

Volker Huckemann und Lars Klemm

Nachhaltige Sanierung von Museumsbauten

Vorstellung des Verbundvorhabens

Energieeffizientes Bauen und museale Nutzungsanforderungen galten lange Zeit als nicht zu vereinbaren, zu unterschiedlich sind auf den ersten Blick die Anforderungen, mit denen Museen ihren täglichen Aufgaben gerecht werden müssen. Doch sind es gerade diese Ansprüche, die eine energieeffiziente Lösung für Museen unabdingbar machen. Eine langfristige Zukunftsstrategie macht es für die Häuser notwendig, Sanierungen und Neubauvorhaben nachhaltig zu gestalten. Die Kultur kann nicht davon ausgehen, dass der Staat sie wie die Banken rettet. Museen müssen aktiv und selbstständig ihre Geschicke in die Hand nehmen, sie müssen trotz knapper Ressourcen die ihnen anvertrauten Kunstwerke pflegen, präsentieren und erforschen. Der Schlüssel für ein erfolgreiches Museum ist daher ein funktionierender Bau und dies wird maßgeblich im Zuge einer Sanierungsmaßnahme entschieden.

Einleitung

In der Bundesrepublik steht eine Vielzahl von Museumsbauten kurz vor einer Sanierung oder befindet sich in einer Sanierungsphase, darüber hinaus werden viele Neubauten geplant und ausgeführt. Die Komplexität dieser Bauvorhaben besteht darin, das Ziel, den Energiebedarf der Häuser zu senken, mit den konservatorischen Anforderungen und mit dem Denkmalschutz bei Bestandsgebäuden zu vereinbaren.

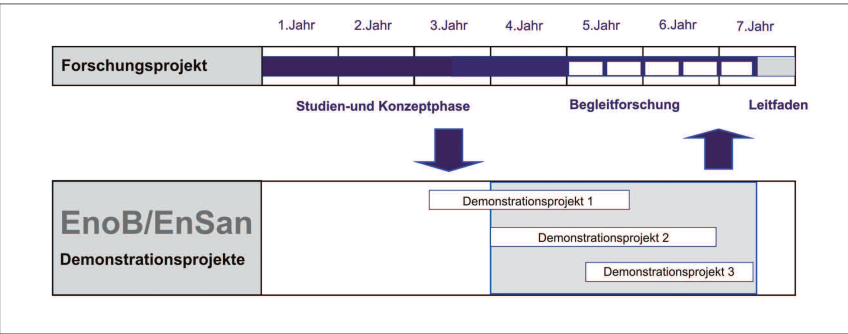
Vor diesem Hintergrund genehmigte der Projektträger Jülich (PTJ), ein Kompetenzträger im Forschungs- und Innovationsmanagement, der Forschungsprogramme im Auftrag der öffentlichen Hand betreut und umsetzt, das Forschungsvorhaben »Nachhaltige Sanierung von Museumsbauten«. Dieses Vorhaben widmet sich seit 2008 der Aufgabe, einfache und energieeffiziente Sanierungskonzepte für Museen unterschiedlichster Ausrichtung zu erarbeiten.

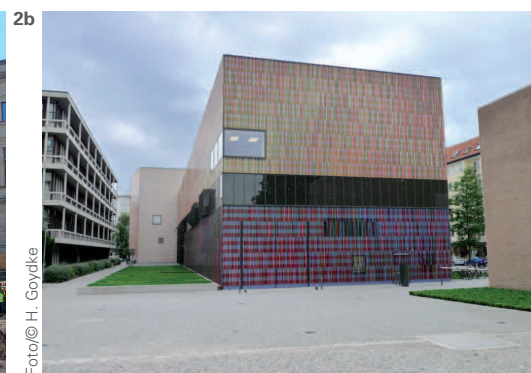
Unter der Koordination des Institutes für Gebäude- und Solartechnik (IGS) der TU Braunschweig haben sich insgesamt fünf renommierte deutsche Universitäten und einige assoziierte Büros zusammengeschlossen, um zunächst über vier Jahre verschiedene deutsche Museumsbauten für die Sanierung zu untersuchen, Konzepte für einen ganzheitlichen Sanierungsansatz zu erarbeiten und zu beraten. Darüber hinaus werden einzelne Museen über Förderprogramme als Demonstrations- oder Leuchtturmprojekte (Abb. 1) über den gesamten Sanierungszeitraum begleitet, hier sollen sowohl innovative Sanierungskonzepte als auch der Piloteinsatz neuer Baumaterialien erforscht und gefördert werden. Als Abschluss des Vorhabens wird ein Leitfaden über die Sanierung von Museumsbauten publiziert, damit leistet das Vorhaben einen Beitrag zur Akzeptanz und Verbreitung nachhaltiger und energieeffizienter Gebäude- und Technikkonzepte in öffentlichen Gebäuden.

Museen im Fokus der Öffentlichkeit

Dass sich das Verbundforschungsvorhaben mit dem Thema »Energieeffizienz« an Museumsbauten wendet, wird auch dem gegenwärtigen Erscheinungsbild des Museumswesens gerecht. Museen sind nach wie vor wichtige Kultur- und Bildungseinrichtungen mit einem sehr hohen Publikumswirkungsgrad. Hierin liegt auch der Ansatz für den Informations- und Wissenstransfer des Projektes. Die Idee ist dabei nicht neu, bereits 1886 formulierte der Gründungsdirektor der Hamburger Kunsthallen, Alfred Lichtwarck, seine Idee eines modernen Museums: »*Wir wollen nicht ein Museum, das da steht und wartet, sondern eines, das tätig in die künstlerische Erziehung unserer Bevölkerung eingreift.*« Eine moderne Interpretation dieses Satzes implementiert eben auch einen nachhaltigen Umgang mit den Museen und seinen Kunstwerken. Das Museum ist in der Massenkultur angekommen, bei Sanierungen und Neubauten entscheidet sich dann, ob das Haus zu einer Kathedrale der Gegenwart oder zur Bilderbewahranstalt wird. Die Zahl der Museen steigt ständig an, derzeit alle fünf Jahre um etwa 10 %, in Deutschland liegt die Zahl bei etwa 6 000 Museen. Gleichzeitig haben Museen einen so hohen Lebenszyklus, da kaum ein Museum aufhört zu existieren, Waidacher [1999] spricht hier von einer nahezu unüberwindlichen Fähigkeit, zu überleben. Die Deutschen lieben ihre Museen:

1
Zeitplanung und Struktur des Forschungsprojektes »Nachhaltige Sanierung von Museumsbauten«.





2

Aktuelle Museumsbauten und Sanierungen:

- a Neues Museum Berlin,
- b Sammlung Brandhorst München,
- c Literaturmuseum Marbach.

