

DIE NEUTRALISIERUNG SÄUREHÄLTIGER PAPIERE

In den folgenden Ausführungen geht es weniger darum, neue chemische Erkenntnisse zur Entsäuerung von Papieren vorzutragen, sondern - entsprechend dem Wunsche der Kollegenschaft - einerseits die bereits bekannten Theorien und Praktiken zu erläutern und andererseits, dies mag der neuere Aspekt dieser Ausführungen sein, verschiedene in Gebrauch befindliche restauratorische Praktiken zu durchleuchten, die an sich schon zu einer Entsäuerung der Papiere führen können.

Seit Beginn des 18. Jahrhunderts gab es einen wesentlich gesteigerten Bedarf an Papier, man hatte das Rohmaterial nicht mehr in entsprechender Güte zur Verfügung und verwendete Materialien von geringerer Reinheit. Die Papiererzeuger ignorierten die Forderung nach Dauerhaftigkeit des Papiers, der Effekt von Säure auf das Papier wurde nicht beachtet, bis man um die Mitte des 18. Jahrhunderts durch den Tintenfraß auf die Wirkung der Säure gegenüber dem Papier aufmerksam wurde. Der englische Wissenschaftler Dr. William Lewis verfaßte eine Studie über die Eisengallustinten und entdeckte den hohen Gehalt an Schwefelsäure in der Tinte und nannte sie "Mineral-Säure". Er stellte ferner fest, daß diese in relativ kurzer Zeit Löcher im Papier erzeuge.

Die Alaunbehandlung der Papiere wurde zu Beginn des 19. Jahrhunderts in der Papierindustrie eingeführt, so wie aus der Eisengallustinte entwickelt sich hier nebenbei Schwefelsäure.

Die Einführung des Holzschliffs, Mitte des 19. Jahrhunderts, verschärfte die Situation. Das Nicht-Cellulose-Material im Holzschliff und der chemisch schlecht aufbereitete Holzschliff bilden saure Abfallprodukte.

Wenn ferner Holzschliff mit Chlorkalk aufbereitet und anschließend mit Alaun behandelt wurde, konnte es zur Bildung von Chloraluminium kommen, welches seinerseits Salzsäure frei macht.

Barrow dachte, daß 90 Prozent aller alten Papiere schädlichen Säuregehalt aufweisen würden, er meint allerdings diejenigen mit pH 6 oder darunter.

Bei Papieren mit zu niederem pH-Wert müssen wir nun 3 Gruppen feststellen:

solche, bei denen die Übersäuerung schon während der Produktion stattfand, solche, in denen während der Produktion Ingredienzien angereichert wurden, die in der Folge zur Säurebildung führten, und drittens solche, die durch Umwelteinflüsse übersäuert wurden. Manchesmal addieren sich auch obige Phänomene.

Zur ersten Gruppe gehören von den oben erwähnten die mit Alaun behandelten, die der Kombination Holzschliff-Chlorkalk-Alaun, gewisse Eisengallusschriften und Kupfergrünkolorits u.a.m.

Unter die zweite Gruppe fallen beispielsweise die Holzschliffpapiere und Papiere mit Metalleinschlüssen, diese wirken oft katalytisch bei Umwelteinflüssen, bei chemischen oder restauratorischen Behandlungen. Diese Metallspuren kamen durch schadhafte Geräte der Papiererzeuger, durch die mit Nägeln verstärkten Holzhämmer der Stampfwerke in die Papiermasse oder einfach dadurch, wenn die Papiermühlen an eisen- oder kupferhaltigen Wässern gestanden haben.

Unter die dritte Gruppe fallen vornehmlich diejenigen Blätter, die durch das Schwefeldioxid der Großstadtluft betroffen sind. Zur Winterszeit rechnet man im Großstadtbereich mit $\frac{1}{3}$ Abgasen aus der Industrie, mit $\frac{1}{3}$ aus dem Hausbrand und mit $\frac{1}{3}$ Abgasen der Kraftfahrzeuge, dem Kohlenmonoxid, welches hier aber weniger ins Gewicht fällt. In dieser Gruppe, kurz mit dem Modewort "Air pollution" umrissen, ist es interessant, daß der Modellfall, und dieser sogar in sehr konzentrierter Form, bereits einmal da war, nämlich zur Zeit der Gasbeheizung und Gasbeleuchtung. Das klassische Beispiel ist nach wie vor jener gebundene Jahrgang 1900 des "Daily Express" in einer englischen Bibliothek, dessen Randpartien einen Schwefelsäuregehalt von 1,2 o/o aufweisen, im Gegensatz zum Mittelteil des Buchblockes mit 0,14 o/o, nachdem er 20 Jahre in einem mit Gas beleuchteten und beheizten Raum gestanden war.

