

Die Behandlung holzhaltiger Papiere

Von Otto Wächter, Akademischer Restaurator,
Österreichische Nationalbibliothek, Wien

Etwa in der Mitte des vorigen Jahrhunderts entstand ein erhöhter Bedarf an Papier. Man suchte nach billigen Ersatzstoffen, und auf diesem Wege erfand der sächsische Weber Friedrich Gottlob Keller 1843 den Holzschliff als Füllstoff.

Holzschliff besteht etwa aus 50 % Zellulose, 25 % Lignin, 25 % Hemizellulosen. Lignin ist die bräunende Substanz im Papier. Gelbung tritt im Sonnenlicht schon nach Tagen ein. Zeitungspapier mit 80 - 90 % Holzschliff enthält etwa 20 % Lignin. Der Nachweis wird mit Wiesners Reagenz (Phloroglucinprobe) erbracht. Unter dem Mikroskop erkennt man den Holzschliff an den vielfach unveränderten Zellen mit Poren, geübte Mikroskopiker können auch feststellen, von welcher Holzart der Holzschliff ist.

Die primäre Frage lautet: Ist Holzschliffpapier schlechter als Hadernpapier?

Dazu sagen die Experten:

Richard Rhodius, Schoellershammer, Düren: Hochwertige Zeichenpapiere werden nur aus Hadern und sorgfältig hergestellten Zellulosen produziert. Außerdem werden alle Substanzen entfernt, die für die Alterung schädlich sind (Ligninreste, Hemizellulosen)¹.

Kingery: Bücher mit Holzschliffpapier werden in der New York Public Library sofort kopiert (Xerox)².

Gehegan, Howard Paper Mills: Sorgfältig hergestellte Hadernpapiere sind beständiger als Holzschliffpapiere².

Barrow, Virginia State Library: Versuche an 40 000 verschiedenen Papieren des 19. Jahrhunderts haben ergeben, daß Holzschliffpapier kaum schlechter ist als reines Hadernpapier³.

¹ RHODIUS, R., Hält modernes Papier keine 200 Jahre? In: Maltechnik. 1965, 1.

² Library Journal. Vol. 91. 1966.

³ BARROW, W. J., Permanence in Book Papers. In: Science. Vol. 129. 1959.
HUNTER, D., Papermaking. London: Knopf 1947.

V. W. Clapp, President of the Council on Library Resources, USA: "All-rag-paper" doctrine of permanence. Die Theorie von der Dauerhaftigkeit der Hadernpapiere rührt daher, weil aus älterer Zeit nur Hadernpapiere bekannt sind. Jetzt ist chemisches Holzschliffpapier dauerhafter als reines Hadernpapier¹. - Clapp: Alaunzusatz zu Papier ist ärger als Holzschliff. Alaun reagiert infolge Hydrolyse deutlich sauer¹.

Langwell: Holz ist stabil in Verbindung mit der Atmosphäre, wenn es trocken ist².

Diese stark divergierenden Meinungen sind nun so zu verstehen: Holzhaltige Papiere im Buchblock sind gegen Umweltseinflüsse weitgehend geschützt; die Ränder der Blätter solcher Bücher, die Kontakt mit der Luft haben, sind allerdings oft braun und brüchig. Letzteres Phänomen ist schon ein wichtiger Hinweis auf die Instabilität und Oxydationsfreudigkeit des Holzschliffpapiers. Denn am Hadernpapier einer Inkunabel fehlt diese Erscheinung. Einzelblätter (Graphiken), die in ihrer ganzen Fläche dem Licht ausgesetzt sind, sind viel anfälliger; Handzeichnungen von Klimt und Schiele aus der Zeit des ersten Weltkrieges sind vielfach braun und brüchig. Rein materiell gesehen, mögen diejenigen noch recht haben, die meinen, Holzschliffpapier sei dem Hadernpapier ebenbürtig. Gewachsenes Holz ist eine dauerhafte Substanz, im Holzschliff liegt sie allerdings schon in zerschlissener Form vor, die Zellen sind verletzt, sie sind gegen die Umweltseinflüsse empfindlicher. Strukturell gesehen, ist das körnige Holzschliffpapier dem langfaserigen Hadernpapier keineswegs ebenbürtig. Die Fasern im Hadernpapier sind Stützsubstanz, der Holzschliff ist eher Füllstoff. Ein Vergleich zu Eisenbeton mit Eisenarmierung und einem Betongemisch ohne solche liegt nahe. Die Falzfestigkeit, die über diese Eigenschaften Auskunft gibt, läßt sich in jedem Bücherspeicher leicht überprüfen. Während sich gefaltete Landkarten in geographischen Büchern des 16. Jahrhunderts meist heute noch ohne Gefahr falten lassen, sind Zeitungen aus dem vorigen Jahrhundert an den gefalteten Stellen auch ohne mechanische Behand-

¹Library Journal. Vol. 91. 1966.

²LANGWELL, W.H., The Permanence of Paper. In: Proceedings of the Technical Section of the British Paper Makers Association. Vol. 37. 1956. - Ders., The Permanence of Paper Records. In: Library Association Record. Vol. 55. 1953. - Ders., The Conservation of Books and Documents. London: Pitman 1957.

lung heute meist durchgebrochen. Daß verschiedene Fachleute aus den USA eine Lanze für das Holzschliffpapier brechen, ist wohl so zu verstehen, daß in den klimatisch sehr ungünstig gelegenen Staaten, vor allem im feuchtwarmen Klima der Ostküste auch Hadernpapiere stark dem Verfall preisgegeben sind. Eine Lamination aller alten und neuen Papiere in den USA ist deshalb verständlich. Diese klimatischen Voraussetzungen sind aber keineswegs den mitteleuropäischen vergleichbar.

Oberflächenleimung

Eine weitere Ursache der geringeren Qualität der Holzschliffpapiere dürfte auch die Massenleimung sein (Leimsubstanz wird gleich dem Papierbrei zugesetzt), welche zeitlich mit der Entwicklung des Holzschliffpapiers ungefähr Hand in Hand geht und welche die Papieroberfläche weniger schützt als die Oberflächenleimung durch das "Planierwasser" (Leimwasser), durch das die Hadernpapiere gezogen wurden. Papiere, die in Büchern Verwendung fanden, wurden meist erst nach dem typographischen Druck (das Papier war ungeleimt saugfähiger) vom Buchbinder durch das Planierwasser gezogen; dieser oberflächliche dünne Leimfilm schützt besser gegen die ungünstigen atmosphärischen Einflüsse. Wie weit eine Oberflächenleimung holzhaltiges Papier gleichzeitig gegen das Bräunen schützen könnte, zeigt folgendes Beispiel. Ein Aquarell auf stark gedunkeltem Papier wurde an den vier Ecken auf eine Unterlage geklebt. An diesen Stellen ist das Papier oberflächlich hell geblieben. Der Klebstoff hat an diesen Stellen durchgeschlagen, und diese Art Oberflächenleimung hat das Bräunen verhindert.

