



Internationale Arbeitsgemeinschaft  
der Archiv-, Bibliotheks- und Graphikrestauratoren

2

FRAU MERRILY A. SMITH

STELLVERTRETEND FÜR MERRILY A. SMITH TRÄGT

DR. BANIK DAS REFERAT VOR

MASSENENTSAEUERUNG AN DER KONGRESSBIBLIOTHEK,  
WASHINGTON, D.C., U.S.A.

The Library of Congress  
Washington, D.C. 20540

U.S.A.

## Massenentsaeuerung an der Kongressbibliothek

von

Merrily A. Smith

Stellvertretende leitende Angestellte fuer Referenzdienste und  
Dienstleistungen im Netzverbund des Nationalen Konservierungsprogramms  
Kongressbibliothek, Washington, D.C.

Oktober 1987

### Die Notwendigkeit massiver Konservierungsbemuehungen

Die Kongressbibliothek ist eine Sammlung von Sammlungen, die in mehreren Gebaeuden weit ueber 800 km Regalflaeche einnehmen. An jedem Arbeitstag werden diesen Sammlungen ungefaehr 6000 Gegenstaende hinzugefuegt. Wie in praktisch allen nordamerikanischen Forschungsbibliotheken sind auch viele Buecher in den Sammlungen der Kongressbibliothek auf Papier gedruckt, dessen Zustand sich so verschlechtert hat, dass es entweder anfaellig oder so bruechig geworden ist, dass die Gefahr des vollstaendigen Verlusts der Buecher besteht.

Warum Papier bruechig wird

Die Gruende des Zerfalls sind genau bekannt: Saeurevorkommen im Papier vor allem auf Grund der Anwendung von Harzleim; Vorkommen von instabilen, nicht zellulosen Stoffen im Papier auf Grund der Anwendung ungereinigten (d.h. Holzstoffmasse) Zellstoffbreis und negative aeussere Umweltbelastungen.

### Loesungen fuer das Problem des Papierzerfalls

Aus der Sicht der US-amerikanischen Bibliotheken, einschliesslich der Kongressbibliothek, sind die einzigen zur Zeit zur Verfuegung stehenden Moeglichkeiten das Problem des zerfallenen oder im Zustand des Zerfalls befindlichen Papiers zu loesen die folgenden: strenge Umweltkontrolle des Gesamtmaterials; Umwandlung des Formats bruechigen Papiers (d.h. Aufnahme auf Mikrofilm).

und die Entsauerung von nicht bruechigen Materialien. Eine andere Teilloesung ist die Herstellung alterungsbestaendigen Papiers fuer die Buchproduktion. Die Konservierungsbehandlung als eine Alternative oder Ergaenzung zur Aufnahme auf Mikrofilme wird nur bei seltenem Material als eine Loesung angesehen.

#### Warum die KB der Entsauerung absolute Prioritaet einraeumt

Unter diesen Loesungen nimmt in der Kongressbibliothek die Entsauerung von bruechigem Papier die hoechste Prioritaet ein. Die Ergebnisse einer Untersuchung der Buecher in unseren allgemeinen und juristischen Sammlungen machen deutlich, warum die Bibliothek die sofortige Massenentsauerung ihrer Sammlungen fuer sowohl notwendig als auch wichtig haelt.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass das Durchschnittsalter der 13 Millionen Baende in diesen Sammlungen 25 Jahre betraegt. Durch pH-Messungen wurde festgestellt, dass 97% dieser Buecher sauer sind und fast 50% von ihnen Lignin enthalten. Falzfestigkeitstests, die mit dem MIT-Falztester durchgefuehrt wurden, offenbarten, dass 25% der Buecher (ueber 3 Millionen Baende) bruechig sind und eine Falzfestigkeit von 1 oder weniger aufweisen. Von den restlichen 75% der Buecher weisen 4 Millionen Papier auf, das immer noch stark ist und der Rest besteht aus Papier, dessen Staerke mittelmaessig bis schwach ist. Statistische Analysen dieser Daten legen nahe, dass pro Jahr ungefaehr 77.000 Baende in die Kategorie des bruechigen Papiers ueberwechseln und ungefaehr 270.000 Baende aus der Kategorie starkes Papier in die Kategorie mittelmaessig bis schwach.