2006 zählten die Ausstellungshäuser 102 Millionen Besucher. Es erscheint daher nur konsequent, diese Blockbuster-Ära der Museen zu nutzen und der mit der inhaltlichen Vermittlung materieller Substanzerhaltung, Kulturgüterschutz, Forschung und Nachhaltigkeit zu verbinden. Stile kommen und gehen, die Museen bleiben und werden von Generation zu Generation vererbt, ein nachhaltiger Umgang mit diesen Wissensspeichern ist somit verpflichtende Aufgabe.

Vor dem Hintergrund der aktuellen kultur- wie sozialpolitischen Situation ist es wichtig für kulturelle Einrichtungen, nicht durch spektakuläre oder elitäre Kulturprojekte die Bewunderung des deutschen Bildungsbürgers auf sich zu ziehen, sondern durch den verantwortungsvollen und nachhaltigen Umgang mit den knappen Ressourcen der Gesellschaft

den Wert einer gemeinsamen Kultur zu vermitteln. Gleichzeitig ist die gesellschaftliche Verantwortung für die generationenübergreifende Erhaltung der Museumsbauten zu beachten [Giertlova, Yoshida 2011].

Der Museumsbau gehört durch seine prominente Wirkung und die Medienresonanz zu den renommiertesten Bauaufgaben in der Öffentlichkeit. Die Aufgabe zum Neubau oder der Sanierung eines Museums gilt unter Architekten als höchst anspruchsvolle Herausforderung. Dabei sind es vor allem die mannigfaltigen Anforderungen wie Repräsentation, Ästhetik, Funktionalität und Städtebau, die Museen zu viel diskutierten Prestigeprojekten und Trendsettern machen. Über die architektonische Wirkung hinaus sind für den sicheren, nachhaltigen und erfolgreichen Betrieb der Häuser die notwendigen präventiven Parameter für den Erhalt der in Ihnen bewahrten Kulturgüter von entscheidender Bedeutung. Sinnvolle Konzepte für Sicherheit, Klimastabilität, Licht- und Brandschutz sind ebenso essentiell wie der Besucherkomfort und eine moderne Ausstellungspräsentation.

In Zeiten wirtschaftlicher Rezession und steigender Energiepreise werden aber auch langfristige Maßnahmen zur Energieeffizienz und einem kostenreduzierten Betrieb der Häuser unabdingbar. Museen sind gezwungen, wirtschaftlicher und kosteneffizienter zu arbeiten. Die Häuser unterliegen nicht nur den aktuellen Zwängen um Stellenabbau und Einsparungen, sie müssen sich auch heute für die richtige langfristige Zukunftsstrategie entscheiden. Dazu ist es für Museen und Ausstellungshäuser notwendig, im Falle einer Sanierung oder eines Neubaus eine energieeffiziente Lowtech Lösungen zu finden, vorausschauend zu denken und handeln und



3

Partnermuseen im Forschungsverbund:

- a Deutsches Schiffahrtsmuseum Bremerhaven,
- b Kunsthalle Mannheim,
- c Institut Mathildenhöhe Darmstadt.

so für die nächsten Dekaden eine zeitgemäßes Überlebenskonzept zu gestalten. Vorbei sind die Zeiten, in denen jedes Problem mit Energie verbrauchenden technischen Geräten gelöst und die Sammlungspflege an die Technik delegiert wurde [von Lerber, Huber 2009].

Die Sicherung der Ausstellungsgegenstände in baugeschichtlich und architektonisch bedeutenden Museumsbauten (Abb. 2a, b, c) ist eine wichtige Aufgabe und Investition in die Zukunft. Die Durchführung entsprechender Maßnahmen ist die Voraussetzung für einen energetisch und ökologisch sinnvollen Betrieb der Gebäude in der Zukunft. Museumsdirektoren haben hier die Aufgabe eines Museumsmanagers, der die richtige Entscheidungen treffen, Politiker, Architekten, Fachplaner und Restauratoren auf Spuren halten und den richtigen Weg zwischen avancierter Museumsarchitektur und der Bewahrung von Kunstwerken finden muss.

Verbundforschungsvorhaben Nachhaltige Sanierung von Museen

Die Sanierung eines Museumsgebäudes zu planen, erfordert einen hohen Informationsstand bei Museumsbetreibern, Architekten und Ingenieuren. Über die Komfortbedingungen für Besucher und Personal hinaus werden in der Regel erhöhte Anforderungen an ein außertemperaturunabhängiges, zeitlich konstantes und definiertes Raumklima gestellt. Bei Exponaten aus verschiedensten Materialien ergeben sich Bereiche mit sehr unterschiedlichen konservatorischen Anforderungsprofilen. Dies führt in der Regel zu komplexer und kostenintensiver Gebäudetechnik sowie hohen Betriebs- und Energiekosten.

