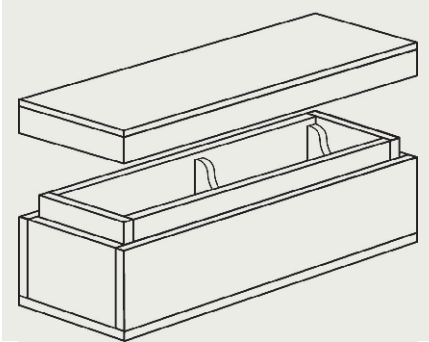


Boxen für die Langzeitverwahrung von Archiv- und Bibliotheksgut

Dirk Schönbohm, Eva Glück, Gerhard Banik – in Zusammenarbeit mit Michael Kühner



Einleitung:

In europäischen und nordamerikanischen Sammlungen ist es allgemein üblich, Sammlungsgegenstände in einem Schutzbehältnis zu verwahren. Die Behältnisse sollen die Objekte vor mechanischen Einwirkungen schützen und Staubablagerungen verhindern. Außerdem sollen sie externe Temperatur- und Feuchteschwankungen zumindest dämpfen. Die Verwendung von Schutzbehältnissen geht bis in die Antike zurück. Quellen erwähnen, dass bereits Ägypter, Griechen und Römer Schriftrollen in zylindrischen Boxen aus Holz und Elfenbein verwahrten (Albrecht-Kunzseri et al. 2001). Auch im ostasiatischen Raum ist die Verwendung von Schutzbehältnissen lange bekannt. Bemerkenswert ist, dass in Japan Schachteln aus Paulownia-Holz verwendet wurden (Inro), die aufgrund der Hygroskopizität dieses Holzes einen besonders guten Schutz gegen Schwankungen der externen relativen Feuchte gewährleisten (Abb. 1, Miura 1977). Zusätzlich wurden Techniken angewandt, das Mikroklima innerhalb der Behältnisse durch Einbringen hygroskopischer Materialien, z. B. von Stroh, zu stabilisieren (Wills 1977). Wills berichtet, dass diese hölzernen Boxen sogar Überflutungen standhalten können. Sie schließen sich unter Wassereinfluss durch Quellung dicht ab und schwimmen im Wasser auf. Die eingeschlossenen Objekte bleiben unbeschädigt (Wills 1977). Heute werden Schutzbehältnisse meist aus alterungsbeständigen Voll- oder Wellpappen gefertigt, deren Zusammensetzung den Standards ISO 16245-2009 bzw. DIN ISO 9706 genügen muss. Boxen aus Wellpappe sind nicht dafür ausgelegt Katastrophen durch Feuer, Wasser oder Gebäudeeinstürzen standzuhalten. Bei entsprechender Konstruktion und entsprechenden Materialeigenschaften (wasserfeste Verleimung der Lagen, verstärkte Außendecke mit mindestens 300 g/m²) bieten sie bei jedoch begrenzten Wassereintrüben in Depots Schutz, indem sie flüssiges Wasser aufnehmen, dabei zwar an Festigkeit verlieren aber trotzdem Durchfeuchtung des Sammlungsguts verhindern (Abb. 2).

Abb. 1: Innere Schachtel aus Paulownia-Holz (Inro-Box) zur Verwahrung von Hängerollbildern, sie wird in Japan durch eine meist lackierte äußere Schachtel (Daisashi-Box) ergänzt, dieses Boxensystem bietet weitgehenden Schutz gegenüber Wasser (Nach Miura 1977).

Abb. 2: Durch einen lokalen Wassereintrich geschädigte Wellkartonkassette ohne wasserfeste Verleimung und Kartondecke. Die Box erlitt durch Wasseraufnahme einen erheblichen Festigkeitsverlust. Das von der Box umhüllte Sammlungsgut wurde nicht durchfeuchtet.

Wellpappen	Andere Werkstoffe	Gewicht (g/m ²)	Stärke (mm)	Kaschierung (einseitig)
Mikrowelle		560	1,7	Keine
Mikrowelle		690	1,7	Archivpapier 047 (130 g/m ²)
Mikrowelle		810	1,8	Englisch Buckram (220 g/m ²)
Mikrowelle		840	1,9	Durabel (240 g/m ²)
Feinwelle		570	3,0	
Feinwelle		700	3,0	Archivpapier 047 (130 g/m ²)
	Passepartoutkarton 019	940	1,5	Archivpapier 047 (130 g/m ²)
	Graupappe		1,5	Keine
	Graupappe		2,0	Keine
	Polypropylen-Stegmaterial	450	3,0	

Tabelle 1: Untersuchte Boxenwerkstoffe, Produktnamen, Materialstärke und Flächen-gewicht.

