Zeitschrift: Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik
Band: 3 (1948)
Heft: 12

Artikel: Elektronenmikroskop und Biologie
Autor: Kellenberger, E.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-654446

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

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

Elektronenmikroskop und Biologie

Von Ed. Kellenberger

Die Biologie ist wohl eines der interessantesten Anwendungsgebiete des Elektronenmikroskopes. Seit etwas mehr als einem Jahrzehnt verfügt die Forschung über dieses neue Instrument und hat damit schon sehr wichtige Aufschlüsse erhalten, die neu und zum Teil umwälzend waren. So hat man zum ersten Mal die Viren gesehen, jene Körper, die einen Grenzfall zwischen totem und lebendem Stoff darstellen. Diese Erreger mannigfaltiger Krankheiten bei Pflanzen, Tieren und Menschen lassen sich nämlich kristallisieren wie chemische Substanzen und vermögen sich andererseits auf einem Nährboden zu vermehren wie Lebewesen. Daneben hat man Aufschlüsse erhalten über die Feinstrukturen und ihre Veränderungen bei Bakterien, Zellwänden, Zellkernen, Chromosomen, Riesenmolekülen u. a. Bei allen diesen Untersuchungen ist aber zu berücksichtigen, daß biologisches Material ganz besonders empfindlich ist auf die Einflüsse der Präparation und der Elektronenbestrahlung. Man kann sogar sagen, daß in den Präparaten jedes Leben aufhört, abgesehen von einigen Sonderfällen spezieller Resistenz. Wir dürfen aber nicht vergessen, daß wir auch im Lichtmikroskop nur in den seltensten Fällen unbehandeltes, lebendes Material beobachten können, zumindest nicht bei starken Vergrößerungen. Hier hat eigentlich erst die Mikroskopie mit Phasenkontrast, eine Errungenschaft der letzten zehn Jahre neue Horizonte geöffnet. Aus dem Gesagten ist ersichtlich, daß es für die Anwendung des Elektronenmikroskopes auf biologische Probleme ganz besonders wichtig ist, die präparationstechnischen Einflüsse auf die Objekte genau und in ihrem ganzen Zusammenspiel zu kennen, wofür entsprechende Forschungsmethoden entwickelt werden müssen. Vor allem dürfen wir uns nicht verleiten lassen, Verfahren, die sich in der gewöhnlichen Mikroskopie bewährt haben, einfach auf die Elektronenmikroskopie zu übertragen. Zum Beispiel wirken sich viele Behandlungen wie Fixieren und Färben, die in der Lichtmikroskopie auf die Morphologie ohne sichtlichen Einfluß bleiben, im Elektronenmikroskop besehen ganz beträchtlich aus. So ergibt die Fixierung von

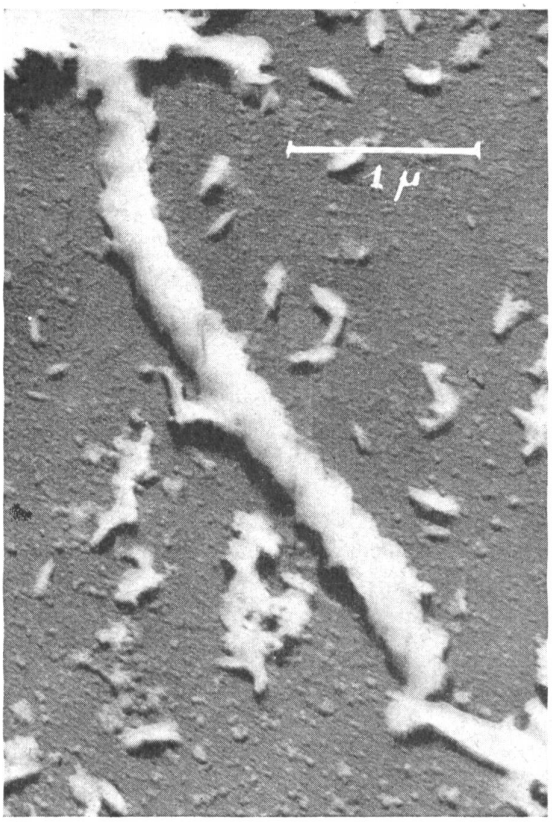

Bild 1: *Inhalt eines Zellkernes aus der Speicheldrüse einer kleinen Fliege (Drosophila melanogaster). Der spiralig gewundene Körper stellt mit sehr großer Wahrscheinlichkeit ein Chromosom dar. Präpariert auf Kollodium, beschattet mit Gold. (M. Danon-Galland)*

