Michael Kotterer

Standardklimawerte für Museen?

Ergebnisse eines Projekts

Immer wieder wird der Restaurator mit Standardwerten für Temperatur und relative Luftfeuchte konfrontiert. Doch eignen sie sich für jede Situation, und sind sie wirklich verbindlich? Ein Forschungsvorhaben ergab, dass nur ein ganzheitliches individuelles Konzept zu einem fast »idealen« Klima führen kann. Ein Beispiel ist das Kunstforum Ostdeutsche Galerie in Regensburg.

Der Restaurator Michael Kotterer M.A., Kunstforum Ostdeutsche Galerie Regensburg, ist einer der Teilnehmer an einem Projekt zum Thema Museumsklima.

1 Langzeitklimamessungen im Kunstforum Ostdeutsche Galerie Regensburg: a Kunsthalle von 1870, b Galeriegebäude von 1970

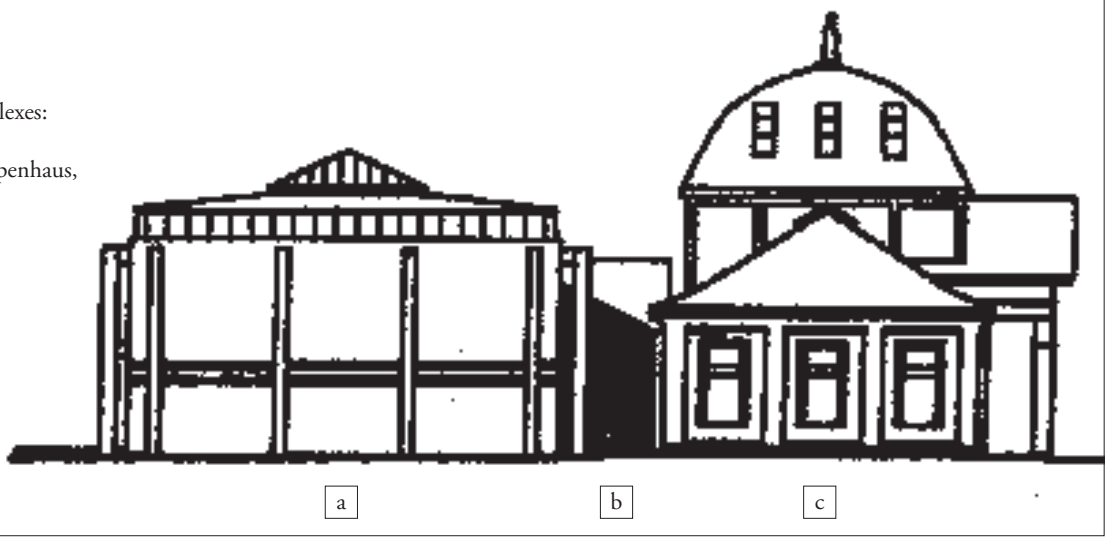
Das Kunstforum Ostdeutsche Galerie Regensburg beteiligte sich zusammen mit internationalen Partnern an dem EU-1383-Prevent-Projekt »Klima in Museen und historischen Gebäuden«. Ein umfassender Bericht über die Ergebnisse liegt seit 2003 vor[1]. Zu den Partnern zählen das Schloss Schönbrunn, die TU, die Sammlung alter Musikinstrumente (SAM) am Kunsthistorischen Museum, alle in Wien, das Gradbeni-Institut ZRMK (Institut für Bauwesen) Ljubljana, die Technische Universität Ljubljana und das Haftcourt Ltd. Institut in Stockholm, das für die schwedische Denkmalpflege arbeitet. Das Kunstforum Ostdeutsche Galerie brachte in das Projekt Langzeitklimamessungen in dem 1989–1993 renovierten Museum ein (Abb. 1–5). Denn mit dem Konzept der Landesstelle für die nichtstaatlichen Museen in Bayern »Wandtemperierung in Verbindung mit einer minimierten Lüftung und einer optimierten Gebäudehülle« wurde erstmalig in einem größeren Gemäldemuseum dieser neue Weg in der Museumsklimatisierung beschritten.

Bisher gilt die Vollklimaanlage als Lösung von Klimatisierungsproblemen. Der Restaurator muss aber wissen, zu welchen technischen Konsequenzen und welchem Kostenaufwand seine Forderungen in der konventionellen Planungspraxis führen und welche Alternativen es gibt. Um alternative Möglichkeiten zu erkennen, sind die Themen Lüften/Frischluftwechselrate, Kühlen, Heizen, Befeuchten und Entfeuchten genauer zu hinterfragen. Ferner gilt es, die präventive Qualität von Gebäude und Einrichtung ins Auge zu fassen, damit eine möglichst unaufwändige Technik für die Raumluftaufbereitung ausreicht. Zu fragen ist, welche so genannten internationalen Klimastandards bisher galten, wie sie entstanden und ob sie tatsächlich weiter empfehlenswert sind.

Berechtigte Zweifel an der Lösung Vollklimaanlage

Mit Vollklimaanlagen soll in Gebäuden beliebiger Bauweise ein »Idealklima« künstlich hergestellt werden können. Dies wird seit den 1960er-Jahren bis heute für Museen als »die Lösung« proklamiert. Die Vollklimaanlage ist eine raumlufttechnische Anlage, welche die durch Bauweise, Einrichtung und Nutzung eines Gebäudes bedingten Einflüsse auf das Raumklima ausgleichen soll, sodass ein bestimmter Raumluftzustand in gegebenen Grenzen aufrechterhalten wird[2]. Vollklimaanlagen beinhalten Komponenten zum Heizen, Kühlen, Befeuchten und Entfeuchten, mit denen sie die Raumluft zentral aufbereiten. Fehlen einzelne oder mehrere dieser Komponenten, spricht man von einer Teilklimaanlage oder von einer einfachen Lüftungsanlage. Zweifel am Vorteil der Vollklimaanlagen sind jedoch berechtigt, denn diese gewähr-

2 Aufriss des Komplexes:
a Galeriegebäude,
b Verbindung/Treppenhaus,
c Kunsthalle



leisten in der Praxis keineswegs immer stabile Bedingungen. Bei Vollklimaanlagen können Schwankungsbreiten der relativen Luftfeuchte auftreten, die nicht kleiner sind als in nicht klimatisierten Räumen. Eine sprechende Untersuchung legte May Cassar 1994 vor[3]. Keines der von ihr untersuchten vollklimatisierten Museen, die mit dem Ziel geplant waren, eine Schwankungsbreite in der relativen Luftfeuchte von ± 5 % über das ganze Jahr einzuhalten, erreichte das Ziel. Im Gegenteil: Andere Museen ohne Vollklimaanlage hielten sich annähernd genauso gut (Abb. 6).

J Große Luftwechselraten
Vollklimaanlagen wälzen große Mengen erhitzter und befeuchteter bzw. gekühlter und entfeuchteter Luft um. Sie benötigen aus physikalischen Gründen große Luftwechselraten (die Luftwechselrate wird in Wechselrate des Raumluftvolumens pro Stunde angegeben), in der Regel vom mindestens vierbis zum achtfachen Luftwechsel pro Stunde und mehr. Zugerscheinungen und Staubaufwirbelung im Raum sind kaum vermeidbar.

J Groß dimensioniert
Vollklimaanlagen müssen im Hinblick auf die jeweilige maximale Kühl- oder Heizlast groß dimensioniert werden. Entsprechend kostspielig sind die Errichtung, der Unterhalt und Betrieb. Mit ihrem enormen Luftdurchsatz können sie bei Regelungsstörungen im Raum sehr schnell starke Klimaänderungen hervorrufen und bis zur Aufhebung der Störung aufrechterhalten. Vollklimaanlagen können daher plötzlich eine konservatorische Gefahr darstellen. Was ist ferner, wenn Einzelkomponenten ausfallen, die ganze Anlage steht oder ihr ökonomisch und ökologisch fragwürdiger Betrieb nicht mehr bezahlt werden kann? Da mit einer Vollklimaanlage meist versucht wird, die Mängel einer ungeeigneten Museumsarchitektur zu kompensieren, müssten die Museen, die auf den kontinuierlichen Betrieb der Vollklimaanlage angewiesen sind, beim Ausfall eines solchen Systems ihre Kunstwerke unweigerlich evakuieren.

