II/3: Neue Burg - Tiefparterre



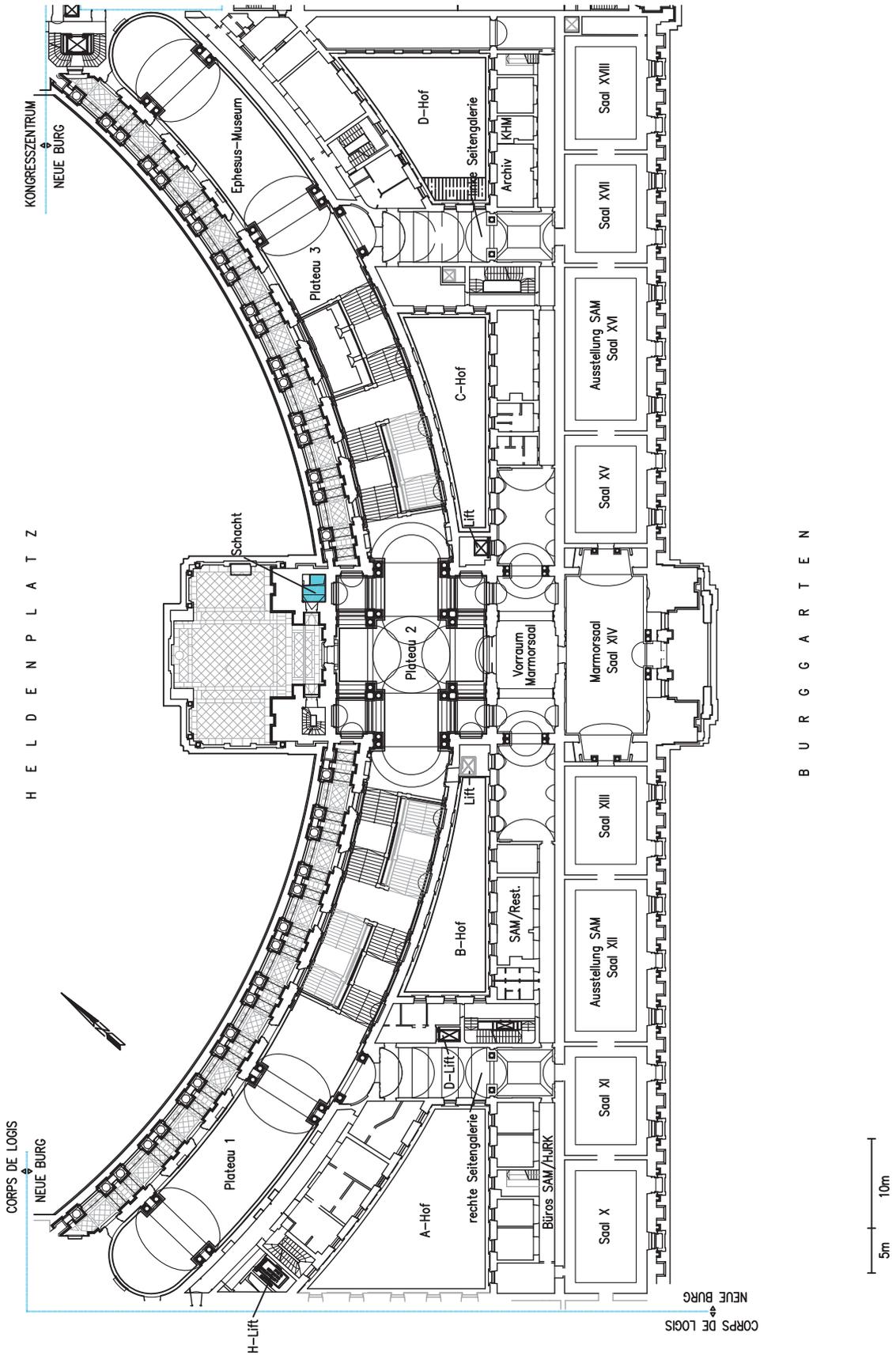
Anhang II/4: Neue Burg - Erdgeschoß



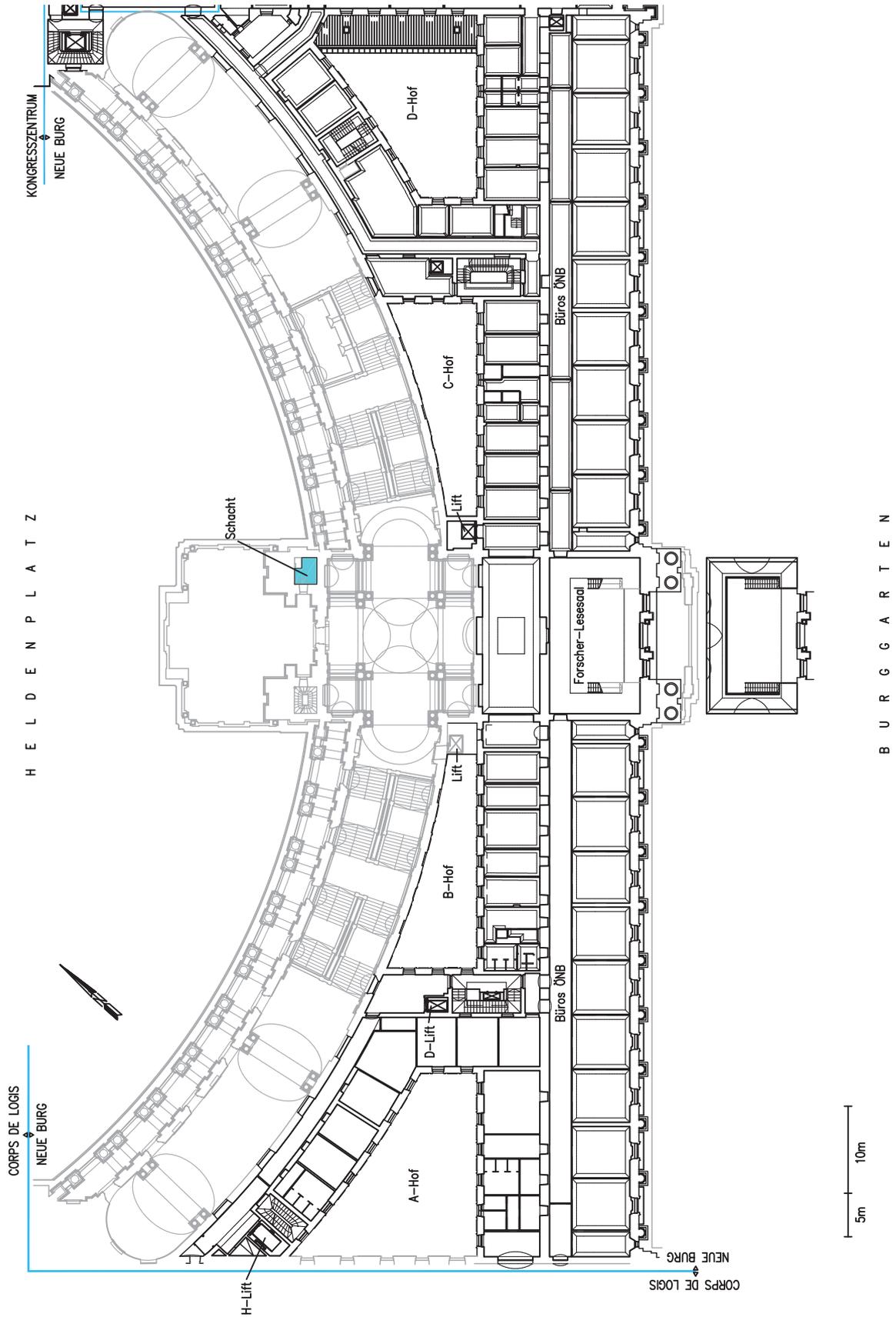
Anhang II/5: Neue Burg - Mezzanin



Anhang II/6: Neue Burg - 1. Stock

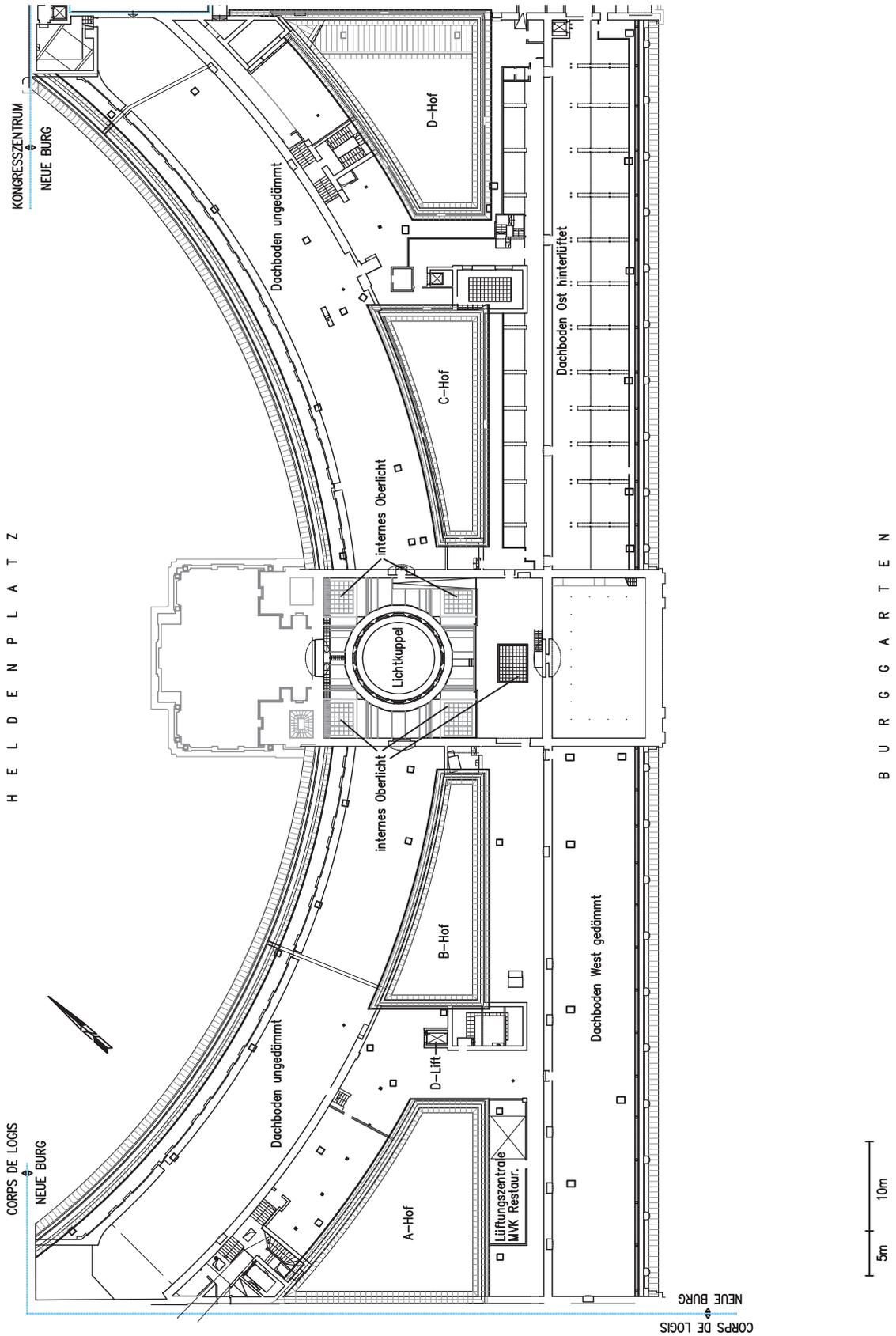


Anhang II/7: Neue Burg - 2. Stock

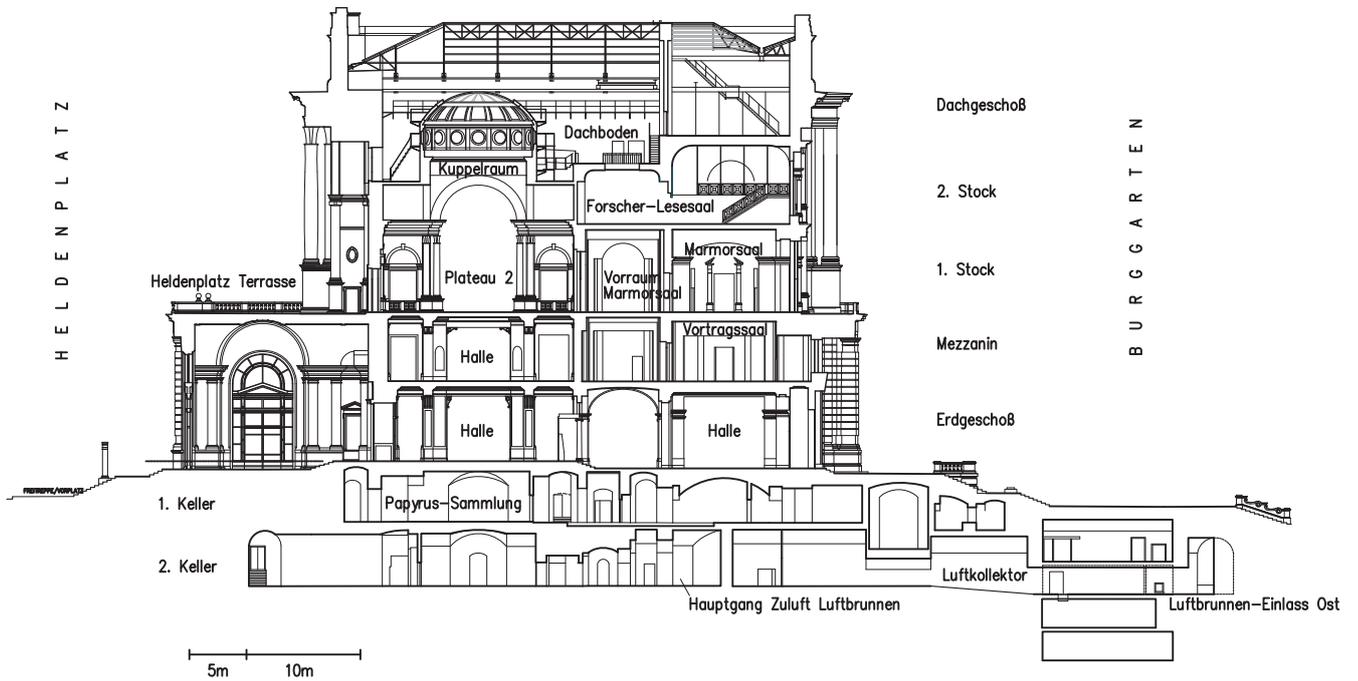


BURGGARTEN

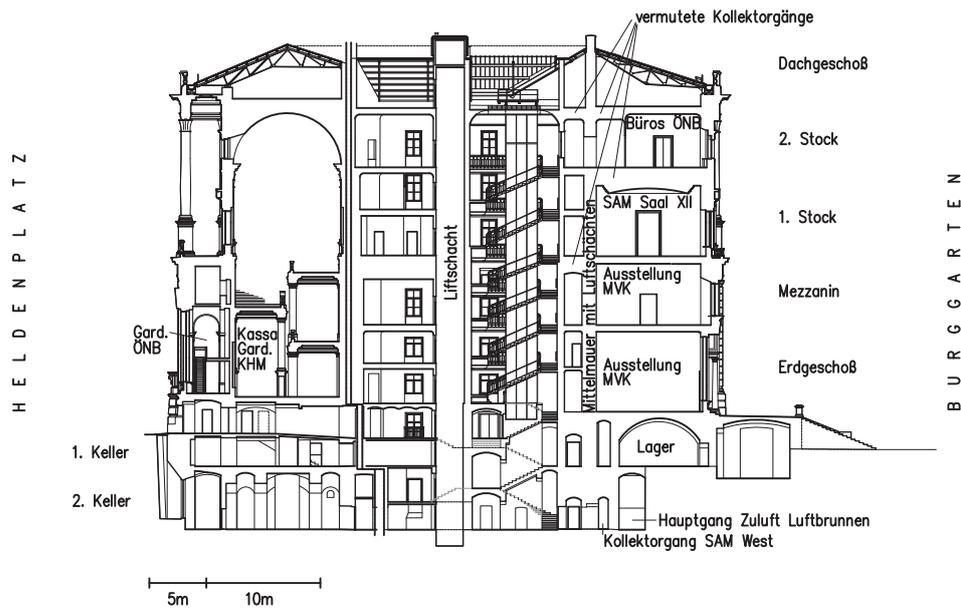
Anhang II/8: Neue Burg - Dachgeschoß



Anhang II/9: Neue Burg - Schnitt Mittelbau



Anhang II/10: Neue Burg - Schnitt Segmentbogen



Anhang III

Funktionsmatrix der Lüftungsventilatoren im Corps de Logis (Ing. M Hofbauer, Fa. TB Pözl)
(← Kap. C.3.8.)

FUNKTIONSMATRIX NATÜRLICHE LÖFTUNG																			
				Ventilator				ABL-Klappen				ZL-Klappen				Sonderklappen		Sonder-	
				(AUS-Funktion abhängig von				(innenliegende Schächte)				(außenliegende Schächte)				funktion		m ³ /h	
				den anderen Geschoßen)														ist	
Geschoß	Durchlüftungsbereich	Funktion	Räume	A	B	C	LH1	A	B	C	LH1	A	B	C	LH1				
HOCH-	SEGMENTBOGEN	EIN	HP 14, 14b, 14c				EIN	----			AUF				AUF	----	2x 2 BSK AUF	Lüftung	
PARTERRE			A07, 10														(HP14b u HP14c)	Vortragssaal	2.350
																		AUS	
	SEGMENTBOGEN	AUS	w.o.					----			ZU				ZU	----	2 x 2 BSK ZU		0
																	(HP14b u HP14c)		
	BURGGARTEN	EIN	HP 33, 35, 38				EIN	----			AUF				AUF	----			1.780
	BURGGARTEN	AUS	w.o.					----			ZU				ZU	----			0
	RING	EIN	HP 22, 25, 26, 29, 30				EIN	-----			AUF				AUF	-----	2x BSK AUF		2.340
																	(HP25 zu HP 26)		
	RING	AUS	w.o.					-----			ZU				ZU	-----	2x BSK ZU		0
																	(HP25 zu HP 26)		
MEZZANIN	SEGMENTBOGEN	EIN	ME 14, 14a, A07, A09				EIN				AUF				AUF				2.170
	SEGMENTBOGEN	AUS	w.o.								ZU				AUF				0
	BURGGARTEN	EIN	ME 33, 35, 38				EIN				AUF				AUF				1.518
	BURGGARTEN	AUS	w.o.								ZU				ZU				0
	RING	EIN	ME 22, 25, 30				EIN				AUF				AUF				2.130
	RING	AUS	w.o.								ZU				ZU				0
	HELDENPLATZ	EIN	ME 15, 17, 20				EIN				AUF				AUF				1.620
	HELDENPLATZ	AUS	w.o.								ZU				ZU				0
1. STOCK	SEGMENTBOGEN	EIN					EIN				AUF				AUF				2.740
	SEGMENTBOGEN	AUS									ZU				ZU				0
	BURGGARTEN	EIN					EIN				AUF				AUF				2.072
	BURGGARTEN	AUS									ZU				ZU				0
	RING	EIN					EIN				AUF				AUF				2.730
	RING	AUS									ZU				ZU				0
	HELDENPLATZ	EIN					EIN				AUF				AUF				3.880
	HELDENPLATZ	AUS									ZU				ZU				0
2. STOCK	SEGMENTBOGEN	EIN	Saal XV, XII, XI				EIN				AUF				AUF			2x BSK AUF	1.740
(ÖNB)																		(Saal XI zu XII)	
	SEGMENTBOGEN	AUS	w.o.								ZU				ZU			2x BSK ZU	0
																		(Saal XI zu XII)	
	RING	EIN	Saal VI, VII, VIII				EIN				AUF				AUF				1.800
	RING	AUS	w.o.								ZU				ZU				0

Anhang IV

Protokoll der Wärmeverbräuche mittels Wärmemengenzähler (← Kap. C.4.4.3.)

		Obere Werkstatt Temperierung					Untere Werkstatt Radiatoren				
Datum	Zeit	Δ	kWh	T _u	Raumtemp.	rF in %	Δ	kWh	T _u	Raumtemp.	rF in %
25.01.2010	09:30		45					69			
