

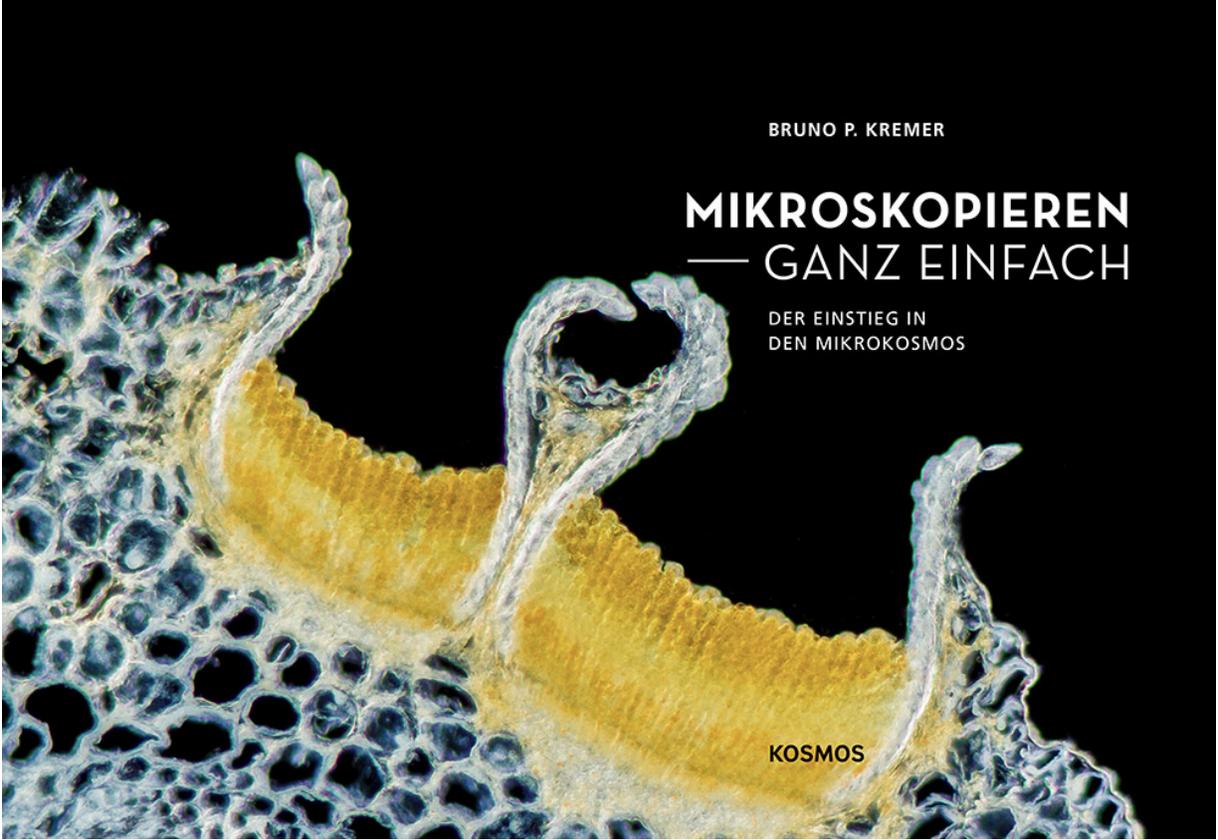
BRUNO P. KREMER

KOSMOS



# MIKROSKOPIEREN — GANZ EINFACH

DER EINSTIEG IN  
DEN MIKROKOSMOS



BRUNO P. KREMER

# MIKROSKOPIEREN — GANZ EINFACH

DER EINSTIEG IN  
DEN MIKROKOSMOS

KOSMOS

# Inhalt

---

Einleitung

**Vorwort**

**Zu diesem Buch**

**Warum ausgerechnet ein Mikroskop?**

**Das eigene Mikrolabor**

---

Kapitel 1 | Aufbau des Mikroskops

**Das Mikroskop kennenlernen**

---

Kapitel 2 | Bedienungstechnik

**Ein erster Blick in die Röhre**

---

Kapitel 3 | Licht als Informationsträger

**Die Welt steht Kopf**

---

Kapitel 4 | Größenordnungen im Mikroskop

**Klein, kleiner, wie klein?**

---

Kapitel 5 | Räumlichkeiten im Mikroskop

**Höhen und Tiefen**

---

Kapitel 6 | Brownsche Bewegungen

## **Alles fließt**

---

Kapitel 7 | Einfache Nasspräparate

### **Schneiden, legen, färben**

---

Kapitel 8 | Quetschpräparation

### **Kleinigkeiten aus Pflanzengewebe**

---

Kapitel 9 | Gewebe kennenlernen

### **Leben in der Zelle**

---

Kapitel 10 | Tierische Zellen

### **Tierische Vielfalt**

---

Kapitel 11 | Plasmaströmung/Schiefe Beleuchtung

### **Ständig in Bewegung**

---

Kapitel 12 | Osmotische Vorgänge

### **Zellen reagieren flexibel**

---

Kapitel 13 | Dokumentation