Möglichkeiten, um die Oxydation (Bräunen, Brüchigwerden) holzhaltiger Papiere zu verlangsamen oder zu unterbinden

1. Vermeiden der Verwendung

Erflichtexemplare von englischen und schweizerischen Tageszeitungen, die an Bibliotheken abgeliefert werden müssen, werden auf holzfreiem Papier gedruckt. Bücher auf holzhaltigem Papier werden vor Aufstellung in Großbibliotheken kopiert (New York Public Library). Ämtern und Künstlern wird empfohlen, holzhaltige Papiere zu meiden.

2. Prophylaktische Maßnahmen

Bücher und vor allem Einzelblätter (Graphiken) soll man wenig dem Tageslicht und den Leuchtstoffröhren aussetzen, nur kurzfristig in Ausstellungen zeigen. Schutzmaßnahmen bei Ausstellungen: UV absorbierende Gläser (z. B. Plexiglas "LPC 518 K"), Vorhänge (National Bureau of Standards, USA : Das Entfernen des Sonnenlichts im Raum unter 400 Millimikron - Verwendung von Vorhängen - bedeutet eine Erhöhung der Lebensdauer eines bestrahlten empfindlichen Objekts auf das Dreifache. Bei Graphiken sind gleichzeitig die Pigmente Sepia, Bister, Alizarin, Van-Dyck-Braun, Indigo, Karmin, Gummigutt, Hookers Grün besonders gefährdet¹.), UV-arme Leuchtstoffröhren verwenden (z. B. Philips Color 32 und 34), Verwendung von UV-absorbierenden Folien (z. B. Ultraphan "u.v.f."), die auf dem Glas der Vitrinen angebracht werden können; bei Graphiken, die gerahmt werden sollen, kann man diese Folie zwischen zwei Glasplatten legen und diese in den Rahmen einsetzen; oder UV-absorbierende Firnisse ("Spektrafix" Fa. Vincze, 7967 Bad Waldsee, Postfach 132), welche auf Fenstergläser, Vitri-nen-gläser, Leuchtstoffröhren aufgestrichen werden können. Gleich-zeitig werden die Eisengallustinten sowie die modernen Tinten mit Alizarin- und Indigozusatz auf Handschriften und Urkunden als auch die Farbpigmente auf den Graphiken geschützt. Dieser Schutz ist nicht absolut, immerhin wird etwa die Hälfte der bleichenden UV-Strahlen gefiltert. Eine Kombination von aufgestrichenem Licht-schutzfirnis auf eine Glasplatte und eine gleichzeitig beigelegte UV-Folie ergeben einen relativ ausreichenden Schutz. Um die Oxy-dation aus dem umgebenden Luftsauerstoff auszuschalten, können wertvolle Einzelobjekte in Glasbehälter gebracht werden, die statt Luft mit Heliumgas oder Stickstoff gefüllt sind. Helium reagiert, chemisch gesehen, nicht mit der Umgebung. Die Unabhängigkeitserklä-rung der Vereinigten Staaten auf Pergament ist so adjustiert. Ein weiterer Schutz ist eine Oberflächenleimung, bevor die Gilbung eingetreten ist, mit den üblichen Verstärkungsmitteln für ge-schwächte Papiere (Gelatine mit Konservierungsmittel, Hasenleim, Methylzellulose z.B. SL 400, hochviskos, ligninfrei, von Kalle & Co. Wiesbaden) oder Kaschieren auf dünnes Japanpapier, besonders

Graphiken und einseitig beschriftete Blätter - das Bindemittel schlägt durch und bremst das Gilben; oder Spalten von beidseitig beschrifteten und bemalten Blättern oder Laminieren von weniger wertvollen Blättern.

Möglichkeiten das Lignin abzubauen

Lignin ist ein Naturstoffkomplex, der schwer zerstörbar ist. Die anderen Bestandteile des Holzes Zellulose, Hemicellulose, Pektine sind relativ leichter abzubauen. Lignin ist vor allem deshalb schwierig zu lösen, weil es nicht hydrolisierbar (in Wasser spaltbar) ist. Daher kommt seine hohe Resistenz.

Die Zellulosegewinnung ist sehr extremer Art und daher für den Restaurator kaum anwendbar: Bei der Darstellung der Sulfitzellulose wird das Holz im Druckkocher bis zu 35 Stunden, bei 6 Atü Druck, bis zu 150 ° C erhitzt und dabei wird das Lignin in wasserlösliche Ligninsulfonsäure übergeführt. Bei der Darstellung der Natronzellulose wird das zerkleinerte Holz in 10%iger Natronlauge bis zu 6 Stunden bei einem Druck bis 10 Atü und bei Temperaturen bis 180 ° C gekocht. Selbst die Druckfarbe und der Graphit der Bleistiftzeichnung könnten diese Prozedur nicht überstehen, gar nicht zu reden von Eisengallustinten und Aquarellfarben.

Auch mittels der Methode Freudenberg, nach der bis zu 80 % Lignin (nach Aufquellen des Holzschliffes in Wasser und Extraktion mit wasserhaltigem Dioxan) reduziert werden kann, kann ein beschriftetes oder bemaltes Objekt nur sehr schwer behandelt werden.

Ein Abbau des Ligningehaltes aus holzhältigen Papieren bei der Behandlung mit Natriumhypochlorit ist nicht zu empfehlen, da während dieses Bleichprozesses Hemizellulosen frei werden, die ihrerseits wieder Verfärbungen im Papier hervorrufen können. Die Hemizellulosen selbst sind schwer reduzierbar.

Anmerkung der vorhergehenden Seite:

¹Control of Deteriorating Effects of Light upon Museum Objects. Museum. vol. 17/2. UNESCO. Paris 1964.

The Paper Year-book. Ed. 1954. Ground Wood Paper. p. 68.

Waksman, S.A., Decomposition of the various materials ... of complex plants materials by pure cultures of fungi and bacteria. Archiv für Mikrobiologie Bd. 2, 1931. 136 - 154.

Erfolgversprechender erscheint der Abbau des Lignin mit Hilfe von Mikroorganismen in ähnlicher Weise, wie der Abbau des Lignin in der Natur vonstatten geht. Unter diesen sind wieder Bakterien brauchbarer als Pilze.