26.01.	09:30	13	58				7	76			
27.01.	12:00	16	74				15	91			
28.01.	14:00	11	85				20	111			
03.02.	09:00	29	114		19.0		91	202		19.8	
04.02.	11:00	9	123		19.5		15	217		20.1	
05.02.	09:00	10	133	21.4	19.6		5	222	19.8	19.5	
08.02.	09:30	38	171	21.7	19.8		34	256	19.8	19.4	
09.02.	09:30	8	179	21.4	19.6		13	269	19.8	19.4	
10.02.	10:00	7	186	22.3	19.6		13	282	20.2	19.6	
11.02.	09:00	6	192	22.3	19.6		12	294	20.3	19.6	
	09:30	6	198	22.6	19.6		13	307	20.2	19.6	
	17:00	2	200	22.6	19.8		3	310	20.7	19.9	
15.02.	09:30	21	221	21.5	19.4		36	346	20.1	19.4	
16.02.	09:30	10	231	21.9	19.6		12	358	20.1	19.5	
	14:15	2	233				3	361			
	15:00	1	234	20.6	19.3	35%	1	362	17.9	19.1	34%
	18:00	2	236				2	364			
17.02.	11:00	8	244	22.2	19.8		9	373	20.2	19.6	
	18:00	3	247	23.0	20.1		4	377	20.4	19.6	
18.02.	09:30	7	254	22.6	19.8		8	385	20.5	19.7	
		5	259	23.9	20.4		8	393	21.0	19.9	
19.02.	09:30	8	267	23.3	20.1		13	406	21.2	20.0	
		5	272		21.0		6	412		20.4	
22.02.	09:30	32	304	23.6	20.3		49	461	21.3	20.2	
23.02.	10:30	6	310	22.6	20.0		6	467	20.2	20.0	
24.02.	11:00	8	318	22.8	20.0		7	474	20.8	20.0	
25.02.	10:00	4	322	22.7	19.9		9	483	21.0	20.0	
26.02.	13:30	5	327	23.1	20.2		10	493	21.7	20.2	
01.03.	09:00	15	342	22.6	20.0		23	516	21.0	20.0	
02.03.	12:00	5	347	22.9	20.2		9	525	21.4	20.2	
05.03.	14:00	14	361	23.2	20.5		24	549	21.1	20.2	
KÄLTEEINBRUCH											
08.03.	09:00	14	375	22.4	20.0		25	574	20.7	19.8	
09.03.	08:30	6	381	22.3	19.9		11	585	20.6	19.8	
10.03.	09:00	7	388	22.5	19.8		10	595	20.3	19.8	
12.03.	09:30	10	398	22.8	19.9		15	610	20.6	20.0	
15.03.	11:00	16	414	22.7	20.0		46	656	21.3	20.1	
19.03.	11:00	16	430	22.8	20.0		43	699	21.5	20.2	
22.03.	09:00	9	439	22.5	19.8		24	723	21.5	20.1	
24.03.	12:30	5	444		20.6		17	740		20.8	
29.03.	19:00	5	449		20.2		31	771		20.6	
30.03.	13:00	1	450		20.2		3	774		20.8	
31.03.	17:00	5	455	22.8	20.1		4	778	22.4	20.8	
01.04.											
06.04.	09:30	31	486		20.1		32	810		20.2	
	18:30	1	487		20.3	50%	2	812		20.2	52%
07.04.	10:00	4	491		20.2	48%	4	816		20.2	52%
	17:00	2	493		20.2	51%	2	818		20.2	51%
08.04.	10:00	3	496		20.2	52%	5	823		20.3	52%
	18:00	2	498				2	825			
09.04.	08:10	2	500		20.3	52%	5	830		20.5	51%
	18:30	2	502				2	832			
12.04.	09:00	13	515		20.2	52%	20	852		20.6	50%
14.04.	18:00	13	528		20.8	53%	15	867		21.0	53%
15.04.	18:30	5	533		20.8	53%	6	873		20.8	52%
16.04.	09:30	5	538		20.6	52%	9	882		21.0	53%
17.04.	18:00	10	548				14	896		21.0	53%
18.04.	09:00	5	553		20.6	52%	7	903		20.8	
19.04.	10:00	7	560	24.1	20.5	52%	10	913	23.0	21.0	54%
23.04.	09:30	2	562	24.1	20.5	52%	35	948	23.3	21.1	48%
26.04.	12:00	0	562		20.7	53%	26	974		21.1	48%
30.04.	09:00	0	562	24.5	21.0	52%	26	1000	22.7	21.1	52%
03.05.	18:00	0	562	25.2	21.0	55%	16	1016	23.9	21.2	58%
10.05.	17:00	0	562	25.3	22.0	54%	47	1063	24.9	23.9	54%
25.05.	17:00	0	562	25.4	21.1	54%	107	1170	24.5	21.8	56%
31.05.2010			562					1172			

Anhang V

Aufbau und Konfiguration der Klimaampel Smart Switch (← Kap. C.2.4.1.)

