

Klimaregulierung in Bibliotheks- magazinen

Mario Glauert

Einleitung – 1 Klimawerte für ein Bibliotheksmagazin –
2 Klimamessung – 3 Klimaregulierung – 4 ‚Lüften‘ von Bibliotheksmagazinen –
5 Neubau von Magazinen – Literatur- und Internetquellen

Für die dauerhafte Aufbewahrung und Erhaltung von historisch bedeutsamem Bibliotheksgut sind die in den Magazinen herrschenden Temperatur- und Feuchtigkeitswerte von entscheidender Bedeutung. Ein Raumklima, das nicht an die dort gelagerten Materialien angepasst ist, beeinträchtigt die Haltbarkeit des Bestandes, schädigt die Stücke und verkürzt damit ihre Lebensdauer erheblich.

Einleitung

Eine hohe Temperatur und Luftfeuchtigkeit beschleunigen die chemischen Abbauprozesse im Papier und in anderen Materialien (z. B. Fotos). Eine relative Feuchte von über 60–65 % führt zur Bildung von Schimmel, erlaubt schädigenden Stoffen aus den Materialien selbst (z. B. beim Tintenfraß) oder aus der Umgebung (Luftschadstoffe) ein tieferes Eindringen in die Stücke und kann bei Bibliotheksmaterialien, die schnell Feuchtigkeit aus der Umgebung aufnehmen und abgeben, also stark hygroskopisch sind (wie z. B. Papier oder Pergament), zum Aufquellen und Verformen führen.

Eine zu geringe Luftfeuchtigkeit trocknet die Materialien aus und verringert (mitunter irreparabel) ihre Flexibilität. Papier, Pergament, Leder und andere Medien wie Filme oder Magnetbänder können verspröden und verhärten, was die Materialien noch anfälliger für mechanische Beschädigungen macht.

Besonders hohen mechanischen Belastungen werden die Materialien durch häufige und schnelle Schwankungen des Klimas ausgesetzt, die daher die größte Gefahr für historische Sammlungen darstellen. Bei Büchern und Nachlassmaterialien, die aus unterschiedlich hygroskopischen Materialien bestehen (z. B. mittelalterliche Codizes, Sammlungen in Nachlässen), können dauerhafte Verformungen auftreten. Temperatur- und Feuchtigkeitsdifferenzen befördern das Eindringen von Schadstoffen in die gelagerten Objekte und können darüber hinaus zur Entstehung von Kondenswasser und damit zur Bildung von Schimmel führen. Bei Fotos (aber auch Digitaldrucken) können Spannungen zwischen den verschiedenen Schichten auftreten, die Risse in der Oberfläche zur Folge haben.

1 Klimawerte für ein Bibliotheksmagazin Da hohe Temperaturen die chemischen Abbauprozesse in allen Bibliotheksmaterialien beschleunigen, sollten die Temperaturwerte in einem Magazin nach Möglichkeit immer so niedrig wie möglich gehalten werden. Im Prinzip ist in herkömmlich konstruierten Gebäuden das Beheizen von Lagerräumen für die dauerhafte Erhaltung von Bibliotheksgut nicht nötig. In der Praxis bringen stark gekühlte Magazine indes erhebliche Probleme mit sich. Die Luftfeuchtigkeit lässt sich bei sehr niedrigen Temperaturen schwer kontrollieren: Bereits feuchtes Wischen oder der längere Aufenthalt von Personen kann zu einem sehr starken Anstieg der relativen Feuchte führen. Um rasche Klimaschwankungen zu vermeiden, müssen Stücke, die zur Bearbeitung oder Benutzung ausgehoben werden, aufwändig verpackt und zunächst in mehreren Stufen allmählich akklimatisiert werden, was zu erheblichen Wartezeiten für die Nutzer führt. Zwischen schneller Verfügbarkeit und optimaler Aufbewahrung ist daher ein Kompromiss zu finden. Zudem ist für ein laufend benutztes Magazin auch aus arbeitsschutzrechtlichen Gründen auf zumutbare Arbeitstemperaturen für die dort dauerhaft tätigen Beschäftigten zu achten.

Die Temperatur- und Feuchtwerte, die eine optimale Langzeitaufbewahrung gewährleisten, sind für die einzelnen in einem Bibliotheksmagazin gelagerten Materialien unterschiedlich. Nach Anhang B der DIN ISO 11799 [4], die Anforderungen an die Aufbewahrung von Archiv- und Bibliotheksgut formuliert, aber auch die Erfordernisse einer Benutzung der Stücke berücksichtigt, sollten beispielsweise folgende Richtwerte eingehalten werden:

Tab. 1: Optimale Temperatur- und Feuchtwerte für Archiv- und Bibliotheksgut nach DIN ISO 11799.

Material	Temperatur (°C)	relative Feuchte (%)
Papier	14–18 ± 1	35–50 ± 3
Pergament, Leder	2–18 ± 2	50–60 ± 3
Mikrofilm (schwarzweiß Silber-Gelatine-Film auf Polyester)	21 ± 2	20–50 ± 5
Farbfilm (Negative)	-10 ± 2	20–50 ± 5
Fotografien schwarz-weiß	18 ± 2	30–50 ± 5
Fotografien Farbe	2 ± 2	30–40 ± 5
Magnetbänder	8–11 ± 2	15–50 ± 5

Schon aus praktischen Erwägungen wird nicht jede Medieneinheit ein optimal angepasstes Raumklima erhalten können, zumal ein Magazinbestand nicht selten aus unterschiedlichen Materialien besteht. Für Sammlungen mit unterschiedlichen Medien muss stets ein Kompromiss gefunden werden. Zu empfehlen ist eine durchschnittliche Raumtemperatur von 18° ± 2° C und eine relative Feuchte (rF) von 50 ± 5 %.

Dennoch sollten für Medien mit unterschiedlichen Klimaanforderungen wie (Papier-)Bücher, Pergamentbände, Mikrofilme und Magnetbänder nach Möglichkeit

auch gesonderte Klimabereiche innerhalb eines Magazins eingerichtet werden. Ist eine raumbezogene Klimatisierung nicht möglich, kann durch wiederholte Messungen ermittelt werden, welche Bereiche sich aufgrund ihrer gewöhnlichen Klimawerte am besten für die Lagerung bestimmter Materialien eignen. Für kleinere Sammlungen sehr temperaturempfindlicher Medien wie Farbnegative oder -fotos genügt häufig schon ein Kühlschrank, um ein besseres Aufbewahrungsklima zu erreichen.

