

# Elektronenmikroskopische Untersuchungen an Membranfiltern

Die halbdurchlässigen Membrane spielen nicht nur in der Tier- und Pflanzenernährung eine sehr wichtige Rolle, sondern sie werden auch zur Trennung verschiedener Teilchengrößen und zur Untersuchung ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften verwendet. Schon 1862 beobachtete *Th. Graham*, daß kleinere Teilchen durch Membrane (*membrana* = Häutchen) diffundieren, während größere durch sie zurückgehalten werden. Diese Beobachtung bildete den Ausgangspunkt für die weitere Entwicklung und Begründung der heutigen Kolloidchemie.

Viele Vorgänge in den Böden hängen eng mit den Kolloidanteilen zusammen. Aus diesem Grunde beschäftigt sich eine Arbeitsrichtung des Institutes mit diesen Problemen. Die dispersen Systeme werden in Abhängigkeit vom Durchmesser der Teilchen nach *Wo. Ostwald* in folgende drei großen Klassen eingeteilt:  $< 0,1 \mu^*$  grobe Dispersion:  $0,001 - 0,1 \mu$  Kolloide;  $< 0,001 \mu$  Molekulardispersion. Die Größenordnung der Kolloidteilchen liegt unter dem Auflösungsvermögen des Lichtmikroskopes; ihre Erforschung erfordert daher besondere Apparaturen und Arbeitsmethoden. Der Durchgang der kleinen Moleküle und Ionen durch eine Membran, die eine Trennwand bilden muß, erfolgt durch die sogenannten „Poren“. Die Teilchen, die größer als die gewählte Porengröße sind, werden bei der Dialyse, Elektrodialyse, Ultrafiltration usw. getrennt. Heute werden hauptsächlich künstlich hergestellte Membrane für diese Zwecke verwendet, so z.B. Pergamentpapier, Ultrafilter und Membranfilter (Nitrocellulose), Ultrafeinfilter (Acetylcellulose), dann Cuprophan-, Cella-, Ultracella- und Cellophanfilter (Cellulose), Früher hat man u. a. Därme, Schweine- und Fischblasen verwendet.

Durch die Filtration von Teilchen bekannter Größe können die mittleren Porendurchmesser unter gewissen Einschränkungen bestimmt werden. Im Durchschnitt hat man beim gewöhnlichen Filtrierpapier einen Kapillardurchmesser von 6 bis  $8 \mu$ , bei hartem etwa  $3 \mu$  und extra-hartem von 2 bis  $3 \mu$  gefunden. Die Durchlässe der meisten Glas-, Porzellan- und Asbestfilter sind größer.

Membranfilter können z.B. wie folgt hergestellt werden: Auf eine waagrecht justierte Spiegelplatte läßt man eine bestimmte Kolloidmenge (Nitrocellulose) auffließen. Nach dem Verdunsten des Lösungsmittels bildet sich eine gallertartige Haut mit sehr feinen Durchlässen aus, die sich vom Glas in destilliertem Wasser ablöst. Die Porendurchlässe hängen u.a. von der Konzentration und Zusammensetzung der Ausgangslösung des hochmolekularen filmbildenden Stoffes

und den Trocknungsbedingungen der gegossenen Membranschicht vor der Ausflockung ab.

Mit einem besonders konstruierten Mikrotom gelang es uns, Schnitte von Membranfiltern herzustellen, um sie im Elektronenmikroskop untersuchen zu können. Damit war es zum ersten Mal möglich, die Porengröße und ihre Verteilung direkt zu bestimmen.

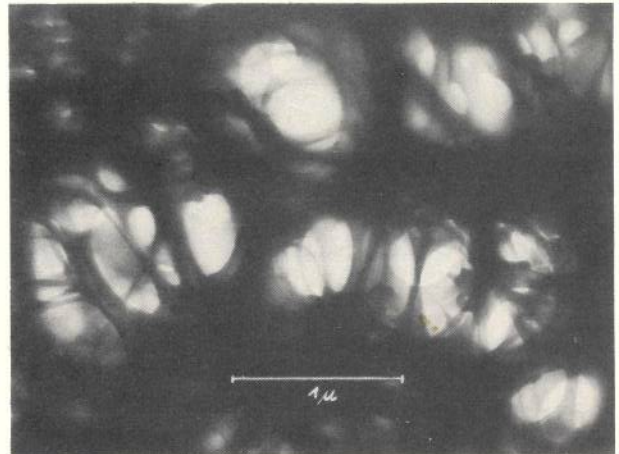


Abb. 1: Mikrotomschnitt von einem Membranfilter.

Aus den elektronenmikroskopischen Bildern ist zu ersehen, daß in den Membranfiltern keine kanalförmigen Kapillaren vorliegen, wie man sich das bis jetzt vorgestellt hat, sondern sie bilden eine Vakuolenstruktur. Die Membrangele bestehen aus regellos angeordneten blasenartigen Hohlräumen. Die Blasenwände sind mehr oder weniger stark durchlocht (Abb. 2) und bilden untereinander ein kommunizierendes System. Die Durchlässe in den Wandungen übernehmen die Funktion von Poren. Gegenüber kolloiddispersen Stoffen wirken sie wie vielschichtige Siebe. Die mechanische Siebwirkung ist in erster Linie von der Größe der Durchlässe in den Vakuolen abhängig.



Abb. 2: Einzelvakuole von einem Membranfilter „grob“.

\*)  $1 \mu = 1/1000$  mm.