J Museum als »Konservierungsmaschine«
Eine weniger am Inneren, sondern vor allem am Äußeren orientierte »moderne« Museumsarchitektur setzt der Umsetzung konservatorischer Standards enge Grenzen. Voraussetzung für ein »gutes Museum« sind elementare bauphysikalische Erkenntnisse. Stattdessen haben sich unsere Museen in hochgradig technisierte, auf behagliche Raumtemperaturen gebrachte und lichtdurchflutete »Konservierungsmaschinen« gewandelt. Erst die Abkehr von diesem auch aus ökologischer Sicht überlebten Konzept und eine Rückbesinnung auf passi-

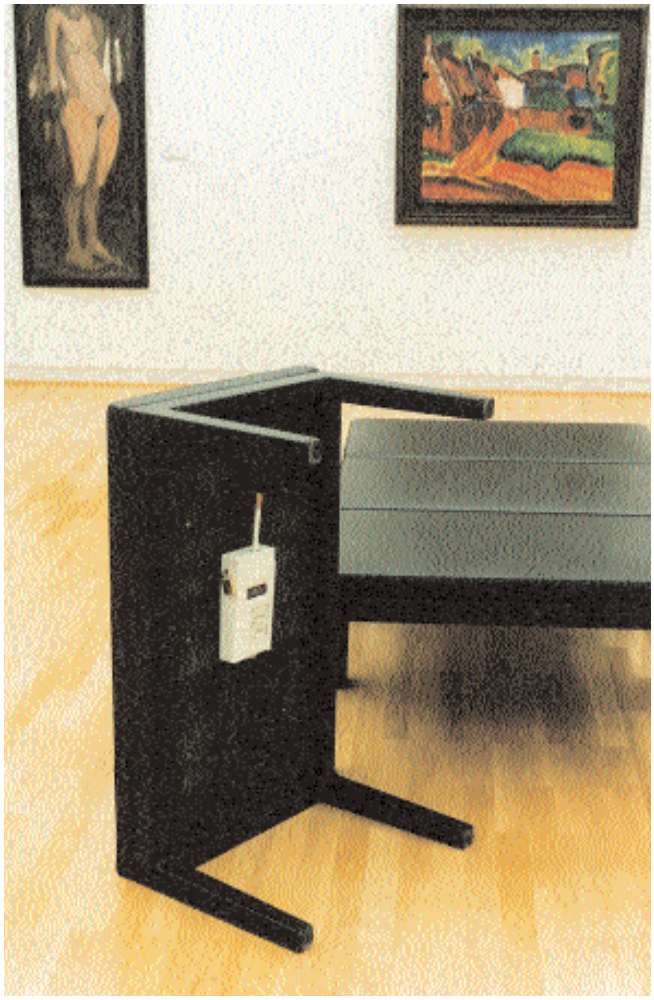
3 Messung der Temperatur und r.F. hinter Gemälden an Außenwänden

ve Bewahrungsmechanismen vermindert das Risiko für die uns anvertrauten Kulturgüter. Es ist bekannt, dass konservatorisch sinnvolle, präventive Konzepte in Wettbewerben und in der Planungspraxis gegen die Interessen der beteiligten Architekten, Planer und Gutachter nur schwer durchsetzbar sind, dies insbesondere, solange sich deren Honorar an der Menge eingebauter Technik bemisst[4].

Passive und aktive Kimatisierungsmaßnahmen

Die Museums and Galleries Commission London ist inzwischen von der Anregung von Vollklimaanlagen abgegangen und empfiehlt andere passive und aktive Klimatisierungsmaßnahmen. In dem Handbuch von May Cassar[5] werden eingehend Strategien beschrieben, wie man an Planungsarbeiten herangeht, um das Innenraumklima erfolgreich kontrollieren, stabilisieren, im Museumsalltag überwachen und unterhalten zu können. Die präventive Qualität von Gebäude und Einrichtung steht im Mittelpunkt. Man soll das Gebäude und seine Einrichtung so gestalten, dass man nur eine unaufwändige zusätzliche Aufbereitung der Raumluft benötigt.

J Passive Maßnahmen
Zuallererst ist eine massive Bauweise anzustreben bzw. ist die Gebäudehülle durch Dämmen schwächerer Außenbauteile zu optimieren. Eine massive Gebäudehülle erfüllt die Eigenschaft der Dämpfungsfähigkeit gegenüber Außenklimaschwankungen. Weitere Maßnahmen sind das Abdichten von Fugen, um einen kontrollierten Luftwechsel zu ermöglichen und Störungen durch unkontrollierte Lüftung so gering wie möglich zu halten. Weiter sollten klimastabilisierbare Zonen geschaffen werden durch einen Windfang und einen von den Ausstellungsbereichen abgetrennten Eingangsbereich. Treppenhäuser (Kamineffekt) sind gegenüber Ausstellungsbereichen abzutrennen. Besonders geschützte Bereiche dienen den empfindlichsten Objekten. Schutz bieten Vitrinen (luftdicht, mit Silicagel klimastabilisiert) bis hin zu in Bilderrahmen integrierten, wenige Zentimeter tiefen »Gemäldevitrinen«. Zu verwenden ist hygroskopisches, feuchtespeicherfähiges Material beim Innenausbau. Die künstliche Beleuchtung ist auf das konservatorisch sinnvolle Maß zu beschränken, um unerwünschter sommerlicher Aufheizung zu begegnen. Aus demselben Grund ist außenliegender Sonnenschutz an Fenstern, Glasfassaden und Lichtdächern anzubringen.



4 Wie Abb. 3, Messen von Temperatur und r.F. in der Raummitte, Messgerät unter einer Bank montiert

J Aktive Maßnahmen
Zu den aktiven Maßnahmen zählt die lokale Be- oder Entfeuchtung mit Einzelraumgeräten, die problemlos gewartet und ausgetauscht werden können, im Gegensatz zu zentral installierten Be- und Entfeuchtungskomponenten in Lüftungsanlagen. Ferner ist die Lüftung zu überwachen: bei »natürlicher« Lüftung (ohne Ventilatoren) durch kontrolliertes Öffnen und Schließen von Fenstern, Schächten etc., bei »mechanischer«, also motorbetriebener Lüftung z.B. durch Einsatz dezentraler minimierter Lüftungsanlagen in Form von Ventilatoren in Abluftkaminen, gesteuert von Sensoren.

Kleinere Museen brauchen oftmals keine mechanische Be- und Entlüftung, sondern nur die Kontrolle der so genannten natürlichen Lüftung. Größere Museen brauchen dagegen oft eine mechanisch unterstützte Frischluftversorgung für die Besucher. Dies lässt sich gegebenenfalls auch über zentrale raumlufttechnische Anlagen bewerkstelligen, mit zentralen Be- und Entfeuchtern. Man sollte sich jedoch über die prinzipiellen Nachteile zentraler Anlagen im Klaren sein, ob es sich nun um reine Lüftungs-, Teilklima- oder Vollklimaanlagen handelt. Sie brauchen Platz, sind bei historischen Gebäuden nur schwer integrierbar (Kanalnetz, Zentrale etc.) und bergen Probleme. Je mehr Aufgaben die Anlage erfüllen soll und je höher die gewählte Luftwechselrate ist, je größer die Anlage also sein muss, desto mehr Investitions-, Unterhalts-, Energiekosten und Folgeinvestitionen fallen an.

Ein Klimakonzept, das die präventive Qualität des Zusammenwirkens des Baukörpers und seiner Einrichtung ins Auge fasst, um den Aufwand zusätzlicher Aufbereitung der Raumluft möglichst gering zu halten, ist vorteilhafter als die »blinde« Vollklimatisierung eines beliebigen Gebäudes mit nur geringer Dämpfungsfähigkeit, die Lösung mit dem größten Finanz- und Platzbedarf. Es ist nützlich, die Aufgabe Lüften und die Punkte Kühlen, Heizen, Befeuchten, Entfeuchten nochmals einzeln zu besprechen.

Lüften

J Frischluftwechselrate
Ein wesentliches Kriterium zur Bewertung von Klimasituationen in Gebäuden berücksichtigte die allgemeine Diskussion bisher überhaupt noch nicht: Die Häufigkeit des Austausches des Raumluftvolumens gegen Außenluft. Holmberg

Fotos: Großeschmidt

5 Temperaturmessungen in der 16 m hohen Eingangshalle des Museums

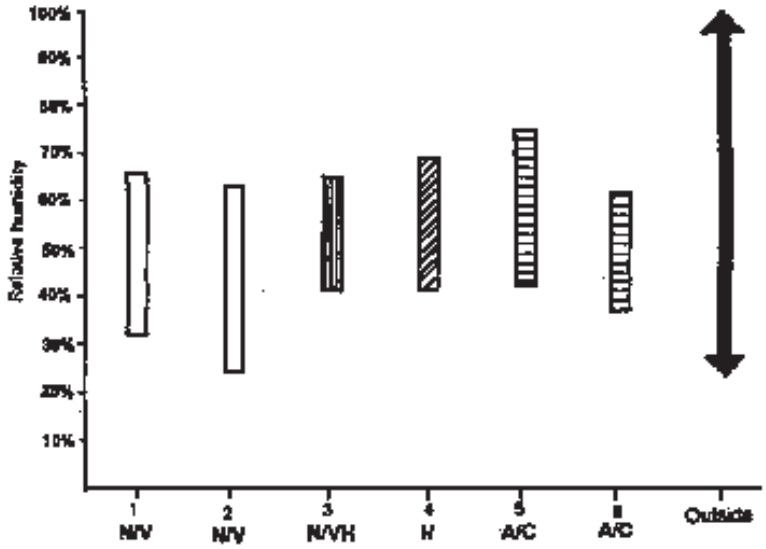
schlug angesichts des Schadenspotenzials zu hoher Frischluftraten bereits 1989 eine neue Klassifikation/Bewertung von Museumsgebäuden vor und beschreibt dort auch die »Tracer-Gas-Methode«, mit der man die Infiltrationsrate auf einfachste Art messen kann[6]. Es wird dabei die aus natürlicher bzw. maschineller, kontrollierter und die aus unkontrollierter Lüftung (Baufugen, Fugen von Öffnungen etc.) stammende Frischluftmenge zusammen gemessen. Das Ergebnis wird anhand einer Tabelle bewertet: Unter einem halben Gebäudevolumen pro Stunde sehr gut (Stufe A), bis zu einem Volumen pro Stunde gut (Stufe B), bis zu zwei Volumen pro Stunde befriedigend (Stufe C), bis zu 5 Volumen pro Stunde schlecht (Stufe D), zwischen 5 und 10 Volumen pro Stunde sehr schlecht (Stufe E).

