

# **Massenkonservierung von Papier: Die gängigen Methoden im Überblick**



Nachdiplomstudium Papierkurator/in Univ. Basel 2005/2007

Hausarbeit von  
Stefan Hächler, Bern  
September 2006

## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	2
2.	Ursachen der Zerfallsgefährdung von Papier.....	3
3.	Massenentsäuerungsverfahren .....	6
3.1.	Lösemittel-Tränkverfahren (nichtwässrige Flüssigphasenverfahren).....	6
	Sablé-sur-Sarthe-Verfahren .....	7
	Papersave-Verfahren (Battelle-Verfahren) .....	7
	Papersave swiss-Verfahren .....	9
	CSC Book Saver-Verfahren.....	10
3.2.	Feinststaubverfahren .....	11
	Bookkeeper-Verfahren.....	11
	Libertec-Verfahren (Nürnberg-Verfahren) .....	12
	SoBu-Verfahren .....	13
3.3.	Wässrige Tränkverfahren (wässrige Flüssigphasenverfahren) .....	13
	Bückerburger Verfahren (BCP –Bückerburger Conservation Process, Neschen-Verfahren).....	13
	Wiener Verfahren.....	14
3.4.	Noch nicht angewandte Verfahren.....	15
	Nanotechnische Verfahren.....	15
	DAE .....	15
3.5.	Nicht mehr angewandte Verfahren .....	15
	Wei T'o- (MMC-) Verfahren .....	15
	DEZ-Verfahren .....	16
	FMC-Verfahren.....	16
	Separex.....	16
	Datukom-Verfahren .....	17
4.	Fazit.....	17
5.	Anhang: Überblick über die heute gängigen Verfahren .....	20
6.	Bibliographie.....	21

# 1. Einleitung

"Kein Buch zerfällt zu Staub!" Mit diesem dezidierten Titel fasst Jürgen Brôcan in der NZZ das Credo von Nicholson Bakers Kassenschlager *Double Fold* zusammen.<sup>1</sup> "In Archiven und Bibliotheken tickt eine Zeitbombe, die es zu entschärfen gilt!"<sup>2</sup> hält Wolfgang Bender entgegen. Er drückt damit seine Überzeugung aus, Papier, welches von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis in die 1970er- oder 80er-Jahre hergestellt wurde, sei aufgrund seines durch industrielle Produktionsmethoden bedingten grossen Säuregehalts akut vom Zerfall bedroht. Der Berliner Chemieprofessor Klaus Roth verdeutlicht diese weit verbreitete Ansicht: "In den wissenschaftlichen Bibliotheken Deutschlands zerfallen vor unseren Augen viele der 200 Millionen Bücher, nahezu alle der zwischen 1850 und 1970 hergestellten Druckwerke sind gefährdet, und ein Teil ist bereits heute kaum benutzbar."<sup>3</sup> Baker bestreitet dieses "Katastrophenszenario". Folgerichtig kommen die zitierten Autoren zu unterschiedlichen Schlüssen. Baker plädiert dafür, Bücher möglichst nur sorgfältig zu lagern und behandeln (im Sinne einer präventiven Konservierung): "Lasst die Bücher in Ruhe, sage ich, lasst sie, lasst sie in Ruhe."<sup>4</sup> "In anyway it is better to deacidify than to do nothing at all, um den langsam schleichenden Papiertod zu bekämpfen." kontert Bender.<sup>5</sup> Mit diesen sich diametral gegenüberstehenden Positionen ist eine Kontroverse skizziert, die sowohl die papierkundliche Fachwelt als auch das kulturell interessierte Laienpublikum seit einigen Jahren beschäftigt.

Lassen wir aber einmal die Stimme Bakers in den Hintergrund treten und glauben wir der Versicherung einer Mehrheit der Fachleute in den Archiven, Bibliotheken und Museen, der Zustand einer grossen Masse von Büchern und Dokumenten aus der Mitte des 19. bis nach der Mitte des 20. Jahrhunderts sei wirklich vom Zerfall bedroht. In diesem Fall gibt es zwei Fragen, die zu klären sind: 1. Wieso droht der Zerfall? und 2. Wie ist er zu stoppen?

Die erste Frage ist einerseits mit Blick auf die Papierchemie und andererseits mit Blick auf technikgeschichtliche Aspekte der Papierproduktion zu klären. Es ist hier nicht der Ort, dies in extenso vorzunehmen. Vielmehr sollen lediglich ein paar Stichworte zu beiden Aspekten genügen, diesen Themenkreis soweit zu skizzieren, um die Antworten auf die zweite Frage durch eine knappe Kontextualisierung in ihrer Intention verständlich zu machen. Dies soll *Kapitel 1* leisten.

Der Hauptteil dieser Arbeit widmet sich klar der zweiten Frage, wie der festgestellte Zerfall verhindert oder zumindest verlangsamt werden kann. Im *Kapitel 2* geht es deshalb insbesondere darum, die verschiedenen technischen Methoden darzustellen, die entwickelt wurden und heute angewandt werden, um grosse Mengen gefährdeten Papiers für die Nachwelt zu erhalten. Dafür hat sich der Begriff der Massenkonservierung etabliert. Er beinhaltet zwei Aspekte: Konservierung einer grossen Masse von

---

<sup>1</sup> BRÔCAN 2006; BAKER 2005 (orig. englisch: *Double Fold. Libraries and the Assault on Paper*. New York, 2001).

<sup>2</sup> BENDER 2005.

<sup>3</sup> ROTH 2006, 54.

<sup>4</sup> BAKER 2005, 181.

<sup>5</sup> BENDER 2005, 115, einen kanadischen Untersuchungsbericht von 1991 zitierend.

Objekten einerseits und Konservierung von "Massenware" andererseits. Nur wenn also grosse Mengen von in Massen produziertem Schriftgut (egal ob gedruckte und gebundene Bücher oder lose Akten und Dokumente) in einem standardisierten Verfahren maschinell konservatorisch behandelt werden können, kann man von Massenkonservierung sprechen.

Definitionsgemäss kommt Massenkonservierung also für wertvolle oder bedeutsame Einzelobjekte (wie kulturhistorisch wichtige Dokumente und Handschriften oder seltene kostbare Drucke<sup>6</sup>) nicht in Frage. Sie bedürfen individueller Beurteilung und Behandlung.<sup>7</sup> Zwischen solcher Einzelbehandlung und vollautomatischer Massenbehandlung gibt es Methoden, bei denen jedes Objekt einzeln für die automatisierte und standardisierte Entsäuerung vor- und/oder nachbehandelt werden muss (z.B. vorgängig Entfernen des Einbandes, Auflösen der Lagen in Einzelblätter und nachgeschaltet Neubindung). Solche Verfahren können, um mit Wolfgang Bender zu sprechen, "strictu sensu" nicht als Massenkonservierungsverfahren bezeichnet werden.<sup>8</sup> Sie sollen – mit der nachfolgenden generellen Einschränkung - hier trotzdem berücksichtigt werden.

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der momentan am meisten diskutierten und weltweit volumenmässig am häufigsten angewandten massenkonservatorischen Technik, nämlich der Massenentsäuerung von Papier.<sup>9</sup> Andere Massenkonservierungsverfahren (Massenanfaserung, Massenspaltung, Graft-copolymerization-Prozess etc.<sup>10</sup>) kommen hier aus Platzgründen nicht zur Sprache.<sup>11</sup>

Im abschliessenden *Kapitel 3* wird eine kurze Würdigung der praktizierten Methoden der Massenkonservierung versucht, indem überblicksmässig deren Vor- und Nachteile vergleichend darstellt und einige Überlegungen zu grundsätzlichen Aspekten von Massenkonservierung und den beschriebenen Methoden beigefügt werden.

## 2. Ursachen der Zerfallsgefährdung von Papier

Papier ist im Wesentlichen ein Filz oder Vlies aus Zellulosefasern und (mitunter zahlreichen) Zusatzstoffen. Komplizierte und bis heute zum Teil noch nicht ganz entschlüsselte chemische Vorgänge führen wie bei allen organischen Materialien mit der Zeit zum Zerfall des Papiers.<sup>12</sup> Dabei werden einerseits die Bindungen in den Polymerketten, aus denen die Zellulosefasern bestehen, gespalten, d.h. es findet eine Depolymerisation, eine Verkürzung der Polymerketten und schliesslich der Fasern statt.

<sup>6</sup> In der neueren Literatur als Objekte von intrinsischem Wert bezeichnet.

<sup>7</sup> BANSÄ 2002.

<sup>8</sup> BENDER 2005, 115. Ähnlich auch BANSÄ 1999, 127.

<sup>9</sup> Die wohl aktuellsten Informationen zum Thema wird der – leider noch nicht veröffentlichte – Tagungsband der internationalen Konferenz "Paper deacidification: Today's experiences - Tomorrow's perspectives", Bern 15.-17.2.2006, liefern. Immerhin kann das Programm über die Webseite der Schweiz. Landesbibliothek (<http://www.sn.admin.ch>) eingesehen werden.

<sup>10</sup> Vgl. zum Beispiel PORCK, 1996, Kap. 8; KNIGHT 2004/2006, 9; SANDERMANN 1997, 242; BANSÄ 2002, Abschn. 31; LAURSEN 1987.

<sup>11</sup> Die präventive oder auch passive Konservierung, die in Massnahmen der optimalen Umgebungsgestaltung der aufzubewahrenden Materialien besteht (Lagerung, Verpackung, Raumklima, sachgerechter Umgang etc.) wird ebenfalls nicht den massenkonservatorischen Verfahren zugerechnet (und hier nicht behandelt), obwohl sie ganze Bibliotheken und Archive umfasst. Ähnlich steht es mit Verfahren, die nur den intellektuellen und allenfalls künstlerischen Inhalt von Büchern und Dokumenten zu erhalten suchen, nicht aber die Objekte als Ganzes. Namentlich sind dies Xerokopien, Mikroverfilmung, Digitalisierung und ähnliche Verfahren, die gemeinhin unter dem Begriff Konversion zusammengefasst werden.

<sup>12</sup> Zur Papierchemie und den im Papier stattfindenden Abbauprozessen vgl. z.B. KRAUSE 1979 und neuestens ROTH 2006.

Andererseits wird auch die Bindung zwischen den einzelnen Fasern mit der Zeit gelockert und schliesslich gar gelöst.

Die Säuren, die mit den Rohstoffen oder mit den während des Produktionsprozesses beigefügten Zusatzstoffen ins Papier gelangen, sowie Säuren, die im Papier als Folge chemischer Reaktionen entstehen, tragen nicht unwesentlich zu diesem Abbauprozess bei.

Der Anteil solcher Säuren ist also abhängig vom Rohstoff, den Zusatzstoffen, dem Produktionsverfahren und Umwelteinflüssen. Alle diese Parameter haben sich im Verlaufe der Zeit verändert. Die Veränderungen lassen sich - ausser den Umwelteinflüssen, die im wesentlichen als externer Faktor zu verstehen sind - als Folge papiergeschichtlich relevanter technischer Wandlungen erklären. Dabei ist vom 17. Jh. bis in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts eine Tendenz zu immer säurelastigeren Herstellungsmethoden festzustellen. Die diesbezüglich wichtigsten technischen Neuerungen in der Papierproduktion sollen hier kurz dargestellt werden.

