Alterungsverhalten von Schreib-, Druck- und Kopierpapieren

Autor(en): **Ernst, Urs**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Arbido-R : Revue**

Band (Jahr): **4 (1989)**

Heft 4

PDF erstellt am: **28.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-771777

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Alterungsverhalten von Schreib-, Druck- und Kopierpapieren

Urs Ernst

Die durchgeführte Studie[1] hatte die Aufgabe, das Alterungsverhalten von Papieren zu untersuchen und Hinweise für eine eventuelle Eignung zum Gebrauch als Papier für «potentiell archivwürdiges Dokument» (Aufbewahrungsfrist mehrere hundert Jahre) zu liefern. Der natürliche Alterungsprozess wurde in Form einer künstlichen Alterung bei 80 °C 65% r. F. simuliert. Untersucht wurden die zeitlichen Veränderungen von mechanischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften von Papieren zu Schreib-, Druck- und Kopierzwecken.
Aufgrund der Versuchsresultate kommt man zum Schluss, dass bei Recyclingpapieren nicht in jedem Fall ein rascherer Alterungsverlauf besteht als bei Papieren aus Neustoff. Sowohl die Recycling- als auch die holzhaltigen Papiere wiesen jedoch bei den meisten Festigkeitskriterien bereits deutlich tiefere Ausgangswerte auf als Papiere auf Cellulosebasis. Eine kritische Grenze ist somit sogar bei gleichem Alterungsverhalten wesentlich früher erreicht. Aus diesen Gründen ist die Verwendung von Recycling- und holzhaltigen Papieren für «potentiell archivwürdige Dokumente» nicht zu empfehlen. Für Dokumente mit kürzeren Aufbewahrungsfristen (einige Jahrzehnte) können sie demgegenüber durchaus eine Alternative zu Papieren aus Cellulose-Neustoff darstellen.

L'étude[1] dont il est question avait pour but d'examiner le comportement du papier face au processus de vieillissement, et de présenter quelques recommandations en vue d'une éventuelle utilisation comme support pour des «documents qui sont appelés à devenir des archives» (c'est-à-dire qui seront gardés plusieurs centaines d'années).
Le processus naturel de vieillissement du papier à été simulé sous forme d'une exposition à une température de 80 oC et à une humidité relative de 65%. Les modifications passagères des propriétés mécaniques, physiques et chimiques de papiers destinés à l'écriture, à l'imprimerie et à la photographie ont été étudiées avec soin.
Sur la base des essais effectués, on parvient à la conclusion que les papiers recyclés ne subissent pas dans tous les cas un processus de viellissement plus rapide que les papiers neufs. Toutefois, concernant la plupart des critères de solidité, tant les papiers recyclés que les papiers contenant du bois présentent des résultats nettement inférieurs à ceux qui sont obtenus par les papiers de cellulose. Ainsi, le seuil critique est atteint bien plus rapidement, même lorsque le comportement face au vieillissement est identique. Pour ces raisons, il n'est pas recommandé d'employer du papier recyclé ou contenant du bois pour des «documents qui sont appelés à devenir des archives». Par contre, ces deux types de papier peuvent présenter une alternative aux papiers neufs de cellulose, pour des documents qui ne sont destinés à être conservés que quelques dizaines d'années.

Lo studio[1] in questione si prefigge di esaminare come si comporta la carta di fronte al processo di invecchiamento e di formulare alcune raccomandazioni nel caso in cui debba fungere da materiale di supporto per i «documenti destinati a diventare archivi» (ossia che saranno conservati per centinaia d'anni).
Il processo naturale di invecchiamento è stato simulato esponendo la carta a una temperatura di 80 °C e a un'umidità relativa del 65%. Si sono così potuto studiare in modo approfondito le modificazioni transitorie delle caratteristiche meccaniche, fisiche e chimiche della carta per scrivere, da stampa e da foto.
Sulla scorta degli esperimenti effettuati, si è giunti alla conclusione che la carta riciclata non patisce assolutamente un processo di invecchiamento più rapido rispetto alla carta nuova. Tuttavia, per quanto riguarda la maggior parte dei criteri di solidità, la carta riciclata e quella contenente legno danno risultati nettamente inferiori a quelli ottenuti con la carta di cellulosa, talché il punto critico è raggiunto molto prima, anche se il comportamento nei confronti dell'invecchiamento è identico. Per queste ragioni, è sconsigliabile usare carta riciclata o contenente legno per i «documenti destinati a diventare archivi». Di contro, questi due tipi di carta possono costituire un'alternativa all'uso della carta di cellulosa per i documenti destinati a essere conservati per qualche decina d'anni.

Im Zusammenhang mit dem Bestreben, für Schreib-, Druck- und Kopierzwecke vermehrt altpapierhaltige Papiere einzusetzen, hat die Frage nach der zeitlichen Stabilität dieser Papiere wieder vermehrt an Aktualität gewonnen. Insbesondere dann, wenn die Papiere als «Unikate» in Archiven über Zeiträume von mehreren hundert Jahren aufbewahrt werden sollten. Bei dieser Frage geht es vor allem um den Verlust an Festigkeit. Farbliche Veränderungen in Form von Vergilben sind, sofern die Lesbarkeit nicht darunter leidet, in den meisten Fällen bei den für die obigen Papiere typischen Anwendungen nicht kritisch.