### **Bleibende Erinnerung: Skizzieren und Zeichnen**

Kapitel 14 | Kleinlebewesen im Wasser

**Die Welt im Wassertropfen**

---

Kapitel 15 | Kokken und Bazillen

**Bakterien: Fülle mit Hülle**

---

Kapitel 16 | Schnitte anfertigen

**Auf des Messers Schneide**

---

Kapitel 17 | Pflanzenorgane

**Platt wie ein Blatt**

---

Kapitel 18 | Holzgewebe kennenlernen

**Brett vor dem Kopf**

---

Kapitel 19 | Tierische Spezialgewebe

**Von Haut und Haar**

---

Kapitel 20 | Dauerpräparate herstellen

**Kleinstgeflügel**

---

Kapitel 21 | Oberflächenuntersuchung

**Eindrücke von Abdrücken**

---

Kapitel 22 | Polarisationsmikroskope  
**In ganz anderem Licht betrachtet**

---

Kapitel 23 | Dünnschliffe  
**Knochenarbeit**

---

Kapitel 24 | Stäube/Rheinberg-Beleuchtung  
**Abstauber**

---

Kapitel 25 | Mikrofotografie  
**Schöne Aussichten - Mikrofotografie**

---

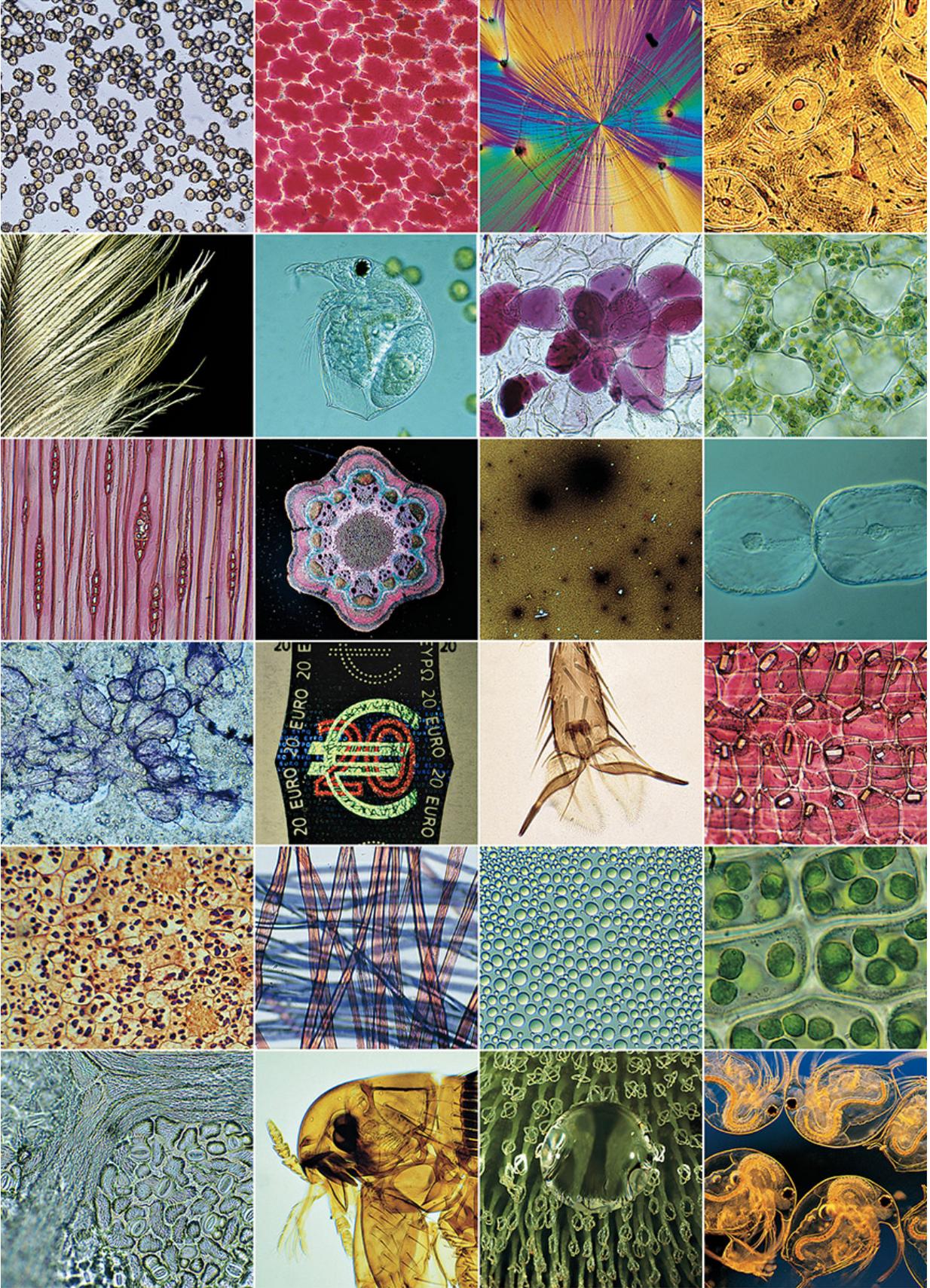
Service

**Mikroskopische Vereinigungen**

**Literatur**

**Impressum**







# Vorwort

---

In der mikroskopischen Fachliteratur ist der Autor Bruno P. Kremer für mich eine mikro-kosmische Konstante mit dem Drei-Sterne-Gütesiegel: brillant präsentierte Mikroskopie – eingehende naturkundliche Analyse – wortwitzig-kurzweiliger Schreibstil!

