

Darf's ein bisschen mehr sein?

Magazinklima: Normen, Empfehlungen und Hinweise

Erfahrungsbericht von Felix Roth zum 10. Tag der Bestandserhaltung am 24.09.2021 in Berlin

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

ich spreche heute zu Ihnen als Sachbearbeiter für Bestandserhaltung, beschäftigt in einem großen Archiv und befasst mit der Aufgabe, die dort verwahrten Unterlagen vor Gefahren zu schützen, die schädliche Klimateinflüsse bewirken können. Ich spreche hier und heute über persönliche Erfahrungen und Eindrücke, die ich bei dieser Arbeit gewonnen habe, ich spreche hier nicht über Empfehlungen oder Strategien des Bundesarchivs. Das vorweg.

Damit die uns anvertrauten Kulturgüter möglichst lange erhalten bleiben, wollen wir in unseren Magazinen ein möglichst optimales Klima haben. Wie stellen wir das an, was bietet uns Orientierung, worauf wir achten müssen? Das Problem ist eher nicht, dass man zu wenig Material finden würde.

Da gibt es Normen – früher gab es vor allem eine, die uns interessierte, die DIN ISO 11799; inzwischen gibt es da mindestens ein halbes Dutzend, die uns Hilfe versprechen. Ich werfe sie jetzt für den Moment erst mal kommentarlos an die Wand:

- DIN ISO 11799:2017 Information und Dokumentation – Anforderungen an die Aufbewahrung von Archiv- und Bibliotheksgut (verweist auf 18934)
- DIN 67700:2017 Bau von Bibliotheken und Archiven – Anforderungen und Empfehlungen für die Planung (verweist auf 19815 und 11799)
- DIN EN 16893:2018-04 Erhaltung des kulturellen Erbes – Festlegungen für Standort, Errichtung und Änderung von Gebäuden oder Räumlichkeiten für die Lagerung oder Nutzung von Sammlungen des kulturellen Erbes¹
- ISO/TR 19815:2018 (englisch) bzw. DIN/TR 67702:2020 (deutsch) Information und Dokumentation – Management der Aufbewahrungsbedingungen von Archiv- und Bibliotheksgut²
- DIN EN 15759-2:2018 Erhaltung des kulturellen Erbes – Raumklima – Teil 2:³ Lüftung für den Schutz von Gebäuden und Sammlungen des kulturellen Erbes
- DIN ISO 18934:2019 Bild-Aufzeichnungsmaterialien – Lagerungsbedingungen für die Archivierung von Beständen mit unterschiedlichen Medien⁴

¹ Enthält Anhänge B und C – Risiken von Beschädigung und Abbau aufgrund von Temperatur und relativer Feuchte – leider für die Praxis nicht sehr ergiebig.

² Für einen raschen Blick etwas opulent, aber inhaltlich fundiert. Hier werden als praktische Hilfsmittel Seberas Isopermen sowie der Preservation Index vorgestellt, leider ohne wertende Einordnung. Die englische Version hat offiziell den abweichenden deutschen Titel „Management der Umgebungsbedingungen von kulturellen Sammlungen“, im Original aber „Management of the environmental conditions for archive and library collections“.

³ Teil 1 behandelt die „Beheizung von Andachtsstätten“.

⁴ Sehr anwenderfreundlich konzipiert, leider sprachlich teilweise unklar. Basiert wesentlich auf Arbeiten des Image Permanence Institute (IPI). Wesentliche Inhalte sind die Tabellen 1 („Temperatur-Kategorien“) und 4 (Eignung der Lagerungsbedingungen für konkrete Medienarten). ISO 19815 sind Erläuterungen mit eingestreuten Zahlen, bei ISO 18934 ist es umgekehrt.

- Alle enthalten in: Bestandserhaltung in Archiven und Bibliotheken. / Thorsten Allscher, Anna Haberditzl. – 7. Aufl., Berlin 2021.