Noch wichtiger als das Erreichen bestimmter Idealwerte sind allerdings möglichst konstante Klimabedingungen. Häufige Schwankungen des Magazinklimas oder der ungeschützte Transport durch verschiedene Temperaturbereiche (etwa vom sommerlichen Lesesaal in das gekühlte Magazin) schädigen Bücher weit mehr als eine stetig um einige Grad erhöhte Raumtemperatur. Gerade im jahreszeitlichen Verlauf sind Schwankungen kaum zu vermeiden und bei mäßigem Verlauf auch wenig schädlich. Anstelle einer Einhaltung starrer Werte, die ein permanentes, mit regelmäßigen Klimaänderungen verbundenes Korrigieren erfordert, sollte daher lediglich die Bandbreite der Schwankungen kontrolliert werden.

Die Vorgaben für das Magazin gelten im Prinzip für alle Räume, in denen historisch wertvolles Bibliotheksgut über eine längere Zeit gelagert wird, also auch für den Lesesaal, die Bearbeitungsräume, die Lagerräume der Bildstelle und der Restaurierungswerkstatt usw. Zwar werden sich dort nicht die empfohlenen kühlen Temperaturen erreichen lassen, doch sollte auch in diesen Räumen auf eine Kontrolle der relativen Feuchte geachtet werden.

Für eine sachgemäße Regulierung des Klimas in den Magazinen sind kontrollierte Messungen und Grundkenntnisse über die Beziehung von Temperatur und relativer Feuchte unabdingbar. Gerade wenn das Magazin nicht über eine automatische Klimasteuerung mittels raumluftechnischer Anlagen verfügt, kommt dem gezielten Heizen und Lüften eine entscheidende Bedeutung zu.

2
Klimamessung

Zwei Grundregeln sind zu beachten:

- Die *relative Luftfeuchte* ist immer abhängig von der *Temperatur*. Verändert man die Temperatur, ändert sich immer auch die relative Feuchte.
- Warme Luft kann mehr Feuchtigkeit aufnehmen als kalte. Erwärmt man die Raumluft (z. B. durch eine Heizung), kann sie mehr Feuchtigkeit aufnehmen; die relative Luftfeuchtigkeit sinkt. Kühlt sich warme Raumluft ab (z. B. bei sinkenden Außentemperaturen), kann sie weniger Feuchtigkeit halten; die relative Luftfeuchtigkeit steigt. Dies gilt natürlich nur, wenn man den absoluten Wassergehalt der Raumluft insgesamt nicht verändert, also keine Feuchtigkeit zuführt (z. B. durch feuchtes Wischen) oder entzieht (z. B. durch einen Entfeuchter).

Das Verhältnis von Temperatur und relativer Feuchte lässt sich im sog. h-x-Diagramm nach Mollier ablesen (vgl. Abb. 1), das auf den ersten Blick zwar etwas verwirrend erscheint, für das sinnvolle Klimatisieren eines Magazins aber unerlässlich ist.

Auf der x-Achse ist der absolute Wassergehalt der Luft in g pro kg trockene Luft eingetragen (1,2 kg Luft entspricht bei 20° C etwa einem Kubikmeter), also die absolute Wassermenge, die in der Raumluft eines Magazins vorhanden ist. Diese absolute Luftfeuchtigkeit ist unabhängig von der herrschenden Temperatur.

Auf der y-Achse ist die Lufttemperatur in Grad Celsius ablesbar. An den logarithmischen Kurven des Diagramms lässt sich die relative Feuchtigkeit in Prozent ablesen, wobei die unterste Kurve (100 %) jeweils die Temperatur des Taupunktes für eine bestimmte in der Luft gelöste Menge Wasserdampf markiert. Sinkt die Lufttemperatur auf diesen Wert, kommt es zur Bildung von Kondenswasser.

Am Schnittpunkt der 18° C-Linie mit der Kurve für eine relative Feuchte von 50 % ist der empfohlene Idealpunkt für ein vornehmlich aus Papier bestehendes Bibliotheksmagazin eingetragen. Die Temperatur- und Feuchtwerte für die zulässigen Schwankungen (16° C und 20° C, 45 % und 55 % relativer Feuchte) markieren die Eckpunkte für einen akzeptierbaren Toleranzbereich.

Voraussetzung für die Benutzung des Diagramms zur Regulierung des Magazinklimas ist die Ermittlung der jeweils aktuell herrschenden Klimadaten. Da für die optimale Aufbewahrung von Medien in einem Magazin die Temperatur *und* die relative Feuchte wichtig sind, müssen mittels eines Thermometers und eines Hygrometers immer beide Werte gemessen werden.

Alle Messgeräte sollten regelmäßig gewartet und kalibriert werden. Dies gilt insbesondere für Haarhygrometer, die regelmäßig mindestens 24 Stunden lang einer mit Feuchtigkeit gesättigten Luft ausgesetzt sein müssen (z. B. durch Einschlagen in feuchte Tücher). Einfache Haarhygrometer, die seit Jahren unbehandelt an einem Bücherregal hängen, zeigen keine auch nur annähernd zuverlässigen Feuchtwerte mehr an.

Inzwischen sind im Elektronikhandel bereits für rund 100 € handliche digitale Feuchte- und Temperaturmessgeräte erhältlich, die mit einem Messbereich von -20° bis 70° C, einer Auflösung von 0,1° C bzw. 0,1 % relativer Feuchte, einer Genauigkeit von 0,5–2 % und einer Ansprechgeschwindigkeit von ca. 15 Sekunden für Messungen in Magazinen völlig ausreichend sind.

Etwas teurer sind Geräte, die eine interne elektronische Speicherung und die PC-Übertragung der Messwerte in gängige Tabellenkalkulationsprogramme erlauben. Die Aufzeichnung der Messergebnisse und das Erstellen von Klimakurven können langfristige Trends und typische jahreszeitliche Schwankungen aufzeigen. Die Daten können die Grundlage für bauliche, organisatorische oder technische Verbesserungen bilden und erlauben nach der Durchführung solcher Maßnahmen eine Beurteilung, ob sich die Klimawerte nachhaltig verbessert haben. Es empfiehlt sich daher immer, die gemessenen Werte auch schriftlich in einer Tabelle oder übersichtlich in einer Kurve festzuhalten.

Wird ein komplexes technisches Mess-System installiert, ist auf eine leicht verständliche Handhabung sowohl der Technik als auch der Auswertungssoftware zu achten. Zumindest für die routinemäßige Klimamessung – im Gegensatz zur technischen

Klimaregulierung über komplexe raumluftechnische Anlagen – sollte kein Spezialpersonal erforderlich sein. Entscheidend für die Qualität der Ergebnisse und damit die Klimasteuerung insgesamt ist die Verteilung der Messfühler. Moderne Messwertgeber für Temperatur und Feuchte beziehen ihre notwendige Energie aus dem Umgebungslicht und benötigen daher keinerlei Verkabelung. Im Grundsatz gilt zwar, dass eine große Zahl von Messfühlern, die auch Sonderklimabereiche erfasst (Türen, Fenster, Heizungen, Außenwände usw.), verlässlichere Ergebnisse liefert, doch senden gerade moderne Anlagen häufig eine kaum mehr überschaubare und damit kontrollierbare Zahl von Messwerten in kurzen Zeitabständen. Für eine ausgewogene Klimaregulierung sind dabei zumeist nur die ‚Ausreißer‘ interessant, während die Masse der Daten im Toleranzbereich (definiert als zulässige Schwankungsbreite pro Zeitintervall) kurzfristig gelöscht werden kann. Über akute Klimaschwankungen können moderne Klimasysteme auch außerhalb der Dienstzeiten z.B. per SMS informieren.