Das Ziel einer nachhaltigen Planung muss in diesem Zusammenhang die Gewährleistung der funktionalen und konservatorischen Anforderungen bei gleichzeitiger Reduzierung der Investitions- und Betriebskosten sein. Energieeinsparungen sind dabei aufgrund der steigenden Kosten ein zunehmend wichtiger Faktor. Zu den Kernthemenbereichen des Forschungsvorhabens gehören daher die Analyse, Entwicklung, Umsetzung und Optimierung ganzheitlicher Sanierungskonzepte. Die Ergebnisse werden veröffentlicht und erhöhen die Planungssicherheit für zukünftige Sanierungsmaßnahmen im Museumsbau. Wichtige Fragen, wie die nach der Verwendung von Wandheizsystemen oder Fragen zum sinnvollen Klima sollen, in diesem interdisziplinär besetzten Team beantwortet werden.

Das wesentliche Ziel dieses Verbundvorhabens ist die Erstellung eines Leitfadens zur nachhaltigen Museumssanierung. Über eine wissenschaftliche Begleitung anstehender Museumssanierungen sowie die wissenschaftliche Nachbereitung bereits sanierter Museen in Deutschland soll nachgewiesen werden, dass eine ganzheitliche, integrale Planung Energieeinsparungen bei gleichzeitiger

Gewährleistung der funktionalen Anforderungen ermöglicht. Mit dem vorliegenden Forschungskonzept leistet das Projekt im Rahmen der Fördermaßnahmen für die »Energetische Verbesserung der Bausubstanz (EnSan)« des Förderschwerpunktes »Energieoptimiertes Bauen« (EnoB) einen Beitrag zur Erhaltung der Kulturlandschaft und zur Akzeptanz nachhaltiger und energieeffizienter Gebäudekonzepte in öffentlichen Gebäuden. Gleichzeitig wird die Integration innovativer Techniken in öffentliche und historische Gebäude beispielhaft demonstriert.

Inhaltlich stehen folgende drei Aspekte im Vordergrund: die Erhaltung der Gebäudesubstanz unter Beachtung der Architektur und des Denkmalschutzes, die Erfüllung der konservatorischen Anforderungen mit geringem Technikaufwand sowie die Verbesserung der Gesamtenergieeffizienz.

Das Projekt und seine Partner

Der Forschungsverbund setzt sich aus fünf Instituten an fünf Universitäten zusammen. Inhaltlich wurde eine möglichst breite Basis gesucht, neben Restauratoren, Architekten und Bauphysikern gehören auch Maschinenbauer und Versorgungstechniker zum Verbund. Folgende Partner wirken mit:

- Das Institut für Gebäude und Solartechnik der TU Braunschweig, Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch (Projektkoordination),
- Der Lehrstuhl für Bauphysik, Prof. Hauser, Technische Universität München,
- Der Lehrstuhl für Bauphysik, Prof. Sedlbauer, Universität Stuttgart/Vaihingen,
- Das Institut für Thermodynamik und Technische Gebäudeausrüstung, Prof. Richter, Technische Universität Dresden,
- Die Professur Bauklimatik, Prof. Kießl, Bauhaus-Universität Weimar.

Sowie die freien Institute

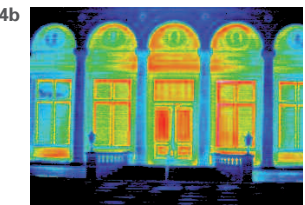
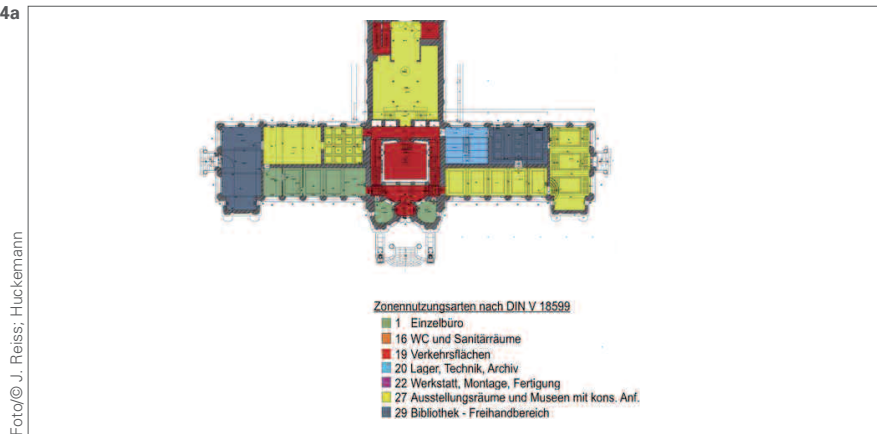
- Das Fraunhofer Institut für Bauphysik, Abteilung Raumklima, Prof. Dr. Holm und Wärmetechnik H. Erhorn,
- Das ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung, Dresden.

Das Projekt deckt mit seinem interdisziplinären Konzept somit das gesamte Spektrum der musealen Sanierungsplanung ab. Neben den Ausstellungsbereichen werden auch die Depotbereiche in das Projekt einbezogen, da mittlerweile das Eingelagerte das Ausgestellte in jedem Museum um ein Vielfaches übersteigt.

Ein reger Austausch unter den Projektpartnern kann die Qualität der erarbeiteten Konzepte weiter verbessern, indem definierte Querschnittsthemen in Form von Arbeitsgruppen vertieft analysiert und publiziert werden.

Ein derartiges Projekt funktioniert natürlich nur, wenn es auch engagierte Projektpartner in der Praxis gibt. Zahlreiche Museen quer durch alle Baulatters-

Anzeige
1/4
fuchs
42 x 269



- 4
- Voruntersuchung am Beispiel von
- a der Zonierung nach DIN V 18599, Kunsthalle Mannheim,
 - b der IR-Aufnahme im Städtischen Museum Braunschweig,
 - c des Blowerdoor-Test im Städtischen Museum Braunschweig.