Im weiteren Sinn fällt auch das ASHRAE Handbook noch unter diese Rubrik. Das ist nicht direkt eine Norm, aber sozusagen ein Industriestandard vom Verband der Klimatechniker in den USA, der alle vier Jahre aktualisiert wird. Und da gibt es seit 1999 auch ein ausführliches Kapitel über Kultureinrichtungen:

- 2019 ASHRAE Handbook, Chapter 24: Museums, Galleries, Archives, and Libraries

Daneben gibt es **Ratgeber** der verschiedensten Art – Monografien, Broschüren, Internet-Angebote. Wenn man bereit ist, sich auf englischsprachige Texte einzulassen, wird die Auswahl nochmals wesentlich größer. Eine subjektive Auswahl:

- Papier und Wasser : ein Lehrbuch für Restauratoren, Konservierungswissenschaftler und Papiermacher / Gerhard Banik, Irene Brückle. – München 2015.
- De tutela librorum : la conservation des livres et des documents d'archives = Die Erhaltung von Büchern und Archivalien / Andrea Giovannini. – 4. Aufl., Baden 2010.
- Bestandserhaltung : ein Ratgeber für Verwaltungen, Archive und Bibliotheken / Kobold, Maria ; Moczarski, Jana. – 3. Aufl., Darmstadt 2020.
- Long Life For Art, Bereich "Didaktik": <https://llfa.de/didaktik.html>
- Conservation Physics (Homepage Tim Padfield): <https://www.conservationphysics.org>
- Image Permanence Institute: <https://www.imagepermanenceinstitute.org/education/publications.html>
- Canadian Conservation Institute: <https://www.canada.ca/en/conservation-institute.html>

Hinzu kommen nationale und internationale **Periodika** sowie in diesen und in Tagungsdokumentationen veröffentlichte **Fachaufsätze und Studien**, außerdem **akademische Arbeiten**. Nochmals eine ganz subjektive Auswahl:

- Klaus Sedlbauer: Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen (Diss.). Stuttgart 2001. http://publica.fraunhofer.de/eprints/urn_nbn_de_0011-b-784954.pdf
- Kristina Holl: Der Einfluss von Klimaschwankungen auf Kunstwerke im historischen Kontext : Untersuchung des Schadensrisikos anhand von restauratorischer Zustandsbewertung, Laborversuchen und Simulation (Diss.). München 2016. <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1292189/1292189.pdf>
- Mark H. McCormick-Goodhart: The allowable temperature and relative humidity range for the safe use and storage of photographic materials (1996). http://www.wilhelm-research.com/subzero/MMG_Allowable_Temp_and_RH.pdf
- Heritage Science Journal (<https://heritagesciencejournal.springeropen.com>); darin: Matija Strlič u. a.: Damage function for historic paper (2015)
 - Part I: Fitness for use <https://link.springer.com/article/10.1186/s40494-015-0062-1>
 - Part II: Wear and tear <https://link.springer.com/article/10.1186/s40494-015-0065-y>
 - Part III: Isochrones and demography of collections <https://link.springer.com/article/10.1186/s40494-015-0069-7>
- Durability of Paper and Writing: Book of Abstracts: 2nd International Symposium and Workshops / Ljubljana, Slovenia (2008) <http://science4heritage.org/DPW2/DPW2%20book.pdf>

Was ist das Problem?

In all diesen Normen und Empfehlungen finden sich z. T. abweichende Empfehlungen, Richt- und Grenzwerte für Temperatur, relative Feuchte (rF) und tolerierbare Schwankungen. Verschiedene Risikofaktoren werden oft zwar dargestellt, aber nicht priorisiert oder quantifiziert, und wenn doch, dann eher „nach Gefühl“. Auch Darlegungen, was bei Abweichungen von den empfohlenen Werten geschieht, sind häufig unkonkret oder alarmistisch. Teilweise werden allgemeine Vorgaben formuliert, bei denen die Heterogenität der Überlieferung hinsichtlich Materialien und Lagerungsform keine Rolle spielt.

Ohne Wissen um die Vorgänge, die den Empfehlungen zugrunde liegend, ist es unmöglich, befriedigende Antworten auf konkrete Fragen zu erhalten.

- Soll ich die Temperatur durch Lüften unter 23 °C halten, wenn dadurch die Feuchte auf über 50 % steigt? [Kommt drauf an.]
- Was passiert, wenn in meinem Magazin 25 °C statt 23 °C sind? [Kurzfristig nicht viel.]
- Muss ich beim Lüften im Winter Angst haben, dass der Klimaschock Schäden anrichtet? [Nein.]
- Meine Klimaanlage macht immer so große Zacken zwischen 30 und 40 % rF. Sollte ich sie lieber abschalten? Stabilität ist doch wichtiger als der absolute Wert? [Nein.]
- In meinem Magazin ist nach einem Defekt die rF auf 80 % angestiegen. Darf ich die Feuchte nach der Reparatur nur in 5-%-Schritten absenken? [Nein.]
- Mein Magazin wird im Sommer immer 25 °C warm. Wie weit darf ich im Winter mit der Temperatur runtergehen, ohne dass was passiert? Oder sollte ich lieber das ganze Jahr bei 25 °C bleiben? [Nein. Solange es nicht zu feucht wird, ist Kälte gut.]