Wenn Langwell nachweist, daß Papier schon von 0,8 o/o Schwefelsäure zerstört wird, bedeutet dies, daß die Randpartien eines Buchblockes bei 1 o/o abbrechen werden; Langwell weist ferner darauf hin, daß höhere Papierqualität keinen vermehrten Schutz gegen Umwelteinflüsse dieser Art bedeutet und erläutert die Säureempfindlichkeit der Papiere als Öffnung der Kettenglieder der Cellulosemolekülkette.

Browning weist darauf hin, daß Säure zu Hydrolyse führt, die bei Cellulose Spaltung in Traubenzucker zur Folge hat. Neben Spuren von Säuren im Papier kann auch schon das Vorhandensein kleiner Mengen anorganischer Salze zu Schädigungen führen.

Der chemische Vorgang von Schwefelsäurebildung im Falle "Air pollution" verläuft so, daß durch die Anwesenheit metallischer Spuren Schwefeldioxid zu Schwefeltrioxid oxydiert wird, welches mit Luftfeuchtigkeit Schwefelsäure ergibt.

Der Säuregehalt in den Papieren wurde in den bisherigen Publikationen vielleicht immer zu allgemein behandelt, man begnügte sich mit der Feststellung des pH-Wertes ohne Differenzierung der Ursachen. Der Grad der Gefährlichkeit der Säuren ist unterschiedlicher Art, manche Säuren verdampfen bereits teilweise ohne Zutun des Restaurators (Salzsäure, Essigsäure), andere verdampfen nicht und zerstören effektiver (Schwefelsäure, Phosphorsäure). Schwefelsäure kann auch quasi katalytisch zu anderer Säurebildung führen.

Und nun zu den einzelnen Systemen:

1. Auswässern allein bedeutet bereits ein Reduzieren des Säuregehalts, ein Herauswaschen der abgebauten Partikel und damit eine Erhöhung der Elastizität des Papiers.

Bei Auftreten von Tintenfraß verwendet man in der Biblioteca Vaticana beispielsweise entweder heiße Bäder oder man kocht die Blätter sogar aus. Sicher ein gutes Verfahren, um den Säuregehalt zu reduzieren, auf längere Sicht müßte man allerdings noch einen alkalischen Puffer zusätzlich einbauen. Wenn es sich bloß um einen schwachen Säurebefall gehandelt hat, mag nach dem Auswässern sogar schon ein Bestreichen der Blätter mit tierischem Leim oder mit Methylcellulose (wenn sie alkalisch ist) genügen.

Wir wollen hier zunächst untersuchen, wieviel die Papierrestauratoren bei der Verwendung guter alter Hausmittel, oft unbewußt, bereits für die Neutralisierung saurer Papiere getan haben.

2. Es ist bekannt, daß Kleber auf Eiweißbasis, in diesem Fall besonders die tierischen Leime, neben diversen nachteiligen Eigenschaften, wie Schimmelfähigkeit u.a.m., auch positive Eigenschaften besitzen. Wichtig ist für uns, daß sie Schwankungen im sauren und basischen Bereich selbständig abfangen können, in Grenzen natürlich, nicht bei extremen Werten. So wie sich im menschlichen und im tierischen Organismus beispielsweise Schwankungen dieser Art von selbst ausgleichen und erst im Extremfall (z.B. bei stark übersäuertem Magen) zu Medikamenten gegriffen werden muß, so ähnlich reguliert in unserem Fall tierischer Leim selbständig. Man kann sich diese Eigenschaft im "Essigleim" zu Nutze machen, um ihn als Kaltleim zu verwenden, in alten Rezeptbüchern wird er schon so empfohlen.

Am Istituto di Restauro in Rom hat man bei der Gemälderestaurierung den Essigleim, weil als Kaltleim gut verwendbar, in Anwendung. Die Tests ergaben, daß nach einigen Monaten Säurespuren nicht mehr feststellbar sind. Das Kleben der Risse im Pergament mit Essigsäure im Istituto di Patologico del Libro und die Verwendung von Pergamentleim mit Essig liegen auf der gleichen Linie.

