

**Zeitschrift:** Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse  
**Herausgeber:** Schweizerische Botanische Gesellschaft  
**Band:** 56 (1946)

**Artikel:** Elektronenoptische Diatomeen-Untersuchungen  
**Autor:** Mühlethaler, Kurt / Braun, Rudolf  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-39763>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 08.02.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Elektronenoptische Diatomeen-Untersuchungen.

Von Kurt Mühlethaler und Rudolf Braun.

(Aus dem pflanzenphysiologischen Institut und dem Institut für spezielle Botanik der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich.)

Eingegangen am 3. Juli 1946.

Seit der Entdeckung der ersten *Synedra* durch L e e u w e n h o e k bis heute wurden die Kieselschalen der Diatomeen zur Prüfung mikroskopischer Objektive verwendet. Die Schalen der Kieselalgen weisen einen so regelmäßigen und fein strukturierten Bau auf, daß zu ihrer Untersuchung nur die besten Objektive zur Anwendung gelangen können, und so war es verständlich, daß die Kieselalgen von jeher eng mit der Entwicklung der mikroskopischen Optik verbunden waren. A b b e konnte an Hand seiner mathematischen Überlegungen beweisen, daß die Wellenlänge des sichtbaren Lichtes dem Auflösungsvermögen der mikroskopischen Objektive eine Grenze setzt. Erst durch die Erfindung des Elektronenmikroskopes wurde diese Schranke durchbrochen. Wie zu Beginn der mikroskopischen Forschung werden auch heute wieder Kieselalgen zur Prüfung der Elektronenlinsen verwendet. Die ersten elektronenoptischen Aufnahmen von Diatomeen veröffentlichte K r a u s e (1936). A r d e n n e (1940) konnte an Hand stereoskopischer Doppelbilder von *Pleurosigma angulatum* W. S m i t h eine Innenstruktur der Schale nachweisen, die den Biologen auch mit den raffiniertesten Untersuchungsmethoden verschlossen geblieben war.

Angeregt durch diese Arbeiten, begannen wir im Frühjahr 1943 mit dem ersten Schweizerischen Elektronenmikroskop der Firma T r ü b - T ä u b e r in Zürich mit unseren Diatomeenuntersuchungen. Herr Prof. Dr. O. J a a g und Herr Dr. F. M e i s t e r, die unserer Arbeit stets ein großes Interesse entgegenbrachten, stellten uns ihr mannigfaltiges Diatomeenmaterial zur Verfügung, wofür wir ihnen zu Dank verpflichtet sind.

Die Kieselalgen eignen sich vorzüglich zur Einarbeitung in die elektronenmikroskopische Technik, und zwar aus folgenden Gründen :

1. Man erhält die ersten Hinweise auf die Art der Interpretation der elektronenoptischen Bilder dadurch, daß man dasselbe Objekt auch im Lichtmikroskop untersuchen kann. Andere mikroskopische Objekte eignen sich dafür weniger gut, da die elektronenoptische Untersuchung eine Färbung der Objekte ausschließt; dadurch ist eine Parallel-Untersuchung mit dem Lichtmikroskop sehr erschwert. Es zeigte sich bald

Tafel 10

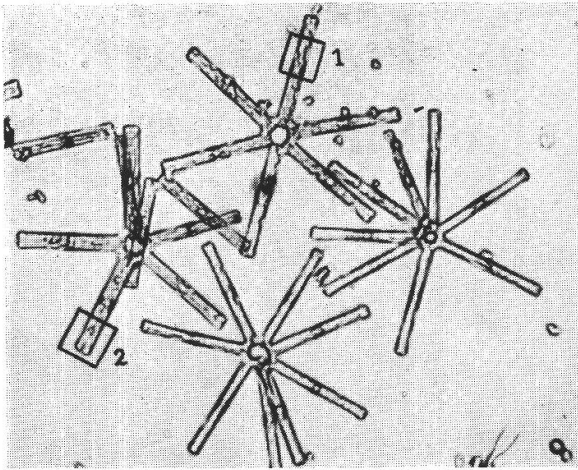


Abbildung 1.