Sein vorliegendes Buch titelt einladend als Mut- und Muntermacher und verspricht damit nicht zu viel. Schon mit einer einfachen Grundausstattung zu erschwinglichem Preis kann man heutzutage in die Welt der Bakterien, Mikroalgen, Kleinstkristalle und Zellorganellen einsteigen.

Ein Grundgerüst an methodischen Fachkenntnissen ist dafür allerdings unumgänglich. Als ideales Praktikum für Einsteiger vermittelt dieses Buch das erforderliche Grundwissen in 25 einfachen, aufeinander aufbauenden Lernschritten.

Den einzelnen Kapiteln sind jeweils klare Ablaufbilder der notwendigen Handgriffe und Hilfsmittel beigegeben. Eindrucksvoll führt das Buch in unvermutete Provinzen unserer Umwelt ein – dorthin nämlich, wo sich nur dem Mikroskop zugängliche Kleinwelten auftun, z. B.: in der Blumenvase, im Hausstaub und in Spinnennetzen.

Dabei bleibt es freilich nicht nur beim bloßen Staunen und Bewundern der auch ästhetisch ansprechenden Mikrofotografie, vielmehr stellt der Autor alles in einen soliden biologischen Rahmen.

Einfache Färbungen, modifizierte Beleuchtungsarten, Anfertigung von Dauerpräparaten: Hier wird die solide Basis für erfolgreiche und weiterführende Hobbymikroskopie gelegt. Im Anhang erfährt der Leser, wo er in mikroskopischen Vereinigungen auf Gleichgesinnte stoßen und welche Fachliteratur ihm weiterhelfen kann.

Dr. Erich Lüthje, Kiel

Oberstudienrat i. R., Mikroskopiker und Mikrofotograf, ehemaliger Biologielehrer an einem Kieler Gymnasium, ferner Lehrtätigkeit an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel sowie am Regionalen

Pädagogischen Umweltzentrum Kitzberg (bei Kiel)

# Zu diesem Buch

---

Vermutlich gibt es Freizeitbeschäftigungen, die eher im Trend liegen, ein besonderes Prestige versprechen, dazu auch eine Menge „Action“ bieten und grammweise Adrenalin kreisen lassen. Warum also gerade ein Mikroskop anschaffen und sich in die stille Kammer zurückziehen? Die Antwort ist ebenso einfach wie vielleicht überraschend: Mikroskopieren als Hobby ist schon seit Jahrzehnten richtig „trendy“, und die Sache mit Action und Adrenalin stimmt auch – vielleicht nicht ganz so heftig und kurzlebig, aber dafür nachhaltiger.

Für den problemlosen Einstieg in dieses spannende Hobby fehlte bisher allerdings ein praxisorientiertes, kompaktes und dennoch verständliches Arbeitsbuch. Das vorliegende Buch speziell für Einsteiger leistet diese notwendige Erste Hilfe für die richtige Handhabung des Mikroskops ebenso wie für das Anfertigen ergiebiger Präparate. Es gliedert sich klar und übersichtlich in 25 aufeinander aufbauende Lernschritt-Kapitel. Stufenweise und jeweils mit einem besonderen thematischen Schwerpunkt führen sie in das richtige mikroskopische Arbeiten ein. Von der Beleuchtung bis zu den etwas anspruchsvolleren Beobachtungsverfahren bieten sie alle wichtigen Wissensbausteine, die man für den kompetenten Umgang mit dem Mikroskop braucht.