Bei der "Braunfäule" zum Beispiel zerstört ein Pilz (Merulius lacrymans) sowohl das Lignin, verändert auch den "Ligninkomplex" durch Abbau der Hemizellulose, kann aber auch die Zellulose angreifen.

Den Abbau des Lignins durch Bakterien aus dem Stalldünger hat man bereits in den Jahren 1925 - 1926 studiert. Nach der Methode Waksman 1936 (Isolierung ligninzerstörender Mikroorganismen aus Buchen- und Fichtenwalderde)¹ wurden 11 Bakterienstämme der Fluoreszenzgruppe und 3 Fusarienstämme identifiziert.

Die neueren Erkenntnisse auf diesem Gebiet sind durch eine Dissertation der Technischen Hochschule Stuttgart, 1952, von G. Fischer² veröffentlicht. Vor allem werden hier die technologischen Hinweise gegeben, die für eine Umsetzung dieser Methode in eine restauratorische Praxis außerordentlich wichtig sind. Es wird darauf hingewiesen, daß die Zerstörung des Lignin durch solche Organismen leichter vonstatten geht, wenn das pflanzliche Gewebe in frischem oder teilweise zerstörtem Zustand vorliegt. Letztere Voraussetzung ist im Holzschliff gegeben. Ein gewisses Handicap der Anwendung ergibt sich daraus, daß die Bakterien nicht sehr tief in das Holz eindringen, im Unterschied zu den Pilzen, die über ein ausgesprochenes "Spitzenwachstum" verfügen. Ferner ist wichtig, daß die Löslichkeit des Lignin nach Verwendung von Alkalien gesteigert werden kann, daß die Bakterien Stickstoff benötigen (in der Natur bekommen sie diesen in Verbindung mit dem Humus). Fischer berichtet von seinen Versuchen: Der Angriff ligninzerstörender Bakterien wurde nach Zugabe einer organischen Stickstoffquelle (Pepton) gefördert. Weiter benötigen diese Bakterien Sauerstoff, sie sind aerob und stellen unter anaeroben Bedingungen ihre Tätigkeit ein. An einem

¹WAKSMAN, S.A.: Isolierung ligninzerstörender Mikroorganismen aus Buch- und Fichtenwalderde. Soil Science. vol 42. 1936. p.119 ff.

²FISCHER, G.: Studien über den biologischen Abbau des Lignins durch Mikroorganismen. Diss. TH Stuttgart 1952.

Holzpflöck, der längere Zeit in die Erde gerammt war, ist oft festzustellen, daß er im Bereich der Nähe der Erdoberfläche mehr abgebaut erscheint, als an der Pfahlspitze, es war dies die Tätigkeit der aeroben Bakterien. Auch die Entstehung von Kohle und Torf aus den urgeschichtlichen Wäldern beweist uns, daß unter den anaeroben Bedingungen das widerstandsfähige Lignin nicht abgebaut werden konnte.

Die Isolierung der für den Ligninabbau in Frage kommenden Bakterien (Kurzstäbchen - Schizomyceten) ist möglich aus der Fichtenwalderde, wo sie sich in schwach saurer Umgebung bewegen (pH-Wert durchschnittlich 6,7 - 6,8) oder aus der Buchenwalderde, die im allgemeinen schwach alkalisch ist (pH-Wert 7,4).

Der Abbau des Lignin ist dann möglich ähnlich wie in der Natur 1. durch Darstellung des "Ammoniak-Lignin" mittels einer Lösung von Ammoniak (0,028 % NH_4OH) und 2. Zuführung der Schizomyceten, die nach einem Monat etwa 50 % des Lignin zerstört haben. Die Zellulose wird dabei nicht angegriffen, im Unterschied zum holzzerstörenden Pilz *Merulius domesticus*. Die Reduzierung des Ligningehaltes kann laufend durch Wiesners Reagenz kontrolliert werden, und kann durch Zugabe baktericider Mittel oder auch durch einen Bleichvorgang nach Gutdüngen gestoppt werden.

Zusammenfassung

Kann das Lignin durch Einführung gewisser Atomgruppen in holzhältigen Papieren löslich gemacht werden, so kann es nachher einem biologischen Angriff unterworfen werden. In der Praxis wird das Gros der Menge der holzhältigen Papiere nach diesem Verfahren vorläufig nicht zu behandeln sein. Für wertvolle Einzelblätter (Graphiken, Autographen) dürfte diese Methode allerdings ein gangbarer Weg werden, um diesem schwierigen Problem zu Leibe zu rücken.

Nachweis von Lignin

1. Phloroglucinlösung (Wiesners Reagenz)
Betupfen zuerst mit 2%iger alkoholischer Phloroglucinlösung, dann mit 25%iger Salzsäure (roter Farbumschlag).
2. Anilinsulfatlösung (gelber Farbumschlag).

Mikroskopischer Nachweis der Faserstoffe im Papier

1. Anfärben des Papiers mit Chlorzinkjodlösung:
Fasern von Leinen und Baumwolle erscheinen weinrot.
Fasern von Holz- und Strohzellstoff erscheinen violett.
Fasern von Holzschliff (Lignin) erscheinen gelb.
2. Anfärben des Papiers mit Jodjodkaliumlösung:
Fasern von Leinen und Baumwolle erscheinen braun.
Fasern von Holz- und Strohzellstoff erscheinen grau.
Fasern von Holzschliff erscheinen gelbbraun.

Diskussion

MAGER - MAAG, Basel: Herr Kollege Wächter, auf einige Punkte Ihrer Ausführungen möchte ich noch eingehen.

