

Politik & Kultur



THEMA

Thomas Fromm *Cosmarium pyramidatum*, Faserstifte auf Papier, DIN A4, 2025

FOTO: © THOMAS FROMM

Die fantastische Welt des winzig Kleinen

Mikroskop und Kunst als eine Einheit

OLAF ZIMMERMANN

Mitte Februar, es ist kalt, auf dem Landwehrkanal schwimmen noch vereinzelt Eisschollen auf dem Wasser, die Natur ist im tiefen Winterschlaf. Mit meinem Planktonnetz fische ich eine Probe aus dem trüben, kalten Wasser. Zu Hause am Mikroskop dann einmal mehr das Wunder des Lebens im Wassertropfen. Muschelkrebse, Ruderfußkrebse, ein paar Fadenwürmer, einige Rädertiere, Wimpertiere und massenhaft Algen, besonders Kieselalgen. Und immer wieder mir bislang unbekanntes Leben. Auch mitten im Winter lebt die Natur und betört mit ihrer Vielfalt und Schönheit die Sinne. Mich fasziniert die Welt des Mikrokosmos schon seit meiner Kindheit. »Färbung eines Schleimhautaufstriches, Fixierung mit Äther-Alkohol-Gemisch, 1 % Methylenblau, 5 Minuten einwirken lassen, abspülen«. Das ist meine erste Versuchsbeschreibung, niedergeschrieben 1975, ich war 14 Jahre alt. Seit diesen Tagen hat mich der »Virus« Mikroskopieren nicht mehr losgelassen. Das Eindringen in eine unbekannte Welt begeistert mich nach wie vor.

Immer habe ich Mikroskopie und Kunst als eine Einheit gesehen. Mehr sehen können, tiefer in die Dinge blicken können. Der Blick durch ein Mikroskop ist wie der Blick auf ein Kunstwerk. Der amerikanische Künstler Cy Twombly hat mich mit seinen Bildern schon früh in den Bann gezogen. Hinter dem vermeintlichen Gekrakel auf seinen Bildern öffnet sich nach einiger Zeit eine neue Welt. Ich weiß nicht, ob er je durch ein Mikroskop geschaut hat, mich haben seine Bilder beim Betrachten aber immer daran erinnert, wie es ist, wenn man am Mikroskop die Schärfe einstellt: die Vergrößerung erst 50-fach, dann 100-fach, dann 400-fach und zum Schluss – mehr geht sinnvoll bei einem Lichtmikroskop nicht –

1000-fach. Immer werden neue Bildwelten sichtbar. Seit der Erfindung des Mikroskops im 17. Jahrhundert besteht eine enge Verbindung zwischen Wissenschaft und Kunst. Das Instrument eröffnete nicht nur der Naturforschung neue Erkenntnisse, sondern auch der Kunst eine bislang unsichtbare Welt von Formen, Strukturen und Ornamenten. Viele Künstler, Architekten und Designer ließen sich von diesen mikroskopischen Bildern inspirieren. Den Ausgangspunkt bildete das Jahr 1665, als der englische Naturforscher Robert Hooke sein berühmtes Buch *Micrographia* veröffentlichte. Darin präsentierte er großformatige Kupferstiche von Flöhen, Läusen, Pflanzenstrukturen und Kristallen, die er mit dem Mikroskop beobachtet hatte. Die Bilder waren wissenschaftliche Dokumentationen, zugleich aber auch ästhetisch beeindruckende Darstellungen. Sie machten erstmals sichtbar, dass selbst kleinste Naturformen eine erstaunliche Schönheit und Ordnung besitzen. Parallel dazu fertigte der niederländische Mikroskopiker Antoni van Leeuwenhoek Zeichnungen von Bakterien, Protozoen und anderen Mikroorganismen an. Auch seine Darstellungen prägten das visuelle Bild der neu entdeckten mikroskopischen Welt. Im 19. Jahrhundert erreichte die Verbindung zwischen Kunst und Mikroskopie einen neuen Höhepunkt. Der deutsche Biologe und Zeichner Ernst Haeckel veröffentlichte zwischen 1899 und 1904 sein monumentales Werk *Kunstformen der Natur*. In über hundert kunstvoll gestalteten Tafeln zeigte er Quallen, Radiolarien, Diatomeen und andere Organismen in einer ästhetischen Form, die weit über reine wissenschaftliche Illustration hinausging. Die strengen Symmetrien und ornamentalen Strukturen dieser Organismen beeinflussten unmittelbar den Jugendstil.

Auch in der klassischen Moderne tauchen Formen auf, die stark an mikroskopische Strukturen erinnern. Künstler wie Wassily Kandinsky, Paul Klee, Joan Miró oder Jean Arp entwickelten biomorphe Bildformen, die an Zellen, Mikroorganismen oder organische Wachstumsprozesse erinnern. Besonders prägend für Kunst und Design waren einige mikroskopische Organismen selbst. Diatomeen – Kieselalgen mit ihren fein ornamentierten Silikatschalen – zeigen eine nahezu perfekte geometrische Symmetrie. Im 19. Jahrhundert wurden sie sogar bewusst zu dekorativen Mustern auf Objektträgern arrangiert. Radiolarien wiederum besitzen komplexe, kugelförmige Skelette mit

Künstler, Architekten, Designer lassen sich von mikroskopischen Bildern inspirieren

strahlenförmigen Strukturen, die direkt in Architektur, Schmuckdesign und Ornamentik übernommen wurden. Auch Schleimpilze, meine liebsten Fotomotive, faszinieren durch ihre Farben und Formenvielfalt, die erst mit einer Lupe sichtbar werden. Ihre plasmodialen Netzwerke und filigranen Fruchtkörper haben in letzter Zeit Künstler, Designer und sogar Architekten inspiriert, die sich mit biologischen Wachstumsprozessen und ihrer Ästhetik beschäftigen. Um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert erlebte die Mikroskopie einen bemerkenswerten Aufschwung. Das Mikroskop wurde nicht nur zu einem zentralen Instrument der Wissenschaft, sondern auch zu einem Bildungsgerät

für Schulen und zu einem beliebten Hobby für naturinteressierte Bürger. Ein wichtiger Hintergrund war der wissenschaftliche Fortschritt der Zeit. Durch die Arbeiten von Louis Pasteur und Robert Koch wurde deutlich, dass Mikroorganismen Krankheiten verursachen können. Die sogenannte Keimtheorie revolutionierte das Gesundheitswesen. Damit gewann das Mikroskop enorme Bedeutung als Werkzeug zur Erforschung der unsichtbaren Welt. Gleichzeitig verbesserten sich die Instrumente technisch erheblich. Ein entscheidender Faktor für den Boom war der naturwissenschaftliche Unterricht. Im späten 19. Jahrhundert wurde in vielen Ländern der Biologie- und Naturkundeunterricht reformiert. Beobachtung und Experiment sollten das reine Auswendiglernen ersetzen. Das Mikroskop eignete sich dafür ideal. Schülerinnen und Schüler konnten Pflanzenzellen, Insektenstrukturen oder Wasserorganismen selbst untersuchen. Damit wurde das Mikroskop zu einem festen Bestandteil der naturwissenschaftlichen Ausbildung an den allgemeinbildenden Schulen. Parallel dazu entwickelte sich eine lebendige Amateurrkultur. Viele gebildete Bürger besaßen ein eigenes Mikroskop zu Hause. Die Beobachtung von Teichwasser, Pflanzengewebe oder Mineralstrukturen galt als anspruchsvolle Freizeitbeschäftigung. In vielen Städten entstanden mikroskopische Gesellschaften und naturwissenschaftliche Vereine, in denen Präparate ausgetauscht und Beobachtungen diskutiert wurden. Zeitschriften und Handbücher erklärten Schritt für Schritt, wie man selbst Präparate herstellen und mikroskopische Organismen bestimmen konnte. So entstand um 1900 eine besondere Situation: Das Mikroskop war zugleich Forschungsinstrument, Lehrmittel und Freizeitgerät. Es stand für den Fortschrittsglauben einer Epoche, in der Wissenschaft, Bildung und private

