



Bei der Sanierung des Neuen Museums in Berlin wurden feste Grenzwerte für Temperatur und relative Feuchte für Sommer und Winter vereinbart.

Bild: Dipl.-Ing. Hans-Peter Thiele

Klimatisierung in Museen

Bemerkungen zur Definition „Klimakorridor“

Aufgrund der aktuellen Situation denken auch Museen über Energiesparmaßnahmen nach. Allerdings sind die Anforderungen komplexer, da viele Exponate zur Erhaltung stabile klimatische Bedingungen benötigen. Eine mögliche Lösung können sogenannte „Klimakorridore“ sein, die in diesem Beitrag erläutert werden.

Dipl.-Ing. Hans-Peter Thiele, ehem. Fachverantwortlicher TGA beim Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Prof.(em) Dr.-Ing. Achim Trogisch, HTW Dresden, Fakultät Maschinenbau

Zum dauerhaften Schutz von wertvollen Objekten und Kunstwerken sollen in Museen und Ausstellungsräumen eng begrenzte, möglichst konstante Temperaturen und Luftfeuchten herrschen, die auch nur geringe zeitliche Schwankungen und Amplituden aufweisen dürfen. Gleichzeitig soll für Besucher ebenfalls ein angenehmes Raumklima sichergestellt werden. Die meisten großen Museen haben dazu teure und komplexe Klimaanlageanlagen installiert, um die Werke in ihrer Obhut zu erhalten.

Was sind aber nun enge Temperaturen und Feuchtwerte sowie möglichst geringe zeitliche Schwankungen? Wer ist am besten vorbereitet, um diese Komplexität zu erklären? Früher wurden die Anforderungen vom Restaurator, Wissenschaftler und Kunsthistoriker definiert. Heute sind noch der Facility- und der Ausstellungsmanager dazugekommen. Aber auch Architekten und Ingenieure sollten ihren Beitrag leisten. Daraus wird ersichtlich, dass diese Entscheidungsfindung nur als multidisziplinäre Tätigkeit möglich sein kann.

Wissenschaftliche Auseinandersetzung

Ein wachsendes Bewusstsein für die Auswirkungen des Einsatzes von Temperierungssystemen auf das Klima hat eine Reihe großer Institutionen dazu veranlasst, ihre grundlegendsten Klimaanforderungen zu überdenken. Hinzu kommen die gestiegenen Gas- und Strompreise in Europa, die eine unmittelbare Gefahr für die Museumsfinanzen darstellen. Deswegen beginnen einige der größten Museen zu handeln.

Im vergangenen Jahr haben große Museen, darunter das Guggenheim Bilbao in Spanien und das Rijksmuseum in den Niederlanden, ihre Standards gelockert und ihre Systeme neu kalibriert, um in einigen Galerien einen größeren Temperatur- und Feuchtigkeitsbereich zu ermöglichen. Diese Museen haben monatelange Studien durchgeführt, von denen sie sagen, dass sie beweisen, dass die Änderungen die Gegenstände in ihrer Obhut nicht gefährden [1 - Anmerkung der Redaktion: Über den QR-Code am Ende des Beitrags gelangen Sie zum Online-Literaturverzeichnis].

Leider betrifft das nicht generell alle Räume in einem Museum. Für Bereiche, in denen Leihgaben ausgestellt sind, gelten noch die alten, strengen Maßstäbe. Leihverträge mit anderen Museen und privaten Sammlern bedeuten, dass diese Galerien möglicherweise weiterhin streng klimatisiert bleiben müssen. Das behindert die Institutionen in ihrem Bestreben, Energiekosten und Emissionen zu senken. Hier sind noch intensive internationale Abstimmungen erforderlich.

Aber auch schon auf das „Bizot Green Protokoll“ von 2014 [2] (verfasst von Direktoren der weltweit führenden Museen) ist zu verweisen. Dieses determiniert das Ziel, durch „passive Methoden, einfache Technologie, die leicht zu warten ist, und energiesparende Lösungen“ den energetischen Aufwand für den Betrieb der Museen zu verringern. Die Notwendigkeit von Klimaanlageanlagen ist kritisch zu bewerten, auf die Möglichkeit der Erweiterung der zulässigen Klimawerte (rel. Luftfeuchte im Be-

reich von 40–60 %, Temperaturen im Bereich von 16–25 °C mit zulässigen Schwankungen der Feuchte < 10 % in 24 Stunden) wird hingewiesen.