1. Was das Licht betrifft, so handelt es sich hier um Fluoreszenzröhren und nicht um Neonröhren. Letztere finden bei Reklameschriften Anwendung. Die von Ihnen genannten Röhren von Philips sind in unserem Museum seit Jahren ausprobiert und in Anwendung. Auf sehr nahe Distanz haben Fluoreszenzröhren nachteilige oder verdunkelnde Wirkung, bei Distanzen von 5 - 6 m ist jedoch keine schädliche Wirkung mehr festzustellen.
 2. Auf die Ultraviolettstrahlen (UV-Strahlen) kommen wir in meinem Vortrag in Basel noch zurück. Mit der UV-Filterung wird eine übertriebene Reklame gemacht. Mit den Kautschuk-Garantien, die Ihnen von den Herstellern solcher Gläser oder Schutzlacke gegeben werden, können Sie überhaupt nichts anfangen. Zum Beispiel wurde in Bayern ein solches Glas hergestellt und vertrieben. Die Fabrikation wurde eingestellt, weil die erhoffte Wirkung ausblieb. Die Herstellerfirma des Lackes, der als Zwischenschicht zweier Glastafeln verwendet wurde, will aber weiter verkaufen. So wird dieser nun weiter propagandiert und verkauft zum Aufstrich auf bestehende Verglasungen als UV-Schutz.
- Die von uns vorgenommenen Proben zeigen eindeutig, daß auch dieser

Lack keinen Schutz gegen Lichteinflüsse bietet. Andererseits ist das UV-Licht nicht unbedingt schädlich, vielmehr ist es das Infrarot sowie die Strahlungen von Gelb bis Rot, vornehmlich die Wärmestrahlen. Das Lignin (Harzstoff) wandert genau wie bei Holz durch die Wärme den Außenflächen zu, wo es verbräunt. Altes gutes Hadernpapier kann beispielsweise in Mappen vergilben; setzen wir es aber dem Lichte aus, so wird es sichtbar aufhellen. Dies kommt daher, weil es keinen Holzschliff, also kein Lignin enthält. Folglich kann auch kein Lignin ausgestoßen werden. Praktische Resultate zeige ich Ihnen in Basel.

3. Noch zur Molekularkette: Auch diese bewegt sich im Papier; darüber wollen wir uns klar sein.

WÄCHTER: Wenn es stimmt, ist es gar nicht so übel, daß Lignin an die Oberfläche tritt; desto leichter kann man die Bakterien zur Reduzierung wirksam ansetzen.

MAGER-MAAG: Neben einem Stadtplan von Basel und unserem Museums-Bulletin erhielten Sie auch einen Prospekt des Christ-Ministil. Dieses Gerät arbeitet auf dem Prinzip des Ionenaustausches; damit gewinnt man entsalztes, destillatgleiches Wasser. Die Bezugsquellen für dieses Gerät publizierten wir in Nr. 27/28 der IADA. Ich sprach zu Ihnen auch von Oxydationen. Nicht nur Blei- und Zinkweiß neigen dazu, sondern auch Chromfarbstoffe, z. B. Chromgelb und andere, weil diese aus Bleiacetat hergestellt werden. Chemische Formel $PbCrO_4$. Bleiacetat = essigsäures Blei, auch Bleizucker oder Plumbum aceticum genannt, das Ausgangsmaterial für andere Bleiverbindungen. In Wasser löslich und wegen des Bleigehalts überaus giftig. Es ist mir sehr wichtig, Sie auf diese Giftigkeit aufmerksam zu machen.

WÄCHTER: Kollege Mager hat da ein schönes Bild gezeigt, wo im Vordergrund diese Bleiweißschwärzungen aufgetreten sind. Die meisten Kollegen, die an Graphiken arbeiten, werden mit der Umwandlung des Bleiweiß schon zu tun gehabt haben. Daß Bleiweiß manchmal nach der Behandlung wieder diesen schwarzen Schimmer bekommt, ist sehr plausibel; wahrscheinlich ist es den meisten von uns schon passiert, obwohl es, chemisch gesehen, nicht passieren dürfte, wenn die Umwandlung vollständig war. Das ursprüngliche Bleiweiß ist basisches

Bleikarbonat. Speziell in der Großstadtatmosphäre mit ihrem Schwefeldioxyd geht es in das Bleisulfit über. Hier ist die Schwefelkomponente, es entsteht die Schwärze im Bild. Bei der Behandlung mit naszierendem Sauerstoff aus dem Wasserstoffsperoxyd verwandelt sich das Bleisulfit in ein Bleisulfat. Das ist ein neues weißes Pigment, im Unterschied zu dem ursprünglich basischen Bleikarbonat, ein Weißpigment, welches an sich theoretisch nicht mehr in die schwarze Phase zurückfallen dürfte, weil es keine neue Verbindung eingeht. Aber Vorsicht! Diesen naszierenden Sauerstoff, verdünntes Wasserstoffsperoxyd, nur ganz wenig aufbringen, weil er sehr aggressiv ist. Ist diese Umwandlung von Bleisulfat nicht vollständig erfolgt, dann kann der schwarze Belag abermals auftauchen. Es ist immer zu empfehlen, mit Wasser vorzunetzen, damit das Blatt ein wenig feucht ist, weil damit auch der Prozeß schneller vonstatten geht. Wenn diese schwarze Kruste ganz in das Bleisulfat übergeführt ist, dürfte eine Schwärzung theoretisch nie mehr eintreten.

Zum Einwurf von Fräulein Wissler, Zürich, folgendes: Müssen Sie ein Passepartout machen, dann verwenden Sie keinen holzhaltigen Karton. Dieser wird oft gewünscht, ist so praktisch, läßt sich gut schneiden und paßt gut in den Ton; aber die unkaschierten Holzkartons haben die sehr unangenehme Eigenschaft, nicht nur selbst zu bräunen, sondern auch, daß sich diese Bräunung überträgt. Ich hatte schon Fälle, wo eine Graphik in einem Rahmen mit einem Brett hinterlegt war. Nach einiger Zeit hat sich die ganze Holzmaserung auf dem Blatt abgezeichnet. Es zeigte sich damit, daß der Kontakt mit dem Holz nicht ganz ungefährlich ist, nicht nur wegen der übertragenen Bräunung, sondern weil auch das Lignin in das Original hinüberwandert. Phloroglucinprobe! Werden also holzhaltige Kartons verwendet, so sollten sie zumindest zweifach holzfrei kaschiert sein. Diese Schichten werden ein Durchdringen bremsen.

Zum Kapitel Lichtschutz, Folien oder Lacke, ist zu sagen: Es gibt verschiedene Fabrikate auf dem Markt. Bestimmt sind nicht alle ideal, aber ein gewisser Prozentsatz der UV-Strahlen wird doch absorbiert. Ein Lichtschutzpräparat wie Spektrofix, das schon einige Kollegen angewendet haben, hat bis zu einem gewissen Grad diese Wirkung. Darüber gibt es ein Gutachten von der Eidgenössischen