Neugier eng miteinander verbunden waren. Für viele Menschen eröffnete das Mikroskop erstmals die Möglichkeit, selbst Entdecker einer verborgenen Welt zu werden. Und heute? In der Wissenschaft spielt die Mikroskopie weiterhin eine bedeutende Rolle, wenn auch das klassische Lichtmikroskop inzwischen durch zahlreiche Verfahren ergänzt wurde, etwa durch die Transmissions-elektronenmikroskopie, die Rasterelektronenmikroskopie, die Rastertunnelmikroskopie oder durch konfokale und fluoreszenzbasierte Mikroskopie. Marktanalysen gehen davon aus, dass der weltweite Markt für optische Mikroskope ein Volumen von rund drei Milliarden US-Dollar pro Jahr erreicht und weiterhin wächst. Ein wichtiger Teil dieses Marktes entfällt auf den Bildungsbereich. Das Mikroskop bleibt – trotz digitaler Lehrmittel – eines der wichtigsten Instrumente des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Als Freizeitgerät hat das Mikroskop im Vergleich zu vor 100 Jahren an Bedeutung verloren, aber weiterhin gibt es viele Menschen, die gerne durchs Mikroskop schauen. Der Gebrauchwarenmarkt (Ebay und Co.) macht es möglich, heute sehr günstig an technisch hervorragende Mikroskope zu kommen. Ich bin mir sicher, dass die Mikroskopie vor einer Renaissance steht, da viele Menschen der digitalen Übersättigung etwas entgegensetzen wollen. Naturwissenschaft und Kunst bilden beim Blick durch ein Mikroskop eine wunderbare Einheit. Ich bedanke mich bei meinen Freunden von der Mikroskopischen Gesellschaft Berlin, die mich bei der Erarbeitung dieses Schwerpunktes unterstützt haben. Alle 14 Tage nehme ich an ihren Übungsabenden teil – und ich erlebe die fantastische Welt des winzig Kleinen. Olaf Zimmermann ist Geschäftsführer des Deutschen Kulturrates

Wegweisende Entdeckung

Geschichte und Funktionsweise des Mikroskops

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]),

Will man die mikroskopische Welt erkunden, braucht man vergrößernde Systeme

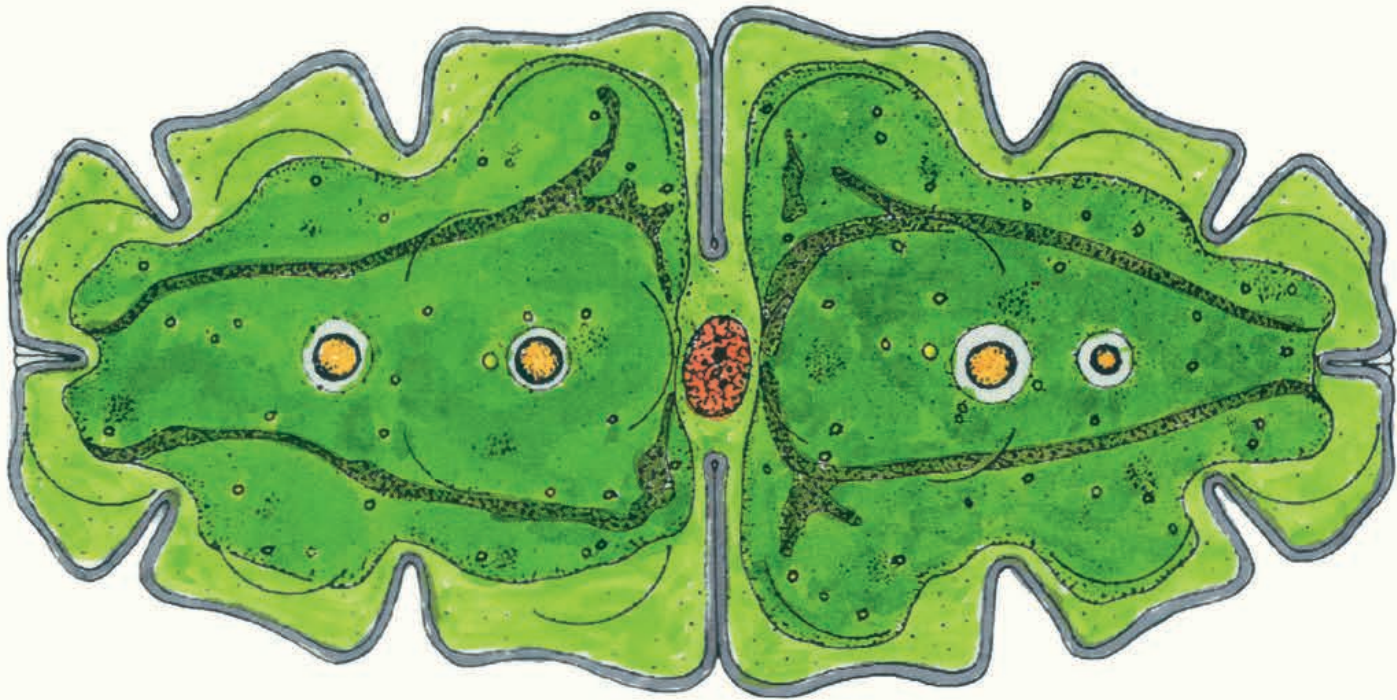
die für ein problemloses Mikroskopieren erzielt werden muss, in der Regel nicht mehr mit der bloßen Hand umsetzbar. Man hat bald entsprechende Gerätschaften, sogenannte Mikrotome entwickelt, die im Prinzip wie eine Wurstschneidemaschine funktionieren. An die Mechanik, die zur Erzeugung von Schnitten 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 Masendurchdringungsvermögen 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 abrasiert (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.

Klaus Hausmann ist Professor im Ruhestand und war ehemals im Institut für Zoologie der Freien Universität Berlin als Leiter der Arbeitsgruppe Protistologie tätig. 1986 gründete er die Berliner Mikroskopische Gesellschaft (BMG)



Thomas Fromm *Euastrum oblongum*, Faserstifte auf Papier, DIN A4, 2025

FOTO: © THOMAS FROMM

Reichhaltiger Erfahrungsschatz

40 Jahre Berliner Mikroskopische Gesellschaft

HELMUT PFAFFMANN

Am 10. April 1986 wurde in Berlin die mikroskopische Gesellschaft gegründet. Die Gründung erfolgte auf Initiative von Klaus Hausmann und Norbert Hülsmann, damals beide am Institut für Allgemeine Zoologie der Freien Universität Berlin tätig. Ziel war es zunächst, Menschen zusammenzuführen, die das gemeinsame Hobby Mikroskopie pflegen und die Begeisterung für naturwissenschaftliche Fragestellungen in diesem Zusammenhang teilen. Mit der Gründung der gemeinnützigen Berliner Mikroskopischen Gesellschaft e. V. (BMG) werden Bestrebungen und Entwicklungen in der Mikroskopie sowie der auf ihnen basierenden Disziplinen verfolgt, um naturwissenschaftliches Verständnis zu vertiefen und breiten Interessentkreisen zugänglich zu machen. Zu diesem Zweck wendet sich der Verein ausdrücklich an alle Interessierten in der Bevölkerung.

Wissen und Faszination einem breiten Publikum zugänglich machen

Die Mitglieder der BMG setzen sich aus den verschiedensten Berufsgruppen zusammen. Zum einen engagieren sich Fachleute, u. a. aktive und ehemalige Wissenschaftler sowie Lehrkräfte aus den Bereichen Biologie und Medizin, darüber hinaus einige Mitglieder, die keine explizite biologische Ausbildung besitzen. Bemerkenswert ist, dass einige von ihnen bereits seit der Gründung der Gesellschaft dabei sind. Gemeinsam verbindet sie das ausgeprägte Interesse an der Mikroskopie sowie der Wunsch, die eigene Begeisterung für dieses Fachgebiet an einen größeren Personenkreis weiterzugeben.

