



Internationale Arbeitsgemeinschaft
der Archiv-, Bibliotheks- und Graphikrestauratoren

1

ASTRID - CHRISTIANE BRANDT

Docteur en Archeologie

EINSATZ DER MICROWELLEN ZUR TROCKNUNG
VON NASSBEHANDELTEM PAPIER

Centre National de la Recherche Scientifique
2, rue Henri Dunant
94320 Thiais

Frankreich

KURZFASSUNG

Der Einsatz von Mikrowellen ermöglicht es Papier schnell zu trocknen, ohne dass dadurch die Papiereigenschaften beeinträchtigt werden. Auf der Grundlage eines C.N.R.S.-Patents wurde ein Mikrowellengerät speziell für die blattweise Trocknung von nassbehandeltem oder wassergeschädigten Papier entwickelt. Die durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, dass die ganze Papieroberfläche gleichmässig getrocknet wird. Das Wasser wird dem Papier schnell entzogen, ohne dass es dabei zu einem starken Temperaturanstieg kommt. Das Papier behält seine natürliche Restfeuchtigkeit, da eine Energiekonzentration und Überhitzung des Papiers vermieden wird. Bei der Trocknung von mit Kunststoffen imprägnierten Papieren fällt die Art des Kunststoffs und dessen Anwendungsweise nur wenig ins Gewicht.

ABSTRACT

The use of microwaves in drying paper allows quickness of the process without deterioration of the paper properties. Based on a C.N.R.S. patent, a microwave dryer has been achieved, specially realized to dry restored paper after aqueous treatment or watersoaked library materials, either as single sheets or in bundles. Studies were made which pointed out the homogeneous drying of the paper. The water was rapidly evaporated whereas the paper temperature did not rise. The residual water then remains in the paper as we avoid the energy concentration to occur as well as the overheating of the paper. During the drying process of paper impregnated with synthetic resins, the type of polymer or its application on the support have no negative influence.

1. EINLEITUNG

Die für den Bereich der Papierkonservierung und -restaurierung entwickelten Methoden beinhalten häufig eine wässrige Behandlung. Im Allgemeinen erfolgt die Trocknung der nassbehandelten Blätter an der freien Luft auf dafür vorgesehenen Trockenregalen. Die Blätter trocknen innerhalb von 10 bis 15 Stunden. Um den Trocknungsvorgang zu beschleunigen sind bisher nur konventionelle Trocknungsmethoden angewendet worden. Bei diesen Methoden wird die Verdunstung des Wassers durch Konvektion (Heissluftgebläse...), Wärmestrahlung (Infrarot...) oder direkten Kontakt (heisse Walze, Platte...) hervorgerufen. Um eine schnelle Trocknung zu erreichen (wenige Minuten), muss sowohl das Wasser als auch das Material stark erhitzt werden. Dies bewirkt unweigerlich eine Verhornung der Papierfasern und vermindert so die Wirkung der Konservierungsmassnahmen.

Der Einsatz von Mikrowellen zur Trocknung nassbehandelter Papiere ermöglicht es dagegen die Blätter in wenigen Minuten zu trocknen, ohne dass dadurch die Papiereigenschaften beeinträchtigt werden. Die Mikrowellentrocknung unterscheidet sich grundsätzlich von allen konventionellen Trocknungsmethoden. Die selektive Absorption der Mikrowellen durch Wassermoleküle bewirkt die schnelle Verdunstung des nur schwach an das Material gebundenen Wassers, ohne dass die Temperatur des Materials dabei unnötig erhöht wird. Die in der Papierindustrie durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, dass die Papiereigenschaften durch die Mikrowellentrocknung nicht beeinträchtigt, sondern eher verbessert

werden (1,2) : Die Bruchdehnung wird um etwa 25 % erhöht und die Dauerbiegezahl um 40 % verbessert.

Im Bereich der Papierkonservierung sind die Mikrowellen zuerst für die Trocknung wassergeschädigter Bücher und Dokumente eingesetzt worden (3,4,5). Es konnte bestätigt werden, dass sich die Mikrowellentrocknung nicht negativ auf die Papiereigenschaften auswirkt. Die Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass es an einigen Stellen zu einer Energiekonzentration kommen kann, da die Verteilung des elektrischen Feldes im Innern der für die Trocknung benutzten "Mikrowellenöfen" nicht homogen ist. Um die Übertragung der Mikrowellenenergie auf das zu trocknende Material zu kontrollieren und zu optimieren, müssen spezielle Mikrowellengeräte, die eine homogene Trocknung gewährleisten, entwickelt werden.

Auf der Grundlage eines vom C.N.R.S. entwickelten Patents (6), wurde ein Mikrowellengerät speziell für die blattweise Trocknung von nassbehandeltem Papier entwickelt. Dieses Gerät kann auch für die Trocknung wassergeschädigter Dokumente eingesetzt werden, wenn diese blattweise oder in Lagen getrocknet werden können.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden kürzlich veröffentlicht (7). Der vorliegende Beitrag fasst diese Ergebnisse noch einmal kurz zusammen und stellt die vorläufigen Ergebnisse einer derzeitigen Untersuchung über den Einsatz der Mikrowellen zur Trocknung von nassimprägniertem Papier vor.

