

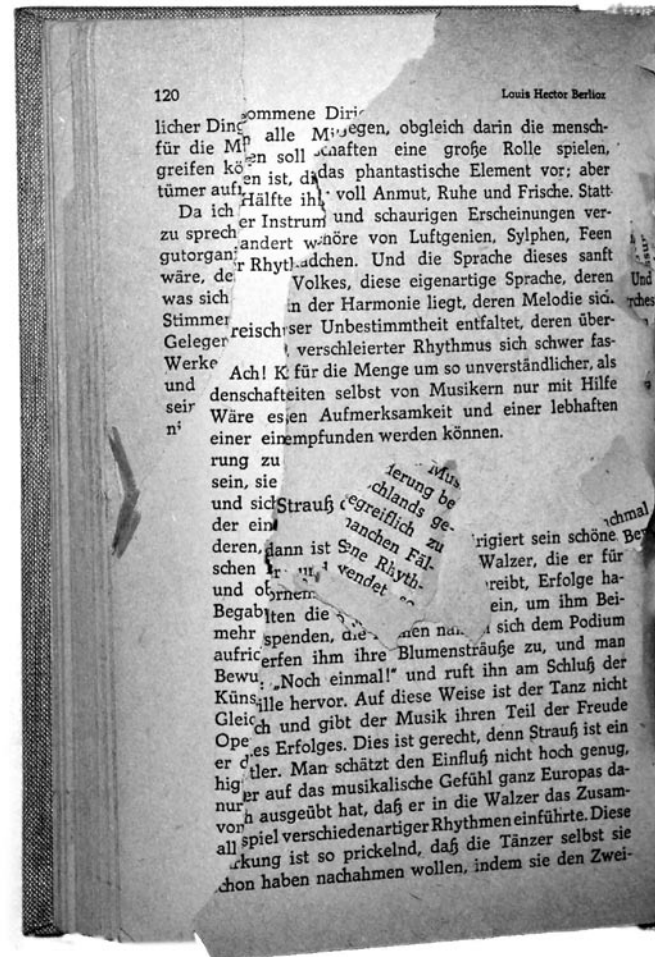
# „It is better to deacidify than to do nothing at all!“

## Massenentsäuerung als Mittel im Kampf gegen den drohenden Bücherzerfall.

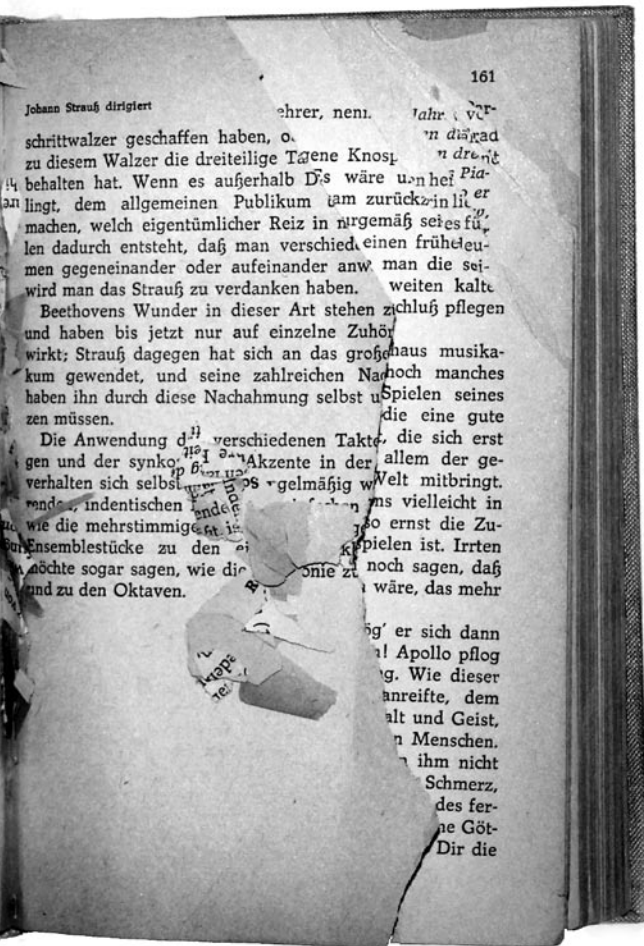
„Kein Buch zerfällt zu Staub!“ Mit diesem dezidierten Titel fasst Jürgen Bröcan in der NZZ das Credo von Nicholson Bakers Kassenschlager Double Fold zusammen. „In Archiven und Bibliotheken tickt eine Zeitbombe, die es zu entschärfen gilt!“ hält Wolfgang

*von Stefan Hächler, Edition Zurlaubiana, Aarau \**

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.“ 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.“ „In anyway it is better to deacidify than to do nothing at all, um den langsam schleichenden Papiertod zu bekämpfen.“ kontert Bender. 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. Lediglich ein paar Stichworte müssen genügen, diesen The-



*Nicht mehr zu retten: Dieses Buch ist bereits nach 40 Jahren aufgrund zu saurer Leimung vollkommen zerstört.*

menkreis zu skizzieren.