Tabelle 1
U-Werte nach Baualtersklassen bzw. gesetzlichen Vorgaben.
(Quelle: BUW)

klassen und Regionen konnten für die Mitarbeit gewonnen werden. So werden die Ausstellungsgebäude der Mathildenhöhe in Darmstadt (Abb. 3c) ebenso wie die Kunsthalle Mannheim (Abb. 3b), ein typischer Vertreter der Museen aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, in der Sanierung begleitet, wie auch das Deutsche Schiffahrtsmuseum Bremerhaven (Abb. 3a), das als Technikmuseum repräsentativ für die Bauweise der 1970er-Jahre des letzten Jahrhunderts steht.

Ansatz der Strategieentwicklung für ein Sanierungskonzept

Die ganzheitliche Herangehensweise setzt eine gründliche Aufnahme des bestehenden Gebäudes voraus. Ein erster Ansatzpunkt ist hierbei stets die Gebäudehülle, da sie darüber entscheidet, wie viel technischer Aufwand notwendig ist, um das

Gebäude innerhalb der Nutzungsanforderungen zu betreiben. Die Museen werden zunächst nach ihrer aktuellen Nutzung (Zonierung nach DIN V 18599) analysiert (Abb. 4a). Gleichzeitig erfolgt eine Beurteilung der energetischen Qualität der Gebäudehülle (Wärmestandard, Verglasungsqualität, Schäden etc.) und der vorhandenen Anlagentechnik. Unterstützt werden die Untersuchungen durch IR-Aufnahmen (Abb. 4b), Archivrecherchen, Klimamessungen (Idealerweise als Nullmessung vor der Sanierung) und Luftdichtkeitsmessungen. Mithilfe dieser Kenndaten lassen sich die Museen z. B. nach den Rechenvorschriften der DIN V 18599 abbilden. Aktuelle Verbrauchswerte für Wärme, Kälte und Strom werden abgefragt, ausgewertet und den berechneten Werten gegenübergestellt. Durch den Aufbau eines Berechnungsmodells nach der Bestandsanalyse lassen sich so Vorschläge für die Optimierung der untersuchten Gebäudeteile geben. Somit können dann unterschiedliche Sanierungsvarianten mit Nutzern, Bauherren, Denkmalpflegern und Fachplanern diskutiert und verglichen werden. Die einzelnen Varianten lassen sich so zu einem detaillierten Sanierungskonzept zusammenfügen.

Kurzeinführung und Technisches Regelwerk

Neben der energetischen Betrachtung sind immer wieder auch Verweise auf die raumklimatischen und feuchtetechnischen Randbedingungen eines historischen Bestandsgebäudes zu bedenken. Noch vor der ersten Ölkrise in den 1970er-Jahren des letzten Jahrhunderts wurden in der DIN 4108 Bauteilkennwerte festgeschrieben, die über einen Mindestwärmeschutz Schimmelbildung in Wohnungen verhindern sollten und ein hygienisches Mindestmaß für Wohnnutzungen sicherstellen sollten. Wärme- und feuchteschutztechnische Kenngrößen sind unter anderem in der DIN EN ISO 7345, der DIN EN ISO 6946, der DIN EN ISO 10456 sowie in der Normenreihe der DIN 4108 zu finden. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Entwicklung des Wärmeschutzes und über festgeschriebene U-Werte bei Gebäuden.

Tab. 1

Wärmedurchgangskoeffizienten U [W/(m²K)]							
	1952/1960	1977	1982	1995	2001	2007	2009
	DIN 4108 »Wärmeschutz im Hochbau«	Wärmeschutzverordnungen			Energieeinsparverordnungen*		
Außenwände	1,20–1,60	≤ 1,45 ≤ 1,55	≤ 1,20	≤ 0,50 ≤ 0,40	≤ 0,45 ≤ 0,35	≤ 0,45 ≤ 0,35	≤ 0,24
Fenster, Verglasungen	Doppel- und Verbundfenster	≤ 1,75	≤ 1,50	≤ 1,80	≤ 1,70	≤ 1,70	≤ 1,30
Decke zum unbeheizten Dachraum	1,33	≤ 0,45	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,30
Dächer, Dachschrägen	1,20	≤ 0,45	≤ 0,30	≤ 0,30 ≤ 0,30	≤ 0,30 ≤ 0,25	≤ 0,30 ≤ 0,25	≤ 0,24 ≤ 0,20
Kellerdecke	0,90	≤ 0,80	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,50	≤ 0,50	≤ 0,30
Erdberührte Bauteile	–	≤ 0,90	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,40 ≤ 0,50	≤ 0,40 ≤ 0,50	≤ 0,30 ≤ 0,50
* Anforderungen für geänderte Bauteile bei Gebäuden mit Raumsolltemperaturen > 19°C							

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, sind für Außenbauteile der hier betrachteten Gebäudekategorien U-Werte größer als 1 W/m²K durchaus gebräuchlich gewesen und reichten nach den damaligen Erkenntnissen zur (minimalen) Wahrung hygienischer Bedingungen aus. Heute werden für die gleichen Raumbegrenzungen/Außenbauteile an Neubauten aus energetischer Sicht U-Werte kleiner 0,24 W/m²K gefordert. Überträgt man den reduzierten Wärmeabfluss durch die gedämmte Wand in die für uns besser zu beurteilende Oberflächentemperatur, so beträgt die Oberflächentemperatur der historischen Wand (U-Wert z. B. 1,2 W/m²K) ca. 15,3 °C unter Normbedingungen (-10 °C außen, Wärmeübergang ca. 7,7 W/(m²K)). Unter bestimmten Bedingungen, z. B. bei einer ungünstigen Objektaufstellung oder -hängung, können sich die Verhältnisse lokal auch noch schlechter darstellen. Bei einer modernen gedämmten Wand (U-Wert z. B. 0,24 W/m²K) läge die Oberflächentemperatur dagegen raumseitig bei 19 °C. Ein immenser Sicherheitsspielraum in Bezug auf Objektanordnung, Klimastabilität und Schimmelvermeidung wäre die Folge. Das vorstehende Rechenbeispiel ist nicht als Aufforderung zu verstehen, bedenkenlos alle Außenbauteile auf Neubau-niveau zu ertüchtigen. Dies wird aus Gründen des Denkmalschutzes, der Bauteilanschlüsse und nicht zuletzt auch aus finanziellen Gründen nicht infrage kommen. Es gilt jedoch zu beachten, dass das Aufbringen einer Wärmedämmung nicht nur energetisch zu bewerten ist, sondern auch Auswirkungen auf die Betriebssicherheit einer Ausstellung haben kann.