Die traditionelle Rohstoffbasis für europäisches Papier war die Textilfaser, d.h. die meist aus pflanzlichen Materialien (vorwiegend Leinen) hergestellten Kleiderstoffe, die nach ihrem ursprünglichen Verwendungszweck als Hadern oder Lumpen in der Papiermacherwerkstatt landeten. Dort wurden sie sortiert, grob zerkleinert, gewaschen, „gefault“, d.h. in einer Kalklauge mehrere Tage bis Wochen gelagert, um die Zellulose aufzuschliessen und zu reinigen, anschliessend wurden sie mechanisch zerfasert, in Wasser zum so genannten „Stoff“, dem Papierbrei aufbereitet, woraus dann die Papierbögen geschöpft wurden. Diese wurden gepresst, getrocknet, geleimt, erneut getrocknet. Jetzt war das Papier im Prinzip fertig und konnte für den Verkauf konfektioniert werden.

Die durchschnittlich beste Papierqualität wurde im 15. und 16. Jahrhundert erreicht. Im 17. Jahrhundert wurden erste für den Säurehaushalt des Papiers negative Prozessveränderungen eingeführt. Eine Verkürzung des „Faul“prozesses der Hadern hatte zwar einen geringeren Materialverlust zur Folge, reduzierte aber auch den Kalkeintrag, der als basisches Element wichtig war. Mit dem Aufkommen des Holländers Ende des 17. Jh. verstärkte sich dieser Prozess, da dieser den chemischen Zerfaserungsprozess im Faulbottich durch eine mechanische Zerfaserung stark verkürzte oder gar ersetzte. Dabei wurden die Zellulosefasern auch verkürzt, wodurch ihre Oberflächen vergrössert und sie für Zersetzungsprozesse anfälliger wurden. Zusätzlich konnte der Metalleintrag durch den Abrieb der Holländermesser den Säuregehalt im Papier durch Oxidationsprozesse punktuell stark erhöhen.

Bereits ab Mitte des 17. Jahrhunderts wurde der Leimungsvorgang durch Zusatz von Alaun optimiert.<sup>13</sup> Alaun (Kali-Aluminiumsulfat) bewirkt eine leichtere Verbindung des Leims mit dem Papier, womit das Papier einerseits stabiler, andererseits einfacher beschreibbar ist, da die Leimschicht dem Papier einen hydrophoben Effekt verleiht und dadurch das Verlaufen der Tinte verhindert. Alaun erhöht aber mit der durch chemische Prozesse im Papier frei werdenden Schwefelsäure den Säurege-

---

<sup>13</sup> TSCHUDIN 2002, 145.

halt.<sup>14</sup> Einen zusätzlichen Säureeintrag bewirkte die Büttenleimung, die 1807 erfunden und mit Harzleim und Alaun praktiziert wurde. Harzleim ist verseiftes Kolophonium, das Harzsäuren enthält und somit neben dem höheren Alaungehalt eine weitere Säurequelle darstellt. Zudem fiel mit dem Tierleim eine alkalische Puffersubstanz weg.<sup>15</sup>

Der steigende Bedarf an Papier, vor allem auch an hellem, ja weissem Papier, führte gegen Ende des 18. Jahrhunderts dazu, dass neue Bleichverfahren entwickelt wurden. Die traditionellen Methoden hatten den Nachteil, dass sie ziemlich zeitaufwendig waren und nur mässige Ergebnisse lieferten. Die 1785 erfundene Chlorgasbleiche für Textilien wurde bald für die Papiermacherei adaptiert und weiterentwickelt. Nun konnten auch farbige Lumpen zu hellem Papier verarbeitet werden. Auch hier war der Nebeneffekt, dass das Papier mit zusätzlicher durch Abspaltung entstandener Salzsäure belastet wurde. Die Erfindung und Einführung der Papiermaschine in der ersten Hälfte des 19. Jh. dürfte hingegen direkt nur wenig zur Säurebelastung des Papiers beigetragen haben. Allenfalls ist es vorstellbar, dass die durch den maschinellen Produktionsvorgang bedingte Gleichrichtung der Zellulosefasern die chemische Anfälligkeit des Papiers leicht erhöhte. Allerdings wurden mit der zunehmenden Differenzierung von Papiermaschinen, Papierqualitäten und Papieranwendungen immer mehr Zusatzstoffe in die oder auf die Papiermasse gebracht, die sich teilweise ebenfalls säurebelastend auf die Papiere auswirkten. Die in der Literatur am häufigsten für die stark säurehaltigen und damit stark zerfallsgefährdeten Papiere von der Mitte des 19. bis nach der Mitte des 20. Jh. verantwortlich gemachte Neuerung war der Ersatz von Hadern und Lumpen durch Holzschliff. Raffinierte Verfahren konnten aus diesem Material den Holzzellstoff so aufbereiten, dass er sich als billiger, praktisch unbegrenzt verfügbarer Papierrohstoff einsetzen liess. Über lange Zeit gelang es nicht, gewisse saure oder säureerzeugende Stoffe, die der Holzschliff neben der Zellulose ebenfalls enthält, zu eliminieren oder mindestens zu neutralisieren.<sup>16</sup>

Moderne Massenentsäuerungsverfahren sollen diese Papiermacher“sünden“ der vergangenen Jahrzehnte und Jahrhunderte so gut wie möglich mildern. Seit das Problem in den 1960er Jahren erstmals als akut wahrgenommen und der Öffentlichkeit entsprechend kommuniziert wurde, kamen verschiedene Initiativen und Projekte in Gang, der Malaise mit grosstechnischen Lösungen beizukommen. Ausgehend von Grossbritannien, den USA und Kanada wurden enorme Ressourcen darauf verwandt, brauchbare Methoden der Entsäuerung zu entwickeln, um der drohenden Vernichtung riesiger Bestände geschriebenen und gedruckten Kulturguts Einhalt zu gebieten. Welche Methoden dies sind und welche Vor- und Nachteile sie aufweisen, soll im folgenden Kapitel aufgezeigt werden.

---

<sup>14</sup> Über die Folgen des Alaun-Einsatzes bei der Gelatine-Leimung des Papiers vgl. Brückle 1993, die die Säurewirkung des Kali-Aluminiumsulfat gegenüber dem reinen Aluminiumsulfat der industriellen Papierproduktion relativiert.

<sup>15</sup> BANSÄ 2002.

<sup>16</sup> In der Schweiz wird die Menge an solchermassen säurehaltigen Büchern und Dokumenten aus Bibliotheken und Archiven auf ca. 13'000 t geschätzt, s. ANDRES et al. 2004, 66.

### 3. Massenentsäuerungsverfahren

Unter Entsäuerung ist der Eintrag von alkalischen Substanzen in das Papier zu verstehen, die die bestehenden Säuren neutralisieren. Gleichzeitig soll ein Puffer eingebracht werden, der zukünftig im Papier entstehende dort eingetragene Säuren neutralisiert. Karbonate und/oder Oxide von Magnesium und Kalzium sind die heute wichtigsten Alkalien, die für Massensäuerung verwendet werden. Das Problem dabei ist, diese Substanzen in das Papier (und nicht nur auf die Oberfläche) einzubringen. Papier ist ein ziemlich dichtes Material, und nur sehr kleine Teilchen können den Stoff durchdringen und sich zwischen den Zellulosefasern auch im Innern des Papiers ablagern.<sup>17</sup>

#### 3.1. Lösemittel-Tränkverfahren (*nichtwässrige Flüssigphasenverfahren*)

Bei den genannten Substanzen ist dies am praktikabelsten, wenn sie in ihrer kleinsten Form, als Ionen in einer Lösung, vorliegen. Nun sind aber diese Substanzen nur schwer löslich. Einziges natürliches Lösungsmittel dafür ist Wasser, welches aber bei der Papierrestaurierung nur mit äußerster Sorgfalt und unter ständiger Kontrolle des Werkstücks eingesetzt werden kann und sich somit nicht für Massenverfahren eignet. Deshalb müssen die Substanzen auf Umwegen ins Papier gebracht werden, z.B. indem man andere chemische (sog. metallorganische) Verbindungen, die in nicht-wässrigen Lösungsmitteln löslich sind, ins Papier einträgt, wo sie durch chemische Prozesse (Reaktion mit der Luft oder dem im Papier enthaltenen Wasser) in die gewünschten Substanzen verwandelt werden.

Grundsätzlich funktionieren Anlagen für Lösemittel-Tränkverfahren nach folgendem Prinzip.: Die Bücher oder losen Papiere werden in eine Kammer, einen Reaktor, eingeführt. Dort werden sie dehydriert. Im Vakuum wird dann das Lösungsmittel (Fluorkohlenwasserstoffe, Fluorwasserstoffe oder Siloxane) mit den Agentien (Erdalkalialkoholate) eingebracht. Nachdem das zu behandelnde Gut ganz mit der Lösung durchdrungen ist, wird die überschüssige Lösung abgeführt. Nun beginnt im Papier die Reaktion, die die gewünschte alkalische Substanz entstehen lässt. Dabei fallen natürlich Nebenprodukte ab (v.a. Alkohole), die aus dem Papier austreten und ebenfalls abgeführt werden müssen. Sobald die chemische Reaktion abgeschlossen ist, werden die behandelten Papiere rekonditioniert, d.h. wieder auf den ursprünglichen Wassergehalt von ca 7% gebracht und an das Raumklima gewöhnt.

Die einzelnen Verfahren unterscheiden sich in den Vor- und Nachbehandlungsschritten, den eingesetzten Chemikalien, den Trocknungsverfahren und der Temperatur- und Druckbehandlung sowie der Zeitdauer in der Kammer.

---

<sup>17</sup> Wichtige Informationsquellen zur Massensäuerung stellt die Webseite zur Massensäuerung des Forums Bestandserhaltung mit zahlreichen Literaturangaben und Links zusammen (<http://www.uni-muenster.de/Forum-Bestandserhaltung/kons-restaurierung/neutral.html> [15.8.2006]). In den letzten Jahrgängen der Zeitschrift „Restaurator“ sind einige wichtige Arbeiten zur Massensäuerung erschienen, die hier nicht konsultiert werden konnten, da in der gegebenen Frist kein Zugriff auf diese Zeitschrift möglich war.

## **Sablé-sur-Sarthe-Verfahren**

In Europa übernahm die Bibliothèque Nationale Paris die Pionierrolle in Sachen Massenentsäuerung. Sie hat 1984 in ihrer Aussenstelle Sablé-sur-Sarthe mit der Weiterentwicklung des (heute nicht mehr verwendeten) Wei T'o-Verfahrens (s. unten S. 15) begonnen. Nach mehreren Verfahrensanpassungen werden heute die Dokumente zuerst mit heisser Luft (50°C) und anschliessender Vakuumtrocknung auf 0,5% Wassergehalt hinunter entwässert (Dauer ca. 48 Std.). Danach folgt die Imprägnierung unter Hochdruck mit Magnesiummethylkarbonat (MMC), das in einer Mischung aus Ethanol und Freon 134a (ein Kohlenwasserstoff) gelöst ist (2 Std.). In Verbindung mit der im Reaktor enthaltenen Luftfeuchtigkeit entsteht im Papier Magnesiumkarbonat als Puffersubstanz und Alkohol, welcher sich dank unterstützender Ventilation während der Trocknungsphase innerhalb von drei Tagen verflüchtigt. Am Schluss folgt eine zweiwöchige Rekonditionierung, während der das Papier kontinuierlich auf normale Raumbedingungen vorbereitet wird (Rehydrierung).