Bakterien mit Alkohol oder Formol ganz verschiedene Bilder, die ihrerseits von dem der unbehandelten Zelle stark abweichen. Lichtmikroskopie und Elektronenmikroskopie unterscheiden sich aber naturgemäß am wesentlichsten durch das verschiedene Verhalten der Stoffe gegenüber Licht und Elektronen. Während die organischen Präparate für Licht alle mehr oder weniger durchsichtig sind und sich nur durch verschiedene Brechungsexponenten und Färbbarkeit unterscheiden, stimmt dies gar nicht mehr für Elektronen. Hier sind alle Stoffe gewissermaßen nur durchscheinend und dies auch nur in ganz dünnen Schichten. Mit der Dicke nimmt bekanntlich die Möglichkeit, ein scharfes und damit vergrößerungsfähiges Bild zu erhalten, rasch ab. Brauchbare Dicken liegen in der Größenordnung von einigen $^1/_{100\,000}$ mm; wird $^1/_{10\,000}$ mm überschritten, so ist das Präparat schon fast ganz undurchlässig für Elektronen. Die Elektronen werden in diesem Fall so stark zerstreut und verlangsamt, daß sie nicht mehr ein scharfes Bild erzeugen können. Mit der Bremsung und Zerstreuung ist auch eine verhältnismäßig starke Erwärmung verbunden, die notwendigerweise das Präparat stark zu verändern vermag. Die Erfahrung zeigt aber, daß der Einfluß der Elektronenbestrahlung verschwindend klein wird, sobald die Körper nicht wesentlich größer sind als Bakterien. Dieser Einfluß hängt natürlich auch ab von der Dauer der Bestrahlung und deren Intensität, und ist verschieden je nach dem verwendeten Mikroskop-Typ. Arbeitet man mit Anfangsvergrößerungen von über 10 000 ×, so nimmt die Objektbelastung rapid zu. Die damit verbundenen Schwierigkeiten lassen sich aber ohne weiteres umgehen, denn eine scharfe Aufnahme im Maßstab 10 000 : 1 von einem genügend dünn präparierten Objekt kann nachträglich mit Leichtigkeit auf optischem Wege auf 100 000 : 1 vergrößert werden.

Wasser und alle Lösungen, die im Lichtmikroskop vollkommen durchsichtig sind, werden im Elektronenmikroskop zu grauen und schwarzen Verunreinigungen, und diese Tatsache bedingt ebenfalls eine gänzlich andere Präparationsmethode. Allgemein werden wir bestrebt sein, das zu untersuchende Objekt so weit als möglich von allen umgebenden Bestandteilen zu trennen. Da sich die meisten Körper in wässeriger Suspension befinden, so werden oft verschiedene Zentrifugationen zum Ziel führen. Dabei ergibt sich aber wieder eine neue Schwierigkeit, denn eine Aufnahme in destilliertem Wasser verändert in