Prüfungsanstalt. "Spektrofix" ist wie die Folien, die die Strahlen absorbieren; nach unseren Erfahrungen ist es aber etwas besser als diese. UV-absorbierende Folien sind meist PVC-Folien. Sie wissen, bei denen haben wir eine gewisse Scheu, sie unmittelbar ans Original heranzubringen. Wir haben uns so geholfen, daß wir bei Rahmungen (wo es verlangt wird) die Folie zwischen zwei Glasscheiben dem Original vorgeschaltet haben. Wenn Sie zusätzlich vielleicht noch diese Glasplatte mit dem Lichtschutzlack bestreichen wollen, haben Sie immerhin doch einen gewissen Prozentsatz von Schutzmöglichkeiten. Ich kann Ihnen einige Proben von Folien zeigen, mit denen wir Versuche gemacht haben. Daß es dabei auch Trugschlüsse gibt, ist einleuchtend. Als kürzlich im Wiener Kunsthistorischen Museum eine neue Abteilung eröffnet wurde, wollte man auch die Pastelle - es handelte sich um einige Stücke von Degas - besonders schützen. Man hat auch die Versuche mit dem Aufstrich gemacht, die dortige Kollegin hat die Gläser mit Spektrafix bestrichen und dann mit grünem Löschpapier den Test in Sonnenbestrahlung gemacht. Das Löschpapier ist ausgebleicht. "Grünes Löschpapier" als Testmaterial ist wahrscheinlich doch nicht empfehlenswert, denn es erhebt keinesfalls den Anspruch, auch nur eine Spur von Lichtechtheit zu besitzen. Aber das alles muß nicht viel besagen, die Entwicklung in dieser Richtung zeichnet sich erst ab. Denken wir doch an die UV-absorbierenden Mittel, die den Gesichts- und Sonnencremen beigegeben werden. An sich sollte man diese Möglichkeiten irgendwie nützen, ob sie in Folien, in Spezial-Leuchtstoffröhren oder in entsprechenden Harzen angeboten werden. Daß sie bis zu 50 % der UV-Strahlen absorbieren, ist nachweisbar. Ich kann es Ihnen an einem Probestreifen zeigen, wir haben gerade erst in Wien eine ganze Serie von allen diesen Fabrikaten zusammengestellt. Es war heuer ein sehr heißer und sonnenreicher Sommer. Wir haben alle diese Proben den Sommer über (4 Monate) dem Licht ausgesetzt, und zum Schluß hat sich gezeigt, daß doch ein gewisser Prozentsatz, das sonst durch das UV-Licht zerstört würde, geschützt werden kann. Bei holzhaltigen Papieren sind diese Schutzmöglichkeiten besonders zu empfehlen.

MAGER-MAAG: Wir haben in unserem Museum in allen Sälen gleichlautende Belichtungsproben durchgeführt. Coremans, Brüssel, stellte

beim Kongreß der ICOM in Basel die Theorie auf, daß bei einer dreifachen Thermoluxabschirmung keine schädigenden Lichteinflüsse auftreten. Wir haben seit 1934 diese dreifache Thermoluxabschirmung in den Oberlichtsälen unseres Museums. Die vorgenommenen Lichtproben bestätigen aber ganz eindeutig, daß die dicken Thermoluxplatten kein Licht abhalten. Lediglich die Streuung des Lichts wird verbreitert. Dies führt zu einer besseren Ausleuchtung der Säle, die Schattenpartie wird dadurch verkleinert. Der Abbau leichter Aquarellfarben, d.h. deren Ausbleichung wie die Verbräunung des Holzschliffs gehen genauso rapid vor sich, wie in Sälen mit direktem Lichteinfluß durch doppelt verglaste Seitenfenster. Theorien werden leider nur allzuvielen aufgestellt, auf die man sich nicht verlassen kann. Momentane Beobachtungen, zu kurz angeordnete Proben, führen zu Trugschlüssen.

Auf etwas Wichtiges möchte ich nochmals hinweisen: Holzschliff darf keinesfalls mit Chlorlösungen gebleicht werden. Chlor und Lignin zusammen bilden den roten Farbstoff Fuchsin. Die Rotfärbung bringen Sie mit keinem Mittel mehr aus den holzhaltigen Papieren. Ein wirkliches Erlebnis: Ein junger Mann hatte den Boden in unserer Werkstatt in der CIBA zu reinigen (Eichenparkett). Um sich Mühe zu sparen, wusch er diesen mit einer starken Chlorlösung auf, den Schmutz brachte er mit Leichtigkeit weg, dafür zeigte sich das Holz so dankbar, daß es uns rot entgegenleuchtete. Ursache - Fuchsinbildung!

WÄCHTER: Bei ligninhaltigen Papieren sollte man zurückhaltend sein bei der Anwendung von Chlorverbindungen, allerdings wohl mehr wegen allfälliger Produktion von Hemicellulosen. Der Farbstoff Fuchsin erscheint uns weniger unangenehm. Nach unseren Erfahrungen läßt er sich mit Wasserstoffsuperoxyd aufhellen. Auch Römpf zitiert ihn als wenig beständig gegenüber Oxydationsmitteln. Jeder hat sicher einmal experimentiert und dabei bemerkt, daß sich holzhaltige Papiere manchmal mehr und manchmal weniger oder auch gar nicht bleichen lassen; manchmal kriegen sie eine andere Farbe. Tatsächlich wird während des Bleichens mit Chlor auch der Lignin-gehalt reduziert, aber unter gleichzeitiger Produktion von Hemicellulosen. Das Problem ist weitgehend ungelöst. Wir versuchen einerseits den Lignin-gehalt bakteriell zu reduzieren oder holzhaltige Zeichnungen zu spalten und auf Hadernpapier aufzuziehen.

HENRICH, Münster: Was soll man tatsächlich tun? Wir kommen heute zum Beispiel gar nicht darum herum, einen Expressionisten zu reinigen, denn diese Dinge werden immer wieder in den Ausstellungen verlangt.

MAGER-MAAG: In Heft 24, Seite 272, der AdA-Mitteilungen machte ich darauf aufmerksam, daß ich Möglichkeiten sehe, holzhaltige Papiere mit ganz schwachen Lösungen von Natriumperoxyd zu behandeln, dabei dürfte eine anhaltende Weiße der holzhaltigen Papiere zu erwarten sein.

WÄCHTER: Es gibt noch einige andere Bleichmittel, die vielleicht erst alle noch zu testen sind. Das noch umstrittene Chlordioxyd als bleichendes Gas, welches aus Natriumchlorit erzeugt wird, findet vielfach Verwendung in der Papierindustrie. Es gilt als eines der schonungsvollsten gegenüber der Papierfaser. Die Industrie bleicht aus ökonomischen Gründen bis knapp vor den Abbau der Papierfaser mit Natriumhypochlorit und setzt dann Chlordioxyd fort.