Folgende Probleme dieses Verfahrens sind bekannt: Gewisse Tinten und Stempelfarben bluten aus, hochglanzgestrichene Papiere (Kunstdruckpapiere) verlieren ihren Glanz und Illustrationen auf solchem Papier verlieren an Qualität, zudem lagert sich die Puffersubstanz kaum ein, gewisse kunststoffhaltige Bucheinbände verformen sich oder die Kunststoffschicht löst sich gar ab. Auch Halbpergamenteinbände können durch unterschiedliches Verhalten der beiden Einbandmaterialien geschädigt werden. Neuere Einbände können sich leicht wölben. Bei festen Einbänden bleibt manchmal zwischen den ersten und letzten Seiten ein weisses Pulver zurück. Es handelt sich um überschüssiges Magnesiumoxid, das weder für die Bücher noch die Benutzer bedenklich ist und einfach entfernt werden kann. Bei entsprechender Vorsortierung können die geschilderten Probleme auf 2-3% der behandelten Objekte reduziert werden. Grössere Formate als 28x19 cm können nur ausnahmsweise behandelt werden. Freon ist zwar nicht wie FCKW schädlich für die Ozonschicht, ist aber ein Treibhausgas, dessen Verwendung aus Umweltschutzgründen möglichst reduziert werden sollte. Die alkalische Reserve beträgt ca. 0.6%, sie ist allerdings innerhalb des Blattes ungleichmässig verteilt (schlechte Durchdringung des Blattinnern). Das behandelte Gut weist eine Steigerung des pH-Wertes bis 10 auf. Untersuchungen an vor 15 Jahren entsäuerten Büchern zeigen, dass das Papier bezüglich pH-Wert und alkalischer Reserve weiterhin stabil ist. Die Kosten belaufen sich (2005) auf 126 €pro Laufmeter (= 6 € pro kg gebundene oder 13 €pro kg broschiierte Werke). Die Bibliothèque Nationale gibt für die Anlage eine Kapazität von 25'000-30'000 Bänden pro Jahr an.<sup>18</sup>

## **Papersave-Verfahren (Battelle-Verfahren)**

Als Reaktion auf die Anlage in Frankreich regte die Deutsche Regierung an, ebenfalls eine Massenentsäuerungsanlage aufzubauen. Im Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Deutschen Bibliothek (Leipzig/Frankfurt) führte das Battelle-Institut ab 1987 Versuche mit verschiedenen Massenentsäuerungsverfahren durch. Favorisiert wurde schliesslich das in Sablé weiterentwickelte Wei T'o-

Verfahren mit MMC als Agens und Freon als Lösungsmittel, das ab 1990 kontinuierlich in Richtung optimales Recycling, Verbesserung des Trocknungsprozesses (schneller und gleichmässiger durch Mikrowellen) und konsequente Automatisierung des gesamten Prozesses inklusive der Kontrolltools weiterentwickelt wurde. 1991 konnte Battelle die erste Massenentsäuerungsanlage in Frankfurt in Betrieb nehmen. Aufgrund internationaler Umweltschutzaufgaben (Montreal-Protokoll von 1987) durfte Freon als Lösungsmittel bald nicht mehr benutzt werden. Da für MMC aber kein anderes problemloses Lösungsmittel gefunden wurde, suchte man einen anderen Wirkstoff. Er wurde endlich im Magnesium-Titan-Ethylat (METE) gefunden. Es soll weder gesundheits- noch umweltschädlich sein und kann im ebenfalls diesbezüglich unbedenklichen Hexadimethyldisiloxan (HMDO) gelöst werden. Allerdings ist dieser Stoff hochentflammbar, was neue Probleme mit sich brachte. Die ganze Anlage musste neu konzipiert werden. Aus diversen politischen, wirtschaftlichen und anderen Gründen entstanden 1994 dann zwei Anlagen für das neue – papersave genannte - Verfahren, eine in Eschborn bei Frankfurt, die im Besitz der (später privatisierten) Battelle blieb, und eine in der inzwischen mit der Deutschen Bibliothek in Frankfurt vereinigten Deutschen Bücherei in Leipzig. Die dortige Betreiberin, das Zentrum für Bucherhaltung (ZfB, mit der Tochterfirma Becker Technologies), wurde 1998 ebenfalls privatisiert, kaufte 2001 die Konkurrenz-Anlage in Eschborn auf und legte sie still.

Das aktuelle Verfahren läuft folgendermassen ab: Zuerst wird die Feuchtigkeit des Papiers durch mildes Erwärmen im Vakuum im Verlauf von zwei Tagen von durchschnittlich 7% auf unter 1% reduziert. Dann wird die Kammer mit der Entsäuerungslösung geflutet, anschliessend die Lösung abgelassen, das Behandlungsgut unter Vakuum getrocknet.<sup>19</sup> Zum Schluss wird es 3-4 Wochen rekonditioniert. Während der Behandlung wird die im Papier vorhandene Säure durch das Magnesiumalkoholat neutralisiert. Im Rekonditionierungsprozess wandelt sich überschüssiges Magnesiumalkoholat durch Feuchtigkeit und Kohlendioxid zu einem alkalischen Puffer um, der im Papier eingelagert wird. Das Titanalkoholat wandelt sich in Titanhydroxid, welches in Wasser und Titandioxid zerfällt. Letzteres wird seit langem als Weissmacher in der Papierfabrikation verwendet.

Folgende geringe negative Nebenwirkungen wurden bisher festgestellt: Irisierung von Abbildungen, Ausbluten von Tinten und Druckfarben, Ablagerung von ausgefällten Salzen. Die alkalische Reserve beträgt ca. 0.6%, allerdings ist die Verteilung innerhalb des Blattes ungleichmässig, d.h. im Blatinnen geringer als an der Oberfläche. Die Entsäuerungswirkung ist im Allgemeinen mit pH-Werten von bis zu 10 gut. Papersave soll neben der Entsäuerung auch (in bescheidenem Masse) zur Stärkung des Papiers beitragen.<sup>20</sup>

---

<sup>18</sup> BUISSON /LEFEBVRE 2005; BUISSON 2005a, 5-6; TSAGOURIA 2004; BANSÄ 2002; SANDERMANN 1997.

<sup>19</sup> Da mit dem Mikrowellen-Trocknungsverfahren Probleme unter anderem mit dem Versengen des Papiers um Metallbestandteile (Klammerheftung, Büroklammern u.ä.) auftraten, stellte man bald auf ein herkömmliches Trocknungsverfahren mit Hitze im Vakuum um.

<sup>20</sup> BUISSON 2005b, 9; BUISSON 2005a, 5-6; BENDER 2005; ANDRES et al. 2004, 67-69; BANSÄ 2002; SANDERMANN 1997, 245f.; PORCK 1996, Kap. 3; WS Schempp; WS Forum Bestandserhaltung; [http://de.wikipedia.org/wiki/Zentrum\\_f%C3%BCr\\_Bucherhaltung](http://de.wikipedia.org/wiki/Zentrum_f%C3%BCr_Bucherhaltung) [22.8.2006].

## Papersave swiss-Verfahren

Das Schweizerische Bundesarchiv (BAR) und die Schweizerische Landesbibliothek (SLB) starteten 1990 ein gemeinsames Evaluationsprojekt für eine schweizerische Massenentsäuerungsanlage. Das papersave-Verfahren erwies sich dabei den anderen evaluierten Methoden überlegen, besonders wegen der wirksamen Entsäuerung, der einfachen Bestückung der Behandlungskammer (Bücher und eingeschachtelte Archivmaterialien können einfach in Drahtkörbe eingepackt und diese auf Rollwagen geladen werden) und der Umweltverträglichkeit des Prozesses. 1998 konnte die Anlage von der Firma Battelle Ingenieurstechnik nach dem von ihr entwickelten papersave-Verfahren gebaut und zwei Jahre später eingeweiht werden. Besitzerin ist der Bund, Betreiberin die Nitrochemie AG und Hauptkunden sind BAR und SLB (die je einen Drittel der Kapazität beanspruchen).

Das Verfahren wurde für die in Wimmis entstehende Anlage weiter verbessert. Im Zentrum stand dabei die Optimierung der Prozessabläufe und –steuerung und eine aktive Rekonditionierungsanlage, die gewisse unerwünschte Nebeneffekte der Eschborner Anlage vermeiden half. Für unterschiedliches Behandlungsgut können spezielle Behandlungsprogramme eingesetzt werden, die z.B. die Wirkstoffkonzentrationen und Behandlungsdauer den Materialerfordernissen anpassen. Die aktive Rekonditionierung verläuft in eigens entwickelten Rekonditionierungskammern ab, in denen das behandelte Material während 3-4 Wochen mit genau definierten und kontrollierten Luftmengen, -feuchtigkeiten und –temperaturen belüftet wird. Die während dieser Zeit ablaufenden Prozesse können so genau gesteuert und die (vor allem aus Alkohol bestehenden) Abfallprodukte aus dem Papier und der Umgebungsluft fachgerecht entsorgt werden.

Vorteile: Büroklammern, Bostich etc. müssen vor der Behandlung nicht entfernt werden. Die Wirkstoffe penetrieren sowohl die einzelnen zu behandelnden Objekte als auch jede einzelne Seite in allen drei Dimensionen ziemlich gleichmässig. Die Entsäuerung ist quasi 100%ig realisiert, der pH-Wert beinahe aller untersuchten behandelten Objekte lag bei 7 und mehr. Auch der Magnesiumkarbonatgehalt (Säurepuffer) ist überall genügend gross (zwischen 0,3 und 2,3%). Die mit papersave swiss behandelten Papiere wiesen in Alterungstests wesentlich verzögerte Alterungserscheinungen (Depolymerisation) auf. Die Papierfestigkeit wird kaum verändert, nimmt allerdings im Alterungsprozess gegenüber unbehandelten Papieren markant weniger ab. Die Auswertung verschiedener Tests nach unterschiedlichen Methoden belegt eine theoretische Verlängerung der Lebensdauer behandelter Papiere um den Faktor 4. Vermutet wird aufgrund erster Untersuchungen die Unbedenklichkeit des Verfahrens für Ledereinbände. Weiter gibt es Hinweise, dass das Verfahren die mikrobiologische Keimzahl reduziert. Die sog. Newton'schen Ringe (Irisierung bei Illustrationen), die in anderen Verfahren vorkommen, konnten hier eliminiert werden. Momentan werden Versuche zu gleichzeitig mit dem Entsäuerungsprozess realisierbarer Papierverfestigung unternommen. Als bedeutendster Nachteil wird das Ausbluten der Farbe von roten Farbstiften genannt (die gegenwärtigen Massnahmen dagegen sind Aussortierung oder Einlegen von schützenden Papieren; der Effekt soll durch weitere Verfahrensver-

besserungen in Richtung Farbfixierung weiter minimiert werden). Andere negative Nebenwirkungen sind mengenmässig sehr gering (sie betreffen insgesamt etwa 1% aller behandelten Objekte). Die Kapazität der Anlage beträgt jährlich 120 t Behandlungsgut. Zwischen 2000 und 2004 wurden insgesamt 350t behandelt (180 t Archivmaterial, 170 t Bibliotheksgut).<sup>21</sup>