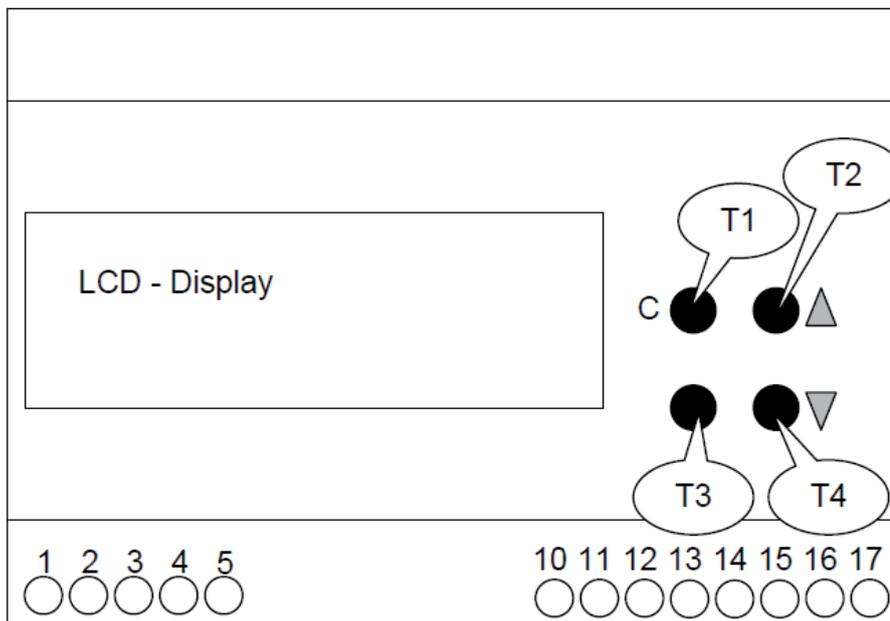


Abb. C.53: Anschlussplan der Regelbox der Klimaampel

Klemmen:

- 1: Busleitung Minus (GND) Farbe: **GRÜN**
- 2: Busleitung A Farbe: **BLAU**
- 3: Busleitung B Farbe: **BLAU / WEISS**
- 4: Busleitung Plus 8V: **GRÜN / WEISS**
- 5: N.C.

16 (L) : Phase (Stromversorgung)

17 (N): Nullleiter (Stromversorgung)

13, 14, 15: Potentialfreier Umschaltkontakt Zone 1 (240VAC / 6A) um einen Ventilator oder eine Lüftungsanlage zu schalten. 13 = Wurzel, 14 = Arbeitskontakt, 15 = Ruhekontakt

10, 11, 12: Potentialfreier Umschaltkontakt Zone 2 (240VAC / 6A) um einen Ventilator oder eine Lüftungsanlage zu schalten. 10 = Wurzel, 11= Arbeitskontakt, 12 = Ruhekontakt

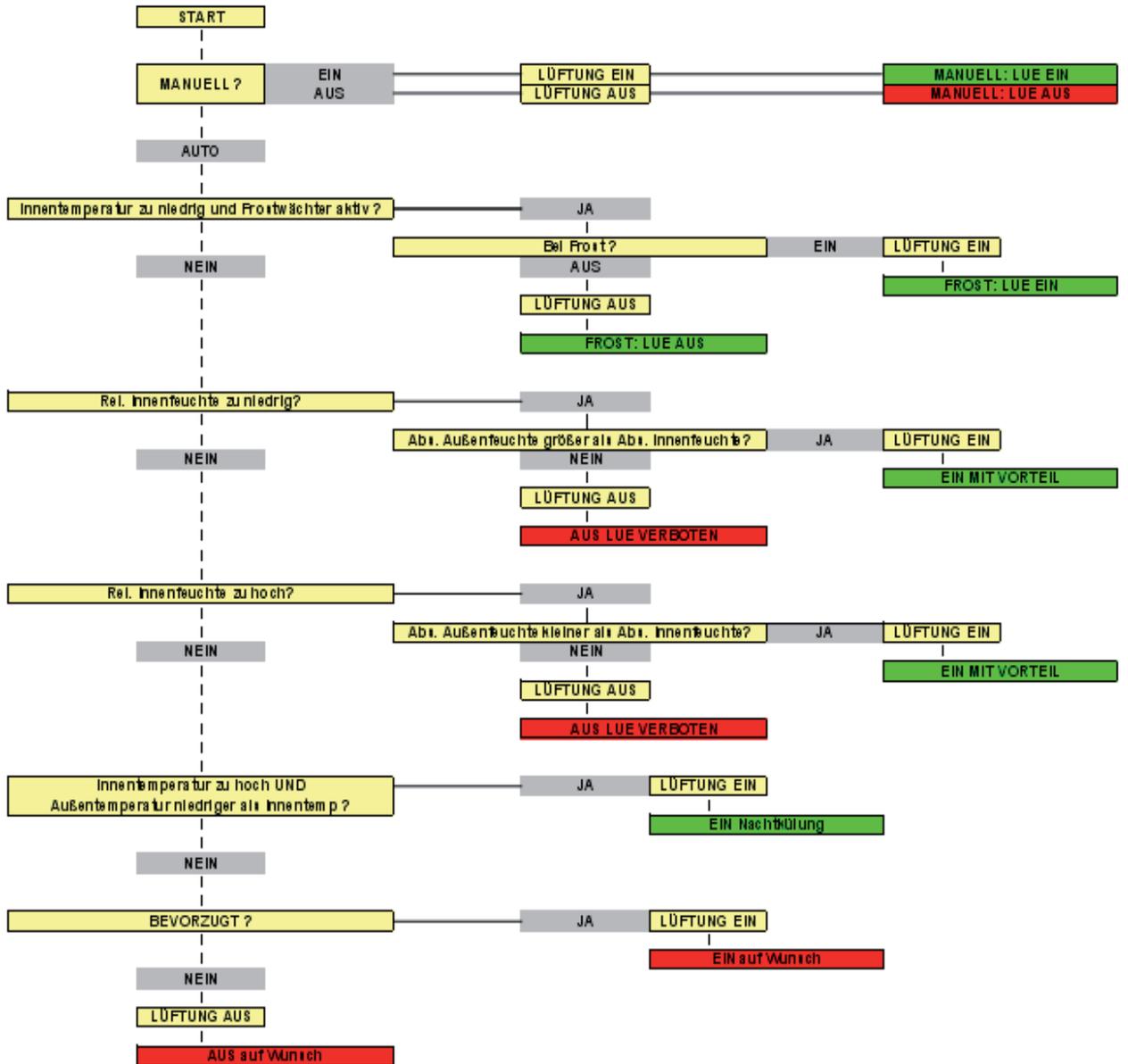
Änderung der Konfiguration:

Halten Sie die Taste „C“ (T1 am Schema) gedrückt, wenn der Text „**PRESS C FOR EDIT**“ am Display erscheint.

BEVORZUGT: Als erstes lässt sich der manuelle Lüftungswunsch „**BEVORZUGT**“ mit den Tasten T2 und T4 ein- bzw. ausschalten. Wenn „bevorzugt“ eingeschaltet ist, dann lüftet die Anlage auch, wenn keine Verbesserung der Innenkonditionen möglich ist. Es wird also „so viel wie möglich“ gelüftet. Ist „bevorzugt“ ausgeschaltet, dann wird nur gelüftet, wenn der Grenzwert überschritten ist und sich durch Lüften die Innenkonditionen verbessern lassen. Durch Drücken der „C“- Taste geht es dann weiter.

MANUELL: Hier lassen sich mit Hilfe der Tasten T2 und T4 folgende drei Zustände einstellen. „**EIN**“, „**AUS**“ und „**AUTO**“. Bei „**EIN**“ ist der Lüfter unabhängig von den Messdaten eingeschaltet. Ebenso ist der Lüfter bei „**AUS**“ unabhängig von den Messdaten ausgeschaltet. Erst bei der Wahl „**AUTO**“ werden die Messdaten ausgewertet. Durch Drücken der „C“- Taste geht es dann weiter.

Die Klimaampel wird nach folgendem Algorithmus programmiert ¹:



¹ Die Darstellung wurde der Homepage von Roland Frey entnommen (www.freytec.com).

FROSTSCHUTZ: Wenn die Raumtemperatur unter eine eingestellte Mindesttemperatur absinkt und es draußen kälter ist, dann bleibt der Kontakt geschlossen, auch wenn die relative Innenfeuchte durch Lüften verbessert werden könnte. Bei der Stellung „Bei Frost AUS“ wird das Relais ausgeschaltet (z. B. bei der Ansteuerung eines Ventilators); bei der Stellung „Bei Frost EIN“ wird das Relais eingeschaltet (z. B. bei der Ansteuerung einer Heizung). „Bei Frost NICHTS“ bedeutet, dass der Frostschutz deaktiviert ist. Die gewünschte Stellung kann mit den Tasten T2 und T4 eingestellt werden. Durch Drücken der „C“-Taste geht es dann weiter.

Ti min: Mit T2 und T4 kann die gewünschte Minimaltemperatur eingestellt werden. Durch Drücken der „C“-Taste geht es dann weiter.

Ti max: Mit T2 und T4 kann die gewünschte Maximaltemperatur eingestellt werden. Durch Drücken der „C“-Taste geht es dann weiter.

Fi min: Mit T2 und T4 kann die gewünschte minimale relative Feuchte eingestellt werden. Durch Drücken der „C“-Taste geht es dann weiter.

Fi max: Mit T2 und T4 kann die gewünschte maximale relative Feuchte eingestellt werden. Durch Drücken der „C“-Taste geht es dann weiter.

ADR1 i: Die gewünschte Sensoradresse des ersten Innenfühlers kann mit den Tasten T2 und T4 eingestellt werden. Durch Drücken der „C“-Taste geht es dann weiter.

ADR2 i: Die gewünschte Sensoradresse des optionalen zweiten Innenfühlers kann mit den Tasten T2 und T4

eingestellt werden. Durch Drücken der „C“-Taste geht es dann weiter.

ADR a: Die gewünschte Sensoradresse des Außenfühlers kann mit den Tasten T2 und T4 eingestellt werden. Durch Drücken der „C“-Taste werden alle Werte gespeichert und die Anlage geht wieder in den Überwachungsmodus.

Anhang VI - Entwurf für ein konservatorisches Betriebshandbuch

Wenn Mitarbeiter/innen, die viele Jahre oder gar mehrere Jahrzehnte in einer Institution gearbeitet haben, in den Ruhestand gehen ohne ihre Erfahrungen an die Nachfolger weitergegeben zu haben, geht wertvolles akkumuliertes Wissen verloren und zwar sowohl im Hinblick auf entscheidende Detailkenntnisse, als auch im Verständnis um die größeren Zusammenhänge.

Im günstigsten Fall werden diese Erfahrungen in einer Übergangsphase in Form einer Einschulung persönlich vermittelt; weit häufiger jedoch wird die „Erfahrungsuhr“ wieder zurückgestellt, worauf sich bestimmte Denkfehler in jeder Generation wiederholen.

Dieser Verlust akkumulierten Wissens ist besonders in den letzten Jahren aufgrund stärker fluktuierender Personalstände zu beobachten und wird auch in Industrie- und Handwerksbetrieben immer wieder beklagt.