J Kontrolliertes Lüften

Nur ein abgeschlossener Luftraum kann klimastabilisiert werden. Die meisten historischen Gebäude haben selbst nach Abdichtung von Fenstern und sonstigen Undichtigkeiten noch eine »natürliche Undichtigkeit« von 0,3, meistens jedoch darüber. Bessere Werte von 0,2 oder 0,1 sind nur bei modernen Gebäuden mit hohem Aufwand zu erreichen. Fensterlose, von Erdreich umgebene Kellerräume liegen in der Regel darunter. Um Schadstoffe aus Baumaterialien, Objekten oder ausgeatmetes CO_2 der Besucher etc. ab- und Frischluft zuzuführen, muss bei Raumbelegung (Besucher und Bedienstete) gelüftet werden. Zwar ist eine möglichst dichte Gebäudehülle Voraussetzung für einen kontrollierten Luftwechsel, andererseits gilt: es gibt keine zu dichten, sondern nur schlecht gelüftete Gebäude. In der kontrollierten Lüftung liegt der Schlüssel zur Dämpfung der Einwirkung von Lüftungsereignissen (Klimaschwankungen) und der Belastung mit Luftschadstoffen von außen. Unnötig hohe Frischluftmengen verursachen hohe Aufbereitungskosten und Energieverluste, ferner hohen Filteraufwand, denn bei größeren mechanischen Lüftungsanlagen sind unbedingt entsprechende Filter vorzusehen.

J Einfacher Luftwechsel pro Stunde

Im Ausstellungsbereich genügt in der Regel (abhängig vom Besucheraufkommen) ein maximal einfacher Luftwechsel pro Stunde. Die gängige deutsche Fachliteratur geht bei Museen von 10 m^3 Frischluft pro Besucher und Stunde aus. In den USA gelten 8 m^3/h, in Schweden 4 m^3/h noch als ausreichend[7]. Selbst diese Werte liegen noch deutlich über dem physiologischen Grenzwert von 0,5 m^3/h bei leichter Tätigkeit. In diesem Sinne werden raumlufttechnische Anlagen meist deutlich überdimensioniert. Die Grundlage dafür ist in Deutschland in der Versammlungsstätten-Richtlinie zu finden, die in Räumen ohne Raucherlaubnis bereits 20 m^3 pro Person in der Stunde vorschreibt, ohne dass dies physiologisch begründbar wäre. Für den Sammlungsbereich von Museen ist die Vorschrift jedoch nicht gültig. Dennoch wird die Vorgabe in der



6 Bandbreite der Schwankungen der r.F.:
1, 2 bei natürlicher kontrollierter Belüftung (N/V),
3 bei natürlicher kontrollierter Belüftung mit Befeuchter (N/VH),
4 mechanische Lüftung über Kamine von CO_2 Sensoren gesteuert, lokale Be- und Entfeuchtung (H),
5, 6 Vollklimaanlage (A/C), Diagramme nach Cassar, siehe Anm. 3, Abb. 4, S. 146, Werte von 6 verschiedenen Museen innerhalb eines Jahres

gängigen Planungspraxis gerade in großen Museumsprojekten oft auf das gesamte Gebäude angewandt, obwohl die zu Grunde liegenden Nutzungsbedingungen allenfalls im Eingangsbereich oder im Vortragsraum/Medienraum oder bei Eröffnungsveranstaltungen gegeben sind. Oft sind auch übertrieben hoch angesetzte fiktive Besucherzahlen, die doch nie erreicht werden, schuld an einer viel zu groß geplanten Anlage.

J In Lagerräumen
In Depots sind höhere Luftwechselraten generell abzulehnen. Für den dort geringfügigen Personenverkehr wäre ein maximal 0,1-facher Luftwechsel pro Stunde bei Anwesenheit von Personen ausreichend. Dieser Wert könnte z.B. als Vorgabe für den Abluftventilator eines fensterlosen Depots gelten. Falls erforderlich, wäre im Dauerbetrieb damit eine mechanische Grundlüftung zur Abführung von Schadstoffen garantiert.

J Keine Überdimensionierung
Eine Überdimensionierung raumlufttechnischer Anlagen ist gerade im Museumsbereich unbedingt zu vermeiden. Bei ungünstigen Bedingungen neigen überdimensionierte Anlagen zu hochfrequentem dynamischem Lastwechsel, bedingt durch regeltechnisches Takten. Klein dimensionierte Anlagen haben diesen Nachteil nicht. Sie können nur konservatorisch unbedenkliche langsame Änderungen im Raumklima verursachen. Das Gefährdungspotenzial bei Regelungsstörung oder Ausfall ist geringer.

J Lüftungsanlagen mit Fühlern für die relative Luftfeuchte
Nicht nur wegen des Hysteresephänomens (ein hygroskopischer Stoff wie in einem Feuchtefühler verändert seine elektrische Leitfähigkeit wegen der Haftfähigkeit des Wassermoleküls bei Wasserdampfaufahme schnell, gibt aber aus dem gleichen Grund bei Abnahme der Umgebungsfeuchte den aufgenommenen Wasserdampf nur verzögert wieder ab) ist die Luftfeuchtemessung noch immer eine der schwierigsten und anspruchsvollsten messtechnischen Aufgaben. Die besten üblichen, kapazitiven Sensoren haben eine Genauigkeit von ca. ± 2 %, realistisch für die meisten sind ±3 % bis ± 5 %. Mechanische Sensoren erreichen noch schlechtere Werte. Es gibt also sowohl bei der Erzeugung als auch bei der Einhaltung von Werten der relativen Luftfeuchte prinzipielle »Unsicherheiten«, Wertetoleranzen, in denen sich die Regelung von raumlufttechnischen Anlagen bewegt. Fehler durch unsachgemäße Handhabung, Bedienung und Positionierung von Messsensoren kommen hinzu. Ein weiteres Problem ist die erforderliche regelmäßige Wartung und Rekalibrierung. Auch elektronische Handmessgeräte, die mit den gleichen kapazitiven Sensoren arbeiten, sind an diese Toleranzen und die erforderliche Wartung und Rekalibrierung gebunden[8].

Lüftungskonzept Kunstforum Ostdeutsche Galerie

Mit der Lüftungsanlage im Kunstforum Ostdeutsche Galerie, die Komponenten für Lufterwärmung und Befeuchtung, jedoch nicht für Kühlung hat, konnte seit der Sanierung zunächst ein 0,1- sowie ein 1,0-facher Luftwechsel gefahren werden.
Ein einfacher Luftwechsel über die Lüftungsanlage stellte sich aber für viele Fälle als unnötig hoch heraus. Deshalb wurde die Anlage 1997 auf den Vierstufenbetrieb umgerüstet und kann seitdem zusätzlich auch mit 0,4- und 0,6-fachem Luftwechsel arbeiten. Der Frischluftanteil kann über die Frischluftklappe variabel eingestellt bzw. ganz ausgeschaltet und die Anlage nur mit Umluft betrieben werden. Obwohl die Gebäudedichtheit an einigen Stellen noch mangelhaft ist, gelingt es uns im Winter bei geringer Besucherfrequenz und minimalem für die Luftqualität erforderlichen Frischluftanteil (Öffnung der Frischluftklappe max. 3 %), mit mindestens 0,4-fachem Luftwechsel ausreichend zu befeuchten (auf min. 45 % r.F.). Mit höherem Frischluftanteil konnte im Januar 1998 während der Janosch-Sonderausstellung zwischen 10 und 16 Uhr bei ca. 0,6-fachem Luftwechsel pro Stunde auch ein Spitzentag mit 2 000 Besuchern ohne Probleme bewältigt werden. Das entspricht ca. 333 Besuchern pro Stunde, verteilt auf den großen zentralen Saal für Sonderausstellungen (Rauminhalt ca. 2 000 m^3) und drei kleinere Räume. Der Rauminhalt aller 20 klimakontrollierten Räume beträgt insgesamt ca. 10 000 m^3.

Der Verzicht auf den Kühlteil und die »Nachtkühlung« mit einfachem Luftwechsel (d.h., wir lüften im Hochsommer nur nachts) waren wesentliche Bestandteile des Planungskonzeptes. Der gleichfalls zum Konzept gehörige außenliegende Sonnenschutz, der zunächst nicht realisiert werden konnte, erwies sich im Zeitraum mit stärkster Sonneneinstrahlung als essenziell. Seit dieser 1997 nachgerüstet wurde, überschreiten wir nur noch wenige Wochen Raumtemperaturen von 24 °C und erreichen maximal 26 °C. Notwendig wäre der Kühlteil nur, wenn wir im Sommer dauerhaft hohe Besucherzahlen tagsüber bei hohen Außentemperaturen mit Frischluft versorgen müssten.