Die Klimawerte müssen *regelmäßig* und *durchgängig* gemessen werden. Durch Temperaturänderungen im Verlauf von Tag und Nacht, durch Arbeiten im Magazinraum, feuchtes Reinigen oder das ‚Auskühlen‘ an Wochenenden können starke Schwankungen entstehen, die bei nur punktuellen Messungen übersehen werden, das Buch aber erheblich schädigen können. Für Dauermessungen sind dagegen analoge Thermohygrographen bzw. vergleichbare elektronische Kontrollsysteme einzusetzen, die auch außerhalb der Dienst- und Öffnungszeiten Klimamessungen durchführen und aufzeichnen. Die klimatische Eignung eines Magazinraumes kann erst bei einer Kontrolle der Messwerte eines ganzen Jahres zuverlässig beurteilt werden.

Entscheidend für die dauerhafte Erhaltung des Archiv- oder Bibliotheksguts sind die Temperatur- und Feuchtigkeitswerte direkt am Objekt selbst bzw. innerhalb der Verpackungen. Zwischen den Bücherreihen können deutlich andere Werte vorliegen als z. B. in den Gängen oder in den ‚Extrembereichen‘ der Magazinräume, also an Außenwänden (Unterschiede zwischen Nord- und Südwänden!), an Wänden zu beheizten Nachbarräumen, in der Nähe von Fenstern, Türen, Heizungen, Klimaanlage usw. Auch dort ist aber regelmäßig zu prüfen, ob z. B. durch erhöhte Luftfeuchte Schimmel entsteht; durch eine gleichmäßige Luftzirkulation sollten dabei grundsätzlich Bereiche mit permanent erhöhter Luftfeuchtigkeit (Wände, Raumecken) vermieden werden. Für Messungen in Stapeln von Papier kann ein sog. Einstech-Hygrometer (‚Klimaschwert‘) verwendet werden.

Das in den Magazinen gelagerte Bibliotheksgut ist in seiner Wirkung auf das Raumklima nicht zu unterschätzen. Bei einer relativen Feuchte von 50% enthalten Bücher rund 9–10% Wasser, das bei einer Reduzierung der Raumfeuchte aber nur allmählich abgegeben wird. Umgekehrt wird zugeführte Feuchte von den Bibliotheksmaterialien erst verzögert aufgenommen. Wird nach dem mehrstündigen Einsatz eines Luftentfeuchters in einem Raum also eine akzeptable relative Luftfeuchte gemessen, kann diese einen Tag später aufgrund der Ausdünstungen des Papiers schon wieder deutlich zu hoch sein, ohne dass der Raum betreten oder belüftet wurde.

3 Klimaregulierung Jede manuelle oder technische Änderung von Temperatur und Feuchtigkeit bedeutet eine bewusst herbeigeführte, kurzfristige Schwankung des Magazinklimas und setzt die dort gelagerten Bücher damit erhöhten mechanischen Belastungen aus. Ein Magazin, in dem das Klima permanent nachreguliert werden muss, bietet daher keine idealen Bedingungen für die dauerhafte Aufbewahrung von historisch wertvollem Bibliotheksgut.

Vor jeder Regulierung eines Magazinklimas, das sich bei Messungen als ungeeignet erwiesen hat, ist zu prüfen, welche baulichen, technischen oder organisatorischen Faktoren möglicherweise für die ungünstigen Werte verantwortlich sind. Um wiederholte Nachregulierungen und damit permanente Klimaschwankungen zu vermeiden, sollte zunächst versucht werden, diese Ursachen zu beseitigen oder zumindest in ihrer Wirkung zu mindern. Dies kann von organisatorischen Maßnahmen wie dem Verschlossenhalten von Magazinzugängen über einfache Umbauten an Fenstern (Abdunkeln oder Abdichten) bis hin zu Installationsarbeiten (Anpassung von Heizkörpern) oder größeren Baumaßnahmen wie dem Isolieren der Außenwände oder dem Einrichten von Fluren als Klimaschleusen zwischen Magazin und Außenbereich reichen.

Eine große Klimagefahr besteht an Außenwänden, insbesondere in den Raumecken. Eine ungenügende Außendämmung führt zu großen Temperaturdifferenzen zwischen Wand und Raumluft. Der starke Abfall der Temperatur an den Außenwänden des Raumes führt zu einem Niederschlag der überschüssigen Flüssigkeit an den Wänden: Die warme Raumluft stößt an die kalte Außenwand, kann nicht mehr so viel Feuchtigkeit binden und gibt sie daher ab. Diese permanente Kondensfeuchte kann zur Bildung von Schimmel führen. Auch aus diesem Grund sollte an Außenwänden ein Regalabstand von mindestens 20 cm eingehalten werden.

Die Schimmelbildung an kühlen Außenwänden beginnt zumeist in den Ecken eines Raumes, wo verhältnismäßig mehr Kältefläche von außen auf einen Punkt im wärmeren Innern des Raumes einwirkt, was dort das Risiko von Kondensfeuchte und damit Schimmelwachstum noch verstärkt. Durch eine verstärkte Dämmung und eine gute Luftzirkulation im Magazin sind solche Kälte- und Feuchtestauungen in den Ecken daher nach Möglichkeit zu vermeiden.

Das Klimakonzept eines Magazins sollte zudem eine Trennung der Funktionsbereiche ‚Lagerung‘ und ‚Bearbeitung‘ von Bibliotheksgut vorsehen, um eine stabile Klimatisierung der Bücher bei möglichst geringer Luftfeuchte und niedrigen Temperaturen erreichen zu können. Pflanzen, die z. B. in Büroräumen für eine gute Feuchteregulierung sorgen können, dürfen wegen der mit ihnen verbundenen mikrobiologischen Gefährdungen und des benötigten Sonnenlichts nicht in einem Magazin aufgestellt werden.

Wassergefüllte Luftbefeuchter an Heizkörpern oder andere Verdunstungsanlagen sollten ebenfalls in Magazinräumen vermieden werden, da sie einen guten Nährboden für Mikroorganismen bilden. Gleiches gilt für Lüftungs- und Klimaanlage, deren Filter nicht regelmäßig und sorgfältig gereinigt oder ausgetauscht werden. Um dem Magazinraum Feuchtigkeit zuzuführen und zugleich Staub und Schimmelsporen zu binden,

empfiehlt sich eine regelmäßige feuchte (nicht nasse) Reinigung des Bodens und der Regale.

