

Wegweisende Entdeckung

Geschichte und Funktionsweise des Mikroskops

geschrieben von Klaus Hausmann

Es geschah Mitte des 17. Jahrhunderts unserer Zeitrechnung, dass der holländische Tuchhändler Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723) aus Neugier mit Vergrößerungslinsen in einen der Menschheit bislang unbekannten Mikrokosmos, der voll mit Leben war, vordrang. Was er als erster Mensch zu Gesicht bekam, war schier unglaublich: In Gewässern jeglicher Art wimmelte es von kleinen bis winzigen Lebewesen. Er beobachtete auch das Mobilitätsverhalten von Spermien, konnte sogar die Bewegung von Bakterien sehen. Heute würden wir in Zweifel stellen, ob er diese Beobachtungen überhaupt mit seinen einlinsigen Mikroskopen, besser Lupen, hat machen können, hätte er damals nicht das von ihm Gesehene in Zeichnungen festgehalten und somit der Nachwelt überliefert.

Natürlich bezweifelte seine Umwelt, insbesondere die gebildeten Schichten, dass das, was er berichtete, der Realität entsprach. Waren seine Darstellungen vielleicht doch nur einer lebhaften Fantasie entsprungen? Er war ja kein ausgewiesener Wissenschaftler, sondern »nur« ein Tuchhändler. Da van Leeuwenhoek seine Beobachtungen in zahlreichen, zunächst holländisch, später dann lateinisch verfassten Briefen der in Wissenschaftskreisen hoch angesehenen »Royal Society« in London mitteilte, sah sich diese 1660 gegründete britische »Gelehrten-gesellschaft zur Wissenschaftspflege« gezwungen, von etablierten Wissenschaftlern prüfen zu lassen, ob van Leeuwenhoeks Berichte der Wahrheit entsprachen. Nachdem diese deren Richtigkeit bestätigten, wurde im Jahr 1677 schließlich die Existenz der von van Leeuwenhoek beschriebenen mikroskopisch kleinen Lebewesen offiziell von der »Royal Society« anerkannt.

Hat man noch nie zuvor eine Wasserprobe mit dem Mikroskop durchmustert, wird man beim ersten Mal mit einiger Sicherheit ähnlich wie van Leeuwenhoek verblüfft sein, was man zu Gesicht bekommt. Allerdings wissen wir heute, dass in Gewässern eine mikroskopisch kleine Flora und Fauna existiert. Dazu gehören zahlreiche »Einzeller«, Organismen, die tatsächlich aus nur einer einzigen Zelle bestehen, die aber alle Kriterien des Lebens erfüllen, nämlich Bewegung, Reizbarkeit, Stoff- und Energiewechsel sowie Wachstum und Fortpflanzung. Gleichzeitig leben daneben auch zahlreiche Vielzeller, ebenfalls in mikroskopischer Größenordnung.

Es liegt auf der Hand: Will man die mikroskopische Welt erkunden, benötigt man vergrößernde Systeme. Da gibt es für den schwach zu vergrößernden Bereich einlinsige Lupen und für höhere Vergrößerungen das aus zwei Linsen bestehende zusammengesetzte Mikroskop. Das äußere Erscheinungsbild eines Mikroskops dürfte jedem bekannt sein: Mit dem unmittelbar über dem Präparat angeordneten Objektiv wird vom Präparat, das auf einem Objektisch liegt, ein vergrößertes Bild erstellt, das mit dem Okular ein zweites Mal vergrößert wird.

Objektivvergrößerung mal Okularvergrößerung ergeben die Gesamtvergrößerung. Die beiden Linsensysteme sind in einem Rohr (Tubus) hintereinander angeordnet. Durch Heben oder Senken des Tubus oder des Objektisches wird das zu beobachtende Präparat scharf gestellt.

Zunächst wurden mit dem Mikroskop mehr oder minder zufällig ausgewählte Objekte betrachtet, ohne dass eine wissenschaftliche Fragestellung verfolgt wurde. Allerdings stellte sich sehr schnell heraus, dass man mit diesem Instrument in Dimensionen und Strukturen der unbelebten und belebten Natur vordringen kann, die sich die Menschheit bislang nicht vorstellen konnte. Damit begann dann die systematische Erforschung dieses Mikrokosmos.

Das ursprüngliche Gerät ist das Hellfeldmikroskop: Das Objekt wird von unten mit Hilfe einer Lichtquelle durchstrahlt und erscheint somit im Okular dunkel auf hellem Untergrund. Dieses Beleuchtungsverfahren ist bis heute das Routineverfahren. Für massives, undurchsichtiges Material gibt es aber auch die Version, dass das Objekt von oben beleuchtet und damit von oben betrachtet wird. Im Verlaufe der Zeit wurde, basierend auf diesen beiden Grundtypen, eine Reihe weiterer Verfahren entwickelt, die es im Wesentlichen durch spezifische Eingriffe in den Strahlengang sowie

durch modifizierte Beleuchtungsverfahren ermöglichen, bestimmte Fragestellungen optimal zu bearbeiten.

Das Vergrößerungsvermögen von Mikroskopen wird durch die Wellenlänge des Beleuchtungslichts begrenzt. Je kurzwelliger die eingesetzte Strahlung ist, umso höher ist die Vergrößerung, die erzielt werden kann. Das menschliche Auge kann nur Strahlungen, die zwischen 750 Nanometer (nm) (rot) und 400 nm (violett) schwingen, als Licht wahrnehmen. Das bedeutet, dass mit dem Lichtmikroskop maximal eine 1.000-fache Vergrößerung möglich ist. Würde man beispielsweise ultraviolette Strahlung mit einer Wellenlänge kleiner als 400 nm einsetzen, könnte man eine höhere Vergrößerung erzielen. Allerdings sind unsere Augen nicht dazu in der Lage, diese Strahlung wahrzunehmen. Abgesehen davon ist UV-Licht so aggressiv, dass es beispielsweise lebende Zellen abtöten kann und somit auch insbesondere unsere Netzhaut zerstören würde.