Aufgabe

Aufgabe der Studie war, das Alterungsverhalten von Schreib-, Druck- und Kopierpapieren zu untersuchen. Speziell interessierte dabei der Vergleich von Recyclingpapieren mit marktüblichen Papieren aus Neustoff. Erwartet wurden Hinweise für die Eignung der verschiedenen Papierarten für den Einsatz als «potentiell archivwürdiges Dokument». Die Resultate bilden im weiteren Grundlage für eine Empfehlung für Qualitätseigenschaften, welche ein «archivbeständiges» Papier etwa aufweisen sollte.
Unter Archivbeständigkeit im Sinne der gestellten Aufgabe soll eine Zeitspanne von mehreren hundert Jahren verstanden werden, während welcher potentiell archivwürdige Dokumente eine ausreichende chemische Stabilität und für den archivischen Gebrauch genügende mechanische Eigenschaften aufweisen sollen.
Die Zeitkomponente wird in Form von «künstlicher Alterung» simuliert. Für die Beurteilung des Alterungsverhaltens sollen diverse chemische sowie die Festigkeit charakterisierende mechanische Eigenschaften untersucht werden. Die verwendeten Untersuchungsmethoden haben einen Zeitraffereffekt, so dass aus dem kurzzeitigen Verhalten das mittel- bis langfristige

[1] EMPA. *Untersuchung des Alterungsverhaltens verschiedener Papiere* (EMPA Untersuchungsbericht Nr. 15271, April 1988). (Vollständiger Versuchsbericht mit den Resultattabellen ist auf Wunsch bei der EMPA erhältlich.)

abgeschätzt werden kann. Allerdings besteht kein mathematischer Zusammenhang zwischen dem Testergebnis und dem Archivverhalten. Die beschleunigte Alterung kann lediglich Tendenzen der Haltbarkeit von Papier aus dem Vergleich des Verhaltens ähnlicher Papiere erkennen lassen.[2]
Nicht Gegenstand der Untersuchungen waren die Kopierbarkeit, das Verhalten beim Kopieren wie Stauben, Verschmutzen des Gerätes. Abnützung, usw. sowie die Lesbarkeit der Kopien in Abhängigkeit der Alterungsdauer. Ebenfalls nicht untersucht wurde das Bedruckbarkeitsverhalten. Kopierbarkeit und Bedruckbarkeit – wie übrigens auch die Beschreibbarkeit – sind wichtige Eigenschaften für papieranwendende bzw. -verarbeitende Betriebe. Bei der vorliegenden Studie stand jedoch nur das Alterungsverhalten des Papieres im Betrachtungsfeld.

Untersuchte Papiere

Es wurden folgende Papiere in die Untersuchungen einbezogen (Bezeichnung gemäss Lieferanten):
- Fortuna 100 UF-Copy; 80 g/m2; 100% Altpapier aus Zeitungen, Zeitschriften, Druckereiabfällen usw.; ungebleicht.
- Recyclo-Copy; 80 g/m2; 100% Altpapier aus Zeitungen, Computer-Altpapier, Couverts usw.; holzhaltig (nicht 100%); recycloweiss.
- Durchschlagpapier M 30; 30 g/m2, holzhaltig, goldgelb.
- Zeitungspapier; 49 g/m2, holzhaltig (nicht 100%).
- Copysil; 80 g/m2; SK 3; hochweiss.
- M 80; 80 g/m2; SK 3, matt, geglättet, weiss.
- OD – 80; 80 g/m2; SK 3; weiss.
- Bücherpapier; 95 g/m2; weiss; hadernhaltig, SK 2; mit unsymmetrischem Wasserzeichen «Kanton Bern / Canton de Berne».
- Sihl Mills; 80 g/m2, hadernhaltig, SK 2; Schreibmaschinenpapier.
- «Opale de Rives», Schreibmaschinenpapier; 80 g/m2; hadernhaltig, SK 2, hochweiss; Velin.
- «Marais Médaille»; Schreibmaschinenpapier; 90 g/m2, rein Hadern, SK 1; hochweiss mit abgepasstem Wasserzeichen.

Zu Vergleichszwecken «alte» Papiere:
- Bibelpapier alt, zirka 400jährig; zirka 80 g/m2; rein Hadern (Leinen).
- Bücherpapier alt (Jahrhundertwende); zirka 70 g/m2; holzhaltig; bedruckt; stark vergilbt; «erheblich geschädigt, durch Alterung».

Künstliche Alterung

Als Lagerbedingung für die künstliche Alterung wurde das von verschiedenen Autoren empfohlene Klima 80 °C 65% r. F. (ISO 5630/3-1986) gewählt. Nach heutigen Erkenntnissen gibt eine Lagerung in einem «feuchten» Klima die Vorgänge beim natürlichen Alterungsprozess besser wieder als eine «Trockenalterung» bei 105 °C. Um einen Vergleich zu früheren Arbeiten zu ermöglichen, wurden zusätzlich einige Proben bei 105 °C gelagert. Die Lagerdauer betrug im «Feuchtklima» 3, 6, 12, 24 Tage, im Trockenklima 6 Tage.
Nach dem Altern wurden die Papiere bei Raumtemperatur getrocknet und bei 23 oC / 50% r. F. rückklimatisiert.
Verglichen wurden alle gealterten Papiere mit ungealterten, das heisst lediglich im Normalklima aufbewahrten Proben (Neuzustand).