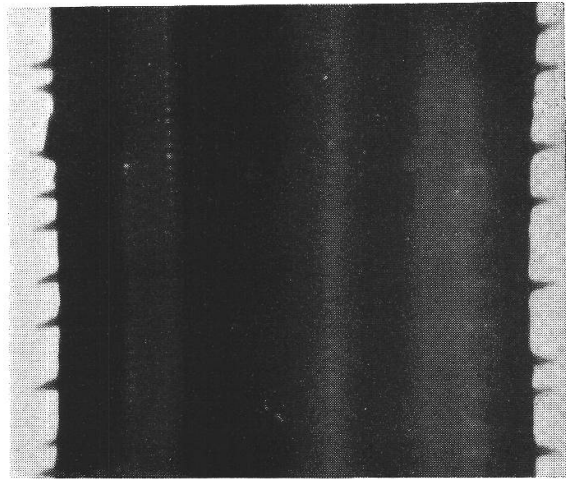


Abbildung 2.

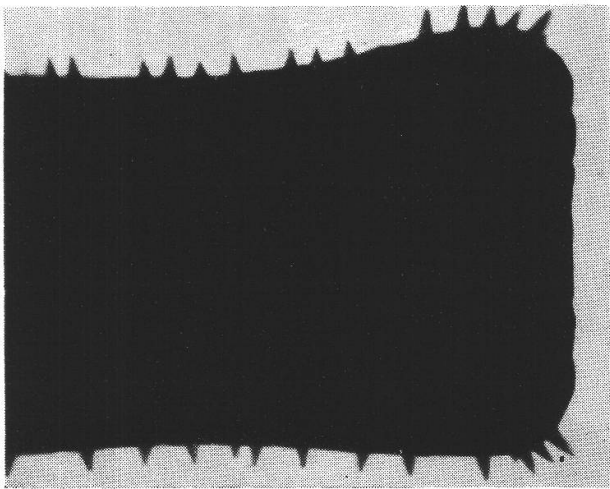


Abbildung 3.

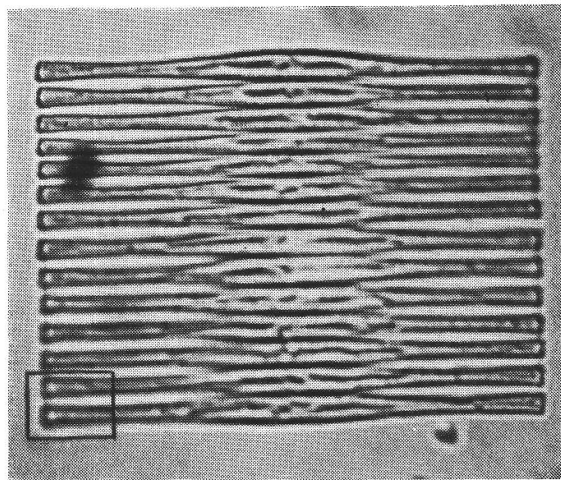


Abbildung 4.