Dieser Vortrag ist als Erfahrungsbericht angekündigt. Ich möchte dabei gern ein paar für mich interessante Erkenntnisse mit Ihnen teilen, die in der Flut der Veröffentlichungen vielleicht zum Teil etwas untergehen. Ich musste mich allerdings bremsen und habe am Ende 10 Minuten aus meinem ursprünglichen Text wieder rausgekürzt. Also, fragen Sie mich nachher bitte die richtigen Sachen.

Schäden im Archivgut

entstehen auf drei Arten:

- Physikalisch/mechanisch – Diese Schäden entstehen eher kurzfristig; sie werden begünstigt durch Klimawechsel bzw. Abweichungen vom bisherigen Mittel
- Biologische Schädigung – entsteht i. d. R. mittelfristig und wird begünstigt durch hohe Temperaturen und rF
- Chemische Schädigung – entsteht eher langfristig, und wird ebenfalls begünstigt v. a. durch hohe Temperaturen und rF

Gehen wir die Problemfelder einmal der Reihe nach durch.

Physikalische Gefährdung

Physikalische Probleme treten auf, wenn bei Materialien unter Spannung die Elastizitätsgrenze oder gar die Bruchgrenze⁵ überschritten wird. Änderungen der relativen Feuchte (rF) in der Umgebung können solche Belastungen hervorrufen. Dabei spielen Stärke, Geschwindigkeit, Dauer und Häufigkeit der Änderungen eine Rolle, aber auch Aufbau und Zusammensetzung des Objekts. Besonders gefährdet sind heterogene Materialverbände, deren Bestandteile unterschiedlich auf Klimaveränderungen reagieren.

1989 sorgte eine Studie für Aufsehen, die besagte, dass Papier bei wechselnder Feuchte schneller altern würde als beim konstanten oberen Wert.⁶ Das ist inzwischen mehrfach überprüft worden, und im Wesentlichen blieb, dass es einen deutlichen Effekt gibt bei Schwankungen in der Größenordnung von $\pm 25\%$ rF an der Materialoberfläche. Aber schon bei $\pm 10\%$ bleibt von der Wirkung eigentlich nichts mehr übrig⁷. $\pm 10\%$ ist weit mehr, als wir in einem Archivgutbehälter realistischerweise erwarten dürfen. Trotzdem ist es eine unausrottbare „gefühlte Wahrheit“, dass die Stabilität beim Klima wichtiger sei als die absoluten Werte. Sie wissen jetzt: Das ist fachlich überholt.

In der DIN ISO 18934 steht jetzt sinngemäß: Solange man zwischen 30 und 50 % rF bleibt, passiert nichts. Schwankungen sind im Prinzip nur noch in zwei Fällen relevant: Bei mechanisch besonders empfindlichen Objekten, oder wenn es über die Grenzen hinaus geht – aber auch das nur, wenn die Verpackung keinen hinreichenden Schutz bietet. (Und sie bietet welchen, selbst die einfachste.) Ähnlich sind auch die verschiedenen Optionen der Klimakontrolle im ASHRAE Handbook beschrieben: Die Vermeidung von Extremen verringert die größten mechanischen Risiken schon erheblich; jede weitere Reduktion der zulässigen Schwankungen bringt dann bei wachsendem Aufwand eher graduelle Verbesserungen, die aber für besonders empfindliche Objekte angemessen sein können.

Aber was ist „empfindlich“? Papier ja schon mal nicht.⁸ „Normale“ Film- und Fotomaterialien eher auch nicht; auch da gab es Untersuchungen.⁹ Selbst die Smithsonian Institution begnügt sich seit den 1990er Jahren in all ihren Museen mit einem Korridor von $\pm 8\%$ rF. Wirklich gefährdet sind eher exotische Medien wie Glasnegative, Magnetbänder oder CD-ROMs und DVDs – Dinge also, die generell keine so gute Langzeitprognose als Archivgut haben.