Für alle raumlufttechnischen Anlagen sind die Vorgaben der Hersteller für die Reinigung und Wartung insbesondere der Filteranlagen zu beachten, um eine gesundheits- und bestandsgefährdende Ausbreitung von Schimmelsporen zu vermeiden. Auch einfache Geräte wie mobile Luftbefeuchter oder -entfeuchter sollten unbedingt mit Hygrostaten ausgestattet sein, die sich beim Unter- bzw. Überschreiten bestimmter einstellbarer Werte automatisch abschalten. Bei ihrem Dauerbetrieb oder einem Einsatz in kleinen Räumen ist zu beachten, dass diese Geräte technisch bedingt auch die Raumtemperatur verändern können (Abwärme).

Für die Dimensionierung der Anlagen sollte beachtet werden, dass für Magazine, in denen weniger oder seltener Menschen arbeiten, im Unterschied zu einem herkömmlichen Verwaltungsgebäude oder zu Büro-, Arbeits- und Leseräumen ein geringerer Luftaustausch erforderlich ist. Allerdings muss man Architekten auch erläutern, dass es sich keineswegs um hermetisch abgeschlossene Lagerräume handelt, in denen Bücher lediglich verwahrt und nicht bewegt werden.

Die Heizungs- und Klimasysteme der Magazinräume sollten unabhängig vom Rest der Bibliothek bzw. des Gebäudes gesteuert werden können, andernfalls droht z. B. bei ‚Energiesparmaßnahmen‘ von Verwaltungen an Wochenenden oder bei Betriebsferien ein Abkühlen der Räume, was zu einem gefährlichen Anstieg der relativen Luftfeuchte führen kann.

Steht für ein Magazin, das nicht über ein stabiles Raumklima verfügt, keine ausreichende technische Klimatisierung zur Verfügung, können Temperatur- und Feuchtewerte häufig nur durch das ‚Lüften‘ des Raumes, also die Zufuhr von Außenluft (aus dem Außenbereich, dem Flur oder Nachbarräumen) über Fenster, Türen oder Lüftungsklappen beeinflusst werden. Wie jede Form der Klimaregulierung im Magazin bedeutet auch diese Maßnahme eine bewusst herbeigeführte Klimaschwankung, die das Bibliotheksgut mechanischen Belastungen aussetzt und daher nur behutsam und kontrolliert erfolgen sollte.

Um durch das Lüften eine sinnvolle Regulierung von Luftfeuchte und Temperatur in Richtung der gewünschten Idealwerte zu erreichen, müssen vorab auch die Werte der zugeführten Luft, also von Temperatur und relativer Feuchte im Außenbereich, gemessen werden. Eine Einschätzung der Werte ‚nach dem Gefühl‘ ist dabei wenig verlässlich, da unser von vielen Faktoren bestimmtes persönliches Wärme- oder Feuchteempfinden für eine solche Bestimmung nicht ausgelegt ist.

Ob Außenluft geeignet ist, das Magazinklima positiv zu beeinflussen, lässt sich indes selbst nach einer Messung nicht immer auf Anhieb entscheiden, denn nur selten bietet das Wetter ideale Feuchte- und Temperaturwerte (z.B. 18°C, 50 % rel. Feuchte), die sich unmittelbar in das Magazin übertragen ließen. Zur Abschätzung eines günstigen Außenklimas für die Regulierung von Magazinräumen ist daher immer das h-x-Diagramm heranzuziehen.

4
‚Lüften‘
von Bibliotheks-
magazinen

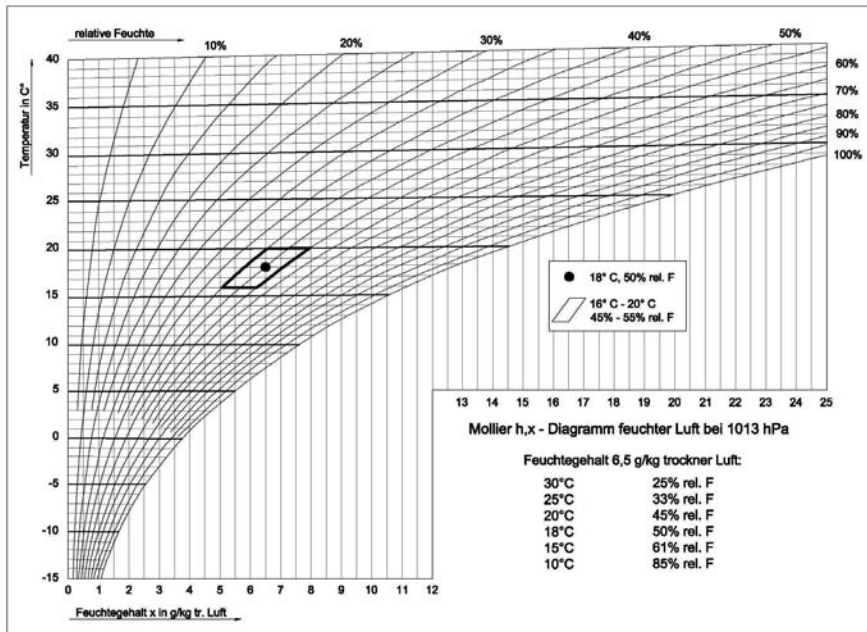


Abb. 1: h-x-Diagramm nach Mollier

Das Diagramm zeigt, dass für Papier in einem laufend benutzten Magazin (18°C, 50 % rel. Feuchte) der ‚ideale‘ Wassergehalt der Raumluft bei etwa 6,5 (6,4119) g/kg liegt. Bei folgenden gemessenen Klimawerten genügt also eine Regulierung der Temperatur (z. B. über die Heizung oder die Klimaanlage), um ein gutes Magazin Klima zu erhalten:

30° C	25 % rel. Feuchte
25° C	33 % rel. Feuchte
20° C	45 % rel. Feuchte
15° C	61 % rel. Feuchte
10° C	85 % rel. Feuchte

Tab. 2: Raumtemperatur und rel. Feuchte bei ‚idealem‘ Wassergehalt der Luft.

Liegt der absolute Wassergehalt in den Magazinräumen deutlich oberhalb (über 8 g/kg) oder unterhalb (unter 5 g/kg) dieses Wertes, ist eine Ent- bzw. Befeuchtung der Räume notwendig.