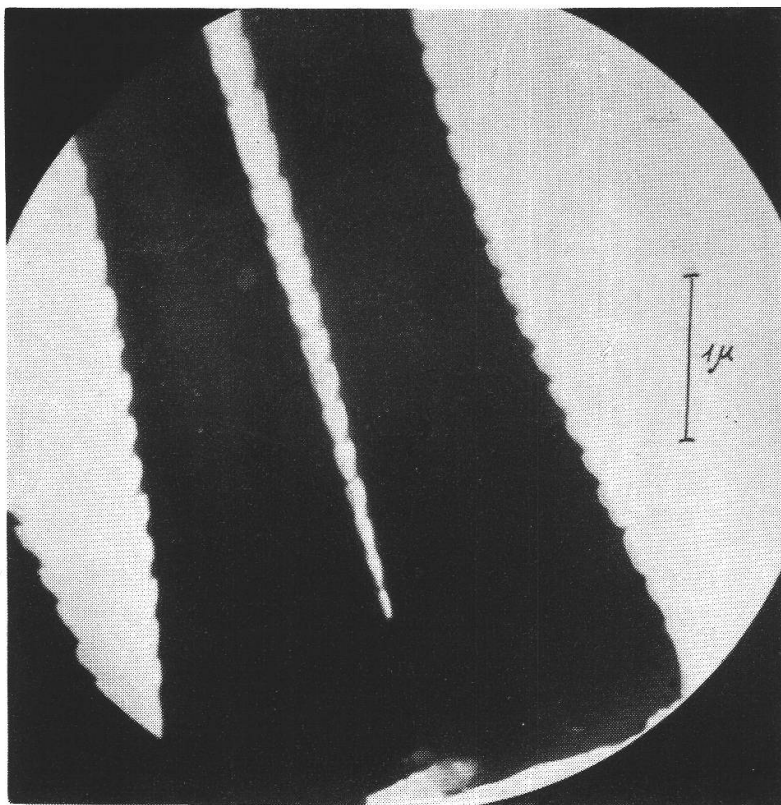


Abbildung 5.

Tafel 11

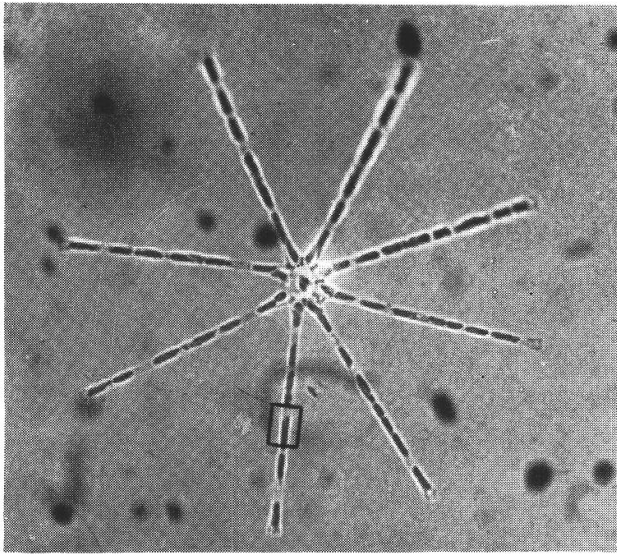


Abbildung 6.

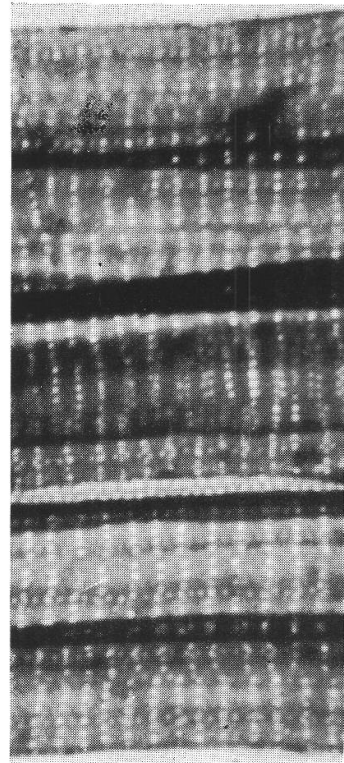


Abbildung 7.