Ein zentrales Element des Vereinslebens der BMG ist der in einem zweiwöchigen Rhythmus stattfindende Vortrags- und Übungsabend. Diese Treffen bieten den Mitgliedern sowie interessierten Gästen die Möglichkeit, sich intensiv mit unterschiedlichen Aspekten der Mikroskopie auseinanderzusetzen und ihr Wissen gemeinsam zu vertiefen.

Dank der Unterstützung des Instituts für Zoologie der Freien Universität Berlin steht dem Verein ein hervorragend ausgestatteter Kursraum mit entsprechender optischer Ausrüstung zur Verfügung. Dies ermöglicht nicht nur theoretische Vorträge, sondern auch die unmittelbare praktische Anwendung am Mikroskop. Die behandelten Themen sind vielfältig. Sie reichen von Mikroorganismen über Ein- und Mehrzeller in Gewässern, tierische und pflanzliche Gewebe, die Herstellung mikroskopischer Dauerpräparate bis hin zur Untersuchung kristalliner Strukturen und technischer Aspekte der Mikroskopie.

Seit Gründung der Gesellschaft wurden bereits über 700 dieser Vortragsabende abgehalten. Die Referenten kommen sowohl aus den eigenen Reihen als auch aus befreundeten mikroskopischen Vereinigungen innerhalb Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Darüber hinaus werden immer wieder Wissenschaftler aus verschiedenen Fachgebieten für Vorträge gewonnen, um den Teilnehmenden aktuelle Einblicke und Fachwissen zu vermitteln.

Ein wichtiger Bestandteil der Aktivitäten der Berliner Mikroskopischen Gesellschaft sind die regelmäßig organisierten ein- und mehrtägigen Exkursionen. Zu den Zielen zählen beispielsweise Helgoland, Hiddensee und das Untere Odertal. Im Rahmen dieser Exkursionen haben die Teilnehmenden die Gelegenheit, vor Ort Wasserproben zu entnehmen und diese anschließend direkt unter dem Mikroskop zu untersuchen. Diese praktische Anwendung der Mikroskopie ermöglicht es, erworbenes Wissen unmittelbar umzusetzen und zu vertiefen. Bei den Exkursionen sind stets auch Gäste willkommen, die sich für die Mikroskopie interessieren und an den gemeinsamen Aktivitäten teilnehmen möchten.

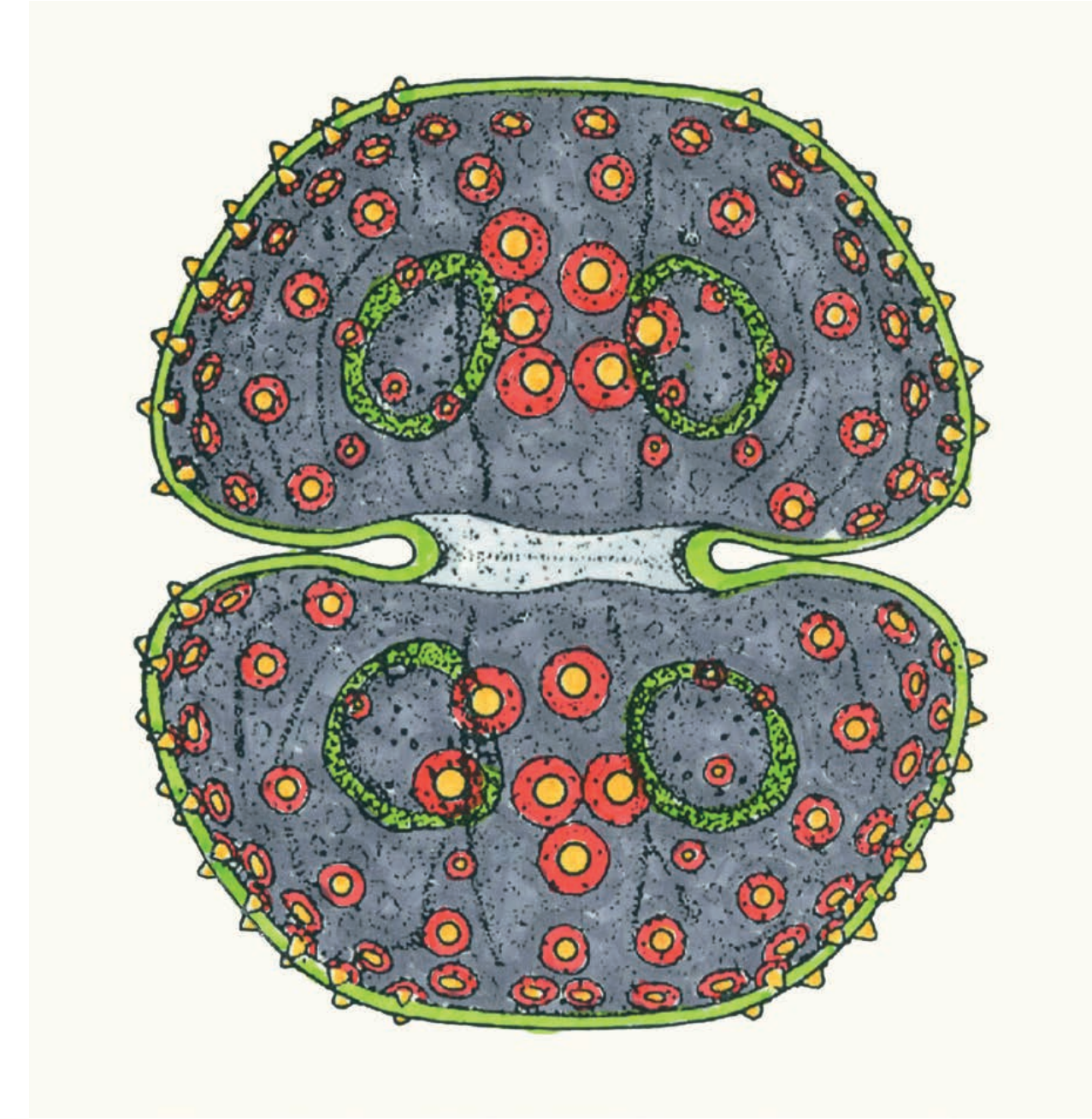
Die langjährige Beschäftigung der Mitglieder der BMG mit Mikroskopie hat zu einem umfangreichen Erfahrungsschatz geführt. Im Laufe der Jahre konnten nicht nur fundierte Kenntnisse über verschiedene Techniken und Verfahren erworben werden, sondern auch ein tiefgehendes Verständnis für die Handhabung sowie Reparatur der Geräte. Diese Expertise kommt insbesondere neuen Mitgliedern und Interessierten zugute, die Unterstützung bei Auswahl und Erwerb eines Mikroskops benötigen.

Außerdem bietet die BMG praktische Hilfe beim Austausch von Ersatzteilen sowie bei der Lösung sonstiger technischer Probleme rund um das Mikroskop. Insbesondere Anfänger profitieren von diesem Angebot, da sie bei Fragen und Herausforderungen auf die Erfahrung und das Wissen der Vereinsmitglieder zurückgreifen können. So trägt die Gesellschaft dazu bei, den Einstieg in die Mikroskopie zu erleichtern und das gemeinsame Interesse an diesem faszinierenden Fachgebiet weiter zu fördern.

Die BMG zeigt ein starkes Engagement bei verschiedenen öffentlichen Veranstaltungen in Berlin. Besonders hervorzuheben sind dabei der »Weltmikroskopietag« im Zeiss-Großplanetarium sowie der »Lange Tag der Stadtnatur«. Die Teilnahme an diesen Events ermöglicht interessierten Gästen, Einblicke in die Mikroskopie zu gewinnen und sich mit Experten auszutauschen. So trägt die Gesellschaft dazu bei, das Interesse an naturwissenschaftlichen Themen zu fördern und die Begeisterung für die Mikroskopie einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Bei den Veranstaltungen sieht man immer wieder erstaunte Gesichter, wenn die Besucher, insbesondere Kinder, selbst einen Blick durch das Mikroskop auf Wasserproben, Sand, Radiolarien oder Diatomeen werfen können.