ASHRAE hat im Kapitel 24 „Museen, Galerien, Archive und Bibliotheken“ des „2019 ASHRAE Handbook – HVAC Application“ (ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) [3] diese Vorschläge aufgegriffen und es findet zu dieser Thematik eine intensive wissenschaftliche Auseinandersetzung statt. Im Ergebnis werden Lösungswege aufgezeigt, wie diese neuen Anforderungen realisiert werden können. Dabei ist weiter das vorrangige Ziel, die Existenz von Kulturgütern zu verlängern.

Einführung eines Klimakorridors

Im Vorfeld der Planungen sind zunächst Risikobetrachtungen im Hinblick auf die zu formulierenden Anforderungen durchzuführen. Bei der Entscheidungsfindung ist insbesondere die intensive Auseinandersetzung mit den restauratorischen Anforderungen durch die beteiligten Nutzervertreter als Grundlage für die Festlegung der notwendigen klimatechnischen Rahmenbedingungen Voraussetzung. Besondere Aufmerksamkeit ist bei der Festlegung der Grenzwerte und der möglicher Schwankungsbereiche erforderlich. Bei den Überlegungen sollte auch beachtet werden, wie die Aufbewahrungsbedingungen in der Vergangenheit waren und

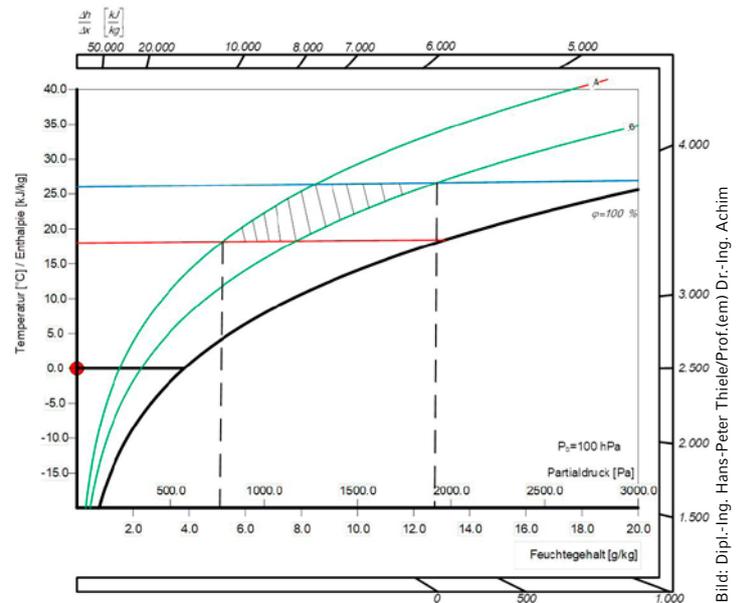


Bild 1: Klimakorridor gemäß Punkt 1.

ob es dadurch nachweislich zu Schäden an den Kunstwerken gekommen ist.

Durch weiterführende wissenschaftliche Untersuchungen, Feldbeobachtungen u. a. und ein größeres Bewusstsein für die Nachhaltigkeitserwägungen wurden klimatechnische Anforderungen hinsichtlich saisonaler Anpassungen und kurzfristige Schwankungen für viele Sammlungsumgebungen lt. ASHRAE neu definiert. Weiterhin sollten sowohl der Gebäudetyp (Neubau



Leise, energiesparend, leistungsstark: Die dezentralen WOLF Lüftungsgeräte.



NEU



Comfort-Großraum-Lüftungsgerät CGL 2 edu
bis zu 1.100 m³/h



Comfort-Deckenlüftungs-Gerät CFL edu
in den Varianten 675 und 1.000 m³/h

Die dezentralen **WOLF Kompakt-Lüftungsgeräte** für Büros, Bildungseinrichtungen und weitere Aufenthaltsräume: Sie sorgen flüsterleise und energieeffizient für stets optimale Luftqualität. Ideal auch für die Nachrüstung.



Mehr Infos zu
dez. RLT-Geräten
von WOLF!

www.wolf.eu

oder historisches Gebäude) als auch die thermische und hygrische Speicherfähigkeit der Raumschließkonstruktion bzw. der Oberflächenmaterialien sowie mögliche zukünftige Betriebs- und Wartungskosten berücksichtigt werden.