Temperaturwechsel sind an sich für die meisten Materialien unkritisch. Probleme machen eher die Änderungen der Feuchte im Raum- oder Mikroklima, die dadurch entstehen. Die meisten von uns haben im Kopf: Wenn kalte Luft erwärmt wird, sinkt die relative Feuchte, und umgekehrt. Das ist in einem vollen Magazin aber kein so großes Problem, wie man vielleicht meinen könnte, weil schon allein in den leeren Archivkartons eine ganze Größenordnung mehr Wasser steckt als in der Luft: Bei Luft entsprechen 50 % rF gerade einmal 0,7 % Masseanteil, bei Karton und Papier etwa 6 %. Sprich:

Bei geänderter Luftfeuchte setzt zwar *oberflächlich* ein Feuchteausgleich ein, aber man muss schon eine ganze Weile kontinuierlich trockene Luft zuführen, damit sich die relative Feuchte auch im Archivkarton oder in einem geschlossenen Buch *gravierend* ändert. Wenn Sie nur kurz stoßlüften, stellt sich ziemlich rasch wieder fast der vorherige Zustand ein.

⁵ break strength; wird auf Deutsch meist mit „Zugfestigkeit“ übersetzt

⁶ C. J. Shahani, F. H. Hengemihle, N. Weberg: The effect of variations in relative humidity on the accelerated aging of paper (1989).

⁷ E. Menart, G. De Bruin, M. Strlič: Dose-response functions for historic paper (2011).

⁸ Belegt ist, dass v. a. Kartons bei Feuchteschwankungen eine beschleunigte „Kriechdehnung“, d. h. plastische Verformung unter Druck, aufweisen. Dies setzt jedoch eine zusätzliche mechanische Belastung und i. d. R. auch zeitweise überhöhte Feuchtwerte voraus.

⁹ McCormick-Goodhart (s. o.)

Interessant ist noch das *Mikroklima* in einem Archivgutbehälter: Dort drin ist wesentlich mehr hygroskopisches Material als Luft. Wenn hygroskopischen Materialien wie Papier oder Film erwärmt werden, wollen sie (anders als Luft) Feuchte *abgeben*. Also *sinkt* die rF im Behälter beim Erwärmen nicht, sondern sie *steigt* – in einer Größenordnung von ungefähr 0,4 % pro Grad. Dieses Verhalten wird v. a. dann relevant, wenn wir Archivalien in ein gekühltes Magazin bringen oder dort ausheben: Beim Erwärmen von 8 °C auf 21 °C steigt die rF im Behälter um ungefähr 5 % (wenn auch die Hülle aus Karton ist, kurzfristig sogar noch deutlich stärker). Auch deswegen sollten kalt gelagerte Archivalien eher bei *niedriger* Feuchte aufbewahrt werden – damit sie auch beim Erwärmen immer im unkritischen Bereich bleiben.¹⁰

Biologische Risiken

Schimmel und Insekten profitieren von Feuchte und Wärme. Solange Sie in Ihrem Magazin dauerhaft unter 65 % rF bleiben, sollte Schimmelwachstum normalerweise kein Problem sein.¹¹ Und auch wenn es doch mal kurzfristig über diesen Wert geht: Selbst bei 80 % rF haben Sie noch mehr als eine Woche Zeit, um diesen Missstand zu beseitigen, ehe sich tatsächlich Schimmel zeigt. Das schaffen Sie! Wenn das Thema Sie näher interessiert, empfehle ich Ihnen die Dissertation von Dr. Klaus Sedlbauer, da steht alles drin, was Sie wissen müssen. Es gibt auch noch ein brauchbares Online-Tool; dazu kommen wir aber später.¹² Insekten können grundsätzlich einiges aushalten, aber je kühler und trockener es bei Ihnen ist, desto weniger werden die sich wohlfühlen und vermehren. Integrated Pest Management ist aber ein eigenes Thema, und deswegen möchte ich es aus Zeitgründen hier bei diesen allgemeinen Ausführungen bewenden lassen.¹³

Chemischer Abbau

Solange die Unterlagen uns nicht verschimmeln, aufgefressen werden oder einer Katastrophe wie Feuer oder Hochwasser zum Opfer fallen, bleibt chemischer Abbau die größte Gefahr. Unterschiedliche Reaktionen sind daran beteiligt – die wichtigste beim Papier ist die Hydrolyse, die Aufspaltung der Zelluloseketten in immer kleinere Moleküle¹⁴. All diese Reaktionen profitieren von hoher Feuchte und hohen Temperaturen. Weil es nicht wirtschaftlich ist, den kompletten Bestand in flüssigem Stickstoff zu lagern, lautet hier in der Praxis die Frage meistens: Mit wie vielen Jahren Benutzbarkeit darf ich denn noch rechnen, wenn ich die Sachen bei kühler Raumtemperatur aufbewahre?