Zusätzlich zur wärmetechnischen Aufnahme wurden in einigen Häusern auch Blowerdoor-Tests (Abb. 4c) zur Bestimmung der Luftdichtigkeit durchgeführt. Hierbei zeigen sich die Altbauten verhältnismäßig dicht (siehe Tabelle 2).

Die vorgefundene hohe Dichtigkeit ist jedoch nicht den verwandten Bauteilen oder Materialien geschuldet, sondern wird im wesentlichen nutzerseitig durch nachträgliches Verschrauben von Öffnungsflügeln oder dem Silikonieren von Fugen hergestellt. Wo dies nicht möglich ist (Metallflügel/ Oberlichtsituationen), werden entsprechend höhere Werte gemessen, die jedoch im Verhältnis zur Baualtersklasse bzw. geltenden EnEV immer noch als gut zu bezeichnen sind.

Anlagentechnik

Die untersuchten Museen wurden in Zeiten niedriger Energiepreise geplant und gebaut (z. B. der erste Bauabschnitt des Deutschen Schiffahrts-museums Bremerhaven, Architekt: Hans Scharoun, Bauzeit 1969–1973). Nur mit einer umfangreichen Gebäudetechnik und einem hohen Energieeinsatz können sie den notwendigen thermischen und visuellen Komfort ermöglichen und die konservatorischen Anforderungen erfüllen. Die Gebäude ver-

fügen in der Regel über keinen oder nur unzureichenden Wärmeschutz. Die aus heutiger Sicht überdimensionierten Heizungs- und Lüftungsanlagen sind zudem oftmals nicht in der Lage, sich auf eine variable Raumnutzung einzustellen. Unzureichende Tageslichtversorgung muss durch Kunstlicht ausgeglichen werden. Derartige Gebäudemängel bringen nicht allein hohe Energiekosten mit sich, sie belasten auch die Motivation der Beschäftigten bzw. Nutzer.

Auch die wirtschaftliche Position hat sich vielerorts seit der Errichtung und Inbetriebnahme der Museen stark geändert. Es ist zu erwarten, dass immer mehr Häuser zu sogenannten Eigenbetrieben ausgegliedert werden. Dies bedeutet, dass die Museen zukünftig Wartung, Unterhalt und Versorgung ihrer Häuser selbst tragen müssen. Mit der Kunsthalle Mannheim und des Instituts Mathildenhöhe Darmstadt sind aktuell zwei Beispiele dieser neuen Betriebskonstellation im Projekt integriert. Entsprechend groß ist hier das Interesse, die Betriebskosten durch Niedrigenergieverbrauch zu reduzieren. Der Idee ist es, im Vorfeld der Sanierung ein Niedrigstenergie-Konzept für die Museen zu erstellen und nicht, wie dies aktuell bei einigen Häusern praktiziert wird, im Nachgang einen externen Anbieter auf Erfolgsbasis die Energieperformance optimieren zu lassen.

Der Ansatz bei der Klimatisierung ist daher die Abkehr von den Bemühungen, ganzjährig ein konstantes Klima in Museen und Depots zu halten. Eine Grenzwertdiskussion über maximale und minimale Werte für den Klimatisierungskorridor wird im Projekt aktiv geführt. Die derzeitige Entwicklung geht hin zu einem saisonal gleitenden Klima, in dem die jahreszeitlichen Schwankungen akzeptiert werden, ohne dass Schäden an den Objekten auftreten, da nach wie vor kurzzeitige Schwankungen (die hauptsächlich zu Schäden führen) klar vermieden werden. Die Tatsache, dass Kunstobjekte überhaupt die Lagerung über Jahrhunderte überstanden haben zeigt, dass dieses Konzept funktioniert.

Sanierungsanforderungen

Nach der umfassenden Analyse von Gebäudehülle und Technik sind in einem nächsten Schritt die Anforderungen an das sanierte Gebäude zu definieren. Neben den übergeordneten Themen wie Wirtschaftlichkeit oder Energieeffizienz teilen diese sich in Komfortkriterien für Besucher und Mitarbeiter des Museums und in die konservatorischen Anforderungen an das Raumklima zum Objektschutz.

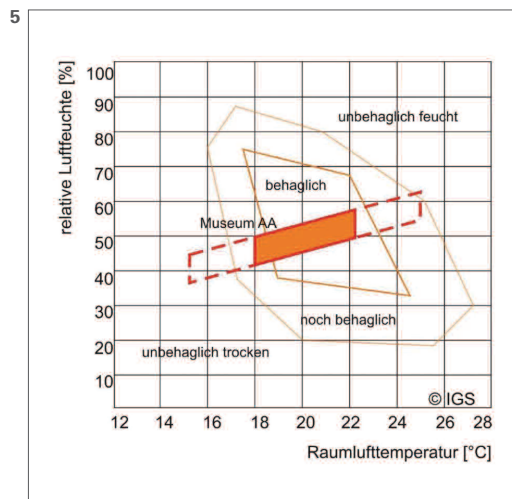
Tabelle 2
Messergebnisse zur Luftdichtigkeit ausgewählter Museen.

Tab. 2

Gebäude	Gemittelter n50 [h-1]	EnEV [h-1]
Städtisches Museum Braunschweig	1,4 (2 Räume)	3,0
Kaiser Wilhelm Museum Krefeld	2,4 (2 Räume)	3,0
Kunsthalle Mannheim	2,9 (3 Räume)	1,5

5

Bereiche thermischer Behaglichkeit in Abhängigkeit von Raumlufttemperatur und relativer Luftfeuchte für Menschen und Kunstwerke.