2. EIGENSCHAFTEN DER MIKROWELLEN

Einige Grundbegriffe sind zum besseren Verständnis der Wirkung von Mikrowellen unentbehrlich.

2.1 Frequenzbereich der Mikrowellen

Mikrowellen sind elektromagnetische Wellen. Ihr Frequenzbereich erstreckt sich von 300 Megahertz bis 300 Gigahertz, was Wellenlängen von 1

Meter bis 1 Millimeter entspricht (Abbildung 1). Um jedoch das Fernmeldewesen nicht zu stören, ist für die energiereiche Anwendung der Mikrowellen in Europa (mit Ausnahme von Grossbritannien) nur die Frequenz von 2.45 Gigahertz (12.3 cm) zugelassen.

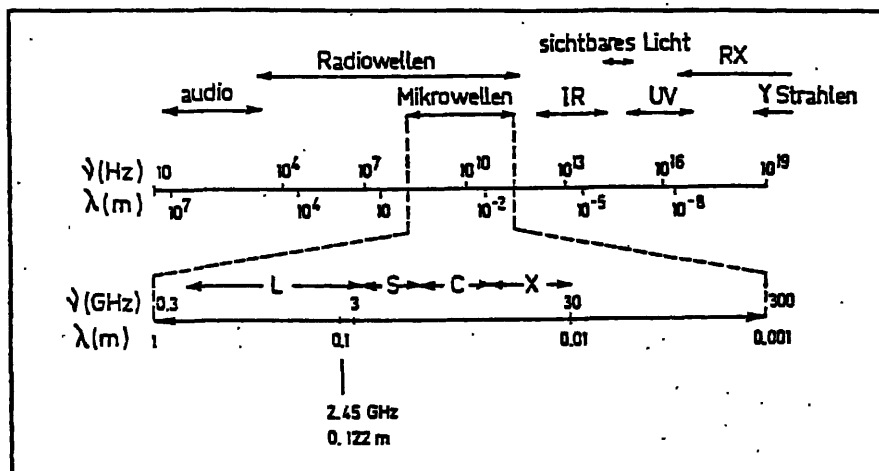


Abbildung 1 : Elektromagnetisches Spektrum

2.2 Prinzip der Wärmeerzeugung durch Mikrowellen in dielektrischen Stoffen

Die Quantenenergie der Mikrowellen ($\Delta E = h\nu$) ist gering. In dielektrischen Stoffen (elektrische Nichtleiter) können Mikrowellen nur eine Orientierungspolarisation der Moleküldipole oder eine Verschiebung eventuell vorhandener elektrischer Ladungen hervorrufen.

Moleküle in denen die Verteilung der elektrischen Ladungen nicht symmetrisch ist, besitzen einen dielektrischen Dauerdipol. Wasser ist ein Beispiel für ein solches Molekül (Abbildung 2).

In einem elektrischen Feld orientieren sich die Moleküldipole μ ähnlich wie Magnete in einem Magnetfeld. Die Orientierung erfolgt jedoch nur bis zu einem bestimmten Grad, der vom Molekulargewicht und von der "Bewegungsfreiheit" der Moleküle abhängig ist. Die Frequenz, von der ab sich

die Moleküldipole nicht mehr im elektrischen Feld orientieren können, wird als Relaxationsfrequenz bezeichnet. Ein Teil der Energie, die zur Orientierung der Moleküldipole vorhanden ist, wird durch die durch Reibung entstehenden dielektrischen Verluste in Wärme umgewandelt.

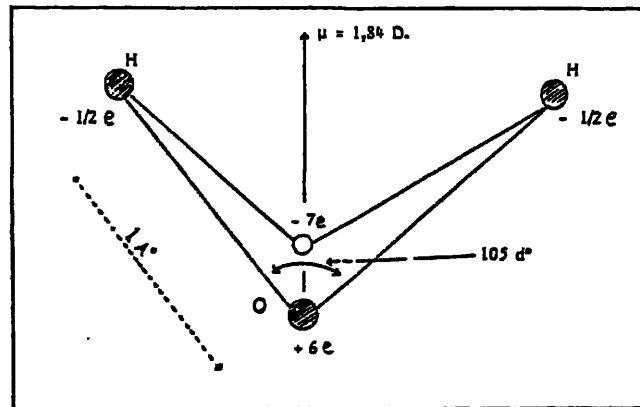


Abbildung 2 : Dielektrischer Dauerdipol des Wassermoleküls (Modell-Verwey)

In dielektrischen Stoffen, deren Struktur nie ganz perfekt ist, kommen zu den dielektrischen Verlusten noch Verluste durch elektrische Leitfähigkeit, die auf vorhandene Ladungen (Elektronen, Ionen) zurückzuführen sind, hinzu. Die Bedeutung dieser Verluste nimmt bei steigender Frequenz ab, ist jedoch direkt von der Dichte der elektrischen Ladungen abhängig. Wenn die Dichte der freien elektrischen Ladungen stark ansteigt, nimmt die Wirkung des elektrischen Feldes im Innern des dielektrischen Stoffs schnell ab. Die Wirkung wird ganz aufgehoben, sobald das Material den Strom leitet.