Ein Problem dabei ist: Selbst bei weniger haltbaren Materialien läuft der Abbau so langsam ab, dass man ihn nicht „in Echtzeit“ verfolgen kann. Für eine realistische Einschätzung sind wir also auf Laborversuche angewiesen, wo der Abbau künstlich beschleunigt wird, um dann die Ergebnisse auf „normale“ Verhältnisse zu extrapolieren. Es gibt inzwischen für viele Materialien schon eine ziemlich gute Datenlage, wie sich Temperatur und Feuchte auf den Zerfall auswirken.

Donald Sebera von der Library of Congress war Ende der 1980er der erste, der sich da an einer Veranschaulichung versuchte. Von ihm stammt das so genannte Isoperm-Diagramm.¹⁵ Hier sind Kombinationen von Temperatur und relativer Feuchte zu Kurven verbunden, die eine identische Lebensdauer oder „Permanenz“ von Papier erwarten lassen. Sie erahnen hier schon einen wichtigen

¹⁰ Umgekehrt ist es nicht sinnvoll, einen Film bei Zimmertemperatur schon auf 30 % rF zu konditionieren, bevor er auf 8 °C heruntergekühlt wird, denn dabei sinkt die rF um weitere 5 %.

¹¹ Auf kalten Oberflächen kann sich ein feuchtes Mikroklima bilden, deswegen sollte man immer auf Abstand von Archiv- oder Bibliotheksgut zu den Außenwänden achten. Wo kein Schimmel wachsen kann, sind auch papierzersetzende Bakterien kein Problem.

¹² (Dew Point Calculator)

¹³ Mit DIN EN 16790:2016 ist dem Thema auch eine eigene – ebenfalls in Allscher/Haberditzl 2021 enthaltene – europäische Norm gewidmet.

¹⁴ Oxidation sowie Vernetzung, wodurch das Papier versprödet, sind die bedeutendsten anderen.

¹⁵ Das finden Sie übrigens auch im Anhang zur ISO/TR 19815.

Grundzusammenhang: Die Lebenserwartung *halbiert* sich etwa bei einer Erwärmung um 5 °C. Das gilt übrigens auch für viele andere organische Materialien und steht zitierfähig in verschiedenen Normen.

Mittlerweile gibt es noch aktuellere Ergebnisse. Eine sehr lesenswerte Studie mehrerer Autoren zur Papieralterung erschien im Jahr 2015.¹⁶ Nach höchst komplexen Berechnungen¹⁷ haben Matija Strlič und seine Mitautor*innen aktualisierte Isopermen vorgelegt, außerdem „Isochronen“ – entsprechende Diagramme zur möglichen Nutzungsdauer. Und hier sehen wir nun etwas Interessantes: Obwohl der Rechenweg komplizierter geworden ist, ist das Ergebnis einfacher als bei Sebera. Wenn wir diese neuen Grafiken betrachten, sehen wir im Wesentlichen Parallelen. Und das bedeutet, dass wir mit einer ganz simplen Faustregel auf praktisch dasselbe Ergebnis kommen: Die chemische Beständigkeit von Papier halbiert sich bei einer Erwärmung um 5 °C, oder wenn die rF um 20 % erhöht wird.

(Hier sehen wir es nochmal etwas größer, an einem Beispiel.) Die Faustregel 5-20 passt für die relativen Alterungsraten genauso wie für Prognosen zur Lebenserwartung, für gute wie für schlechte Papiere. Und es sind schöne runde Zahlen, die man sich merken kann – und sollte.

Saures Papier altert schneller als neutrales: Ist der pH-Wert um 1 niedriger, wirkt sich das laut Strlič aus wie eine Erwärmung um etwa 4 °C, d. h. die Haltbarkeit sinkt um mehr als 40 %.

Es lässt sich also ziemlich konkret abschätzen, wie sich Temperatur und Feuchte auf die Beständigkeit von Papier auswirken. Damit ist auch klar, dass die im Detail etwas abweichenden oberen Grenzwerte in den verschiedenen Quellen keine harte Grenze sind, ab der plötzlich alles katastrophal schlecht wird. Sie sind eher so etwas wie eine Markierung, die signalisiert: Bitte nicht weiter in diese Richtung! Wo exakt man die Grenze zieht, hängt ein bisschen davon ab, wie man die Prioritäten setzt: 23 °C sind in vielen Gebieten gerade so noch ohne Klimaanlage zu schaffen, aber schon doppelt so schlecht wie 18 °C. 25 °C sind doppelt so schlecht wie 20 °C. Aber auch bei 18 °C kann ein Großteil unserer sauren Bestände die nächsten 500 Jahre nicht überleben. Max. 60 % rF sind ohne großen Aufwand erreichbar und genügen, dass höchstwahrscheinlich nie Schimmel wächst. Bei 50 % rF als Obergrenze werden zusätzlich auch andere Risiken wie die Migration von Farbstoffen oder Metallkorrosion minimiert, aber dafür muss Luft mit demselben Wassergehalt dann eben etwas wärmer sein.