Bei Eröffnungen kann bei Bedarf der zentrale große Sonderausstellungsraum optional fast die gesamte Zuluft der Lüftungsanlage erhalten, die normalerweise in alle Ausstellungsräume gleichmäßig verteilt wird. Da sich in den übrigen Räumen dann kaum Besucher aufhalten, können diese Räume vorübergehend abgeschaltet werden. So kann im Zentralraum bei Eröffnungen temporär ein ca. 1,3-facher Luftwechsel erreicht werden.

Da wir im Sommer bei normaler Besucherfrequenz eigentlich nur nachts lüften, besteht bei Eröffnungen im Saal für Sonderausstellungen, die meist um 11 Uhr vormittags stattfinden, bisweilen ein kleines, aber vernachlässigbares Problem, da es sich nur über wenige Stunden erstreckt. Bei sehr hohem Besucheransturm und Besucherkonzentration in diesem Saal müssen wir dort dann auch am Tag lüften und holen zu dieser Uhrzeit hochsommerlich warme Luft ins Haus. Es wäre besser, wenn der Frischluftzustrom auf min. 24 °C heruntergekühlt oder ohne Kühlteil über einen Erdkanal angesaugt werden könnte.

Lüftungskonzept Schloss Schönbrunn

Messungen in Schloss Schönbrunn bewiesen eindeutig, dass nicht der Massentourismus, sondern die Schwankungen des Außenklimas die starken Raumklimaschwankungen hervorriefen. Undichtigkeiten der Fenster bzw. der Gebäudehülle und willkürliches, unkontrolliertes Öffnen der Fenster waren die Ursachen für die überraschend hohe Rate des unkontrollierten Luftwechsels von max. 15–17 pro Stunde[9]. Sie bewirkte, dass das Raumklima mit geringer Verzögerung dem Außenklima folgte. Bei 8 000 Besuchern an Spitzentagen ergibt sich innerhalb der Besuchszeit eine theoretische Belegungsrate von ca. 40 Personen pro Raum.

Es wurde ein Lüftungskonzept erarbeitet, das den zu hohen unkontrollierten Luftwechsel senkt: Die unwillkürliche »Lüftung« über Fensterfugen wurde durch Abdichten verringert, Service- und Aufenthaltsräume für ankommende Besuchermassen und Besuchergruppen in neu überdachten Innenhöfen geschaffen, von denen aus die Besucher in kleinen Gruppen auf verschiedenen Touren durch unterschiedliche Raumfolgen geführt werden.

Die Frischluftzufuhr geschieht nur noch dann, wenn Sensoren keine schädlichen Schwankungen (zu feucht, zu trocken) erwarten lassen. Über historische Kamine, am oberen Ende mit über die Drehzahl gesteuerten Abluftventilatoren versehen, wird die Luft kontrolliert durchs Haus bewegt, ökologisch sinnvoll vorbehandelt über Erdwärmetauscher (Luftbrunnen). So will man sich an die hygienisch und konservatorisch sinnvolle Mindestluftwechselrate herantasten. Die Umsetzung dieses Konzepts ist derzeit fast abgeschlossen.

Foto: Knobloch, Städel

7 Einbaubeispiel einer Temperierung in einem 6 m hohen Raum unter einem Kaltdach im Städelschen Kunstinstitut Frankfurt, 2 Schleifen an Sockel bzw. Brüstung, 3 Schleifen zur Kondensatsicherung an der Volute

Kühlen

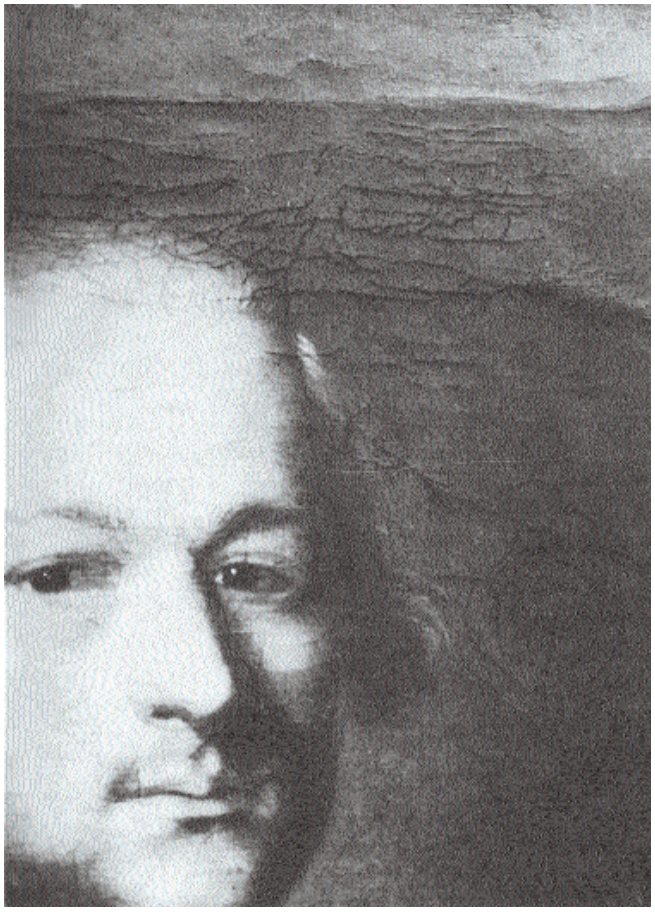
J Massive Bauweise

Wie soll man kühlen? Die Kühllast in einem Gebäude sollte durch passive Maßnahmen wie massive Bauweise, außenliegenden Sonnenschutz, geeignete, reduzierte Beleuchtung (Anschlussleistung in unserem Haus 11,5 Watt/m^2, im Würzburger Kulturspeicher 15 Watt/m^2) so klein wie möglich gehalten werden. Das Kühlen des Gebäudes durch Umwälzung großer Mengen gekühlter Luft (im Sinne einer Vollklimaanlage) erscheint eher als schlechteste Lösung, wenn man an den volkswirtschaftlichen und ökologischen Schaden denkt, der dadurch entsteht, dass moderne Museen mit großen Transparentflächen ohne Außenbeschattung und hohen Lichtleistungen im Sommer mit hohem Energieaufwand ständig künstlich gekühlt werden müssen, während früher traditionell massive Bauweisen mit hohen statt breiten Fenstern im Sommer erträgliche Raumverhältnisse auch ohne Vollklimaanlage garantierten.

J Nachtkühlung

Um einem zusätzlichen Temperatureintrag über Frischluft an heißen Sommertagen zu begegnen, empfiehlt es sich, Frischluft nur bei den kühlen Nachttemperaturen (Nachtkühlung)

Foto: Schaible, ZKK 2/1990, S. 238



8 Leinwandgemälde, 18. Jahrhundert, an der Außenwand in einem vollklimatisierten Museum (18 °C, 58 % r.F.), Januar: Kondenswasserbildung im Alterscraquelé

zuzuführen. Lüftungsmotoren sollten außerhalb des transportierten Luftstromes und auch außerhalb des Gehäuses der Zentraleinheit angebracht sein, damit sie nicht auch noch unnötig die zugeführte Frischluft oder gegebenenfalls Umluft erwärmen (wir haben je nach Luftvolumenstrom eine Aufheizung von 1–5 °C gemessen).

J Kühlen des aktuell notwendigen Frischluftzustromes
Sind in einem Gebäude die vorhandenen Raumvolumina zu klein, sodass während heißer Sommertage bei Besucherandrang tagsüber die Zuführung von Frischluft notwendig ist und damit nicht bis nachts gewartet werden kann, so wäre eine alternative Maßnahme die Kühlung des aktuell notwendigen Frischluftzustromes bei kleinstmöglichem Luftwechsel mit einem Kühlteil. Dieser Planungsansatz ist nicht mit dem »üblicher« Vollklimaanlagen vergleichbar, weil bei Besucherandrang lediglich die physiologisch notwendige Frischluftversorgung die Behaglichkeit gewährleistet, nicht aber grundsätzlich Kühllasten des Gebäudes abgeführt werden sollen. In der Prevent-Publikation wird auch ein temperiertes Museum mit minimierter Vollklimaanlage mit einfachem Luftwechsel vorgestellt. Ökologisch sinnvoll kann die Vorkühlung von zugeführter Frischluft auch mit einem so genannten Luftbrunnen geschehen. Dabei handelt es sich um eine Frischluftansaugung über einen im Erdreich verlegten, also »erdgekühlten« Kanal großen Querschnittes, durch den die Frischluft langsam bewegt wird und dabei abkühlt.

Heizen

Bei konventioneller Beheizung müssen wir die so genannte Raumtemperatur als ein Mittel aus der »höheren« Heizlufttemperatur und der »tieferen« Strahlungstemperatur der umgebenden Wände begreifen. Wegen der deutlich über der Wandtemperatur liegenden Heizlufttemperatur besteht ein verstärkter Befeuchtungsbedarf. Bei gleicher Raumtemperatur und gleicher r.F. im Raum mit »Strahlungsheizung« ist die absolute Luftfeuchte im Raum mit »Luftheizung« daher höher. Der Wärmeträger aufgeheizte Luft hat aber einen höheren Luftdruck. Das bedingt einen erhöhten Luftwechsel mit Wasserdampf- und Energieverlusten. Im Museumsbereich sind deshalb konventionelle, durch Verteilung der Wärme mittels Aufheizung der Raumluftmasse wirksame Systeme nachteilig, wie die Luftheizung bzw. die Luftheizkomponente der Vollklimaanlage, Heizkörper- (genauer Konvektor-)Heizung und auch die Fußbodenheizung, die zwar in wesentlich geringerem Maße die Luft aufheizt, dafür aber von der gesamten, regelmäßig neu verstaubten Bodenfläche aus wirksam ist. Sie alle (die Fußbodenheizung entsprechend weniger) haben auf Grund ihres gleichen Wirkungsprinzips die gleichen konservatorischen, physiologischen und energetischen Nachteile. Doch welche Heizmethode ist dann günstig?