2.3 Bevorzugte Absorption der Mikrowellen durch Wasser

Die bevorzugte Absorption der Mikrowellen durch Wasser ist für die Mikrowellentrocknung besonders interessant. Wasser kann sich jedoch je nach Bindungszustand den Mikrowellen gegenüber sehr unterschiedlich verhalten.

Die Abbildung 3 zeigt in welcher Weise die "Bewegungsfreiheit" der Wassermoleküle die Relaxationsfrequenz des Wassers beeinflusst. Je

eingeschränkter die Bewegungsfreiheit der Moleküle ist, desto geringer sind die Frequenzen bei denen es zu einer Relaxation der Moleküle kommt. Die "Bewegungsfreiheit" der Moleküle ist sowohl vom Aggregatzustand des Wassers (fest, flüssig, gasförmig), als auch von dessen Bindungszustand in einem vorhandenen Substrat abhängig (gebundenes und ungebundenes Wasser). Im Frequenzbereich der Mikrowellen ist die Relaxation des flüssigen ungebundenen Wassers maximal, während die des gebundenen Wassers und des Substrats von unbedeutender Grösse ist.

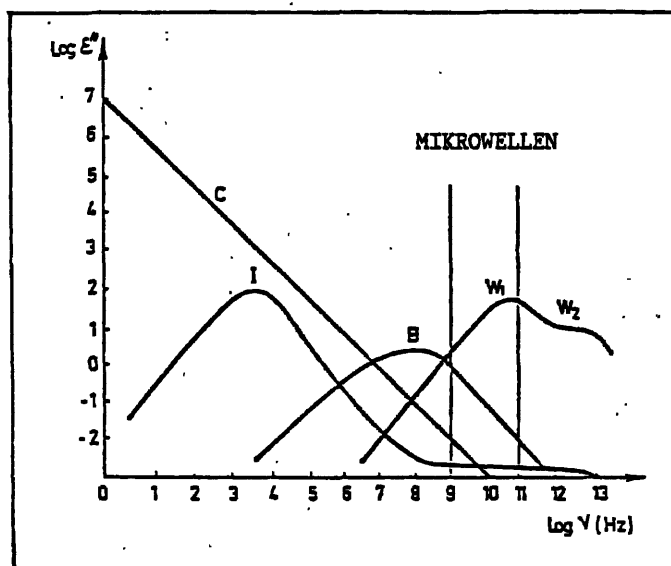


Abbildung 3 : Dielektrische Verluste des Wassers in Abhängigkeit der Frequenz. C : durch Ionen hervorgerufenen Leitfähigkeit, I : Relaxation des festen Wassers (Eis), B : Relaxation des gebundenen Wassers, W1 und W2 : Relaxation des freien Wassers

Die Mikrowellentrocknung eines feuchten Materials ist umso wirksamer je geringer die Bindung der Wassermoleküle an das Material ist. Die Untersuchung des dielektrischen Verhaltens von dem im Zellstoff eingeschlossenen Wasser (8) hat gezeigt, dass der Verlauf der dielektrischen Werte zwei unterschiedliche Bindungszustände des Wassers sichtbar macht. Man kann so zwischen dem ungebundenen Wasser und dem direkt an die

Zellulosefasern gebundenen Wasser, durch einen kritischen Wassergehalt voneinander getrennt, unterscheiden. Der kritische Wassergehalt ist von der spezifischen Oberfläche der Fasern Wasser gegenüber abhängig. Bei den untersuchten Zellstoffen liegt er zwischen 3.5 und 6.5 % (bezogen auf das Trockengewicht). Bei einer Mikrowellentrocknung kann es von diesem Punkt an zu einer Energiekonzentration im Innern des Zellstoffs kommen, wenn die Energiezufuhr nicht kontrolliert wird. Der das Wasser immer stärker zurückhaltende Zellstoff kann die zugeführten Kalorien nicht mehr schnell genug abführen. Das Material kann sich aus diesem Grund stark erhitzen.