Versuche

Sämtliche Versuche wurden an klimatisierten bzw. reklimatisierten Proben im Klima 23 °C, 50% r. F. durchgeführt. Dabei wurden mechanische, physikalische und chemische Eigenschaften der Papiere untersucht. Die Versuche wurden im allgemeinen nach üblichen Prüfmethoden durchgeführt.
Mit den gewählten Versuchen sollte sichergestellt sein, dass möglichst viele Vorgänge, die bei der Alterung eines Papieres ablaufen, wie chemischer Celluloseabbau, Verhornung der Fasern, Lockerung der Papierstruktur, Vergilbung, usw. erfasst werden.[3, 4]

Mechanische Prüfungen

- **Zugversuch (ISO 1924/2–1985)**
Im Zugversuch wurden bestimmt:
- Bruchkraft
- Bruchdehnung
- Arbeitsvermögen beim Zugversuch (Brucharbeit)
In gleicher Weise wie die Versuche an «trockenen» Proben wurden solche an «nassen» Papierstreifen durchgeführt. Dabei wurden die Proben vorgängig zum Zugversuch während 15 Sekunden in destilliertes Wasser eingelegt und unmittelbar anschliessend geprüft.

- **Durchreisswiderstand (ISO 1974–1985 «single tear tester»)**
Bestimmt wurde der Durchreisswiderstand nach «Elmendorf».

- **Doppelfalzzahl (ISO 5626–1978)**
Bestimmt wurden:
- Doppelfalzzahl «Schopper» 10 N (Zugbelastung 10–7,5 N)
- Doppelfalzzahl «Schopper» 5 N (Zugbelastung 5–2,5 N)

Physikalische Prüfungen

- **Weissgrad (DIN 53154)**
Bestimmt wurde der Reflexionsfaktor bei 457 nm Wellenlänge (bezeichnet als Weissgrad «Elrepho»); Normlichtart D; Messung am Papierstapel.

---

[2] H. BANSA, H.H. HOFER. «Die Aussagekraft einer künstlichen Alterung von Papier für Prognosen über seine zukünftige Benutzbarkeit». *Restaurator*, 6, 1984, S. 21–60.
[3] P. FINK, K. ZWICKY. Untersuchungen über die Lagerbeständigkeit von Druckpapieren. *Textil Rundschau*, 20, 1965, Nr. 10, S. 289–305.
[4] A. KALLMANN. *Archivierung und Haltbarkeit von RC-Papieren : Symposiumbericht «Einsatz von Recyclingpapieren in Verwaltung und Industrie» vom 2. Oktober 1987 in Saarbrücken.*

Chemische Untersuchungen

– **Wässriger Kaltauszug (DIN 53124)**

Bestimmt wurden:
– pH
– Acidität

Die Acidität wurde bestimmt durch Titrieren mit 0,005 n KOH, als Mass wurde die notwendige Menge KOH zur Neutralisation von 50 ml wässrigem Papierauszug auf pH 7,0 genommen.

- **Cellulosebestimmungen**

Bestimmt wurden:
– Aufnahme von Methylenblau (quantitativ)
– Polymerisationsgrad

Die Methylenblauaufnahme ist ein quantitatives Mass für den Gehalt an sauren Gruppen im Cellulosemolekül (Carboxyl-, Sulfo-, eventuell Nitrogruppen). Je grösser die Zahl, desto mehr saure Gruppen sind vorhanden. Die Versuche wurden nach der Norm SNV 95980[5] durchgeführt.

Der Polymerisationsgrad gibt die Anzahl der ß-Glucosemoleküle im Cellulosemolekül (Kettenlänge) an. Die Versuchsdurchführung ist von W. Schefer detailliert beschrieben.[6]

Versuchsresultate

Die Resultate der verschiedenen Prüfungen zeigen folgendes:

Bruchkraft (längs, quer)

– Während der Expositionsdauer von 3, 6, 12 und 24 Tagen trat bei sämtlichen untersuchten Papieren nur eine sehr geringe Abnahme der Bruchkraft längs und quer auf.
– Bestimmend für die Ergebnisse dieses Kriteriums waren die Anfangswerte der Papiere. Die beiden untersuchten Recyclingpapiere FORTUNA und RECYCLO-COPY wiesen etwas niedrigere Ausgangswerte auf als die Papiere aus Neustoff. Die Bruchkraft der Recyclingpapiere lag jedoch deutlich über derjenigen von Zeitungs- und Durchschlagspapier. Die niedrigsten Werte wurden beim Durchschlaspapier gemessen.
– Die Lagerung bei 105 °C trocken ergab im allgemeinen keinen Rückgang der Bruchfestigkeit.