MAGER-MAAG: Sie haben mir jetzt das Stichwort gegeben: die Vergasung. Ich machte schon verschiedentlich auf die Gefahren der Gasbehandlung aufmerksam. Solange wir keine Kontrollmöglichkeit haben, festzustellen, was im Papier zurückbleibt, und solange wir keine brauchbare Neutralisierung kennen, ist diesen Gasbleichverfahren mit Zurückhaltung zu begegnen. Das beste Neutralisierungsmittel ist Natriumsulfit, das sich aber leider nicht in Dampf- oder Gasform überleiten läßt. Beim Verdampfungsversuch geht nur der Wasserdampf in das Behandlungsgefäß über, das neutralisierende Salz bleibt als eine Kruste im Kolben zurück, da es schwerer als Wasser ist. Wir müssen also nach anderen Wegen der Neutralisierung suchen.

Finden wir eine Möglichkeit, eines der bleichenden Chlorgase ebenfalls in Gasform zu neutralisieren, so ist viel gewonnen; denken wir an sehr empfindliche Papiere der Neuzeit oder auch an Japanpapiere, die meist nicht mit Flüssigkeiten behandelt werden können, weil dies alles zu gefährlich erscheint. Beim Durchblättern von Römpfs Chemie-Lexikon, Ausgabe 1962, stieß ich recht zufällig auf Seite 2579 auf ein Gerät, das als Kipp'scher Apparat bezeichnet und dargestellt ist. Herr Berger hat davon eine Zeichnung gemacht, die ich Ihnen zeigen will. In diesem Gerät kann man verschiedene Gase

entwickeln und hat dabei die Möglichkeit, die Entwicklung der Gase sehr fein zu dosieren und auch zu stoppen. Ausprobiert haben wir das Gerät noch nicht, da ich erst vor einigen Tagen Römpps Darstellung durchgelesen habe. Ich könnte mir aber vorstellen, daß dieses Gerät uns nützlich sein könnte. "Kipp'scher Apparat" heißt es nach seinem Erfinder, Apotheker Kipp in Genf, der diesen Apparat 1860 konstruierte.

WÄCHTER: Die große Gefahr bei Überdosierung von Chlor ist, daß die langen Molekülketten in kleinere Elemente zerbrochen werden, daß das langfaserige Papier in ein solches übergeführt wird, das die Industrie als "schmierig gemahlen" bezeichnet, wo die langen Elemente schon ganz verloren gegangen sind. Das also passiert, wenn wir eine Überdosierung vornehmen, wenn wir die Bleichung zu konzentriert oder zu lange betrieben haben. In allen bisherigen Erörterungen, angefangen von Schweidler, der als erster seine Erfahrungen niedergeschrieben hat, haben wir sehr viele Kommentare und Meinungen gehört. Sie gipfeln aber meist in dem Satz: "Nach meiner Erfahrung.... Nach 25jähriger Erfahrung... Nach 40 Jahren... usw." Das ist alles sehr wichtig, die tatsächliche Beobachtung der Verfahren, die unsere älteren Kollegen festgestellt haben. Aber wir suchen nach Meßmöglichkeiten, die in einem kürzeren Zeitraum die Wirkung einer chemischen Prozedur überblicken lassen. Wenn einer wirklich seine behandelten Objekte 40 Jahre lang beobachten konnte, und dann im letzten Jahr seiner Tätigkeit bemerkt, daß es nicht das Richtige gewesen sei, dann war seine Arbeit umsonst. Deswegen hat die Chemie verschiedene Testmöglichkeiten erfunden, um im künstlichen Alterungsprozeß schneller als im natürlichen Prozeß den Verfall der Materialien zu messen. Eine Chlorbehandlung kann aggressiv sein, weniger aggressiv, auch völlig harmlos. Meßmöglichkeiten bei der Verwendung des Chloramin-B wurden von den Russen am Institut für Restaurierung von Dokumenten an der Akademie der Wissenschaften in Leningrad erarbeitet.

BRAND, Wiesbaden: Eine Frage zur Zersetzung des Papiers durch das Lignin: Wenn der Prozeß durch die Einwirkung des Lichtes auf das holzhaltige Papier begonnen hat, ist dann zu befürchten, daß der Prozeß weitergeht, wenn das Papier unter Licht- und nahezu

Luftabschluß gekommen ist? Zum Beispiel: Eine Zeitung lag auf dem Schreibtisch, wird nun eingepackt und kommt in einen Kasten. Geht dann der Verfall weiter oder bleibt er stehen?

WÄCHTER: Er verlangsamt sich. Ich glaube, Herr Mager-Maag, da sind wir uns einig, daß der Prozeß primär doch unter dem Einfluß des Lichtes vonstatten geht. Aber auch die umgebende Atmosphäre hat großen Einfluß. Zunächst nicht durch Sauerstoff, sondern durch die schwefeligen Abgase der Großstadtluft. In England hat man Zeitungen - ein ideales Beispiel - zu einem großen Band zusammengebunden. Es war eine bestimmte Tageszeitung aus dem Jahre 1900. Mit Untersuchungen begann man im Jahre 1932. Man weiß, daß die Bibliothek, in der der Zeitungsband aufbewahrt wurde, etwa 20 Jahre mit Gas beheizt und mit Gaslicht erhellt wurde. Es haben dort also atmosphärische Bedingungen geherrscht, die ungefähr der heutigen Großstadtatmosphäre gleichkommen. Man hat dabei festgestellt, daß der Band in der Mitte des Buchblockes weiß und das Papier in der Konsistenz gut war. Hingegen war aber der Buchblock außen herum schon ganz braun und zerfiel in der Hand. Also ist in der Mitte, wo dieses Schwefeldioxyd nicht hingelangt ist, das Papier gesund geblieben. Am Rand hat es einen Schwefelsäuregehalt von 1,2 %, innen nur 0,14 % gezeigt. 1 % Schwefelsäure ist an sich schon der Tod für ein Objekt. Wenn man versuchte, am Rand ein Blatt umzubiegen, ist die Randpartie weggeplatzt. Der atmosphärische Einfluß ist also zu kontrollieren.

MAGER-MAAG: Ich glaube nicht so sehr an eine schädigende Wirkung der UV-Strahlen. In meiner Werkstatt habe ich folgendes Beispiel: eine auf holzfreiem Papier geschriebene Expertise nebst einem Photo auf holzfreiem Karton, hinten vollständig mit einer sogenannten Strohplatte unterlegt, vorne nur mit einem Teilstück derselben bedeckt, das Ganze mehrfach in Packpapier eingeschlagen als kleines Paket. Der Inhalt war niemals dem Licht ausgesetzt, das Paket lag verschlossen auf einem Heizkörper. Die dem Strohkarton zugekehrten Seiten des holzfreien Inhalts sind genau der Fläche des Kartons entsprechend in diesem verschlossenen Paket sehr stark verbräunt. Das weist doch darauf hin, daß nicht im speziellen das Licht, sondern hauptsächlich die Wärme zu diesen Erscheinungen führt und die Wanderung der Harzkörper verursacht. Es ist dies eine Entwicklung,

wie ein Ionenaustausch, oder sagen wir zum besseren Verständnis, wie in einem Galvanisierbad; es gibt eine Wanderung und eine Stauung, letztere wird als Niederschlag sichtbar.

