

Recycling in der Papierindustrie

Wilhelm Willemer

Stichworte

Alterungsbeständigkeit, endogene und exogene Ursachen: Altpapier: Chlorfreie Bleichung: Deinking / Flotation: Festigkeit / Bruchkraft nach Faltung: Füllstoffe: Gebrauchsfähigkeit / ISO-Norm 9706: Harzleim: Tierleim: Neutralleim: Hilfsstoffe: Holzstoff: Lebensdauerklassen / DIN 6738: Luftschadstoffe: Primär- und Sekundärfasern: Recyclingpapier: Störstoffe: Umweltschutzpapier: Wasserkreislaufschließung:

Zusammenfassung

Altpapier ist mengenmäßig der bedeutendste Papierrohstoff.

Die zunehmende Fertigung von Recycling-Papieren kann nur vor dem Hintergrund von gleichzeitigen grundlegenden Veränderungen in der Papierherstellung wie

- neue Faserstoffe und Hilfsmittel
- chlorfreie Bleichverfahren
- neutrale Leimungsverfahren
- Aufbereitungsverfahren für Altpapiere
- Wasserkreislaufschließung

erörtert werden.

Bei Verpackungsmaterialien ist der Altpapiereinsatz sehr hoch und kann nicht mehr gesteigert werden. Die Mehrmengen werden zunehmend im graphischen Sektor eingesetzt. Die höhere Altpapiererfassung auch geringwertiger Sorten und mehrfach recycelter Papiere führt zu Qualitätseinbußen. Normen zur Alterungsbeständigkeit und Lebensdauer klassifizierung werden diskutiert.

Die Geschichte des Recyclings von Papierabfällen ist so alt wie die Papiermacherei, denn man konnte durch Verarbeitung von Abfällen wertvolle, bereits aufgeschlagene Faserstoffe wieder verwerten. 1774 wurde das erste Buch mit dem Titel "**Eine Erfindung aus gedrucktem Papier wiederum neues Papier zu machen und die Druckerfarbe völlig heraus zu waschen**" auf Recyclingpapier in Göttingen gedruckt. Verfasser war Justus Claproth, öffentlicher Lehrer der Rechte und Beisitzer an der Juristenfakultät.

Der Begriff Recycling hat aber in den letzten Jahren zunehmende Bedeutung erlangt, wird sehr kontrovers diskutiert, und wir stoßen fast täglich auf die unterschiedlichsten Recyclingpapiere.

Das Thema dieses Vortrages kann nur im Zusammenhang mit den momentan in der Papierindustrie betriebenen **grundlegenden Veränderungen** erörtert werden.

Diese Veränderungen haben verschieden Ursachen, z.B.

- ökologische: Vermeidung von Elementarchlor wegen möglicher Dioxinbildung
- chemisch-technische: Einsatz von neuen Leimen im Neutralbereich

rechtliche in der Bundesrepublik:

Abfallgesetz	1986
Abwasserabgabengesetz	1991
Verpackungsverordnung	1991
Klärschlammverordnung	1992
Altpapierverordnung	1993
Rücknahmeverpflichtung	1993

Die Veränderungen betreffen Faserstoffe, Füllstoffe, Leimstoffe, andere Zusatzstoffe und die Fertigungstechnologie von Papieren.

Primärfasern

Die wichtigsten Primärfasern zur Herstellung von Papieren sind die **Sulfit- und Sulfatzellstoffe**, also Zellulosefasern, die durch Kochen im sauren oder alkalischen Milieu aus Holz gewonnen werden. Lignine, Harze, Hemizellulosen und andere inkrustierende Bestandteile werden bei dem Kochprozeß aus dem Holz herausgelöst. Bei der Produktion dieser Fasern ist die Kontamination von Wasser beim Bleichprozeß ein großes Problem. Beim Sulfitzellstoff konnte vorwiegend in den letzten Jahren eine Umstellung der Bleiche auf chlorfreie Systeme durch Verwendung von Sauerstoff und Wasserstoffperoxid erreicht werden.