Bereits seit Mitte des 19. Jahrhunderts bildeten sich zahlreiche Vereinigungen und Arbeitsgemeinschaften für Mikroskopie, von Wissenschaftlern sowie interessierten Laien. Diese Gruppen pflegten einen intensiven Austausch von Informationen sowie von mikroskopischen Präparaten. Ein wichtiger Meilenstein in der Entwicklung der Mikroskopie als gemeinschaftliches Hobby war die Herausgabe der Zeitschrift »Mikrokosmos – Zeitschrift zur Förderung wissenschaftlicher Bildung« im Jahr 1907 durch Raoul Heinrich Francé. Ihr erklärtes Ziel war es, interessierten Menschen, die Begeisterung für die Mikroskopie und Ästhetik der Mikrowelt teilten, ein eigenes Forum zu bieten. Dadurch wurden das Wissen und die Faszination für die Mikroskopie einem breiteren Publikum zugänglich gemacht und der fachliche Austausch zwischen den Vereinigungen gefördert. Leider musste die Zeitschrift 2014 aus finanziellen Gründen eingestellt werden.

Eine der großen Herausforderungen für die BMG, wie für die meisten



Thomas Fromm *Cosmarium praemorsum*, Faserstifte auf Papier, DIN A4, 2025

mikroskopischen Vereinigungen, besteht in der überalterten Mitgliederstruktur. Viele Neumitglieder finden in den letzten Jahren ihren Weg in den Verein häufig erst, nachdem sie bereits im Arbeitsleben gut etabliert sind oder das Ende der aktiven beruflichen Tätigkeit absehbar ist. Es bleibt daher eine wesentliche Aufgabe, jüngere Personen, die eine Begeisterung für das Hobby Mikroskopie haben, von den Vorteilen einer Mitgliedschaft unter Gleichgesinnten zu überzeugen.

Das Internet hat sich als zentrale Informationsquelle etabliert und spielt auch im Bereich der Mikroskopie eine entscheidende Rolle. Hobbymikroskopiker greifen verstärkt auf digitale Angebote zurück, um sich über aktuelle Entwicklungen, wissenschaftliche Erkenntnisse und praktische Tipps zu informieren. Viele Vereine, auch die BMG, tragen diesem Trend Rechnung, indem sie umfangreiche Informationen zu ihren Aktivitäten auf ihrer Homepage bereitstellen.

Auf den Websites der Vereine finden Interessierte eine Vielzahl von Ressourcen. Dazu zählen mikroskopische Aufnahmen, ausführliche Anleitungen zum Umgang mit dem Mikroskop sowie zur Herstellung von Präparaten und Erläuterungen zu technischen Aspekten der Mikroskopie. Diese öffentlich zugänglichen Inhalte ermöglichen es sowohl Vereinsmitgliedern als auch externen Interessierten, ihr Wissen eigenständig zu erweitern oder sich gezielt auf bestimmte Themen zu konzentrieren.

Viele erfahrene Mikroskopiker nutzen das Internet, um ihre langjährige Expertise weiterzugeben, und stellen ihr Wissen auf eigenen Homepages vor. Dort präsentieren sie nicht nur beeindruckende Aufnahmen aus der Mikrowelt, sondern vermitteln auch praktische Erfahrungen und Tipps rund um die Technik und das Arbeiten am Mikroskop. So wird das Internet zu

einer wichtigen Plattform für Austausch sowie Weitergabe von mikroskopischem Wissen und fördert das Interesse an diesem faszinierenden Fachgebiet. Eine bedeutende Plattform für den deutschsprachigen Raum stellt dabei das »Mikroforum« (www.mikroskopie-forum.de) dar. Hier tauschen sich Mikroskopiker über ihre Beobachtungen, Erfahrungen sowie technische Herausforderungen aus und profitieren gegenseitig vom Wissen der Community.

Trotz der Fülle an digitalen Angeboten und der Möglichkeit, sich online zu informieren und auszutauschen, sollte jedoch die Bedeutung der Vereinsmitgliedschaft nicht unterschätzt werden. Die im Internet verfügbaren Informationen können die direkten, praktischen Tipps und die persönliche Unterstützung, die einem in einem Verein zu teilwerden, nur bedingt ersetzen. Insbesondere der persönliche Kontakt, das gemeinsame Arbeiten sowie die individuelle Hilfestellung durch erfahrene Vereinsmitglieder sind wertvolle Aspekte, die zur erfolgreichen und nachhaltigen Beschäftigung mit der Mikroskopie beitragen.

Die Beschäftigung als Hobbymikroskopiker bietet auch die Möglichkeit, einen bedeutenden Beitrag zur wissenschaftlichen Forschung zu leisten. Dies geschieht insbesondere durch die Mitwirkung an sogenannten Citizen Science-Projekten. Bei diesen Projekten werden Forschungsarbeiten entweder unter Mithilfe von oder sogar vollständig durch interessierte Amateure und Laien durchgeführt. Die Beteiligten führen dabei eigenständig Beobachtungen und Messungen durch, dokumentieren ihre Ergebnisse, werten diese aus und veröffentlichen sie im Rahmen des Projekts.

Für naturbegeisterte Personen eröffnet die Plattform iNaturalist eine hervorragende Möglichkeit, sich aktiv an Citizen Science-Projekten zu

beteiligen. Hier können Nutzerinnen und Nutzer Beobachtungsdaten sowie Bilder aus allen Bereichen der belebten Natur hochladen und damit zur Erfassung der Artenvielfalt beitragen. Besonders für Mikroskopiker ist iNaturalist von großem Interesse, da auch Organismen eingereicht werden können, die nur mithilfe eines Mikroskops beobachtet oder eindeutig bestimmt werden können. Ein wesentlicher Vorteil der Plattform ist der Evaluierungsprozess, dem alle eingereichten Daten unterliegen. Dadurch wird sichergestellt,

Hobbyisten leisten einen bedeutsamen Beitrag zur Dokumentation von Biodiversität

dass die Qualität der Beobachtungen bestimmt wird und die wissenschaftliche Aussagekraft der gesammelten Informationen kontrolliert ist. Hobbymikroskopiker können somit einen bedeutsamen Beitrag zur Dokumentation und Erforschung der Biodiversität leisten, indem sie ihre Beobachtungen einer breiten Community und der Wissenschaft zur Verfügung stellen.

Wir, die Mitglieder der BMG sowie unsere Unterstützer aus Familie und Freundeskreis freuen uns über 40 interessante Jahre, die wir unserem Hobby Mikroskopie gewidmet haben. Die nächste Dekade wird bestimmt ebenso spannend werden.