### **CSC Book Saver-Verfahren**

Die amerikanische Firma Lithco (Lithium Corporation, eine Tochter der Firma FMC) begann Ende der 1980er Jahre mit der Entwicklung eines eigenen Massenentsäuerungsverfahrens. Die Anlagen mit MMC und METE setzen leicht flüchtige Alkohole (Methanol und Äthanol) frei, die (wie oben beschrieben) gewisse Tinten, Druckfarben und Kunststoffe negativ beeinflussen. Die Idee von Lithco war, ein Verfahren zu entwickeln, das keine schädlichen Nebenprodukte produzierte, sondern diese so zu modifizieren, dass sie für die Bestandserhaltung positive Effekte hervorriefen. Anvisiert wurde besonders die Festigung des geschwächten Papiers. Es geht dabei darum, die bei schlechten Papierqualitäten vermehrt auftretende Vernetzung der Zellulosefasern, d.h. eine Art Verpampung oder Verklebung durch Abbau der Wasserstoffbrücken zu einer kompakten und kaum mehr flexiblen Masse durch einen ins Papier einzubringenden „Weichmacher“ in ihrer Wirkung aufzuheben. Im Wirkstoff MagnesiumbutoxyTriglykolat (MG-3) fand man eine metallorganische Verbindung, deren organischer Bestandteil aus einem höheren, zähflüssigen Alkohol besteht, der Weichmachereigenschaften hat. Als Lösungsmittel wurde Freon 113 verwendet. Allerdings funktionierte das Verfahren nicht zufriedenstellend, der Weichmacher hatte bei bestimmten Papieren einen entgegengesetzten Effekt. Auch die Umstellung auf Magnesiumbutylglykolat (mbg) und Heptan befriedigte nicht, so dass man die in Bessemer City (North Carolina) gebaute Anlage nach einiger Zeit wieder aufgab.

Spanische Forscher fuhren dort weiter, wo Lithco aufhörte und suchten nach weiteren besser geeigneten metallorganischen Verbindungen, deren Umsetzungsreaktion langsam abläuft, damit eine gleichmässige Verteilung des Magnesiumkarbonats im Papier erreicht werden kann. Sie fanden im Magnesiumdipropylat den gewünschten Stoff. Er ist in Propanol löslich, das allerdings wie MMC mit einem FKW – allerdings mit einem umweltverträglichen Typ, wie versichert wird - verdünnt werden muss. Zwei Anlagen in Spanien funktionieren nach diesem Prinzip, eine an der TU in Terrassa bei Barcelona und eine in Bilbao. In Deutschland hält die 2003 gegründete Preservation Academy in Leipzig (PAL) die Lizenz für das Verfahren in Deutschland, Österreich, der Schweiz, Osteuropa und Russland. Sie betreibt Anlagen in Leipzig, Bad Arolsen und St. Petersburg.

Als Vorteile werden genannt: Keine Vortrocknung, dadurch Verkürzung der Behandlungszeit sowie Schonung des Behandlungsgutes, keine Newton'schen Ringe, für Lederbände (bedingt) geeignet. Gute Entsäuerung (pH durchschnittlich 8.78), gute alkalische Reserve (1,16-2,28%). Nachteilig sind weisse

---

<sup>21</sup> BLÜHER 2006; BLÜHER 2004; BLÜHER /VOGELSANGER 2001; ANDRES et al. 2004.

pulvrige Ablagerungen, Ausbluten und Verlaufen von Tinten (nur gering), Fleckenbildung, Ausbleichen, Verkleben der Seiten sowie inhomogene Neutralisierung.<sup>22</sup>

### ***3.2. Feinststaubverfahren***

Das Problem bei den bisher beschriebenen Verfahren kann kurz auf folgenden Nenner gebracht werden: Der beim Einsatz metallorganischer Substanzen im Verlauf des Prozesses frei werdende organische Bestandteil ist immer – auch bei technisch ausgereifter Handhabung – ein potentieller Störfaktor, der auf gewisse Materialien (Farben, Kunststoffeinbände) negative Auswirkungen haben kann. Die eingesetzten Lösungsmittel können ähnliche Effekte erzeugen und sind meist in irgendeiner Weise nicht umweltverträglich.

Es gab deshalb schon früh Bestrebungen, auf andere Weise den neutralisierenden Wirkstoff und den Puffer direkt ins Papier zu bringen und nicht erst durch chemische Reaktionen im Papier entstehen zu lassen. Allerdings war man ja gerade wegen des schier unlösbar scheinenden Problems, so feine Substanzpartikel zu erzeugen und in das dichte Papiergeflecht einzubringen, auf die Lösung mit oben geschilderten Lösemittel-Tränkverfahren ausgewichen. Trotzdem wurden Versuche unternommen, die gewünschten Substanzen in fester Form ohne Umweg über chemische Reaktionen ins Papier einzubringen. Bisher wurden eine trockene (Bookkeeper) und eine nasse (Libertec, SOBU) Variante dieser Methode entwickelt.

#### **Bookkeeper-Verfahren**

Exponent dieser Forschungsrichtung war der amerikanische Ingenieur Richard Spatz. Dessen Forschungsergebnisse und sein darauf aufbauendes Entsäuerungsverfahren wurden erst über Umwege rezipiert<sup>23</sup> und Jahre später von einer Firma namens Preservation Technologies (PTI, später PTPL) zur Praxisreife geführt und unter dem Namen Bookkeeper in einer Anlage bei Pittsburgh und später einer zweiten in Cranberry (Nord-Pennsylvania) kommerziell angewandt wurde.

Das Prinzip dieser Anlage ist folgendes: Bücher oder lose Blattstapel werden so in der Behandlungskammer aufgestellt, dass die einzelnen Blätter aufgefächert werden können. Durch Vakuum wird die enthaltene Umgebungsluft in den Büchern entfernt. Jetzt werden sie mit einer inerten Trägersubstanz (30°C) geflutet, in der in Suspension (also nicht gelöst, sondern in Feinstpartikeln in der Flüssigkeit verteilt) das Magnesiumoxid enthalten ist. Als Trägersubstanz verwendet PTI einen für die Umwelt angeblich unschädlichen FKW, nämlich Perfluoro-Heptan, welches praktisch zu 100% rückgewonnen werden und erneut eingesetzt werden kann. Zur Verhinderung von Klumpenbildungen beim Magnesiumoxid wird fluorierter Alkylester zugesetzt. Leichte Bewegungen des Behandlungsgutes sollen eine gute Durchdringung des Papierstapels und der einzelnen Blätter bewirken. Nach einer Behandlungs-

<sup>22</sup> MEESE 2005; BANSÄ 2002, Abschn. 13-15; PORCK 1996, Kap. 6; SANDERMANN 1997, 245.

<sup>23</sup> Die Library of Congress (LC) evaluierte 1990 die damals gängigen Methoden der Massensäuerung im Hinblick auf ein eigenes Entsäuerungsprogramm, aber keines davon erfüllte ihre Anforderungskriterien. Trotzdem wurde das weiter unten beschriebene DEZ-Verfahren (S. Seite 16) zur Weiterentwicklung für einen allfälligen späteren grossflächigen Einsatz an der LC favorisiert. Erst die Einstellung der DEZ-Forschungsarbeiten durch die Betreiberfirma der Pilotanlage 1994 lenkte den Blick der LC-Verantwortlichen auf das gänzlich andere Verfahren von Spatz.

dauer von gut einer Viertelstunde wird die Suspension abgesaugt, man lässt das Gut abtropfen und die noch verbleibende Flüssigkeit verdunsten. Mehrere Untersuchungen sollen die Wirksamkeit des Verfahrens bezüglich Entsäuerung und Steigerung der Festigkeit belegen. Allerdings ist der physikalisch-chemische Vorgang, der in und auf dem Papier abläuft, noch nicht vollständig bekannt, weshalb Langzeitprognosen (insbesondere die dauerhafte Wirkung und das chemische Verhalten des Magnesiumoxids ist unsicher) noch sehr vage sind.

In den USA ist diese Methode mittlerweile die am weitesten verbreitete. PTI expandierte 1999 nach Europa, wo sie in Heerhugowaard in den Niederlanden im Auftrag der Königlichen Bibliothek und des Niederländischen Nationalarchivs eine Bookkeeper-Anlage errichtete und heute auch kommerziell betreibt und Institutionen aus ganz Europa zu ihren Kunden zählt. 2004 wurde eine neue Anlage in Gatineau in Kanada eröffnet, die Material der kanadischen Nationalbibliothek und des kanadischen Nationalarchivs in Ottawa sowie der Nationalbibliothek von Quebec entsäuert.

Als Nachteile werden genannt: Ablagerung ausgefallter Salze, ungleichmäßige Verteilung der alkalischen Reserve (ca. 0.6%) innerhalb des Blattes (schlechte Durchdringung des Blattinnern). Positiv gewertet werden eine gute Alterungsbeständigkeit bezüglich Abbauprozessen durch Umwelteinflüsse sowie die Steigerung des pH-Wertes bis 10.<sup>24</sup>

### **Libertec-Verfahren (Nürnberg-Verfahren)**

Das Bookkeeper-Verfahren wurde in Nürnberg von der Firma Libertec in dem Sinne modifiziert, dass man den Einsatz von FKW zu vermeiden suchte.<sup>25</sup> Als Transportmedium wird folglich keine Suspension verwendet. Stattdessen werden die Magnesiumoxid- und Kalziumkarbonat-Feinstpartikel mittels eines Aerosols zwischen die einzelnen auffächerbar in der Behandlungskammer aufgestellten Bände geblasen. Vorgängig wird das Papier mit warmer trockener Luft entwässert, dann mit dem sehr kalten Aerosol behandelt, anschliessend mit warmer feuchter Luft rekonditioniert. Die warm-feuchte Luft hilft gleichzeitig, die Wirksubstanz einfacher in das Papier einzubringen. Der letzte Schritt besteht im Absaugen des nicht ins Papier eingedrungenen unsichtbaren Feinstaubes. Zur Verbesserung des Prozesses wurde zudem die unsichere Wirkung des Magnesiumoxids durch den zusätzlichen Einsatz von Kalziumkarbonat minimiert, dessen Wirksamkeit und Effizienz der Neutralisierung belegt ist.

Untersuchungen attestieren dem Verfahren laut Betreiberfirma eine bezüglich der Säureneutralisierung ebenso gute Wirksamkeit wie die Lösemittel-Tränk-Verfahren. Die Erhöhung der Festigkeit soll gar noch besser sein als bei den genannten Verfahren. Allerdings schnitten die beiden trockenen Verfahren (Libertec und SoBu) bei unabhängigen Tests bezüglich der Effizienz der Entsäuerung schlechter ab als die nassen Verfahren. Dafür sind sie sehr kostengünstig und schnell. Die Nürnberger Anlage läuft seit 1998.

<sup>24</sup> BUISSON 2005a, 5-6; BUISSON 2005b, 8.

<sup>25</sup> Ob aus Umweltschutzgründen oder aus Image-Überlegungen, da FKW im deutschsprachigen Europa einen äußerst schlechten Ruf hat, bleibe dahingestellt.