Zentral ist hier die zweite Frage. Die verschiedenen technischen Methoden sollen dargestellt werden, 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 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. Für wertvolle oder bedeutsame Einzelobjekte, wie kulturhistorisch wichtige Dokumente und Handschriften oder seltene kostbare Drucke, kommen diese Verfahren nicht in Frage. Sie bedürfen individueller Beurteilung und Behandlung.

### Ursachen der Zerfallsgefährdung von Papier

Papier ist bekanntlich 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. 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 den Umwelteinflüssen. Dabei ist vom 17. Jh. bis in die zweite Hälfte des 20. Jhs. eine Tendenz zu immer säurelastigeren Herstellungsmethoden des Papiers festzustellen.

Eine erste für den Säurehaushalt des Papiers negative Prozessveränderung in der Papierherstellung war das Verkürzen des „Faul“prozesses der Hadern, was den dabei notwendigen Kalkeintrag, der als basisches Element wichtig war, verringerte. Bereits ab Mitte des 17. Jahrhunderts wurde der Leimungsvorgang durch Zusatz von Alaun optimiert. Alaun verbessert zwar die Stabilität des Papierbogens und seine Beschreibfähigkeit, erhöht aber mit der durch chemische Prozesse im Papier frei werdenden Schwefelsäure den Säuregehalt. Eine zusätzliche

*\* Der vorliegende Artikel ist die Zusammenfassung einer im Rahmen des Basler Nachdiplomstudiums „Papierkurator/in“ (Kurs 2005/07) verfassten Arbeit mit dem Titel: „Massenkonservierung von Papier: Die gängigen Methoden im Überblick“. Bern, 2006 (Typoskript), online zugänglich unter <http://www.postgraduate-basel.ch/ndspapier/StefanHaechler.pdf>.*

Säurebelastung bewirkte die ab 1807 eingesetzte Büttenleimung, die noch mehr Alaun und neu auch Harzleim und damit Harzsäuren ins Papier einbrachte. Zudem fehlte nun mit dem Wegfall des Tierleims eine alkalische Puffersubstanz.

Ende des 18. Jahrhunderts wurden neue schnellere und effizientere Papierbleichverfahren entwickelt. Auch hier war der Nebeneffekt, dass das Papier mit zusätzlicher durch Abspaltung entstandene Salzsäure belastet wurde.

Die einschneidendste Veränderung der Papierqualität bezüglich der Säurehaltigkeit war der Ersatz von Hadern und Lumpen durch Holzschliff ab der Mitte des 19. Jahrhunderts. Bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts gelang es nicht, gewisse saure oder säureerzeugende Stoffe, die der Holzschliff neben der Zellulose ebenfalls enthält, zu eliminieren oder mindestens zu neutralisieren.

Moderne Massenentsäuerungsverfahren sollen diese Papiermacher„sünden“ der vergangenen Jahrzehnte und Jahrhunderte so stark 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 aufgezeigt werden.

## 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 Massenentsäuerung 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.

## 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 eingesetzt werden soll 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 nichtwässrigen 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 an (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.

Das erste erfolgreiche Massenentsäuerungsverfahren war das Wei T'o- (oder MMC-) Verfahren, das aus der Probephase 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.

Die Bibliothèque Nationale Paris hat 1984 in ihrer Aussenstelle Sablé-sur-Sarthe mit der Weiterentwicklung des Wei T'o-Verfahrens begonnen. Sie entsäuert ihre Bestände bis heute mit diesem sogenannten Sablé-sur-Sarthe-Verfahren. Ein anderes Verfahren, Separex genannt, das die Bibliothèque Nationale von 1994–1998 mit superkritischem Kohlendioxid als Vektorflüssigkeit etablieren wollte, erbrachte keine befriedigenden Ergebnisse, weshalb es nicht weitergeführt wurde.

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) entwickelte das Battelle-Institut ein ebenfalls auf dem Wei T'o-Verfahren basierendes Verfahren, das unter dem Namen Papersave-Verfahren (Battelle-Verfahren) bekannt wurde. 1991 konnte Battelle die erste Massenentsäuerungsanlage in Frankfurt in Betrieb nehmen. Heute bietet das Zentrum für Bucherhaltung in Leipzig dieses Verfahren an.

Das Schweizerische Bundesarchiv (BAR) und die Schweizerische Landesbibliothek (SLB, heute Schweizerische Nationalbibliothek, NB) starteten 1990 ein Evaluationsprojekt für eine eigene schweizerische Anlage. Das Papersave-Verfahren erwies sich dabei den anderen evaluierten Methoden überlegen. Für den Standort in Wimmis wurde das Verfahren weiter verbessert und Papersave swiss-Verfahren getauft. 1998 konnte die Anlage gebaut und zwei Jahre später eingeweiht werden.