In Anbetracht der Energieknappheit sind nun auch die Museen in Deutschland aufgefordert, ihren Energieverbrauch zu reduzieren. Aus diesem Grund hat der Deutsche Museumsbund (DMB) gemeinsam mit Experten und Expertinnen aus den Bereichen Technik, Restaurierung, Wissenschaft und Verwaltung Empfehlungen für die Einführung eines erweiterten Klimakorridors bei der Museumsklimatisierung erarbeitet [4].

Es wurde definiert:

„Statt eines einzelnen Sollwertes (single set point) wird ein Klimakorridor im Betrieb mit festen Grenzwerten (dual set point) empfohlen. Dies bedeutet, dass alle Werte innerhalb des Korridors als akzeptabel bewertet werden, sofern das Sammlungsgut keine spezifischen konservatorischen Anforderungen unterliegt. Das dauerhafte Ausreizen der Grenzwerte sollte jedoch vermieden werden. Bei extremen Außentemperaturen sind zur Einhaltung der Grenzwerte ggf. ergänzende organisatorische Maßnahmen zur Reduzierung des Wärmeeintrags notwendig.

1. Ausstellungen:

Temperatur Grenzwert: 18 °C (nach Arbeitsstättenrichtlinie ASR) und 26 °C. (s. a. Bild 1)

Bei für die Öffentlichkeit länger geschlossenen Ausstellungen ohne ständigen Arbeitsplatz ist im Winter auch eine Raumtemperatur von 15 °C möglich (s. Depot).

Relative Luftfeuchtigkeit Grenzwert: 40 % und 60 %

2. Depots:

Temperatur: unterer Grenzwert: 15 °C (wenn Arbeitsstättenrichtlinie ASR nicht greift), oberer Grenzwert wie Ausstellungen.

Relative Luftfeuchtigkeit Grenzwert: wie Ausstellungen

3. Schwankungen:

Eine wesentliche Voraussetzung für den langfristigen Erhalt von Sammelgut sind materialspezifisch orientierte, stabile Klimabedingungen. Etwaige Schwankungen sollten nicht abrupt auftreten, sondern langsam verlaufen. Dies wird durch die Vorgabe möglichst flacher Gradienten (Schwankungen /Zeiteinheit) beschrieben.

Änderungsgradient	Richtwert
Änderung der relativen Luftfeuchte innerhalb von 24 h	+ 5 % oder -5 %
Änderung der Temperatur innerhalb von 24 h	+ 2 K oder - 2 K

Tabelle: Trojgisch/Thiel

Diese Empfehlung wurde zur schnellen Umsetzung empfohlen. Eine kontinuierliche Begleitung und Evaluierung sind dringend erforderlich.“

Es ist aus Sicht des Technikers zu begrüßen, dass besonders aus energetischen Gründen ein Betrieb mit festen Grenzwerten (dual set point) empfohlen wird. Das ist aber nicht ganz neu. Schon Lampert hat im Rahmen seiner Dissertation 2005 [5] im Ergebnis bei 13 von 16 angefragten Museen festgestellt, dass die Klimaanlage mittels sammlungsspezifischen Sollwertprogrammen (Klimakorridor) gesteuert wurden (Winter 19 (21) °C, 45 (50) % und Sommer 22 (26) °C, 50 (55) %, bei zul. Toleranzen von 1-2 K und 3-5 %.