Mit dem Nachleimen der Papiere mit tierischem Leim setzt man damit gleichzeitig einen Säurepuffer ein.

Es drängt sich hier weiter die Überlegung auf, daß die alten Papiere vielleicht nicht nur wegen der höheren Qualität der Faser und wegen der geringeren Umweltbeeinflussung dauerhafter waren. Wenn die Papieroberfläche durch das Planierwasser an sich schon einen Schutzfilm im physikalischen Sinn erhalten hat, mag dieser auch im chemischen Sinn ausgleichend gewirkt haben.

3. Ein weiteres Bindemittel kann uns bei der Neutralisierung behilflich sein. Die von vielen Kollegen als Klebe- und Regenerierungsmittel verwendete Methylcellulose ist oft alkalisch. Schwach säurehaltige Papiere erhalten durch die Behandlung mit Methylcellulose erst einen brauchbaren pH-Wert, die Cellulose wirkt dann weiterhin als Puffer.

4. Das Begasen saurer Papiere mit Ammoniak wird mehrfach geübt, es ist dies eine gute, aber vielleicht keine sehr dauerhafte Methode; nach ein paar Wochen ist der Effekt wieder passé. Hingegen erweist sich eine Kombination mit dem vorher gesagten als sehr brauchbar und wird in vielen Fällen genügen, nämlich die Methode:

Ammoniakbegasung - gut auswässern - Bestreichen mit Methylcellulose. Im Falle von Tintenfraß ist bei allen chemischen feuchten Verfahren die Gefahr des Auslaufens der Tinte und die Ausbildung von braunen Höfen und Verfließungen gegeben. Bei Tintenschriften kann dieses Manko vielleicht manchmal noch in Kauf genommen werden, in keiner Weise darf aber der Tintenstrich bei einer Federzeichnung verrinnen oder auch nur unscharf werden. Mit obigem Verfahren besteht keine Gefahr des Auslaufens des Tintenstriches.

5. Calciumcarbonat. 1940 erste Versuche in den USA (Barrow).

a) Lösung von Calciumhydroxid (Entsäuerung).

b) " " Calciumbicarbonat, um restliches Hydroxid in Carbonat überzuführen.

Dieser Prozeß neutralisiert und erzeugt

c) Calciumcarbonat (Kalk) CaCO_3 als Puffer.

Untersuchungen ergaben, daß alte Papiere mit einem gewissen Kalkgehalt in besserem Zustand waren (ähnlich den Pergamenten). Calciumverbindungen bewirkten meist einen pH-Wert von 7 bis 8 Ursprünglicher Kalkgehalt entweder durch Reste von früheren Bleichmethoden oder durch Reinigen der Lumpen mit kalkhaltigem Wasser.

Rezept Plenderleith:

- a) 0.15 o/o Lösung von Kalkwasser (gebr.Kalk, CaO)
20 Minuten
Neutralisierung und leichter Überschuß von Calciumoxid.
- b) Bad von Calciumcarbonat 0.20 o/o
20 Minuten
Überschuß von Calciumoxid wird übergeführt in Calciumcarbonat (gew.Kalk) und in den Papierfasern angelagert.

Die angelagerte Menge Kalk ist gering, reicht aber im allgemeinen aus zum Schutz in Stadtgebieten. Die meisten entsäuerten Papiere halten dann den Test der Ofenalterung von ca. 24 Tagen bei 100° C aus, dies bedeutet eine natürliche Alterung von etwa 200 Jahren.

6. Magnesiumbicarbonat. Barrow: Weitere Versuche mit Magnesiumacetat, Harnstoff, Magnesiumcarbonat, und Magnesiumbicarbonat. Alle diese Lösungen verbesserten die Falzfestigkeit saurer Papiere.

!Auch das bloße Wässern der Papiere erhöhte Falzfestigkeit!

Herauslösen abgebauter - oxydierter - Partikel

" " harter Leimreste (Gel)

verringertes Scheuereffekt beim Umbiegen und Falten

Erweichen der Leimsubstanz

Papierfaser braucht Feuchtigkeit (Forschungsvorhaben).