Einfluss von Klimaschwankungen auf Papier:

Die Übertragung von externen Klimaschwankungen in Schutzbehältnisse wurde bisher kaum untersucht; das gilt sowohl für Temperatur- als auch für Feuchtigkeitsschwankungen. Mit dem Einfluss von Klimaschwankungen auf den Erhaltungszustand von Papier befassten sich Bogaard und Whitmore (2002). Sie setzten über einen Zeitraum von 42 Wochen Testpapiere einer zwischen 25 % und 75 % zyklisch schwankenden relativen Feuchte bei konstanter Temperatur (23°C) aus. Dies führte zu einer Reduktion des Polymerisationsgrads der Cellulose bereits nach 10 Wochen um ein Drittel und nach 30 Wochen auf die Hälfte, verbunden mit einer erheblichen Abnahme der Papierfestigkeit. Der durch Feuchtigkeitsschwankungen induzierte Celluloseabbau ließ sich auf die hydrolytische Spaltung der Cellulosemoleküle zurückführen. Obwohl die Untersuchungen aufgrund der gewählten Bedingungen die Formulierung von Grenzwerten für Klimaschwankungen in Sammlungsdepots nicht zulassen, wird deutlich, dass durch permanente Absorptions- und Desorptionsvorgänge von Feuchtigkeit die stabile Cellulose abgebaut wird. Hofenk de Graaf (1994) befasste sich mit Verbräunungen, die bei passepartoutierten Graphiken beobachtet wurden. Die Autorin konnte die Veränderungen auf die thermisch induzierte Absorption und Desorption von Wasser an den Papieren der Graphiken in den Passepartoutfenstern während deren Lagerung zurückführen. Beide Beispiele zeigen, welche Bedeutung den Eigenschaften von Schutzbehältnissen in Bezug auf die Dämpfung externer Klimaschwankungen zugemessen werden muss; die besondere Bedeutung der Temperaturkonstanz für die Langzeitbeständigkeit des in Schutzverpackungen gelagerten Sammlungsguts wird aus der Arbeit von Hofenk de Graaf (1997) deutlich.

Versuchsaufbau – Boxenwerkstoffe:

Das Mikroklima in aus verschiedenen Werkstoffen gefertigten Boxen wurde unter Einfluss von externen Schwankungen der Temperatur und der relativen Feuchte gemessen. Dafür wurden aus den in **Tabelle 1** zusammengestellten Materialien Stülboxen hergestellt. Das Innenformat der Boxen von ~ 360 x 220 x 85 mm entspricht einem Volumen von ~ 6 730 cm³. Es handelte sich um zweiteilige Stülboxen mit einfacher Boden- und Deckelstärke. Boden und Deckel haben an jeweils zwei Seiten eine doppelte Wandstärke, so dass sich im geschlossenen Zustand an allen Seiten eine dreifache Wandstärke ergibt. Alle Materialien wurden von KLUG-CONSERVATION beigestellt. Dort erfolgte auch die Fertigung der Boxen. Mikrowelle und Feinwelle sind dreilagige Werkstoffe, bei denen ein Wellkarton beidseitig auf Deckkartons kaschiert ist. Die Materialien entsprechen bezüglich der Stoffzusammensetzung der Norm für beständige Papiere DIN ISO 9706-2009.



Abb. 3a: Anschnitt eines Wellkartons, KLUG-CONSERVATION, Feinwelle



Abb. 3b: Aufbau eines Wellkartons Typ Mikrowelle (1,7 mm) kaschiert mit Deckkarton 300g/m² (oben) und Deckkarton 190g/m² (unten).



Abb. 3c: Aufbau eines Wellkartons Typ Feinwelle (3,0 mm) beidseitig kaschiert mit Deckkarton 190 g/m².