Somit ist es wünschenswert, einen standortspezifischen „Erfahrungspool“ zu schaffen, der von jeder Generation aufgefüllt, erweitert und aktualisiert wird. Damit besteht für alle neu eintretenden Mitarbeiter/innen die Möglichkeit, sich in kürzester Zeit mit den jeweils sammlungs- und gebäudetypischen konservatorischen Gegebenheiten vertraut zu machen.

In diesem Abschnitt werden die Grundzüge für ein „Betriebshandbuch“ formuliert, die für die Gewährleistung eines im *ICOM Code of Ethics* geforderten konservatorisch-klimatischen Mindeststandards notwendig sind. Die hier formulierten Verhaltensmaßnahmen verstehen sich als erster Entwurf und Diskussionsgrundlage und sollen gemeinsam mit den anderen Sammlungen in den nächsten Jahren praxisnah ausgebaut werden.

1. Allgemeine Klimaregeln

Für die Klimakonditionierung der Museumsräume gibt es zwei Zielvorgaben:

1. Die Raumtemperatur soll sich im Jahreskreis zwischen 18 °C im Winter und 26 °C im Sommer befinden; bei nicht als Arbeitsplatz definierten Räumen können die Raumtemperaturen aus konservatorischen Gründen auch darunter liegen. Die relative Feuchte soll 45 % im Winter nicht unterschreiten und 65 % im Sommer nicht überschreiten (bei Werten < 45 % und > 60 % rF wird Klimaalarm ausgelöst). Für die HJRK gelten 55 % rF als oberer Grenzwert.
2. Die Übergänge zwischen unterschiedlichen Raumluftzuständen sollen langsam gleitend und ohne Kurzzeitschwankungen erfolgen.

Die Maßnahmen zur Einhaltung der Rahmenbedingungen sind:

Bei starkem Wind und bei starkem Frost gilt „Klimavorwarnstufe“: Dabei können innerhalb kurzer Zeit große Luftmengen aus dem Gebäude gesaugt bzw. konservatorisch ungünstige Außenluft hineingedrückt werden, wodurch Klimaalarm ausgelöst werden kann. Die Außenluft kann im Sommer (gerade bei hohen Temperaturen) sehr feucht und im Winter bei tiefen Außentemperaturen extrem trocken sein; beide Zustände sind konservatorisch gefährlich, da Holz und andere hygroskopische Materialien bei feuchter Raumluft aufquellen und bei Trockenheit schrumpfen und reißen können. Es gilt daher besondere „Klimadisziplin“, was bedeutet, dass der Luftwechsel kurzfristig unterbunden und Querlüften („Durchzug“) unter allen Umständen vermieden werden muss.

Vor allem im Sommer soll in jenen Bereichen, wo sich gerade niemand aufhält (Stiegenhaus, Gänge, WC) das Licht abgeschaltet werden.

Der Wärmeanstieg im Sommer kann deutlich reduziert werden, wenn alle (Neben-)Stiegehäuser ständig (vor allem während der Nachtstunden) belüftet sind. Dazu wurde in der D-Stiege beim Fenster im Parterre ein Feststeller für die Oberlichte montiert; die Außenklappe ist durch Hochstellen der Riegel offen zu halten. Im 2. OG sowie 1. OG/Unterteilung der D-Stiege wurden Feststeller für die Oberlichtflügel montiert (hier empfiehlt sich die Herstellung einer regulären Kippmechanik). In der C-Stiege wurde die originale Entlüftungsklappe (Kettenzug im obersten Stockwerk) reaktiviert und ein Fensterfeststeller am untersten Fenster zur Nachströmung montiert.

Die Türen der unterschiedlichen Klimaabschnitte (Glastüren Seitengalerien, Eingangstüren zum Ausstellungsbereich, Türen zu den Galerien A – D (HJRK) zum Corps de Logis) sollen mit mechanischen Feststellern (anstelle der üblichen Keile, die die Türen beschädigen) ausgestattet werden, um im Sommer den Luftaustausch nach Bedarf regulieren zu können.

Die runden Fensterklappen in der Laterne der Lichtkuppel im Mittelbau sind zur Brandrauchentlüftung elektromechanisch angesteuert. Diese zur Belüftung des Stiegenhauses vorgesehenen Klappen sollen wieder von den Nutzern bei Bedarf in ihrer ursprünglichen Funktion eingesetzt werden können, um den sommerlichen Wärmeanstieg im Stiegenhaus hinten zu halten.

- Am Beginn der Heizperiode (Oktober) können im Stiegenhaus die Luster und die Gesimsebeleuchtung aufgedreht werden.
- Außerhalb der Heizperiode sind die Luster im Stiegenhaus sowie die Gesimsebeleuchtung im Normalbetrieb abgedreht. Nur bei Festveranstaltungen oder abends kann diese Beleuchtung aufgedreht werden.
- Die Belüftungsklappen in den Stiegehäusern sind Anfang Mai zu öffnen und Ende September zu schließen.
- Während der Schließtage muss die Beleuchtung in den Sammlungsräumen abgedreht sein.
- Um ein Absaugen konditionierter Luft zu vermeiden, sind die WC-Türen zu schließen.

2. Klimaregeln für die Sammlung alter Musikinstrumente

Das Klimaerfassungssystem der SAM ist mit einem Über- bzw. Unterschreitungsalarm ausgestattet. Auf der neben dem TeamleiterInnenzimmer bzw. neben der Restaurierwerkstatt montierten Alarm-Anzeigebox wird bei Ertönen des Alarmtones das Über- bzw. Unterschreiten kritischer Temperatur- und Feuchtwerte angezeigt. Die Klimasensoren befinden sich in den Sälen IX, XIV, XVII, in der linken Seitengalerie, im Vorraum Marmorsaal, in der oberen und unteren Restaurierwerkstätte sowie in der Studiensammlung. Die Sensoren im Stiegenhaus sowie der Außenfühler sind nicht auf Grenzwertüberschreitung programmiert. Jeder Fühler im Ausstellungsbereich überwacht den jeweiligen Saal sowie die beiden angrenzenden Ausstellungsräume.

Prinzipiell gilt, dass an den Luftbefeuchtern nichts unbefugt verstellt werden darf. Im Falle von Klimaalarm gelten jedoch die folgenden Richtlinien:

„Unterschreitungsalarm“ (dies wird während der Heizperiode wohl am häufigsten vorkommen) bedeutet, dass der kritische Grenzwert von 45 % relativer Feuchte unterschritten wurde. Dabei sind folgende Maßnahmen zu ergreifen:

1. Quittieren des Alarmtones (an der Alarmbox neben dem Büro der TeamleiterInnen). Die optische Alarmanzeige bleibt aufrecht.
2. Überprüfen der Klimaampel in Saal IX oder XVIII: Bei Klimaalarm zeigt die Leuchtdiode normalerweise „Rot“. Es zu überprüfen, ob Oberlichter offen sind oder Türen oder Fenster schlecht geschlossen sind (wenn ja, sind diese zu schließen). Die Eingangstüren in die SAM (Seitengalerien und VR Marmorsaal) sind zu schließen.
3. Es ist zu überprüfen, ob die zum jeweiligen Messbereich gehörenden Luftbefeuchter ordnungsgemäß gefüllt sind und keine Störung (kein rotes Lämpchen) anzeigen. Leergelaufene Befeuchter sind sofort nachzufüllen!
4. Kaputte Luftbefeuchter sind gegen ein Reservegerät auszutauschen. Die Technische Abteilung ist unverzüglich davon in Kenntnis zu setzen und die Reparatur zu veranlassen.
5. Es ist zu überprüfen, ob die Feuchteregler (Hygrostate) der Luftbefeuchter richtig (45 %) justiert sind. (Bei einigen älteren Geräten, bei denen der Hygrostat falsche Werte anzeigt, befindet sich neben dem Knopf ein weißer Aufkleber mit händisch eingetragener Markierungsstrich.) Bei Abweichung ist die Restaurierabteilung zu verständigen. Bei längerer Abwesenheit sind die Punkte 6. und 7. zu befolgen.
6. Sollte sich das (intakte) Gerät nicht eingeschaltet haben, so ist der Hygrostat um 5% höher zu stellen, bis der Hygrostat ein „Klack“-Geräusch von sich gibt und (manchmal zeitverzögert) das Gebläse anspringt. Bei den Geräten PH26 bzw. PH27 ist das Gebläse auf Stufe 1 oder 2 justiert.
7. Läuft das Gerät ohnedies, so müssen die Gebläse der Luftbefeuchter dieses Bereiches auf die nächst höhere Stufe 3 gedreht werden, um den Feuchteumsatz zu erhöhen. Vor allem in den Seitengalerien und im Vorraum Marmorsaal ist darauf zu achten, dass alle Türen zu den angrenzenden Bereichen verschlossen sind. Ist nach einer halben Stunde die Feuchte dieses Messbereiches nicht genügend angehoben, so ist die höchste Gebläsestufe einzuschalten.

Bei „Überschreitungsalarm“, d. h. die Relative Feuchte steigt über 60%, besteht die Gefahr, dass das Holz zu stark aufquillt (und bei nachfolgender Austrocknung reißt) bzw. dass sich bei den Objekten der HJRK Flugrost bildet. Meist ist der Hygrostat oder die Ventilatorstufe zu hoch gestellt (von Besuchern oder unbefugten Mitarbeitern) und muss entsprechend zurückgedreht werden.

Überfeuchtung durch äußeren Lufteintrag kann auch im Hochsommer bis Anfang September entstehen, wenn während Regenperioden oder bei schwüler Witterung gelüftet wird. Normalerweise ist an schönen Tagen die Luftfeuchte draußen am Nachmittag höher, weshalb die Räume nur durch Lüften in der Früh bzw. am Vormittag entfeuchtet werden können. Auch dabei muss die Klimaampel „Grün“ zeigen.

Unter der Woche erreicht der „Klimaalarm“ auch die Restaurator/innen, die bei der Behebung der Ursachen behilflich sein werden. Am Wochenende bzw. während der Urlaubs- und Feiertage werden die Teamleiter/innen ersucht, eigenverantwortlich an der Behebung des Problems zu arbeiten.

2.1. Klimaregeln für die SAM im Winter

Mit Beginn der Heizperiode (Ende September) gelten folgende Klima- und Lüftungsregeln:

1. In der SAM können die Luster auf 50% gestellt werden.
2. Auf dem Jagdplateau können die Luster und die Suffiten auf dem Gesimse eingeschaltet werden.
3. Das Einschalten der Ventilatoren in den Abluftschächten des Luftbrunnens (im Corps de Logis) ist nur noch nach Rücksprache mit den RestauratorInnen MVK oder HJRK erlaubt.
4. Die Klimaabschnitts-Türe Jagdplateau / Saal 1 HJRK sowie die Windfänge zur SAM sind geschlossen zu halten; solange die Außentemperatur über 0 °C liegt, können die Eingangstüren zum Kernbereich der SAM aufgekeilt werden. Bei Unterschreiten der Frostgrenze müssen auch diese geschlossen werden. Das selbstständige Öffnen von Oberlichtern untertags ist nicht mehr gestattet.
5. Ab Mitte September haben sich die Restaurator/innen zu kümmern, dass die äußeren Oberlichtklappen sowie die Schieber der Fensterkastenbelüftung witterungsgemäß geschlossen werden.
6. Im Saal 9 und im Saal 18 sind unterm Fenster Ventilatoren montiert, die die Sammlungsräume entlüften. Solange die Außentemperatur über 10 °C liegt, kann über Nacht im Saal 13 sowie im Saal 15 je eine Oberlichtklappe geöffnet werden. Bei Unterschreiten der 10 °-Grenze dürfen die Oberlichter nicht mehr geöffnet werden. Die Sammlung wird trotzdem, wenn auch mit einer geringeren Luftwechselrate, per Lüftungsampel gesteuert, entlüftet.
7. Das Manipulieren an den Heizkörperventilen ist nicht gestattet; sie sind so justiert, dass sie sich bei Unterschreiten von 18°C Raumtemperatur selbsttätig öffnen. Die Wärmegrundversorgung erfolgt allerdings über die in jedem Saal in der Außenwand verlaufenden Heizungs-Steigstränge und durch die Beleuchtung. D. h.: auch wenn die Radiatoren bis weit in den November oder Anfang Dezember kalt bleiben, ist die SAM nicht ungeheizt; die Wärmeverteilung erfolgt lediglich bauteilgebunden. Bei Beschwerden wird um Rücksprache mit den RestauratorInnen gebeten; selbstständigen Manipulationen an den Thermostatventilen ist untersagt.