Magnesiumbicarbonat gab beste Resultate (Falz-, Reißfestigkeit, Viskosität der Cellulose, Polymerisationsgrad - Langkettenmoleküle).

25 g Magnesiumbicarbonat / 1 Liter Wasser

bessere Konzentration der Lösung nach Durchleiten von gasförmigem CO₂ mittels Dispersionsröhre.

Magnesiumcarbonat nicht sehr stabil, bei Verdunsten der Lösung Zerfall in Magne-

siumcarbonat, Wasser und Kohlendioxid.

Spray- und Berieselungsverfahren für Einzelblätter und gefächerte Buchblöcke:

Einbände mit Aluminiumfolie zu schützen.

Auffächern beim Trocknen mittels Spezialstütze.

Wenn 25-30 o/o Alkohol der Magnesiumbicarbonatlösung zugesetzt werden, wellen sich die Blätter beim Trocknen weniger.

Wenn bei Tintenfraß die Tinte ausläuft, nur von der Rückseite besprühen.

7. Magnesiumbicarbonat + Methylcellulose. Der regenerierenden Methylcellulose obige Magnesiumbicarbonatlösung zusetzen (Dipl.-Ing. Hruschka, auch Hoffmann) 10 o/o.

8. Natriumbicarbonat (Dipl.-Ing. Hruschka, Abteilung Zellstoff und Papier im Österreichischen Holzforschungsinstitut).

"Speisesoda", 10prozentige Lösung in Wasser.

Wenn Tintenschrift ausläuft, von rückwärts sprühen oder Blatt zuerst mit Methylcellulose verstärken.

9. Bariumhydroxid (wirkt stark alkalisch)

"Nicht-wässrige Methode" bei Auslaufen der Tinten, von A.D. Baynes-Cope (Research Laboratory am British Museum):

19 g Bariumhydroxid / 1 Liter Methanol (Methylalkohol)

Spritzen oder Streichen

Vorsicht, giftig, bei Sprühen explosiv!

Bariumverbindungen oft giftig, Hände waschen, Lebensmittel nicht berühren.

Moderne Tinten und Pigmente können in Methanol löslich sein.

10. Nylonlösung + Bariumhydroxid. Bei sehr instabilen Tinten wird am British Museum mit folgender Lösung gearbeitet (flüssiges Nylon zu Festigung):

5 o/o w/v N-methoxymethyl Nylon + 1 o/o w/v Bariumhydroxidlösung in Methanol.

11. Borax (Desbarats) löst sich in Wasser mit alkalischer Reaktion, Löslichkeit abhängig von der Temperatur. In 100 g Wasser lösen sich bei

t	0°	10°	20°	30°	50°	90°
g	3	4,5	8	12	30	120

also bei Zimmertemperatur etwa 10 g.

Neben der Neutralisierung löst Borax auch störende Oxide, allerdings auch Casein-

bindungen (Vorsicht bei Tempera!) und allenfalls die Caseinbindung bei Kunst-
druckpapieren (90 o/o der Kreideschicht der Kunstdruckpapiere haben Caseinbindung).

12. Cyclohexylamincarbonat. Langwell's Entsäuerung mittels Cyclohexylamincarbonat
kritisch beschrieben im "Restaurator" 1/3.

Vorteile: CHC steigert pH-Wert (starke Base)
erhöht Falzfestigkeit.

Nachteile: Erzeugt in feuchter Luft giftige Dämpfe
scheint Harzleimung zu zerstören
verringert Helligkeit und Fluoreszenz der Papiere.

Etikette mit Warnung bei Benützung mit CHC behandelter Papiere:

Enthält CHC!

Nur in gut ventilierten Räumen benützen!

Gummihandschuhe benützen!

Bei Berührung gut mit Wasser waschen!

Wenn Augen berührt wurden, zum Arzt gehen!

Wenn CHC geschluckt, größere Mengen Zitronensaft oder verdünnter Essig
trinken.

Von Kindern fernhalten!

Dieses Verfahren ist in der Praxis schwer durchzuführen, sollte dem Restaurator
aber bekannt sein.

13. Kölner Methode. UV-Strahlen zur Entsäuerung? (IADA-Mitteilungen Nr. 34).

Doch eher a) Entsäuerung mittels eines Spray-Verfahrens und

b) gleichzeitig Bleichung mit UV + Ozon (künstliche Nachbildung der
ursprünglichen Rasenbleiche).