Auch bei der Sanierung der historischen Gebäude auf der Berliner

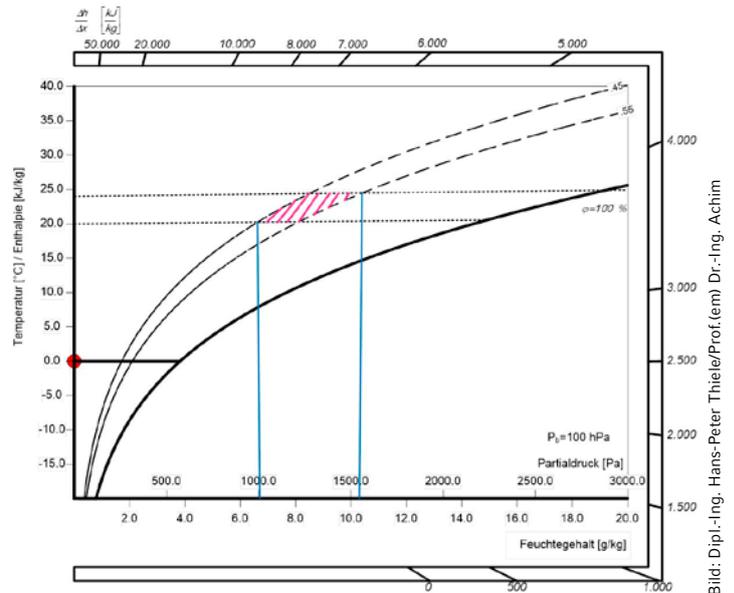


Bild: Dipl.-Ing. Hans-Peter Thiele/Prof.(em) Dr.-Ing. Achim

Bild 2: Darstellung ohne Toleranzbereich gemäß Punkt 3, nach Tabelle 1 [4].

Museumsinsel (Alte Nationalgalerie, Bode-Museum und Neues Museum) wurden feste Grenzwerte für Temperatur und relative Feuchte für Sommer und Winter vereinbart. Die Klimaanlage werden mittels einem außentemperaturunabhängigen Sollwertprogramm gesteuert. Die Anpassung der Sollwerte zwischen Winter und Sommer findet in den Monaten März bis Juni und September bis November automatisch statt. Die einzelnen Sollwerte sind auch manuell über die Gebäudeautomation veränderbar. Die Sollwerte sind hier entsprechend der Sammlung differenziert festgelegt (Winter 20 °C, 40 (50) % und Sommer 23 (26) °C, 45 (55) %, bei einheitlich festgelegten zulässigen Toleranzen von +/- 1 K und +/- 5 %). Betriebserfahrungen bestätigen die Einhaltung dieser Werte. Neu bei der Empfehlung des DMB zum Klimakorridor ist die grundsätzliche Erweiterung des Grenzbereiches, natürlich mit der Einschränkung „sofern das Sammlungsgut keinen spezifischen konservatorischen Anforderungen unterliegt“!

20 °C, 50 % und möglichst alles konstant, höchstens +/- 2 K und +/- 5 % oder besser weniger pro Stunde, diese Werte sind schon immer „Wunsch vieler Restauratoren“, wenn es um die optimale Lagerung und Präsentation von Kunstgut geht. Real betrachtet sind diese idealen Bedingungen auch mit Vollklimaanlagen nicht wirklich (immer) einzuhalten, wenn diese mit Blick auf einen effizienten Energieeinsatz nicht überdimensioniert sein sollen. Auch bei der Festlegung der zulässigen Toleranzen gibt es Differenzen zwischen Wunschdenken und praktischen Möglichkeiten.

K. Holl stellt in ihrer Dissertation [6] fest, dass die „Vorstellung von einem vollkommen homogenen Raumklima naiv ist. Beeinflusst durch angrenzende Flächen und Luftströmungen bildet sich insbesondere an Wandflächen ein anderes Mikroklima als in der Raummitte aus. Folglich können die Klimavorgaben auf vielfältige Weise ausgelegt werden“. Kann die Frage, welche (kurzfristigen?) klimatischen Schwankungen für Kunstwerke zulässig sind, ohne dass diese Schaden nehmen, überhaupt verallgemeinert beantwortet werden? Neu ist diese Frage nicht – sie beschäftigt Restauratoren, Ingenieure und Anlagentechniker bereits seit Anfang des 19. Jahrhunderts. Bisherige Monitoringversuche, Laboruntersuchungen und Simulationen zum mechanischen Verhalten von Kunstwerken sind begrenzt auf einzelne Objekte bzw. Materialien. Häufig werden Vereinfachungen getroffen, die das Ergebnis verfälschen können. Selten finden die Erkenntnisse aus Untersuchungen und Laborversuchen Rückkopplung zu den Beobachtungen, die direkt vor Ort an historischer Ausstattung gewonnen wurden, sodass mögliche Empfehlungen immer wieder heftig diskutiert werden.

Im Ergebnis der Untersuchungen in [6] wird aber festgestellt, dass Vorgaben mit stündlichen Schwankungen von $\pm 2,5\%$ relative Luftfeuchte kritisch zu sehen sind, da sie im Rahmen der Messungsgenauigkeit vieler Sensoren liegen. Anhand der Versuche im Labor konnte gezeigt werden, dass sich stündliche Schwankungen von $\pm 5\%$ relative Luftfeuchte kaum auswirken. Die relative Luftfeuchte zwischen 40 und 70 % ist ein für die meisten Kunstwerke akzeptabler Klimakorridor. Hier muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass die Untersuchungsergebnisse am Beispiel von Leinwandgemälden und gefassten Holzoberflächen ermittelt wurden.