2.2. Lüftungsregeln für die SAM im Sommer

Um die Wärmeakkumulation in den Sammlungsräumen während der heißen Jahreszeit möglichst hintan zu halten, gelten folgende Lüftungsregeln. Diese sind notwendig, um in den Ausstellungsräumen möglichst konstante Raumluftzustände zu erhalten, wobei abrupte Änderungen bei plötzlichem Wetterwechsel abgefedert werden müssen:

1. Mit Ende der Heizperiode sind die Luster auf dem Jagdplateau sowie die Leuchtstoffröhren auf den Gesimsen (außer bei Sonderveranstaltungen) abzuschalten.
2. Die Luster in der SAM sind auf kleinste Dimmstufe zu schalten, bei Raumtemperaturen über 28 °C sind die Luster abzuschalten.
3. Die Fenster der Sammlung sind prinzipiell geschlossen zu halten. Zeigt die „Lüftungsampel“ in Saal 9 und Saal 18 auf „grün“, kann in jedem Saal eine Oberlichtklappe geöffnet werden. Bei Raumtemperaturen über 25 °C kann am Vormittag vor 10:30 Uhr sowie am Nachmittag ab ca. 14:30 Uhr in jedem Saal je eine Oberlichte geöffnet werden. Dies gilt auch für bewölkte Tage, da im Sommer durch Strahlung im Fensterkasten fast immer Wärme erzeugt wird, die am Vormittag den Sammlungsräumen zugeführt würde. Außerdem wird bei Regenwetter zuviel feuchte Luft hereingelassen, was zunächst zu einem Anschwellen des Holzes und später zu Rissen und Furnierablösung führen kann.
4. Die Oberlichten dürfen nur nachmittags geöffnet sein, wenn die Lüftungsampel nicht rot zeigt und die Faltjalousien durch den Luftzug wie ein Segel nach außen gedrückt werden. Wenn die Faltjalousien *raumwärts* gebläht sind, sind die Oberlichten zu *schließen*, da es sich dabei fast immer um heißen und trockenen Südostwind handelt, der die Raumtemperaturen in den Sammlungsräumen nur weiter anheben würde.
5. Während der Nachtstunden werden die Sammlungsräume (wenn es die Außenwitterung erlaubt) automatisch mittels Ventilatoren belüftet, sodass für den Vormittag genügend Sauerstoff zur Verfügung steht.
6. Um Durchzug zu vermeiden, müssen (bei geöffneten Eingangstüren zur SAM) die Glastüren der Pufferzonen zum Stiegenhaus geschlossen sein. Durchzuglüften durch Öffnen des Heldenplatzbalkons und Aufkeilen der Windfänge und Saaltüren ist untersagt (Staubeintrag, Klimaschock).
7. Der Filtermodus bei den Luftbefeuchtern PH26 muss außerhalb der Heizperiode abgeschaltet sein. (Allein durch den Ventilator der Luftbefeuchter im Dauerbetrieb kann sich die Raumtemperatur um bis zu 2 °C erhöhen.)

2.3. Reinigung der Luftbefeuchter der SAM

Die Luftbefeuchter der SAM sollen mindestens dreimal pro Jahr einer Generalreinigung unterzogen werden. Dabei dürfen niemals alle Geräte gleichzeitig aus dem Sammlungsbereich entfernt werden; es müssen mindestens 50 % der Luftbefeuchter funktionstüchtig im Sammlungsbereich verbleiben. Die Hauptreinigung soll bevorzugt am Schließtag erfolgen und zwar in der jeweils letzten Woche Ende Oktober, Ende Jänner und Ende April. Danach werden über den Sommer nur die Hälfte der Geräte wieder befüllt und pro Saal nur je ein Luftbefeuchter aufgestellt. Die restlichen Geräte werden leer bis Ende Juli abgestellt; in der ersten Augustwoche werden die Geräte in den Sammlungen leer laufen gelassen und durch die anderen sauberen Luftbefeuchter ersetzt. Nach der Gesamtreinigung Ende Oktober werden wieder alle Geräte aufgestellt. Es wird empfohlen auch zwischenzeitlich die Bodenwannen zu reinigen.

2.4. Fensterkastenbelüftung

Die Fenster und Türen der SAM sind mit einer Fensterkastenbelüftung ausgestattet. Diese wird Anfang Mai aktiviert und Anfang Oktober wieder geschlossen. Dazu wird der Innenflügel geöffnet, der am rechten äußeren Fensterstock montierte Hebel hochgeklappt und mit der Blechhülse so fixiert, dass der runde Teil nach hinten zur Schubstange weist und der flache Teil den Bügel umfasst.

Bei starkem Südostwind wird die Faltjalousie bzw. die Sonnenschutzfolie in den Raum gedrückt; um eine Beschädigung des Behanges zu verhindern, muss der linke Fensterflügel mit der Schulter zugedrückt werden, während man mit der rechten Hand den Bügel bedient (Abb. D.1). Der innere Oberlichtflügel bleibt geschlossen.

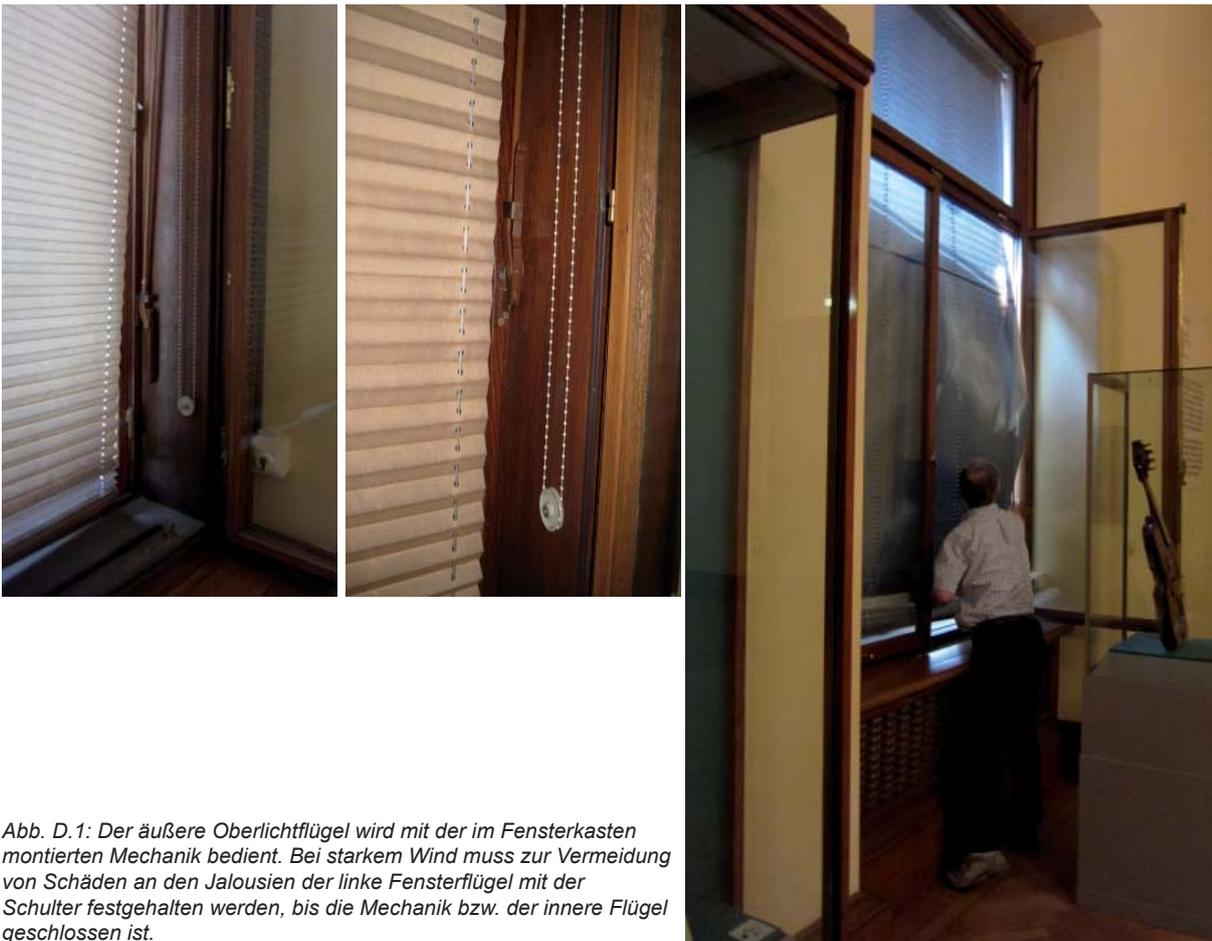


Abb. D.1: Der äußere Oberlichtflügel wird mit der im Fensterkasten montierten Mechanik bedient. Bei starkem Wind muss zur Vermeidung von Schäden an den Jalousien der linke Fensterflügel mit der Schulter festgehalten werden, bis die Mechanik bzw. der innere Flügel geschlossen ist.

Die Fenster weisen zur besseren Durchströmung einen Schlitz im Fensterbrett auf. Dieser wird durch einen Schuber im Winter geschlossen, um Kondensatbildung im Fensterkasten zu verhindern. Der Schuber wird während der Sommermonate ab ca. April geöffnet und am Beginn der Heizperiode in Richtung Pfeil (►|) verschlossen (Abb. D.2).

Zur Bedienung der Fensterkastenbelüftung der großen Rundbogenfenster im Saal IX und XIV ist die große Leiter vonnöten. Da die obersten rechteckigen Innenflügel als Steckflügel gebaut sind (Achtung! Absturzgefahr!), muss die äußere Entlüftungsklappe von der darunterliegenden Ebene bedient werden (Abb. D.3).



Abb. D.2: Die Schuber unter den Fensterbrettern müssen während der Heizperiode verschlossen sein



Abb. D.3: Die äußere Fensterkasten-Entlüftungsklappe der großen Rundbogenfenster in Saal IX und XIV muss von der darunterliegenden Ebene geöffnet bzw. geschlossen werden.

Die Zuluftklappen in den seitlichen Füllungen müssen ab Mai geöffnet und während der Wintermonate ab Oktober verschlossen werden.

3. Klimaregeln für die Hofjagd- und Rüstkammer¹

- Die Tür zwischen Plateau 1 (Prunkstiegenhaus) und Saal 1 muss immer geschlossen sein.
- Die Oberlichtklappen dürfen nur auf Anweisung der Restaurierabteilung geöffnet werden (im Sommer Rostgefahr), bzw. dann, wenn die „Klimaampel“ in Saal VII grünes Licht zeigt.
- Um die Raumtemperaturen niedrig zu halten, sollen von 1. Juni bis 1. Oktober die Deckenfluter in den Sammlungsräumen ausgeschaltet bleiben.
- Die Türen zu den Galerien A - D sind nach Absprache mit der Restaurierabteilung offen oder geschlossen zu halten.

4. Klimaregeln für das Museums für Völkerkunde²

4.1. Türen

- Alle Türen sollen prinzipiell geschlossen sein, vor allem:
 - die Türen zu allen Ausstellungsräumen
 - die Eingangstüren vom Shop in die Aula/Säulenhalle in den Shop (das Personal möge darauf achten, dass die sich die Türen nach Eintritt der Besucher wieder schließen)
 - die Haupteingangstüren von der Wagenauffahrt ins Vestibül
- Fremdfirmen und das Aufsichtspersonal sind zu instruieren, dass Türen immer geschlossen werden müssen.
- Bei Anlieferungen über den Haupteingang muss im Winter im Vestibül ein Zwischenstopp eingelegt werden, um den Haupteingang wieder schließen zu können. Größere Liefermengen (z. B. bei Catering) müssen über den offiziellen Lieferweg (D-Stiege, H-Lift) eingebracht werden.

4.2. Luftbefeuchter

Für Wartung und Reinigung der Luftbefeuchter am Museum für Völkerkunde liegt ein interner Organisationsplan vor.