Der festere und von der Menge her wesentlich wichtigere Sulfatzellstoff macht bei der Bleiche erhebliche Schwierigkeiten, und die Umstellung auf chlorfreie Verfahren ist noch nicht abgeschlossen. Außerdem sind Verfahren zur Herstellung von Zellulosefasern mit organischen Lösungsmitteln in Entwicklung. Bei der Produktion von Zellstoffen beträgt die Faserstoffausbeute auf das Holz bezogen nur ca. 45 - 50 %.

Auch bei der Produktion von **Holzstoff** wurden neue Verfahren entwickelt. Außer dem Steinschliff GMP (Groundwood-Mechanical Pulp) finden wir eine Reihe von unterschiedlichen Qualitäten wie RMP (Refiner-Mechanical-Pulp) und CRMP (Chemical-Refiner-Mechanical-Pulp) und noch zwei Sorten mit den Kurzbezeichnungen CMP und CTMP. Diese englischen Bezeichnungen werden auch in der deutschen einschlägigen Literatur meistens benutzt. Die Ausbeute bei den Holzstoffen liegt deutlich höher als bei den Zellstoffen, und zwar zwischen 85 % und 95 % .

Die Bleiche der Holzstoffe ist auch noch wegen der Vermeidung von Chlor in der Umstellung. Bei der Bleiche werden aber nicht die Lignine und andere inkrustierende Bestandteile des Holzes völlig herausgelöst, sondern nur entfärbt. Die Vergilbungs- und Versprödungstendenzen bei der Alterung der Holzstoffe bleiben erhalten. Es muß erwähnt werden, daß ohne Produktion von Papieren aus Primärfasern eine Produktion von Recyclingpapieren nicht möglich ist.

Sekundärfasern

Sekundärfasern werden aus den **Altpapieren** gewonnen.

Wie bedeutend der Rohstoff Altpapier in der Bundesrepublik ist, wird daran deutlich, daß 1993 fast 7 Mio t Altpapier verarbeitet wurden, das sind ca. 54 % der eingesetzten Faserstoffe. Die Zahlen für 1994 ergaben eine weitere Steigerung dieses Anteils.

Altpapier ist also der wichtigste Faserstoff. Für die Papierproduktion werden die Altpapiere in untere, mittlere, bessere und kraftstoffhaltige Qualitäten sortiert. Insgesamt werden ca. 40 Sorten unterschieden. Die Qualität der Altpapiere aus den Haushalten sinkt kontinuierlich durch die steigende Recyclingquote und die zunehmende Erfassung auch verschmutzter Papiere.

Die Altpapiere werden in Stofflösern aufgeschlagen. Die nicht aufschlagbaren Bestandteile wie Schnüre, Folien etc. werden entfernt, der Stoff wird dann von Schwerschmutz und Knoten befreit. In speziellen **Deinking-Verfahren** werden unter Zusatz von Laugen und Silikaten die Druckfarben durch **Flotation** weitgehend entfernt.

Teilweise wird in einer anschließenden Bleiche - ohne Chlorverbindungen - die Helligkeit der Faserstoffe verbessert. Verpackungsmaterialien enthalten bereits ca. 92 % Altpapier. In diesem Bereich ist also eine Steigerung der Einsatzquote nicht mehr möglich. Zeitungen enthalten ca. 55 - 80 % Altpapier. Die möglichen Steigerungsraten für den Altpapiereinsatz liegen also vorwiegend im graphischen Bereich.

Wasser

Wasser ist einer der wichtigsten Rohstoffe für die Produktion von Papier. Je nach Lage der Papierfabrik sind die Wasserqualitäten außerordentlich unterschiedlich, besonders was die Härte betrifft.