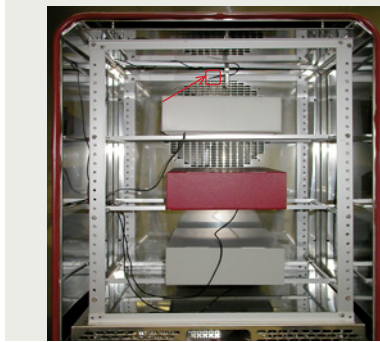


Abb. 4



Abb. 5

Beide Wellpappen unterscheiden sich durch unterschiedliche Wellenhöhe, die bei der Feinwelle mit 3 mm fast doppelt so groß ist, wie bei der Mikrowelle mit 1,7 mm (Abb. 3a, 3b, 3c). Als Graupappe wird ein Kartonmaterial bezeichnet, das aus Recyclingmaterial hergestellt wird und den Stoffnormen für alterungsbeständige Werkstoffe nicht entspricht. Polypropylen-Stegmaterial ist als nicht cellulosebasierter Boxenwerkstoff nicht durch die geltenden Normen ISO 16245-2009 bzw. DIN ISO 9706-2009 erfasst. Alle Messungen wurden in einem Klimaschrank von Heraeus-Vötsch, Typ HC 0020 (Abb. 4), durchgeführt, der über eine programmierbare Steuerung für die Anwendung zyklischer Temperatur- und Feuchtigkeitsprogramme geeignet ist. Die Messung von Temperatur und relativer Feuchte in den Boxen erfolgte kontinuierlich mit Mikrosensoren, Typ Sensmitter SHT75 von Driesen und Kern (Abb. 5), die Datenspeicherung in zweiminütigen Intervallen mit Datenloggern. Die Messgenauigkeit lag bei $\pm 2\%$ rF und $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Für Klimamessungen in befüllten Schachteln wurden Stapel aus Novo[®] Testpapier 90 g/m² im Format 200 × 350 × 80 mm zugeschnitten (5600 cm³). Novo[®] Testpapier besteht aus 50 – 65 % Holzschliff, 25 – 35 % gebleichtem Sulfatzellstoff und 12 – 15 % China Clay als Füllstoff. Das Papier ist sauer gefertigt. Der pH im Stoffauflauf liegt bei 4,5 und ist mit Aluminiumsulfat eingestellt. Zur berührungsfreien Positionierung des Mikrosensors im Zentrum des Papierstapels wurde ein passgenauer Hohlraum von ca. 0,7 cm³ und zusätzlicher Ausschnitt für die Kabelzuführung und Sensorhalterung hergestellt. Ober- und unterhalb des Sensors wurde der Stapel jeweils mit der gleichen Anzahl intakter Papierbögen vervollständigt. Alle Boxen wurden vor der Behandlung im Klimaschrank geöffnet entweder leer oder mit dem eingelegten Stapel Novo[®] Testpapier gemäß DIN ISO EN 20 187 bei 50 % rF und 23°C für 24 Stunden vorkonditioniert.

Abb. 4: Der Klimaschrank bot Platz für die gleichzeitige Konditionierung und anschließende Klimabehandlung von drei Boxen. Die mit der Messeinrichtung ausgerüsteten Boxen wurden auf einem offenen Aluminiumgestell mit einem Abstand von jeweils 17 cm der Behandlung unterzogen. Im Prüfraum des Klimaschranks wurden über einen zusätzlichen Feuchte- und Temperatursensor die Referenzdaten erfasst (roter Pfeil).

Abb. 5: Montage des Feuchte- und Temperatursensors in einer leeren Stülpbox aus unkaschierter Mikrowelle. Seine Positionierung im Zentrum des Schachtel-Innenraums erfolgte mit einem gebogenen Aluminiumlochblech, das mit Filmoplast[®] P90 (Neschen) auf dem Schachtelboden fixiert wurde.

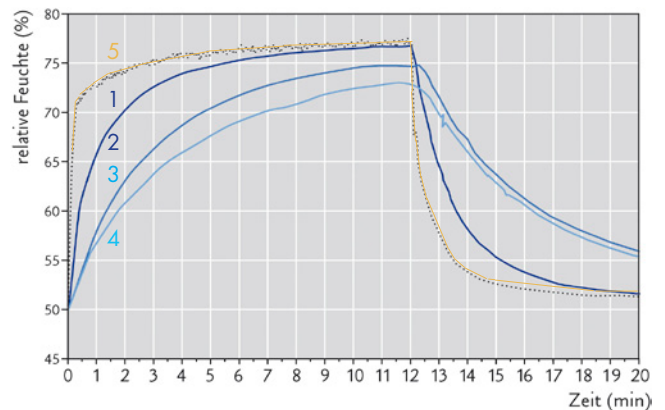


Abb. 6

Ergebnisse – leere Boxen:

Die im Prüfraum im 12 Stunden Zyklus schwankende rF (50 % – 77 % – 52 %) stellt sich zeitlich verzögert und in Abhängigkeit von den für die Boxen verwendeten Werkstoffen in den Innenräumen der Boxen ein. In den aus Wellpappen ohne oder mit Papierkaschierung, Passepartoutkarton bzw. aus den Graupappen gefertigten Schachteln stellte sich ein Mittelwert von 65 % rF bei ansteigender relativer Feuchte im Prüfraum bereits nach weniger als 20 Minuten ein. Bei abnehmender relativer Feuchte im Prüfraum verläuft die Anpassung langsamer; 65 % rF im Innenraum der Boxen wurden erst nach einer bis eineinhalb Stunden unterschritten. Die Messdaten liegen so nahe beieinander, dass sie repräsentativ in einer Kurve (2) in **Abb. 6** dargestellt sind.

Bei den mit Gewebe (Englisch Buckram oder Durabel) kaschierten Schachteln ist die Dämpfung der externen Schwankungen der Feuchte deutlich höher, wie aus dem flacheren Anstieg der Kurven und der um 3 % – 5 % geringeren Gleichgewichtsfeuchte hervorgeht (**Abb. 6, Kurven 3, 4**). Ursache dafür ist die geringere Wasserdampfdurchlässigkeit der Kaschiermaterialien – in beiden Fällen handelt es sich um stark appetrierte, relativ dichte Buchbindergewebe.