WÄCHTER: Wenn die Objekte im Finsternen bewahrt werden können, ist es trotzdem besser, als wenn sie dauernd exponiert sind.

HOFFMANN, Bückeberg: Gibt es eine Möglichkeit, stark gebräunte, im Endzustand glassplitterig gewordene Papiere 1. einigermaßen zurückzubleichen und 2. obwohl sie dann immer noch splitterbrüchig sind, in ihrer Struktur zu festigen?

WÄCHTER: Wir müssen dabei prinzipiell unterscheiden, ob es sich um holzhaltiges oder nicht holzhaltiges Papier handelt; denn es gibt auch unter den Hadernpapieren solche, die weitgehend braun geworden sind.

HOFFMANN: Ich möchte eine spezielle Antwort auf meine Frage. Es handelt sich in meinem Falle um technische Zeichenpapiere, etwa aus der Zeit 1880 bis 1910, starkes Papier beziehungsweise Karton.

WÄCHTER: Wenn sie so brüchig und splitterig sind, ist wahrscheinlich Holzschliff mit im Spiel. Dann ist die ganze Sache problematisch.

HOFFMANN: Kann man mit Sauerstoff bleichen?

WÄCHTER: Das Bleichen mit Sauerstoff, welcher aus dem Wasserstoffsperoxyd freigemacht wird, kann helfen. Die Bleichung wird dauerhafter sein, wenn Sie hinterher gut auswässern können. Es gibt Kollegen, die manchmal mit naszierendem Sauerstoff bleichen und sich mit dem Resultat zufrieden geben. Sie müssen aber bedenken, daß diese braunen Partikel im Papier wohl gebleicht wurden, aber dringeblichen sind. Sie bräunen wieder. Wenn Sie also in einem anschließenden Wasserbad gut wässern können, wird auch die Bleichung mit Perhydrol (Sauerstoffbleiche) dauerhafter sein. Technische Zeichnungen können unter Umständen auch auf Transparentpapier sein, doch das ist dann wieder eine andere Frage. In Ihrem speziellen Fall würden wir das Blatt nach der Bleichung zur Festigung auf der Rückseite bestreichen oder besprühen mit Methylzellulose, die einerseits nicht mehr weiter bräunt, andererseits die Struktur soweit festigt, daß sie vielleicht nicht mehr so splitterig ist.

HOFFMANN: Ich habe bis zu einem gewissen Grade mit Tylose gute Erfahrungen gemacht, aber ganz zufrieden war ich dann in allen Fällen nicht. Das Papier wird wohl etwas fester, aber ich möchte es noch fester haben. Letztes Hilfsmittel ist natürlich das Aufziehen auf Schirting. Aber bei größeren Mengen möchte man doch manchmal auf das Aufziehen verzichten können.

WÄCHTER: In Ihrem Falle könnten Sie der Menge dünnflüssiger Cellulose ein Sechstel Planatol BB und einige Prozente eines Netzmittels (zum Beispiel Nekal) zufügen, die Cellulose wird so die splittende Substanz besser binden. Sonst hilft wahrscheinlich nur ein Hinterziehen oder Einbetten. Wenn wir tatsächlich in absehbarer Zeit in der Lage sind, diesen für uns so unangenehmen Holzgehalt in irgendeiner Form zu reduzieren, so sollten wir uns bis zu diesem Zeitpunkt den Weg nicht versperren. Es ist ja möglich, daß wir klüger werden. Und wenn Sie vorläufig zum Beispiel dem Blatt nur eine kleine Stütze geben, so bleibt es sicher einige Dezennien erhalten. Wenn wir eine Kaschierung mit einem Gemisch aus Kleister und Cellulose machen, haben wir auch ein Kaschiermittel, das wir im gegebenen Zeitpunkt wieder lösen können, und wir werden dann vielleicht in der Lage sein, die ideale Restaurierung durchzuführen.

HOFFMANN: Was unternehmen Sie bei schwarzbraun nachgedunkelten Transparentpapieren mit sehr feiner Zeichnung?

WÄCHTER: Die Transparentpapiere, die Pauspapiere, wie sie die Techniker verwenden, sind vielfach hergestellt unter Verwendung von Schwefelsäure oder anderen Chemikalien und haben dadurch von vornherein geringe Lebenserwartung. Kollegen, die mit solchen Transparentpapieren zu tun gehabt haben, wissen, daß allein schon das Kaschieren von größeren Blättern einem die Haare zu Berge stehen läßt, deswegen, weil sie bei Befeuchtung wilde Wellen schlagen. Man ist kaum in der Lage, sie gleichmäßig einzustreichen.

HOFFMANN: Wenn das Ganze noch zusammenhängt, ist die Verarbeitung verhältnismäßig einfach. Man schmiert eben nicht das Pergaminpapier an das Transparentpapier. Das Papier wird nach und nach mäßig gefeuchtet, bis es einen endgültigen Streckungsgrad erreicht

hat. Dann wird das Trägerpapier angeschmiert und das feuchte Transparentpapier aufgelegt und eingepreßt. Soweit bin ich aber noch nicht. Ich möchte wissen, ob sich das schwarzbraun verfärbte Papier aufhellen läßt, damit die Zeichnung überhaupt wieder lesbar wird.

WÄCHTER: Sie müssen erst einmal versuchen, ob die Zeichnung unter der UV-Lampe so kontrastiert, daß man zunächst irgendetwas sieht; vielleicht ist es möglich, in der ersten Phase überhaupt eine UV-Aufnahme zu fabrizieren, die für den Interessenten zunächst genügt und die Schrift lesbar werden läßt. Andererseits gelingt es manchmal, bei den Transparent- oder Halbtransparentpapieren durch eine Kaschierung des Originals mit einem lichterem Papier oder einem tonigen Papier irgendeinen Kontrast herauszuarbeiten. Wenn Sie Überformate zu kaschieren haben, ist das Heißsiegelverfahren mit Planatol BB vertretbar: Planatol BB etwas verdünnen, beide Teile einstreichen, ganz trocknen lassen. Nach 2 Stunden oder länger Aufsiegeln (Bügeleisen). Der Klebstoff bleibt sehr lang siegelfähig. Sie müssen nur achtgeben, daß Sie nicht zu heiß aufbügeln. Es ist zu empfehlen, beim Aufbügeln ein Pergaminpapier unter das Bügeleisen zu legen. Man muß vor allen Dingen die Objekte etwas selektiv behandeln. Es ist ganz klar, daß wir eine kostbare Graphik von Dürer anders behandeln werden als Zeitungspapier. Kostbare Graphiken wird man natürlich nicht "heißsiegeln".