Durch das Lüften wird das Innenklima dem Außenklima angepasst. Trägt man auf dem h-x-Diagramm die beiden Punkte für das Innen- und das Außenklima ein und verbindet sie, so kann man sich – etwas vereinfacht – vorstellen, dass sich das Raumklima beim Lüften entlang der Verbindungslinie vom Innenpunkt zum Außenpunkt bewegt (in der Praxis ähnelt der Verlauf eher einer logarhythmischen Kurve). Je näher diese Verbindungslinie vom Innenwert zum Außenwert dem ‚idealen‘ Klimapunkt (z.B. 18°C, 50% rel. Feuchte) kommt, desto geeigneter ist die Außenluft für eine Klimaregulierung des Magazinraumes. Entfernt sich die Linie eher vom Idealpunkt, ist

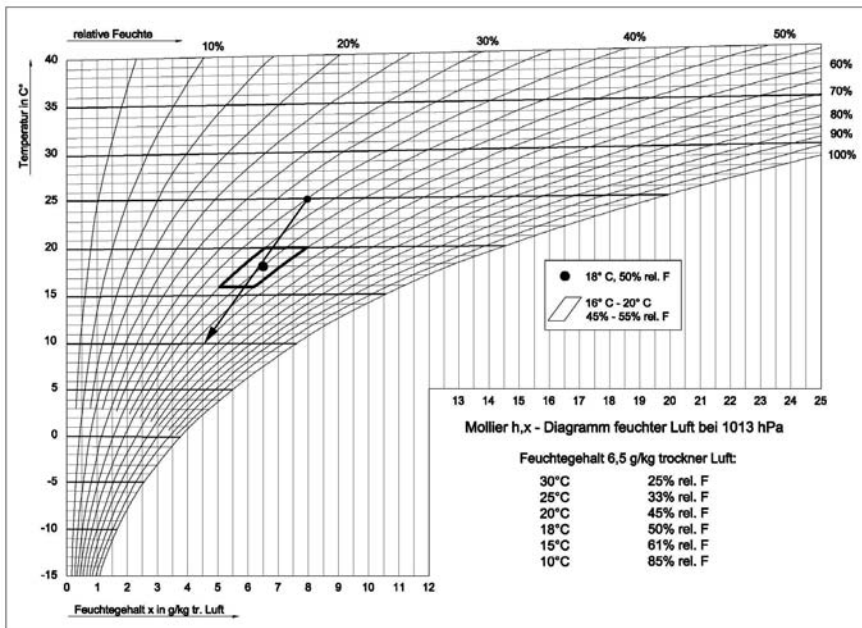


Abb. 2: Beispiel 1.

das Außenklima für eine Belüftung des Magazins ungeeignet, da sie die Innenwerte nur weiter verschlechtert. Drei Beispiele mögen dies verdeutlichen:

Beispiel 1:

Gemessene Innenwerte: 25°C, 40 % rel. Feuchte

Gemessene Außenwerte: 10°C, 60 % rel. Feuchte

Die Verbindungslinie vom Innenwert zum Außenwert verläuft fast genau durch den Idealpunkt. Das Außenklima kann also genutzt werden, um das deutlich zu warme Klima im Magazinraum, der außerdem (trotz der zu geringen relativen Feuchte) eine schon recht hohe absolute Feuchte enthält (knapp 8 g/kg), positiv zu beeinflussen.

Beispiel 2:

Gemessene Innenwerte: 18°C, 25 % rel. Feuchte

Gemessene Außenwerte: 10°C, 50 % rel. Feuchte

Die Verbindungslinie vom Innenwert zum Außenwert entfernt sich eher vom Idealpunkt, als dass sie in seine Richtung geht. Die günstige relative Feuchte im Außenbereich kann also nicht genutzt werden, um die niedrige Luftfeuchtigkeit im Innern anzuheben.

Beispiel 3:

Gemessene Innenwerte: 25°C, 30 % rel. Feuchte

Gemessene Außenwerte: 13°C, 50 % rel. Feuchte

Die Verbindungslinie vom Innenwert zum Außenwert verläuft zwar nicht durch den Idealpunkt bzw. den Idealbereich, geht aber deutlich in seine Richtung. Das Außenklima

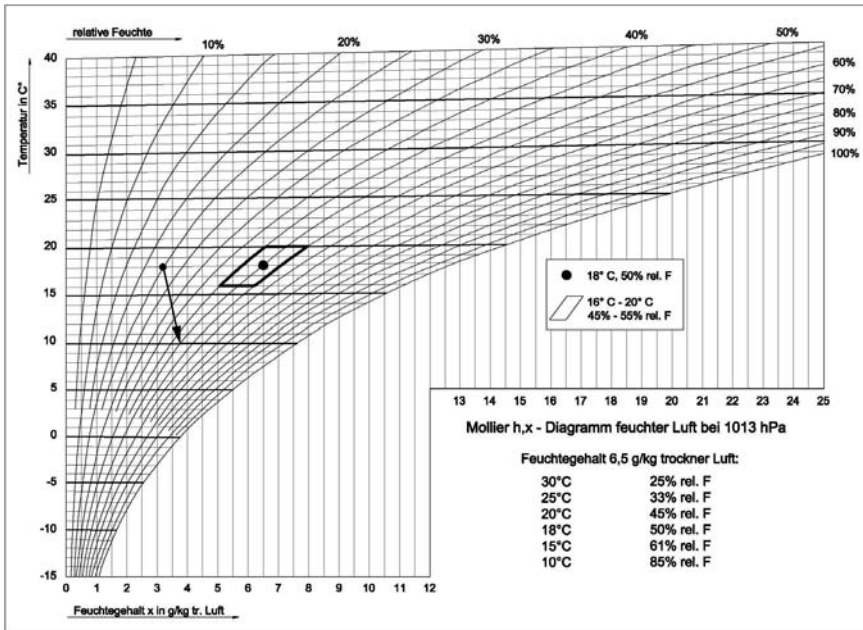


Abb. 3: Beispiel 2.

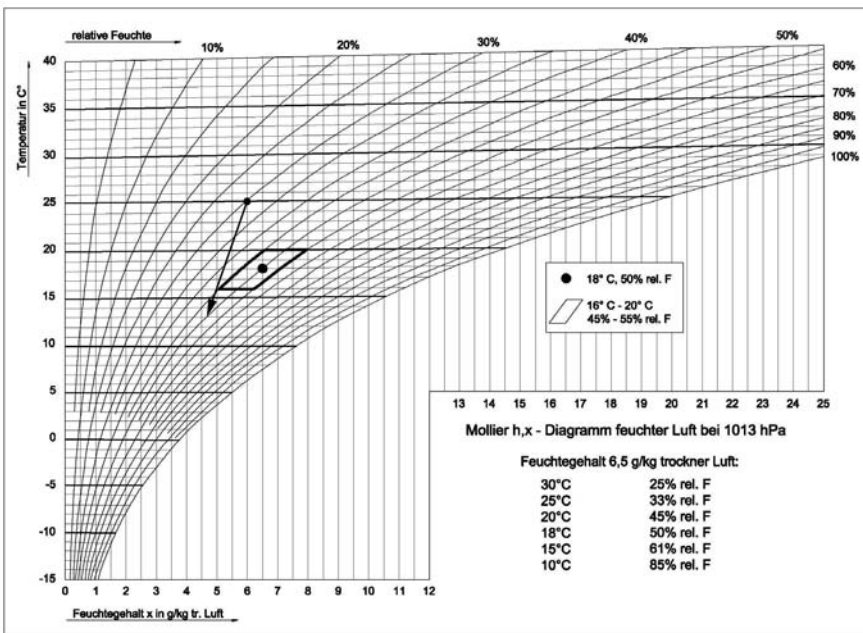


Abb. 4: Beispiel 3.

könnte also bedingt genutzt werden, um das viel zu warme Magazin herunterzukühlen. Tritt diese Situation im Winter ein, genügt es indes, nur die Heizung zu drosseln, denn die absolute Feuchte im Magazin (knapp 6 g/kg) liegt nahe dem Idealbereich.