## SoBu-Verfahren

Ehemalige Mitarbeiter der Firma Libertec gründeten 2001 in Fürth eine eigene Firma namens Sobu („Sondermaschinenbau und Buchentsäuerung“), die das Libertec-Verfahren bezüglich Anordnung von Düsen und Behandlungsgut und mittels Optimierung von Temperatur, Feuchtigkeit und Behandlungsdauer verbessert haben will. Ansonsten ist es mit dem Libertec-Verfahren quasi identisch.<sup>26</sup>

### 3.3. Wässrige Tränkverfahren (wässrige Flüssigphasenverfahren)

Die bei individuell zu entsäuernden Materialien verwendete Methode mit wässrigen Lösungen ist in ihrer Wirkung den anderen Verfahren weit überlegen. Wie eingangs erwähnt, kommt eine Massensäuerung von Büchern damit aber nicht in Frage, da viele Tinten, Schreib- und Druckfarben wasserlöslich sind und diverse Einbandmaterialien (Leime, Buchdeckel etc.) chemisch oder mechanisch negativ verändert werden, was bis zur Zerstörung des Werks gehen kann.

Das erste Problem ist jedoch prinzipiell lösbar, wenn die Farbstoffe vor der Entsäuerung fixiert werden können. Somit kann zumindest für lose Blätter, wie sie in Archiven oft vorkommen, eine Art Massensäuerungsanlage gedacht werden. Sie entspricht zwar der in der Einleitung zitierten Bender'schen Definition der Massenkonservierung nur teilweise, da sie eben nur für einbandlose Materialien funktioniert. Trotzdem sollen die nach diesem Prinzip funktionierenden Verfahren hier beschrieben werden, weil damit doch „Massenware“ in grösseren Mengen mehrheitlich automatisch behandelt werden kann.<sup>27</sup>

Das Grundprinzip wässriger Verfahren beruht auf der Trängung des Papiers mit einer wässrigen Lösung von Erdalkalikalcarbonaten oder -hydroxiden (vorwiegend von Kalzium und Magnesium) und einem Filmbildner (Methylzellulose) und anschließender Trocknung.

### Bückeburger<sup>28</sup> Verfahren (BCP –Bückeburger Conservation Process, Neschen-Verfahren)

Eine erste Anlage nach diesem Prinzip wurde auf Initiative des Niedersächsischen Staatsarchivs in Bückeburg von der TU Stuttgart in Zusammenarbeit mit der Bückeburger Firma Neschen AG ab 1987 entwickelt. Eine erste praxistaugliche Anlage, bei der die Papiere einzeln von Hand eingeführt werden müssen, konnte erst in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre in Betrieb genommen werden.

Eine zweite Anlage wurde 1999 für das Bundesarchiv in Berlin Hoppegarten in Auftrag gegeben und 2001 eingeweiht. Hier funktioniert auch das Einführen des Papiers automatisch.

Neschen hat mittlerweile auch kleine mobile Anlage (C 900) nach dem Hoppegarten-Prinzip entwickelt, die für kleinere Institute gedacht ist. Sie kann sowohl gekauft als auch gemietet werden.

Einer Vorbehandlung mit einer Fixierlösung, die sowohl saure als auch basische Farbstoffe durch Verlackung wasserunlöslich macht, folgt ein Bad in der wässrigen Magnesiumkarbonat- und/oder Kalzi-

<sup>26</sup> Genauere Angaben zum Verfahren (inkl. einer audiovisuellen Dokumentation) finden sich auf der Firmen-Webseite: <http://www.sobu.de> [30.8.2006] sowie bei LEISCH 2003.

<sup>27</sup> BANSÄ 2002, Abschn. 28.

<sup>28</sup> Schon fast anekdotenhaft mutet die Städtepartnerschaft zwischen Bückeburg und Sablé-sur-Sarthe an, zwei Orten, die durch ihre unterschiedlichen und trotzdem durchaus miteinander in Konkurrenz stehenden Massensäuerungsverfahren in der internationalen Fachwelt bekannt sind.

umbikarbonatlösung. Zuletzt werden die Blätter mit Methylzellulose getränkt, wodurch sie gefestigt werden.

Die Vorteile sind gemäss dem Anbieter eine gute Auswaschung von Schadstoffen aus dem Papier, die Restabilisierung des Papiers durch „Nachleimung“ mit Methylzellulose, ein Höchstmaß an Homogenität und Wirkung von Entsäuerung und Stabilisierung sowie umweltverträgliche Materialien. Der grösste Nachteil ist, dass das Verfahren praktisch nur für lose Blätter anwendbar ist.<sup>29</sup>

### **Wiener Verfahren**

Anders als beim Bückeburger Verfahren werden in Wien nicht vorwiegend Einzelblätter, sondern (da es ebenfalls ein wässriges Verfahren ist) vom Einband befreite Buchblöcke behandelt. Auch das Wiener Verfahren kann nicht wirklich zu den Massenentsäuerungsmethoden gerechnet werden, da die Kapazität mit rund 3000 (max. 4 cm dicken) Buchblöcken pro Jahr recht bescheiden ist.

Erste Planungen der österreichischen Nationalbibliothek begannen bereits 1980, ab 1985 konnte mit der Entsäuerung begonnen werden.

In einer Vakuum-Kammer wird das Behandlungsgut während 2 Stunden mit einer wässrigen Lösung aus Magnesium- oder Kalziumhydroxid und der festigenden Methylzellulose getränkt. Nach Abpumpen der Behandlungslösung und dem Abtropfenlassen des Behandlungsguts wird dieses schockgefroren und gefriergetrocknet und anschliessend im normalen Raumklima eine Woche gelagert, damit die Eiskristalle verdampfen können. Danach müssen die Blöcke wieder (wenn möglich) in die alten Einbände eingebunden werden. In Zusammenarbeit mit der u.a. im Klebstoff-Sektor weltweit renommierten Firma Henkel vorgesehene (oder in der Zwischenzeit vielleicht bereits realisierte) Verbesserungen sehen den Einsatz eines Netzmittels zur erhöhten Penetration des Papiers mit der Lösung sowie den Ersatz der Methylzellulose durch ein wirksameres Zellulosederivat vor. Mittlerweile wurde das Kalziumhydroxid durch ein Borat (Bansa vermutet Natriumborat, was er – unbegründet - als keine gute Wahl bezeichnet) ersetzt. Es ist beabsichtigt, die Anlage zukünftig auch anderen Institutionen zugänglich zu machen.

Wie beim Bückeburger Verfahren werden keine umweltschädigenden und teuren Lösungsmittel verwendet, es ist ressourcenschonend und energiesparend, diverse „Schadstoffe“ werden zusätzlich aus dem Papier ausgeschwemmt, eine Art Nachleimung (Methylzellulose) erhöht die Stabilität des Papiers, Eine vermutete Schimmelprävention durch die Zellulose muss noch untersucht werden.

Die vorgängige Aus- und nachträgliche Wiedereinbindung des Buchblocks jedes einzelnen Exemplars sowie die u.a. dadurch bedingte geringe Kapazität sind Nachteile, die sich auch im Preis niederschlagen.<sup>30</sup>

<sup>29</sup> BENDER 2005; BANSÄ 2002, Abschn. 28-29; HOFMANN 2000. – Hofmann erwähnt die Absicht der Firma Neschen, in absehbarer Zeit eine Anlage zu entwickeln, die auch für gebundene Materialien geeignet sein soll.

<sup>30</sup> <http://www.henkel.at/oenb/verbessert.htm> [1.9.2006]; BANSÄ 2002, Abschn. 30; RUHM 1987, 89-105. - Ob das Verfahren heute noch angewandt wird, konnte ich nicht in Erfahrung bringen. BLÜHER/VOGELSSÄNGER 2001 führt es noch als bestehende Methode auf, BLÜHER/GROSSENBÄCHER 2004 hingegen nicht mehr.

### ***3.4. Noch nicht angewandte Verfahren***

#### **Nanotechnische Verfahren**

Dass die Nanotechnologie als eine der heutigen Leitwissenschaften ihre Wirkungsfelder auch in die Gebiete von Konservierung und Restaurierung auszudehnen sucht, ist nicht erstaunlich. So schlagen beispielsweise Baglioni und Giorgi in einer kürzlich erschienen Arbeit vor, Magnesium- und Kalziumhydroxid in Nanopartikel-Grösse in Alkohol zu lösen und damit alte übersäuerte Papiere zu behandeln.<sup>31</sup> Vom Prinzip her würde sich das Bookkeeper-Verfahren für eine Entwicklung in diese Richtung wohl am besten eignen, arbeitet es doch bereits mit Mikropartikeln dieser Substanzen im Lösungsmittel.

#### **DAE**

In Japan wird seit 1998 in Zusammenarbeit einer privaten Firma mit nationalen Forschungseinrichtungen und der National Diet Library (NDL) ein Verfahren getestet, das gemäss der verwendeten Hauptsubstanz DEA (für: Dry Ammonia-Ethyleneoxide) genannt wird. Es handelt sich dabei um eine Methode, die das zu entsäuernde Gut in einer Vakuumkammer mit trockenem Ammoniak- und Äthylenoxid begast. Die Auswertungen der ersten Versuchsentsäuerungen haben eine noch nicht befriedigende Langzeitwirkung der Neutralisierung, eine unerwünschte Verfärbung des Papiers und einen unangenehmen Geruch ergeben. Mit Veränderungen an der Zusammensetzung der Agentien hofft man den Problemen beizukommen. Gleichzeitig wurde 2005 beschlossen, die Evaluation bereits bestehender Massenentsäuerungsverfahren im Hinblick auf einen möglichen Einsatz in der NDL zu intensivieren.<sup>32</sup>

### ***3.5. Nicht mehr angewandte Verfahren***

#### **Wei T'o- (MMC-) Verfahren**

Das Wei T'o-Verfahren war das erste erfolgreiche Massenentsäuerungsverfahren, das aus der Probe-phase herauswachsen konnte und bis 2003 in Kanada routinemässig eingesetzt wurde. Es war auch das erste nichtwässrige Lösemittel-Tränkverfahren. Die meisten heute noch existierenden nichtwässrigen Lösemittel-Tränkverfahren leiten sich direkt oder indirekt davon ab.

Entwickelt wurde es in den 1960er Jahren in der British Library (damals noch zum British Museum gehörig) und in den USA (Patent 1972). Die kanadische Nationalbibliothek in Ottawa begann ab 1974 mit der Verbesserung des Wei T'o-Verfahrens. 1981 nahm die Nationalbibliothek in Ottawa die erste Massenentsäuerungsanlage der Welt in Betrieb, die von der Firma Wei T'o Inc. betrieben wurde. Probleme mit unerwünschten Nebenwirkungen an den Objekten und Umweltauflagen machten mehrere Modifikationen an der Zusammensetzung von Lösungsmittel und Agens erforderlich. 2003

---

<sup>31</sup> BAGLIONI/GIORGI 2006, 299-300.

<sup>32</sup> SOBUCKI et al. 2004; NDL Newsletter 2002; REPORT 2005.

schliesslich wurde das Verfahren (aus mir unbekanntem Gründen) auch in Ottawa eingestellt und auf das Bookkeeper-Verfahren gewechselt.