Veranlaßt durch die strenge Abwassergesetzgebung sind in den meisten Papierfabriken in den letzten Jahren die Wasserkreisläufe immer mehr geschlossen worden. Das bedeutet z.B., daß Wasser, das bei der Entwässerung der Papierbahn anfällt, wieder zur Auflösung von Altpapier eingesetzt wird. Inzwischen gibt es viele Fabriken mit **völlig geschlossenem Wasserkreislauf**. In diesen Fabriken wird nur die Menge an Wasser, die in der Trockenpartie der Papiermaschine verdampft, durch Frischwasser ersetzt. Die Folge davon ist, daß sich der Gehalt an Salzen aus dem Frischwasser und den verwendeten Rohstoffen und an organischen Substanzen und Feinstoffen aus den Faserstoffen und eingesetzten Hilfsmitteln stetig erhöht, bis sich auf sehr hohem Niveau ein Gleichgewichtszustand einstellt. Der Papiermacher nennt diese im Wasser gelösten Substanzen **Störstoffe**, da sie u.U. zu Ablagerungen in den Maschinen, Schaumbildung und anderen Störungen führen können. Der Trockengehalt des feuchten Papierblattes liegt vor der Trocknung in der Maschine bei ca. 50% . Das bedeutet, daß in jedem kg Papier der Gehalt von einem Liter Wasser an Störstoffen enthalten ist. In der Literatur findet man nur selten Angaben über die Mengen an Störstoffen pro Liter Wasser, da sie sich ja auch sehr von Fabrik zu Fabrik unterscheiden.

Nachfolgende Aufstellung [5] zeigt die Unterschiede an **Inhaltsstoffen** im Siebwasser bei der Herstellung von holzhaltigen Druckpapieren:

		1970	1978
Spez. Frischwasserverbrauch	l/kg	30	10
Alaun-Zusatz (bez. auf Produk.)	%	2	0,5
Eindampfrückstand, 110°C	mg/l	900	3000
CSB-Wert	mg O ₂ /l	330	1320
Gesamthärte	°dH	10	30
SO ₄ ²⁻	mg/l	500	1000

In diesem Fall handelt es sich um die Umstellung von einem relativ offenen System zu einem stark, aber nicht völlig geschlossenen System. Trotz Reduzierung des Zusatzes an Alaun um 75 % hat sich der SO₄²⁻-Gehalt verdoppelt. Der CSB-Wert (ein Wert für die organische Belastung des Wassers) hat sich vervierfacht. Bei weiterer Schließung des Kreislaufes und zusätzlicher Verwendung von recycletem Altpapier erhöhen sich diese Werte noch weiter. Diese Angaben mögen einen Eindruck von der unkontrollierten Zunahme von undefinierten Inhaltsstoffen in Recycling-Papieren geben. In weitgehend geschlossenen Wasserkreisläufen ist die Tendenz zur Schleimbildung verstärkt. Das bedeutet den Einsatz von Biociden, um einwandfreie Papierqualitäten zu erzeugen. Die zunehmende Belastung der Wasserkreisläufe mit solchen Störstoffen hat in einigen Fabriken Qualitätseinbußen der gefertigten Papiere bewirkt. Die Papiere hatten z.B. einen unangenehmen Geruch. Das hat dazu geführt, daß in diesen Papierfabriken die Wasserkreisläufe schon wieder geöffnet wurden und das anfallende Abwasser mit aufwendigen Methoden gereinigt werden mußte. Inwieweit die in den Papieren enthaltenen Störstoffe das Alterungsverhalten der Papiere beeinflussen, ist meines Wissens noch nicht untersucht worden.

Aus den bei der Produktion eingesetzten **Hilfsstoffen** werden auch Substanzen in das Wasser eingetragen. Hier werden nur einige wichtige Hilfsstoffe aufgeführt :

Wasserstoffperoxid	Entschäumer
Natriumdithionit	Polyacrylamide
Natronlauge	Polydadmac
Wasserglas	Aluminiumsulfat
Fettsäuren	Biocide
Stabilisatoren	Bisulfit
Komplexbildner	

Dazu kommen noch die für die **Leimung** und den Oberflächenstrich eingesetzten Produkte und die **Füllstoffe**. Bei den Füllstoffen hat sich in den letzten Jahren eine grundlegende Verschiebung vom China Clay zum Calciumcarbonat ergeben.