Wenig Beachtung findet bisher der Einfluss der Beleuchtung (Akzentbeleuchtung) auf das Mikroklima im Bereich der Kunstwerke. Die Akzentbeleuchtung führt in der Regel zu einer Erhöhung der Oberflächentemperatur und damit zu einer Absenkung der relativen Feuchte. Hier ist allerdings festzustellen, dass durch den Einsatz von LED-Leuchten diese Erscheinung abgemildert wird. Schon Thomson sagte 1986: „Die Standardspezifikation von $\pm 4\text{ K}$ oder 5% der relativen Feuchte basiert mehr auf dem, was wir vernünftigerweise von der Ausrüstung erwarten können, als auf einem tiefen Wissen über die Auswirkungen kleiner Variationen auf das Exponat.“ [7].

In der DIN EN 15757 [8], und auch mit ähnlichem Wortlaut in [3] und [6], wird sogar folgende Empfehlung gegeben: „Allerdings wird sich ein Material, das über eine signifikante Zeitdauer (mindestens 1 Jahr) gelagert wurde, sogar in einer qualitativ geringwertigen Umgebung an die Bedingungen akklimatisiert haben. Eine sorgfältige Analyse der Bedürfnisse des Materials ist erforderlich, um sicherzustellen, dass festgelegte Normwerte nicht weitere Beschädigungen nach sich ziehen. Jede Änderung eines historischen Klimas kann problematisch sein.“ Bei der Bewertung haben hier Restauratoren eine hervorgehobene Verantwortung.

Es gibt mehrere Faktoren, die die Theorie stützen, dass insbesondere in vielen historischen Gebäuden, die als Museen genutzt werden, ein konservatorisch vertretbares Raumklima auch ohne Einsatz größerer technischer Mittel aufrechterhalten werden kann. Stärkere Einschränkungen und Schwankungen im Sommer (Temperatur, Feuchte) werden oft toleriert bzw. durch Sonnenschutzmaßnahmen abgemildert. Im Winter (Feuchte) wird vielfach durch einfache mobile Befeuchter dem Absinken der Feuchte durch die Gebäudeheizung entgegengewirkt. Ob diese Maßnahmen ausreichen, wird im Wesentlichen durch die Intensität der Beleuchtung, die Anzahl der Besucher, die bauphysikalischen Randbedingungen und natürlich die Beurteilung durch die verantwortlichen Restauratoren bestimmt. In vielen Museen werden aber auch die Anforderungen durch wirtschaftliche Zwänge beeinflusst.

Für Museumsbesucher und Mitarbeiter besteht aus hygienischen Gründen zusätzlich die Anforderung, die Räume mit schadstoffarmer Außenluft zu versorgen. Bei historischen Gebäuden mit Einfach- bzw. Doppelfenstern kann das überwiegend über die natürlichen Fugen der Fensterkonstruktion sichergestellt werden, die sogenannte Fugenlüftung – die Grenze bestimmt sich durch die Anzahl der Besucher. Die Intensität hängt vom Winddruck und den thermischen Gegebenheiten ab und ist somit nicht konstant! Bei sanierten Altbauten wird durch den Einbau neuer Fenster die Fugenlüftung stark eingeschränkt bzw. ganz unterbunden. Daraus ergibt sich dann die Notwendigkeit der mechanischen

Lüftung [9], denn eine Stoßlüftung durch Fensteröffnung kann im Museum nur eine Notlösung sein.

Randbedingungen für Klimakorridore

Welche regelungstechnischen und technischen Randbedingungen sind nun bei der Umsetzung der Klimaanforderungen zu berücksichtigen?