Bruchdehnung (längs, quer)

– Die Bruchdehnung nahm als Folge der Alterung bei 80 °C 65% r. F. während 24 Tagen in Längsrichtung um etwa 5–15% und in Querrichtung um etwa 10–25% ab.
– Ausschlaggebend für die Absolutresultate der Bruchdehnung sind primär auch wieder die Werte der ungealterten Papiere. Die Alterung führte praktisch zu keinen Verschiebungen unter den Papierqualitäten. Die Recyclingkopierpapiere wiesen vor allem in Querrichtung eine deutlich kleinere Bruchdehnung auf als Papiere aus Neustoff. Sie lagen hier im Bereich des Zeitungspapiers, jedoch noch deutlich über dem Wert des Durchschlagpapiers M 30. In Längsrichtung war die Bruchdehnung der Recyclingkopierpapiere nur unwesentlich geringer als diejenige der Papiere aus Neustoff. Deutlich geringere Werte wiesen das Zeitungs- und Durchschlagpapier M 30 auf.
– Die Resultate der Alterung bei 105 °C trocken während 6 Tagen entsprechen etwa denjenigen nach einer Alterungsdauer von 6–12 (evtl. bis 24) Tagen bei 80 °C 65% r. F. Ein gesicherter Korrelationsfaktor liegt jedoch nicht vor.

Arbeitsvermögen beim Zugversuch (Brucharbeit; längs, quer)

Die Brucharbeit entspricht im wesentlichen dem Produkt aus Bruchkraft und Bruchdehnung.

Die Versuche ergaben folgendes:

– Sämtliche Papiere wiesen einen deutlichen Rückgang der Brucharbeit auf in Funktion der künstlichen Alterungsintensität. Die Abnahme war im allgemeinen in Querrichtung grösser als in Längsrichtung. Nach 24 Tagen Alterung bei 80 °C 65% r. F. betrug der Rückgang in Längsrichtung etwa 10–20%, derjenige in Querrichtung etwa 10–40%.
– Die Rangreihenfolge wurde auch hier durch die Ausgangswerte (ungealtert) bestimmt. Dabei wiesen die beiden Recyclingpapiere FORTUNA und RECYCLO-COPY in Längsrichtung geringe bis deutlich niedrigere Werte auf. In Querrichtung waren die entsprechenden Werte sogar etwa 2,5–4 mal kleiner als die Vergleichswerte der Papiere aus Neustoff. Sowohl in Längs- als auch in Querrichtung waren die Brucharbeiten der beiden Recyclingkopierpapiere jedoch immer noch deutlich höher als diejenigen des Zeitungs- oder Durchschlagspapiers.
– Die Abnahme der Brucharbeit (sowohl längs als auch quer) war beim Papier FORTUNA grösser als beim RECYCLO-COPY. In Querrichtung erreicht das Papier FORTUNA zudem nur etwa die Hälfte der Brucharbeit des Papiers RECYCLO-COPY. In Längsrichtung waren die Werte des Papieres FORTUNA etwas besser als RECYCLO-COPY.
– Die Alterung 6 Tage bei 105 °C trocken entsprach etwa einer Alterungsdauer von 12 Tagen bei 80 °C 65% r. F. Einzelne Papiere wichen jedoch nach oben oder nach unten erheblich von dieser mittleren Korrelation ab.

Nassreissfestigkeit

– Die beim Recyclingpapier FORTUNA durchgeführte Messung der Nassreissfestigkeit zeigt, dass diese nach der künstlichen Alterung 24 Tage 80 °C 65% r. F. höher ist als ungealtert. Im Vergleich zur Bruch-

[5] SNV. *Quantitative Bestimmung der Aufnahme von Methylenblau durch Cellulose* (Schweizerische Normenvereinigung. Bericht Nr. 95980).

[6] W. SCHEFER. Viscosimetrische Bestimmung des Abbaus bei Kunststoffen. *Kunststoffe*, 72, 1972, Nr. 7, S. 460–467.

kraft trocken ergab sich eine Steigerung der relativen Nassfestigkeit von etwa einem Faktor 1,5 bis 2. Ein entsprechendes Verhalten stellte auch P. Luner[7] fest.
- Die relative Nassfestigkeit des «Bücherpapiers Jahrhundertwende» lag etwa im Bereich derjenigen des ungealterten Papiers FORTUNA.

Durchreisswiderstand «Elmendorf» (längs, quer)
- Der Durchreisswiderstand nahm im Verlaufe der Alterung ab. Nach 24 Tagen bei 80 °C 65% r. F. betrug die Abnahme des Durchreisswiderstandes in Längsrichtung etwa 10–25%, in Querrichtung etwa 15–25%. Deutlich überlegen war das Verhalten des Bücherpapieres «Kanton Bern SK 2»: Keine Abnahme in Querrichtung und nur zirka 10% in Längsrichtung.
  Die prozentuale Abnahme des Durchreisswiderstandes war bei den Recyclingkopierpapieren ähnlich bis geringfügig grösser als bei denjenigen aus Neustoff.
- Die Ausgangswerte der ungealterten Papiere lagen bei den beiden Recyclingpapieren FORTUNA und RECYCLO-COPY deutlich tiefer als bei den Vergleichspapieren aus Neustoff. Nochmals deutlich kleiner waren die Werte des Zeitungspapieres sowie nochmals kleiner als diejenigen des Durchschlagpapieres M 30.
- Ein Vergleich mit dem «erheblich geschädigten Bücherpapier Jahrhundertwende» zeigt, dass bei den beiden Recyclingpapieren FORTUNA und RECYCLO-COPY nach 24tägiger Alterung der Durchreisswiderstand noch grösser war als beim Vergleichspapier.
- 6 Tage Alterung bei 105 °C trocken entsprachen etwa einer Alterungsdauer von 6–12 Tagen bei 80 °C 65% r. F.