Die Klimaregulierung durch Lüften muss immer vorsichtig und gleichmäßig erfolgen. Ein kurzes ‚Stoßlüften‘ bedeutet insbesondere bei großen Klimadifferenzen die Gefahr, dass das Bibliotheksgut in der Nähe der Lüftung durch die plötzliche Klimaschwankung erheblich geschädigt wird. Grundsätzlich ist ein gleichmäßiges Lüften über Klappen also einem kurzzeitigen weiten Öffnen der Fenster vorzuziehen, auch wenn dies z. B. für Wohnräume unter Energiespargesichtspunkten eher umgekehrt empfohlen wird.

Bei großen Klimaunterschieden zwischen dem Innen- und Außenbereich (Differenz größer als 15°C oder 30% rel. Feuchte) sollte auf ein ‚direktes‘ Lüften über Außenfenster grundsätzlich verzichtet werden. Stattdessen sollte man die Möglichkeit eines ‚Innenlüftens‘ über die Türen zu benachbarten Räumen mit geeigneteren Klimawerten prüfen. Gegebenenfalls kann vorab auch das Klima solcher Nachbarräume mittels Lüften über Außenfenster verbessert werden (indirektes Lüften des Magazinbereichs). Eine Verpackung trägt besonders in Magazinen, die nur über Fenster zu belüften sind, viel zu einem behutsamen Austemperieren bei, da die Klimaanpassung im Innern eines Kartons träger und verzögert verläuft.

Besonders große Gefahr besteht beim Lüften im Winter: Die kalte Außenluft kann kaum Wasser aufnehmen. Kommt sie in die beheizten Magazinräume, wird sie erwärmt und kann viel mehr Feuchtigkeit binden. Diese Feuchte bezieht sie nicht nur aus dem Gebäude, sondern bei gefüllten Magazinen vor allem aus dem Bibliotheksgut. Dies führt zur Austrocknung der Materialien mit den geschilderten schädlichen Folgen.

Das Lüften im Winter bei kalten Außentemperaturen sollte also grundsätzlich unterbleiben. Ein Blick auf das h-x-Diagramm zeigt, dass die Luft überhaupt erst bei Temperaturen von über 5°C eine absolute Feuchtigkeitsmenge aufnehmen kann, die den empfohlenen Werten für ein Magazin (5–8 g/kg) nahe kommt.

Eine Ausnahmesituation kann beim Beziehen eines Neubaus eintreten. Könnte das Gebäude nicht mehr ausreichend austrocknen, besteht die Gefahr, dass die stark hygroskopischen Materialien (Papier, Pergament) die ausströmende Baufeuchte aufnehmen. Hier kann ein kontrolliertes und behutsames Lüften bei kalter Außenwitterung einen natürlichen Ausgleich herstellen. Grundsätzlich sollte diese Notlösung aber vermieden und ein Magazinneubau erst nach einer hinreichenden Austrocknungsphase von zwei Heizperioden bezogen werden (was in der Praxis aber oft schwer durchzusetzen ist).

Die Klimawerte im Außenbereich ändern sich im Laufe eines Tages gewöhnlich erheblich, so dass während des Lüftens die Temperatur- und Feuchtwerte permanent im Auge zu behalten sind. In der Regel wird sich für geeignete Lüftungsbedingungen immer nur ein begrenztes Zeitfenster bieten.

Es empfiehlt sich auch, vor dem Lüften die aktuelle Luftschadstoffbelastung der Magazinumgebung abzuschätzen und bei Innenstadtmagazinen z. B. das Lüften eher in Tageszeiten mit geringerem Verkehrsaufkommen zu verlegen. Auch hohe Ozonwerte sollten nicht über ein Öffnen der Fenster in die Lagerräume gelassen werden. Grenzwerttoleranzen für solche Luftschadstoffe gibt Anhang A der DIN ISO 11799 [4] an.

Anstelle von einfachen Fenstern oder Lüftungsklappen bieten eingebaute Belüftungssysteme den Vorteil, dass die in die Magazine einströmende Frischluft durch Filtersysteme von Verschmutzungen und Staub gereinigt werden kann und Insekten, Vögel und Nagetieren der Zugang versperrt bleibt.

Die Effektivität des Lüftens kann erheblich verbessert werden, wenn innerhalb des Magazins eine gute Luftzirkulation möglich ist, was bei einer kompakten Bauweise des Magazins mit einer Raumtiefe von mehr als 20 m und der dichten Lagerung in einer Rollregalanlage allerdings nur bedingt zu erreichen ist. Die Regale sollten daher parallel zu den Belüftungswegen aufgestellt sein, offene oder gelochte Seitenwände haben, nicht unmittelbar an den Wänden stehen, zwischen Fußboden und unterstem Regalbrett einen Mindestabstand von 150 mm, zwischen oberstem Fachboden und Decke mindestens 500 mm sowie zwischen Bibliotheksgut und darüber liegendem Fachboden einen Mindestabstand von 50 mm freilassen.

- 5 **Neubau von Magazinen** Beim Neubau von Magazinen für die dauerhafte Aufbewahrung von Bibliotheksgut spielen für das Klimakonzept neben Fragen der optimalen Bestandserhaltung und der Arbeitsbedingungen für die Beschäftigten zunehmend Fragen der Ökologie und Energieeffizienz eine zentrale Rolle, wobei die Magazine in der Gesamtenergiebilanz eines Bibliotheksneubaus in der Regel eher von nachrangiger Bedeutung sind.

Der Landesrechnungshof Schleswig-Holstein hat in seinem Bericht für das Jahr 2005 auf den hohen Primärenergieverbrauch einiger großer Bibliotheken des Landes im Vergleich zum Landesarchiv hingewiesen und insbesondere die im Jahr 2000 in Betrieb genommene Universitätsbibliothek Kiel aus energetischer Sicht als „nicht mehr zeitgemäß geplant und gebaut“ kritisiert.¹ Auch wenn der Vergleich an einigen Stellen ungenau ausgefällt, lassen sich doch gerade aus dem Archivbau der letzten Jahrzehnte in Deutschland interessante Anregungen für die Einrichtung energiesparender und kosteneffizienter Bibliotheksmagazine gewinnen.