Mit den Untergrenzen verhält es sich ähnlich: Historisches Pergament könnte bei 30 % rF bereits etwas verspröden, vielleicht sogar irreversibel. Bei Filmen oder Magnetbändern überwiegt dagegen der Nutzen der chemischen Beständigkeit, so dass hier auch 20 % laut den entsprechenden ISO-Normen ein guter Wert sind.¹⁸

¹⁶ Strlič u. a.: *Damage functions for historic paper* (2015). Lesenswert ist sie u. a. deshalb, weil sie ganz grundsätzlich mit der Frage begann, was Nutzer*innen als Schaden empfinden und was als natürliche Alterungserscheinung. Das Ergebnis war: Vergilbung, Flecken, kleine Risse – alles kein Problem. Erst wenn Teile des Textes fehlen oder nicht mehr lesbar sind, hört der Spaß auf. Dann wurde untersucht, wie sich durch übliche Benutzung mechanische Schäden im Papier anreichern. Ergebnis: Es gibt nur ein vergleichsweise kleines Zeitfenster, wo Papier im Prinzip noch benutzbar ist, aber schon merklich unter der Benutzung leidet – aber auch danach ist es nicht gleich „tot“, sondern es bleibt noch Zeit, es z. B. als Nutzungsdigitalisat zu sichern.

¹⁷ Legten Sebera und andere noch die rF zugrunde, geht Strlič vom im Papier absorbierten Wasser aus. Außerdem wurden mechanische Abnutzung und der pH-Wert als neue Einflussfaktoren mitbetrachtet.

¹⁸ Kurze Anmerkung: Vielleicht haben sie mal gehört, dass Papier bei etwa 50 % rF seine maximale Festigkeit hat. Das stimmt – bezogen auf die mechanische Belastbarkeit. Aber wenn Sie nicht gerade große Rollen durch Druckmaschinen jagen wollen, oder Kraniche daraus falten, ist der Unterschied zwischen 50 % und 20 % wirklich nicht besonders groß. Tatsächlich verläuft aber der chemische Abbau bei 50 % rF mehr als doppelt so schnell wie bei 20 %, deswegen darf es hier im Archiv gern etwas weniger sein.

Vor allem die Temperatur ist, wie wir gesehen haben, ein ganz wesentlicher Faktor für die langfristige Erhaltung – schon eine kleine Veränderung in die eine oder andere Richtung hat hier gravierende Auswirkungen. Dauerhaft 2 °C wärmer oder 8 % mehr rF kosten schon etwa ¼ der Lebenserwartung!¹⁹

Die Isopermen geben nun relative Beständigkeitsraten an für *stabile* Klimaverhältnisse. Wie ist es nun aber, wenn sich z. B. die Temperatur im Jahresverlauf ändert? Kann ich dann einfach mit dem Durchschnitt rechnen? Antwort: Im Prinzip ja, aber nur, wenn der Unterschied nicht allzu groß ist. Tatsächlich wiegen die „schlechten“ Verhältnisse immer etwas schwerer.²⁰

Ein sehr schönes einfaches Modell, wie man aus unterschiedlichen Klimawerten einen Durchschnittswert berechnen kann, habe ich bei Tim Padfield gefunden.²¹ Padfield schlägt zunächst vor, dass wir für Vergleiche nicht relative „Beständigkeitsraten“ verwenden, sondern relative „Zersetzungsraten“, weil man dann besser versteht, was eigentlich vor sich geht: Was einmal zersetzt ist, kann auch durch nachträgliches Kühlen nicht wieder „geheilt“ werden. Diese Zersetzungsraten für unterschiedliche Klimawerte, z. B. innerhalb eines Jahres, kann man nun zeitlich gewichtet miteinander ins Verhältnis setzen, und damit erhält man dann eine realistische effektive Zersetzungsrate. Bezogen auf Magazinklima könnte eine (stark vereinfachte) Modellrechnung für vier Jahreszeiten ungefähr so aussehen:

[Beispiel aus Excel-Tabelle]

Zeitanteil*	T (°C)	rF (%)	Alterungsfaktor	Permanenzfaktor	Nutzbar (Jahre)
(Standard)	20	50	1	1	300
1	20	50	1,00	1,00	300
1	22	55	1,57	0,64	191
1	20	50	1,00	1,00	300
1	20	50	1,00	1,00	300
effektiv	(21,0)	50	1,14	0,88	263