Nicht den Erwartungen entspricht das Verhalten der Polypropylenbox, deren Innenraum über die gesamte Messdauer im Feuchtgleichgewicht mit dem Prüfraum steht (**Abb. 6, Kurve 5**). Eine plausible Erklärung wäre, dass die Konstruktion der Polypropylenschachtel einen Feuchtigkeitsausgleich über Öffnungen an den Steckverbindungen ermöglicht.

Abb. 6: Übertragung der relativen Feuchte im 12 Stunden Zyklus schwankend zwischen 50 % – 77 % – 52 % rF bei 23°C konstant:

- 1 (schwarz gepunktet) rF im Prüfraum
- 2 (dunkelblau) rF in Box aus Mikrowelle unkaschiert,
- 3 (mittelblau) rF in Box aus Mikrowelle kaschiert mit Gewebe »Englisch Buckram«
- 4 (hellblau) rF in Box aus Mikrowelle kaschiert mit Gewebe »Durabel«,
- 5 (gelb) rF in Box aus Polypropylen Stegmaterial

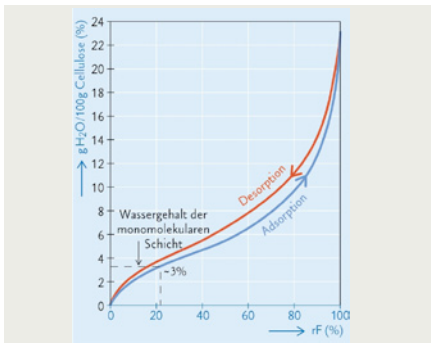


Abb. 7

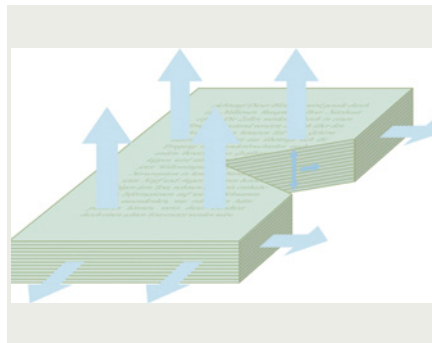


Abb. 8

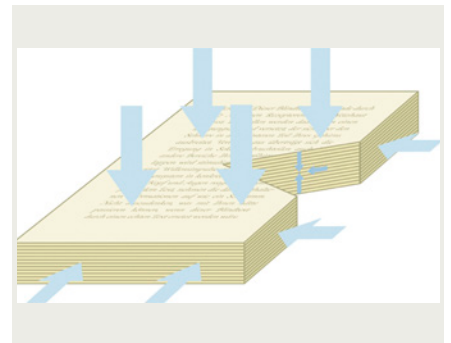
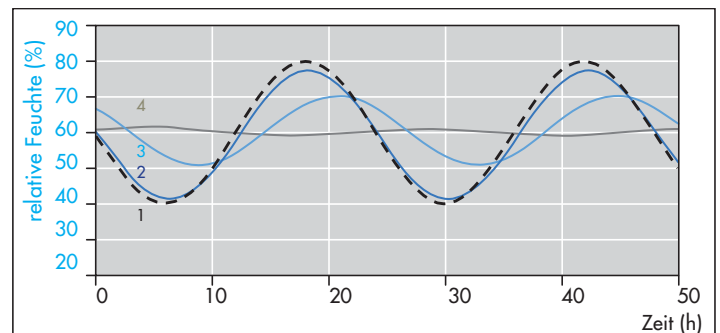


Abb. 9

Wasserbewegung im Papierstapel:

Für die Betrachtung des Innenklimas in Schutzbehältnissen ist es wichtig, das Verhalten von Papier in einer Stapellagerung zu betrachten. Papier ist hygroskopisch und absorbiert bzw. desorbiert Wasser in Abhängigkeit von der relativen Feuchte in seiner Umgebungsatmosphäre (Abb. 7). Bei einem Papierstapel finden diese Absorptions- und Desorptionsvorgänge spontan nur an den Blattkanten bzw. an dem der Atmosphäre direkt ausgesetzten obersten Blatt statt (Abb. 8, 9). Der Feuchtigkeitsausgleich im Stapelinneren verläuft über langsame Diffusionsvorgänge. Die Gleichgewichtsfeuchte im Stapel kann sich je nach Dampfdurchlässigkeit des Papiers und der Größe des Stapels erst nach Tagen bis Wochen einstellen. Sie wird bei kurzfristigen zyklischen Schwankungen nicht erreicht (Abb. 10).

Abb. 10: Einfluss einer externen Schwankung der relativen Feuchte (rF) von 40 % bis 80 % in einem Zyklus von 24 Stunden (1) auf die rF im Porenvolumen eines Papierstapels. Das Deckblatt zeigt einen Verlauf der fast der Feuchteschwankung in der Umgebungsatmosphäre gleiche (2), in einer Tiefe von 1 mm ist die zyklische Schwankung der rF bereits auf 20 % reduziert (3). Das ist etwa die Hälfte der rF Schwankung in den Poren des Deckblatts. Die graue Linie (4) zeigt die rF im Porenvolumen des Papiers 3 mm unter dem Deckblatt als fast konstant (nach Patfield 2009).