Im Zusammenhang mit der **Neutralleimung**, die eine steigende Bedeutung erhält - momentan werden ca. 70 - 80 % der holzfreien graphischen Sorten neutral geleimt -, ist die Verwendung von Calciumcarbonat sprunghaft gestiegen.

In der Bundesrepublik Deutschland betrug der Einsatz von CaCO₃ 1972 100 000 t und 1990 schon 900 000 t. Bis zum Jahr 2000 erwartet man das völlige Verschwinden der sauren Fahrweise.

Recyclingpapiere

Diese Papiere werden aus Altpapieren der verschiedensten Sorten gefertigt. Sie sind außerordentlich unterschiedlich in den Qualitäten und Farben von Weiß bis

Grau. Der Begriff Recyclingpapier ist nicht geschützt, und die Qualitäten sind nicht genormt. Zwei Typen von Papieren tragen den blauen "Umweltengel". Dieses Umweltzeichen wird durch die RAL für Papiere aus 100 % recyceltem Altpapier vergeben, bei dem mindestens 51 % des Rohstoffes aus unteren bis mittleren bedruckten Altpapierqualitäten stammen. Sie müssen für die verschiedenen Anwendungen ihre Gebrauchstauglichkeit nachweisen und den vorgeschriebenen DIN-Normen entsprechen. Mit der problematischen Bezeichnung "**Umweltschutzpapier**" werden Qualitäten bezeichnet, die außerdem ohne Deinking und zusätzliche Bleiche hergestellt werden. Sie sollen mit Naturharzen oder Kartoffelstärke geleimt sein, und für die Produktion dürfen nicht mehr als 10 Liter Wasser pro kg Fertigpapier gebraucht werden. Alle anderen Bezeichnungen für Papiere wie z.B. ökologische Papiere, Umweltpapier, Biopapier sind nicht definiert. **Beide genormten Qualitäten enthalten auf jeden Fall hohe Anteile an Holzschliff und sind in ihrer Stoffzusammensetzung sehr variabel.** Inwieweit bei diesen Papieren und den unterschiedlichsten Herstellern eine Qualitätskonstanz gewährleistet werden kann, ist eine große Frage.

Mit Sicherheit werden sie über die Zeit keine gleichbleibende Zusammensetzung aufweisen, da der hauptsächlich Sekundärrohstoff die Haushaltssammelware sein wird, die sich vorwiegend aus Zeitungspapieren und gestrichenen Papieren zusammensetzt. Die Papiere tragen u.a. die verschiedensten Druckfarben entsprechend den unterschiedlichen Druckverfahren (Flexo-, Offset-, Tief- und Hochdruckverfahren) und enthalten deutliche Mengen an sogenannten "Störstoffen", die bei der Papierfabrikation aus den stark belasteten Kreislaufwässern stammen.

In den letzten Jahren ist eine Reihe von Veröffentlichungen und Gutachten erschienen, in denen zu Qualitätsfragen im Zusammenhang mit Recyclingpapieren und Primärfaserpapieren Stellung genommen wird. Die Untersuchungen beziehen sich auch auf die Einflüsse von Schadstoffen auf Papiere, das Alterungsverhalten und das Problem der Archivierbarkeit. Im Rahmen dieses Vortrages kann ich nur auf einige Aspekte dieser Problemkreise eingehen.