4.2.1. Platzierung der Geräte

- Entscheidungen über die Notwendigkeit des Einsatzes, die erforderliche Stückzahl sowie die Platzierung der Geräte obliegen der Abteilung Konservierung.
- Die Geräte dürfen nur in Absprache mit der Abteilung Konservierung umgesteckt, verschoben oder in ihren Einstellungen verändert werden. Sich verändernde Bedingungen (baulicher Art, Witterung, Besucherzahlen, Veranstaltungen ...) können gelegentlich das Aufstellen zusätzlicher Geräte erforderlich machen.
- Die Abteilung Konservierung ist über alle Sachverhalte, die sich nachteilig auf den vorgesehenen Einsatz auswirken (wie z. B. Störfälle, unvermeidbare Veränderungen des Aufstellungsortes bei Gefahr im Verzug oder sonstige Betriebseinschränkungen) zu informieren.

1 Die Vorgaben wurden von der Restaurierabteilung der HJRK erstellt.

2 Die Vorgaben wurden von der Abteilung Konservierung des MVK erstellt.

4.2.2. Befüllen der Geräte

- Ein durchlaufender und störungsfreier Betrieb aller eingesetzten Geräte muss stets gewährleistet sein. Die Teamleiter des Besucherdienstes überwachen die Funktion aller im Besucherbereich eingesetzter Geräte für 7 Tage in der Woche. Leere Tanks sind täglich, morgens noch vor dem Ausstellungsbetrieb zu füllen und - wenn notwendig - ein zweites Mal abends (z. B. bei extrem kalten Außentemperaturen). Die Teamleiter koordinieren und überwachen diesen Vorgang. Sollte dies aus irgendeinem Grund nicht gewährleistet werden können, ist dies der Abt. Konservierung mitzuteilen.
- Sollten die Tanks dennoch leer laufen, muss die Abteilung Konservierung umgehend informiert werden, die dann entsprechende Maßnahmen ergreift (z. B. Aufstellung weiterer Geräte).
- Während längerer Schließzeiten dürfen Geräte in der Dauerausstellung nicht „vergessen“ werden. Ein Befüllen der Geräte während der Phase des Ausstellungsaufbaus ist mit der Abt. Konservierung abzusprechen.
- Ausgelaufenes Wasser ist vom Verursacher aufzuwischen. Nach dem Befüllen sind die Geräte wieder in ihre ursprüngliche Lage zu bringen (parallel zu den Wänden).

4.2.3. Funktion der Geräte – Störungen, Ausfälle, Probleme

- Jeder Ausfall eines Gerätes bedeutet potentiell den Einbruch der Klimawerte; dies wiederum ist mit der Gefahr verbunden, dass Museumsobjekte beschädigt werden können.
- Störungen sind daher bei Bekanntwerden so schnell wie möglich zu beheben - entweder selbstständig oder durch Meldung an die Technische Abteilung. Wenn Störungen nicht prompt (innerhalb eines Tages) behoben werden können, ist die Abteilung Konservierung zu informieren.
- Die Einstellungen der Geräte dürfen nicht eigenmächtig verändert werden.

4.3. Vorgaben für die Sollwerte in den klimatisierten Depots des MVK

4.3.1. Bilder-Depot im Dachgeschoß:

Im Bilderdepot im Dachgeschoß sind folgende saisonal gleitende Set-Points erwünscht:

- im Winter (Jänner, Februar): max. 15 - max. 18°C; relative Feuchte 45 - 48 %
- Dezember und März 19 °C; relative Feuchte 45 - 48 %
- April und November 20 - 21 °C; 48-50 %
- Mai und Oktober 22 - 23 °C; relative Feuchte 50 - 55%
- Juni und September 24 - 25 °C; relative Feuchte 50 - 55%
- im Sommer (Juli, August) Kühlung nicht unter 25°C; relative Feuchte 50 - 55%

4.3.2. Metall-Depot 1. Keller

- braucht generell (v.a.) im Sommer nicht gekühlt werden³
- die relative Feuchte sollte ständig unter 40 % gehalten werden

³ dann ist die Entfeuchtung im Sommer vermutlich auch nicht so schwierig zu erzielen; im August werden bei 18 °C immer wieder 48% rF erreicht (anstatt der gewünschten < 40 %rF)

Anhang

4.3.3. Lack-/Elfenbein-Depot sowie Fell-/Leder-Depot

- RLF Werte: Einstellungen momentan gut.

Keines der drei klimatisierten Sonderdepots im 1. Keller müsste im Winter geheizt werden; aber das Fell-/Lederdepot sollte nicht über 21°C erwärmt werden.

5. Richtlinien für Steuerung der Lüftungsklappen im Corps de Logis

Die Lüftungsklappen in den Sammlungsräumen des Corps de Logis (MVK und HJRK) sind elektrisch angesteuert. Sie sind über die im Anhang genannte Regelmatrix mit den Abluftventilatoren verknüpft, sodass derzeit keine natürliche Lüftung über freien Auftrieb (Schwerkraftlüftung) möglich ist.

Bis zur Herstellung eines integralen Lüftungskonzepts gilt die Regelung, dass die Ventilatoren nur außerhalb der Heizperiode aktiviert werden dürfen.

In Ausnahmefällen (z. B. nach einer Veranstaltung) können - nach Absprache mit der Restaurierabteilung des MVK bei ungefährlicher Witterung - die Abluftventilatoren aktiviert werden.

6. Kalendarium

Die Teamleiter erhalten einen Jahreskalender, worin die saisonal unterschiedlichen Verhaltensmaßnahmen (wie z. B. Öffnen und Schließen der Fensterkastenbelüftung, Reinigung der Luftbefeuchter, Entlüftung der Stiegenhäuser) eingetragen sind.

LITERATUR

- AHRENDT Claus (1995); Fehlerquellen bei der Klimaregulierung historischer Gebäude; in: Koller, Prandstetten (Hg.), Restauratorenblätter 1995, 71ff
- ARENDE Claus (1993); Raumklima in historischen Räumen. Köln
- ARENDE Claus, HAUSLADEN Gerhard (1992); Thermische Bausanierung? Haustechnische Rundschau Nr. 2, Düsseldorf
- ARTMANN Ferdinand (1865); *Kritische Betrachtungen über den dermaligen Standpunct der Ventilations-Frage*. In: Zeitschrift des österr. Ingenieurs- und Architektenvereins, VI.-VII. Heft, 3-86, Wien
- ASHRAE (1999); ASHRAE Applications Handbook, Atlanta 1999, ch. 20: Museums, Libraries, and Archives.
- ASHRAE (2007); Handbook - Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Applications
- ASSMANN Karl (1989); Nicht heizen, sondern temperieren. Technik am Bau (TAB) 1989, Heft 6, 477ff
- AUER Ingeborg, BÖHM Reinhard, MOHNL Hans (1989); Das Klima von Wien, Beiträge zur Stadtforschung, Stadtentwicklung und Stadtgestaltung Bd. 20
- AURENHAMMER Gertrude (1969); Geschichte des Belvedere seit dem Tode des Prinzen Eugen, Mitteilungen der österreichischen Galerie XIII, Nr. 57; Wien, 41-183, 57f.
- BAUER Wilhelm P. (1994); *Grundzüge der Metallkorrosion*. In: HEINRICH Peter (Hrsg.); Metallrestaurierung. Beiträge zur Analyse, Konzeption und Technologie, München, 40-69
- BAUMANN Kathrin (2000); Analyse der atmosphärischen Grenzschicht in Wien während zweier Sommersmog-Episoden im Auftrag der MA 22-254/00, 6930/99-U, März 2000
- BALDINGER Ernst Gottfried (1785); *Das Hauptspital in Wien*. In: Neues Magazin für Ärzte, 7. Bd., 4. Stück, Wien
- BECK Walter, KOLLER Manfred (1980); *Problems of Heating within Historic Buildings of Austria*. In: Conservation within Historic Buildings (hg. N. Bromelle, G. Thomson, P. Smith), Preprints of the Contributions of the Vienna Congress, 22-29
- BERGER Gustav (1989); *Untersuchungen zum Einfluß der Umwelt auf die Erhaltung von Leinwandgemälden*. In: Restauro 95, 3/1989, 191-203
- BERTALANFFY Ludwig (1956); *General System Theory*. In: BERTALANFFY L., RAPPAPORT A. (Hg.) (1956); General Systems Yearbook 1, Ann Arbour
- BOODY Frederick, GROSSESCHMIDT Henning, KIPPES Wolfgang, KOTTERER Michael (Hrsg.) (2004); Klima in Museen und historischen Gebäuden. Die Temperierung. Wissenschaftliche Reihe Schloß Schönbrunn Bd. 9, Wien

- BÖRSCH-SUPAN Helmut (1993); *Kunstmuseen in der Krise, Chancen, Gefährdungen, Aufgaben in mageren Jahren*, München
- BROKERHOF Agnes (2007); *Applying the outcome of climate research in collection risk management*. In: *Museum Microclimates*, hg. von T. Padfield und K. Borchersden, Kopenhagen, 115-122
- BUCK Richard (1952); *A Note on the Effect of Age on the Hygroscopic Behaviour of Wood*. In: *Studies in Conservation* 1 (1952/4), 39-44
- BURMESTER Andreas (1997); *Der moderne Museumsbau: Konzept des Überlebens oder überlebtes Konzept*. In: *museum heute* 13/1997, 19-29
- BURMESTER Andreas (1990); „*Da derselbe Saal bey nur 200 schön erleuchtet ist*“. *Zur Lichtsituation in der Alten Pinakothek*. In: *Jahresbericht der Bayerischen Staatsgemäldesammlungen*, München 1989/90, 64-69.
- BURMESTER Andreas (2000); *Die Beteiligung des Nutzers bei Museumsneubau und –sanierung oder: Welche Klimawerte sind die richtigen?* In: *Raumklima in Museen und historischen Gebäuden*, Kongressbericht hgg. vom Fachinstitut Gebäude-Klima e.V., Bietigheim, 9-24
- BURMESTER Andreas (2001); *Was ist präventive Konservierung – Eine Einführung und ebendort: Das Grundsatzpapier von Vantaa – Zur Situation der Präventiven Konservierung in Europa*. *Restauratorenaschenbuch 2002*, München, 76-80
- CAPRA Fritjof (1983); *Wendezeit*, Scherz-Verlag, Bern
- CAPRA Fritjof (1992); *Systemisches Denken – das neue Paradigma*. In: KÖNIGSWIESER Roswita, LUTZ Christian (Hg.) (1992), *Das systemisch-evolutionäre Management*, Wien, 307-309
- CASSAR May, CLARKE William O. (1993); *A Pragmatic Approach to Enviromental Improvements in the Courtould Galleries in Somerset House*. In: *ICOM Committee for Conservation 10. triennial meeting*, Washington, DC: preprints, Paris, 595ff.
- CASSAR May, FERNANDEZ Keith, ORESZYN Tadj (1994); *Comparative Study of Air Conditioned and Non Air Conditioned Museums*. In: *IIC Preventive Conservation: Practice, Theory and research*, IIC Ottawa Congress, London, 144-148
- CASSAR May (1995); *Environmental Management, Guidelines for Museums and Galleries*. *Museum & Gallery Commission*, London
- COXON Helen (2007); *The good, the bad and the frustrating: Designing and implementing a climate control system at the Royal Ontario Museum*. In: *Museum Microclimates*, hg. von T. Padfield und K. Borchersden, Kopenhagen 2007, 277–283
- DANIEL Britta, TONN Hans-Peter (2008); *Die Systemtheorie von Niklas Luhmann*. München
- DREINER Klaus (1995); *Formveränderungen des Holzes*. In: *Holz in der restauratorisch-denkmalpflegerischen Praxis* (Hg. Christiane Segers-Glocke), *Niedersächsisches Landesverwaltungsamt*, Hannover, 37-41

EIPPER Paul Bernhard (1998); *UV-Schutz für Fenstergläser und Beleuchtungskörper*. In: Arbeitsblätter für Restauratoren 1/98 (hgg. Von der Arbeitsgemeinschaft für Restauratoren), Mainz, Gruppe 21, S. 55-63

ERHARDT David (1995); *The determination of allowable RH-Fluctuations*. In: WAAC-Newsletter Vol. 17, No.1 Jan, <http://palimpsest.stanford.edu/waac/wn/wn17/wn17-1/wn17-108.html>

ERHARDT David and MECKLENBURG Mario (1994), *Relative humidity re-examined*. In: Preventive Conservation, The International Institute for Conservation, Congress 1994 in Ottawa, preprints, 32-38.