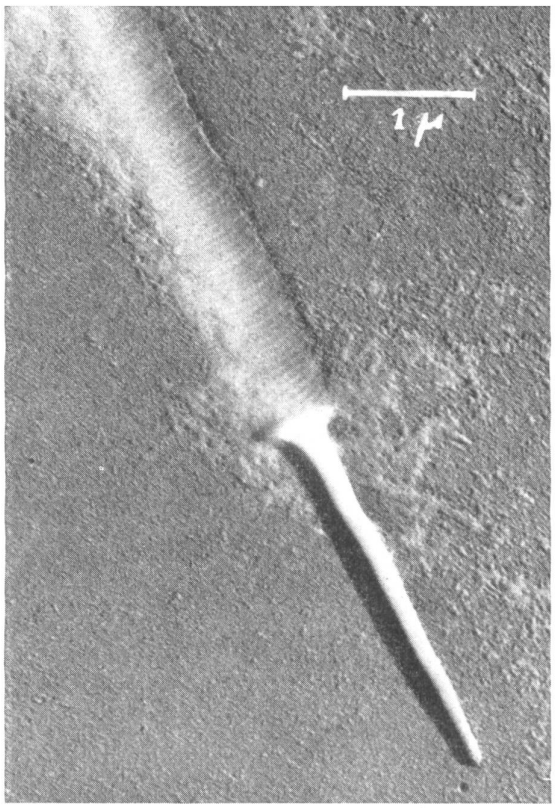

Bild 2: *Gewisse Einzeller z. B. Pantoffeltierchen (Paramaecium caudatum) vermögen bei Gefahr vorgebildete Geschosse aus der Zellwand auszustoßen, die einen Cytoplasmafaden hinter sich herziehen, der koaguliert: Unser Bild zeigt eine solche Trichocyste. Interessant ist die periodische Struktur des Fadens, die erst durch das Elektronenmikroskop sichtbar wurde. Präpariert auf Kollodium, beschattet mit Gold.*

(M. Danon-Galland)

den meisten Fällen den Körper sehr stark. Salzlösungen können wiederum nicht verwendet werden, weil auf dem Präparat die bei der Auftrocknung entstehenden Kristalle sehr störend wirken. Um diese Schwierigkeiten zu umgehen, wurden aber bereits geeignete Techniken entwickelt.

Es versteht sich von selbst, daß wir als Objektträger nicht Glas verwenden können, zumindest nicht in den gewohnten Dicken, sondern daß wir gezwungen sind, auf dünne Trägerfilme von einigen $^1/_{100\,000}$ mm zu präparieren. Diese werden hergestellt aus den mannigfaltigsten Substanzen wie Kollodium, Formvar, Aluminium, Beryllium, Quarz, Siliziummonoxyd, Substanzen, die übrigens auch bei den Abdruckverfahren zur Verwendung gelangen. Dabei erzeugt man durch verschiedene Arbeitsprozesse einen dünnen Film, der genau die Form der Oberfläche des zu unter-

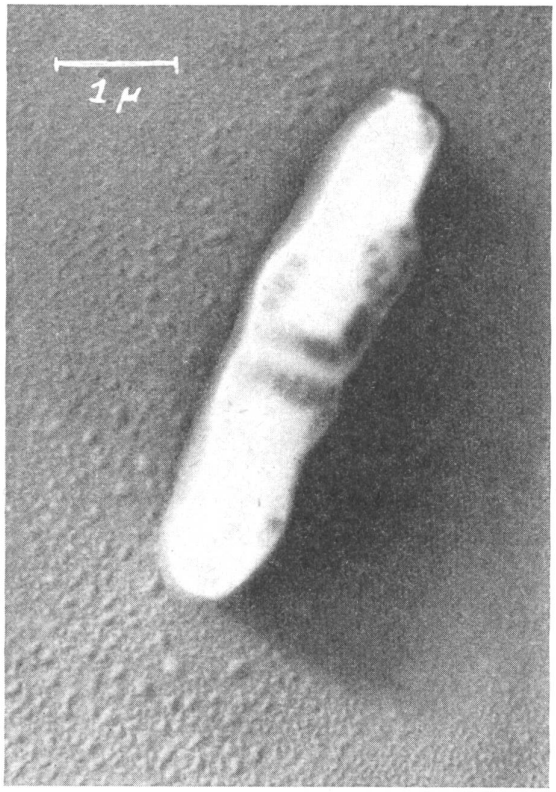

Bild 3 links: *Ein Bacillus subtilis, der mit Streptomycin behandelt wurde. Das auf dem Bild sichtbare kontraktierte Cytoplasma, das aus der geschwächten Zellwand austreten kann, ist eine der spezifischen Wirkungen dieses Antibiotikums. Präpariert auf Kollodium, beschattet mit Gold. (G. H. Werner)*

Bild 4 rechts: *Oberflächenbild des Bacillus subtilis. Man erkennt eine eben beendete Trennung in der Mitte und zwei Einschnürungen, die eine Teilung vorbereiten. Abdruck mit dem Celluloid-Quarz-Verfahren. (G. H. Werner)*

suchenden Objektes annimmt. Man kennt heute solche Abdruckverfahren, die fast keinen Einfluß auf das Präparat ausüben und über die in einem späteren Heft berichtet werden soll.