Ein Vergleich der Analysenwerte von graphischen Papieren aus den Jahren 1990 und 1991 [1] (6 holzfreie und 8 holzschliffhaltige Recyclingpapiere werden verglichen) ergibt, daß Reißlänge, Bruchkraft nach Falzung und Dauerbiegezahl bei den holzfreien Papieren deutlich höhere Werte aufweisen. Der stark wechselnde Gehalt an SO_4 - und anderen Ionen im Recyclingpapier macht deutlich, wie unterschiedlich die Stoffzusammensetzungen der Recyclingpapiere sind. Die niedrigeren Ausgangsfestigkeiten der Recyclingpapiere werden von vielen Autoren erwähnt. Die erreichten Festigkeitswerte dieser Papiere sind jedoch so hoch, daß sie den Anforderungen für Anwendungen in Büros und Herstellung von Druckerzeugnissen, selbst bei schnellaufenden Druckmaschinen, entsprechen. Sie werden von den Verbrauchern zunehmend akzeptiert und von vielen Büros und Behörden sogar verbindlich zur Verwendung vorgeschrieben. Da stellen sich dann die Fragen der Archivierung und der Alterungsbeständigkeit und u.U. sogar der späteren Restaurierung. Diese Probleme wer-

den zunehmend ideologisiert und teilweise sehr kontrovers und leider oft nicht sachgerecht diskutiert. Zweifellos wurden die Qualitäten der Recyclingpapiere teilweise erheblich verbessert und auch unter Zusatz von CaCO_3 mit einer alkalischen Reserve versehen, so daß einige Recyclingpapiere mit großer Wahrscheinlichkeit eine höhere Alterungsbeständigkeit aufweisen werden als einige holzfreie sauer gefertigten Papiere z.B. aus den 60iger Jahren. Es ist also notwendig, die vorgelegten Untersuchungen und Aussagen sehr kritisch zu beurteilen. Als Beispiel möchte ich Aussagen im Schlußbericht des AIF-Forschungsvorhaben Nr. 8698 mit dem Titel "**Physikalische Eigenschaftsprofile von holzhaltigen und holzfreien Papieren unter dem Einfluß von Luftschadstoffen**" [7] anführen. Ziel der Untersuchung war auch u.a. "**eine Bewertung der Alterungsbeständigkeit von Recycling-Papieren**". In den Angaben zur Literatur werden mehrere Arbeiten erwähnt, in denen die Recyclingpapiere bezüglich ihrer Alterungsbeständigkeit recht positiv beurteilt werden. In die Untersuchungen wurden aber **lediglich zwei unterschiedliche Recyclingpapiere einbezogen**, wobei zur Auswahl dieser beiden Muster keine näheren Angaben gemacht werden.

In der Zusammenfassung wird dann festgestellt:

"Die von verschiedenen Seiten bestehenden Bedenken bezüglich der Archivierbarkeit von holzhaltigen Papieren aus Sekundärfaserstoffen (Recycling-Papieren) können aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse weitgehend ausgeräumt werden. Voraussetzung hierfür ist jedoch, daß die Recycling-Papiere im neutralen oder schwach alkalischen Bereich gefertigt werden und über einen ausreichenden CaCO_3 -Gehalt verfügen."

Der Begriff "Archivierbarkeit" ist nicht definiert und in diesem Zusammenhang sehr kritisch zu beurteilen. Dessauer hat sich zur Frage der Aufnahme von holzhaltigen, sogenannten "**umweltfreundlichen Papieren**" in Archive eindeutig negativ geäußert und intensive Untersuchungen über endogene und exogene Alterungsursachen durchgeführt [2].

Interessant erscheint mir, daß in zunehmendem Maße Papierschädigungen vorwiegend den exogenen Einflüssen besonders aus der Luft zugeordnet werden. Ich möchte auf diesen Komplex eingehen, da er m.E. für die Diskussion der Alterungsbeständigkeit von Papieren außerordentlich wichtig ist.