Die Anlage in Ottawa bewältigte im langjährigen Durchschnitt gut 70'000 Bände pro Jahr, insgesamt also an die 1,5 Mio. Exemplare.<sup>33</sup>

### **DEZ-Verfahren**

In den 1970er Jahren wurde in den USA eine Methode entwickelt, um die problematischen flüssigen Trägermaterialien durch gasförmige Lösungen zu ersetzen. 1977 wurde dieses sog. DEZ-Verfahren patentiert. DEZ steht dabei für Diethylzink, eine flüssige metallorganische Verbindung, die leicht in den gasförmigen Zustand übergeht. Mit Sauerstoff, Wasser, vielen Säuren und zahlreichen anderen Substanzen reagiert es schlagartig und produziert dabei grosse Wärmemengen. Das frei werdende Ethan neigt zu spontaner Entzündung. Diese Eigenschaften waren für die Raumfahrt und das amerikanische Militär von Bedeutung. Logischerweise waren es nicht diese für die Erhaltung von Papier absolut ungeeigneten Eigenschaften von Diethylzink, die den Einsatz zur Massenentsäuerung nahe legten. Vielmehr war es der Umstand, dass nach der Reaktion mit Wasser (das ja in gewissen Mengen immer im Papier enthalten ist) Zinkoxid – und bei Vorhandensein von Schwefelsäure auch Zinksulfat – zurückbleibt. Beide Substanzen haben die günstige Eigenschaft, Säure zu binden und dadurch das Papier zu stabilisieren. Das Problem der Explosivität (1985 und 1986 kam es in der ersten Versuchsanlage zu schweren Explosionen) und der damit verbundenen Sicherheitskosten brachten auch der zweiten Versuchsanlage das Aus. 1994 wurde das Projekt aufgegeben.<sup>34</sup>

### **FMC-Verfahren**

Diese nicht mehr angewandte Entsäuerungsmethode wurde bereits oben (S. 10) beim CSC Book Saver-Verfahren beschrieben.

### **Separex**

Die Bibliothèque Nationale machte von 1994-1998 Versuche mit superkritischem Kohlendioxid als Vektorflüssigkeit, die die üblichen Entsäuerungsagentien in das Papier bringen sollten. Die Versuche erbrachten keine befriedigenden Ergebnisse. Bei anderen Verfahren bekannte Nebeneffekte traten hier akzentuiert auf: Verformungen des gesamten Buchblocks und besonders der Buchdeckel, Irisierung der Illustrationen, Ausbluten von Tinten und Druckfarben, erhebliche Ablagerungen von ausgefallenen Salzen. Zudem war die Einlagerung alkalischer Reserven (Puffer) sehr gering, weshalb das Projekt nicht weitergeführt wurde.<sup>35</sup>

---

<sup>33</sup> Eine kurze Zusammenfassung der Geschichte und der im Laufe der Zeit durchgeführten technischen Modifikationen der Anlage in Ottawa liefert deren Leiter: COUTURE 1999; vgl. daneben: PORCK 1996 und BLÜHER/VOGELSANGER 2001.

<sup>34</sup> BAKER 2005 (152-180) liefert detaillierte (aber wohl mitunter einseitig aus einer polemischen Optik geprägte) Hintergründe über die Entwicklung des DEZ-Verfahrens in seinen technischen, politisch-strategischen und wissenschaftlich-militärischen Kontexten. Insbesondere weist er immer wieder auf die Verflechtungen der Entwickler des Verfahrens mit der Raumfahrtbehörde NASA und dem militärisch-industriellen Komplex hin. Eine kurze Beschreibung des DEZ-Verfahrens findet sich auch bei ROTH 2006, 58f., SANDERMANN 1997, 244f. und SMITH 1987.

<sup>35</sup> BUISSON 2005a, 4-5.

## Datukom-Verfahren

Wie SoBu (s. oben S. 13) wurde die Entsäuerungsfirma Datukom von ehemaligen Libertec-Mitarbeitern gegründet. Auch sie hat den Anspruch, das Libertec-Verfahren in ihrer Anlage in ähnlicher Weise wie die SoBu verbessert zu haben. Bansa zweifelt allerdings, ob die Firma noch existiert. Verhandlungen über eine allfällige Übernahme von deren Anlage durch das ZfB in Leipzig sind jedenfalls gescheitert.<sup>36</sup> In einschlägigen Branchenverzeichnissen im Internet taucht die Firma momentan noch auf. Firmensitz ist Nürnberg, allerdings mit unterschiedlichen Adressen – eine der vielen Datenleichen im WWW?

## 4. Fazit

Massenentsäuerungsverfahren erfüllen idealerweise folgende Bedingungen:<sup>37</sup>

- Vollständige Neutralisierung der Säuren im Papier.
- Anhebung des pH-Wertes auf einen Wert über 7.
- Einbau einer alkalischen Reserve.
- Gleichmässige Entsäuerung und Verteilung der alkalischen Reserve in allen drei Dimensionen von Blatt und Buch.
- Das behandelte Material soll eine grosse Langzeitbeständigkeit aufweisen.
- Schädliche Nebenwirkungen auf Einband, Bindung, Papier und Schreibstoff sollten weder während des Verfahrens noch in seinem unmittelbaren und langfristigen Nachgang auftreten.
- Keine allzu grossen und vor allem keine störenden haptischen und optischen Veränderungen des Materials.
- Schädliche Auswirkungen auf die Umwelt, die Mitarbeitenden in den Anlagen und die Benutzerinnen und Benutzer in den Archiven und Bibliotheken dürfen nicht vorkommen.
- Positive Nebeneffekte wie Erhöhung der Festigkeit oder fungizide Wirkung sind erwünscht.<sup>38</sup>
- Grosse Mengen von Material können innerhalb relativ kurzer Zeit behandelt werden.
- Die möglichst flächendeckende Entsäuerung von grossen und umfangreichen Beständen ist nur möglich, wenn sich die Kosten dafür in einem Rahmen bewegen, der für viele potenzielle Kunden akzeptabel ist.

Wichtig sind bei allen Methoden (möglichst zerstörungsfreie) Prüfverfahren, die das Behandlungsgut vor und nach der Behandlung auf Säuregehalt und -verteilung, Festigkeit und ähnliche Parameter hin untersuchen und die Wirksamkeit des Prozesses abzuschätzen erlauben. Wünschenswert sind auch Langzeitanalysen, die behandelte Objekte nach vordefinierten Zeitabständen auf ihren (chemisch-mechanischen) Zustand hin überprüfen. Alterungstests reichen hier nicht aus, da sie methodisch und in ihren Aussagen nur beschränkt für Langzeitprognosen taugen. Insgesamt soll mit solchen Tests die Wirksamkeit der Verfahren bezüglich der erwähnten Idealbedingungen abgeklärt werden. In der Literatur sind zahlreiche solche Prüfverfahren und damit durchgeführte Untersuchungen beschrieben, die teils regel- und standardmässig von den Betreibern der genannten Anlagen durchgeführt, teils auch

---

<sup>36</sup> BANSÄ 2002, Abschn. 27.

<sup>37</sup> Vgl. z.B. BLÜHER 2006.

<sup>38</sup> ANDRES et al. 2004; GERLACH 2005.

von unabhängigen Institutionen in Auftrag gegeben werden. Leider fehlt bis heute ein standardisiertes Prüfverfahren.<sup>39</sup>

Allgemein geht man von einer erfolgreichen Behandlung aus, wenn bei 98% des Behandlungsguts der pH-Wert im Papier auf 8 und mehr angehoben ist und 1-2% alkalische Reserve vorhanden ist. Solches Material soll eine 4-5-fache Lebensdauer gegenüber nicht behandeltem Material gewährleisten. Meist werden auch Schaden-Grenzwerte definiert, die nicht überschritten werden dürfen. Leicht, mittel und schwer beschädigte Objekte sollen insgesamt nicht mehr als 2% des Materials ausmachen.

Obwohl die Untersuchungen in gewissen Fällen Unterschiede oder gar widersprüchliche Befunde einzelner Methoden produzieren, ist doch eine weitgehende Übereinstimmung in der grundsätzlichen Bewertung festzustellen.

Keines der vorgestellten Verfahren erfüllt alle Idealbedingungen. Die einen kommen mit grossen Mengen von Material nicht wirklich zurecht, die anderen sind ökologisch bedenklich, wieder andere sind sehr aufwendig und teuer und gewisse genügen auch den minimalen Entsäuerungsvorgaben kaum. Grundsätzlich kommen bei allen Verfahren mehr oder weniger häufig mechanische Schäden am Material vor, besonders Wellung des Papiers, Schädigung der Bindung, Verformung der Buchdeckel, Verkleben von Seiten. Allerdings ist bei den gängigen Verfahren in der Praxis nur ein kleiner Bruchteil der behandelten Objekte davon betroffen. Hauptmängel bei den Lösemitteltränkverfahren sind das gelegentliche Ausbluten von Schreib- Druck- und Stempelfarben und bei den Feinststaubverfahren die weissen Pulverrückstände (meist Magnesiumoxid) auf den Buchdeckeln und auf den einzelnen Seiten.<sup>40</sup> Indes hängen sowohl die unerwünschten Nebenwirkungen wie auch die Effizienz der Entsäuerung nicht allein von den prinzipiellen Verfahren und den eingesetzten Substanzen ab, sondern ebenso von der konkreten technischen Umsetzung. Dasselbe Verfahren kann also bei verschiedenen Betreibern durchaus unterschiedliche Resultate hervorbringen.<sup>41</sup>

Deshalb muss bei der Evaluation nicht nur auf die einzelnen Verfahren, sondern auch auf die einzelnen Anbieter und Anlagen fokussiert werden. Zudem darf die Evaluation nicht nur auf die Verfahren, Betreiber und Anlagen beschränkt bleiben, sondern muss sich vorgängig auch auf das zu behandelnde Material (welche Bestände haben eine Entsäuerung nötig, eignen sich dafür und sind den Aufwand wert?) und seine Behandlung nach der Entsäuerung (Lagerung, Benutzung) erstrecken. Auch müssen die ganzen logistischen Abläufe und Kosten bedacht werden.

Der grundsätzliche Entscheid für oder gegen eine Massenentsäuerung hängt nicht zuletzt damit zusammen, ob man einerseits an den prognostizierten allgemeinen rasanten Papierzerfall und andererseits an die nachhaltige Wirksamkeit der Entsäuerung glaubt oder nicht. Da alle Alterungssimulationen nur hypothetische Annäherungen an die Realität von zeitlichen Veränderungen des Materials sind, kann niemand diese beiden Parameter mit Sicherheit bestimmen. Deshalb entbehren auch Polemiken,

<sup>39</sup> Vgl. z.B. PORCK 1996; BANIK 2003; ANDRES et al. 2004; MEESE 2005; BANIK et al. 2005; BLÜHER 2006.