Das Elektronenmikroskop verlangt getrocknete Präparate, da wir im Hochvakuum arbeiten, und es ist klar, daß auch diese Austrocknung ganz wesentliche Einflüsse ausübt, die schwierig zu eliminieren sind. Während nämlich die meisten andern Veränderungen des Objektes durch Vergleich von verschieden hergestellten Präparaten einigermaßen erkannt werden können, ist dies schwer möglich für die Trocknung, denn selbst das Abdruckverfahren bedingt in den allermeisten Fällen ein getrocknetes Präparat.

Eine Erhöhung des Abbildungskontrastes kann man erreichen durch das Verfahren der Beschattung. Im Hochvakuum bedampft man das Präparat schräg von der Seite mit Metall. Auf den der Metallquelle (elektrischer Glühfaden mit Goldtropfen) zugewendeten Stellen wird sich Gold ablagern, während die abgewandten Seiten im «Schatten» bleiben. Da das verwendete Metall (Gold, Chrom, Palladium) auch in sehr dünner Schicht stark zerstreuend wirkt, ergibt sich schlußendlich eine Wirkung, die der eines sonnenbeschienenen Reliefs gleichkommt.

Die durch die Präparation auftretenden Unsicherheiten in der Deutung der Bilder verlangen, daß man die Forschungsmethoden entsprechend anpaßt. Um genaue, systematische Arbeiten machen zu können, wird eine vergleichende Arbeitsweise notwendig. Man vergleicht zum Beispiel denselben Körper das eine Mal mit, das andere Mal ohne einen bestimmten äußeren Einfluß. Dieser Methode, die wir relativ nennen möchten, steht die absolute gegenüber, die aus wenigen Präparaten sofort ihre Schlüsse zieht. Bisher wurde vor allem diese letzte Methode angewandt und sie führte zur Entdeckung vieler neuer Erscheinungen. Die relative Methode wird aber immer mehr Boden gewinnen, sobald es sich darum handelt, Feinstrukturen systematisch zu untersuchen und das Elektronenmikroskop vom Entdeckungsmittel zum Untersuchungsmittel wird. So zum Beispiel studiert man die Einflüsse der Enzyme und anderer Stoffe auf Bakterien. Hier bekommt man erst gültige Resultate, wenn wir die verschiedenen Reaktionen der ursprünglichen Zelle auf die diversen Behandlungen beim Präparieren genau kennen, noch bevor sie irgendwelchen speziellen Einfluß erlitten hat, den wir eigentlich studieren möchten.

Alle diese Probleme haben eine merkwürdige Nebenerscheinung gezeigt, die wichtig ist. Die heutige Forschung mit dem Elektronenmikroskop spielt sich meistens in Form von Gruppenarbeit ab. Leute verschiedener Ausbildung, wie zum Beispiel Physiker und Biologen, helfen sich gegenseitig in ihrer Arbeit. Das vergangene Jahrhundert hat ja darunter gelitten, daß sich alle Wissenschaften unabhängig voneinander entwickelt haben, so daß sich heute die Wissenschafter verschiedener Zweige nicht mehr verstehen. Erst das gemeinsame Forschungserlebnis und der Austausch der Kenntnisse führt wieder zum gegenseitigen Verständnis. Hoffen wir, daß diese Gruppenarbeit, oder, wie es der Anglo-Amerikaner nennt «teamwork», auch bei uns in Europa immer mehr Boden gewinnt und seine Früchte tragen wird.

1μ