Die Kombination von Faktoren -- junge Sammlungen, die aus ueber 12 Millionen sauren Buechern bestehen, deren Haelfte etwas Holzstoffmasse enthaelt und von denen zwei Drittel Papier aufweisen, das noch relativ stark ist -- fuehren zu der unvermeidlichen Schlussfolgerung, dass Entsauerung unbedingt notwendig ist. Durch die Neutralisation der Saeure im Papier dieser Buecher und durch Einlage einer Alkalireserve zum Schutz vor nachfolgenden Saeureangriffen kann das Papier

stabilisiert werden und eine Lebensdauer, die 3 bis 5 mal so lang wie bisher ist erreichen. Da der Nutzen, der aus der Entsauerung gezogen werden kann so gross ist, und die Folge, falls die Entsauerung nicht durchgefuehrt wird die ist, dass die Zahl der bruechigen Gegenstaende in unseren Sammlungen von Jahr zu Jahr dramatisch steigt, plant die Bibliothek die Massenentsauerung aller ihrer Sammlungen, ausser den seltensten, so schnell und effizient wie moeglich durchzufuehren. Unsere Absicht ist, dieses Ziel in 20 Jahren erreicht zu haben.

#### Die Wahl eines Entsauerungsverfahrens fuer die KB

Der Versuch der Bibliothek ein Verfahren zu finden, das eine grosse Anzahl von Gegenstaenden zur gleichen Zeit (d.h. Massenentsauerung) entsauert, erfordert seit mehr als einem Jahrzehnt betraechtliche Forschung und Entwicklung. Ziel dieser Forschung ist ein chemisch sicheres Verfahren zu entwickeln, das dazu benutzt werden kann, die grosse Vielfalt von Foramenten in unseren auf Papier basierenden Sammlungen einschliesslich Buecher, Broschueren, Zeitungen, Manuskripte, Karten, Notenblaetter, periodisch erscheinende Zeitschriften und Zeichnungen zu behandeln; welches ohne Gefahr auf alle Arten von Papier, Tinte, Farben und Einbaende angewendet werden kann, kostenguenstig ist und fuer hunderttausende - sogar Millionen - Gegenstaende pro Jahr verwendet werden kann. In den Fruehstadien der Forschung wurde klar, dass das ideale Verfahren diese Forderungen zu erfuehlen eher ein Gasphasenverfahren als ein Fluessigphasenverfahren sein wuerde.

Daraufhin wurde nach einer effektiven Chemikalie gesucht, die in der Gasphase verwendet werden konnte und die folgende Kriterien erfuehlen wuerde: 1. Sie muss den pH-Wert des Papiers gleichmaessig auf mindestens pH 7, jedoch nicht hoeher als pH 8,59 anheben. 2. Sie muss im Papier das optimale (d.h. genuegende, aber nicht mehr als notwendige) Mass an Alkalireserve ablagern, das noetig ist, um den vollen Nutzen fuer die Verlaengerung der Lebensspanne aus der Behandlung zu ziehen. 3. Sie muss

eine Alkalireserve ablagern, die bestaendig ist (d.h. die nicht mit der Zeit verdunstet). 4. Die Ablagerung der Alkalireserve muss im ganzen Buch gleichmaessig erfolgen. 5. Sie darf kein Problem fuer die Umwelt oder eine toxikologische Gefahr darstellen. 6. Sie darf keinen staendig nachweisbaren Geruch haben. 7. Sie muss die Nebenwirkungen auf das Material minimal halten. 8. Sie muss eine kostenguenstige Behandlung erlauben. 9. Sie muss eine hohe Produktionskapacitaet aufweisen und schliesslich 10. muss die Ausgangschemikalie in grossen Mengen kommerziell zur Verfuegung stehen.

Nach systematischen Untersuchungen bereits existierender Gasphasenverfahren und nach betraechtlicher Forschung im Konservierungslabor der Kongressbibliothek wurde die Entscheidung getroffen, ein Massenentsaecherungsverfahren fuer die Kongressbibliothek zu entwickeln, das Diaethylzink in der Gasphase verwenden wuerde.

Was ist Diaethyl (DAZ)?

Diaethylzink (DAZ) ist eine Metallalkylverbindung. Es wurde 1849 zum ersten Mal beschrieben und wird als Katalysator fuer die Polymerisation vieler herkoemmlicher Kunststoffe, vor allem Polyaethylen und Polypropylen verwendet. Es wird als Fluessigkeit hergestellt, in ein Gas verdampft und bei niedrigem Druck fuer die Entsaecherung verwendet. In seinem fluessigen Zustand ist DAZ pyrophor, das heisst, dass es sich selbst entzuendet wenn Sauerstoff vorhanden ist. Aus diesem Grund ist die Ueberwachung und vorsichtige Handhabung des DAZ in fluessigem Zustand notwendig. Taeglich werden in der chemischen Industrie pyrophore Stoffe routinemaessig benutzt und es gibt gesichert Verfahren, die sicherstellen, dass die Handhabung ohne Gefahr von Statten geht. In der verdampften Phase bei niedrigem Druck ist DAZ jedoch nicht pyrophor und stellt deshalb keine Feuergefahr fuer das Bibliotheksmaterial, mit dem es in Kontakt kommt, dar.