Helmut Pfaffmann ist erster Vorsitzender der Berliner Mikroskopischen Gesellschaft

FOTO: © THOMAS FROMM



Vom Blick ins Große zum Blick ins Kleine

Der Astronom und sein Mikroskop

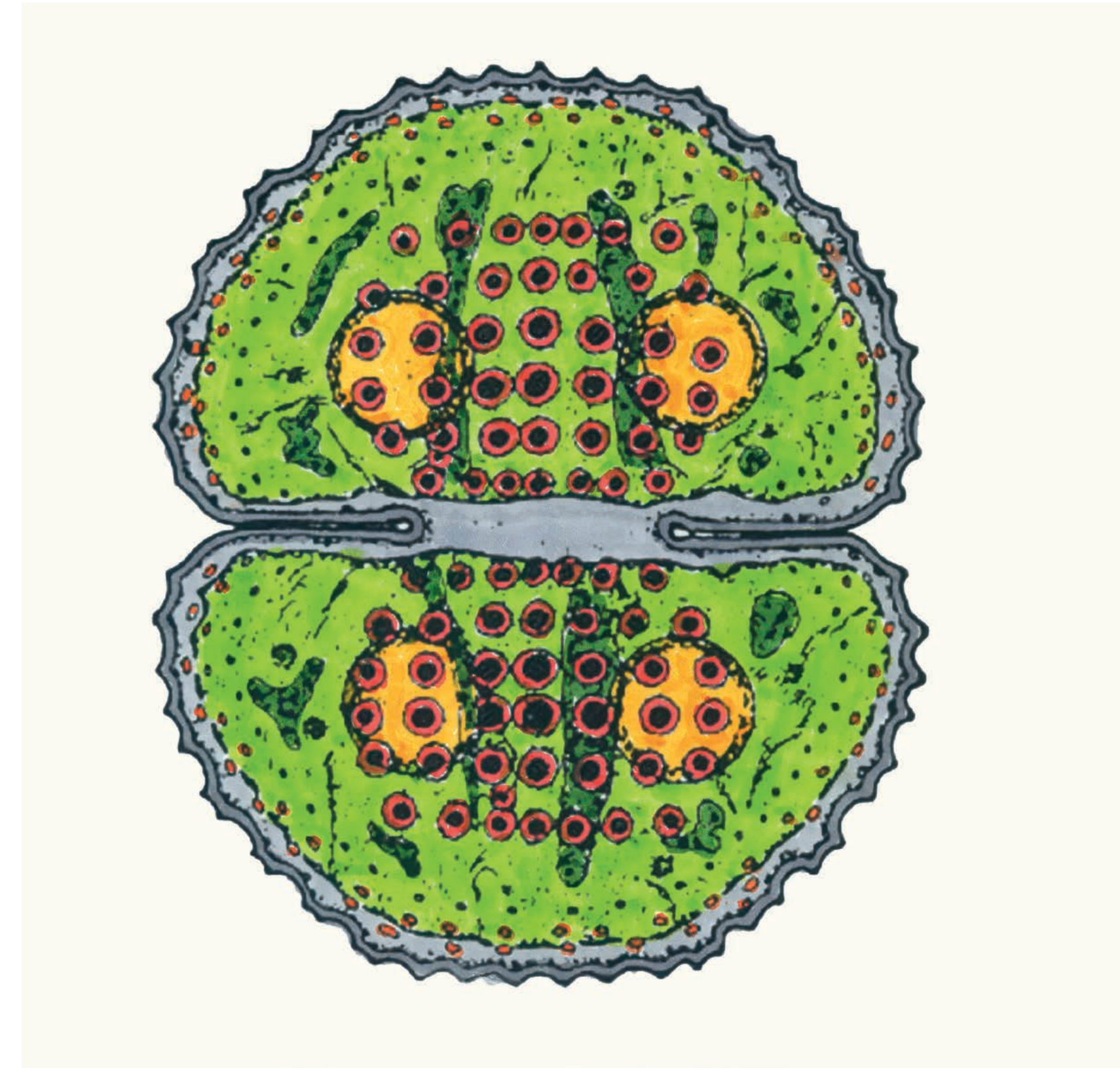
Olaf Zimmermann im Gespräch mit dem Astronomen Erik Wischnewski über Forschungsdrang und die Lust, unbekannte Welten zu entdecken.

Olaf Zimmermann: Herr Wischnewski, ich spreche mit einem Astronomen über Mikroskopie. Da würden erstmal viele fragen: Passt das zusammen? Wie kommt ein Astronom zum Mikroskop?

Erik Wischnewski: Zunächst einmal bin ich als Astronom Wissenschaftler und an Neuigkeiten interessiert. Die Gemeinsamkeit zwischen Mikroskopie und Astronomie ergibt sich dadurch, dass man in beiden Feldern mit bloßem Auge nicht allzu tief erforschen kann. Ich kann in der Astronomie ein paar Sterne am Himmel sehen, aber die wirklich interessanten Galaxien und Tiefen des Weltalls erschließen sich mir nur, wenn ich optische Hilfsmittel, also Teleskope, verwende. Das selbe ist in der Mikroskopie der Fall. Ich kann zwar eine Fliege erkennen, ich kann vielleicht mit Glück noch einen kleinen Flügel erkennen, aber wenn ich in die Tiefen des Tieres, oder der Pflanze, in das Gewebe eindringen will, brauche ich optische Hilfsmittel, die mir das Kleine vergrößern. In beiden Fällen brauche ich also Optiken, die mich von der Normalwelt, in der ich lebe, in die Extremwelt, ins Große und Weite oder ins Kleine hinein transportieren. Das ist das, was mich fasziniert, weshalb ich als Astronom in die Mikroskopie gerutscht bin.

Ich habe zuerst Ihr dreibändiges Standardwerk »Astronomie in Theorie und Praxis« gelesen, das alles zusammenfasst, von der Wissenschaft bis zur Astronomie als Hobby. Und dann schaffen Sie ein neues Werk »Ein Astronom und sein Mikroskop. Erfahrungen eines Neulings in der Mikroskopie«. Ein Buch, das inzwischen ebenfalls zum Standardwerk geworden ist. Um mich als Neuling in dieses Gebiet einzuarbeiten, habe ich einen ganz eigenen Weg gewählt. Ich habe gesagt, ich vergesse mal alles, was da links und rechts steht. Ich denke selbst nach und erarbeite mir das alles. Das habe ich sehr gründlich protokolliert. Das Protokoll ist dann die Vorlage für das Buch geworden, wobei ein Schwerpunkt die Theorie war. Klar, das kommt von der Astronomie. Optik ist in beiden Fällen identisch. Mal sind die Linsen größer, mal sind sie kleiner, aber das Prinzip ist das selbe. Was die praktische Mikroskopie betrifft, musste ich alles erstmal üben. Das habe ich gemacht und habe dann meine Erfahrungen niedergeschrieben. Deshalb habe ich das Buch bewusst nicht »Mikroskopie für Anfänger« genannt, sondern habe diesen Titel »Der Astronom und sein Mikroskop« gewählt.

Sie stellen in Ihrem Buch ein sehr breites Feld an mikroskopischen Bereichen vor, von dem, was man im Bereich der Chemie mikroskopieren kann, bis zu den klassischen biologischen Objekten, von Kristallen bis zu pflanzlichen Objekten. Auch Pilze werden bei Ihnen vorgestellt. Was hat Sie als Neuling besonders fasziniert?
Als Erstes fand ich die Polarisations faszinierend, dass man Kristalle so bunt sieht. Wenn sich die Polarisations ebene dreht, dann verändern sich die Farben. Das war für mich als Astronom – wir haben ja auch in der Astronomie Polarisation – eine



Thomas Fromm *Cosmarium formosulum*, Faserstifte auf Papier, DIN A4, 2025

faszinierende Geschichte. Aber es haben mich auch Pflanzenquerschnitte fasziniert und die Einfärbung, in der die verschiedensten Gewebearten der Pflanzen oder eines Pflanzenquerschnitts zutage treten. Welche Funktion hat das, was blau geworden ist, und das, was rot ist oder der Rand in Grün?
Ich bin jemand, der gerne vollständig arbeitet. Deshalb habe ich alles in dem Buch beschrieben, was man ohne große Hilfsmittel in seinem persönlichen Umfeld, im Garten oder an sich selbst findet. Deshalb auch Biologie. Was man dann zu tun hat: Man muss üben. Das geht achtmal daneben und einmal glückt es halbwegs, und dann wird das natürlich gleich für das Buch beiseitegelegt.