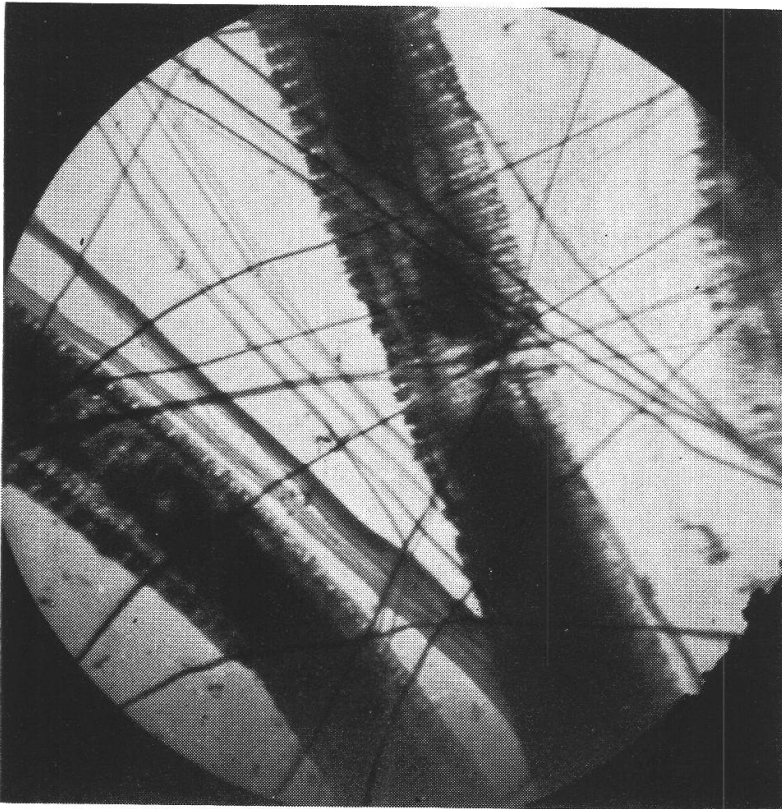


Abbildung 9.



Abbildung 8.

Sämtliche elektronenoptischen Aufnahmen wurden mit dem Elektronenmikroskop der Firma Trüb, Täuber & Co. in Zürich im Laboratorium dieser Firma hergestellt.

daß diese Bilder bedeutend schwieriger zu deuten sind als allgemein angenommen wurde. Die Hauptschwierigkeit liegt nämlich darin, daß das Bild als Schattenbild auf dem Leuchtschirm erscheint. Es gelingt nicht, durch spezifische Farbstoffe einzelne Komponenten anzufärben und zu kennzeichnen. Aus diesem Grunde ist es oft schwierig, festzustellen, ob alle sichtbaren Einzelteile wirklich zum untersuchten Objekt gehören oder ob uns nicht Fremdsubstanzen täuschen.

Über die räumliche Anordnung der Strukturelemente kann man sich mit Hilfe von Stereobildern schnell und genau orientieren. Eine wichtige Voraussetzung hierfür besteht darin, daß alle Raumebenen des Objektes mit guter Schärfe abgebildet werden. Gerade diese Voraussetzung ist für lichtoptische Systeme mit hoher Apertur nicht erfüllt, und die Stereomikroskopie hat deshalb bisher nur untergeordnete Bedeutung erlangt. Das Elektronenmikroskop erfüllt die stereoskopischen Bedingungen jedoch in idealer Weise und bietet somit die Möglichkeit, aus einem einzigen Doppelbild die räumliche Anordnung festzulegen.

2. Die Kieselpanzer werden durch Vakuum und Elektronenbestrahlung nicht geschädigt. Wir konnten somit dieselbe Kieselalge während längerer Zeit beobachten und photographieren, ohne daß eine Gestaltsveränderung eintrat. Bei organischen Objekten, soweit sie nicht in dünnster Schicht auf der Trägerfolie liegen, treten schon nach einigen Sekunden Verbrennungerscheinungen auf, so daß unrichtige Schlußfolgerungen unvermeidlich sind. Als Beispiel erwähnen wir die Aufnahme eines Ultrafilters (Spurlin, Martin and Tennent, Journal of Polymer Science, 1, 72, 1946), welches angeblich eine schaumartige Struktur aufweist, in Wirklichkeit aber nur eine Blähungserscheinung, verursacht durch austretende Gase, darstellen dürfte.