## Was bewirkt DÄZ?

Als Stoff besitzt Diaethylzink Eigenschaften, die seinen Entsauerungsmechanismus von anderen unterscheiden. Das sehr kleine, äusserst reaktionsfähige DÄZ-Molekül bewegt sich ohne Schwierigkeiten zwischen den Seiten eines geschlossenen Buches. Es breitet sich in den Papierfasern aus und kommt in engen Molekularkontakt mit den Zelluloseketten. Dort reagiert es mit allen schwachen und starken Säuren und neutralisiert diese vollständig in einer Reaktion, die das Salz der Säure und Äthangas bildet. In einer ähnlichen davon jedoch getrennten Reaktion reagiert DÄZ mit Wasser im Papier und bildet sehr kleine Partikel einer gleichmässig verteilten Alkalireserververbindung, Zinkoxyd. Ebenso ist Äthangas ein Nebenprodukt dieser Reaktion. Des Weiteren reagiert DÄZ auch mit dem gesamten Alaun im Papier und wandelt es in Aluminiumoxyd um. Diese Veränderung bewirkt, dass kein Alaun, das selbst sauer ist, im Papier verbleibt und später als Säurequelle dienen könnte.

Bei der Verwendung von DÄZ-Gas für die Entsauerung entstehen viele verschiedenartige Vorteile. Vor allem neutralisiert es das Papier (es hebt den pH-Wert auf zwischen 7 und 7,5 an) und es lagert eine Alkalireserve in der optimalen Menge ab (1,5 bis 2,0% ZnO). Dabei verlängert sich die Lebenszeit des Papiers 3 bis 5 mal. Ebenso stabilisiert die Behandlung mit DÄZ das Papier gegen Kupfer- und eisenkatalysierte Oxydation und verhindert Pilzwachstum.

Da das Verfahren auf tausende von Büchern gleichzeitig angewendet werden kann, sind die Kosten für die Behandlung pro Buch niedrig. Die Kosten bei einem Produktionsvolumen von 500.000 Bänden pro Jahr sind, berechnet nach dem Stand des Dollars 1987, pro Band ungefähr 3,10 US\$ und die Kosten bei einem Produktionsvolumen von einer Million pro Jahr ungefähr 2,10 US\$ pro Band. Diese Zahl schliesst die Transportkosten für die Bücher von und zu der Behandlungsanlage (die auf weniger als 0,70 US\$ pro Band geschätzt werden) nicht ein, jedoch sind die Kosten für das Material und den Arbeitsaufwand in der Behandlungsanlage darin enthalten.

Die Entsaueuerung mit DÄZ kann ohne negative Auswirkungen auf die Umwelt durchgefuehrt werden. DÄZ hat viele strikte toxikologische Tests erfolgreich bestanden, um sicherzugehen, dass es weder fuer die Bediener der Anlage noch fuer die Benutzer der Bibliothek eine Gefahr darstellt. Labortests und die Beobachtung behandelter Buecher haben gezeigt, dass es auch fuer den Gebrauch an anderen Buchmaterialien keine Gefahr darstellt und dass es sich auch auf Papier, das Holzstoffmasse enthaelt gut anwenden laesst. Es hat sich gezeigt, dass es sich gut fuer gestrichenes Papier eignet, dass es Papier nicht blockt dass Seiten nicht zusammenhaften und dass es keine Auswirkungen auf die Haftfestigkeit von Etiketten hat, die mit den Klebstoffen der KB angebracht sind. Das Verfahren der Gasphasenbehandlung schliesst aus, dass sich loesliche oder lose Partikel zwischen den Buechern bewegen und transferiert werden; es entzieht dem Papier weder Oele und Leimung noch andere loesbare Stoffe und ebenso laufen Tinte und Farben nicht aus, was bedeutet, dass die Vorauswahl des Materials vor der Behandlung nicht notwendig ist. Des weiteren kann DÄZ weltweit ohne Schwierigkeiten erworben werden.