3. EIGENSCHAFTEN DES NEU ENTWICKELTEN MIKROWELLENTROCKNERS

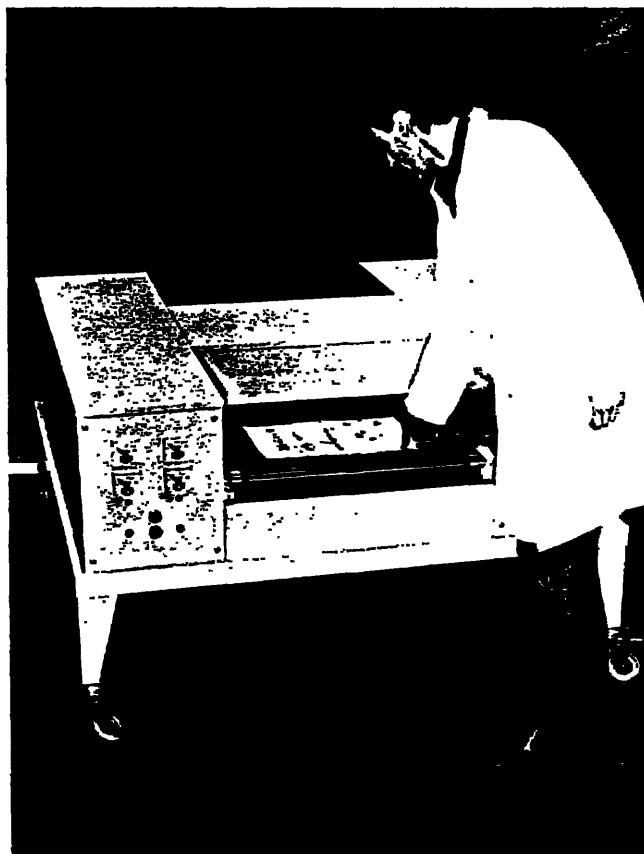
Das neu entwickelte Mikrowellengerät ist für die Trocknung von Papier, blattweise oder in mehreren Lagen (bis zu einer Dicke von 10 bis 15 mm) geeignet. Das Papier durchläuft die Mikrowellenleiter auf einem Förderband in Hin- und Rückbewegung (Foto) oder kontinuierlich. Das Gerät wird jetzt von der Firma MICROONDES ENERGIE SYSTEMES * unter dem Namen PULSAR hergestellt und verkauft.

Foto : Der neue Mikrowellentrockner
PULSAR (Standardmodell)

*MICROONDES ENERGIE SYSTEMES

15, rue des Solets, SILIC 432

94583 RUNGIS/FRANCE



Durch die Form der Mikrowellenleiter (überdimensioniert mit kontrollierter Polarisation des elektrischen Felds; Patent C.N.R.S.), durch die eingesetzte Leistung (Höchstleistung 800 Watt) und durch den Betrieb (keine Resonanzzeugung, kontinuierliche Trocknung) ist es möglich einen sich selbst einregulierenden Ablauf zu erzielen, in dem die Energie der Mikrowellen ausreichend ist, um das Papier in wenigen Minuten zu trocknen, ohne es zu überhitzen, wenn der kritische Wassergehalt erreicht ist.

4. ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN ZUR MIKROWELLENTROCKNUNG VON NASSEM PAPIER

Die Ergebnisse der kürzlich veröffentlichten Untersuchung (7) sollen hier nochmals kurz zusammengefasst werden. Die Trocknungsversuche haben folgendes gezeigt :

1°) Die ganze Papierfläche trocknet in gleichmässiger Weise. Das Wasser wird dem Papier schnell entzogen, ohne dass es dabei zu einem starken Temperaturanstieg kommt. Das Papier behält seine natürliche Restfeuchtigkeit, da eine Energiekonzentration und Überhitzung des Papiers vermieden wird.

2°) Bei gleichem Wassergehalt und Anwendungen in denen das Papier die Mikrowellenleiter in Vor- und Rückbewegung durchläuft, hängt die Trocknungszeit nur von der angewendeten Leistung ab. Die Trocknungszeit ist umso kürzer je höher die Leistung ist (Abbildung 4).

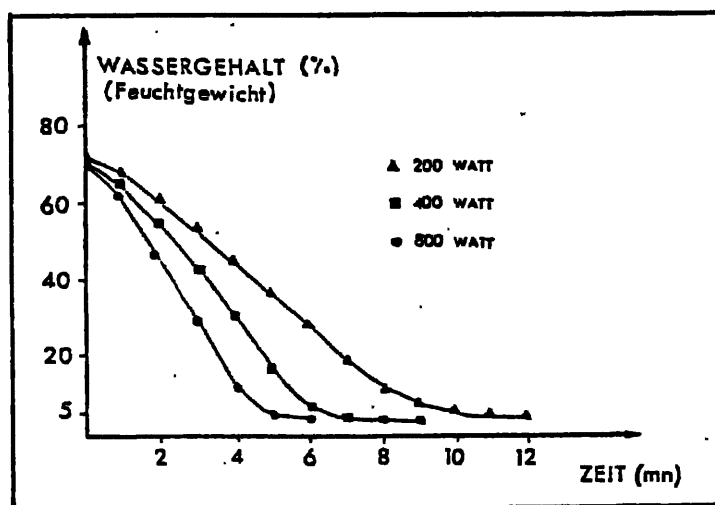


Abbildung 4 : Trocknungszeit in Abhängigkeit der Mikrowellenleistung

Dagegen ist die Trocknungskapazität unabhängig von der Leistung. Die Menge des per Kilowatt und per Stunde entzogenen Wassers ist natürlich von der Leistung abhängig (Tabelle 1).