Für die technische Auslegung von Klimaanlagen ist eine höhere, zulässige sommerliche Raumtemperatur (erweiterter Klimakorridor) ein entscheidendes Mittel, um die Anlagengröße zu minimieren. Grenzen werden hier aber durch die Sicherstellung eines Mindestluftvolumenstroms zur Erzielung der gleichmäßigen Temperatur- und Feuchteverteilung im Raum gesetzt. Da sprunghafte Temperatur- und Feuchtwechsel nicht gewollt sind, ist in Museen das saisonale Gleiten von Temperatur und relativer Feuchte weit verbreitet. Weitere Größen zur Beschreibung eines Zustandspunktes der „feuchten Luft“ sind die absolute Feuchte (Feuchtegehalt) x und der Teildruck des Wasserdampfes (Partialdruck) p_D bei einem vorgegebenen barometrischen oder Gesamtdruck p_G (s. a. [10], [11], [12], [13]). Dabei ist die relative Feuchte φ das Verhältnis von Wasserdampfpartialdruck zum Sättigungsdruck des Wasserdampfes p_{DS} bei gleicher Temperatur.

$$x = \frac{m_D}{m_{L,tr}} = 0,622 \cdot \frac{p_D}{p_G - p_D}$$

$$p_D = \frac{p_G \cdot x}{0,622 + x}$$

$$\varphi = \frac{p_D}{p_{DS}}$$

$$p_{DS} = 610,78 \cdot \exp\left(\frac{17,08085 \cdot \vartheta}{234,175 + \vartheta}\right) \quad (\text{Magnus-Formel})$$

Mit diesen bekannten thermodynamischen Zusammenhängen wird der Luftzustand exakt beschrieben.

Konservatorisches Ziel bei der Bewahrung von Sammlungsgut ist die Minimierung von Stofftransporten in und aus den Objekten. Dies ist bezüglich des Wasserdampfes bei organischen und hygroskopischen Objekten, insbesondere Holz, Textilien und Papier, nur unter strenger Beachtung der Luftfeuchtigkeit in der Umgebungsluft zu gewährleisten, um ein Austrocknen oder Quellen der Objekte zu vermeiden sowie mikrobiologische Prozesse zu reduzieren. Dabei muss es das Ziel sein, den Stofftransport Wasserdampf sowohl aus der Luft in das Objekt als auch aus dem Objekt in die Luft zu minimieren, wenn sich zuvor ein gewünschtes Verhältnis eingestellt hat. Voraussetzung dafür ist die Ausgeglichenheit des Wasserdampfpartialdrucks an der Grenzschicht fester Körper (Objekt) und Gas (Luft).

Der Wasserdampfpartialdruck der feuchten Luft ist gekoppelt mit dem Wert des Wassergehaltes in der Luft, der absoluten Luftfeuchtigkeit x . Im h - x -Diagramm nach Mollier ist ersichtlich, dass sich bei Schwankungen bzw. Änderungen der Temperatur und gleichem Wassergehalt der Luft (konstante absolute Feuchte) auch die relative Luftfeuchtigkeit und umgekehrt verändert. Das heißt für die Museumsanwendung, dass die bisher sehr enge Regelung

der relativen Luftfeuchtigkeit durch Be- und Entfeuchtung bei einer eventuellen Temperaturänderung dazu führt, dass sich der absolute Feuchtegehalt der Luft verändert und damit infolge des Wasserdampfpartialdruckgefälles ein Stofftransport zwischen Luft und Objekt angestoßen wird.

Eventuelle kurzfristige Schwankungen der Raumtemperatur im Tagesgang (z. B. durch äußere Lasten wie Sonneneinstrahlung oder innere Lasten wie große Besucherzahlen oder Wärmeeintrag durch Beleuchtung) sollten also nicht mit ausschließlichen Blick auf die relative Luftfeuchtigkeit mit der Veränderung des Wassergehaltes in der Luft (Luftbefeuchtung oder Luftentfeuchtung) kompensiert werden. Es muss vielmehr betrachtet werden, ob und wie das Wasserdampfpartialdruckgefälle klein gehalten werden kann. Nur unter Minimierung des Wasserdampfpartialdruckgefälles zwischen Luft und Objekt kann der Stofftransport bei organischen und hygroskopischen Materialien auf ein Minimum beschränkt werden. Deshalb ist es sinnvoll und empfehlenswert, die absolute Feuchte als Regelgröße in Ansatz zu bringen. Außerdem ist der daraus resultierende Wasserdampfpartialdruck der Luft eine Bezugsgröße zur Bewertung des Feuchtetransports.

In der Praxis wird man dazu eine Regelung konzipieren, die nebenbei eine sehr wirtschaftliche Fahrweise bietet – bspw. aus „dynamischer“ Kaskadenregelung für Temperatur- und Feuchteregelkreis zusammengesetzt. Als Messgrößen werden hierzu grundsätzlich Temperatur und relative Feuchte herangezogen, als Führungsgrößen werden jedoch Temperatur und absolute Feuchte (Berechnung aus Temperatur und relativer Feuchte) verwendet.