Ich finde die Vollständigkeit an Ihrem Buch sehr beeindruckend, wobei das Buch trotzdem nicht abschreckend ist. Das ist besonders wichtig, weil wir ja für den Blick in die unbekannten Welten Menschen begeistern wollen, die bisher noch nicht in diese Welt hineingeschaut haben, ob es der Mikrokosmos ist oder das Universum. Beide Male, sowohl beim Blick in die Sterne als auch in das Mikroskop, hat sich das Weltbild geändert. Wenn Sie sich jetzt Ihre zwei Welten anschauen, wie würden Sie die Veränderung einschätzen?
Erstaunlicherweise ist ja der Blick ins Weltall früher entstanden als der

Blick in das Kleine, am Anfang nur mit bloßem Auge, aber dann seit einigen Jahrhunderten auch mit Optiken. Insofern hat die Astronomie unser Weltbild zuerst verändert. Wenn man sich allerdings die Nobelpreise der letzten Jahre und Jahrzehnte anschaut, haben die Auszeichnungen oft etwas mit der Mikroskopie zu tun, nicht nur im Bereich der Chemie, sondern auch im Bereich Medizin. Man kommt ohne die technischen Hilfsmittel, die den Blick ins Kleine erlauben, nicht mehr aus. Mikroskopie ist ja nicht nur die optische Mikroskopie, da gibt es viele weitere Methoden. Ich würde sagen, die Astronomie hat den Blick zuerst nach oben erweitert. Und dann kam allmählich der Bereich der Mikroskopie, der den Weltblick ins Kleine hinein erweitert, dazu. Im Weltall findet zwar auch noch einiges Unerklärtes statt, aber da wissen wir doch schon sehr viel. Ich glaube, dass es im kleinemolekularen Bereich noch sehr viel zu entdecken gibt. Das ist, denke ich, für die nächsten Jahrzehnte erstmal das Faszinierende.

Ich würde gern noch mal mit Ihnen über das Universum sprechen, über das, was sich uns öffnet, wenn wir den Blick in unbekannte Welten werfen können. Sie haben geschrieben, dass nach Ihrer Ansicht zumindest jeder fünfte Sternenfrend auch ein Mikroskopiker sei. Was begeistert Menschen, sowohl

in das Kleine als auch in das Große zu schauen?
Ich glaube, das ist der Forschungsdrang und die Lust, in Bereiche vorzudringen, die meine Nachbarn nicht erreichen. Dieser Forschergeist ist bei den Astronomen so stark, dass sie deshalb auch mal in die Mikroskopie gehen. Wobei ein zweiter Aspekt wichtig ist: Für den Blick in die Sterne brauchen wir einen klaren Himmel, und den haben wir ganz selten, vielleicht in 20 bis 30 Nächten im Jahr. Aber Mikroskopie kann ich an fast 365 Tagen machen. Das ist ein großer Vorteil.

Ich kann allen Interessierten einen Blick in Ihr bereits erwähntes Buch empfehlen, weil es die alltäglichen Objekte ganz besonders hervorhebt, die ich direkt in meinem Lebensumfeld finde. Wenn ich mir die Fotos in Ihrem Buch anschau, haben sie eine besondere ästhetische Qualität. Hat das für Sie eine Rolle gespielt? Sind diese ästhetischen Fragen für Sie wichtig oder hat sich das nur so ergeben?
Die Ästhetik ist mir extrem wichtig, auch in der Astronomie. Die Ästhetik ist den Sternenfreunden, die die Astrofotografie betreiben, so wichtig, dass sie auf alles Mögliche im Bild achten: Kontraste und ob der Stern in der Ecke wirklich ganz, ganz rund ist oder leicht elliptisch. Da sind wir sehr genau, das ist mir auch in der Mikroskopie wichtig gewesen.

Was glauben Sie, wie sich die Mikroskopie entwickeln wird? Die Hobbyastronomie ist in Deutschland schon stärker ausgeprägt als die Hobbymikroskopie. Man kann das auch an den Verkaufszahlen der Geräte ablesen. Glauben Sie, dass es in der Mikroskopie eine Renaissance geben wird?
Wir haben in der Astronomie eine Veränderung, von der ich nicht glaube, dass sie in dieser Form in der Mikroskopie stattfinden wird. In der Astronomie gibt es jetzt sehr kleine Teleskope, die mit Elektronik versehen werden, die einem Smartphone entsprechen und auch mit dem Smartphone verbunden werden, sogenannte Smart-Teleskope. Die sind teilweise so klein, dass man sie in eine große Jackentasche stecken kann. Die stellt man auf den Tisch, macht sein Smartphone an, und alles geht von allein. Diese Entwicklung sehe ich aber in der Mikroskopie nicht. Ein wesentlicher Unterschied ist, dass der Kosmos als Beobachtungsobjekt fest vorgegeben ist, während in der Mikroskopie das Objekt erst beobachtbar gemacht werden muss. Am Präparieren kommt der Mikroskopiker nicht vorbei.

Vielen Dank.

Erik Wischnewski ist Astrophysiker und Buchautor. Olaf Zimmermann ist Herausgeber und Chefredakteur von Politik & Kultur

Kunst und Mikroskopie

Unsichtbares sichtbar machen

THOMAS FROMM

Auf den ersten Blick scheinen Kunst und Mikroskopie kaum etwas gemeinsam zu haben. Kunst – damit verbindet man Subjektivität, Kreativität und Ausdruck, Gefühl, gepaart mit Verstand. Das Mikroskop dagegen ist eine Entwicklung der Technik und die Mikroskopie eine eher wissenschaftliche Methode, um kleinste Strukturen der Materie objektiv sichtbar zu machen. Doch folgt man dem bekannten Zitat von Paul Klee, dass Kunst weniger das Sichtbare wiedergibt als vor allem sichtbar macht, entdeckt man bereits eine erste, grundlegende Gemeinsamkeit: Sowohl Kunst als auch Mikroskopie machen Dinge sichtbar, die im Alltag meist verborgen bleiben. Das Mikroskop kann Kleinlebewesen, die am Anfang von Nahrungsketten stehen, Strukturen von Zellen und Geweben oder auch Kristalle sichtbar machen. Die Kunst macht Ideen, Konzepte, Gefühle, aber auch Details der Realität sichtbar, die man nicht immer bewusst wahrnimmt.

Eine weitere Gemeinsamkeit besteht darin, dass uns nicht nur die Kunst, sondern auch die Mikroskopie oft Bilder von großer Schönheit liefern. Die Mikroskopie offenbart uns, dass viele Objekte des Kleinen fast immer auch ästhetische Objekte sind. Gleichzeitig erinnert sie uns daran, dass deren Farben, Formen und Muster sich nur unwesentlich von den Bildern eines Jackson Pollock, Victor Vasarely oder Max Ernst unterscheiden, v. a. dann, wenn – wie im Falle des letzteren – direkt Motive aus der Mikrolebewelt Bestandteile von surrealen Bildwelten wurden. Hier sei aber erwähnt, dass nicht das Mikroskop die Bilder produziert, sondern in erster Linie die Natur. Sie ist in diesem Prozess die eigentliche, große Künstlerin und Inspirationsquelle, und der Mikroskopiker macht nur das sichtbar, was die Natur zuvor in Perfektion entstehen

ließ. Dies führt zu der Frage, was Kunst, Wissenschaft und Natur miteinander gemeinsam haben. Die Kunst ist bei genauer Betrachtung eine Methode des Verstehens, um die Welt zu durchdringen. Nichts anderes ist aber auch die Wissenschaft. In der Intention scheinen also beide das gleiche Ziel zu verfolgen. Die Unterschiede liegen eher in den dabei verwendeten Techniken: Der Bildende Künstler benutzt Farben, Arbeitsgeräte wie Pinsel, Hammer und Eisen, Kameras oder – wie im Falle von Installationen – auch Gegenstände, selbst sogar einfach Menschen, Tiere, Natur. Der Mikroskopiker gebraucht oft ebenfalls Farben – Farbstoffe besser gesagt – mit denen er eine Vielzahl unterschiedlicher, zuvor unsichtbarer Moleküle wie z. B. DNA anfärbt. Er verfügt mit seinem Arbeitsgerät zusätzlich über die Möglichkeit, Objekte und Strukturen durch Verwendung verschiedener optischer Kontrastierungsverfahren nicht nur zu verfremden, sondern sie auch besser sichtbar zu machen, so dass sie vom menschlichen Auge leichter erkannt werden können. Häufig erfordert die Herstellung eines guten Präparats viel Aufwand, Geduld, Zeit und Geschick. Der Mikrofotograf wählt dann – neben dem eigentlichen Mikroskoptyp – sowohl Ausschnitt als auch Vergrößerung, und er bearbeitet anschließend die Bilder/Videos oft noch computergestützt mit Hilfe spezieller Programme. Eine außergewöhnliche Beobachtungsgabe und ein Sinn für das Schöne sind Voraussetzungen, für Neues, Ungesehenes, Verborgenes. Vieles davon trifft auch auf den Bildenden Künstler, seine Arbeit und seine Werke zu. Dadurch entstehen mit dem Mikroskop nicht selten Bilder, die sowohl wissenschaftlich als auch künstlerisch wertvoll sind – ja, die die Objekte, Strukturen, Formen, Lebewesen erhaben machen und ihnen eine neue Qualität verleihen. Mikroskopie und Kunst bedeuten beide also immer ein hohes