Mikrowellenleistung (Watt)	Materialtemperatur (°C)	entzogenes Wasser (Kg/Kw)	Ertrag (%)
800	43 ± 3	1,155	77
400	32 ± 2	0,715	48
200	30 ± 2	0,520	35

Tabelle 1 : Angaben für ein 45 g/m² schweres Holzschliffpapier (zu trocknende Fläche 0.22 m², Durchlaufgeschwindigkeit 2 m/mn)

3°) Die mittlere Materialtemperatur hängt zugleich von der Leistung, der Durchlaufgeschwindigkeit, dem Flächengewicht und der Blattzahl ab. Um die Gefahr einer Überhitzung völlig abzubauen, ist es ratsam blattweise zu trocknen. Bei lagenweiser Trocknung kann es zu einem Temperaturanstieg kommen, der von der Blattzahl (Stärke) abhängig ist. Das Risiko einer Überhitzung kann jedoch ganz ausgeschaltet werden, wenn man die Mikrowellenleistung verringert oder die Durchlaufgeschwindigkeit erhöht (Tabelle 2).

Papier	Flächengewicht (g/m ²)	Blattzahl	Stärke (mm)	Mikrowellenleistung (Watt)	Materialtemperatur (°C)
Hadern	224	1	0,3	800	60
Holz - schliff	45	1	0,07	"	47
	"	10	0,7	"	69
	"	20	1,5	"	85
	"	40	2,9	400	69
	"	40	2,9	200	61

Tabelle 2 : Materialtemperatur in Abhängigkeit äusserer und innerer Faktoren

4°) Manuskripte, die mit metalloxydenthaltenden Tinten beschrieben sind, können ohne weiteres mit Mikrowellen getrocknet werden.

5°) Bei wassergeschädigten Dokumenten sollten, wenn möglich, alle vorhandenen Metallklammern vor der Trocknung entfernt werden.

5. UNTERSUCHUNG DER MIKROWELLENTROCKNUNG VON NASSIMPRAGNIERTEM PAPIER

Die Verwendung von synthetischen Materialien, um die Papiereigenschaften zu verändern oder zu verbessern ist seit langem bekannt. Seit einiger Zeit werden Kunststoffe auch für die Restaurierung von Papier eingesetzt, da sie interessante Eigenschaften besitzen, die sich mit natürlichen Makromolekülen nicht oder nur unzulänglich erreichen lassen.

Im Bereich der Papierkonservierung und -restaurierung werden Kunststoffe entweder in organischen Lösungsmitteln oder in wässrigen Lösungen und Dispersionen angewendet. In organischen Lösungsmitteln gelöste Kunststoffe haben eine Reihe von Nachteilen, die in ihrem Geruch, ihrer Gesundheitsschädlichkeit und ihrer Feuergefährlichkeit begründet sind. Kunststoffe in wässrigen Lösungen oder Dispersionen haben diese Nachteile nicht. Ausserdem ist für die Papierfasern eine Imprägnierung mit wässrigen Lösungen oder Dispersionen oft von Vorteil (9).

Auf Grund der langen Trocknungszeiten wurde bisher häufig auf die Anwendung von Kunststoffen in wässrigen Lösungen/Dispersionen verzichtet. Die Mikrowellentrocknung ermöglicht eine schnelle Trocknung, ohne dass dadurch die Eigenschaften des imprägnierten Papiers beeinträchtigt werden. Abgesehen von der stark verkürzten Trocknungszeit, vermindert die Mikrowellentrocknung die thermische Beanspruchung des Materials. Die Mikrowellentrocknung begünstigt ebenso eine gleichmässige Verteilung des Kunststoffes im Papierinnern (10).

5.1 Testmaterial und Versuchsbedingungen

Das Angebot der im Handel erhältlichen Kunststoffe ist sehr gross.

Ihre Verwendung im Bereich der Papierkonservierung ist jedoch an einige Voraussetzungen gebunden. Abgesehen von der Wirksamkeit (Adhäsion, Verstärkung, Anwendung, Gebrauch...) muss die gute Lesbarkeit des Textes oder der Zeichnung des imprägnierten Papiers gewährleistet sein. Die wichtigste Bedingung ist jedoch die Beständigkeit des Kunststoffes und die Reversibilität, d.h. die Wiederlösbarkeit des Kunststoffes in einem geeigneten Lösungsmittel. Die Wahl fällt deswegen auf weichmacherfreie Kunststoffe bidimensioneller Struktur (thermoplastische Kunststoffe), die nicht vernetzen. Die meistverwendeten Kunststoffe dieser Art sind Celluloseether, Polyvinyl Alkohole, Polyvinylacetate und Polyacrylate oder -metacrylate.