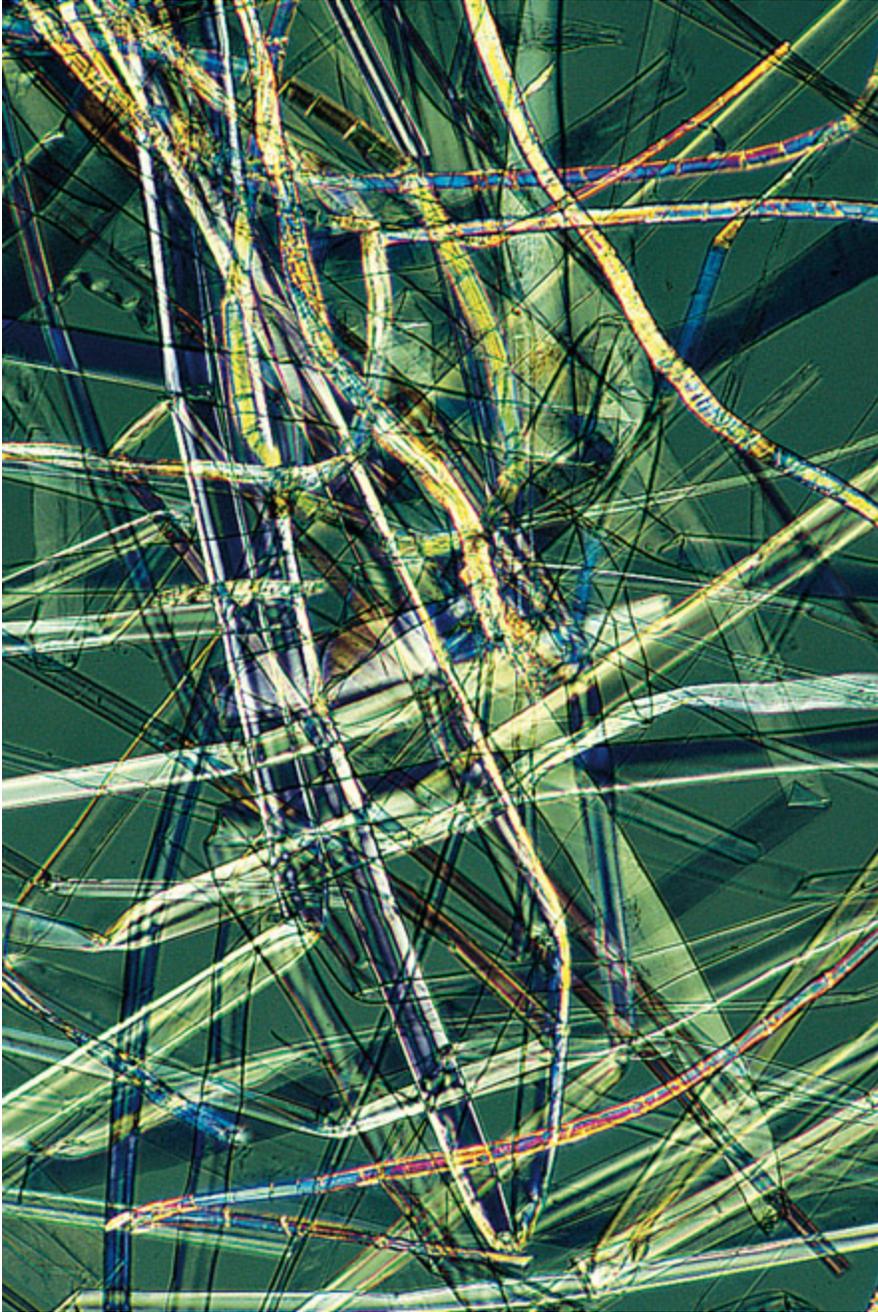
Die Neigung der Menschen, kleine Dinge für wichtig zu halten, hat sehr viel Großes hervorgebracht.

*Georg Christoph Lichtenberg (1742 - 1799)*

---

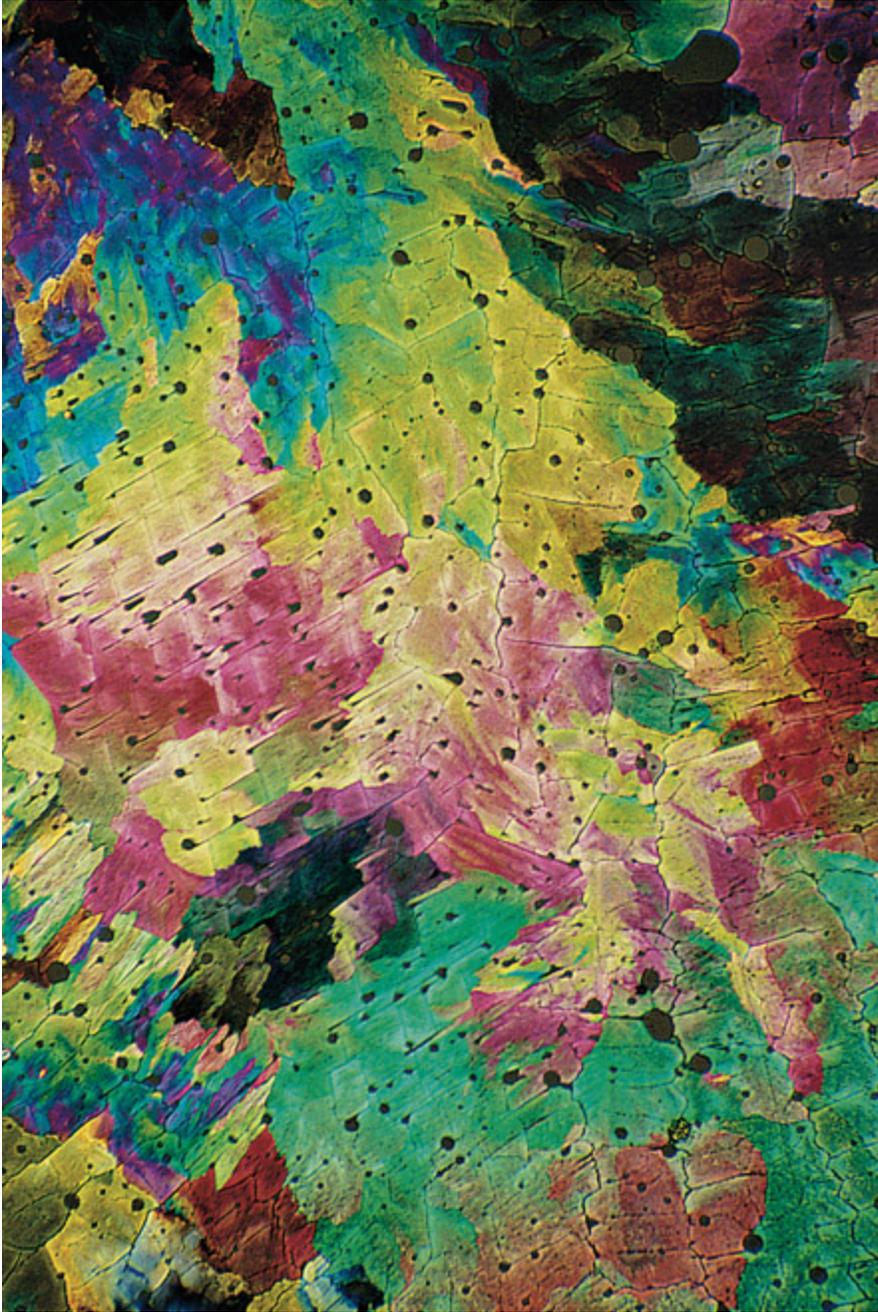
Mit diesem hier erstmals umgesetzten Schritt-für-Schritt-Konzept wird der Weg in die wunderbaren Bilderwelten des sehr Kleinen im Prinzip ganz einfach – auch dann, wenn man zunächst nur ein sehr preiswertes Kaufhaus-Mikroskop zur Hand hat. Die weitaus meisten der hier zusammengestellten Anregungen