Ökonomische Betriebsweise der Klimaanlage

Für eine physikalisch korrekte Auslegung und Regelung von Trocknungs- oder Befeuchtungsvorgängen und infolge für die präzise Regelung einer Klimaanlage, muss die absolute Luftfeuchte in g/kg als Auslegungs- und Berechnungsgrundlage herangezogen werden. Gemeinsam mit der Temperatur kann damit der Luftzustand eindeutig bestimmt werden. Unabhängig davon kann so eine besonders ökonomische Betriebsweise einer Klimaanlage erreicht werden. Man rechnet bei Präzisionsklimalösungen häufig an Stelle % r. F. mit absoluter Feuchte x in g/kg tr. Luft (oder mit der zugehörigen Taupunkttemperatur in °C), damit eine präzisere Fahrweise von Klimaanlage erreicht werden kann.

Bei der Festlegung von einzuhaltenden nutzungsbedingten Raumluftparametern wird im Allgemeinen auf die max. zulässige Raumlufttemperatur ϑ_L (in °C) und die max. zulässige relative Feuchte φ und ihre möglichen Toleranzen orientiert. Dies ist praktikabel, weil es auch ausreichende Messmöglichkeiten

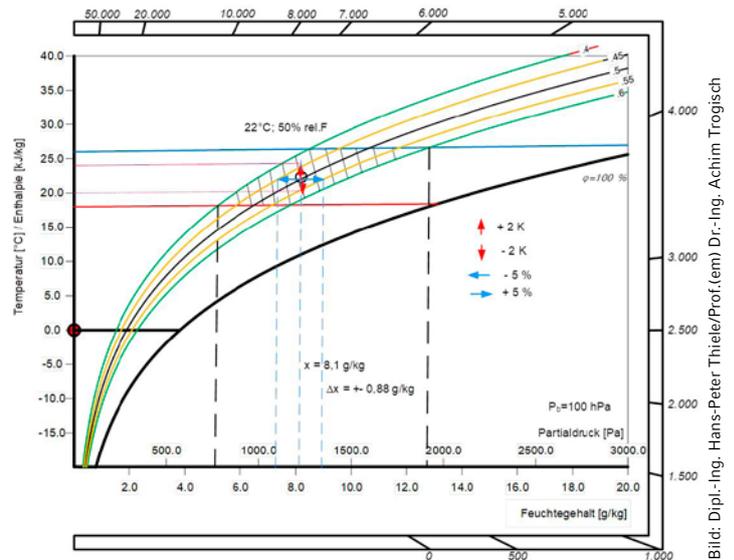


Bild: Dipl.-Ing. Hans-Peter Thiele/Prof.(em) Dr.-Ing. Achim Trogisch

Bild 3: Darstellung einer üblichen Schwankungsbreite bei einem mittleren Raumluftpunkt.

gibt. Die praktische Umsetzung der Regelstrategie für die Klimaanlage für das saisonale Gleiten (d. h. im Klimakorridor) ist beispielhaft in der Tabelle 1 und in Bild 2 im h,x -Diagramm dargestellt. [11]

Fazit zur Definition „Klimakorridor“

Die angegebenen Werte im Pkt. 1 sind aus technischen Gesichtspunkten interpretationsfähig:

- Berücksichtigen die angegebenen Grenzwerte bereits die zulässigen Regeltoleranzen (Bild 1 und 2)?
- Ist der zulässige Klimakorridor nach wie vor über ein außen temperaturunabhängiges, jahreszeitliches Gleiten von Temperatur und Feuchte zu realisieren?

Unter Klimakorridor sollte ein Bereich verstanden werden, in dem ein saisonales Gleiten einschließlich Regeltoleranzen der Klimaparameter, unabhängig von der Außentemperatur, möglich ist (s. a. Bild 1 - schraffiert).