<sup>40</sup> BANIK et al. 2005, 159-161.

wie diejenigen von Nicholson Baker (s. Einleitung) nicht einer gewissen Berechtigung. Nicht zuletzt stellt sich auch ein "ethisches Problem", wie Andrea Giovannini feststellt: "Mit der Entsäuerung kommen chemische Komponenten in das Buch oder Dokument, die im Prinzip nicht Teil des Originals waren. Dieser Vorgang ist so gut wie nicht reversibel."<sup>42</sup>

Alternativen und in einem gewissen Sinne eine Konkurrenz sind die bereits erwähnten Konversionsverfahren. BenutzerInnen arbeiten in der Regel nur noch mit der Kopie, das Original wird geschont. Da sowohl Massenentsäuerung als auch Konversionsverfahren relativ teuer sind, wird wohl in der Regel abgewogen, ob das zu behandelnde Gut für die eine oder andere Methode bestimmt wird. Kaum je wird beides zusammen in Betracht gezogen. Massenentsäuerung wird also tendenziell bewirken, dass die behandelten Objekte weiterhin für die Benutzung freigegeben und dadurch belastet werden; Konversion entzieht zwar die Originale dem Benutzungsstress (wenn sie nicht, wie Baker in gewissen Fällen zeigen konnte, danach vernichtet werden<sup>43</sup>), verkleinert aber die Chancen, dass sie eine zusätzliche konservatorische Behandlung wie beispielsweise eine Massenentsäuerung erfahren.<sup>44</sup> Die Firma Neschen versucht dem entgegenzuwirken, indem sie seit 2005 für Einzelblattbestände, die im Bückeburger Verfahren (auf einer nachgerüsteten C 900-Maschine) entsäuert werden, eine gleichzeitige Mikroverfilmung zu "besonders kostengünstigen" Konditionen anbietet.<sup>45</sup> Inwieweit eine optimale Lagerung säurebelasteter Bestände nach präventiv-konservatorischen Grundsätzen eine Alternative zur Massenentsäuerung ist, bleibt Ermessensfrage.

Wir stehen hier vor einem klassischen Problem der Technikfolgenabschätzung: Ist die Situation so gravierend, dass Handlungsbedarf besteht? Wenn ja, ist das gewählte Vorgehen besser als das Nichtstun? Wollen wir das Risiko eingehen, zu handeln, ohne zuverlässig abschätzen zu können, ob wir die Situation damit verbessern oder verschlimmern?

Es kann deshalb in der Frage der Massenentsäuerung keine eindeutigen wissenschaftlichen Empfehlungen geben, vieles bleibt der individuellen Einschätzung und der Intuition der EntscheidungsträgerInnen anheim gestellt. Die in Fachkreisen sich tendenziell durchsetzende Ansicht läuft jedoch klar darauf hinaus, Massenentsäuerung als ein probates Mittel zur Bestandserhaltung zu betrachten, dessen Risiken und Nebenwirkungen durch gründliche Evaluation, durchdachte Planung, sorgfältige Durchführung, standardisierte Kontroll- und Prüfverfahren sowie stete technische Weiterentwicklung minimiert werden können.<sup>46</sup>

---

<sup>41</sup> BANIK et al. 2005; BLÜHER 2006.

<sup>42</sup> GIOVANNINI 2004, 535. Ähnliche Vorbehalte gegen den Einsatz chemischer Substanzen bei der Konservierung zitiert auch HABERDITZL 2003.

<sup>43</sup> BAKER 2005.

<sup>44</sup> Vgl. dazu zum Beispiel PILLETTE 2004, 31-32.

<sup>45</sup> [www.b-i-t-online.de/heft/2006-02/prod01.htm](http://www.b-i-t-online.de/heft/2006-02/prod01.htm) [4.8.2006].

<sup>46</sup> Als Beispiel seien die diesbezüglichen Empfehlungen der deutschen Archivreferentenkonferenz (Empfehlungen der ARK zur Massenkonservierung von Archivgut. In: *Der Archivar*, 55 (2002), H. 3, 218-222) und der deutschen Bundeskonferenz der Kommunalarchive beim Deutschen Städtetag (Erhaltung der von Papierzerfall bedrohten Archivbestände. Beschluss vom 25.9.1995. Teilabdruck in: *Mitteilungen des DST*, 277 (1997), 167).

## 5. Anhang: Überblick über die heute gängigen Verfahren

Procédés	Méthodes de traitement	Produits	Société d'exploitation	Lieu du traitement	Principaux utilisateurs	Remarques
Bückerburger Konservierungsverfahren für modernes Archivgut	Immersion dans l'eau  Fixation des encres et des colorants solubles dans l'eau  Renforcement du papier  Traitement en une étape	Fixatifs : suspension de Rewin EL® (cationique) et de Mesitol NBS® (anionique)	Hans Neschen AG, Archivcenter, PO box 1340, D-31675 Bückeburg, Allemagne	Lindenallee 53-57, D-15655 Dahlwitz-Hoppegarten	Archives nationales d'Allemagne  Archives d'État Leipzig/Dresde	Mise en service : 2001 Capacité annuelle : 12 000 feuilles 1 installation CoMa3, 1 installation C900
		Agent actif : bicarbonate de magnésium  Agent de ré-encollage : méthylhydroxyethyl-cellulose		Archivcenter Südwest, Solitudeallee 101, D-70806 Kornwestheim	Différentes archives de Bade-Wurtemberg	Mise en service : 2003 Capacité annuelle : 36 000 feuilles 3 installations C900
				Abtei Brauweiler, Ehrenfriedstrasse 19, D-50250 Pulheim-Brauweiler	Différentes archives de Westphalie, Basse-Saxe, Saxe	Mise en service : 2004 Capacité annuelle : 6-7 000 feuilles 1 installation CoMa4
De plus, deux petites installations sont opérationnelles dans des archives et bibliothèques, qui fonctionnent sous leur propre responsabilité (Cracovie, Moscou, Varsovie)						
Variante de Sablé	Phase d'imprégnation sous vide avec liquide non aqueux  Profond préséchage	Agent actif : carbonate de méthoxyméthyl magnésium  Solvant : hydrochloro-fluorocarbones, méthanol		Sablé-sur-Sarthe, France	Bibliothèque nationale de France, Paris	Mise en service : 1987
Papersave®	Phase d'imprégnation sous vide avec liquide non aqueux  Profond préséchage	Agent actif : alcoolate de magnésium et de titane	ZFB Zentrum für Bucherhaltung GmbH, Mommsenstrasse 7, D-04329 Leipzig, Allemagne	Deutsche Bücherei, Leipzig	Deutsche Bücherei, Leipzig, différentes bibliothèques et archives	Mise en service : 1994 Capacité annuelle : 60 tonnes
		Solvant : hexaméthyl disiloxane		Kölner Str. 6, D-65760 Eschborn	Différentes bibliothèques et archives	Mise en service : 1996 Capacité annuelle : 60 tonnes
Papersave Swiss			Nitrochemie Wimmis AG, Niesenstrasse, CH-3752 Wimmis, Suisse	Nitrochemie, Wimmis	Bibliothèque et Archives nationales suisses ; différentes bibliothèques et archives	Mise en service : 2000 Capacité annuelle : 120 tonnes
CSC Book Saver®	Phase d'imprégnation sous pression avec liquide non aqueux  Léger préséchage	Agent actif : carbonate di-n-propylate de magnésium  Solvant : HFC 227 (1,1,1,2,3,3,3-heptafluoropropane)	Conservación de Sustratos Celulósicos, S.L (CSC), Institut Politécnico del Campus de Terrassa (UPC) - TR21, Ctra. Nacional 150, km 14,5, E-08220 Terrassa (Barcelona), Espagne	Archivo Foral - Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao, Espagne	Différentes bibliothèques et archives d'Espagne, d'Italie et de Belgique	Mise en service : 2000 Capacité annuelle : 30 tonnes 1 installation P3
			Preservation Academy, Kreuzstrasse 12, D-04103 Leipzig, Allemagne	Preservation Academy, Leipzig ITS (International Tracing Service), Bad Arolsen	Différentes bibliothèques et archives	Mise en service : 2003 Capacité annuelle : 60-80 tonnes 2 installations M400
Bookkeeper®	Phase d'imprégnation avec liquide non aqueux  Sans préséchage	Agent actif : oxyde de magnésium, poudre microparticules  Liquide de suspension : fluoro-heptane avec agents mouillants	Preservation Technologies, LP, 111 Thomson Park Drive, Cranberry Township, PA 16066, États-Unis	P.T., Cranberry Township	Library of Congress, Washington, D.C., approx. 50 bibliothèques et archives d'Amérique du Nord	Mise en service : 1993 Capacité annuelle : 460 tonnes (575 000 livres). Correspond à plus de 1/3 des documents
				Middenweg 576B, 1704BR, Heerhugowaard, Pays-Bas	Archives fédérales néerlandaises, Bibliothèque royale néerlandaise, différentes bibliothèques et archives européennes	Mise en service : 1998 Capacité annuelle : 64 tonnes (80 000 livres). Correspond à 100 % des documents
				Library of Congress, Madison Building, Washington DC	Library of Congress Manuscripts Division	Mise en service : 2002 Capacité annuelle : 7 tonnes (1 500 documents)
				Gatineau, Québec, Canada	Bibliothèque et Archives du Canada (Ottawa), Bibliothèque nationale du Québec (Montréal)	Mise en service : 2004 Capacité annuelle : 200 tonnes (250 000 livres). Correspond à plus de 1/3 des documents
Libertec	Procédé à sec  Minimum de préséchage	Agent actif : 50 % d'oxyde de magnésium, 50 % de carbonate de calcium, poudre microparticules  Véhicule : courant d'air sec	Libertec Bibliothekendienst GmbH, Kilianstr. 86, D-90425 Nürnberg, Allemagne	Libertec, Nürnberg	Différentes bibliothèques et archives	Capacité annuelle : 250 000 livres
SOBU	Procédé à sec  Sans préséchage	Agent actif : 90 % d'oxyde de magnésium, 10 % de carbonate de calcium en poudre microparticules ; eau distillée sous forme d'aérosol  Véhicule : courant d'air, différentes buses pour la poudre / l'aérosol	SOBU Sondermaschinenbau & Buchentsäuerung, Benno Strauß Strasse 5, 90763 Fürth, Allemagne	SOBU, Fürth	Différentes bibliothèques et archives, clients privés	Mise en service : 2001 Capacité annuelle : 12 tonnes, aménageable à 120 tonnes