Die Neutralisierung durch UV-Strahlen allein dürfte nur einer theoretischen Über-
legung entspringen. Die tatsächliche Neutralisierung in diesem System wird durch
die vernebelte Natronlauge bewirkt.

Literatur

- W.J. Barrow: A Two-Year Research Program. Permanence/Durability of the Book. I.1963.
- " Test Data of Naturally Aged Papers. " II.1964.
- " Spray Deacidification " III.1964.
- " Strength and Other Characteristics of Book Papers 1800-1899. Permanence/Durability of the Book. V.1967.
- " The Barrow Method of Restoring Deteriorated Documents. 1966.
- H.J. Plenderleith: The Conservation of Antiquities and Works of Art, London Oxford Univ. Press 1956.
- H. Römpf: Chemie Lexikon. Stuttgart 1966.
- W.H. Langwell: The Conservation of Books and Documents. London 1957.
- A.D. Baynes-Cope: The Non-aqueous Deacidification of Documents, Restaurator Vol. 1. Nr.1. 1969.
- R.N. Dupuis; J.E. Kusterer, Jr and R. Sproull: Evaluation of Langwell's Vapor Phase Deacidification Process. Restaurator Vol. 1. Nr.3. 1970.
- M. Hey: The Use of the Scanning Electron Microscope in Document Restoration Problems. Restaurator Vol. 1. Nr.4. 1970.
- G. Brannahl: Entsäuern und Reinigen mit UV-Strahlen.
- B.L. Browning: Analysis of Paper. New York 1969.
- Taschenbuch der Papierprüfung. Darmstadt 1958.

Summary

The neutralization of acid papers

Many restorers had asked to return to the question of the various methods of deacidification of paper, although this problem has been discussed several times before. Paper can become too acid during production, or by inconvenient storage, or by contact with iron gall ink or verdigris.

The actual problem "air pollution" (sulphur dioxide, sulphuric acid contents in the cities air) shall be examined as a parallel case to acidity once caused by gas light and gas heating.

The various system:

1. Aqueous solutions - wet methods:

Calcium hydroxide (calcium oxide) and calcium bicarbonate (CaHCO_3),

Calcium carbonate (CaCO_3) as a buffer (Barrow),

Sodium bicarbonate

Borax

Methylcellulose and its alkalinity

The tolerance of the binding agents on protein base in the acid region,

2. The gas- or spray process, in the case of flowing out of the iron gall ink caused by erosion of the ink:

Ammonia (not lasting),

Combination: Ammonia - rinsing - methylcellulose,

Fumigating with CHC (Cyclohexylamine carbonate) (Langwell),

Bariumhydroxide in methanol (A.D. Baynes-Cope),

Magnesiumbicarbonate - spraying (Barrow),

Magnesiumbicarbonate as an additive to methylcellulose,

The Knubben-system (deacidification by caustic soda solution).

Résumé

La neutralisation de papiers acidifères

Bien que le problème de la "désacidification" ait déjà fait l'objet de nombreuses discussions, on prend ici position, de la façon la plus complète possible, à la demande de plusieurs restaurateurs, sur le phénomène de la présence d'acide dans le papier (au cours de la production, par corrosion de l'encre ou de la couleur, vert de gris) ainsi que sur les différentes possibilités de traitement.

A une époque où archives et bibliothèques sont chauffées et éclairées au gaz, le problème moderne de la pollution de l'air (anhydride sulfureux, acide sulfureux dans l'air des grandes villes) sera étudié en parallèle aux dégâts causés par l'acide.

Les différentes méthodes:

1. Les solutions aqueuses - procédés par voie liquide
Hydroxide de calcium (chaux vive) et bicarbonate de calcium,
Carbonate de calcium (carbonate de chaux) comme tampon (Barrow),
Bicarbonate de sodium
Borax
Méthylcellulose et son alcalinité
La tolérance des matières agglutinantes à base de protéines en milieu acide.
2. Procédé utilisant un vaporisateur, lorsqu'en cas de corrosion les encres galliques ferrées ont tendance à s'étendre en prenant une teinte marron
Gaz ammoniac (n'est pas très durable)
Combinaison: gaz ammoniac - bain - méthylcellulose
Vaporisation de CHC (carbonate de cyclohexylamine) (Langwell)
Hydroxide de baryum dans de l'alcool méthylique (A.D. Baynes-Cope)
Bicarbonate de magnésie - procédé d'irrigation
Bicarbonate de magnésie en complément à de la méthylcellulose
Système Knubben (neutralisation au moyen de lessive de soude).