funktionieren auch mit einem einfacheren Grundgerät, das (noch) nicht mit aufwendigeren Spezialfinessen bestückt ist. Immerhin zeigt die Geschichte der Mikroskopie, dass selbst Entdeckungen von größter Tragweite gerade mit einer eher bescheidenen Anfangsausrüstung möglich sind. Daran hat sich grundsätzlich nichts geändert. In der aktuellen Forschung arbeiten im Übrigen nicht wenige, die ihre erste Begeisterung für die Winzigkeiten in der Natur mithilfe von zwei in eine Papprohre eingeklemmten Linsen entdeckten.



Faserbestandteile von gewöhnlichem Zeitungspapier – kurz eingeweicht und vorsichtig zerzupft.

© B. Kremer



Auf dem Objektträger eingetrocknete Träne: Ihr Salzgehalt bildete wolkige Kristallansammlungen.

© B. Kremer

Beide Präparate wurden im polarisierten Licht fotografiert. Die Fotos in diesem Buch zeigen die Mikroobjekte in durchweg 200-facher Vergrößerung.

---

Mit der Mikroskopie ist es also fast so wie im übrigen Leben: Man legt ja auch sonst nicht unbedingt gleich mit einer teuren Segelyacht los. Auch das hübsche kleine Paddelboot hat durchaus etwas Verführerisches und trägt zuverlässig zu neuen Ufern. Hauptsache ist also, dass man überhaupt den Start in die faszinierenden Kleinwelten unternimmt und die Basis für ein vermutlich lebenslanges Hobby legt. Den Aufstieg in die höheren technisch-instrumentellen Ränge kann man durchaus späteren günstigen Gelegenheiten vorbehalten. Und nun viel Spaß beim Bestaunen und Entdecken in den Dimensionen der Winzigkeit!

# Warum ausgerechnet ein Mikroskop?

---

Bazillen, Pollen, Chromosomen – viele Begriffe aus dem Sprachgebrauch der Naturwissenschaft sind uns heute zumindest in groben Umrissen vertraut, zumal sie auch häufig in den Medien auftauchen. Während man noch im 19. Jahrhundert weithin keine Vorstellung von Zellkernen, Plastiden oder Vakuolen hatte, ist der Aufbau der Lebewesen aus winzigen Zellen heute unverzichtbares Grundlagenwissen und deshalb auch in den Schulbüchern enthalten.

Gewöhnlich denkt man bei den Bezeichnungen aus dem Feinbau der Organismen aber gar nicht mehr daran, dass alle damit zusammenhängenden Erkenntnisse letztlich auf die Forschung mit dem Mikroskop zurückgehen. Kein anderes optisches Instrument hat so buchstäblich tiefgründiges Wissen ermöglicht. Tatsächlich ist es nur dem Mikroskop zu verdanken, dass sich Biologie und Medizin überhaupt zu modernen Wissenschaften entwickelten.

Der Welten kleines auch/ ist wunderbar und groß/ Und aus dem kleinen bauen/ sich die Welten.

*Inschrift auf dem Grabstein von Christian Gottfried Ehrenberg (1795 – 1876)*

---

## Schöne neue Welt

Den Menschen der Antike und des Mittelalters war der neugierige Blick in die

kleinen Welten unterhalb der natürlichen Sehschärfe mangels geeigneter Technik verwehrt. Folglich hatten sie keinerlei Vorstellung davon, dass es dort überhaupt etwas zu sehen gibt. Erst im Laufe der Neuzeit gelangen Einblicke in zuvor unvorstellbare Größenordnungen mit neuartigen Vergrößerungsinstrumenten. Interessanterweise baute man zunächst Fernrohre, um damit in astronomische Weiten zu schweifen und Himmelskörper gleichsam aus der Nähe zu beobachten. Welcher neugierige Forscher seine Blicke nun erstmals nicht nach oben, sondern nach unten auf die sehr kleinen Dinge gerichtet hat, ist nicht jahr- und personengenau überliefert. Um 1590 sollen niederländische Linsenschleifer und Brillenmacher, Vater und Sohn Janssen in Middelburg, ein einigermaßen taugliches Vergrößerungsgerät konstruiert haben.



Der Dichter und Naturforscher Johann Wolfgang von Goethe arbeitete mit diesem Mikroskop.

© B. Kremer

Deutlich besser war wohl das Mikroskop des britischen Physikers Robert Hooke (1635 – 1703) – es gestattete immerhin bis zu 100-fache Vergrößerungen und galt seinerzeit geradezu als sensationell.