#### Plaene der KB fuer die Massenentsaueuerung mit DÄZ

Bei dem Verfahren, das von der Kongressbibliothek entwickelt wurde, werden die Buecher auf speziell dafuer konstruierte Wagen geladen und in eine geschlossene Kammer gestellt. Die Luft wird aus der Kammer gepumpt, um ein Vakuum zu erzeugen. Die Wassermenge, die sich normalerweise im Papier befindet, wird durch das Vakuum und geringe Aufheizung reduziert. DÄZ-Gas wird dann staendig unter niedrigem Druck in die Kammer eingefuehrt. Wie beschrieben neutralisiert es die vorhandene Saeure und bildet ebenfalls Zinkoxyd, das dann spaeter entstehende Saeuren neutralisiert. Ueberschuessiges DÄZ wird aus der Kammer entfernt und staendig zurueckgewonnen. Nachdem das DÄZ-Gas aus der Kammer entfernt worden ist, wird Wasserdampf in die Kammer gepumpt, um in den Buechern wieder die Feuchtigkeit herzustellen. Wenn dieser Schritt vollendet ist, werden die Buecher aus der Kammer entfernt und direkt an die Bibliothek zurueckgesandt. Die geplante Gesamtbehandlungszeit einschliesslich des Be- und Entladens der Kammer mit den Buechern wird auf 55 Stunden pro Arbeitszyklus geschaetzt. Diese angenommene Zeit kann moeglicherweise mit der Anwendung neuer Geraete verringert werden.

### Gegenwaertige technische Taetigkeiten

Die Bibliothek kommt mit den Arbeiten an einer neuen Pilotproduktionsanlage, die sich in der Firma Texas Alkyls Chemical in Deer Park, Texas (in der Naehة von Houston) befindet gut voran. Die Anlage, die eine Kammer aufweist, die 300 Buecher aufnimmt, wird dazu benutzt werden, neue technische Verfahren auszuprobieren und Informationen fuer den Entwurf der groesseren Einrichtung, die im naeheren Bereich der Kongressbibliothek in Frederick in Maryland gebaut werden wird zu sammeln. Der Bau der Pilotproduktionsanlage ist jetzt beendet und bereits in Auftrag gegebene Arbeiten werden in Kuerze beginnen.

### Andere Taetigkeiten, die hiermit in Zusammenhang stehen

Andere Taetigkeiten, die mit der Entwicklung und dem Gebrauch von DAZ fuer die Massenentsaerung von Sammlungen der Kongressbibliothek in Zusammenhang stehen, werden ebenfalls gegenwaertig durchgefuehrt. Diese beziehen sich auf die Beurteilung des DAZ-Verfahrens durch die Regierung, auf die staendige toxikologische Ueberpruefung von DAZ, darauf die Logistik fuer den Transport von 15.000 Buechern pro Woche von und zu der Kongressbibliothek auszuarbeiten und darauf, die Auswahlrichtlinien fuer die Anordnung, nach der Material entsaerert werden soll, zu verbessern.

Das Office of Technology Assessment (eine Behoerde des Kongresses fuer Finanzierungsfragen im legislativen Bereich der Regierung, die von der Kongressbibliothek unabhaengig ist) prueft gegenwaertig das DAZ- und andere Entsaeuerungsverfahren fuer das Appropriations Committee (Ausschuss verantwortlich fuer die Zuteilung finanzieller Mittel) des amerikanischen Repraesentantenhauses. Die Untersuchung wird im Dezember 1987 beendet sein. Zweck der Untersuchung ist es, eine Kontroverse beizulegen, die sich wegen des Diaethylentsaerungsverfahrens nach den Zwischenfaellen im Goddard Space Flight Center, ueber die Sie sicherlich in der Bibliotheksliteratur gelesen haben, entwickelt hat. Die Kongressbibliothek erwartet auch, dass diese Untersuchung Licht auf die Unterschiede zwischen den zur Verfuegung stehenden Verfahren werfen wird und neue Gedanken ueber die Eignung dieser Verfahren fuer verschiedene Arten von Sammlungen vermittelt werden.

Seit mehreren Jahren fuehrt die Bibliothek ein toxikologisches Untersuchungsprogramm durch, das sich mit Zinkoxyd befasst. (Zinkoxyd ist, wie Sie sicherlich wissen, eine Verbindung, die gemeinhin in der Schoenheitsindustrie fuer Kosmetika Anwendung findet.) Der Zweck des toxikologischen Untersuchungsprogramms der Bibliothek ist grundlegende Daten ueber Zinkoxyd zu sammeln, um die Risiken abzuschuetzen, die entstehen wenn Menschen Zinkoxyd ausgesetzt sind. Diese Studien, die toxikologische Risikoeinschaetzung genannt werden, sollten ein Hauptbestandteil eines jeden Behandlungsprogramms sein, das Chemikalien benutzt (entweder fuer die Entsaeuerung oder die Papierstaerkung) und durch das staendig grosse Mengen von chemischen Verbindungen in Bibliotheksmaterialien abgelagert werden. Ganz gleichgueltig wie ungefaehrlich die Chemikalie oder die Verbindung auch sein mag, toxikologische Risiken sollten im Betracht gezogen werden.