Hier sehen wir: Der warme Sommer klaut unserem Papier gegenüber dem stabilen Mittelwert etliche Jahrzehnte Lebenserwartung. Aber jetzt probieren wir mal: Können wir das ausgleichen, wenn es dafür im Winter etwas kälter wird? Das empfehlen inzwischen ja die meisten Normen²², und man kann außerdem damit eine Menge Energie sparen. Antwort: Ja – aber um wieder auf die ursprüngliche Haltbarkeit zu kommen, muss es schon deutlich kälter und vielleicht auch etwas trockener sein. Schauen wir nun kurz noch, was passiert, wenn die Temperatur im Sommer durch den Klimawandel noch ein Grad wärmer wird. Zack! Sind schon wieder ein paar Jahre weg. Irgendwann ist dann der zusätzliche Abbau nicht mehr auszugleichen, egal wie kalt es im Winter wird. Ähnlich werden die

¹⁹ Vielleicht verstehen Sie jetzt auch, warum ich so allergisch auf die oft zitierte Weisheit reagiere, ein möglichst stabiles Klima sei viel wichtiger als der Mittelwert. Die Forschungsergebnisse der letzten Jahrzehnte besagen einfach etwas grundsätzlich anderes.

²⁰ Zu Veranschaulichungszwecken nehme ich mal ein Beispiel, wo die Haltbarkeit bei verschiedenen Temperaturen sich wirklich gravierend unterscheidet. Denken wir an etwas, das zum Abendbrot auf den Tisch kommt, frischen Wurstaufschnitt. Der hält im Kühlschrank knapp eine Woche, bei Zimmertemperatur nur ein paar Stunden. Wenn wir nun das Experiment auf die Spitze treiben und ihn den ganzen Tag draußen stehen lassen und nur nachts in den Kühlschrank packen: Wie lange hält er dann? Spätestens am zweiten Tag wäre er hinüber, also weit weg vom Durchschnitt.

²¹ Vgl. www.conservationphysics.org. Tim Padfield (1937-2020) war ein ursprünglich aus England stammender Physiker, der die meiste Zeit seines Berufslebens als Bestandserhaltungsexperte für das dänische Nationalmuseum gearbeitet hat.

²² So in DIN/TR 67702:2020 und DIN ISO 18934:2019. In der DIN 67700:2017 vermisst man einen entsprechenden Hinweis.

Folgen sein, wenn die Sommerhitze bis weit in den Herbst reicht. Zwischenfazit an dieser Stelle: Es lohnt sich wirklich, die Erwärmung im Sommerhalbjahr mit allen tauglichen Mitteln zu bekämpfen, und es lohnt sich auch, die Möglichkeit einer begrenzten Abkühlung zu nutzen, wenn das Außenklima es zulässt. Für diese Möglichkeit haben sich z. B. die Britischen National Archives vor etwa 10 Jahren entschieden; ebenso das Staatsarchiv Dresden, und viele andere Institutionen, die sie in der DIN/TR 67702 als Beispiele aufgeführt finden. Einfaches Lüften kann auch schon etwas bringen – aber nur in begrenztem Umfang.²³ Außerdem sollte man es nicht „nach Gefühl“ machen, sondern abhängig von den Klimawerten, sonst holt man sich u. U. eine Menge zusätzlicher Feuchte ins Haus.

Es gibt im Web ein ganz nützliches Tool, das ich Ihnen noch zeigen will, den „Dew Point Calculator“, zu Deutsch Taupunktrechner, vom Image Permanence Institute aus den USA.²⁴ Wir haben hier zunächst die Möglichkeit, uns anzusehen, wie sich die relative Feuchte der Luft bei Erwärmung oder Abkühlung verändern würde. Das ist aber noch nicht alles. Wir haben hier noch eine Box mit Einschätzungen zur Eignung der Bedingungen für die Archivierung von Filmmaterialien, speziell Azetatfilm. Der Preservation Index ist eine Einheit für die Lebenserwartung – wir sehen es, rot ist in dem Fall nicht gut, aber bei 5 °C weniger verdoppelt sich der Wert, und dann passt es wieder. Mechanical Damage ist eine Einschätzung, ab wann die Dimensionsänderungen durch Befeuchtung oder Austrocknung ein problematisches Niveau erreichen könnten. Hier sehen wir, eine ziemlich große Bandbreite ist ok. Mold risk bezeichnet das Schimmelrisiko – die Werte entsprechen ungefähr dem, was man an anderer Stelle lesen kann.²⁵ Metal Corrosion bewertet das Risiko, dass die Filmdosen Rost ansetzen.²⁶ Für eine rasche Einschätzung oder den Vergleich von Lagerungsbedingungen ist dies das beste Online-Tool, das ich Ihnen empfehlen kann.²⁷