J Temperierung
Mit der Temperierung als Heizsystem steht eine Alternative zur Verfügung (Abb. 7). Sie erzeugt ein homogenes, konservatorisch günstiges Strahlungsklima. Konservatorisch wichtig ist, dass man im Sammlungsbereich bereits ab Temperaturen von 18 °C für Besucher noch akzeptable Raumverhältnisse erreicht[10] (bei entsprechender Auslegung können auch höhere Temperaturen ohne Probleme erreicht werden).

Im Prinzip wirkt die Temperierung über die Erwärmung eines Putzstreifens vor eingeputzten Heizrohren am Wandsockel. Es entsteht ein minimaler Warmluftauftrieb ohne Staubtransport, der die Wärme über die Wandhöhe verteilt. Die Masse der Raumluft ist nicht am Heizen beteiligt. Die so erwärmte Wand strahlt in den Raum. Bei Fenstern (Wärmeverlustflächen ohne Speichermasse) können zusätzlich die Fensterbänke unterfahren und die Gewände mit Heizrohrschleifen versehen werden.

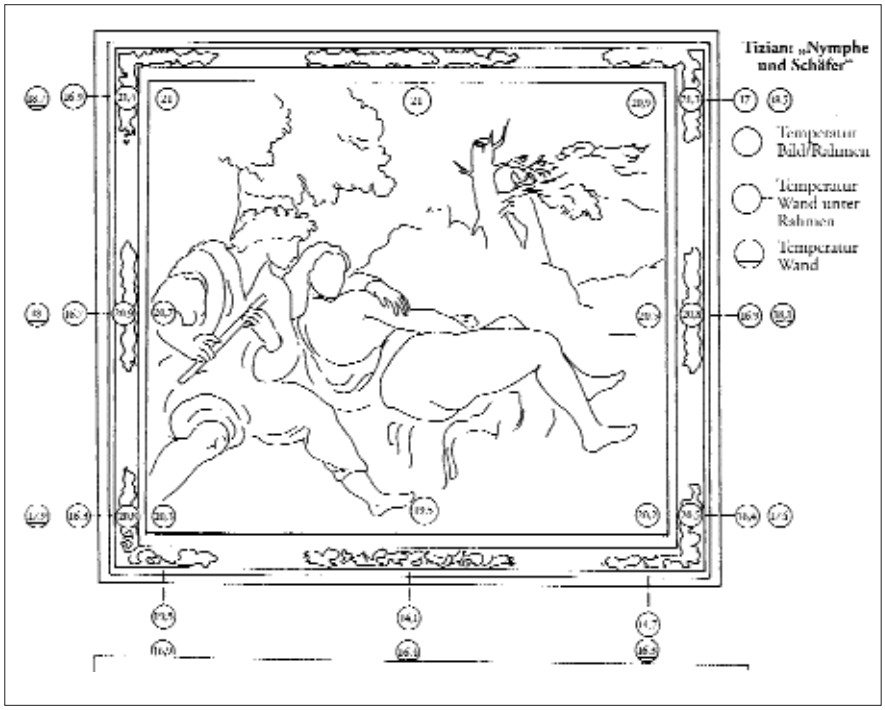
J Kalte Wand
Kalte Bereiche der Außenwandoberfläche, wie sie beim Betrieb von Konvektor- oder Luftheizungen und Vollklimaanlagen bestehen bleiben, da die Heizluft die Flächen nicht gleichmäßig bestreichen kann, bedeuten konservatorisch ein großes Problem. In der Heizperiode kann sich bei einem Gemälde, das an einer kalten, weil unterversorgten Außenwand hängt, insbesondere bei Luftbefeuchtung lokal eine zu hohe Materialfeuchte oder gar Kondensat bilden (Abb. 8). Maria Ranacher dokumentierte als erste systematisch das Phänomen und prägte den Begriff der Kalte-Wand-Problematik für auftretende Schäden[11] (Abb. 9). Ergänzend beschreibt sie die Verschmutzung der Wände und Raumecken als Folge konventioneller Beheizung (Abb. 10).

Entfeuchten

Bei einer konventionellen Entfeuchtung der Frischluft können Feuchtespitzen im Innenraum im Sommer gedämpft wer-

den, wenn man es nicht vorzieht, diesen über eine geringe Raumtemperaturanhebung kostengünstiger zu begegnen. Die übliche Entfeuchtung durch Kühlung benötigt dreimal mehr Energie als eine Temperaturanhebung. Deshalb werden »Sollwertfeld-Regelungen« bei Vollklimaanlagen zunehmend zur Kosteneinsparung vorgeschlagen. Hilbert nennt Werte von 20 °C und 45 % r.F., die sich im Sommer auf 24 °C und 55 % erhöhen[12].

Bei aufsteigender Feuchte oder erdberührtem Mauerwerk ist die Temperierung die ideale Problemlösung, denn die Unterbrechung der Wasserstoffbrückenbindung des Wassermoleküls in den Mauer-Kapillaren durch geringe aber stetige Wärmezufuhr stoppt den Feuchtenachschub aus dem Erdreich, was bei Luftentfeuchtung nicht der Fall ist. Die leichte Anhebung der Oberflächentemperatur der vormals kühlen Mauer auch im Sommer bewirkt ferner, dass sich schwülwarme Sommerluft nicht als Kondensat dort niederschlagen kann und Schadsalze aktivieren würde, die durch Volumenänderungen bei Kristallisationszyklen Putzschäden nach sich ziehen. Putzschäden durch aufsteigende Feuchte und Kondensation werden dauerhaft ausgeschaltet, solange die Anlage betrieben wird (Beispiele enthält die Prevent-Publikation).



Zeichnung: Ranacher

9 Klimasituation des Gemäldes von Tizian: Nymphe und Schäfer, Kunsthistorisches Museum Wien, Außenwand von Saal II, Oberflächentemperaturen, Situation 1990 vor Sanierung

Befeuchten

Wegen des geringen Wassergehalts der winterlichen kalten Außenluft (niedrige absolute Luftfeuchte) muss bei Aufheizung auf Wohnraumtemperaturen künstlich befeuchtet werden. Nur so lassen sich für Objekte und Ausstattung aus hygroskopischem Material verträgliche Werte der r.F. halten. Das Befeuchten sollte in Maßen geschehen. Auf die Gefahr von Gebäudeschäden durch übermäßige Befeuchtung im Winter wird von vielen Autoren, die sich mit Klimaempfehlungen beschäftigen, hingewiesen. Dies ist unter anderem der Grund, weshalb man vom internationalen Standard 55 % ± 5 % r.F. in Zonen mit kalten Wintern abgeht. In solchen Regionen sollte man wegen der Gefahr von Gebäudeschäden die untere Feuchtegrenze im Winter senken, wie dies in der einschlägigen Literatur empfohlen wird (Details siehe weiter unten).

J Welche Geräte?

Verdunstungsbefeuchter sind im Museumsbereich vorzuziehen. Sie können bei Defekt des regelnden Hygrostaten aus physikalischen Gründen nicht über ca. 70 % r.F. befeuchten und somit keine übermäßigen Feuchteschäden verursachen. Dampfbefeuchter dagegen blasen bei Nichtabschaltung immer weiter Dampf in den Raum und bewirken Kondensat bzw. bis zu 100 % r.F. Ultraschall-Befeuchter können zu Ablagerungen von Restsalzen aus der Wasseraufbereitung an den Objekten führen und sind deshalb im Museumsbereich zu vermeiden.

Befeuchter zentraler raumlufttechnischer Anlagen (als Verdunstungs- bzw. Sprühbefeuchter und nicht als Dampfbefeuchter ausgebildet, vgl. oben) und die die feuchte Luft führenden Lüftungskanäle bedürfen intensiver Wartung und Pflege. Die Kanäle können oft gar nicht oder nur schlecht gereinigt werden, eine regelmäßige Hygieneuntersuchung wird fast nie durchgeführt, obwohl die VDI 6022 solche Untersuchungen alle 2 bzw. 3 Jahre vorschreibt. Nach 15–20 Jahren Betrieb muss oftmals saniert werden, wobei die nächste Anlagengeneration eingebaut wird. Will man die Verkeimung des Befeuchters und der Kanäle in Grenzen halten, so ist eine UV-Desinfektion des Wäscherwassers unumgänglich. Ansonsten müssen chemische Zusätze eingesetzt werden. Auch zu hartes Wasser verlangt chemische Zusätze. Im Kunstforum Ostdeutsche Galerie prüfen wir laufend die Keimzahl des Wäscherwassers, das aus einer Deionisationsanlage kommt. Wir reinigen die Wanne/das Gehäuse des zentralen Befeuchters regelmäßig. Eine UV-Desinfektionsanlage pumpt ständig das deionisierte Wäscherwassers um und entkeimt es. Auf chemische Zusätze im Wäscherwasser können wir so verzichten. Eine Hygieneuntersuchung des Luftkanalnetzes findet statt.