Die Bibliothek hat viel Arbeit geleistet und wird weiterhin daran arbeiten, wie Buecher aus den Sammlungen genommen und zu den Entsaeuerungsanlagen transportiert und von dort wieder zuruecktransportiert werden sollen. Wir nehmen basierend auf Schaetzungen von Produktionszahlen an, dass wir in wenigen Jahren mindestens eine Million Baende pro Jahr behandeln werden. So eine grosse Anzahl von Buechern zu transportieren stellt natuerlich eine Herausforderung dar. Wir haben spezielle Wagen entworfen, auf die die Buecher in der Bibliothek geladen werden und auf denen sie waehrend des gesamten Entsaeuerungsbehandlungsverfahren verbleiben. Auf jeden dieser Spezialwagen passen ungefaehr 150 Buecher. Die Wagen sind so konstruiert, dass sie aufeinandergeklappt und in Lastwagen fuer den Transport in die Behandlungsanlage in Maryland geladen und dort direkt in die Entsaeuerungsanlage gebracht werden koennen. Wir haben gerade eine Untersuchung beendet, die Empfehlungen beinhaltet, wie die Laderampen der Bibliotheksgebaeude veraendert werden sollen, um den Anforderungen der spezialisierten automatischen Geraete fuer das Hochheben und Aufeinanderstellen der DAZ-Wagen zu genuegen.

Das Problem der Buchauswahl fuer den Entsaeuierungsprozess wird gegenwaertig in der Bibliothek diskutiert und verschiedene Entscheidungen sind gefaellt worden. Zuerst werden wir alle neuen Buecher entsaeuern bevor wir sie in die Sammlungen aufnehmen, da das staerkste Papier den groessten Nutzen aus einer Entsaeuierung zieht. Schwieriger ist es Auswahlverfahren fuer Buecher, die sich bereits in Sammlungen befinden zu erstellen. Wir haben jedoch einen Plan entwickelt, bei dem grosse Bloecke von Material ausgewaehlt werden, um die Logistik fuer die Handhabung zu erleichtern und der ebenso die Bedeutung dieser Sammlungs- bloecke fuer den Allgemeinauftrag der Bibliothek in Betracht zieht. Gleichzeitig unternehmen wir Anstrengungen, diese Ideen der Auswahl mit der Information ueber den Nutzen von DAZ in Verbindung zu bringen, sodass wir auf optimale Weise vorgehen koennen die Buecher zu retten, die fuer die Sammlung der Bibliothek am wichtigsten sind und die auch die groessten Vorteile aus einer Behandlung ziehen. In Einklang mit diesen Ideen haben wir beschlossen mit der Behandlung der Buecher in der E-Kategorie (amerikanische Geschichte) zu beginnen.

#### Zusammenfassung

Abschliessend moechte ich die Wichtigkeit der Massenentsaeuierung fuer die Konservierung von Bibliothekssammlungen hervorheben. Die Herausforderung durch bruechiges Papier, der wir gegenueberstehen, ist klar definiert. Wir kennen den Grund des Zerfalls von Papier und wir haben verschiedenen Loesungen den Zerfall zu verhindern aufgezeigt. Die Herstellung von alkalischem Papier und die Massenentsaeuierung von Bibliotheksmaterial, um es alkalisch zu machen, scheint die vielversprechenste Loesung zu sein, um staerkeres Papier bestaendig zu machen. Die Kongressbibliothek verpflichtet sich zu einer effektiven und effizienten Behandlung ihrer Sammlungen mit Hilfe eines Gasphasenentsaeuierungsverfahrens, das Diaethylzink verwendet und hofft, das Ziel der Behandlung aller ihrer Sammlungen in zwanzig Jahren zu erreichen. Wir haben grosse Fortschritte in der Entwicklung des DAZ-Verfahrens fuer Massenentsaeuierung erzielt

und werden in kurzer Zeit die erforderlichen Tests beendet haben, sodass wir Mitte des Jahres 1990 beginnen koennen, Material in wirklich grossem Umfang zu behandeln.

Vielen Dank