Zumindest kurz erwähnen möchte ich auch die experimentelle Collections Demography App²⁸, die auf den Arbeiten von Matija Strlič basiert. Hier können Sie u. a. noch einmal die Wirkung von T, rF und pH-Wert auf die Lebenserwartung interaktiv nachvollziehen. Als Alltagsinstrument vielleicht nicht ganz so ergiebig, da Sie i. d. R. Polymerisationsgrad und pH-Wert Ihrer Unterlagen nicht exakt kennen werden – trotzdem interessant, was inzwischen so möglich ist.

²³ Die Wärmekapazität der Luft ist verglichen mit dem Bauwerk und dem eingelagerten Material relativ gering.

²⁴ Das ist eine in New York ansässige universitätsnahe Forschungseinrichtung, die weltweit führend ist bei der Forschung zur Erhaltung von Film- und Fotomaterialien.

²⁵ (Wobei die hier gewählte Einheit „Tage bis zum Schimmeln“ eine Genauigkeit suggeriert, die es so natürlich nicht gibt.)

²⁶ Übrigens anhand der gleichen Einheit wie Mechanical Damage: Hier wurde die Gleichgewichtsfeuchte in Holz gewählt, als repräsentativ für alle hygroscopischen Materialien.

²⁷ Der schwächste Punkt an der ganzen Sache ist für mich der Preservation Index, denn das ist eine einigermaßen obskure Maßeinheit. Bei oberflächlicher Betrachtung ist das die Anzahl an Jahren, bis ein frischer Azetatfilm durch Zersetzung einen kritischen Säuregehalt erreicht. Nur im Kleingedruckten in der entsprechenden Studie findet man die Einschränkung: Das bezieht sich auf eine luftdicht verschlossene Probe, aus der kein bisschen Säure an die Umgebung entweichen kann, also ein nicht besonders realistisches Szenario. In der Praxis darf man für Azetatfilme mit einer besseren Haltbarkeit rechnen, und speziell unter dem Gesichtspunkt einer „Allgemeingültigkeit“ als Indexwert wäre eine abstrakte Skala bezogen auf die Zersetzungsrate hier die bessere Option gewesen.

²⁸ https://hsl.shinyapps.io/collections_demography_app

Zusammenfassung: Was hilft?

- Verlassen Sie sich nicht auf eine einzige Quelle. Ergänzen möchte ich: Werfen Sie mal einen Blick darauf, was im nicht deutschsprachigen Raum publiziert wird. Auch wenn der Englischunterricht schon eine Weile her ist – man kann sich in die Begrifflichkeiten einlesen, und es lohnt wirklich.
- Stabilität ist nicht alles! Schwankungen sind für die meisten Archivalien weit weniger relevant als die langfristigen Durchschnittswerte von T und rF.
 - Raumklima ≠ Mikroklima: Bereits einfache Verpackungen schützen vor (v. a. kurzfristigen) extremen Schwankungen.
 - Jahreszeitliche Anpassungen der Zielwerte werden ausdrücklich empfohlen!²⁹
- Die chemische Abbaurate verdoppelt sich etwa bei Erwärmung um 5 °C bzw. bei 20 % höherer rF. Schon kleine Veränderungen haben also eine große Wirkung.
- Die Temperatur sollte möglichst kühl sein und möglichst selten weit über 20 °C liegen.
 - Empfindliche Materialien (z. B. Farbfotos und Azetatfilm) benötigen Kühlung zur langfristigen Erhaltung.
- Die rF sollte zwischen 30 und 60 % liegen, vorzugsweise unter 50 %.
 - Befeuchtung ist i. d. R. nicht notwendig.
- Extreme Fluktuationen und langfristig überhöhte Werte sollten vermieden werden.
- Rasche Orientierung für geeignete Klimawerte bietet DIN ISO 18934, mehr Hintergrundinformationen DIN/TR 67702.
 - Suchen Sie sich nicht nur Zahlen raus – lesen Sie auch den Text dazwischen!
- Verzetteln Sie sich nicht in Details – konzentrieren Sie sich zunächst auf die größten Risiken.

²⁹ Z. B. DIN/TR 67702:2020, S. 26; DIN ISO 18934:2019, S. 10.