Doppelfalzzahl «Schopper» (längs, quer)
- Die Doppelfalzzahl erlaubt Aussagen über die Belastbarkeit von Papieren bei wiederholtem Umbiegen/Falten. Als diesbezüglich extrem hochwertig gelten Papiere aus Hadern (SK 1, evtl. SK 2). Als Bruchkriterium gilt das Unterschreiten einer bestimmten, in Längsrichtung des Prüfstreifens wirkenden Zubelastung durch das wechselseitige Umbiegen. Demzufolge sind die Doppelfalzzahlen bei 5 N Zugbelastung grösser als diejenigen bei 10 N. Da die Doppelfalzzahlen bei 10 N Zugbelastung bereits bei den ungealterten Papieren zum Teil sehr klein sind, zeigen die Versuche mit 5 N Belastung den Alterungseinfluss besser.
- Die Doppelfalzzahl nahm bei allen Papieren in Funktion der Dauer der künstlichen Alterung deutlich ab. Die Abnahme betrug bei Alterung 80 °C 65% r. F. während 24 Tagen etwa:
- FORTUNA 85 – 95%
- RECYCLO-COPY
  Durchschlagpapier M 30 60 – 75%
- COPYSIL,
  OD 80 35 – 55%
  Zeitungspapier
- M 80
  SIHL MILLS SK 2 15 – 50%
  Bücherpapier SK 2

  In Querrichtung war die Abnahme im allgemeinen kleiner als in Längsrichtung.
- Bereits die Ausgangswerte der untersuchten Papiere variierten sehr stark. Während Papiere aus neuen Rohstoffen hohe Werte aufwiesen, lagen die Doppelfalzzahlen der nicht gealterten Recyclingpapiere und des Zeitungspapiers bereits recht tief, Durchschlagpapier wies erwartungsgemäss einen sehr tiefen Anfangswert auf.
- Bei der Prüfung der Doppelfalzzahl zeigte sich, dass die Recyclingpapiere – ausgehend von tiefen Anfangswerten – eine deutliche Abnahme der Prüfzahl durch die künstliche Alterung erlitten. Recyclingpapiere wiesen hier eine geringere Widerstandsfähigkeit als Zellstoffpapiere auf. Besonders drastisch war die Abnahme der Widerstandsfähigkeit beim Produkt FORTUNA-100 UF. Dagegen blieben die Werte bei RECYCLO-COPY mit demjenigen von Zeitungspapier vergleichbar.
- Als Vergleichsmassstab kann das Resultat des «Bücherpapieres Jahrhundertwende» dienen, welches als bereits erheblich geschädigt bezeichnet wird: Ausser dem Durchschlagpapier M 30 lagen die DFZ bei allen Papieren auch nach 24tägiger Alterung noch deutlich über denjenigen des Bücherpapieres.
- Eine Alterung von 6 Tagen bei 105 °C trocken entsprach etwa einer solchen bei 80 °C 65% r. F. im Bereich von 6–12 Tagen.

Weissgrad «Elrepho»
- Sämtliche Papiere zeigten eine Abnahme der Weisse im Verlaufe der Alterung. Die Abnahme war abhängig von der Ausgangsweisse: Bei hohem Weissgrad war sie grösser als bei tiefem. Die Weisse der beiden Recyclingpapiere war vor und nach 24tägiger Alterung verlgleichbar mit derjenigen des Zeitungspapiers.

pH / Acidität
- Saures Papier, das heisst tiefer pH-Wert, lässt häufig auf eine vorzeitige Alterung des Papieres schliessen. Diese kann im Extremfall zu sehr brüchigem und damit nicht archivbeständigem Material führen. Erwünscht sind deshalb pH-Werte im neutralen Be-

[7] P. LUNER. Evaluation of paper permanence. *Wood science and technology*, 22, 1988, p. 81–97.

reich, das heisst, im Bereich um 7. Der pH-Wert kann während der Fabrikation des Papiers durch Zugabe von puffernden Substanzen eingestellt werden.

- Sämtliche Papiere zeigten mit zunehmender Expositionsdauer eine Abnahme des pH-Wertes. Das Ausmass der Veränderung und die Ausgangswerte waren stark unterschiedlich. Die Streubreite der Ausgangswerte lag im Bereich von 6,9 (RECYCLO-COPY) bis 5,5 (Durchschlagpapier).
- Nach 24tägiger Alterung bei 80 °C 65% r. F. lagen die meisten pH-Werte im Bereich pH 5–5,5, RECYCLO-COPY um pH 6, was einer Abnahme des pH um zirka 0,5–1,0 entspricht. Das zum Vergleich gemessene «Bücherpapier Jahrhundertwende» wies eine pH von zirka 5,3, also im Bereich der gealterten Versuchspapiere auf.
- Entgegengesetzte Tendenz zum pH-Wert wies die Acidität auf: Mit zunehmender Alterung stieg die zum Neutralisieren notwendige Menge Lauge an. Allerdings ist festzuhalten, dass die messtechnisch notwendig gewesene Konzentration der KOH-Lauge (0,005 n) als sehr gering zu bezeichnen ist.
- Interessant ist auch der Messbefund, dass das «Bücherpapier Jahrhundertwende» bei ähnlichem pH wie die künstlich gealterten Papiere gut zweimal mehr KOH-Lauge zum Neutralisieren brauchte. Eine relativ hohe Acidität nach 24 Tagen Alterung wiesen auch die Papiere FORTUNA und M 30 auf. Bei beiden erfolgte vor allem in der zweiten Hälfte der Alterungsperiode eine gegenüber den andern Papieren deutliche Zunahme der Acidität.