Zu „Schwankungen“ (Punkt 3: Tabelle S. 30) - diese Tabelle wirft eine Reihe von Fragen auf:

- Änderungsgradient: undefinierter Begriff; die vorgegebene Zeiteinheit von 24 h würde eine zulässige Änderungsgeschwindigkeit z. B. bei der Temperatur von +/-2 K/24 h, d. h. von +/-0,083 K/h bedeuten! Besser: Schwankungsbreite innerhalb einer bestimmten Zeiteinheit.
- Was bedeutet +5 % oder -5 %, was ist der Bezug? Eine technische Abweichung muss immer mit +/- definiert werden!
- Stellen die Werte gemäß Punkt 1 Grenzwerte dar, in denen die Temperatur und/oder die relative Feuchte schwanken dürfen? Wenn ja, um welche Schwankungsbreite (s. a. Bild 3)?

Beispielhafter Verlauf beim saisonalen Gleiten des Raumklimas für ein historisches Gebäude

Monat	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
Temperatur θ_{RAL} °C	20	20	21	22	23	24	24	24	23	22	21	20
rel. φ in %	45	46	48	50	52	54	55	54	52	50	48	46
abs. Feuchte x in g/kg	6,9	7,1	7,7	8,8	9,5	10	10,8	9,5	9,2	8,8	7,7	7,1
Wasserdampf-Partialdruck pD in mbar	10,97	11,28	12,23	13,95	15,04	15,82	17,07	15,04	14,57	13,95	11,28	10,93

Tabelle: Trogisch/Thiel



Bild: Dipl.-Ing. Hans-Peter Thiele

Unter der Annahme, dass die in der Tabelle angeführte Schwankung von +5 % **oder** -5 % nur eine regelungstechnische Schwankungsbreite von +/- 2,5 % zulässt, ist eine regelungstechnische Umsetzung im Museum zu bezweifeln. Bezüglich der zulässigen Feuchteschwankungen wird hier auf die Aussagen in [2], [3] und [6] hingewiesen.

Zusammenfassung

Der Vorschlag, einen einheitlichen Klimakorridor zu definieren und anzuwenden, ist aus regelungstechnischen, energetischen und ökonomischen Aspekten richtig. Bei der Festlegung von Grenzwerten wäre es empfehlenswert, eindeutige, fachlich und thermodynamisch nachvollziehbare Werte zu postulieren. Bereits in der Vergangenheit ausgeführte Anlagen mit einem Klimakorridor haben gezeigt (s.a. [9], [5]), dass der Vorschlag aus Nachhaltigkeitsgründen auch zukünftig weiter verfolgt werden sollte. Eine Vergrößerung des zulässigen Toleranzbandes (Schwankungsbreite), wie im Bizot-Green Protokoll [2] und von ASHRAE [3] angeregt, sollte dabei in weiteren Diskussionen thematisiert werden. Nicht

nur allein durch die Erweiterung des Klimakorridors, sondern auch durch eine Vergrößerung des zulässigen Toleranzbandes sind weitere Energieeinsparungen möglich!

Was kann unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten zur Energieeinsparung und energieoptimierten Auslegung von RLT-Anlagen weiter empfohlen werden:

- konsequentes Monitoring des Energieverbrauchs,
- richtige Bemessung der Außenluftvolumenströme [9],
- Luftqualitätsfühler, um den Außenluftvolumenstrom den jeweiligen Belastungen automatisch anzupassen,
- Entfeuchtereinheit im Frischluftkanal anordnen [9],
- außerhalb der Öffnungszeiten bzw. in den Nachtstunden eine Abschaltung bzw. Reduzierung des Luftvolumenstroms der RLT-Anlage, wenn keine oder geringe Laständerungen zu erwarten und eine ausreichende Speicherkapazität der Raumumschließungskonstruktion vorhanden sind, der Nachweis kann über Simulationen bei der Anlagenauslegung bzw. im Bestand durch ein erweitertes Monitoring geführt werden,
- Umfang und die Notwendigkeit akzentuierender Beleuchtung von Objekten in den Ausstellungen, insbesondere im Tageslichtfall, ist zu überprüfen. ■



Wie groß ist Ihr
Ökologischer
Fußabdruck?



WE ARE
PLANET
PASSIONATE

Das adiabate Kühl-
und Lüftungssystem
Colt Coolstream
verkleinert Ihren
Ökologischen Fuß-
abdruck **bis zu 70%**

*keine chemischen Kühlmittel

*nachhaltige Materialauswahl

*geringe Betriebs- und Investitionskosten

Unser Beitrag für energieeffiziente und nachhaltige Gebäudetechnik.

www.colt-info.de

COLT
a Kingspan company