Einzelne mobile Raumbefeuchtergeräte sind im Vergleich dazu einfach und übersichtlich zu warten und jederzeit leicht zu ersetzten.

Feuchtewerte: Empfehlungen in der Literatur

J Zu strikte Forderungen

Zu Beginn des Prevent-Projektes stellte der Schwede Jan Holmberg eine Literaturstudie zu Empfehlungen der r.F. in historischen Gebäuden, Museen und Depots[13] vor. Er stellte fest, dass die strikte Forderung nach Einhaltung von Luftfeuchtigkeitswerten von 55 %, ± 5 %, durch verkürzt wiedergegebene und aus dem Zusammenhang genommene Teile der Fachliteratur

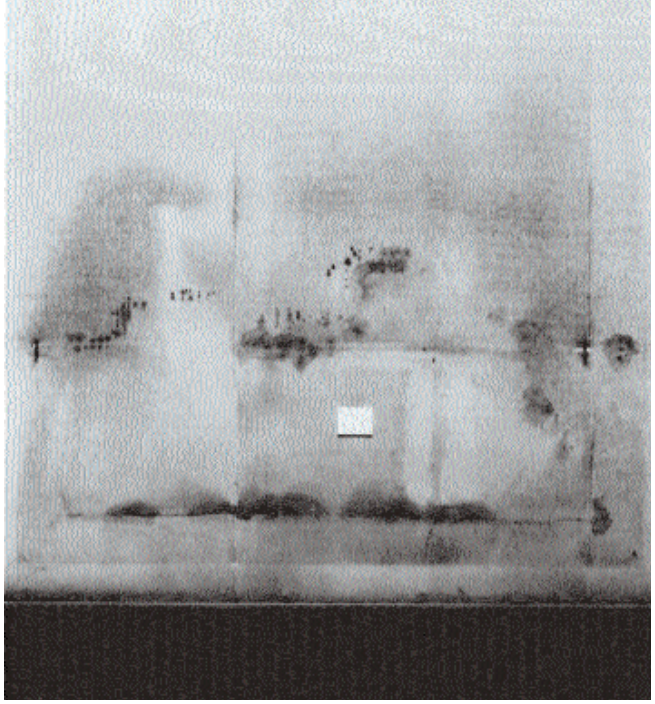


Foto: Ranacher

10 Wie Abb. 9, Wand hinter dem Gemälde, Wandbespannung mit Kondenswasserflecken

entstand. Diese »Standards« wurden unkritisch verbreitet und verselbständigten sich. Sie waren weder besonders überzeugend noch wissenschaftlich untermauert.

J Kriegserfahrung
Erstaunlich wirkte die Auslagerung des Bestandes der National Gallery London in einen Stollen in Wales während des Zweiten Weltkrieges. In dem Stollen herrschten konstant 17 °C und 58 % r.F., folglich kamen die Klimaschäden an den Gemälden zum Stillstand. Kaum waren die Bestände wieder ins Museum zurückgeführt, riss eine Rubens-Tafel im sehr kalten Winter 1946/47. Die Geschichte mit Betonung auf den konstanten Werten im Stollen wirkt bis heute nach.

J Meinungsumfrage
Ein »Trendsetter« war zweifelsohne auch die von ICOM 1960 veröffentlichte Meinungsumfrage (!) über geeignete Klimabedingungen in Museen, Bibliotheken und Archiven[14]. Unklar blieb, ob und in welchem Grad die Antwortenden die angegeben Werte messen oder einhalten konnten. Es bestand jedenfalls die größte Übereinstimmung bei Luftfeuchtewerten zwischen 50 % und 60 % (= 55 % ± 5 %). Sowohl diese Meinungsumfrage als auch zahlreiche andere Empfehlungen, insbesondere die Schwankungen der r.F. betreffend, führten zur Akklamation und Zementierung eines fragwürdigen internationalen Standards.

J Zweifel an den aufgestellten Standards
Michalski konstatierte, dass viele Experten dem inzwischen vertrauten Wert von 50 oder 55 % r.F., ± 5 % folgen und führt aus[15]: Viele nehmen an, dass es sich um wissenschaftlich begründete Werte handelte, die sich am Minimum der zu erwartenden Schäden orientierten. Die Urheber dieser Werte wussten, dass sie damit mechanische Phänomene in den Vordergrund rückten und stärker berücksichtigten als etwa chemische Phänomene. Sie wussten, dass es eine schöne runde Zahl war und dass die ausgewiesenen Schwankungsbreiten der r.F. nicht unbedingt von den Notwendigkeiten der Artefakte abgeleitet waren. Wie zu früheren Zeiten auch schon orientierte man sich an der Durchführbarkeit und räumte Verschiebungen von ± 2 %, ± 3 % oder ± 5 % ein, beruhend auf den jeweiligen Möglichkeiten der Messtechnik (vieles davon war naiv). So wurden Zahlen zu Standardwerten, zur idealen A- oder zur 1-Klasse. In der Museumswelt insgesamt wurde es zum Vergehen, nicht mit den Werten konform zu gehen. Obwohl nicht zwingend folgerichtig und durchführbar, so konnte man doch damit nichts falsch machen.

J Vorschläge in der Fachliteratur
Was den Sicherheitsbereich der relativen Feuchte bei der Aufbewahrung von Museumsobjekten angeht, so findet man schon bei Thomson eine Eingrenzung auf einen Bereich zwischen 40 % und 70 % für organisches Material im Jahresverlauf[16]. Das CCI schlug bereits 1982 einen Sicherheitsbereich von 38–55 % r.F. vor, mit einer täglichen Schwankungsbreite von ± 3 % und einer jahreszeitlich bedingten Änderung von max. 5 % pro Monat[17]. Der obere Feuchtewert zielt auf die Senkung der Materialfeuchte im Sommer, um die Förderung chemischer Abbauprozesse durch Feuchte zu minimieren. Berücksichtigt wurden die kalten Winter mit der Schwierigkeit, hohe Feuchteniveaus in beheizten Innenräumen zu halten, und die Gefahr von Bauwerksschäden durch Kondensat. Dreiner hält das vorübergehende, kurzzeitige (!) Erreichen von Werten bis zu 70 % r.F. im Sommer bei organischem Material für tolerierbar, wenn die Bedingungen sonst dauerhaft trockener und ausgeglichen sind und sich der Wechsel nicht plötzlich vollzieht[18].

Eine Pressemitteilung der Smithsonian Institution[19] sorgt seit Dezember 1994 in den USA für eine heftige Diskussion um die Standardklimawerte in Museen. Mit Verweis auf die hohen Investitions- und Betriebskosten von Vollklimaanlagen verabschiedete man sich vom strikten, konstanten, internationalen Standard und gab basierend auf Forschungsergebnissen der Wissenschaftler des Smithsonian Conservation Analytical Laboratory (CAL) bekannt, dass Museumsobjekte größere Sicherheitsbereiche tolerieren und ohne Schaden bei Klimawerten im folgenden Bereich verwahrt werden können: Temperatur zwischen 11–31°C und r.F. zwischen 35 % und 65 %. Holmberg kommentiert die heftigen Reaktionen als Aufschrei in den USA wegen der installierten Vollklimaanlagen[20]. Berger und Russell[21] mahnten im Verlauf der Diskussion an, dass die Forscher der CAL es leider unterließen, darauf hinzuweisen, welche Schwankungen in welcher Zeit sie innerhalb dieses Bereiches meinen. Sie könnten deshalb sehr leicht missverstanden werden, ja ihre Ausführungen könnten sogar gegen sie selbst gewendet werden. Außerdem sei nicht gesagt worden, mit welcher Art kostengünstiger Haustechnik die Werte erreicht werden sollen. Erhardt, Mecklenburg, Tumosa und McCormick-Godhart, die Forscher des CAL, präzisierten die Pressemitteilung unter Bezug auf eine vorherige Veröffentlichung von Erhardt und Mecklenburg[22].

J Risiken von Schwankungsbreiten
Berger und Russell weisen darauf hin, dass bereits kleine plötzliche Temperaturänderungen, wie sie z.B. durch thermostatisch kontrollierte Anlagen (Zentralheizungen, Airconditioner) hervorgerufen werden, in einer vollklimatisierten Kammer an einem Teststück eines Leinwandgemäldes simuliert, Spannungsveränderungen hervorrufen. Bereits eine forcierte

plötzliche Temperaturänderung von 5–6 °C ruft stärkere Änderungen der Spannungskräfte hervor, als eine plötzliche Luftfeuchteänderung um ca. 40 % bei demselben Versuchsdurchgang. Spannungsveränderungen, die durch kleine plötzliche Feuchteänderungen im Bereich um 5 % verursacht werden, zeichnen sich dagegen nur minimal ab. Kleine plötzliche Änderungen der Temperatur sind also schädlich und müssen nach ihrer Meinung stärker als bisher gewichtet werden. Solche Ergebnisse veröffentlichten sie erstmals 1982. Eine Einordnung der Risiken verschiedener Schwankungsbreiten findet sich in Form einer Tabelle bei Michalski[23], die bisherige Erkenntnisse und Ergebnisse zusammenzutragen versucht.