Eines der ersten leistungsfähigen Himmelsfernrohre baute der berühmte Galileo Galilei (1564 – 1642) – damit gelang ihm die folgenschwere Entdeckung der Jupitermonde.

---

Das Instrument eines der bedeutendsten Pioniere der Mikroskopie, des Tuchhändlers Antoni van Leeuwenhoek aus Delft (1632 – 1723), würden wir heute eigentlich als starke Handlupe bezeichnen, denn es bestand nur aus einer einzigen Linse. Leeuwenhoek hatte von Berufs wegen Umgang mit vergrößernden Lupen, vor allem mit sogenannten Fadenzählern, mit denen man (damals wie heute) die Qualität von Webgut beurteilte. So verwundert es nicht, wenn er aus lauter Liebhaberei verschiedenste Dinge seiner Umwelt buchstäblich unter die Lupe nahm und dabei erstaunliche Entdeckungen machte. Als man seine Berichte von den Streifzügen mit dem Mikroskop vor der ehrwürdigen Königlichen Akademie der Wissenschaften in London verlas, schüttelte man dort ungläubig die Perücken.

Leeuwenhoek war ein leidenschaftlicher Forscher. Er schaute sich ziemlich wahllos alles an, was sich zur genaueren Inspektion anbot, darunter Zahnbelag und Wassertropfen, Pflanzenteile, zerzupfte Muskelfasern und Mücken, Läuse oder Flöhe. Davon muss auch der bedeutendste Naturpädagoge seiner Zeit, der in Böhmen wirkende Johann Amos Comenius (1592 – 1670), gehört haben, denn er schwärmt in einem seiner Bücher von den erstaunlichen Möglichkeiten der neuen Mikroskope, die „Flöhe so groß wie Spanferkel“ erscheinen lassen. Überhaupt waren vergrößernde Linsen und Lupen (oder Flohgläser, wie man sie damals einfach nannte), weniger der Schlüssel zum noch weithin unerkannten Mikrokosmos, sondern eher ein beliebter Zeitvertreib. Selbst zu Zeiten von Alexander von Humboldt galt es am preußischen Hofe durchaus nicht als unschicklich, den feinen Damen der Gesellschaft zum Ergötzen aller Beteiligten mit Lupe und Präpariernadel ihre Flöhe vorzuführen.

## Zwischen ganz groß und winzig klein

Die Sehschärfe des Auges entspricht bei normalem Leseabstand einem Sehwinkel von rund einer Bogenminute, dem sechzigsten Teil eines Winkelgrades.

---

Die tägliche Erfahrungswelt stellt uns vielerlei bemerkenswerte Ansichtssachen vor Augen. Wir sehen Landschaften, Häuserblocks oder Baumgruppen und sicher auch Blumen, Vögel oder Schmetterlinge, wegen der Entfernung aber oft nur als Farbflächen oder Umrisse. Einzelheiten der Formgebung entgehen uns, weil wir sie „übersehen“. Erst mit zunehmender Nähe wächst die Erkenntnis, dass unsere Welt aus fast beliebig vielen Kleinigkeiten besteht. Natürlich ist der Farbenrausch eines bunten Sommergartens ein tolles Spektakel für die Augen, aber eine Einzelblüte oder die munter darin umherturnenden Insekten sind es auch.



Einfaches Schülmikroskop mit Grobtrieb und drehbarer Lochblende.  
© Fa. Kaps



Schul- und Kursmikroskop mit koaxialem Grob- und Feintrieb und Kondensator. Der Spiegel kann durch eine Aufsteckleuchte ersetzt werden.  
© Fa. Kaps

Die Detailbetrachtung stößt jedoch an klare Grenzen. Auch wenn die Nase ganz tief in einer Blume versinkt, sieht man nicht wesentlich mehr als aus normalem Leseabstand. Im täglichen Leben bewegt man sich meist in Größenordnungen von Milli- bis Kilometern. Für die Naturwissenschaften reichen diese

Längenmaße oft nicht aus. Die weiteste mit bloßem Auge gerade noch erkennbare kosmische Struktur, die berühmte Andromeda-Galaxie, ist rund 2,3 Millionen Lichtjahre oder ca.  $2,1 \times 10^{19}$  km von uns entfernt – nur wenn man solche gewaltigen Zahlen in Zehnerpotenzen ausdrückt, werden die Dimensionssprünge etwas überschaubarer. Betrachtet man sich selbst einmal im Bereich von angenähert  $10^0$  m, dann ist das gesamte Weltall „nur“ etwa  $10^{24}$ -mal größer als wir selbst.

Das andere Ende der normalerweise erlebbaren Größenskala ist durch das Auflösungsvermögen bzw. die Sehschärfe des Auges bestimmt. Darunter versteht man die Fähigkeit, zwei eng benachbarte Punkte oder Linien als getrennte Elemente wahrzunehmen, etwa das Tüpfelchen auf einem i dieser Buchseite. Im Durchschnitt liegt die Sehschärfe unserer Augen bei etwa 0,2 mm.