Einen maßgebenden Einfluß auf die Qualität der Bilder haben folgende Faktoren :

1. Die Präparation der Diatomeen : Sie muß so erfolgen, daß möglichst alles organische Material aus den Schalen herausgelöst wird. Dies erfordert die Anwendung starker Säuren und Laugen. Zartere Formen werden bei dieser Behandlung natürlich vernichtet.

2. Die Natur der Trägerfolie : Eine nachteilige Beeinflussung des Bildes tritt ein, wenn die Trägerfolie ihre optimale Dicke überschreitet; dann wird das Auflösungsvermögen beträchtlich verschlechtert. Wir können deshalb sagen, daß das Auflösungsvermögen von Objekt zu Objekt je nach Dicke verschieden ist. Maximale Auflösung haben wir erst bei monomolekularen Schichten.

Die nachfolgenden Bilder beweisen aber, daß selbst bei so groben Objekten wie Diatomeen Strukturelemente aufgelöst werden können, die weit unter die lichtmikroskopische Grenze hinuntergehen. Zur besseren Orientierung wird eine lichtmikroskopische Übersichtsaufnahme des betr. Objektes beigelegt. Wir wählten für unsere Untersuchungen einige

der häufigsten Kieselalgen des Seenplanktons, nämlich *Tabellaria fenestrata* (L y n g b) K t z ., *Fragilaria crotonensis* K i t t o n und *Asterionella formosa* (H a s s a l). Außer diesen hier angeführten Formen studierten wir noch einige Vertreter der Gattungen *Cymbella*, *Diatoma*, *Cyclotella* und *Gyrosigma*, worüber wir in einer späteren ausführlicheren Arbeit berichten werden.

Abb. 1 (Tafel 10) zeigt eine lichtmikroskopische Aufnahme von *Tabellaria fenestrata* in 240facher Vergrößerung. Die einzelnen in Gürtelbandansicht liegenden Zellen sind zu sternförmigen Kolonien vereinigt. Die Ränder dieser Zellen scheinen vollkommen glatt zu sein, eine Struktur der Schale ist schwer zu erkennen. Das umrandete Stück (1) wird 8000fach elektronenoptisch herausvergrößert, was Abb. 2 (Tafel 10) zur Darstellung bringt. Die Randlinie ist nicht glatt, wie bis jetzt vermutet wurde, sondern besitzt auf der Seite der Epi- und Hypovalva Stacheln, und zwar zirka 40 Stück auf 10  $\mu$ . Diese Stacheln dürften wohl den Punktreihen entsprechen, die wir mit den stärksten Systemen des Lichtmikroskopes eben noch wahrnehmen können. Die Stacheln besitzen eine Länge von 0,3  $\mu$ . Nun aber zeigt sich, was bis jetzt unbekannt war, daß auch das Gürtelband äußerst fein strukturiert ist, indem in der Richtung der Apikalachse feinste Punktreihen sichtbar werden, welche Poren darstellen. Der Durchmesser dieser Poren beträgt 0,05  $\mu$ , sie reihen sich in ungefähr gleichen Abständen regelmäßig aneinander. Das Gürtelband entbehrt der Stacheln, diese sind auf die Valven beschränkt, wie aus Abb. 3 (Tafel 10) hervorgeht, welche das Ende einer *Tabellaria*-Zelle in 8000facher Vergrößerung darstellt (umrandetes Stück 2).