Bestimmungen an der Cellulose

- Ein Vergleich des Polymerisationsgrades an den Papieren FORTUNA 100 UF, COPYSIL und RECYCLO-COPY zeigt, dass die Cellulose durch die Alterung geschädigt worden ist:
  Gegenüber dem entsprechenden ungealterten Muster ist ein leichter bis deutlicher Abbau der Cellulosefasern durch Depolymerisation eingetreten.
- Die Recyclingpapiere FORTUNA und RECYCLO-COPY haben einen gegenüber Papieren aus Neustoff etwas herabgesetzten Polymerisationsgrad.
- Der Gehalt an sauren Gruppen in der Cellulose war beim Bibelpapier und beim Recyclingpapier FORTUNA signifikant höher als bei den andern Papieren. Einen leicht höheren Wert gegenüber den Papieren aus Neustoff weist auch das Recyclingpapier RECYCLO-COPY auf.
- Während die Grösse der Methylenblauaufnahme bei den Recyclingpapieren trendmässig leicht anstieg durch die Alterung, war bei den Papieren aus Neustoff (M 80 resp. COPYSIL) eher das Gegenteil der Fall. Ob dieses Verhalten typisch ist für die beiden Papiergruppen, kann nicht gesagt werden, da keine diesbezügliche Erfahrung vorliegt.
- Im Vergleich zu den anderen Papiersorten zeigt das Bibelpapier (zirka 400jährig) folgende Resultate:
  - Methylenblauaufnahme: das Bibelpapier enthält signifikant mehr saure Gruppen in der Cellulose als die andern Papiere aus reiner Cellulose resp. aus Hadern. Ein Erfahrungswert für Papiere liegt jedoch nicht vor.
  - Polymerisationsgrad: aus dem Vergleich mit den übrigen Werten für Papiercellulose zu schliessen, handelt es sich beim Bibelpapier um deutlich, wenn auch nicht sehr stark geschädigte Cellulosefasern. Der Abbau ist chemischer Art und möglicherweise auf Umwelteinflüsse (zum Beispiel Säurespuren in Gegenwart von Luftfeuchtigkeit) zurückzuführen.

Beurteilung der «Archiveignung»

Alle untersuchten Papiere wurden mit einer für die Praxis typischen flächenbezogenen Masse ausgewählt. Diese betrug bei den meisten 80 g/m2, beim Zeitungspapier jedoch nur 49 g/m² und beim Durchschlagpapier 30 g/m². Diese unterschiedlichen Massen haben selbstverständlich einen Einfluss auf die Grösse der meisten Festigkeitswerte. Auf eine Umrechnung der Messresultate auf ein fiktives Papier mit einer Einheitsmasse wurde jedoch bewusst verzichtet, da dies die Nutzung der Praxiserfahrungen, welche über das Gebrauchsverhalten des betreffenden Papiers vorliegen, in Frage stellen würde. Eine Beurteilung der Festigkeitseigenschaften nach der künstlichen Alterung wäre bei einer Umrechnung kaum möglich.

Bei der Beurteilung der Archiveignung sind neben dem Alterungsverhalten jedoch auch die Eigenschaften im Neuzustand zu berücksichtigen: Bei einem tiefen Ausgangswert ist bei gleicher prozentualer Abnahme im Verlaufe der Zeit eine kritische Grenze natürlich rascher erreicht als bei einem hohen. Anderseits wird ein Papier mit geringer Alterungsempfindlichkeit mit der Zeit bessere Resteigenschaften aufweisen als ein sehr alterungsempfindliches, selbst wenn bei ersterem die Eigenschaften im Neuzustand schlechter sein sollten als bei letzterem.

Bezüglich einer allfälligen «Eignung» für den Einsatz bei potentiell archivwürdigen Dokumenten können die Resultate der untersuchten Eigenschaften für die verschiedenen Papiere wie folgt interpretiert werden:

Bruchkraft, Bruchdehnung, Brucharbeit

- Das Alterungsverhalten gemäss der durchgeführten künstlichen Alterung liegt bei den beiden Recyclingpapieren FORTUNA und RECYCLO-COPY im Rahmen der mituntersuchten Vergleichspapiere. Allerdings waren die Werte der ungealterten Muster bei den beiden Recyclingpapieren für die Kriterien Bruchdehnung quer, Zerreissarbeit längs und quer absolut gesehen deutlich kleiner als diejenigen der

Papiere aus Neustoff. Die entsprechenden Werte lagen aber über denjenigen von Zeitungspapier und Durchschlagspapier.
- Aufgrund der Resultate des Zugversuches ist somit bei den Recyclingpapieren nicht mit einer schlechteren Alterungsbeständigkeit zu rechnen. Allerdings ist aufgrund der zum Teil niedrigeren Absolut-Werte der ungealterten Papiere eine kritische Festigkeitsgrenze (vor allem bezüglich Dehnbarkeit [Versprödung]) rascher erreicht als bei gewissen Neustoff-Vergleichspapieren.