In den meisten Arbeiten zur **Alterungsbeständigkeit** von Papieren wird auf die Umstellung von Oberflächenleimung mit Tierleim auf die 1806 von Illig initiierte Harzleimung unter Zusatz von Alaun so eingegangen, als ob diese neue Methode in den ca. 1000 deutschen Papiermühlen überall sofort eingeführt und beherrscht wurde. Die schwerwiegenden Probleme mit der Harzleimung haben sich bis weit in dieses Jahrhundert fortgesetzt. Zuerst hat Illig versucht, einen Teil des teuren Alauns durch die billigere Schwefelsäure zu ersetzen. Versuche und die Fertigungen unter Zusatz von Schwefelsäure wurden bis zum Ende des vorigen Jahrhunderts durchgeführt [3]. Der bei alten Papieren vorgefundene hohe Sulfatgehalt kann z.T. durch die schwefelsäurehaltigen Rezepturen erklärt werden. Selbst in dem Standardwerk "Pulp and Paper Chemistry and Chemical

Technology" von James Casey aus dem Jahr 1952 wird noch die Kombination von Schwefelsäure mit Alaun zur Fällung von Harzleim erwähnt. Außerdem wird auf die freiharzhaltigen Bewoidleime verwiesen, die durch Zusatz von Kasein oder anderen Proteinen stabilisiert wurden. Weiterhin wird darauf verwiesen, daß die Harzleimung durch Zusätze von Tierleim oder Gelatine verbessert werden kann.

Bei meinen Praktika in der Papierindustrie habe ich Ende der 40er Jahre miterlebt, welche Tricks angewendet wurden, um den gewünschten Leimgrad selbst bei warmem Wetter und Gewitterneigung zu erzielen [4]. Prof. Brecht, Leiter des Instituts für Papierfabrikation an der TH Darmstadt, hat sich Ende der 40er Jahre noch intensiv mit solchen Leimungsproblemen beschäftigt. Nitratgehalte im Papier werden ebenfalls nur den exogenen Einflüssen zugeordnet. Dabei wird nicht beachtet, daß tierische Leime, besonders bei Mitverwendung von Knochen, häufig unter Zusatz von Salpetersäure hergestellt wurden.

Exogene Ursachen werden ausschließlich dafür verantwortlich gemacht, daß der pH-Wert bei Büchern an den Rändern häufig niedriger liegt als in der Mitte des Buchblocks. Über die Transportmechanismen für Feuchtigkeit in Büchern habe ich nirgends Informationen gefunden. Wird ein Buch längere Zeit bei höherer Feuchtigkeit aufbewahrt, so nimmt es über die Kanten Feuchtigkeit auf und transportiert diese langsam ins Innere. Wird dieses Buch dann niedriger Luftfeuchtigkeit ausgesetzt, gibt es recht schnell Feuchtigkeit an die Luft ab.

Bei diesen Vorgängen werden auch Ionen transportiert, die sich in bestimmten Zonen anreichern können. Aus meiner Sicht ist diese Erscheinung der Grund für die pH-Wert-Unterschiede zwischen Rand und Buchmitte. Ein Grund für meine Annahme besteht auch darin, daß ich in gering belasteter Umgebung solche pH-Verschiebungen an nicht sehr alten Büchern festgestellt habe. Eine weitere Begründung für diese Vermutung ist, daß in größeren Archiven der Luftaustausch häufig außerordentlich gering im Verhältnis zum Raumvolumen ist. Wenn man von hohen Luftkontaminationen ausgeht, ist die an Buchkanten zu deponierende Schadstoffmenge im Verhältnis zu den großen Buchmassen selbst über sehr lange Zeiträume sehr gering. Der Einfluß von gasförmigen Schadstoffen wurde meines Wissens bis dato nur an Einzelblättern bei hohen Schadstoffkonzentrationen und hoher Luftbewegung studiert. Deshalb besteht bei diesen von mir angeschnittenen Fragen noch Forschungsbedarf.