Im Hinblick auf die Mikrowellentrocknung von nassimprägniertem Papier ist es erforderlich, das Trocknungsverhalten des imprägnierten Papiers in Abhängigkeit der Art des Kunststoffes und der Anwendungsweise näher zu untersuchen. Für die Versuche wurden Kunststoffe ausgewählt, die schon grösstenteils im Bereich der Papierrestaurierung auf ihre Anwendbarkeit und Alterungsbeständigkeit hin getestet worden sind (Tabelle 3).

Produkt	Hersteller	Rohstoffbasis	Form	Löslichkeit in Wasser		Viskosität mPa.s, 20°C	pH	T* °C
				k	v			
Tylose Mh 300	Hoechst	Methylhydroxyethylcellulose	Pulver	ja	>70°C	300 (2 %)	7	
Methocel A4C	Dow Chemical	Methylcellulose	"	"	>55°C	350-500 (2 %)	7	150
Methocel A15C	Dow Chemical	Methylcellulose	"	"	"	1200-1800 (2 %)	7	"
Blanose GMC 7M12	Hercules	Na-Carboxymethylcellulose	"	"	ja	600-1200 (2 %)	7.5	
Klucal G	Hercules	Hydroxypropylcellulose	"	"	>45°C	150-400 (2 %)	5-8.5	130
Mowiol 4-98	Hoechst	Polyvinylalkohol	Flocke	nein	90°C	4 (4 %)	5-7	85
Mowiol 28-99	Hoechst	Polyvinylalkohol	"	"	"	28 (4 %)	"	"
Mowilith DM 595F	Hoechst	Copolymerisat : Polyvinylacetat/ Polyacrylester	wässrige Dispersion			80-150 (50 %)	4	32
Plextol B 500	Röhm	Copolymerisat : Polyacrylat/ Polymethacrylat	"			1100-4500 (50 %)	9-10	

* Temperatur, von der ab der Kunststoff anfängt zu schmelzen

Tabelle 3 : Die wichtigsten Eigenschaften der verwendeten Polymerlösungen und -dispersionen

Da der Einfluss der Leistung, der Durchlaufgeschwindigkeit und der flächenbezogenen Masse des Papiers schon untersucht worden ist (7), konzentriert sich die derzeitige Untersuchung auf den Einfluss der Polymerart, der Konzentration und Viskosität der Polymerlösung oder -dispersion, und der Stärke des Polymerauftrages (Tabelle 4).

Die Trocknungsversuche wurden bei einer Mikrowellenleistung von 800 Watt und einer Durchlaufgeschwindigkeit von 2m/mn durchgeführt. Während der Mikrowellentrocknung wurde der Verlauf der Oberflächentemperatur des imprägnierten Papiers (Infrarotthermometer) und der Verlauf der Gewichtsverluste gemessen. Für die Imprägnierungsversuche wurde Hadernpapier (70 g/m^2) ausgewählt. Die Imprägnierung wurde durch Eintauchen des Papiers in die wässrige Polymerlösung oder -dispersion und anschliessendes Absaugen unter Vakuum (Büchnertrichter) realisiert. Um den Einfluss der Stärke des Polymerauftrages (Beschichtung des Papiers) zu testen, wurde die Polymerlösung mit einem Filmzieher aufgetragen.