Résumé (Wächter)

Le traitement du papier à bois mécanique

Depuis le milieu du dernier siècle la demande du papier s'est multipliée. A la recherche d'un équivalent un tisseur saxon, F. G. Keller 1843, a trouvé le bois mécanique en supplément. Cette pâte se compose d'environ 50 % cellulose, 25 % lignin et 25 % hemicellulose; c'est le lignin qui fait brunir le papier (ce qui peut être prouvé par "Wiesner's Reagenz" - Phloroglucintest).

Les jugements sur le papier ligninieux diffèrent: Par exemple, M. Kingery: A la New York Public Library on se sert en principe de copies (Xerox) au lieu des livres originaux imprimés sur du papier à pâte mécanique. Au contraire M. Barrow (Virginia State Library): Les testes avec 40.000 sortes de papier du 19^e siècle ont prouvé que le papier à pâte mécanique n'est guère inférieur à la qualité du papier à la main.

Mais en effet le papier trop ligninieux (par exemple les journaux) brunit et devient plus vite fragile, surtout quand il est exposé à la lumière du jour. Il se conserve mieux dans le corps du livre. Le collage de la pâte du papier dont on se servait environ au même temps que du papier à pâte mécanique peut de même stimuler la désintégration moléculaire. Le collage des surfaces protège mieux le papier à la main contre les influences des environs.

Les Mesures préventives pour les feuilles des livres et journaux:

Eviter l'usage.

En Suisse et en Angleterre les exemplaires à fournis gratuitement sont imprimés sur papier sans lignin. Les livres sur papier ligninieux doivent être copiés.

Peu d'exposition à la lumière du jour.

Lamination des feuilles entre feuilles synthétiques.

Faire jaillir un médium synthétique pour protéger la surface.

Les Mesures pour des feuilles graphiques:

Protection contre la lumière du jour.

Précautions à prendre pour des expositions:

1. rideaux, rouleaux
2. vitres qui absorbent les rayons UV
3. tubes fluorescentes avec un minimum de rayons UV
4. feuilles transparentes absorbant les rayons UV sur les fenêtres et les vitres
5. peindre vernis absorbant les rayons UV sur les fenêtres, les vitrines et les tubes fluorescentes
6. combinaison de 4 et 5
7. enfermer des Graphiques précieuses dans un récipient de verre

remplit du hélium (Declaration of Independence of the US)
 8. feuilles qui sont déjà fragiles doivent être doublé ou fendu.
 Eviter traitement avec chlor.

L'épreuve de la réduction de bois mécanique dans le papier ligninieux avec des microorganismes:

Le lignin est difficile à détruire. Les méthodes de la destruction industrielle de lignin ne sont pas acceptables pour le restaurateur: Pour la fabrication du sulfitcellulose le bois est chauffé dans la chaudière à pression jusque'à 150 ° C avec 6 atu pendant 35 heures. On ne peut pas recommander la désintégration moléculaire avec un traitement de hypochlorite de sodium à cause du dégagement de l'hemicellulose pendant ce procès de blanchissage. Vous réussirez plutôt en profitant des microorganismes pour la désintégration moléculaire comme dans la nature. La désintégration moléculaire du lignin par les microbes sortants de l'engrais fut déjà étudié par Werner Waksman. Les résultats récents des recherches sur ce sujet sont publiés dans la thèse de doctorat de G. Fischer, Technische Hochschule Stuttgart 1952.

Summary (Wächter)

Treatment of ground wood paper

Since the middle of last century the want of paper has grown a lot. While looking for some compensation a weaver from Saxony, F. G. Keller found groundwood as a supplement. Groundwood consists of about 50 % cellulose, 25 % lignin and 25 % hemicellulose. The brown making substance is lignin, to proof with "Wiesner's Reagenz" (phloroglucin).

There is no agreement about paper containing lignin: e. g. Mr. Kingery: "On principle books made of ground wood paper are copied (Xerox) in the New York Public Library and the originals are not used at all." Mr. Barrow (Virginia State Library) on the other hand says: "Tests with 40.000 different kinds of papers from the 19th century showed that ground wood paper is hardly

any worth than rag paper." But in fact paper with higher contents of wood (e. g. newspapers) get brown and brittle much faster specially when exposed to daylight. They last longer when you keep them protected as a bound book.

An additional phenomenon at the degeneration of these kinds of paper might be the glueing of the mass of paper, which started about the same time as papermaking with wood. The glueing of the surface used on rag papers is a better protection against environmental factors.

Preventive means with sheets of books and papers.

Avoid the use.

In Switzerland and England obligate copies of newspapers are printed on rag paper.

Books made of ground wood paper shall be copied.

As little exposure to daylight as possible.

"Lamination" of the sheets between foils.

Protection of the surface by spraying synthetic agents.

Precautions with sheets of graphic arts.

Protections against daylight:

1. curtains, rollos
2. UV absorbing glass (e. g. Plexiglas "LPC 518 K")
3. UV radiation reduced neon tubes (e. g. Philips Color 32 and 34)
4. UV absorbing foils (e. g. Ultraphan "U. v. f.") on windows and showcases
5. UV absorbing varnish to put on windows (e. g. "Spektrafix")
6. combination of 4 and 5
7. precious sheets shall be put into a case of glass that is filled with heliumgas (e. g. "Declaration of Independence of the United States)
8. already brittle sheets shall be lined or split. Avoid treatment with chlorine.

Attempts about reducing ground wood from paper by microorganisms.

Lignin as a complex of natural substance is hard to destroy. It

is not possible for the restorer to use industrial methods to destroy lignin: e. g. when sulfitcellulose is prepared, wood is heated in a pressure vessel with a pressure of 6 atmospheres up to 150 ° C for at the most 35 hours.

I cannot recommend a degeneration of lignin by treating it with sodium hypochlorite because of the nascent hemicellulose whilst this bleaching process.

More promising is a degeneration by microorganisms like it is in nature. Degeneration of lignin by bacterias that come from stable dung has been studied before (Waksman). Recent knowledge on that line has been published by G. Fischer.