Die amerikanische Firma Lithco (Lithium Corporation, eine Tochter der Firma FMC) begann Ende

der 1980er Jahre mit der Entwicklung eines eigenen Massenentsäuerungsverfahrens (FMC-Verfahren). Lithco versuchte ein Verfahren zu entwickeln, das die schädlichen Nebenprodukte der Lösemittel-Tränkverfahren in positive Effekte für die Bestandserhaltung umwandeln sollte. Die gewählte Lösung befriedigte hingegen nicht, so dass man die gebaute Anlage nach einiger Zeit wieder aufgab. Spanische Forscher fuhrten dort weiter, wo Lithco aufgehört hatte und fanden besser geeignete chemische Substanzen, womit sie den Anspruch des Verfahrens einlösen konnten. Es ist allgemein als CSC Book Saver-Verfahren bekannt (wobei CSC das Kürzel der beteiligten Firma ist). Zwei Anlagen in Spanien funktionieren nach diesem Prinzip, eine 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.

Die problematischen flüssigen Trägermaterialien durch gasförmige Lösungen zu ersetzen war Ziel beim DEZ-Verfahren, welches in den 1970er Jahren in den USA entwickelt wurde. Das bei diesem Verfahren frei werdende Ethan neigt zu spontaner Entzündung. Das Problem der Explosivität (1985 und 1986 kam es in der ersten Versuchsanlage zu schweren Explosionen) und der damit verbundenen Sicherheitskosten brachte das Aus. 1994 wurde das Projekt aufgegeben.

### 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.

Das Bookkeeper-Verfahren basiert auf Forschungen des amerikanischen Ingenieurs Richard Spatz, die erst Jahre später von einer Firma namens Preservation Technologies (PTI, später PTPL) zur Praxisreife geführt wurde und heute in einer Anlage bei Pittsburgh und seit einiger Zeit auch in einer zweiten in Cranberry (Nord-Pennsylvania) kommerziell angewandt wird.

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. 2004 eröffneten die Kanadier eine neue Anlage in Gatineau. In Nürnberg wurde das Bookkeeper-Verfahren in dem Sinne modifiziert, dass man den Einsatz von FKW zu vermeiden suchte (sog. Libertec-Verfahren oder Nürnberg-Verfahren). Die Nürnberger Anlage läuft seit 1998, eine weitere seit 2001 in Fürth.

### **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 Massenentsäuerung 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 Massenentsäuerungsanlage gedacht werden. Sie entspricht zwar der eingangs erwähnten Definition der Massenkonservierung nur teilweise, da sie eben nur für einbandlose Materialien funktioniert. Trotzdem sollen die nach diesem Prinzip funktionierenden Verfahren hier genannt werden, weil damit doch „Massenware“ in grösseren Mengen mehrheitlich automatisch behandelt werden kann. 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.

Eine erste Anlage nach diesem Prinzip wurde auf Initiative des Niedersächsischen Staatsarchivs in Bückeburg ab 1987 entwickelt (Bückeburger Verfahren, auch BCP-Bückeburger Conservation Process- oder Neschen-Verfahren genannt). Eine erste praxistaugliche Anlage 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.

### **Noch nicht angewandte 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 wird beispielsweise versucht, Magnesium- und Kalziumhydroxid in Nanopartikel-Grösse in Alkohol zu lösen und damit alte übersäuerte Papiere zu behandeln. In Japan wird seit 1998 ein Verfahren getestet, das gemäss der verwendeten Hauptsubstanz DAE

(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.

### Fazit

Idealerweise erfüllen Massenentsäuerungsverfahren folgende Bedingungen: Durch die Anhebung des pH-Wertes im Papier auf einen Wert über 7 werden die Säuren im Papier vollständig neutralisiert. Gleichzeitig soll der Einbau einer alkalischen Reserve eine grosse Langzeitbeständigkeit aufweisen. Die Entsäuerung und Verteilung der alkalischen Reserve muss dabei in allen drei Dimensionen von Blatt und Buch gleichmässig sein, ohne dass schädliche Nebenwirkungen auf Einband, Bindung, Papier und Schreibstoff auftreten. Natürlich dürfen keine schädlichen Auswirkungen auf die Umwelt, die Mitarbeitenden in den Anlagen und die Benutzerinnen und Benutzer in den Archiven und Bibliotheken vorkommen. Und, last but not least, müssen grosse Mengen von Material innerhalb relativ kurzer Zeit zu akzeptablen Kosten behandelt werden.

Keines der vorgestellten Verfahren erfüllt in idealer Weise alle Bedingungen. 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 Lösemitteltränk-

verfahren 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.

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, wie diejenigen von Nicholson Baker 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.“

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.