J Gleitende Werte

Objekte, die nicht bei konstanten Werten aufbewahrt werden gemäß dem erst wenige Dezennien alten »internationalen Standard«, sondern bei jahreszeitlich langsam gleitenden Werten, haben sich in vielen Fällen sehr gut erhalten. Das ist immer dann der Fall, wenn die Aufbewahrungsbedingungen angemessen und das Raumklima frei von Störungen und plötzlichen Kurzzeitschwankungen waren. Den Kunstwerken schaden z.B. tiefere Temperaturen keineswegs. Noch um 1900 waren die meisten Museen im Winter ungeheizt. Erst danach setzte die Beheizung ein, jedoch zunächst ohne Befeuchtung, sodass massive Trocknungsschäden eintraten.

Burmester[24] findet die »selbstverständlichen internationalen Standards« mit ihren einfachen Angaben problematisch. Mit präventiver Konservierung Vertraute sagen: Die richtigen Klimawerte ergeben sich aus der sorgsamen Abwägung der Risiken, die eine genaue Kenntnis der Sammlungsbestände voraussetzt. Nur mit einer differenzierten, konservierungswissenschaftlich fundierten Betrachtungsweise lässt sich eine gültige Antwort finden.

J Neue Sollwerte für Temperatur und Luftfeuchte

In einer Tabelle stellt Burmester neue Sollwerte für die relative Luftfeuchte und Lufttemperatur für verschiedene Materialgruppen vor, bei denen nun jahreszeitlich bedingtes Gleiten inbegriffen ist[25]. Z.B. liegen für Leinwandgemälde die Wochenwerte bei 50–55 % rF. Unbedenklich sind Schwankungen von stündlich ± 2,5 %, täglich ± 5 %, 5 % im Sommer bzw. Winter. Dies ergibt übers Jahr einen Bereich von 40–65 % r.F. und eine Temperatur von 4–28 °C. Niedrigere Temperaturen sind für die Mehrzahl der Werke konservatorisch vorteilhafter. Die Änderungen sollten möglichst gering und die Häufigkeit von Schwankungen möglichst klein gehalten werden. Der relativen Feuchte wird eine höhere Priorität als der Temperatur zugewiesen, wobei grundsätzlich die Gesamtheit der Anforderungen zu beachten ist. Burmester meint allerdings, dass derartig enge Grenzen in Glas- oder Oberlichtbauten selbst mit großem technischem Aufwand nicht einzuhalten sind. Die Situation erfordert deshalb ein prinzipielles Umdenken im Museumsbau.

ASHRAE-Standard

Der neue Standard der American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engeneers (ASHRAE)[26] berücksichtigt Kurzzeitschwankungen und jahreszeitliches Gleiten. Es wird eine Unterteilung in die Kategorien AA, A, B und C vorgenommen. Die Kategorien bezeichnen eine Qualitätsstufe, nicht mehr wie bisher in Einhaltung starrer Werte, sondern in der Kontrolle der Bandbreite von Schwankungen (fluctuation control level). AA entspricht dem alten Standard. Da sich die Materialfeuchte hygroskopischer Objekte entsprechend der Änderungen der r.F. oder Temperatur der Umgebungsluft ändert (Gleichgewichtsfeuchte), dies aber wegen des Hysterese-Effekts bei Feuchteanstieg oder -abstieg unterschiedlich ausfällt, sollte die Änderungsgeschwindigkeit des Raumklimas so gering wie möglich sein. Das jahreszeitlich bedingte langsame Gleiten von Raumtemperatur und absoluter Feuchte, aus dem eine geringe Änderungsgeschwindigkeit der r.F. und damit der Gleichgewichtsfeuchte ohne plötzliche Kurzzeitschwankungen folgt, erscheint ungefährlich. Es gelten die engstmöglichen erreichbaren Toleranzen. Von einer Aufweichung der Klimastandards in konservatorischem Sinne kann deshalb nicht gesprochen werden. Änderungen finden in den engen Grenzen wie bisher statt, allerdings nicht mehr um einen internationalen überall und immer gleichen Mittelwert herum, sondern langsam auf- und abgleitend innerhalb bestimmter Sicherheitsbereiche, die je nach regionalen, saisonalen und sammlungsspezifischen Bedingungen zu formulieren sind.

Ganzheitliches Denken

Das Ergebnis des Projekts ist, ganzheitlich zu denken in Bezug auf ein »ideales« Klima, anstelle eines Festhaltens an starren Werten. In ein Klimakonzept einzubeziehen sind nicht nur die Möglichkeiten und Grenzen der Haustechnik, sondern auch die präventive, passive Qualität eines Gebäudes und

ASHRAE-Standard

– keine Einhaltung starrer Werte, sondern Kontrolle der Bandbreite von Schwankungen
– Ausgangswerte 50 % r.F., 15–20 °C
– dem alten Standard gleichgestellt jetzt A
– geringere Qualitätsstufen absteigend B, C, und D

Stufe AA

– ± 5 % r.F., ± 2 °C Kurzzeitschwankungen
– keine mit den Jahreszeiten gleitende r.F.
– Temperatur kann um 5 °C steigen oder fallen

Stufe A

– ± 10 % r.F., ± 2 °C Kurzzeitschwankung
– keine mit den Jahreszeiten gleitende r.F.
– Temperatur kann um 5 °C steigen oder um 10 °C fallen oder:
  ± 5 % r.F., ± 2 °C Kurzzeitschwankung
– mit den Jahreszeiten gleitende r.F. von ± 10 %
– Temperatur kann um 5 °C steigen oder um 10 °C fallen

Stufe B

wie Stufe A, jedoch unbegrenzter Temperaturrückgang im Winter (z.B. saisonale Museen)

Stufe C

– 25–75 % r.F. übers Jahr
– Sommertemperatur nicht über 30 °C

Stufe D

– >75 % r.F. übers Jahr

seiner Einrichtung sowie die Frischluftwechselrate. Neue Vorschläge jenseits von Vollklimaanlagen erbrachten eine gute Alternative, wie Beispiele belegen. Zu diesem neuen Konzept gehören eine optimierte Gebäudehülle, die auf die Gebäudehülle zielende Wandheizung und eine minimierte Lüftung.

Anmerkungen

[1] Henning Großeschmidt, Wolfgang Kippes, Michael Kotterer (Hrsg.): Klima in Museen und historischen Gebäuden. Die Temperierung EU 1383 PREVENT, Wissenschaftliche Reihe Schloss Schönbrunn, Wien 2003, Info und Bestellung unter: www.mog-regensburg.de, Stichwort Klima-Projekt

[2] Zum Teil direkt zitiert aus Günther S. Hilbert: Sammlungsgut in Sicherheit. Teil 2. Lichtschutz und Klimatisierung, Gebrüder Mann Verlag Berlin, 1987, S. 142.

[3] Tadj Oreszyn, May Cassar, Keith Fernandez: 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. Abb. 4–6, S. 146. Ähnliche Studien anderer Autoren bei Bürogebäuden kommen zu den denselben Ergebnissen.

[4] Größtenteils direkt zitiert aus Andreas Burmester: Der moderne Museumsbau. Konzept des Überlebens oder überlebtes Konzept, in: Landesstelle für die nichtstaatlichen Museen (Hrsg.): Museum heute Nr. 13, München, Juni 1997, S. 19–29, hier S. 26. Erweiterte Fassung des Vortrages beim XXIV. Deutschen Kunsthistorikertag, Inszenierung der Kunst: Konservatorische und technische Grenzen des Machbaren, München 12. März 1997

[5] May Cassar: Environmental Management, Guidelines für museums and galleries, Museums & Gallery Commission, London 1995, S. XII

[6] Jan Holmberg: Technical classification of museum buildings, ICOM-ICAMT Den Haag 1989, in: EU 1383 PREVENT, Report No. 7 from Swedish partners, Stockholm 1997, Teil D, hier S. 3.4.

[7] Holmberg, siehe Anm. 6

[8] Jan Holmberg: Relative Humidity in Historic Houses, Museums and Museum Storage Rooms. A Literature Study, EU 1383, Prevent-Report Nr. 1 der schwedischen Partner, Stockholm 1995, enthält auch eine breite Darstellung über Klimamesstechnik und die damit verbundenen Probleme

[9] Jan Holmberg: Ventilation measurements in Schloß Schönbrunn, Vienna, with tracer gas technique, PREVENT Report Nr. 5 from Swedish Partners, Stockholm/Wien 1996; Wolfgang Kippes: Luftwechsel in historischen Bauten, Wien 1999; ders.: Clima management and air flow control. Zu den Ursachen der Raumklimaschwankungen im Schloß Schönbrunn, PREVENT Report Nr. 3, Austrian Partners, Wien 1997; Jan Holmberg: Ventilation measurements in Schloss Schönbrunn. Vienna, with tracer gas technique, PREVENT Report Nr. 5 from Swedish Partners, Stockholm/Wien, November 1996

[10] Henning Großeschmidt: Heizen und Sanieren im Museum und Architekturobjekt, in: Rheinisches Museumsamt (Hrsg.): Schutz für Museumsgut, Köln 1991, S. 31–58, hier S. 47–49; ders.: Das temperierte Haus, sanierte Architektur und Großvitrine, in: W. Fuger und K. Kreilinger (Hrsg.): Aspekte der Museumsarbeit in Bayern, Museumsbausteine Band 5, München 1994, S. 101–116; ders.: Das temperierte Haus, sanierte Architektur und Großvitrine, siehe Anm. 1. Letztere Publikation ist die umfassendste zur Temperierung und enthält auch viele Hinweise zum Einbau.