Durchreissfestigkeit Elmendorf
- Die Prüfung des Durchreisswiderstandes lässt keine Anzeichen erkennen, wonach bei Papieren mit hohem Altpapieranteil eine beschleunigtere Alterung als bei Papieren aus Neustoff auftreten würde.
- Bezüglich einer Verwendung für sehr lang aufzubewahrende Dokumente muss bei den Recyclingpapieren FORTUNA und RECYCLO-COPY trotz des an und für sich akzeptierbaren Alterungsverhaltens ein Vorbehalt angebracht werden: der Durchreisswiderstand ist bei beiden Papieren bereits im Neuzustand relativ tief. Die diesbezüglich im Abschnitt Bruchkraft, Bruchdehnung und Brucharbeit gemachten Bemerkungen haben deshalb auch hier Gültigkeit.

Doppelfalzzahl Schopper
- Die Werte der Doppelfalzzahlprüfungen zeigen, dass hier die Recyclingpapiere schlechter abschnitten bezüglich Alterungsbeständigkeit als die Vergleichspapiere aus Neustoff. Es ist jedoch offensichtlich mit einer grösseren Bandbreite zu rechnen. Während das Papier FORTUNA nur noch eine Rest-DFZ von wenigen Prozenten gegenüber dem Neuzustand aufwies nach 24 Tagen künstlicher Alterung, erwies sich das Papier RECYCLO-COPY als wesentlich gutmütiger und lag im Verhalten etwa ähnlich wie das Durchschlagspapier, jedoch schlechter als zum Beispiel Zeitungspapier.
- Zu Ungunsten der Recyclingpapiere muss auch gewertet werden, dass die DFZ bereits im Neuzustand deutlich unter derjenigen der Vergleichskopierpapiere aus Neustoff lagen. Ein Abstand zu der DFZ des «als erheblich geschädigt bezeichneten Bücherpapieres Jahrhundertwende» ist nach der durchgeführten Alterung wohl noch vorhanden, doch ist dieser absolut gesehen nicht mehr gross.
- Zusammenfassend geht aus den Prüfungen der DFZ hervor, dass bei Recyclingpapieren je nach Formulierung der Zusammensetzung die Alterungsbeständigkeit und somit die Archiv-Eignung für Langzeitaufbewahrung kritisch ist. Dies insbesondere, wenn die Papiere gefaltet und wiedergeöffnet werden müssen.
  Für potentiell archivwürdige Dokumente, für welche eine häufige Benutzung zu erwarten ist, ist deshalb die Verwendung von Recyclingpapieren nicht zu empfehlen. Dies gilt in gleichem Masse für die holzhaltigen Zeitungs- und Durchschlagspapiere.

Diverse Versuche
- Als Folge der künstlichen Alterung werden die Papiere saurer (Absinken des pH). Die Abnahme des pH-Wertes war allerdings bei allen Papieren von ähnlicher Grössenordnung. Die Messungen an den ungealterten Papieren zeigen zudem, dass auch Recyclingpapiere «neutral» hergestellt werden können.
- Der Polymerisationsgrad DP als Mass für den Qualitätszustand der im Papier enthaltenen Cellulose nahm als Folge der Alterung ab.
  Die Muster FORTUNA und RECYCLO-COPY (beides Recyclingpapiere) sind insofern besonders kritisch, als hier die Ausgangswerte des DP schon niedrig sind, und durch die Alterung nochmals stark abgenommen haben.
- Das chemische Alterungsverhalten des Recyclingpapieres FORTUNA war schlechter als bei den andern Papieren (Abbau des Polymerisationsgrades, Acidität).
- Die Methylenblauaufnahme für den Gesamtgehalt an sauren Gruppen (Carboxyl- und Sulfogruppen) zeigt in keinem Fall markante Veränderungen.
  Die Recyclingpapiere wiesen jedoch zumindest nach der künstlichen Alterung, beim Papier FORTUNA auch schon im Neuzustand, eine grössere Methylenblauaufnahme auf als die Vergleichspapiere aus Neustoff, was auf einen höheren Gehalt an sauren Gruppen in den Cellulosemolekülen schliessen lässt. Für eine sichere Interpretation dieser Daten liegen jedoch bis jetzt zu wenig Erfahrungswerte vor.
- Mit der Alterung verbunden war ein deutlich visuell sichtbarer Verlust an Weisse. Der Verlust trat bei allen Papieren auf, abhängig vom Ausgangswert.
- Aufgrund der Untersuchungen ist weder beim pH, noch beim Weissgrad bei den Recyclingpapieren eine vorzeitige Alterung zu befürchten. Die Bandbreite der Resultate ist jedoch innerhalb ähnlicher Papiersorten zum Teil recht gross.

Schlussfolgerung
- Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen kommt man zum Schluss, dass bei Recyclingpapieren nicht zwangsläufig ein rascherer Alterungsverlauf gegenüber Papieren aus Neustoff zu erwarten sein muss. Die beiden untersuchten Recyclingpapiere wiesen jedoch zum Teil ein recht unterschiedliches Verhalten, miteinander verglichen, auf. Die Bandbreite im Alterungsverlauf dürfte somit bei Recyclingpapieren je nach Papierart ähnlich demjenigen von Neustoffpapieren bis zu signifikant ra-

scherem Abbau reichen.