Man muss sich vorstellen, dass ein Papierstapel von 800 mm Höhe im Format A4 bei einem Papier von $80 \text{ g/m}^2 \sim 4 \text{ kg}$ wiegt. Papier enthält bei 20°C und 50 % relativer Luftfeuchtigkeit im Durchschnitt etwa 6 % Wasser. Bei Lagerung eines Papierstapels dieser Dimension werden daher auch 240 g Wasser mitgelagert.

Abb. 7: Isothermen der Adsorption und Desorption von Wasserdampf an Baumwollcellulose für $24,6^\circ\text{C}$ (nach Nimz 1988).

Abb. 8: Ein feuchter Papierstapel gibt absorbiertes Wasser an die trockenere umgebende Atmosphäre über das Deckblatt und die Seitenflächen ab bis das Gleichgewicht zwischen der relativen Feuchte der Luft und dem Wassergehalt des Papiers erreicht ist. Die Abgabe an den Grenzflächen Papier – Luft erfolgt schnell (große Pfeile), die Wanderung des Wassers im Inneren des Stapels erfolgt durch Diffusion und ist langsam (kleine Pfeile).

Abb. 9: Einer feuchten Atmosphäre ausgesetzt absorbiert ein Papierstapel Wasser über die Grenzflächen Papier – Luft bis das Gleichgewicht zwischen der relativen Feuchte der Luft und dem Wassergehalt des Papierstapels erreicht ist. Die Sorption des Wassers an den Grenzflächen Luft – Papier erfolgt schnell (große Pfeile) die Migration des sorbierten Wassers in das Zentrum des Stapels erfolgt durch Diffusion und ist langsam (kleine Pfeile).

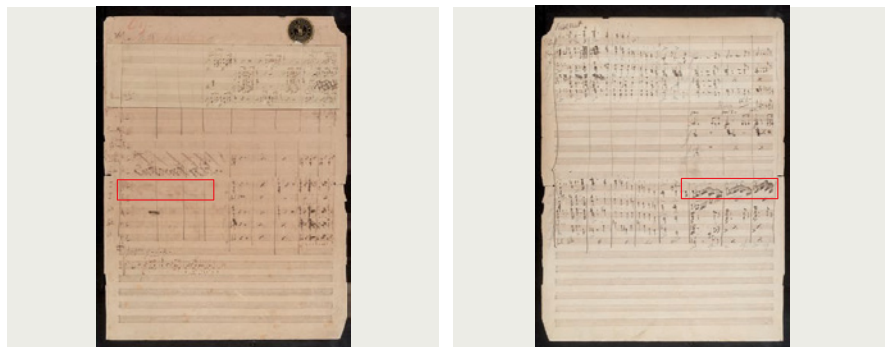


Abb. 11a und 11b

Davon muss bei einem Absinken der relativen Feuchte in seiner Umgebung soviel Wasser abgegeben werden bis das Gleichgewicht zwischen der Umgebungsfeuchte und dem vom Papier absorbierten Wasser wiederhergestellt ist. Steigt die Umgebungsfeuchte, wird die entsprechende Menge Wasserdampf über die Außenkanten des Stapels bzw. das Deckblatt aufgenommen. Auch durch Temperaturschwankungen können Änderungen des Wassergehalts im Papier induziert werden, weil das absorbierte Wasser bei erhöhter Temperatur nicht mehr im gleichen Ausmaß gebunden werden kann und daher abdampft. Obwohl die Temperaturabhängigkeit des Wassergehalts von Papier nicht groß ist, kann man annehmen, dass bei einer Temperaturerhöhung um 10 °C die Masse des vom Papier absorbierbaren Wassers spontan um etwa 1 % absinkt. Das bedeutet, dass aus dem genannten Stapel 2,4 g Wasser als Wasserdampf über das Deckblatt bzw. die seitlichen Schnittkanten an die Umgebungsatmosphäre abgegeben werden müssen. Der gesamte »Stress« dieser Wassermigration lastet also auf dem Deckblatt und den Schnittkanten. Das ist der Grund, warum bei einer offenen Lagerung die Deckblätter und Schnittkanten von Dokumenten bzw. Büchern deutlichere Alterungserscheinungen aufweisen, die sich durch Verbräunung, Versprödung und zum Teil auch durch die Migration von Eisengallustinten manifestieren (**Abb. 11a und 11b**). Bei Einzelblättern verlaufen die Absorptions- und Desorptionsvorgänge schnell. Das Gleichgewicht mit der Atmosphäre stellt sich in Minuten ein, weil die der Atmosphäre ausgesetzten Flächen der Blätter groß im Verhältnis zur Blattstärke sind, und daher der Anteil von langsamen Diffusionsvorgängen gering ist. Externe Feuchtigkeitsschwankungen bzw. Temperaturänderungen führen daher zu einer spontanen Wasseraufnahme oder -abgabe und der Gleichgewichtszustand des Papiers mit seiner Umgebungsatmosphäre wird innerhalb von wenigen Minuten erreicht.