Diskussion

Entsäuerung

SIEVERS: Es wurde eben gesagt, daß Bariumverbindungen giftig sind, nun wird aber doch Bariumbrei als Kontrastmittel bei Röntgenuntersuchungen eingenommen.

WÄCHTER: Die Wasserlöslichen Bariumverbindungen sind giftig, sie verursachen Muskelkrämpfe und Herzstörungen. Bei der besprochenen Bariumlösung ist das Methanol das giftigere. Auch in Dampfform eingenommen ist Methanol giftig, Vorsicht bei Sprayverfahren!

Dr. HAYWORTH: Das Bariumsulfat als Kontrastmittel ist im Magen völlig unlöslich und daher ungefährlich.

BRANNAHL: Die Methylcellulose als basischen Puffer einzusetzen halte ich nicht für möglich, unsere MC-Lösungen reagieren eher sauer.

WÄCHTER: Das ist hochinteressant. Wir beziehen eine MC 400 der Österreichischen Heilmittelwerke, diese ist alkalisch, in der Lösung zeigt sie etwa pH-Wert 7,7, sogar mit dem leicht sauren Leitungswasser, der aufgetrocknete Cellulosefilm zeigt dann etwa 7,3. Eine jugoslawische MC, die wir einmal probierten, war noch alkalischer.

BRANNAHL: In der Restaurierungswerkstatt der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen war beobachtet worden, daß Methylzellulose (MC), in doppelt destilliertem oder auch normal entsalztem Wasser (pH 6,8) gelöst, pH-Werte zwischen 4,0 - 5,0 aufwies. Es handelte sich bei dem Produkt um die TYLOSE MH 300 der Firma Hoechst. Die Lösung der MC in Leitungswasser ergab neutrale Werte.

WÄCHTER: Vielleicht könnte man sich da einmal bei der Erzeugerfirma erkundigen.

BRANNAHL: Auf eine entsprechende Anfrage hin wurde uns von den Farbwerken Hoechst empfohlen, dem destillierten Wasser 10-25 o/o Stadtwasser zuzusetzen. Eine mitgesandte Probe des gleichen Produktes THYLOSE MH 300 reagierte eigenartigerweise neutral, die pH-Werte der Lösungen stiegen sogar leicht an.

WÄCHTER: Man sollte nicht nur die Cellulose-Lösungen messen, sondern auch die aufgetrockneten Cellulosefilme. Möglicherweise ergeben sich hier Differenzen, bei unserer Cellulose ist es so.

BRANNAHL: Entsprechende Versuche haben ergeben, daß bei Verwendung von in Leitungswasser gelöster MC nach dem Auftrocknen keine Veränderungen des pH-Wertes festzustellen war; die pH-Werte der Papiere, die mit in destilliertem Wasser gelöster MC bestrichen waren, fielen nach dem

Trocknen um einige Zehntelgrade. Saure Papiere waren dabei anfälliger als solche mit annähernd neutralen Werten. Bei Versuchen mit Carboxyd-methylcellulose (CMC) blieben die pH-Werte der Lösungen konstant neutral.

WÄCHTER: Nach diesen divergierenden Eigenschaften der MC bleibt uns nichts anderes übrig, als daß jeder Kollege seine Lösungen von MC mißt und sie danach einsetzt. Sicher hängen die Schwankungen vom jeweiligen Leitungswasser ab. Unsere Gebirgswässer sind oft kalkhältig (zum Nutzen des Restaurators). Ein gutes Trinkwasser (Quellwasser) soll im Liter bis zu 600 mg und mehr gelöste Salze haben. In regenreichen Zeiten sind im Leitungswasser meist geringere Promillsätze an Gelöstem enthalten als etwa im regenarmen Hochsommer. Um eine Übersicht zu erhalten, möchten wir die Kollegen ersuchen, ihre Methylcelluloselösungen zu messen und auch die aufgetrockneten Cellulosefilme.

DESBARATS: Bitte diese Werte an die Schriftleitung (Brannahl) einzusenden.