## 6. Bibliographie

- BAGLIONI/GIORGI 2006: Baglioni, Piero/Giorgi, Rodorico: Soft and Hard Nanomaterials for Restoration and Conservation of Cultural Heritage. In: *Soft Matter*, 2 (2006), 293-303, hier 299-300 (online: [www.rsc.org/delivery/\\_ArticleLinking/DisplayArticleForFree.cfm?doi=b516442g&JournalCode=SM](http://www.rsc.org/delivery/_ArticleLinking/DisplayArticleForFree.cfm?doi=b516442g&JournalCode=SM) [letzte Konsultation: 25.8.2006]).
- BAKER 2005: Baker, Nicholson: *Double Fold. Libraries and the Assault on Paper*. New York, 2001; deutsch: *Der Eckenknick oder Wie die Bibliotheken sich an den Büchern verständigen*. Reinbek 2005.
- BANIK 2003: Banik, Gerhard: Technische Verfahren zur Papierentsäuerung: Stand der Entwicklung, Qualitätssicherung. Vortrag am Expertengespräch "Massenentsäuerung", Immenstadt, 5.5.2003. Online-Publikation, 2003 ([www.klug-conservation.com/medien/pdf/aktuell/20030505\\_klug\\_expertentagung.pdf#search=%22banik%20%22Technische%20Verfahren%20zur%20Papierents%C3%A4uerung%22%22](http://www.klug-conservation.com/medien/pdf/aktuell/20030505_klug_expertentagung.pdf#search=%22banik%20%22Technische%20Verfahren%20zur%20Papierents%C3%A4uerung%22%22) [22.8.2006]).
- BANIK 2005: Banik, Gerhard et al.: Quality Control of Mass Deacidification of Library and Archival Holdings. In: ICOM 14th Triennial Meeting, The Hague: 12-16 September, 2005. Preprints. O.O. 2005, 157-165.
- BANSA 1999: Bansa, Helmut: Massenneutralisierung von Bibliotheks- und Archivgut. In: *Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliographie*. 46, 2 (1999), 127-146.
- BANSA 2002: Bansa, Helmut: Massenbehandlung: die Entwicklung weltweit. Vortrag an der internat. Tagung "Erhaltung der kollektiven Erinnerung: Strategien und Lösungen", Toblach 26.6.2002. Online-Publikation, 2002 ([www.uni-muenster.de/Forum-Bestandserhaltung/kons-restaurierung/neutral-bansa2.html](http://www.uni-muenster.de/Forum-Bestandserhaltung/kons-restaurierung/neutral-bansa2.html) [21.8.2006]).
- BENDER 2005: Bender, Wolfgang: Die Massenentsäuerung – eine Kernaufgabe der Bestandserhaltung in Archiven. In: *Archiv und Wirtschaft*, 38. Jg. (2005) Heft 3, 112-120.
- BLÜHER 2006: Blüher, Agnes: Massenentsäuerung - ein Mittel zur Originalerhaltung im Wandel der Zeit. Vortrag am Colloquium zum 10jährigen Bestehen des Instituts für Erhaltung von Archiv- und Bibliotheksgut, Ludwigsburg, 17.-18. November 2005. In: *Werkhefte der Staatlichen Archivverwaltung in Baden-Württemberg* (im Druck) 2006.
- BLÜHER/GROSSENBACHER 2004: Blüher, Agnes/Grossenbacher, Gabriela: La désacidification du papier, une mesure conservatoire: quatre ans d'exploitation à la Bibliothèque suisse. In: *Suport / Tracé*, n° 4 (2004), 8-19.
- BLÜHER/VOGELSANGER 2001: Blüher, Agnes/Vogelsanger, Beat: Mass Deacidification of Paper. In: *Chimia* 55 (2001), 981-989.
- BRÔCON 2006: Brôcan, Jürgen: Kein Buch zerfällt zu Staub. Nicholson Baker kritisiert amerikanische Bibliotheken. In: *NZZ*, 18./19. Februar 2006.
- BRÜCKLE 1993: Brückle, Irene: The Role of Alum in Historical Papermaking. In: *Abbey Newsletter*, 17/4 (1993) (<http://palimpsest.stanford.edu/byorg/abbey/an/an17/an17-4/an17-407.html> [29.9.2006]).
- BUISSON 2005a: Buisson, Nathalie: Programme de recherché de la BnF, 1994-2000: conclusions de l'étude comparative des quatre procédés de désacidification en masse. In: *Actualités de la conservation*, 22-23 (2005), 4-7 (online: [www.bnf.fr/pages/infopro/conservation/pdf/actualites\\_22-23.pdf](http://www.bnf.fr/pages/infopro/conservation/pdf/actualites_22-23.pdf) [22.8.2006]).
- BUISSON 2005b: Buisson, Nathalie: Les principaux procédés de désacidification de masse: situation en 2004. In: *Actualités de la conservation*, no. 22-23 (2005), 8-11 (online: [www.bnf.fr/pages/infopro/conservation/pdf/actualites\\_22-23.pdf](http://www.bnf.fr/pages/infopro/conservation/pdf/actualites_22-23.pdf) [22.8.2006]).
- BUISSON/LEFEBVRE 2005: Buisson, Nathalie/Lefebvre, Alain: La désacidification au centre de Sablé: bilan de 15 ans d'expérience. In: *Actualités de la conservation. Lettre professionnelle de la bibliothèque nationale de France*, No. 22/23 (2005), 1-3 (online: [www.bnf.fr/pages/infopro/conservation/pdf/actualites\\_22-23.pdf](http://www.bnf.fr/pages/infopro/conservation/pdf/actualites_22-23.pdf) [22.8.2006]).
- COUTURE 1999: Couture, Réal: Challenges in Mass Deacidification. In: *National Library News*, July/August 1999, Vol. 31, nos. 7-8 (online: [www.collectionscanada.ca/bulletin/015017-9907-05-e.html](http://www.collectionscanada.ca/bulletin/015017-9907-05-e.html) [28.8.2006]).
- GERLACH 2005: Gerlach, Annette: Schimmelsanierung und Massenentsäuerung. Organisatorische Fragen eines Bestandserhaltungsprojekts. Ein Praxisbericht. In: *Bibliothek Forschung+Praxis*, 29 (2005) 2, 171-177.
- GIOVANNINI 2004: Giovannini, Andrea: De tutela librorum. Die Erhaltung von Büchern und Archivalien. La conservation des livres et des documents d'archives. 3. überarb. und erw. Aufl. Genf, 2004.
- HABERDITZL 2003: Haberditzl, Anna: Chemie und Bestandserhaltung. Vortrag. Online-Publikation, 2003 ([www.landesarchiv-bw.de/sixcms/media.php/25/ife\\_publ\\_haberditzl3.pdf#search=%22%22Chemie%20und%20Bestandserhaltung%22%22](http://www.landesarchiv-bw.de/sixcms/media.php/25/ife_publ_haberditzl3.pdf#search=%22%22Chemie%20und%20Bestandserhaltung%22%22) [22.8.2006]).
- HOFMANN 2000: Hofmann, Rainer: Bundesarchiv und Neschen sind Partner bei der Papierentsäuerung. In: *Der Archivar*, 53/2 (2000) (online: [www.archive.nrw.de/archivar/index.html?www.archive.nrw.de/archivar/2000-02/A13.htm](http://www.archive.nrw.de/archivar/index.html?www.archive.nrw.de/archivar/2000-02/A13.htm) [1.9.2006]).
- KNIGHT 2004/2004: Knight, Barry: A Conservation Research Strategy for the British Library. Online-Publikation, 2004/2006, 9 ([www.bl.uk/about/collectioncare/pdf/consresstratfinal.pdf](http://www.bl.uk/about/collectioncare/pdf/consresstratfinal.pdf) [8.9.2006]).
- KRAUSE 1979: Krause, Thomas: Warum altert Papier? In: *Restaurator* (1979), 13-33.
- LAURSEN 1987: Laursen, M.: Neue Möglichkeiten in der Massenentfaserungstechnik. In: Preprint 6. IADA-Kongress (Berlin, 05.-09.10.1987), 70-79 (online: [http://palimpsest.stanford.edu/iada/ta87\\_070.pdf](http://palimpsest.stanford.edu/iada/ta87_070.pdf) [28.8.2006]).
- LEISCH 2003: Leisch, Norbert: Ein neues Trockenverfahren zur Buchentsäuerung. Online-Publikation, 2003 ([www.forum-bestandserhaltung.de/](http://www.forum-bestandserhaltung.de/) [30.8.2006]).

- MEESE 2005: Meese, Laurent: Deacidifying Books with 'CSC Book Saver'. A Preservation Project of the Royal Belgian Institute of Natural Sciences (RBINS). In: International Preservation News, No. 25, May 2005, 4-11 (online: [www.ifla.org/VI/4/news/ipnn35.pdf#search=%22%22physical%20properties%22%20%22book%20saver%22%201991%22](http://www.ifla.org/VI/4/news/ipnn35.pdf#search=%22%22physical%20properties%22%20%22book%20saver%22%201991%22) [23.8.2006]).
- NDL NEWSLETTER 2002: National Diet Library Newsletter, No. 126, August 2002 (online: [www.ndl.go.jp/en/publication/ndl\\_newsletter/126/country\\_report.pdf](http://www.ndl.go.jp/en/publication/ndl_newsletter/126/country_report.pdf) [1.9.2006]).
- PILLETTE 2004: Pillette, Roberta: Mass Deacidification: a Preservation Option for Libraries. In: IFLA Journal 30 (2004), 1, 31-36.
- PORCK 1996: Porck, Henk J.: Mass deacidification. An update of possibilities and limitations. Amsterdam: European Commission on Preservation and Access, 1996 (online: [www.knaw.nl/ecpa/publ/porck.htm](http://www.knaw.nl/ecpa/publ/porck.htm) [21.8.2006]).
- REPORT 2005: Report on Activities of the IFLA/PAC Regional Centre for Asia January –December 2005 (online: [www.ndl.go.jp/en/iflapac/pdf/Report2005.pdf](http://www.ndl.go.jp/en/iflapac/pdf/Report2005.pdf) [1.9.2006]).
- ROTH 2006: Roth, Klaus: Papierkonservierung: Chemie kontra Papierzerfall. In: Chemie in unserer Zeit, 40 (2006), 54-62.
- RUHM 1987: Ruhm, Walter: Die Massenkonservierung von losen und gebundenen Zeitungsblättern. In: Preprint 6. IADA-Kongress (Berlin, 05.-09.10.1987), 89-105.
- SANDERMANN 1997: Sandermann, Wilhelm: Papier. Eine Kulturgeschichte. 3. erg. und überarb. Aufl. Berlin/Heidelberg, 1997.
- SMITH 1987: Smith, Meryll A.: Massenentsäuerung an der Kongressbibliothek. In: Preprint 6. IADA-Kongress (Berlin, 05.-09.10.1987), 456-466.
- SOBUCKI 2004: Sobucki, W. et al.: DAE - a Japanese Method of Mass Deacidification of Books in Gas Phase. In: "Notes Konserwatorski", nr. 8 (2004), p. 308 (online: [www.bn.org.pl/inne/WPR\\_3/Angielska/notes9.html](http://www.bn.org.pl/inne/WPR_3/Angielska/notes9.html) [1.9.2006]).
- TSAGOURIA 2004: Tsagouria, Marie-Louise: The preservation policy of the Bibliothèque nationale de France: its importance in preserving the cultural heritage of the French libraries. Online-Publikation, 2004 ([www.kb.se/ENG/Tsagouri.htm](http://www.kb.se/ENG/Tsagouri.htm) [1.9.2006]).
- TSCHUDIN 2002: Tschudin, Peter F.: Grundzüge der Papiergeschichte. Stuttgart, 2002.
- WS FORUM BESTANDSERHALTUNG: Webseite Forum Bestandserhaltung, Massenentsäuerung: [www.uni-muenster.de/Forum-Bestandserhaltung/kons-restaurierung/neutral.html](http://www.uni-muenster.de/Forum-Bestandserhaltung/kons-restaurierung/neutral.html) [15.8.2006].
- WS HENKEL: Webseite Firma Henkel: [www.henkel.at/oen/verbessert.htm](http://www.henkel.at/oen/verbessert.htm) [1.9.2006]
- WS SCHEMPP: Webseiten der Firma Schempp: [www.schempp.de/bestandserhaltung/saeuretxt.htm](http://www.schempp.de/bestandserhaltung/saeuretxt.htm) [22.8.2006] und [www.schempp.de/schempp/info027.htm](http://www.schempp.de/schempp/info027.htm) [22.8.2006].
- WS SOBU: Webseite Firma SoBu: [www.sobu.de](http://www.sobu.de) [30.8.2006].