*Fragilaria crotonensis* zeigt im Lichtmikroskop das gewohnte Bild von aneinandergelagerten, durch Gallerte verklebten Einzelzellen, die wiederum in Gürtelbandansicht vorliegen (siehe Abb. 4, Tafel 10). Die Ränder scheinen, wie bei *Tabellaria fenestrata*, vollkommen glatt zu sein. Daß dem aber nicht so ist, beweist uns Abb. 5 mit dem in Abb. 4 umrandeten Stück in 18 000facher elektronenoptischer Vergrößerung. Auch bei diesem Objekt sehen wir das Profil der Schalenstacheln; diese verlaufen aber nicht senkrecht zur Valvarebene wie bei *Tabellaria*, sondern stehen sägezahnartig schief von der Schale ab. Auch ist das Gürtelband hier wiederum stachellos, wie am Zell-Ende deutlich ersichtlich ist.

*Asterionella formosa* bildet sternförmige Kolonien aus Gallerte verklebter Einzelzellen. Abb. 6 (Tafel 11) stellt *Asterionella* im Lichtmikroskop bei 170facher Vergrößerung dar. Eine Struktur der in Gürtelbandansicht liegenden Schale ist nicht zu erkennen. Das umrandete Stück einer Einzelzelle, 25 000fach herausvergrößert, zeigt Abb. 7 (Tafel 11). Die beiden Schalenhälften sind etwas gegeneinander verschoben. Wiederum ist das Gürtelband fein strukturiert durch Porenreihen, die in der Richtung der Pervalvarachse verlaufen. Diese Poren können mit dem

Lichtmikroskop nicht mehr aufgelöst werden, weisen sie doch einen Durchmesser von  $0,05 \mu$  auf.

In Abb. 8 (Tafel 11) ist der äußere Pol einer *Asterionella*-Zelle in Schalenansicht bei 10 000facher Vergrößerung dargestellt. In dieser Aufnahme kommt die Schalenstruktur besonders schön zum Ausdruck: Die Poren sind zu regelmäßigen, senkrecht zur Apikalachse verlaufenden Reihen angeordnet. Diese Porenreihen ziehen sich nicht über die ganze Schale hin, sondern werden in der Mitte deutlich getrennt durch die Pseudopithe. Das Zell-Ende ist nicht gleich strukturiert wie der übrige Teil, indem die Poren etwas kleiner und nicht mehr in den gleichen regelmäßigen Reihen angeordnet sind, sondern in größerer Zahl zu einem siebartigen Gebilde zusammentreten. Diese Poren dürften wohl als Austrittsöffnungen für Schleim dienen. Einige Präparate zeigten fädige Gebilde, deren Natur wir nicht mit Sicherheit deuten konnten (Abb. 9, Tafel 11). Es stellt sich die Frage, ob diese Fäden anorganischen oder organischen Ursprunges sind. Einerseits läßt der starke Kontrast gegenüber der Trägerfolie auf eine anorganische Substanz schließen (Kieselsäure?), andererseits wäre es denkbar, daß diese Gebilde Schleimfäden darstellen, die von den Diatomeen ausgeschieden wurden, denn größenordnungsmäßig stimmen sie mit den Porendurchmessern überein. Es wäre aber auch möglich, daß im ausgeschiedenen Schleim der Diatomeen anorganische Einlagerungen vorhanden wären; außerdem können diese Fäden in Beziehung zur Fortbewegung der Diatomeen stehen. Alle diese Fragen müssen noch eingehend geprüft werden.

Es gilt nun, durch möglichst vollständiges Herauslösen der organischen Substanz aus den Schalen diese soweit zu reinigen, daß sie noch besser durchstrahlt werden können, als dies bei den vorliegenden ersten Versuchsaufnahmen der Fall war; dann lassen sich vermutlich noch weitere interessante Einzelheiten der Schalenstruktur nachweisen.

---

#### Literatur.

- Ar d e n n e M., 1940: Elektronen-Übermikroskopie. Springer, Berlin.  
K r a u s e F., 1936: Elektronenoptische Aufnahmen von Diatomeen mit dem magnetischen Elektronenmikroskop. Z. Phys. 102, 417.
-