Thermisch/Hygrisch

Da der menschliche Körper hohe Temperaturen durch Verdunstung über die Haut auszugleichen versucht, hat die Raumluftfeuchte einen gewissen Einfluss auf die thermische Behaglichkeit. Bei »normalen« Temperaturen um 20 °C fühlt der Mensch sich wohl, und der Effekt spielt nur eine untergeordnete Rolle. Abhängig von der Raumlufttemperatur bewegen sich als behaglich empfundene Raumluftfeuchten in einem Bereich von 35 bis 70 % relativer Luftfeuchte. Abbildung 5 zeigt die Behaglichkeitsbereiche der Raumluftfeuchte über der Raumtemperatur sowie zum Vergleich den Bereich der Raumklimakategorie AA nach den Anforderungen der ASHREA [American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, 2004]. Ebenso ist es auch Michalski [1999] zu entnehmen.

Hygienisch

Der Begriff des hygienischen Komforts kommt nicht aus dem klassischen Kanon der Bauphysik, gewinnt aber in der heutigen Gesellschaft mehr und mehr an Bedeutung. Gemeint ist die Qualität der Luft im Hinblick auf CO₂-Gehalt, enthaltene Schadstoffen, die Verweildauer der Luft im Raum usw. Auch für Museen erscheint diese Betrachtungsebene des Komforts von außerordentlicher Wichtigkeit, berühren doch gerade Themen wie der Schadstoffgehalt oder die Schadstoffabtragung über den Luftwechsel wieder wesentlich den Objektschutz der Ausstellungsgegenstände.

Zudem weicht man heute von der bisherigen Strategie ab, die Ausstellungen fast ausschließlich über Lüftungs- bzw. Klimaanlage zu konditionieren, und setzt stattdessen auch Wand- oder Flächentemperiersysteme ein. Diese decken die notwendigen Grundlasten des Heiz- und Kühlbedarfes ab. In der Folge stellt sich die Frage nach dem nunmehr erforderlichen Luftwechsel, der entweder notwendig ist, um den Frischluftbedarf der Besucher zu decken oder, was speziell bei geringen Besucherzahlen zu beachten ist, um die notwendige Feuchte-regulierung vorzunehmen. Bisherige Untersuchun-

gen zeigen jedoch, dass es sowohl im Bereich CO₂-Regulierung als auch im Bereich der Raumdurchlüftung generell Probleme beziehungsweise Verbesserungspotenzial in den Bestandsgebäuden gibt.

Akustisch

Obwohl die Akzeptanz eines Raumes sehr durch seine akustische Wahrnehmung bestimmt ist, wird das Thema der Akustik in vielen Museen nicht be-

Literatur

- Friedrich Waidacher: *Handbuch der Allgemeinen Museologie*; Wien, 1999.
- Karin von Lerber; Joachim Huber: »Weniger ist mehr« *Zur Nachhaltigkeit von Museen, Sammlungen und deren Bauten*; Ernst&Sohn Spezial 2, 2009 Museumsbauten.
- Erhardt, D.; Tumosa, C.; Mecklenburg, M. (2007): *Applying science to the question of museum climate*. In: *Museum Microclimates Conference Proceedings*, Copenhagen.
- Gertis, K.; Hauser, G.; Sedlbauer, K.; Sobek, W. (2008): *Was bedeutet »Platin«? Zur Entwicklung von Nachhaltigkeitsbewertungsverfahren*; Bauphysik 30, Heft 4.
- Holm A.; Künzle H.; Sedlbauer K. (2003): *The hygrothermal behaviour of rooms: combining thermal building simulation and hygrothermal envelope calculation*; Eight International IBPSA Conference, Eindhoven, The Netherlands, 11–14 August 2003, pp. 499–505.
- Kilian, R. (2008): *Umgang mit Klimadaten im Vergleich zwischen Museen und Denkmalpflege*. In: Jeberien, A.: *Preventive Conservation, Beiträge des Workshops »Preventive Conservation« am 1. März 2007 an der Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin*, Berlin.
- Krus M.; Kilian R.; Sedlbauer K. (2007). *Mould Growth Prediction by Computational Simulation*. In: *Museum Microclimates Conference Proceedings*, Copenhagen.
- Michalski, S. (2007): *The Ideal Climate, Risk Management, the ASHRAE Chapter, Proofed Fluctuations, and Toward a Full Risk Analysis Model Contribution to the Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, held in April 2007, in Tenerife, Spain* (http://www.getty.edu/conservation/science/climate/climate_experts_roundtable.html).
- Michalski, S. (1999): *Setting Standards for Conservation, New Temperature and RH Guidelines are now published*, CCI Newsletter, Ottawa.
- Giertlova, Z.; Yoshida, M. (2011): »Feuer und Wasser sind zwei gute Diener, aber schlimme Herren« – *Sicherheitstechnisches Risikomanagement für Archive und Depots*, (Publ. in Vorbereitung).

achtet, ja fast vernachlässigt. Nimmt man einen typischen Ausstellungsraum mit einem Volumen zwischen 200 bis 1500 m³ Raumvolumen an, so ergeben sich nach DIN 18041 Soll-Nachhallzeiten zwischen etwa 0,7 und 1,1 Sekunden. Messungen in den beteiligten Museen haben in vergleichbaren Räumen Nachhallzeiten um 3 Sekunden oder größer ergeben. Die Folgen sind unangenehm hohe Störgeräuschpegel aber auch Einschränkungen der Nutzungsmöglichkeit insbesondere infolge mangelhafter Sprachverständlichkeit. Eine genaue Zuordnung des »Nutzschalls« zur Quelle ist nicht mehr möglich, die Sprachverständlichkeit bei Führungen durch den Raum oder auch die Vorführung historischer Musikinstrumente, wie sie im Marmorsaal in der Neuen Burg in Wien (Abb. 6) üblich ist, wird in diesem Fall stark eingeschränkt.