Maß an Kreativität und können einen Weg darstellen, Wissenschaft mit anderen Mitteln fortzuführen. So kann die Wirklichkeit umfassender – aus einer zusätzlichen Perspektive heraus – beschrieben werden. Damit wird auch ein erweitertes Verständnis geschaffen.

Kunst und Mikroskopie, bzw. Kunst, Natur und Wissenschaft, diese Arbeitsfelder können durch den Versuch der Beantwortung zweier Fragen nicht zuletzt auch einen praktischen Einstieg in die Anfänge der Philosophie eröffnen, also dorthin, wo die Bilder aufhören: Wie sehen eigentlich die Gegenstände, die wir mit dem Mikroskop sehen, »wirklich« aus? Denn das Mikroskop, das Objekt, das Auge und sein Gehirn sowie das Licht produzieren immer nur ein Bild der Wirklichkeit. Ein Bild vom Bild, um genau zu sein. Ist die mikroskopische Wirklichkeit dann eigentlich nur eine Hypothese? Eine Idee? Ein Schatten? Was ist in diesem Zusammenhang Wahrheit und Erkenntnis? Und folgerichtig: Was bedeuten diese Begriffe speziell nicht nur für die Wissenschaft, sondern auch für die Kunst?

Die zweite Frage lautet: Warum gibt es eigentlich so etwas wie Schönheit im für uns vermeintlich Unsichtbaren, dort, wo sie außer vom Menschen von niemandem als solche gesehen, geschweige denn erkannt werden kann? Hierauf kann es nur eine pragmatische Antwort geben, die uns wirklich guttut: damit wir Interesse und Gefallen an ihr finden, lernen diese Schönheit zu würdigen, und – in letzter Konsequenz – sie auch zu bewahren!

Thomas Fromm ist Diplom-Biologe, Maler, Grafiker und Fotograf und hat u. a. in der marinen Zoologie, Limnologie und Algenkunde geforscht. Seit 2002 arbeitet er in verschiedenen Kunstprojekten mit

Weitere Informationen unter: thomasfromm.de

eye of science

Die Mikrowelt mit den Augen des Fotodesigners gesehen

OLIVER MECKES

An der Schwelle zum digitalen »Fotozeitalter« Mitte der 1990er Jahre habe ich zusammen mit der Biologin Nicole Ottawa unser Studio und unsere Agentur für wissenschaftliche Fotografie gegründet. Herzstück unseres Unternehmens ist von Beginn an ein Raster-Elektronenmikroskop (REM). Zwar gehören auch Lichtmikroskope zu unserer Ausstattung, doch die besondere Faszination – für uns ebenso wie für viele unserer Kundinnen und Kunden – liegt in der Dreidimensionalität und der außergewöhnlichen Detailfülle der REM-Aufnahmen.

Kolorierung verleiht den Bildern eine besondere Ästhetik

Da ein REM keine Anschaffung ist, die ein Start-up »nebenbei« tätigt, entschieden wir uns für ein gebrauchtes, analoges Gerät. Wir befreiten es weitgehend von analogen Bildverarbeitungssystemen und digitalisierten es konsequent. So war es uns bereits sehr früh möglich, großformatig druckfähige Bilder digital zu erzeugen.

Das REM zeichnet ausschließlich in Schwarz-Weiß auf, da zur Bildentstehung keine Lichtstrahlen, sondern Elektronen genutzt werden: Viele reflektierte Elektronen erscheinen hell, wenige dunkel. Wir gehörten vermutlich zu den Ersten, die diese Schwarz-Weiß-Aufnahmen digital kolorierten. Dabei bedeutet »Kolorierung« bei uns das klassische Vorgehen: Mit digitalen Pinseln weisen wir einzelnen Objektbereichen separat Farben zu – so naturgetreu wie möglich.

Im Laufe der Zeit wurde diese Kolorierung immer komplexer. Teilweise nutzen wir mehr als ein Dutzend Alpha-Kanäle für die präzise Farbuordnung. Parallel wuchsen auch die Bildformate: Während frühe Aufnahmen rund 2.000 Pixel Breite (4 MP) hatten, entstehen heute Bilder mit über 6.000 Pixeln Breite (30 MP). Auch die Mikroskop-Technik wurde kontinuierlich optimiert. Zusätzliche Elektronendetektoren in der Probenkammer erlauben es uns, verschiedene »Lichteindrücke« eines Objekts aufzuzeichnen. Detektoren, ursprünglich für andere Zwecke konstruiert, setze ich wie fotografische Scheinwerfer ein, wodurch der räumliche Eindruck der Aufnahmen deutlich verstärkt wird.

2008 zog schließlich ein Feldemissions-Raster-Elektronenmikroskop in unser Labor ein. Es erlaubt einen bis zu zehnfach tieferen Blick in den Mikrokosmos. Damit lassen sich feinste Oberflächendetails von Zellen, Bakterien oder Nanostrukturen auch auf technischen Objekten sichtbar machen.

Dieses neue Gerät stellt jedoch höhere Anforderungen an die Probenvorbereitung. Da die Proben im Hochvakuum mit Elektronen beschossen werden, müssen biologische Objekte vollständig entwässert und anschließend mit Edelmetall bedampft werden.

Biologische Materialien enthalten Wasser, das bei unkontrolliertem Entzug die Objekte schrumpfen lassen würde. Für eine naturgetreue Abbildung ist daher ein besonders schonendes, speziell für die Elektronenmikroskopie entwickeltes Entwässerungsverfahren nötig.

Bei unbelebter Materie kann ich auf diese Prozedur verzichten, da der Wassergehalt meist keine Rolle spielt. Die Proben befestige ich auf einem 12 mm-Probenhalter mit elektrisch leitendem Kleber und beschichte sie in einer Vakuumkammer mit Gold oder Palladium. Erst danach sind sie bereit für das Raster-Elektronenmikroskop.

Im REM saugen Vakuumpumpen die Luft aus der Kammer, damit die Elektronen ungehindert auf die Probe treffen können. Der Elektronenstrahl tastet die Probe Zeile für Zeile ab, während die Detektoren die reflektierten Elektronen erfassen und synchron zu einem Bild auf dem Bildschirm zusammensetzen. Ich kann die Position der Probe, den Blickwinkel und die Vergrößerung mikrometergenau einstellen, bevor ein hochaufgelöster Scan (ca. 10 Minuten) gestartet wird.