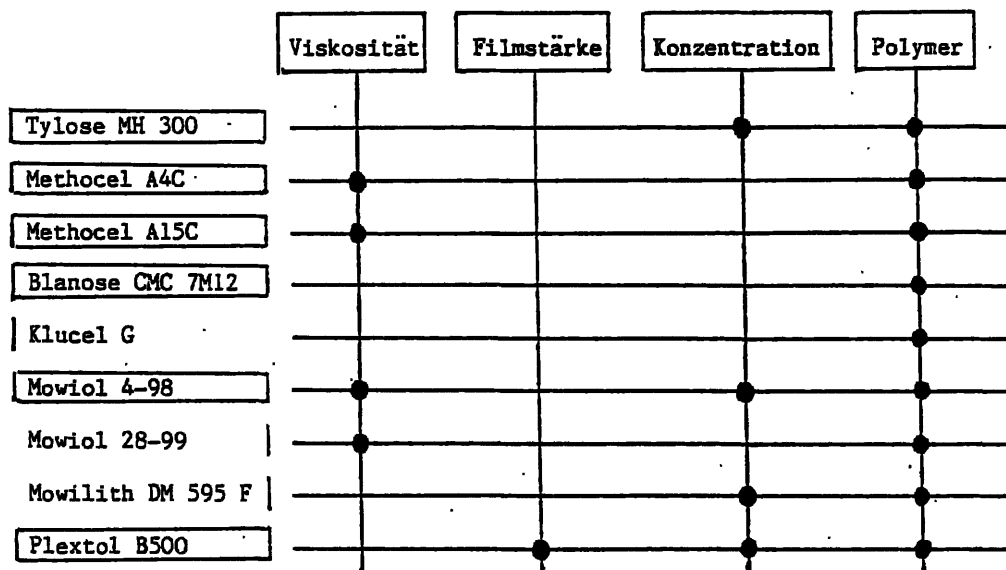


Tabelle 4 : Versuchsplan

5.2 Die wichtigsten Versuchsergebnisse

a) Einfluss der Viskosität der Polymerlösung

Für die Versuche mit Methocel A4C und A15C wurden 0.5% Lösungen hergestellt, für die Versuche mit Mowiol 4-98 und 28-99 wurden 5%ige Lösungen miteinander verglichen. Bei gleicher Konzentration scheint die Viskosität der Polymerlösung weder Einfluss auf die Oberflächentemperatur des imprägnierten Papiers noch auf die Entwicklung der Gewichtsverluste während der Trocknung zu haben.

b) Einfluss der Konzentration der Polymerlösung oder -dispersion

Für die Versuche mit Tylose MH 300 und Mowiol 4-98 wurden 0.5 und 5%ige Lösungen hergestellt. Für die Versuche mit Mowilith DM 595 F und Plextol B 500 wurden 5 und 25%ige Lösungen miteinander verglichen. Die Versuche haben gezeigt, dass die Konzentration der Polymerlösung oder -dispersion keinen Einfluss auf die Oberflächentemperatur des imprägnierten Papiers hat. Dagegen wirkt sich die Konzentration der Polymerlösung oder -dispersion auf den Verlauf der Gewichtsverluste aus. Bei zunehmender Konzentration der Lösung oder der Dispersion verlaufen die Gewichtsverluste schneller, da weniger Wasser zu verdunsten ist (Abbildung 7).

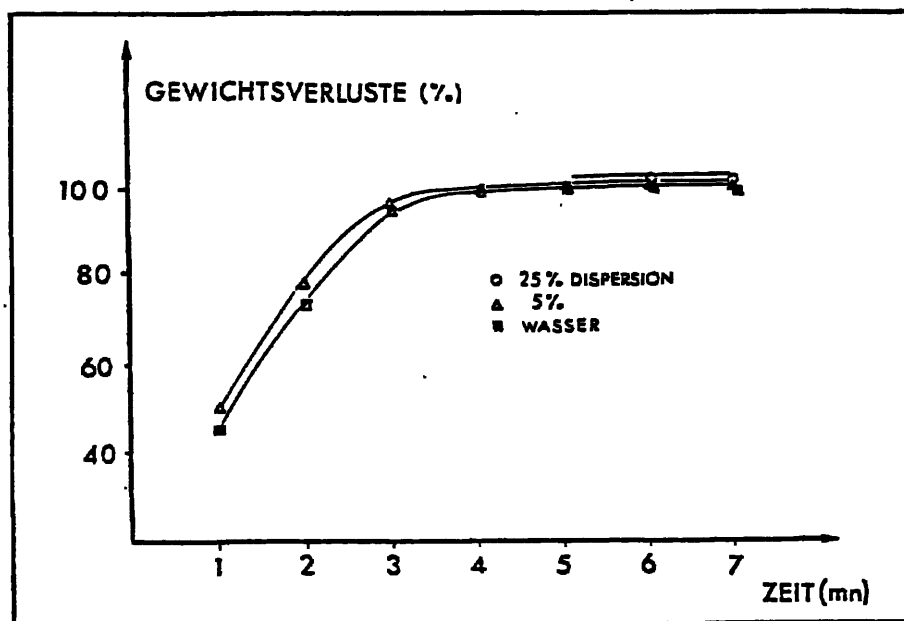


Abbildung 7 : Einfluss der Konzentration der Lösung/Dispersion auf die Trocknungszeit

c) Einfluss der Polymerart

Es scheint, als ob bei den für die Imprägnierung gebräuchlichen Konzentrationen der Polymerlösungen (0.5% bei Celluloseether, 5 bis 10% bei Polyvinyl oder Polyacryllösungen) die Art des Polymers nur wenig ins Gewicht fällt. Das Verhalten des imprägnierten Papiers den Mikrowellen gegenüber wird durch die dielektrischen Verluste des Wassers bestimmt ($\epsilon'' = 12$, bei 25°C z.B.). Unter den beschriebenen Trocknungsverhältnissen (keine Resonanzzeugung, kein starker Temperaturanstieg) sind die dielektrischen Verluste des aufgetrockneten Polymers ($\epsilon'' = 0.01-0.21$, bei 25°C z.B.) von unbedeutender Grösse.

d) Einfluss der Stärke des Polymerauftrages

Die Versuche wurden mit der unverdünnten Plextol-dispersion B 500 (50% Trockengehalt) ausgeführt. Die Stärke des Polymerauftrages betrug 12 und 24 Mikrometer. Die poröse Struktur des Papiers begünstigt das Eindringen der Polymerdispersion ins Innere des Papiers. Aus diesem Grund kann kein Unterschied in Abhängigkeit der Stärke des Polymerauftrages festgestellt werden.