Bereits seit Ende der 1970er Jahre löste im Archivbau eine ‚natürliche‘ Klimatisierung die bis dahin favorisierte technische Klimatisierung über Klimaanlage ab.² Richtungsweisend wirkte der Bau des Historischen Archivs der Stadt Köln 1971–73, bei dem nach dem Vorbild des dickwandigen Kölner Rathausturmes, in dem die Urkunden und Akten der Stadt über nahezu fünf Jahrhunderte optimal bewahrt worden waren, ein Magazinbau mit einer 49 cm Vollziegelwand errichtet wurde.³ Außen ließen vorgehängte Granitplatten eine Belüftungsschicht zur Mauer frei, während im Innern ein Kalkmörtelputz für eine zusätzliche Feuchteregulierung sorgen sollte. Die Be- und Entlüftung erfolgte über schmale Fensterschlitze an den gegenüberliegenden Wänden parallel zu den Regalreihen.

Das „Kölner Modell“ wurde über die Grenzen Deutschlands hinaus zum Vorbild für viele Archibauten bis in die jüngste Zeit, allerdings erfuhr das Grundmodell der

1 Vgl. <http://www.landesrechnungshof-sh.de/index.php?getfile=22nachhaltiges.pdf>, S. 196, Abb. S. 194.

2 Vgl. zum Folgenden Sagstetter 2004.

3 Vgl. Stehkämper 1973.

„natürlichen Klimatisierung“ dabei zahlreiche Anpassungen und Weiterentwicklungen.

Das erwähnte Landesarchiv Schleswig-Holstein, das 1991 bezogen wurde, verzichtete bewusst auf eine Möglichkeit der ‚aktiven‘ Beeinflussung des Magazinklimas und reduzierte jeden Luftaustausch auf ein Minimum, um durch eine solche rein ‚passive‘ Bauweise das Innenklima konstant und weitgehend unabhängig von äußeren Einflüssen zu halten.⁴ In den letzten Jahren kam als drittes Modell (neben dem „Kölner“ und dem „Schleswiger“) die aus dem Museumsbereich stammende Gebäudetemperierung („temperiertes Haus“: Wand- statt Luftheizung) hinzu⁵, die 1997 beispielsweise im Landeskirchlichen Archiv in Kassel umgesetzt wurde.⁶

Die verschiedenen Konzepte aus dem Archibereich haben aus praktischen und wirtschaftlichen Erwägungen viele Ideen des heutigen Niedrigenergie- oder Passivhausstandards vorweggenommen. Der Ende 2008 fertiggestellte Erweiterungsneubau des Hauptstaatsarchivs Dresden genügt beispielsweise dem Standard „Qualitätsgeprüftes Passivhaus“.

Es hat sich indes gezeigt, dass auch in natürlich und passiv klimatisierten Magazinen im laufenden Betrieb fast immer Möglichkeiten zur technischen Nachsteuerung des Klimas erforderlich werden, so dass heutige Bauten, die für die Verwaltungs- und Öffentlichkeitsbereiche ohnehin über eine umfassende technische Klimatisierung verfügen, diese Anlagen auch für den Magazinbereich einsetzen. Der Energieüberschuss in den (meist zu warmen) Magazinen kann dabei für die Temperierung anderer Gebäudbereiche eingesetzt werden.

Ziel für ein Bibliotheksmagazin, in dem Bücher und Sammlungen dauerhaft archiviert werden, sollte daher ein Klimakonzept sein, das durch eine klimastabile Bauweise und feuchteregulierende sowie wärmespeichernde Baustoffe Schwankungen der Temperatur und Luftfeuchte abdämpft und eine weitgehend natürliche und gleichmäßige Belüftung ermöglicht. Eine für die einzelnen Magazinabschnitte individuell zu steuernde technische Klimatisierung sollte lediglich dazu dienen, Temperatur und Luftfeuchte raumbezogen an die materialgerechten Klimabedingungen der einzelnen Medien anzupassen und für Klimabereiche, in denen sich durch die Bauweise kein konstantes Raumklima einstellt, eine behutsame Ausgleichsregulierung zu gewährleisten. Die Klimakontrolle muss dafür sowohl die Temperatur- als auch die Feuchtwerte beeinflussen können, d. h. sie muss Luft sowohl erwärmen als auch abkühlen, sowohl be- als auch entfeuchten können.

Im Grundsatz gilt dabei: So wenig Klimatechnik wie möglich, so viel wie nötig.

Der Einsatz raumlufttechnischer Anlagen bedeutet einen hohen Bedien-, Kontroll- und Wartungsaufwand, der bei größeren Anlagen selbst im störungsfreien Regelbetrieb ausgebildetes Fachpersonal erfordert. Die Vorteile eines passiven Klimakonzepts liegen neben den geringen Verbrauchskosten vor allem in der hohen Havarie- und Ausfallsicherheit: Ein klimastabil errichtetes Gebäude bietet immer noch den besten

4 Vgl. zum Konzept und seiner Auswertung Christoffersen 1995, bes. S. 48–56.

5 Vgl. beispielsweise Burmester et al. 2000; Boody et al. 2004.

6 Wischhöfer 2000; Wischhöfer 2003.

Klimaregulierung in Bibliotheksmagazinen

Schutz gegen Stromausfälle und technische Defekte, die für ‚gläserne‘ Bibliotheken mit einem hohen Bedarf an technischer Klimaregulierung schnell zu Betriebseinschränkungen führen können.

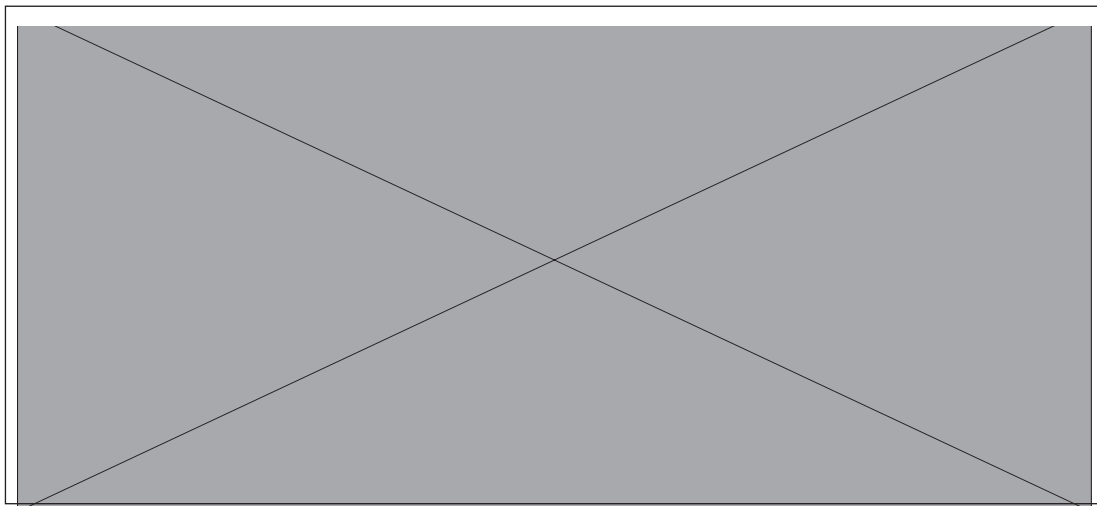
Allerdings sollte auch bei Magazinegebäuden mit einem weitgehend passiven Klimakonzept eine raum- und materialbezogene technische Nachregulierung möglich sein, die sowohl eine kontrollierte Frischluftzufuhr gewährleistet als auch bei anhaltenden Extremwetterlagen eine klimastabilisierende Gegensteuerung erlaubt. Selbst in Magazinegebäuden, die auf jede Klimatechnik und andere raumlufttechnische Anlagen verzichten, muss zumindest eine regelmäßige Luftanalyse und Klimamessung sichergestellt werden.