Nachdem diese Zusammenhänge klar waren, kam der Student der Elektrotechnik Ernst Ruska (1906-1988) im Rahmen seiner Doktorarbeit, die er an der TH Berlin-Charlottenburg durchführte, auf die Idee, Elektronenstrahlen mit einer Wellenlänge von nur 0,0038 nm durch Elektromagnete zu bündeln. Er stellte fest, dass sie unter bestimmten Bedingungen den Gesetzen der geometrischen Optik gehorchen. Damit war eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung eines Elektronenmikroskops gegeben.

Ruska konnte 1931 mit einem Prototyp belegen, dass es grundsätzlich möglich war, mithilfe von durch elektromagnetische Spulen gebündelten Elektronenstrahlen eine Vergrößerung zu erzielen. 1939 kam der erste Prototyp eines Durchstrahlungselektronenmikroskops, seinerzeit noch Übermikroskop genannt, auf den Markt, das im Laufe seiner weiteren Entwicklung heute schließlich die 2.000-fache Leistung herkömmlicher Lichtmikroskope erzielt. Im hohen Alter von 80 Jahren erhielt er für diese Erfindung 1986 den Nobelpreis für Physik, als die Elektronenmikroskopie bereits seit Jahrzehnten aus den modernen Natur- und Technikwissenschaften nicht mehr wegzudenken war. Von der Physik über die Materialwissenschaften sowie die Biologie und Medizin verdankt die Menschheit heutzutage unzählige Erkenntnisse der Elektronenmikroskopie.

Kommen wir zurück zu dem, was mikroskopisch untersucht werden soll. Kann man alles mit dem Mikroskop erforschen, oder gibt es Limitationen? Sofern die Untersuchungsobjekte durchsichtig sind und genügend Kontrast aufweisen, sollte es keine Probleme geben. Was aber, wenn beispielsweise tierisches Gewebe oder aber ein Stück pflanzlichen Materials mikroskopisch analysiert werden soll? Man wird sehr schnell feststellen, dass dieses ohne entsprechende Vorbereitungen nicht möglich ist.

Zahlreiche Proben sind so kompakt, dass sie von der Mikroskop-Beleuchtung nicht durchstrahlt werden können. Zerschneidet man sie aber in dünne Scheiben, wird ein Mikroskopieren möglich. Das ist allerdings wegen der geringen Dicke von beispielsweise 10 Mikrometern (1 Millimeter [mm] = 1.000 Mikrometer [μm]), die für ein problemloses Mikroskopieren erzielt werden muss, in der Regel nicht mehr mit der bloßen Hand umsetzbar. Man hat bald entsprechende Gerätschaften, sogenannte Mikrotome entwickelt, die im Prinzip wie eine Wurstschneidemaschine funktionieren. An die Mechanik, die zur Erzeugung von Schnitten im Mikrometerbereich notwendig ist, werden allerdings erheblich höhere Anforderungen gestellt als an eine Aufschnitt-Schneidemaschine. Das Probenmaterial muss für das Mikrotomieren so vorbereitet werden, dass es schneidbar ist. Nun kann es sein, dass das Ergebnis immer noch unzufriedenstellend ist, weil die Proben kaum einen Eigenkontrast aufweisen. Vor dieses Problem gestellt hat man gelernt, das zu untersuchende Material mit bestimmten Farbstoffen zu kontrastieren. Heutzutage gibt es eine reiche Palette verschiedenster Färbelösungen.

Für elektronenmikroskopisches Arbeiten sieht man sich vor ungleich größere Probleme gestellt. Denn ein Elektronenstrahl kann nur im Hochvakuum generiert werden. Das bedeutet, dass das Präparat, dorthin verbracht, hochvakuumfest sein muss. Das kann man durch entsprechende Vorbehandlungen erzielen, die allerdings sehr aufwendig sind und grundsätzlich zum Abtöten lebender Proben führen. Hinzu kommt, dass das Massendurchdringungsvermögen von Elektronenstrahlen ausgesprochen gering ist. Also auch hier müssen die Präparate zerlegt, in der

Regel in Scheiben geschnitten werden, die allerdings nur 50 bis 70 nm dick sein dürfen. An die entsprechenden Schneidemaschinen, nun Ultramikrotome genannt, werden ungleich höhere Ansprüche gestellt als an konventionelle Mikrotome. Schließlich müssen die Präparate meistens auch noch durch entsprechende Behandlung kontrastiert werden.

Wie in der Lichtmikroskopie gibt es auch in der Elektronenmikroskopie die Möglichkeit, Oberflächen abzubilden. Dabei unterscheidet sich die Technologie von der Transmissionsmikroskopie insofern, als dass der Elektronenstrahl die Präparatoberfläche Zeile für Zeile abrastert (Rasterelektronenmikroskopie). Dabei werden Sekundärelektronen aus den Objekten geschlagen, die dann von einem Detektor aufgenommen und Zeile für Zeile auf einen Monitor wie bei einem Röhrenfernsehgerät zu einem Bild zusammengefügt werden. Natürlich findet auch diese Art des Mikroskopierens unter Hochvakuumbedingungen statt.

Dieser Text ist zuerst erschienen in [Politik & Kultur 4/2026](#)