Die Frage der **Alterungsbeständigkeit von Recycling-Papieren** ist sehr komplexer Natur, muß aber auf jeden Fall angesprochen werden. Bei Aussagen über die Alterungsbeständigkeit von Papieren können wir nur von den Erfahrungen der Vergangenheit ausgehen. Diese sind sehr begrenzt, da wir häufig nur wenig über die speziellen Produktionsbedingungen der untersuchten alten Papiere wissen. Unsere häufig nicht eindeutigen Ergebnisse versuchen wir auszuwerten und in Prognosen für die Zukunft umzusetzen. Wir wissen, daß höhere Temperaturen auch bei höheren Feuchtigkeitswerten Veränderungen von Festigkeitswerten der Papiere bewirken, die wir z.T. auch bei alten Papieren

feststellen. Weiterhin wurde festgestellt, daß Papiere mit weitgehend definierter Stoffzusammensetzung besonders hohe oder aber geringe Veränderungen bei Hitzebehandlung erfahren. Außerdem wissen wir, daß endogene und exogene Faktoren die Veränderungen beeinflussen. Aus diesen Erkenntnissen heraus wurden zwei unterschiedliche Bewertungsverfahren entwickelt.

1. ISO 9706

Ziel dieser Norm ist es, **Papiere zu definieren, die in Bibliotheken und Archiven möglichst lange halten**, bei Lagerung möglichst geringe Veränderungen erfahren und ihre **Gebrauchsfähigkeit bewahren**.

Festgelegt werden:

Flächengewicht über 70 g/m²

Mindestreißfestigkeit in jeder Richtung über 350 mN

Alkalische Reserve über 2 % CaCO₃

Oxidationsbeständigkeit: Kappazahl < 5,0

pH-Wert im Bereich zwischen 7,5 und 10

2. DIN 6738

Führt zur Errechnung von **Lebensdauerklassen** von Papieren mit Flächengewichten zwischen 40 und 400 g/m²

Festgelegt werden:

Mindestanforderungen für Bruchkraft quer zur

Maschinenrichtung = 5 N

Bruchdehnung in Maschinenrichtung = 0,5 %

Durchreißwiderstand in Maschinenrichtung = 50 mN

Die Lebensdauerklassen werden nach künstlicher Alterung bei (80 ± 0,5)°C nach 6, 12 und 24 Tagen errechnet. Vier Lebensdauerklassen werden (nach heutigem Erkenntnisstand bei schonender Behandlung und Lagerung) definiert:

LDK 24-85	"alterungsbeständig"
LDK 12-80	vorraussichtliche Lebensdauer von einigen 100 Jahren
LDK 6-70	mindesten 100 Jahre
LDK 6-40	mindestens 50 Jahre

Über diese beiden Normen wird sehr kontrovers diskutiert, und es gibt Verbände, Firmen und Staaten, die sich eindeutig zu der einen oder anderen Norm bekennen.

Es muß betont werden, daß die Resultate von Alterungsversuchen bei erhöhter Temperatur und Feuchte häufig nicht einwandfrei interpretiert werden können. Mit diesem Problem haben sich Bansa und Hofer sehr eingehend beschäftigt [6].

Zusammenfassend wird in ihrer Arbeit festgestellt:

"..daß zwischen den Ergebnissen einer **künstlichen Alterung** durch erhöhte Temperatur und den Ergebnissen des **natürlichen Alterns** bestenfalls eine **zufällige Übereinstimmung** bestehen kann. Die chemischen Vorgänge, welche das Altern des Papiers ausmachen, scheinen in temperaturspezifisch verschiedener Weise abzulaufen, so daß es nicht möglich ist, von dem kurzzeitigen Ablauf bei der einen (erhöhten) Temperatur auf den langzeitigen Ablauf bei einer anderen (Zimmertemperatur) zu schließen. Wenn trotz dieser Unsicherheit auf künstliche Alterung nicht verzichtet werden kann, sollte man bei 80°C und 65% RF altern."

Die aus der Kreislaufschließung resultierenden Probleme werden in dieser Arbeit noch nicht untersucht. Außerdem werden bei allen Alterungsversuchen Einzelblätter behandelt, wobei die Alterung von Papieren in den Archiven unter völlig anderen Bedingungen in Büchern und Akten geschieht.

Aus meiner Sicht weisen beide Normen deutliche Mängel auf.