FELBER Christian (2009); *Kooperation statt Konkurrenz*, Wien

FELLNER Josef, TEISCHINGER Alfred (2001); *Alte Holzregeln. Von Mythen und Brauchbarem über Fehlinterpretationen zu neuen Erkenntnissen*. Wien

FERLMANN Dirk (1996); *Lichtschutz in Ausstellungen*. Diplomarbeit an der FH Köln

FRIEDRICH Paul (1878); *Central- und Ofenheizung*, Wien

FRIEDRICH Paul (1885); *Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik*, Wien

FRY Claire, XAVIER-ROWE Amber, HALAHAN Frances and DINSMORE Jennifer (2007); *What's causing the Damage! The use of a combined solution-based Risk Assessment and Condition audit*. In: *Museum Microclimates*, hg. von T. Padfield und K. Borchersden, Kopenhagen, 107-114.

GANGUIN Sonja (2000); *Die struktur-funktionale Systemtheorie von Talcott Parsons*. Bielefeld

GILBERG Mark (1987); *Friedrich Rathgen: The Father of modern Archaeological Conservation*. In: *Journal for the American Institute for Conservation* 26, 105-120

GROSSESCHMIDT Henning (1992); *Temperierung - Verfahren zur Thermischen Bausanierung, Raumtemperierung und Klimatisierung in Museen und anderen Gebäuden*, Hg.Landesstelle für die nichtstaatlichen Museen beim Bayrischen Landesamt für Denkmalpflege, Redaktion: Dr. Wolfgang Stäbler, München (pdf-download vom 1.10.2009: <http://www.jurahaussverein.de/grosseschmidt.htm>)

GROSSESCHMIDT Henning (2000); *Raumklima in Museen und anderen Gebäuden – oder: Das temperierte Haus, sanierte Architektur und Großvitrine*. In: *Raumklima in Museen und historischen Gebäuden*, Kongressbericht hgg. vom Fachinstitut Gebäude-Klima e.V., Bietigheim, 85-112

GROSSESCHMIDT Henning (2004); *The Tempered Building: Renovated Architecture – Comfortable Rooms – “A Giant Display Case“*, aktualisierte Langfassung auf CD. In: BOODY Frederic, GROSSESCHMIDT Henning, KIPPES Wolfgang, KOTTERER Michael (Hg.), *Klima in Museen und historischen Gebäuden: Die Temperierung*. Wissenschaftliche Reihe Schönbrunn Band 9, Wien

HAECKEL Ernst (1866); *Generelle Morphologie der Organismen*, Berlin

HAUFF Volker (Hrsg.) (1987); *Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung*. Greven

HEYDECKE Frank (2008); Aus Alt mach Neu – Meine Klimaanlage macht nicht, was ich will! In: VDR Beiträge zur Erhaltung von Kunst- und Kulturgut, Heft 1/2008, 101-106

HILBERT Günter S. (1991); *Zur Beleuchtung musealer Objekte*. In: *Restauro* (5/1991), München, S. 313-321

HILBERT Günter S. (1996); *Sammlungsgut in Sicherheit*. (Teil 2 Lichtschutz und Klimatisierung), Berlin 1987, 2. Auflage Berlin.

HOADLEY Bruce (1978); *The dimensional Response of Wood to Variation in Relative Humidity*. In: *Conservation of Wood in Painting and the Decorative Arts*. Preprint of the IIC Oxford-Congress, September 1978. London, 1-6.

HOADLEY Bruce (1990); *Holz als Werkstoff*, Ravensburger Holzwerkstatt Bd. 1, Ravensburg

HOLMBERG Jan (1995); *Relative Humidity in Historic Houses, Museums and Museum Storage Rooms*. A Literature Study, EU-1383, Prevent-Report Nr. 1 from Swedish Partner, Stockholm

HOLMBERG Jan (1989/1997); *Technical classification of museum buildings*, ICOM-ICAMT Den Haag 1989, in: EU-1383 PREVENT, Report Nr. 7 from Swedish partners, Stockholm 1997, Teil D, 3-4

HOLMBERG Jan (2001), *Environment Control in Historical Buildings*. Royal Institute of Technology Bulletin no. 53, Stockholm

HUBER Alfons (1990); *Beethovens Erard-Flügel*. In: *Restauro* 96. Jg., 3 (1990), München, 181-188

HUBER Alfons (1992); *Der Restaurator im Spannungsfeld zwischen Kunstwerk und Auftraggeber*. In: *Restaurieren Wozu*, Arbeitsgespräch 1991, Konservieren – Restaurieren, Mitteilungen des Österreichischen Restauratorenverbandes, Wien, 52-58

HUBER Alfons (1992/1994); *Klimaschwankungen und ihre Auswirkungen auf Kunst- und Kulturgut in öffentlichen Sammlungen*. In: *Neue Wege der Klimatisierung im Altbau*. Bauphysik in Bezug auf die Sanierung historischer Gebäude. Stadtmuseum Nordico, Linzer Planungsinstitut (Hg.), Linzer Werkstattgespräche 3, 1. Aufl. 1992, 2. Auflage 1994, Linz, 54-75

HUBER Alfons (1994/95); *Konservatorische Erfahrungen bei der Generalsanierung der Sammlung alter Musikinstrumente*. In: *Restauratorenblätter* Bd. 15, Schutz und Pflege von Kunst- und Baudenkmälern, (hsgg. von der Österr. Sektion des IIC). Wien, 97-116

HUBER Alfons (1995); *Verringerung von Klimaschwankungen durch bauliche und ausstellungstechnische Maßnahmen*. In: *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*, Jg. 9/1995, Heft 1, 154-169

HUBER Alfons (1998); *Das optimale Museumsfenster – Vergleichende Untersuchungen von Licht- und Wärmeschutzmaßnahmen im Kastenfenster*. In: BOODY Frederick, GROSSESCHMIDT Henning, KIPPES Wolfgang, KOTTERER Michael (Hrsg.) (2004); *Klima in Museen und historischen Gebäuden*. Die Temperierung. Wissenschaftliche Reihe Schloss Schönbrunn Bd. 9, Wien, 188-191, Langfassung auf CD

HUBER Alfons (2007); *Fenster im Kunsthistorischen Museum*. In: Technologische Studien des Kunsthistorischen Museums 4/2007, Wien, 154-189

HUBER Alfons (2009); *Kontrollierter Luftwechsel – Der Schlüssel für ein nachhaltiges Klimamanagement*. In: Technologische Studien des Kunsthistorischen Museums, Bd. 6/2009, 10-45

HUBER Wolf (2003); *Von Babel nach Brüssel: Wie die Umsetzung komplexer Politiken durch „verwirrte Sprache“ beeinträchtigt wird - und was Einrichtungen wie die ÖROK zur Entwirrung beitragen können*. In: Österreichische Raumordnungskonferenz (Hg.), *Raumordnung im Umbruch - Herausforderungen, Konflikte, Veränderungen*. Festschrift Eduard Kunze, Wien

ICOM 1960; *Museum*, Bd. 8, Paris 1960.

IMHOFF Hans-Christoph (2009); *Der Duden, der hat Löcher*. In: *Restauro* 8/2009, 115. Jgg., 488-491

KÄFERHAUS Jochen (1997); *Reaktivierung der natürlichen Lüftung im Corps de Logis, unveröffentlichte Studie im Auftrag der Burghauptmannschaft Österreich, August 1997*

KÄFERHAUS Jochen (2004/1); *Kontrollierte natürliche Lüftung und Bauteilheizung als probate Mittel der Schadensprävention am Beispiel von Schloss Schönbrunn*. In: Boody Frederic, Grosseschmidt Henning, Kippes Wolfgang, Kotterer Michael (Hg.), *Klima in Museen und historischen Gebäuden: Die Temperierung*. Wissenschaftliche Reihe Schönbrunn Band 9, Wien, 49-76

KÄFERHAUS Jochen (2004/2); *Kartause Mauerbach: Auf der Suche nach der schadenspräventiven Heizung für historische Gebäude*. In: Boody Frederic, Grosseschmidt Henning, Kippes Wolfgang, Kotterer Michael (Hg.), *Klima in Museen und historischen Gebäuden: Die Temperierung*. Wissenschaftliche Reihe Schönbrunn Band 9, Wien, (269-325 auf beiliegender CD).

KILIAN Ralph (2004); *Die Wandtemperierung in der Renatus-Kapelle in Lustheim – Auswirkungen auf das Raumklima*. (Diplomarbeit an der TU-München, Lehrstuhl für Restaurierung, Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaften), München

KIPPES Wolfgang (1999); *Luftwechsel in historischen Bauten*, Dissertation an der Technischen Universität Wien

KLEMM Lars (2009); *Verbundforschungsvorhaben Nachhaltige Sanierung von Museumsbauten*. In: *Museum aktuell* 158/Mai 2009, 22-24

KOESLING Volker (1999); *Vom Feuerstein zum Bakelit, AdR-Schriftenreihe zur Restaurierung und Grabungstechnik*, Band 5/6, Stuttgart, 44-61

KÖHLER Manfred (1993); *Fassaden- und Dachbegrünung*. Stuttgart

KÖNIGSWIESER Roswita, LUTZ Christian (Hrsg.) (1992); *Das systemisch-evolutionäre Management*; (Gottlieb Duttweiler Institut Zürich, Beratergruppe Neuwaldegg Wien), Wien

KOLLER Manfred (1995); *Museumsbaustelle Wien*. In: *Restauro* (3/1995), Callwey München, 164-169

KOLLER Manfred, PRANDTSTETTEN Rainer (1995); *Schutz und Pflege von Kunst und Baudenkmälern (Preventive Conservation)*. In: Restauratorenblätter der Österreichischen Sektion des IIC (Hg.), Bd. 15, Wien

KONRAD Heimo (2008); Museumsmanagement und Kulturpolitik am Beispiel der ausgegliederten Bundesmuseen, Wien

KOTTERER Michael (2004/1); *Standardklimawerte und Haustechnik für Museen und historische Gebäude in der Diskussion*. In: BOODY Frederic, GROSSESCHMIDT Henning, KIPPES Wolfgang, KOTTERER Michael (Hg.), Klima in Museen und historischen Gebäuden: Die Temperierung. Wissenschaftliche Reihe Schönbrunn Band 9, Wien, 77-98.

KOTTERER Michael (2004/2); *Standardklimawerte für Museen?* In: Restauro Jg. 110 (2/2004), Callwey München, 106-117.

KREČ Klaus, PANZHAUSER Erich (1992); *Fenster - Außenwände – Lüftung*. In: Neue Wege der Klimatisierung im Altbau. Bauphysik in Bezug auf die Sanierung historischer Gebäude. Stadtmuseum Nordico, Linzer Planungsinstitut (Hg.), Linzer Werkstattgespräche 3, 2. Aufl., Linz, 54-75.

KREČ Klaus (2010); Berechnung des Wärmeeintrags durch die Kastenfenster in Abhängigkeit von verschiedenen baulichen Maßnahmen, Gutachten im Auftrag des GM des KHM (Vertrag 2010/KK/3.0), 17.06.2010

KREČ Klaus, HUBER Alfons (2010); *Computergestützte Gebäudesimulation als effektive Entscheidungshilfe bei komplexen thermischen Sanierungsvorhaben*. In: Technologische Studien des Kunsthistorischen Museums 7/2010, Wien,

KRUPKA Bernd W. (1986); Dachbegrünungen und Grasdächer, Köln-Braunsfeld

KRUS M., KILIAN Ralf, SEDLBAUER K. (2007); *Mould Growth prediction by computational simulation on historic buildings*. In: Museum Microclimates, hg. von T. Padfield und K. Borchersden, Kopenhagen, 185-189

KÜHN Hermann (1982); *Optimale Umweltbedingungen zur Erhaltung von Kulturgut*, Veröffentlichungen des Forschungsinstituts des Deutschen Museums, München

KÜHN Hermann (1988); *Optimale Umweltbedingungen zur Erhaltung von Kulturgut*. In: Konservieren – Restaurieren, Mitteilungen des Österreichischen Restauratorenverbandes, Wien, 19-31.