Nicht zuletzt sind Magazine ‚Arbeitsräume‘, auch wenn die Einrichtung von ‚Dauerarbeitsplätzen‘ aus Gründen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes zu unterbleiben hat. Raumlufttechnische Anlagen sollten daher zum einen immer einen andauernden Luftwechsel und eine ausreichende Frischluftzufuhr gewährleisten und zum anderen weder Zugluft noch starke Strömungsgeräusche verursachen.

Zudem sind Magazine keine reinen Lagerräume, sondern auch Logistikbereiche, deren Klimakonzept daher auch regelmäßige Arbeiten, Transporte und Umlagerungen zulassen muss. ‚Klimaschleusen‘ von ‚Passivmagazinen‘ sind für diese logistischen Anforderungen in der Regel hinderlich, notwendige Akklimatisierungsphasen beim Einlagern und Ausheben zur Konditionierung des Bibliotheksguts zumindest unkomfortabel. Es empfiehlt sich daher, ggf. zwischen einem technisch klimatisiertem (aktiven) ‚Arbeitsmagazin‘ für häufig genutzte Medien und einem passiv klimatisierten Bereich (‚stilles Archiv‘) für wenig genutzte Sammlungen und Stücke (z. B. auch für digitalisierte Bücher) nachzudenken. Für Medien mit besonderen Klimaanforderungen sind Sonderklimakammern wirtschaftlicher als raumlufttechnische Anlagen, die potentiell für jeden Magazinraum eine komplexe Temperatur- und Feuchteregulierung erlauben.

Ein abgestimmtes Klimakonzept sollte indes unabhängig von der Zahl der aktuell im Magazinbereich arbeitenden Beschäftigten und unabhängig von der tatsächlichen Regalbelegung sein. Es muss die regelmäßige feuchte Reinigung der Böden und Regale ebenso einkalkulieren wie eine ausreichende Beleuchtung, regelmäßige Wartungs- und ggf. Reparaturarbeiten sowie Besucherführungen.

Abb.5: Den Notwendigkeiten angepasste Klimatechnik.



- [1] Boody, F. B., Großes Schmidt, H., Kippes, W. & Kotterer, M. (Hrsg.) (2004). *Klima in Museen und historischen Gebäuden: Die Temperierung*. Schönbrunn: Schloss Schönbrunn Kultur- und Betriebsgesellschaft.
- [2] Burmester, A. et al. (2000). *Raumklima in Museen und historischen Gebäuden*. Bietigheim-Bissingen: Fachinstitut Gebäude-Klima e. V. http://www.atelierstrebel.ch/ctrb_daten/3_literatur_raumklima.pdf.
- [3] Christoffersen, L. D. (1995). ZEPHYR. Passive Climate Controlled Repositories. Storage Facilities for Museum, Archive and Library Purposes. Lund: Department of Building Physics, Lund University. <http://www.byfy.lth.se/Publikationer/3000pdf/TVBH-3028.pdf>.
- [4] Deutsches Institut für Normung (2005). DIN ISO 11799, Norm: Information und Dokumentation – Anforderungen an die Aufbewahrung von Archiv- und Bibliotheksgut. Berlin: Beuth.
- [5] Geller, B. (2007). Archivbauten im Klimawandel. Erfahrungen mit der natürlichen freien Lüftung zur Klimaregulierung in Magazinräumen. Beiträge zur Erhaltung von Kunst- und Kulturgut, 1/2, 121–125. http://www.uni-muenster.de/Forum-Bestandserhaltung/grundlagen/geller_b.html.
- [6] Giovannini, A. (2004). *De Tutela Librorum. Die Erhaltung von Büchern und Archivalien*. 3., überarb. Aufl. Genf: Les Éditions I. E. S. Institut d'Études Sociales.
- [7] Glauert, M. (2005). Klimamessung und Klimaregulierung im Archivmagazin. In M. Glauert & S. Ruhnu (Hrsg.), *Verwahren, Sichern, Erhalten. Handreichungen zur Bestandserhaltung in Archiven* (S. 55–72). Potsdam: Brandenburgische Landesfachstelle für Archive und öffentliche Bibliotheken. http://www.landeshauptarchiv-brandenburg.de/FilePool/Klima_Glauert.pdf.
- [8] Kotterer, M. (2004). Standardklimawerte für Museen? Ergebnisse eines Projekts. *Restauro*, 2, 106–116.
- [9] Sagstetter, M. R. (2004). Klimatisierungskonzepte in jüngeren Archivgebäuden in Deutschland. *Archivalische Zeitschrift*, 86, 323–355.
- [10] Stehkämper H. (1973). ‚Natürliche‘ Magazinklimatisierung. Erfahrungen beim Neubau des Historischen Archivs der Stadt Köln. *Der Archivar*, 26, 449–462.
- [11] Stein, H. (1992). Fragen zur Anwendung des Kölner Modells im Archivbau. *Der Archivar*, 45, 409–424.
- [12] Waller, Ch. (o. J.). Gebäudeklima in Museen. <http://www.cwaller.de/deutsch.htm?klimaim.htm~information>.
- [13] Wischhöfer, B. (2000). Das Kasseler Modell zur Klimatisierung in Archivmagazinen. Vom römischen Hypokaustensystem zur europäischen Archivkonzeption. In D. Degreif (Red.), *Archive im zusammenwachsenden Europa. Referate des 69. Deutschen Archivtags und seiner Begleitveranstaltungen 1998 in Münster* (S. 161–170). Siegburg: Schmitt.
- [14] Wischhöfer, B. (2003). Fünf Jahre Kasseler Klimamodell in Archivmagazinen. *Der Archivar*, 56, 139–142.

Die zitierten Internetquellen wurden zuletzt am 21. Januar 2009 aufgerufen.