Abb. 11a: Blatt 1 aus der symphonischen Dichtung »Festklänge« von Franz Liszt, ca. 1854, 363 x 271 mm, recto. Die Musikhandschrift war lange Zeit ohne Schutzbehältnis gelagert. Das erste Blatt der Handschrift war der Atmosphäre direkt ausgesetzt. Es weist starke flächige Verbräunungen und Verluste an den Rändern auf, Eisengallustinte ist von der Verso-Seite durch das Papier migriert (**roter Rahmen**). Klassik Stiftung Weimar, Goethe- und Schiller-Archiv, Inv. Nr. GSA 60/A 7a. © Klassik Stiftung Weimar.

Abb. 11b: Verso-Seite des in Abb. 11a dargestellten Blattes; es lassen sich Verbräunungen nicht erkennen, die Migration der Eisengallustinte auf die Vorderseite ist u. a. durch die Notation im roten Rahmen verursacht. Klassik Stiftung Weimar, Goethe- und Schiller-Archiv, Inv. Nr. GSA 60/A 7a. © Klassik Stiftung Weimar.

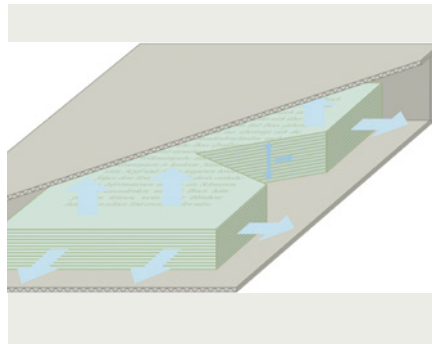


Abb. 12

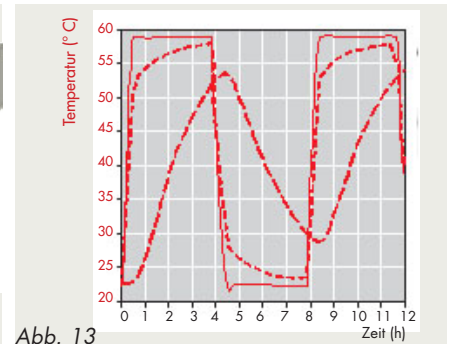


Abb. 13

Ergebnisse – gefüllte Boxen:

Abb. 12: Papierstapel in Wellkarton-Stülpbox bei ansteigender externer Temperatur. Die Box dämmt den Temperaturanstieg kaum, die Wärme wird nahezu unverzögert in den Innenraum der Box übertragen. Bei Temperaturerhöhung gibt der Papierstapel absorbiertes Wasser ab. Es dampft über das Deckblatt und die Seitenflächen in das Luftvolumen der Box ab (große Pfeile), bleibt aber in der Box eingeschlossen. Die relative Feuchte im Luftraum der Box steigt daher an. Die Migration von Wasser aus dem Zentrum des Stapels an die Oberflächen erfolgt durch Diffusion und ist langsam (kleine Pfeile).

Abb. 13: Temperaturübertragung unter dem Einfluss von zyklischen Temperaturschwankungen zwischen 23°C und 58°C, vier Stunden Zyklus:

- 1 (rot) Temperatur im Prüfraum
- 2 (rot gepunktet) befüllte Schachteln, Sensorposition Stapelrand
- 3 (gestrichelt rot) befüllte Schachteln, Sensorposition Stapelzentrum

Die Daten sind für die verschiedenen Boxenmaterialien vergleichbar, daher ist jeweils nur eine Linie dargestellt.

Ein Schutzbehältnis schließt einen Papierstapel und den ihn direkt umgebenden Raum von seiner Umgebung ab. So wird in der Box ein Mikroklima geschaffen, das vom umgebenden Makroklima deutlich abweichen kann. Bei einer Temperaturerhöhung muss das Papier einen Teil des absorbierten Wassers an seine unmittelbare Umgebung abgeben, einerseits, weil Wasser nicht mehr in gleicher Menge vom Papier gehalten werden kann, andererseits, weil die relative Feuchte im Luftraum in der Box durch die Temperaturerhöhung absinkt, damit das Gleichgewicht von relativer Feuchte in der Luft und dem Wassergehalt im Papier gestört ist. Das Wasser dampft über das Deckblatt und die Seitenflächen des Papierstapels ab, bleibt aber im Luftvolumen innerhalb der Box eingeschlossen (Abb. 12). Im Papierstapel verdampft Wasser in die sehr kleinen Luftvolumina zwischen den Blättern, so dass die relative Feuchte dort kurzfristig sehr stark ansteigen kann. Eine Einstellung des Gleichgewichts innerhalb des Stapels ist diffusionsgesteuert und daher langsam. Verkompliziert wird die Interpretation von Messungen im Innenraum der mit Papier gefüllten Boxen aufgrund der Tatsache, dass bei Desorption von Wasser aus Papier Wärme verbraucht wird, während bei Wasserabsorption Wärme frei wird. Dies ist der Wirkung des außen auf den Stapel einwirkenden Temperaturzyklus entgegengesetzt – Wasser wurde bei einem Temperaturanstieg vom Papier desorbiert und bei Abkühlung wieder absorbiert, so dass ihm eine stabilisierende Wirkung gegenüber Temperaturschwankungen zukommt.