Weitere Untersuchungen sind vorgesehen, um die mechanischen Eigenschaften des imprägnierten und mikrowellentrockneten Papiers zu untersuchen und um die Verteilung des Polymers im Papierinnern zu überprüfen.

6. SCHLUSSBERTACHTUNG

Die Untersuchungen haben die vielen Vorteile der Mikrowellentrocknung deutlich gemacht. Der neu entwickelte Mikrowellentrockner PULSAR scheint für den Bereich der Papierrestaurierung besonders geeignet zu sein, da er eine gleichmässige Trocknung bei niedrigen Temperaturen ermöglicht und

verhindert, dass dem Papier seine Restfeuchtigkeit entzogen wird. Es konnte gezeigt werden, dass die Polymerart keinen Einfluss auf das Trocknungsverhalten nassimprägnierter Papiere ausübt.

Die Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der Papierrestaurierung sind vielseitig : Trocknung anschliessend an Wässerung, wässrige Entsäuerung, und Bleichung, Trocknung anschliessend an wässrige Imprägnierungen und Anfaserungen, Trocknung wassergeschädigter Dokumente...

Die wässrigen Restaurierungsmethoden sind als sehr wirksam gepriesen. Ihre Anwendung ist jedoch bisher durch die langen Trocknungszeiten eingeschränkt worden. Die Mikrowellentrocknung ermöglicht es die Trocknungszeit entscheidend zu verkürzen (statt vieler Stunden wenige Minuten), ohne dass die Papiereigenschaften dadurch beeinträchtigt werden. Der neuentwickelte Mikrowellentrockner ermöglicht es, alle Dokumente, die eine wässrige Behandlung vertragen, zu wässern und die alternativen gasförmigen Methoden auf wasserempfindliche Dokumente zu beschränken.

Danksagung

Die Untersuchungen konnten Dank der finanziellen Unterstützung der STIFTUNG VOLKSWAGENWERK durchgeführt werden. Den Anstoss zu diesen Untersuchungen gaben Günther BRANNAHL und Professor Thomas KRAUSE. An dieser Stelle möchte ich ebenso René CLEMENT, "Chargé de Recherche au C.N.R.S." und André-Jean BERTEAUD, "Directeur de Recherche au C.N.R.S." und Direktor des Labors "Organisation Moléculaire et Macromoléculaire" für ihre Unterstützung und ihren Rat danken.

LITERATURHINWEISE

- (1) ANDERSSON, N., GARDH, H.
Drying of paper with microwave energy. In : Svensk Papperstid, 72, 15, Aug. 15, 1969, p.474-476. Original in Swed. Transl. in Engl. (8 p.) available only from PIRA
- (2) HANDKIN, J.W., LEIDIGH, W.J., STEPHANSEN, E.W.
Microwave paper drying experience and analysis. In : TAPPI, 53, 6, June 1970, p. 1063-1070
- (3) THOMAS, D., FLINK, J.M.
Rapid drying of water soaked books using a microwave tunnel dryer. In : Restaurator, 2, 2, 1975, p.105-119
- (4) FISCHER, D.J.
Conservation research : use of dielectric and microwave energy to thaw and dry frozen library materials. In : Preservation of paper and textiles of historic and artistic value, American Chemical Society, Washington, 1977, Advances in chemistry series, 164, p.124-138
- (5) BRANDT, A.CH.
Untersuchung zur Mikrowellentrocknung wassergeschädigter Bücher. In : Maltechnik-Restauro 2, April 1984 p. 53-59
- (6) BERTEAUD, A.J., CLEMENT, R., MERLET, C., LECLERCQ, C.
Procédés et dispositifs de traitement par microondes de produits en feuille, Brevet FR 82-04398 du 16.03.82
- (7) BRANDT, A.CH., BERTEAUD, A.J.
Séchage par microondes pour la restauration de documents de papier en feuille ou en cahier. In : Studies in Conservation 32 (1987) p. 14-24
- (8) BRANDT, A.CH.
Etude des interactions eau-cellulose dans les papiers anciens par relaxation dielectrique en microondes et méthodes de sorption. Thèse de doctorat de 3 ème cycle, Université de Paris I, Sorbonne, 1985
- (9) KOURA, A.
Untersuchungen zur Konservierung und Restaurierung von Papier durch eine Imprägnierung mit Acrylharzen. In : Maltechnik-Restauro 4, Oktober 1981, s. 266-271
- (10) TAKAHASHI, K., VASISHITH, R.C., COTE, W.A.
Uniform polymer distribution in papers saturated with polymer solutions via microwave power. In : J. Microwave Power 4 (2), 1969, p. 64-67