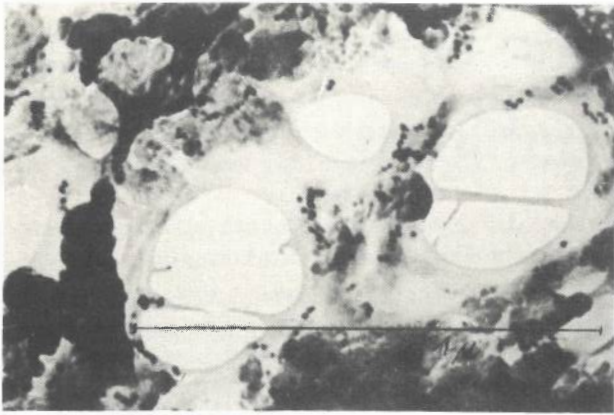


Abb. 3: Membranvakuole nach kurzer Filtration eines blauen Goldsols (runde dunkle Punkte = Goldteilchen).

Um den bis jetzt noch nicht geklärten Filtrationsmechanismus der verschiedenen Filter zu untersuchen,

wurden Kolloidteilchen durch Membrane gesaugt, die wesentlich kleiner als die Vakuolendurchlässe waren. Elektronenmikroskopische Aufnahmen (Abb. 3) zeigen, daß die Teilchen zuerst von der schalenförmigen Haut und den Streben der Vakuolen zurückgehalten werden. Mit zunehmender Filtrationsmenge ballen sich die Kolloide zusammen und begünstigen die mechanische Ausdehnung für kleinere Teilchen als die Durchlässe so lange, bis es zu einer Verstopfung der Einzelporen kommt.

Diese Modelluntersuchungen sollten dazu dienen, die Fragen über die Filtrationsvorgänge, Diffusion, Osmose usw. bei den natürlichen Membranen des Tier- und Pflanzenreiches wie in den Böden elektronenmikroskopisch zu erforschen.

Dr. H. Beutelspacher  
Institut für Biochemie des Bodens

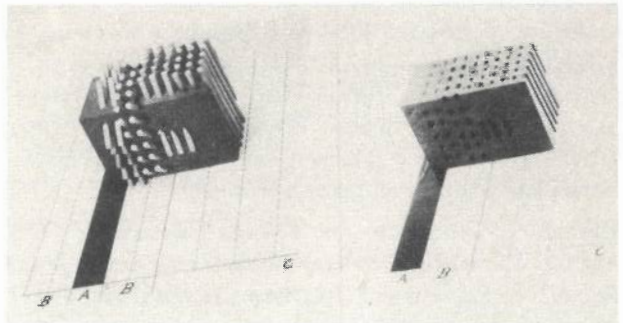
## Das Lignin im Boden

Wenn die Pflanze abstirbt, beginnt unter natürlichen Bedingungen der Prozeß der Vermoderung. Die verschiedenen Holzbestandteile fallen dabei sehr ungleich rasch der Zersetzung anheim. Die Kohlenhydrate bilden für eine Unzahl von Mikroorganismen eine willkommene Nahrung und verschwinden daher sehr schnell. Das Lignin erweist sich als viel resistenter und gelangt so schließlich in den Boden, wo, wie man annimmt, seine langsame Umwandlung in Humusstoffe, insbesondere Huminsäuren, vor sich geht.

Aber auch das noch nicht, oder nicht wesentlich umgewandelte Lignin kann, wenn es in den Boden gelangt, dort eine günstige Wirkung entfalten. Dies weiß man aus den Erfahrungen mit technischen Holzverzuckerungsligninen, die sich als Bodenverbesserungsmittel bewährt haben. Trotz seiner hydrophoben Natur ist das besonders große Wasserhaltungsvermögen des Lignins für seine bodenverbessernden Eigenschaften (leichte Böden) verantwortlich. Das Freudbergische Eisenbetonmodell macht verständlich, daß nach Auslösung der Polysaccharidstäbe ein schwammartiges Gebilde hinterbleibt, das ein enormes Hohlraumvolumen besitzt. (Freudenberg verglich den Aufbau der Zellwand mit dem Bauprinzip des Eisenbetons, wobei an die Stelle der Eisenstäbe die Polysaccharidmicellen, an die Stelle des Betons des Lignin treten.) Damit ist eine außerordentliche grosse Oberfläche verbunden, durch die das hohe Absorptionsvermögen des Lignins bedingt ist, das den zweiten wesentlichen Vorzug des Lignins für den Boden bedeutet. Die erwähntengünstigen Eigenschaften bleiben noch viel besser erhalten, wenn statt des rauh behandelten technischen

Lignins ein durch Vermoderung, also auf enzymatischem Wege gewonnenes Lignin vorliegt.

Über den mikrobiologischen Abbau des Lignins ist noch wenig bekannt. Die vorliegenden Ergebnisse der Forschung wurden meist an isolierten Ligninen und mit den verschiedensten Isolierungsverfahren gewonnen. Auch die Versuche, isolierte Lignine durch Bodenmikroorganismen oder im Verdauungstrakt höherer Tiere anzugreifen, führten zu Mißer-



folgen. Andererseits konnten Phillips<sup>1)</sup> u.a. zeigen, daß das native Lignin in Weizen-, Hafer-, Mais- und Reisstroh u.a. Kulturpflanzen aerob und manchmal anaerob in meist neutralem pH-Gebiet durch Mikroorganismen häufig recht gut abgebaut wird. Abbauprodukte sind allerdings nicht gefaßt worden.

Wesentlich resistenter scheint das Holzlignin zu sein, da es unter anaeroben Bedingungen im Boden über lange Zeiträume unverändert bleibt, wie aus verschiedenen Analysen fossiler Hölzer hervorgeht.

1) Phillips, M., H.D. Weihe und N.R. Smith; Soil Sci. 30, 383 (1930).