ISO 9706 legt vorwiegend die Stoffzusammensetzung fest. Durch die Einführung neuer Faserstoffe ist die Bewertung nach Kappa-Zahl nicht mehr zeitgemäß. Ein deutlicher Gehalt von Holzschliff ist nicht mehr eindeutig ausgeschlossen. Die Belastung der Papiere mit sog. Störstoffen aus geschlossenen Wasserkreisläufen wird nicht erfaßt, dabei kommen diesen endogenen Faktoren in Zukunft mit Sicherheit große Bedeutung zu.

Eine Erweiterung dieser Norm um Alterungsversuche und Messung der Flexibilität, z.B. Bruchkraft nach Faltung, ist sinnvoll.

DIN 6738 beschreibt Festigkeitsmessungen nach Alterung und erhebt keine Forderungen nach definierter Stoffzusammensetzung. Bei der großen Bedeutung der endogenen Faktoren auf das Alterungsverhalten von Papieren ist dieser Ansatz nicht ausreichend, besonders unter Berücksichtigung der Entwicklung neuer Faserstoffe, der Kreislaufschließung und der zunehmenden Bedeutung von schwer definierbaren Recyclingpapieren. Auch hier ist die Festigkeitsbewertung problematisch und sollte durch Messung der Bruchkraft nach Faltung ergänzt werden.

Zusammenfassung:

Die Gebrauchsfähigkeit der Recycling-Papiere konnte in den letzten Jahren deutlich verbessert werden. Die Festigkeitswerte dieser Papiere liegen deutlich unter den Werten für holzfreie Papiere. Für die Archivierung sind die Qualitäten der Recycling-Papiere m.E. aus folgenden Gründen nicht geeignet.

Die Stoffzusammensetzung der Recycling-Papiere ist nicht konstant, und diese Papiere enthalten stets hohe Anteile an Holzschliff. Die zur Herstellung der Papiere verwendeten Fasern sind mehrfach recyclet, und das bedeutet immer wieder Aufschlagen der Papiere, Dispergierung der Fasern, Mahlbelastung, Vermischung mit Hilfsstoffen und schnelle Trocknung bei hohen Temperaturen. Durch Kreislaufschließung enthalten die Papiere zunehmende und unterschiedliche Mengen an ionogenen anorganischen und niedermolekularen organischen Substanzen, über deren Wechselwirkung mit den recycleten Fasern keine Erkenntnisse vorliegen.

Die Alterungsprozesse beginnen auf einem niedrigen Festigkeitsniveau, und bei der Ermittlung der Lebensdauerklassen bleiben wichtige Faktoren und für die Gebrauchsfähigkeit wesentliche Prüfungen unberücksichtigt.

[1] Zeisler,H.; Hamm,U.; Götsching,L. Sicherung vom Zerfall bedrohten Schriftgutes in Archiven

und Bibliotheken. Institut für Papierfabrikation, Technische Hochschule Darmstadt, 1991, Seite 64

- [2] Dessauer; Die endogenen und exogenen Alterungsursachen des Papiers, Das Papier. Heft 10A 1978 , V32 ff
- [3] Carl Hofmann; Praktisches Handbuch der Papierfabrikation 1891
- [4] Jahn,K.Th.; Arbeit an der Papiermaschine, Eduard Roether Verlag / 1954
- [5] Lorz,R.; Linhart,F.; Kationischer Bedarf, CSB-Wert, Wochenblatt für Papierfabrikation. Dez. 1993, 1011 ff
- [6] Bansa,H.; Hofer,H.; Die Aussagekraft einer künstlichen Alterung von Papier für Prognosen über seine zukünftige Benutzbarkeit. Restaurator 6. 21 - 60. 1984
- [7] Zeisler,P.; Hamm,U.; Physikalische Eigenschaftsprofile von holzhaltigen und holzfreien Papieren unter dem Einfluß von Luftschadstoffen. AIF-Forschungsvorhaben Nr.8698, Institut für Papierfabrikation, Technische Hochschule Darmstadt, 1994