- Bei der Beurteilung der Archiveignung sind neben dem Alterungsverhalten jedoch auch die Eigenschaften im Neuzustand zu berücksichtigen: bei einem tiefen Ausgangswert ist bei gleicher prozentualer Abnahme im Verlaufe der Zeit eine kritische Grenze natürlich rascher erreicht als bei einem hohen. Diesbezüglich stellt man bei fast allen Festigkeitskriterien eine deutliche Unterlegenheit der Recyclingpapiere gegenüber vergleichbaren Papieren aus Cellulose-Neustoff fest. Bei gleichem Alterungsabbau ist somit bei den Recyclingpapieren rascher eine kritische Festigkeitsgrenze erreicht als bei Neustoffpapieren. Eine analoge Feststellung lässt sich auch bezüglich des Polymerisationsgrades machen. Aus diesen Gründen ist die Verwendung von Recyclingpapieren für potentiell archivwürdige Dokumente nicht zu empfehlen.
- Für Dokumente mit Aufbewahrungszeiten bis maximal einige Jahrzehnte können demgegenüber Recyclingpapiere durchaus eine Alternative zu Papieren aus Neustoff darstellen.
- Ähnliche Feststellungen wie für die Recyclingpapiere gelten auch für die beiden holzhaltigen Papiere Zeitungs- und Durchschlagspapier.
- Der Vergleich der Alterungsbedingungen 80 °C 65% r. F. und 105 °C trocken ergab keine eindeutige Korrelation. Im Mittel entsprachen 6 Tage bei 105 °C etwa einer Alterungsdauer von 6–12 Tagen bei 80 °C 65% r. F., allerdings je nach Papier und Prüfkriterium mit grösseren Abweichungen (Extremwerte bis 0 Tage und mehr als 24 Tage).
- Ein wesentlicher Gesichtspunkt bei der Beurteilung der Alterungsbeständigkeit eines Papieres ist das Verhalten beim Kopieren sowie die Lesbarkeit der Kopie im gealterten Zustand. Aufgrund von Angaben aus verschiedenen Untersuchungen sollten bei guten Recyclingpapierqualitäten diesbezüglich keine besonderen Probleme zu erwarten sein. Da das Kopierverhalten bei der Beurteilung der Einsatzmöglichkeiten doch ein wesentliches Kriterium darstellt, ist diesem Punkt beim Einsatz von Recyclingpapieren entsprechende Beachtung zu schenken.

Anschrift des Autors:

Urs Ernst
Chef der Sektion Papier, Verpackung
EMPA
Unterstrasse 11
9001 St. Gallen

Bericht einer Bibliotheksreise in die USA

(September/Oktober 1988)

Robert Barth

Eine Reise in die USA ermöglichte es dem Autor, sich einen Gesamtüberblick über die Situation der Universitätsbibliotheken und der Public Libraries an der Ostküste zu verschaffen. Alle diese Bibliotheken nehmen in der Gesellschaft eine wichtige Position ein; hoher Stellenwert kommt ihnen insbesondere auf den Gebieten der Forschung und der Lehre zu. Benutzerfreundlichkeit, Öffentlichkeitsarbeit zur Mittelbeschaffung und zur Steigerung der Benutzerzahlen sowie ein breitgefächertes Angebot von Non-books sind Wesensmerkmale der vom Autor besuchten und im Artikel erwähnten Bibliotheken. Ausführungen zur bibliothekarischen Kooperation, zum Stand der Automation und einige Bemerkungen zur relativen Rückständigkeit schweizerischer Bibliotheken gegenüber ihren amerikanischen Schwestern runden das Bild ab.

Un voyage aux Etats-Unis a permis à l'auteur de ce compte-rendu d'acquérir une vue d'ensemble de la situation des bibliothèques universitaires et publiques de la côte Est. Toutes ces bibliothèques occupent une place essentielle dans la société en général, dans les structures de recherche et d'enseignement en particulier. L'auteur met l'accent sur certaines caractéristiques des bibliothèques visitées, comme les services de référence et d'information très variés proposés aux utilisateurs, la politique de marketing très active menée dans le but de trouver de nouveaux moyens financiers ou d'augmenter le nombre d'usagers, et la place importante occupée dans les fonds par les «non-livres». Quelques exemples de coopération entre bibliothèques sont également présentés, avant que l'auteur ne termine par des remarques générales relatives à l'omniprésence de l'informatisation, et par une conclusion dans laquelle il décrit quelques causes du retard relatif des bibliothèques suisses par rapport à leurs consœurs américaines.

Durante un viaggio negli Stati Uniti, l'autore di questo contributo ha avuto modo di venire a conoscenza della situazione in cui si trovano le biblioteche universitarie e pubbliche della costa atlantica. Tutte queste biblioteche occupano una posizione essenziale tanto nella società nel suo complesso, quanto nelle strutture più particolari operanti nell'ambito della ricerca e dell'insegnamento. L'autore pone l'accento su talune caratteristiche riscontrate nelle biblioteche visitate, come ad esempio i servizi di consultazione e di informazione, assai diversificati, offerti ai fruitori, la politica di marketing molto spinta attuata allo scopo di reperire nuovi mezzi finanziari o di aumentare l'utenza e l'importanza dei «non-books» nei fondi. L'articolo presenta pure alcuni esempi di cooperazione tra biblioteche. Da ultimo, il relatore fa rimarcare l'onnipresenza dell'informatica e conclude enunciando qualcuna tra le cause del ritardo relativo che le biblioteche elevetiche accusano rispetto alle analoghe strutture americane.