[11] Maria Ranacher: Bilder an kalten Wänden, Oberflächentemperatur-Messungen an Wänden und Bildern als Neuansatz für konservatorisch richtige Klimatisierung in Gemäldegalerien, in: Restauratorenblätter 15/1995, S. 147–163, hier Abb. S. 154; dies.: Mikroorganismen- und Schadinsektenbefall im Depot: Ursachen, Sanierung, Hygiene und Gesundheitsschutz, in: Landesstelle für die nichtstaatlichen Museen (Hrsg.): Nicht ausgestellt! Das Depot – der andere Teil der Sammlung, München 1998; dies.: Staub und Kondensatprävention. Der essentielle Beitrag zu Gesundheit, Sanierung und Prävention für Kulturgut und Architektur im Bereich Museum und Denkmalpflege, siehe Anm. 1. Siehe auch Volker Schaible: Überlegungen zum Phänomen der Schüsselbildung an Leinwandgemälden, in: Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung 2/1990, S. 235–250, hier Abb. 7, S. 238

[12] Hilbert, siehe Anm. 2, S.191

[13] Holmberg, siehe Anm. 9

[14] H. J. Plenderleith, P. Philippot: Climatology and Conservation in Museums, in: Unesco (Hrsg.), Museum Vol. XIII, Nr. 4, Paris 1960, S. 243–289, ICOM-Umfrage Tabelle im Annex 1, S. 279

[15] Größtenteils wörtlich übersetzt zitiert aus Stefan Michalski: Relative Humidity: A Discussion of Correct/Incorrect Values, in: ICOM-CC, 10th Triennial Meeting, Washington 1993, S. 624–629, hier Seite 624.

[16] Garry Thomson: The museum environment, 2. Ausgabe, London 1986

[17] Nicht nur das CCI, sondern auch alle anderen hier zitierten Autoren und viele weitere, die sich mit Klima in Museen beschäftigen, nennen für kalte Winter niedrigere Werte von 40 % oder 45 % r.F.

[18] K. Dreiner: Neue Untersuchungstechniken und Ergebnisse zu Klimaproblemen, Vortrag 1997 Messe MUTEC München u.a.

[19] William Schultz: CAL scientists revise guidelines for museum climate control, in: Smithsonian Institution, The Torch, Dec. 1994

[20] Jan Holmberg: The museum environment. Is the textbook still relevant? A critical review, in: Konservatorskolen det Konegelige Danske Kunstakademi, Jubilee Symposium Preprints, Kopenhagen 1998, S. 57–70, hier S. 64, gemeint ist das Buch von Garry Thompson, das Holmberg einst ins Schwedische übersetzte.

[21] Gustav Berger, William Russell: Letter to the editor, in: waac Newsletter, 18/1, 1996; dies.: Interaction between canvas and paint film in response to environmental changes, in: Studies in Conservation, 39/2, 1994; dies.: Untersuchungen zum Einfluß der Umwelt auf die Erhaltung von Leinwandgemälden, in: RESTAURO 3/1989, S. 191–203

[22] David Erhard, Marion F. Mecklenburg, Charles S. Tumosa, Mark McCormick-Goodhart: The determination of allowable RH fluctuations, in: waac newsletter, siehe Anm. 20; dies: Relative humidity re-examined, in: Ashok Roy, Perry Smith (Hrsg.): Preventive Conservation. Practrice, theory and research, IIC-Preprints Ottawa Congress, London 1994, S. 32–38 u.a.

[23] Stefan Michalski: Relative humidity and temperature guidelines: What's Happening?, in: CCI Newsletter 14, Sept.1994, S. 6–8, hier Tabelle 1, S. 7

[24] Andreas Burmester: Die Beteiligung des Nutzers bei Museumsneubau und -sanierung: Oder welche Klimawerte sind die richtigen?, in: Fachinstitut Gebäude-Klima e.V. (Hrsg.): Raumklima in Museen und historischen Gebäuden, Bietigheim-Bissingen 2000, S. 9–20, hier S. 17

[25] Burmester, siehe Anm. 24, S. 23 Tabelle 3. Wochenwerte der r.F. für Holz 55–60 %; Papier 45–50 %; Metall 0–40 %. Erhöhte Temperaturen von 24–28 °C sind höchstens für 150 h im Jahr zulässig. Die Änderungen sollten möglichst gering und die Häufigkeit von Schwankungen möglichst klein gehalten werden.

[26] ASHRAE Applications Handbook, Atlanta 1999, Kapitel 20: Museums, Libraries, and Archives; Stefan Michalski: Setting standards for conservation: New temperature and relative humidity guidelines, in: CCI Newsletter, 24, 1999, zitiert nach der Homepage www.cci-icc.gc.ca/whats-new/news24/temperature_e.shtml

RESTAURO

Zeitschrift für Kunsttechniken, Restaurierung und Museumsfragen

www.restauro.de

März 2004 2

Die Bedeutung des Materials für die Restaurierung

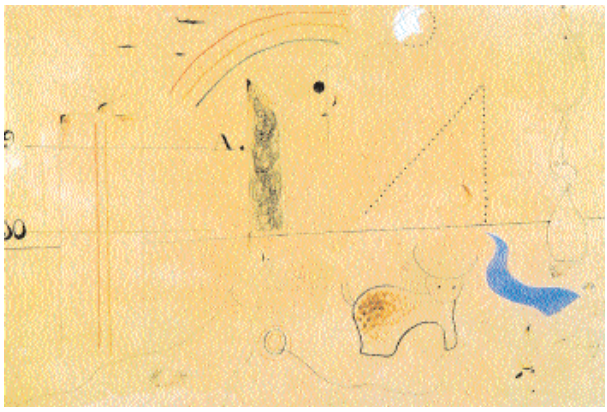
Präventive Konservierung einer römischen Grabanlage

Schadensmonitoring mit Ultraschalldiagnostik

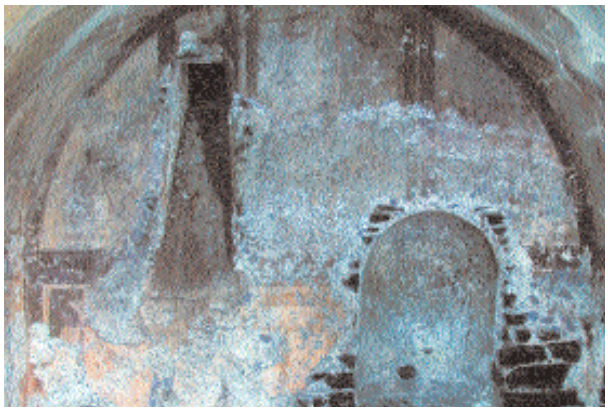
Standardklimawerte für Museen?

editorial 71

aktuell
werkstätten & institute 74
im blickpunkt 75
labor 79
ausstellungen 81
beruf 83
firmen & produkte 85



86 materialbedeutung



92 biogener befall

Foto: Knobloch, Städel

106 temperierung

118 fassungsreste

forum

Hiltrud Schinzel
Die Bedeutung des Materials für die Restaurierung **86**
Im Blickpunkt: zeitgenössische Kunstwerke und ihre Inhalte

Nicole Riedl
Römische Grabanlage in Nehren/Mosel **92**
Präventive Konservierung, modellhafte Sanierung und Restaurierung

Siegfried Siegesmund, Thomas Weiss, Joerg Ruedrich
Schadensmonitoring mit Ultraschalldiagnostik **98**
Beispiel Marmorpalais in Potsdam

Michael Kotterer
Standardklimawerte für Museen? **106**
Ergebnisse eines Projekts

Manfred Koller
»Diese Farbenkruste wurde hinweggeräumt« **118**
Die einstigen Farben des Wiener Stephansdomes

summaries **126**
autoren **128**

chronik
termine 129

impressum 138

titelbild
Messung der Temperatur und r.F. hinter Gemälden an Außenwänden

Bildnachweis: soweit nicht anders angegeben, stammen die Abbildungen von den Autoren.

RESTAURO Zeitschrift für Kunsttechniken, Restaurierung und Museumsfragen
110. Jahrgang

Redaktion: Dr. Ulrike Besch (verantwortlich), Dipl.-Biol. Anne du Guerny, Dr. Thomas Brachert
Mitarbeit: Prof. Hans Portsteffen
Koordination: Gabriele Waldmann M.A.
Herstellungsleitung: Alexander Stix
Herstellung/Layout/DTP: Sabine Oel

Callwey Verlag
Streitfeldstraße 35, 81673 München *oder*
Postfach 80 04 09, 81604 München
Redaktion:
Fon +49 89/43 60 05-0,
Fax +49 89/43 60 05-1 13,
E-Mail: a.duguerny@restauro.de
Anzeigen:
Fon +49 89/43 60 05-1 20,
Fax +49 89/4 36 11 61,
E-Mail: anzeigen@restauro.de
Internet: www.restauro.de

CALLWEY
Für die Zukunft gestalten.