In Abb. 13 ist die Temperaturübertragung in einen Papierstapel dargestellt, der in einer aus Mikrowelle gefertigten Box einer Temperaturschwankung zwischen 23°C und 58°C im vier Stunden Zyklus ausgesetzt war. Die Temperaturübertragung im Stapelmittelpunkt erfolgt deutlich zeitverzögert. Die extern angelegte Temperatur wird nicht erreicht. Sie liegt im Durchschnitt um 5°C niedriger (Kurve 3). Nur in der Randzone des Stapels (Kurve 2) ist die Temperaturübertragung deutlich schneller und vergleichbar den Daten, die für leere Behältnisse gemessen wurden. Offensichtlich müssen Box und der eingelagerte Stapel in diesem Zusammenhang als Gesamtsystem betrachtet werden.

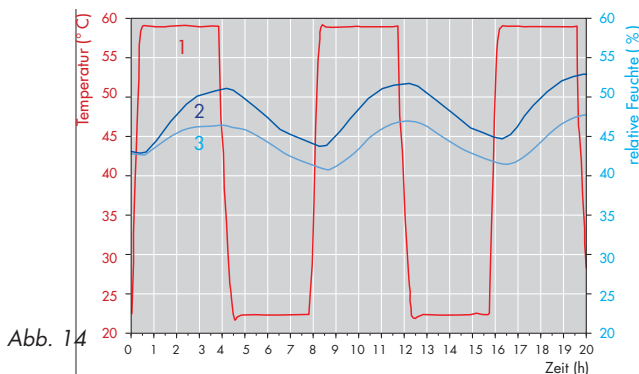


Abb. 14

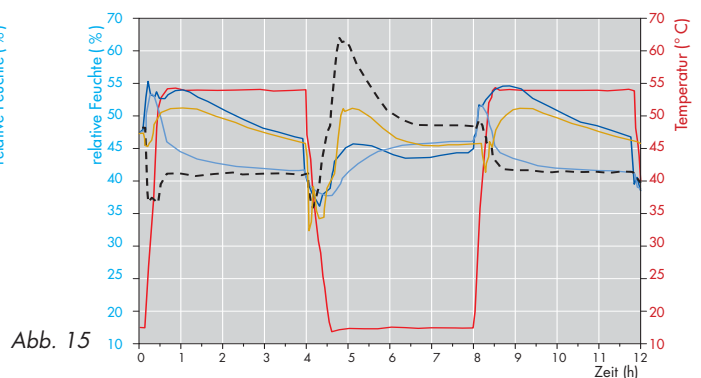


Abb. 15

Die Temperaturdämmung wird auch deutlich, wenn man die Entwicklung der relativen Feuchte im Zentrum des Papierstapels mit und ohne Schutzbehältnis betrachtet, denn sie liegt bei Vorhandensein einer Box deutlich niedriger (**Abb. 14**). Die temperaturinduzierten Veränderungen der relativen Feuchte im Zentrum eines Papierstapels in Schutzbehältnissen gehen aus **Abb. 15** hervor. Hier wurden die befüllte Boxen aus Mikrowelle und Polypropylen-Stegmaterial Temperaturschwankungen zwischen 23°C und 58°C in einem Zyklus von vier Stunden unterworfen (siehe auch Beitrag Damm und Banik). Aus technischen Gründen ließ sich die relative Feuchte im Klimaschrank dabei nicht konstant halten. Sie sinkt mit steigender Temperatur deutlich ab und steigt mit fallender Temperatur wieder an, wie die gepunktete schwarze Linie zeigt. Die Entwicklung der relativen Feuchte im Zentrum des eingelagerten Papierstapels ist invers, weil das Papier mit steigender Temperatur Wasserdampf abgibt und mit fallender Temperatur wieder Wasserdampf aus der Atmosphäre aufnimmt. Der Verlauf der Feuchtigkeitskurven lässt Schlussfolgerungen auf die Feuchtigkeitsdämmung des Materials zu. Insbesondere der Anstieg der Kurve 5 (gelb) in der Abkühlungsphase – in diesem Fall handelt es sich um eine Box aus Polypropylen-Stegmaterial – weist darauf hin, dass dieses Material keine Feuchtigkeitsdämmung gegenüber der Umgebungsluft aufweist, anders ist der deutliche Anstieg der relativen Feuchtigkeit im Innenraum während der Abkühlungsphase nicht erklärbar.