Das Lichtmikroskop verbessert nun die von Natur aus ziemlich begrenzte Sehschärfe des Auges erheblich, bestenfalls um den Faktor 1000, sodass man in einem Präparat auch noch Dinge wahrnehmen kann, die nur etwa  $0,2 \mu\text{m}$  voneinander entfernt sind. Stellt man sich eine Strecke von 1 m auf 1 km vergrößert vor, entspricht diese maximale Auflösung einem minimalen Punkt- oder Linienabstand von etwa 2 cm. Die meisten Labor- und Kursmikroskope bleiben deutlich unter diesem Wert.

In der dem Lichtmikroskop zugänglichen Größenordnung ist die Welt jedoch noch nicht zu Ende. Mit noch leistungsfähigeren Instrumenten, die andere Informationsträger und Darstellungsweisen nutzen, konnte die Forschung selbst die kleinsten Bauteile der Materie ausleuchten. Die Grenzen der Erkenntnis liegen derzeit tief im Kern eines Wasserstoffatoms und damit in einer Größenordnung von unter  $10^{-16}$  m. In solche Winzigwelten können und wollen wir hier natürlich nicht abtauchen. Was uns das Lichtmikroskop mit einer gegenüber unseren Augen um rund das Tausendfache gesteigerten Auflösung an Seherlebnissen verspricht, ist bereits faszinierend genug und reicht locker für ungezählte Stunden voller Staunen.

## Erleben in neuen Grenzen

Seit dem Zeitalter der Entdeckungen hat sich das Bild der Erde stetig gewandelt, dabei verdichtet und vervollständigt. Seit 1957 kann man die Erde sogar aus größerem Abstand betrachten. Von Raketen in den erdnahen Raum getragene Sonden liefern uns immer bessere und genauere Außenansichten. Längst haben

solche technischen Kundschafter auch noch weitere Abstände durchmessen, sind als Forschungsroboter auf Nachbarplaneten unterwegs oder auf dem Weg zu noch entlegeneren Außenbezirken unseres Sonnensystems – in Entfernungen von etlichen Millionen Kilometern.

Im Vergleich zum technischen Aufwand einer Ariane 5 ist das Mikroskop ein verhältnismäßig bescheidenes Instrument. Obwohl man damit nur um Bruchteile eines Millimeters in unbekannte Strukturen vordringt, erobert es Welten von gänzlich anderer Erlebnisqualität. Die Beobachtung einer lebenden Zelle selbst in einem sehr einfachen Mikroskop bietet dagegen eine geradezu grundsätzlich neue Erfahrung, denn die Zelle ist mit dem bloßen Auge nicht erkennbar. Dass es sogar Lebewesen gibt, die noch viel kleiner sind als die Staubläuse, die manchmal als braungraue Punkte über eine vergilbte Buchseite huschen, ist für jeden, der zum ersten Mal in ein Mikroskop schaut, ein ganz besonderes Seh-Abenteuer, denn das jeweils betrachtete Objekt nimmt unter dem Mikroskop neue und zuvor so nicht wahrgenommene Qualitäten an.



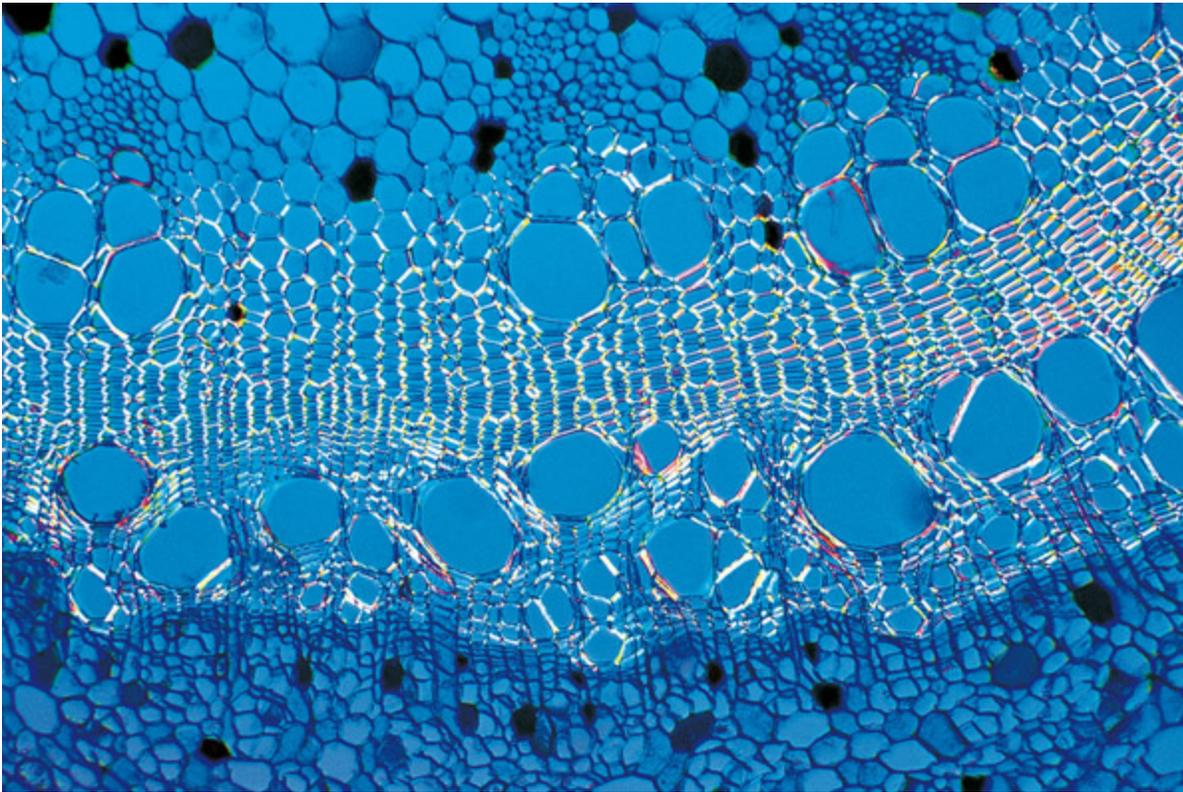
Wenn man mit einem superteuren Teleskop den Nachthimmel durchstößt, sieht man die gleichen Sterne wie vorher. Auch ein stark vergrößertes Bild des Mondes zeigt diesen immer noch. Beim Arbeiten mit dem Mikroskop ist das völlig anders.