Während in der Literatur Grenzwerte für Störgeräusche mit Maximalpegeln von 35 bis 40 dB(A) angegeben werden, zeigt die Praxis offenbar typische Werte in vielen Museen von über 50 dB(A). Zum Beispiel ergeben Gehgeräusche von Damenstiefeln auf Hartholzparkett in einem »normalen« Museumsraum ein Störgeräusch von über 60 dB(A).

Spezielle akustische Anforderungen in Museen ergeben sich häufig auch aus störender Schallübertragung zwischen Räumen, da in der Regel keine Türen vorgesehen werden. Diesbezügliche raumakustische Lösungen, erprobt z. B. im Großraumbürobereich und im modernen Theaterbau wie z. B. als raumhohe hochabsorbierende Wandstreifen an den Raumübergängen oder als Schallschleusen ausgebildete Flure etc. erscheinen zunächst ungeprüft übertragbar.

Zudem fällt in zahlreichen Museen die störende Immission von technisch verursachtem Schall auf. Neben Körperschall aus technischen Installationen treten immer wieder Strömungsgeräusche an Lüftungsauslässen auf. Auch dezentrale Luftaufbereiter, sei es zur Be- oder Entfeuchtung, tragen ihren Teil zur auffälligen akustischen Umgebung in den betrachteten Ausstellungsräumen bei. Auch dieses Themenfeld wird im Forschungsvorhaben ausgiebig diskutiert und bearbeitet.

Visuell

Anders als bei der Akustik, ist die Notwendigkeit das Licht zu gestalten und zu kontrollieren in sämtlichen Museumsdiskussionen unumstritten. Hier steht der Anspruch der gut ausgeleuchteten Ausstellungspräsentation gegen die Anforderungen der präventiven Konservierung.

Die Frage nach der Belichtungssituation im Museum ist eine sehr zentrale, da sie unmittelbar mit der Aufgabe des Gebäudes, nämlich der Ausstellung und Betrachtung von Objekten zusammenhängt. Die Diskussion um Tageslicht- oder Kunstlichtnutzung im Museum wird hierbei sehr individuell geführt und hängt von der Art der Aus-

6



6 Marmorsaal Kunsthistorisches Museum Wien, Neue Burg.

stellungsgüter ebenso wie vom Ausstellungskonzept ab.

In der Praxis gibt es seit vielen Jahren Grenzwerte für die Belastung der Ausstellungsobjekte mit Licht im weitesten Sinne. Aus konservatorischer Sicht ist vor allem die Belastung mit kurzwelliger UV-Strahlung (<380 nm) bzw. der Wärmestrahlung im Infrarotbereich zu begrenzen. Moderne Forschung geht aufgrund der Schädigungsmechanismen noch einen Schritt weiter. Das Hauptaugenmerk liegt hier nicht mehr (ausschließlich) auf der maximalen Beleuchtungsstärke in Lux, sondern auf der Dauer der Exposition. In speziellen Bereichen wie Fotografie-Präsentationen ist dies seit Jahren hinlänglich bekannt und führt zu kurzen Verweildauern der Exponate in den Ausstellungen – gleichzeitig sind die Prozesse in veränderten Größenordnungen problemlos auf andere Objekttypen übertragbar.

Zugleich wirkt die traditionelle Museumsbeleuchtung gleich zweimal auf die Energiebilanz des Gebäudes. Hier taucht sie zum einen direkt als Strombedarf für die Beleuchtung auf. Sowohl Kunst- als auch Tageslicht bringen jedoch auch einen Anteil an Wärme in die Ausstellungsräume. So wandeln die Leuchtmittel einen großen Anteil der aufgenommenen Energie in Wärme um (Halogenstrahler z. B. zu ca. 40 %). Neben der Belichtung ist somit stets auch das Raumklima bzw. bei entsprechenden Anlagen auch der Energiebedarf für Kühlung betroffen.

Sonstige Behaglichkeitsfaktoren

Für einen späteren Leitfaden zur nachhaltigen Museumssanierung müssen auch weitere (weiche) Faktoren berücksichtigt werden, die für das Behaglichkeitsempfinden einzelner Gruppen eine Rolle spielen: z. B. Orientierung, die Möglichkeit sich zu setzen, Toiletten, Barrierefreiheit etc.

Nachhaltigkeit und Präventive Konservierung

Für den Neu- und Umbau eines Museums und dessen Betrieb müssen grundsätzlich zwei Anforderungen erfüllt werden. Zum einen sollen Museen wie beschrieben einen hohen Komfort für die Besucher und Mitarbeiter sicher stellen. Dies be-

Abstract

Sustainable Modernization of Museum Buildings

Presentation of a Group Project

For years energy-efficient building and museum-user demands have been considered irreconcilable. Too different are at first glance the requirements of museums to adequately fulfill their daily tasks. Yet, it is these very requirements that make finding an energy-efficient solution for museum a necessity. A long-term strategy for the future demands that museums plan sustainable modernizations and new building projects. Culture cannot assume that the government will come to their rescue as it did with banks. Museums must actively and independently take control of their destiny. Despite financial constraints, they must tend to, present, and do research on the works of art in their care. The key for a successful museum is therefore a functioning building and this is essentially decided in the course of modernization measures. Since 2008, the research project “Sustainable Modernization of Museum Buildings” has been dedicated to developing simple, energy-efficient modernization concepts for museums with different focal points. Modernization of several German museums has been guided and concepts for a holistic modernization approach have been drawn up, examined and evaluated.