KÜNZEL Helmut (2000); *Verbesserung der Raumklima- und Feuchteverhältnisse in historischen Gebäuden durch gesteuertes Heizen und Lüften*. In: Raumklima in Museen und historischen Gebäuden, Kongressbericht hgg. vom Fachinstitut Gebäude-Klima e.V., Bietigheim, S. 67-84

KÜPPER Rolf (1995); *Wärmebehandlung an schädlingbefallenem Holz*. In: Holz in der restauratorisch-denkmalpflegerischen Praxis (Hg. Christiane Segers-Glocke), Niedersächsisches Landesverwaltungsamt, Hannover, 61-66

- LANGE Konrad (1913); *Ein dankbarer Frauenberuf*. In: Technische Mitteilungen für Malerei 29/1913, Nr. 21, 161
- LEIPOLDT Dietmar (1997); Gutachten: Temperiersystem im Vergleich zu statischen Heizflächen, Versuchsräume des Gymnasiums Waldstraße 58a, D-45525 Hattingen, erstellt durch Ingenieurbüro Dietmar Leipoldt, Ottostraße 61, 42289 Wuppertal im Auftrag der Stadt Hattingen, Hüttenstraße 43
- LEIPOLDT Dietmar (2004); *Kurzbericht über Heizkostenreduzierung / Energieeinsparungen / Investitionseinsparungen im Anlagenbau durch den Einsatz der Temperierung*. In: H. Grosses Schmidt, W. Kippes, M. Kotterer, F. Boody (Hg.), *Klima in Museen und historischen Gebäuden: Die Temperierung*. Wissenschaftliche Reihe Schönbrunn Band 9, Wien 2004, S. 214-218 (auf CD).
- LIDDAMENT Martin W. (1997); *Air Infiltration and Ventilation Calculation Techniques – Recent IEA annex Activities*; unpublished strategy paper IEA, 15th November 1997, Coventry
- LHOTSKY Alphons (1941); *Die Baugeschichte der Museen und der Neuen Burg*, Festschrift des Kunsthistorischen Museums zur Feier des fünfzigjährigen Bestandes, 1. Teil, Wien
- LIESECKE Hans Joachim (2006); *Jährliche Wasserrückhaltung durch Dachbegrünungen*. In: *Neue Landschaft*, Fachzeitschrift für Garten, Landschafts-, Spiel- und Sportplatzbau, 8/2006, 39-45 sowie Teil 2: Prozentuale Wasserrückhaltung und Jahresabflusskennzahl, *Neue Landschaft* 5/2007, 42-49
- LUHMANN Niklas (1984/93); *Soziale Systeme, Grundriss einer allgemeinen Theorie*, 1. Auflage 1984; 4. Auflage 1993, Frankfurt / Main
- MECKLENBURG Marion and TUMOSA Charles (1991); *Mechanical Behaviour of Paintings Subjected to changes in Temperature and Relative Humidity*. In: *Art in Transit*, International Conference on the Packing and Transportation of Paintings in London, National Gallery of Art, Washington, 173 -216.
- MECKLENBURG Marion (2007); *Micro Climates and Moisture induced Damage to Paintings*. In: *Museum Microclimates*, hg. von T. Padfield und K. Borchersden, Kopenhagen, S.19-25
- MEISSNER Paul Traugott (1823/1827); *Die Heizung mit erwärmter Luft durch eine neue Erfindung anwendbar gemacht, und als das wohlfeilste, bequemste, der Gesundheit zuträglichste, und zugleich die Feuergefahr am meisten entfernende Mittel zur Erwärmung größerer oder mehrerer Räume, als: der öffentlichen Gebäude, der Herrschaftswohnungen, Fabriken etc. etc.* Wien, 3. erweiterte Auflage 1827
- MICHALSKI Stefan (1993); *Relative Humidity: A Discussion of Correct/Incorrect Values*, ICOM Committee for Conservation, 10th Triennial Meeting, preprints, S. 624-629.
- MICHALSKI Stefan (1999); *Setting standards for Conservation: New temperature and relative humidity guidelines are now published*. In: CCI-Newsletter Nr 24, Nov. 1999, zitiert nach Internetausgabe http://www.cci-icc.gc.ca/whats-new/news24/temperature_e.shtml.
- MINKE Gernot (2000); *Dächer begrünen – einfach und wirkungsvoll*, Staufen bei Freiburg

MOTZKO Ludwig (1947); Kälte und Wärme in Erde und Luft, Wien

NEUWIRTH Joseph (1915); Die k. k. technische Hochschule 1815-1915, Gedenkschrift zum 100jährigen Jubiläum

OBERTHALER Elke (1998); Tafelbildbehandlungen im Kunsthistorischen Museum, in: Restauratorenblätter 19/1998, hg. von der Österreichischen Sektion des IIC (Red. M. Koller, R. Prandtstetten), Wien, 45-54

OGNIBENI Günter (1988); Ausstellungen im Museum und anderswo. München

ORESZYN Tadj, CASSAR May, FERNANDEZ Keith (1994); *Comparative Study of Air-Conditioned and Non Air-Conditioned Museums*. In: IIC, Preventive Conservation: Practice, theory and research, IIC Ottawa Congress, London 1994, S. 144-148

ORTLER A., KRISMER R., WIMMERS G. (2005); *Energetische Sanierung in Schutzzonen*. Projektbericht im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“, Innsbruck März 2005, 45–64

PADFIELD Tim, LARSEN Poul Klenz (2004); *How to design Museums with a naturally stable Climate*. In: *Studies in Conservation* 49, 131-137

PADFIELD Tim, BORCHERSEN Karen (Hg.) (2007), *Museums Microclimates*. Contributions to the Copenhagen conference 19-23 Nov 2007. (www.nationalmuseet.dk/sw53828.asp)

PADFIELD Tim, LARSEN Poul Klenz, JENSEN Lars A., RYHL-SVENDSEN Morten (2007); *The potential and limits for passive air conditioning of museums, stores and archives*. In: *Museum Microclimates*, hg. von T. Padfield und K. Borchersden, Kopenhagen, 191-198

PADFIELD Tim (2009); *Do standard temperatures need to be constant?* - Paper submitted to the Going Green conference at the British Museum, April 2009. <http://www.conservationphysics.org/standards/standardtemperature.php> (10.2.2010)

PADFIELD Tim, LARSEN Poul Klenz (o. J.); *The new Store for the collection of historic music instruments Copenhagen*. Interne, noch unpublizierte Studie, freundlicherweise übermittelt von der Sammlungsdirektorin Dr. Lisbeth Torp.

PAGEL (1901); Biographisches Lexikon hervorragender Ärzte des neunzehnten Jahrhunderts. Berlin, Sp. 202-203

PAUL Friedrich (1885); Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik, Wien

RANACHER Maria (1992), *Bilder an der kalten Wand. Oberflächentemperaturmessungen an Wänden und Bildern als Neuansatz für konservatorisch richtige Klimatisierung in Gemäldegalerien*. In: Linzer Werkstattgespräche 3, Neue Wege der Klimatisierung im Altbau. Bauphysik in Bezug auf die Sanierung historischer Gebäude. 2. Auflage, Linz, 76-121.

RANACHER Maria (1995); *Bilder an Kalten Wänden*. In: Restauratorenblätter 15/1995, hg. von der Österreichischen Sektion des IIC (Redaktion M. Koller, R. Prandtstetten), Wien, 147-163

- RANACHER Maria (2004); *Gesundheit durch thermische Kondensatprävention. Optimales Gebäudeklima für Kulturgut in Museen und Denkmalpflege*. In: Frederic Boody, Henning Großesmidt, Wolfgang Kippes, Michael Kottere (Hg.), *Klima in Museen und historischen Gebäuden: Die Temperierung*. Wissenschaftliche Reihe Schönbrunn Band 9, Wien, 170-187
- RASMUSSEN Michael H. (2007); *Evaluation of the climate in a new shared storage facility using passive climate control*. In: *Museum Microclimates*, hg. von T. Padfield und K. Borchersden, Kopenhagen, 207-212.
- RECKNAGEL Hermann, SPRENGER Eberhard, SCHRAMEK Ernst-Rudolf (2008); *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik*, 73. Auflage, München
- RICCABONA Christof, BEDNAR Thomas, (2008); *Baukonstruktionslehre 4 Bauphysik*, 7. Auflage, Wien
- ROTHFELD M. (1916); *Lüftung und Heizung im Schulgebäude*, Berlin
- SARRAZIN O. und SCHULTZE F. (1904); *Das neue Kaiser-Friedrich-Museum in Berlin*. In: *Zentralblatt der Bauverwaltung XXIV*, (22.10.1904), 130-131, aus: *Burmester 2000*, 12
- SCHIESSL Ulrich (1992); *Der Restaurator – vom Werden eines Berufes*. In: *Restaurieren Wozu, Arbeitsgespräch 1991, Konservieren – Restaurieren*, Mitteilungen des Österreichischen Restauratorenverbandes, Wien, 28-37
- SCHWARZ Andreas (1995); *Feuchteverhalten des Holzes*. In: *Holz in der restauratorisch-denkmalpflegerischen Praxis* (Hg. Christiane Segers-Glocke), Niedersächsisches Landesverwaltungsamt, Hannover, 15-24
- SAUNDERS David (1993); *The Environment and Lighting in the Sainsbury Wing of the National Gallery*. In: ICOM (Ed.), Paris, S. 630ff.
- SCHLIPPE Arist von, SCHWEITZER Jochen (1996); *Lehrbuch der systemischen Therapie und Beratung*, Göttingen-Zürich
- SCHMITT Eduard (1890); *Handbuch der Architektur. Anlagen zur Versorgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Wasser*. 2. Aufl.
- SEGERS-GLOCKE Christiane (Hg.) (1995); *Holz in der restauratorisch-denkmalpflegerischen Praxis*, Niedersächsisches Landesverwaltungsamt, Hannover
- SEIFERT G. (1867); *Die Ventilation*. In: *Schmidt's Jahrbücher der in- und ausländischen Medicin*, hssg. von Hermann Eberhard Richter (Dresden) und Adolf Winter (Leipzig), 134. Band, Leipzig, S. 235-267
- SIMON Fritz B. (2009) *Einführung in die systemische Organisationstheorie*, Heidelberg (1. Aufl. 2007)
- STOHL Alfred (2000); *Der Narrenturm*, Wien-Köln-Weimar
- THOMSON Garry (1994); *The Museum Environment*. 2. Aufl., London

TRUMMER Manfred (1994/95); *Generalsanierung des Österreichischen Museums für angewandte Kunst: Die Klimaregulierung*. In: Restauratorenblätter Bd. 15, Schutz und Pflege von Kunst- und Baudenkmälern, (hsgg. von der Österr. Sektion des IIC). Wien, 117-122

TSCHEGG E., HEINDL W., SIGMUND A. (1984); Grundzüge der Bauphysik, Wien-New York, insb. 263-265

UNGER Achim (1988); Holzkonservierung, Leipzig

VALENTIN Donata (1988); *Das Ökosystem Stadt*. In: BDA (Hg.), Architektur und Natur. Eutin, 6-11

VISZANIK Michael (1845); Leistungen und Statistik der K. K. Irrenanstalt zu Wien, Wien, S. 5

WAGENFÜHR, André, SCHOLZ Frieder (Hg.) (2008); Taschenbuch der Holztechnik, München

WALLER Robert (1994); *Conservation Risk Assessment – A Strategy for Managing Resources for Preventive Conservation*, In: Preprints of the Congress on Preventive Conservation Practice, Theory and Research, Ottawa; London: International Institute for the Conservation of Historic and Artistic Works, 12-16

WEHDORN Manfred (1979); Die Bautechnik der Wiener Ringstraße; Die Wiener Ringstraße Bd. 11 (Hg. Renate Wagner-Rieger), Wiesbaden

WEIDACHER Friedrich (1993); Handbuch der allgemeinen Museologie; Mimundus 3 – Wissenschaftliche Reihe des Österreichischen Theaternuseums, Wien

WIRTH Stefan M. (2002); Gebäudetechnische Systemlösungen für Niedrigenergiehäuser, Berlin

ZMARSLY E., KUTTLER Wilhelm, PETHE H. (2002); Meteorologisch-klimatologisches Grundwissen, 2. Aufl., Stuttgart

ABBILDUNGEN

Alle Abbildungen und Grafiken, sofern nicht anders bezeichnet, stammen vom Autor.