© S. Melchert

Da tun sich plötzlich in jedem beliebigen Pflanzenstängel eigenartige Labyrinth mit Netz- und Maschenwerken aus Löchern, Stegen und Spangen auf und halten den Blick gefangen. Selbst ein Minischnipsel von einem Streichholz oder ein Fruchtfleischfetzchen von Erdbeere oder Birne überraschen mit einer Menge seltsamer Strukturen, die sich beim Anblick mit bloßem Auge so nicht ahnen lassen. Obwohl die Kleinstbauteile, zu denen das Mikroskop in ganz wenigen Schritten Zugang verschafft, zunächst ein wenig verwirren, sind sie keineswegs chaotisch. Vielmehr bildet sich auch in den Größenordnungen unterhalb der

natürlichen Sichtbarkeit eine beeindruckende Ordnung ab, die es nun zu erkunden gilt. Mit jedem neuen Präparat öffnet sich also ein weites Feld. Nur durch das Kennenlernen des Kleinen lässt sich auch das Große begreifen.

Die Arbeit mit dem Mikroskop begeistert und fasziniert auch noch aus einem ganz anderen Grund. Weit unterhalb der natürlichen Schranken der Seherfahrung finden wir nicht nur ungewöhnliche Formen und Funktionen, sondern treffen überraschend auch auf eine unerwartete Schönheit. Sicherlich ermöglicht es uns die Mikroskopie, im Detail besonders genau hinzusehen und den Zusammenhang von Formen und Funktionen besser zu verstehen, aber oft gerät die mikroskopische Bilderfahrt auch zum hinreißenden Farbenrausch wie bei der Wanderung durch eine sommerbunte Landschaft. In der Schönheit des Details zeigt sie Ästhetik pur – auf- und anregender als in vielen Bereichen des Makrokosmos.



Querschnitt durch einen Hopfenstängel - mit schwarzgrüner Eisengall-Tinte gefärbt.  
© B. Kremer

# Das eigene Mikrolabor

---

Die Verführung ist verständlicherweise groß, mit dem gerade erstandenen Mikroskop im Direktverfahren die Umgebung zu erkunden und beispielsweise den kleinen Finger unter das Objektiv zu legen, um so den ersten Geheimnissen des Lebens auf den Grund zu gehen. Für erfolgreiche Expeditionen in die mikroskopischen Kleinwelten ist es aber unabdingbar, die Objekte möglichst transparent dünn und damit durchstrahlbar herzurichten, denn eigentlich betrachtet man im Mikroskop immer nur Teile von Teilen bzw. die Organismen scheibchenweise, und dazu benötigt man ein paar hilfreiche Werkzeuge. Die meisten der nachfolgend benannten Ausrüstungsgegenstände erhält man im Fachhandel – als Präparierbesteck unter anderem in Fachgeschäften für den Labor- und Medizinbedarf.

## Ein paar nützliche Kleinigkeiten

Die Anschaffung eines Mikroskopes ist sicherlich der mit Abstand größte Posten auf der Kostenseite. Was man sonst noch für die Präparations- und Beobachtungsarbeit benötigt, ist dagegen rasch besorgt oder ohnehin aus haushaltsüblichem Inventar zusammenstellbar. Zur Grundausstattung des Arbeitsplatzes gehören die folgenden Utensilien:

### Objektträger

Objektträger sind höchstens 1 mm dicke und rechteckige Glasplättchen im

Format  $76 \times 26 \text{ mm}$  ( $= 3 \times 1 \text{ inch}$ , schon 1839 in London festgelegt und heute weltweit Standard). Vorzugsweise verwendet man solche mit leicht angeschliffenen bzw. gebrochenen Kanten – das bewahrt die Fingerkuppen zuverlässig vor Schnittverletzungen. Vom Standardmaß abweichende kleinere Formate sind oft Lieferbestandteil von Billigstmikroskopen, aber ebenfalls kaum zu empfehlen, weil sie nicht in die Objekthalterung eines Kreuztischs passen. Objektträger gibt es üblicherweise in Packungen zu je 50 Stück.



Objektträger



Päckchen Objektträger

## Deckgläser

Deckgläser sind meist unter  $0,17 \text{ mm}$  dicke, quadratische Glasplättchen im Format  $18 \times 18$  bis  $24 \times 24 \text{ mm}$ . Sie sind so hauchdünn, dass sie sich bei Belastung ein wenig verbiegen, aber unvermittelt in viele kleine und eventuell