Keywords: sustainability, energy efficiency, group research project, use requirements, preventive conservation, museums, museum concept.

trifft neben den genannten Behaglichkeitsfaktoren insbesondere Raumprogramme, Innenarchitektur und räumliche Wirkung. Idealerweise stehen diese Aspekte mit der Präsentation der ausgestellten Sammlungen im Einklang, sodass sich eine ästhetische Gesamtwirkung aus Architektur und Kunstvermittlung entwickelt, das Gebäude dabei als Metaausstellungsstück fungiert. Daneben muss ein Museum aber auch den Aspekten der präventiven Konservierung entsprechen, das heißt der Bau soll die im Inneren ausgestellte und gelagerte Sammlung bewahren und schützen. Auch hier wird wieder ein ganzheitlicher Ansatz verstanden, der von der Gebäudewartung über das Handling bis zu den Aspekten eines geregelten Klima- und Lichtkonzeptes reicht.

Besucherkomfort wird an sechs Wochentagen für acht bis zehn Stunden abgerufen, die präventive Konservierung muss permanent gewährleistet sein. Ihr muss sowohl bei der Planung eines Museums, als auch bei der Sanierung eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Präventive Maßnahmen zur Sammlungserhaltung haben dabei nicht nur einen konservatorischen Ansatz, sondern sind auch wirtschaftliche Überlegungen. Das Forschungsvorhaben möchte hier aktuell systematisch an der Entwicklung und Forschung geeigneter Methoden und Techniken der präventiven Konservierung arbeiten, mit dem Ziel der Entwicklung eines Langzeitmanagements.

Zusammenfassung und Ausblick

Aus den Untersuchungen zum Nutzerkomfort in Innenräumen liegen weitreichende Erfahrungen zur Messung, Simulation, Bewertung und Beeinflussung des Raumklimas vor [Holm et al 2003]. Thermische Unterschiede an Außenwänden können zu schädlichem Mikroklima und in der Folge zu Schäden oder gar zu Schimmelbildung an Gemälden auf kalten Wänden führen. Dazu liegen heute neue Möglichkeiten der Gebäudesimulation vor, geeignete Maßnahmen bereits in der Planungsphase auf ihre Wirkung zu untersuchen [Krus et al 2007]. Innovative Systeme wie Hüllflächentemperierung/Betonkernaktivierung wie sie beispielsweise aktuell bei der 2009 in München eröffneten Sammlung Brandhorst eingesetzt wurden, können zu einem konstanten Raumklima und damit zur Vermeidung von Schäden an Kunstwerken beitragen. Die aktuelle Diskussion um die »richtigen« Klimawerte in Museen [Erhard et al 2007, Michalski 2007] ist nicht zuletzt auch der Frage der Energieeinsparung vor dem Hintergrund steigender Energiekosten und dem Wunsch nach CO₂-Einsparung zur Minderung der Auswirkungen des globalen Klimawandels geschuldet. Die derzeit vor allem wegen Leihverträgen international geforderten raumklimatischen Werte [Kilian 2008] führen zu immensen Energiekosten gerade für große Häuser [Erhard et al 2007]

– Finanzmittel, die deutlich sinnvoller eingesetzt werden könnten. Allerdings fehlen nach wie vor Untersuchungen zur Bedeutung der diskutierten Änderungen für die Erhaltung von Kunstwerken aus restauratorischer Sicht. Die generelle technische Basis für ein stabiles Innenraumklima nach Vorgaben der präventiven Konservierung sind ein guter Sonnen- und Wärmeschutz, die Kontrolle des Luftwechsels und der relativen Feuchte und das gleichzeitige Absenken des Energieverbrauchs.

Bundesweit schlägt sich aktuell die Frage der Nachhaltigkeit unter anderem in verschiedenen Ansätzen der Zertifizierung von Gebäuden nieder. Während in den USA das System LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) verbreitet ist, bietet in Deutschland z. B. das Verfahren der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) Ansätze zur Definition von Nachhaltigkeit [Gertis et al 2008]. Das Verbundforschungsvorhaben versucht in Anlehnung hieran Kriterien für die Nachhaltigkeit von Museumsgebäuden zu definieren. Nachhaltige Museen sind entsprechend dauerhaft – reversibel – reparierbar – ressourcenschonend – flexibel und zukunftsfähig.

Es wäre jedoch falsch den Fokus bei Sanierungsarbeiten ausschließlich auf die Klimaanforderungen und deren Energiebilanz zu richten. Die Schadens- und Verlustbilanz der letzten zehn Jahre zeigt, dass Vorsorge sich auf andere Risiken konzentrieren muss. Mangelnde Sicherheit, unzureichender Brandschutz, Wassereinträge in Depots, schlechte Inventare, ungenügende Anlieferungs- und Verkehrsbereiche im Museum und natürlich Personalmangel setzten Museumsbetreiber im Alltag vor weit größere Probleme als utopische Klimaanforderungen, deren messtechnischer Erfassung sich viele Häuser zudem gar nicht leisten können. Für eine Sanierung ist eine sinnvolle Schädlingsprävention daher ebenso elementar wie Konzepte für einfache zu reinigende Bodenbeläge, Brandschutz, Sicherheit und die Erarbeitung eines Notfallplans. Ein Ziel des Forschungsvorhabens ist es, die Finanzmittel, die für eine Sanierung bereitgestellt werden, auch nach den Aspekten der präventiven Konservierung zu verteilen. Ein Leitfaden, der voraussichtlich 2013 erscheinen soll, wird sich auch dieser wichtigen Fragestellung annehmen und die begleiteten Museen auf deren Implementierung der präventiven Konservierung vorstellen.

Die Laufzeit für das Verbundforschungsvorhaben ist bis Ende 2012 begrenzt, der bisherige Erfolg macht eine Verlängerung durch den Fördergeber jedoch wahrscheinlich. Für interessierte Museen ist es jederzeit denkbar, an den Möglichkeiten des Projektes zu partizipieren. In regelmäßigen Abständen finden dazu offene Workshops statt, in denen aktuelle Ergebnisse vorgestellt und diskutiert werden. Der nächste Termin wird am 17. Mai im Museum Kunst Palast Düsseldorf stattfinden.