Abb. 14: Änderung der relativen Feuchte (rF), in einer leeren (2) und einer gefüllten Schachtel (3) unter dem Einfluss von zyklischen Temperaturschwankungen zwischen 23°C und 58°C, vier Stunden Zyklus:

1 (rot) Temperatur im Prüfraum

2 (dunkelblau) leere Schachtel, Mikrowelle

3 (hellblau) befüllte Schachtel, Mikrowelle

Sensorposition leere Schachtel: Schachtelmitte, befüllte Schachtel: Zentrum des Stapels.

Abb. 15: Veränderungen der relativen Feuchte durch externe zyklische Temperaturschwankungen zwischen 23°C und 58°C, vier Stunden Zyklus:

1 (rot) Temperatur im Prüfraum

2 (schwarz gepunktet) rF im Prüfraum

3 (hellblau) Schachtel aus Mikrowelle / „Englisch Bukram“, leer

4 (dunkelblau) Schachtel aus Mikrowelle / „Englisch Bukram“, befüllt

5 (gelb) Schachtel aus Polypropylen-Stegmaterial, befüllt

Sensorposition: leere Schachtel: Schachtelmitte, befüllte Schachtel: zwischen Schachtelwand und Stapelrand.

Zusammenfassung:

Aus den Untersuchungen geht hervor, dass Boxen aus Wellpappen und Vollmaterialien externe Schwankungen der relativen Feuchte dämpfen. Die einzige Ausnahme stellen Schutzbehältnisse aus Polypropylen-Stegmaterial dar, bei denen Schwankungen der relativen Feuchte ohne Zeitverzögerung in den Innenraum übertragen werden. Zyklische Temperaturschwankung zwischen 23°C und 58°C werden durch keinen der Boxenwerkstoffe signifikant beeinflusst. Bei mit Papier befüllten Boxen verzögert der eingelagerte Papierstapel die Temperaturübertragung. Werkstoffe auf Cellulosebasis scheinen demnach bezüglich der Klimastabilität gegenüber Polypropylen-Stegmaterial für die Herstellung von Boxen vorteilhafter. Für die klimatischen Anforderungen in Sammlungsdepots lässt sich schlussfolgern, dass der Temperaturkonstanz größere Bedeutung als der Stabilität der relativen Feuchte in der Raumluft zuzumessen ist.

Literatur:

Albrecht-Kunszeri, G., de Bruin, G., Loescher, M. H., Teygeler, R., Wassing B.H., van Zanen, B. Preservation of archives in tropical climates, Comma No. 3 – 4 (2001): 95 – 106.

Bogaard, J. Whitmore, P. M.. Explorations of the role of humidity fluctuations in the deterioration of paper, in: Works of Art on Paper, Books, Documents and Photographs: Techniques and Conservation, V. Daniels, A. Donnithorne, P. Smith (Hrsg.), The International Institute for Conservation, London (2002): 11–15.

Deutsches Institut für Normung (DIN) DIN ISO 9706: 2009, Papier für Schriftgut und Druckerzeugnisse, Voraussetzungen für die Alterungsbeständigkeit, in: R. Hofmann, H. J. Wiesner (Hrsg.) Bestandserhaltung in Archiven und Bibliotheken, Beuth, Berlin (2007): 33 – 39.

Glück, E.: Die Verpackung von Sammlungsobjekten als Bestandteil des Klimatisierungskonzeptes in Archiven, Bibliotheken und Museen, unpublizierte Semesterarbeit, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart (2005).

Hofenk de Graaf, J. H.. Research into the cause of browning of paper mounted in mats, in: Contributions of the Central Research Laboratory to the Field of Conservation and Restoration, H. Verschoor, J. Mosk (eds), Centraal Laboratorium voor Onderzoek van Voorwerpen van Kunst en Wetenschap, Amsterdam (1994): 21– 43.

International Standard Organization (ISO): ISO 16245-2009, Information and documentation: Boxes, file covers and other enclosures, made from cellulosic materials for storage of paper and parchment documents, ISO, Genf (2009).

Miura, S.: Characters of the wooden box for conserving picture scrolls with regard temperature and humidity, in: Proceedings of the 1st International Symposium on the Conservation and Restoration of Cultural Property, Tokyo (1977): 166 –174.

Nimz, H. H.: Grundlagen der Holzchemie, Institut für Holzchemie und chemische Technologie des Holzes an der Bundesanstalt für Holz- und Forstwirtschaft, Hamburg (1988).

Padfield, T. (2009): Conservation physics: The interaction of water vapour with paper in small spaces. <http://www.padfield.org/tim/cfys/vapap/vapap.php>, assessed 14. 01. 2010.

Schönbohm, D.: Klimastabilisierende Eigenschaften von Schutzverpackungen: Vergleichende Messungen der Klimastabilität von zehn Stülpfacheln, unpublizierter Projektbericht, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart (2004).

Wills, P.: New directions of the ancient kind: Conservation traditions in the Far East, The Paper Conservator 11 (1987): 36 – 38.

Dieses Projekt wurde großzügig gefördert durch die Landesstiftung Baden-Württemberg