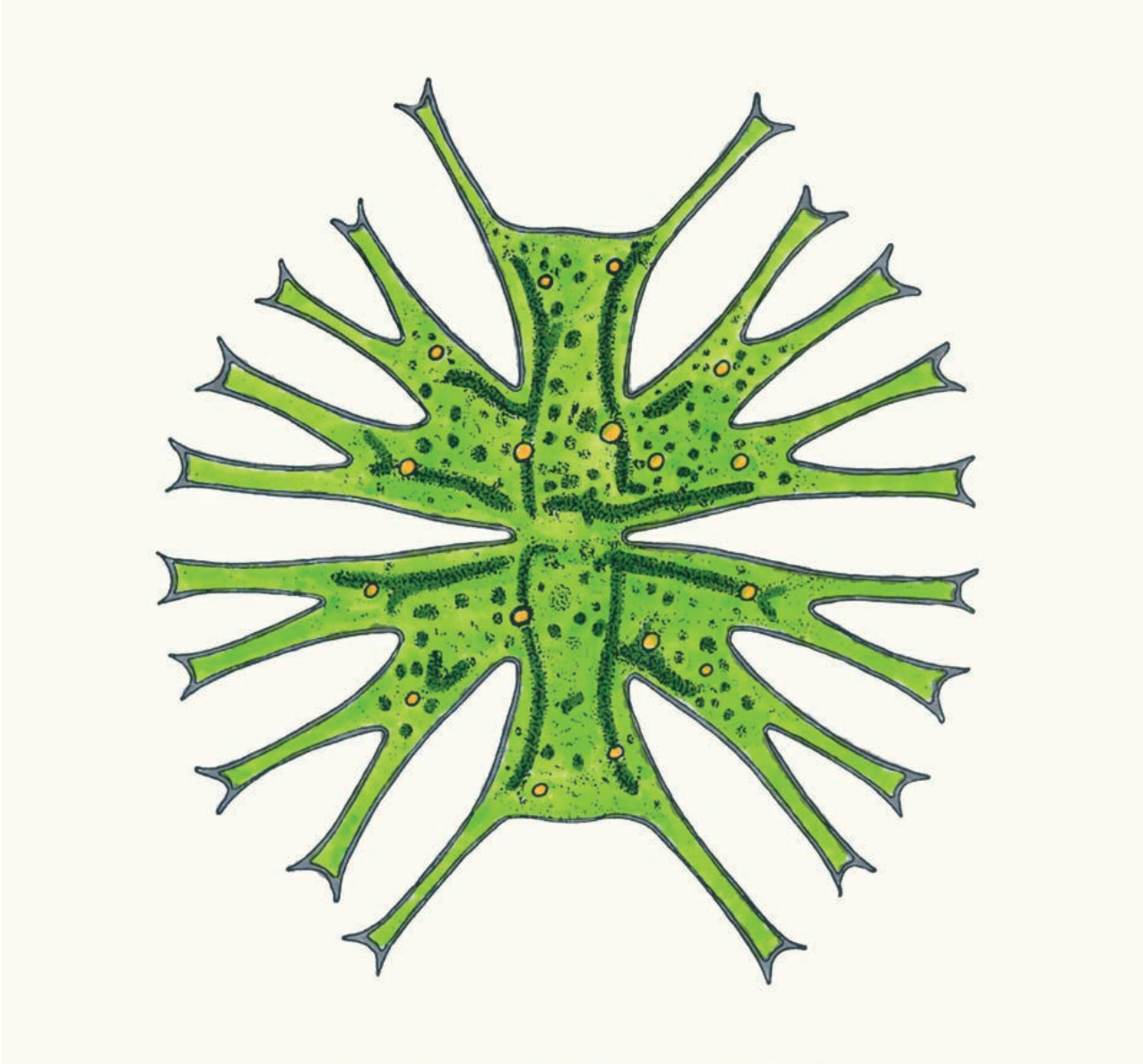
Das entstandene Schwarz-Weiß-Bild übertragen wir auf einen Mac und analysieren es inhaltlich, um festzulegen, welche Bereiche welche Farben erhalten. Häufig nutzen wir zuvor aufgenommene Makrofotos als Referenz für eine naturgetreue Kolorierung. Bei Bakterien oder Organpräparaten orientiere ich die Farben eher funktional oder systematisch: Verschiedene Zellorganellen oder Bakterienarten erhalten unterschiedliche Farben, um sie klar zu unterscheiden. Die synchron aufgenommenen weiteren Detektorbilder werden am Ende noch mit dem »Hauptbild« verschmolzen und je nach Bedarf ein Rausch- oder ein letzter Schärfungsfilter angewandt. Die Kolorierung verleiht den Bildern dabei nicht nur eine besondere Ästhetik, sondern auch einen hohen didaktischen Wert.

Mit dieser Technik entstehen zahlreiche Bildstrecken für Magazine wie GEO, National Geographic, Stern oder SPIEGEL sowie Aufträge für Werbeagenturen, Industrie und Schulbuchverlage. In Verbindung mit einigen Büchern sind Wanderausstellungen zu verschiedenen Themen in Naturkundemuseen zu erleben.

Wissenschaftliche Darstellungen verlangen fundiertes Fachwissen

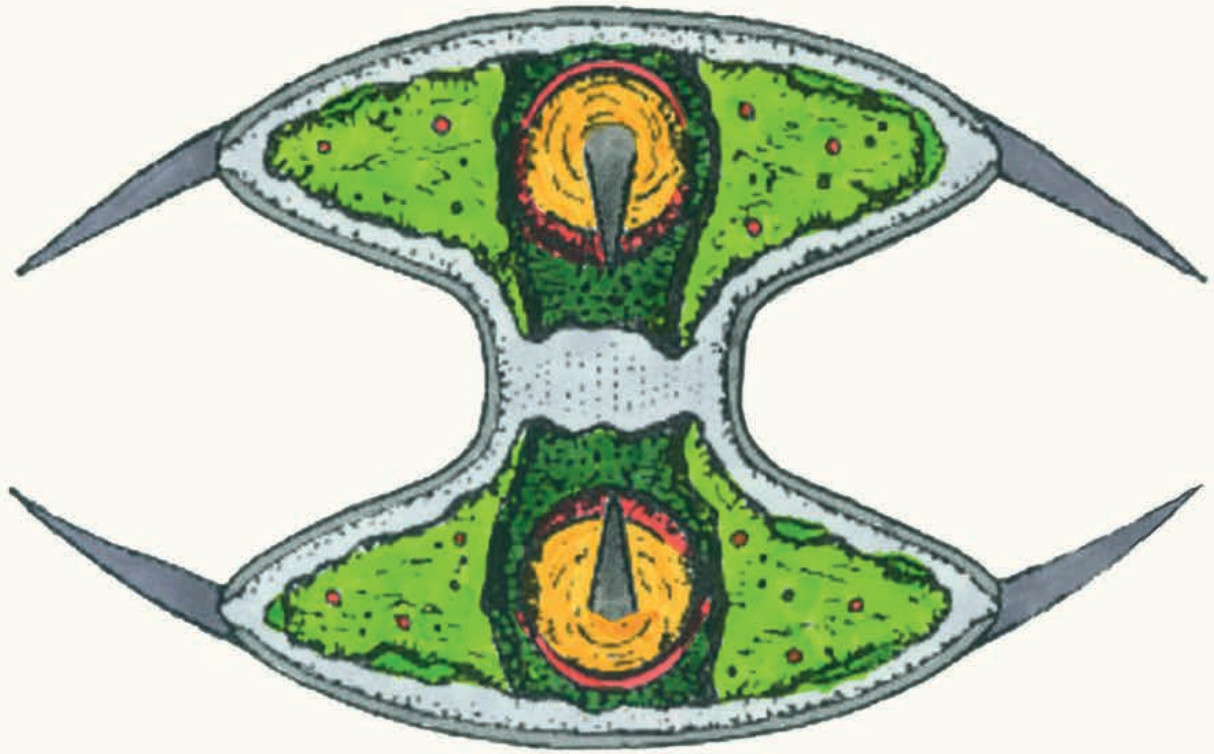
Wir distanzieren uns ausdrücklich vom Einsatz Künstlicher Intelligenz bei der Erzeugung wissenschaftlicher Bilder. Wissenschaftliche Darstellungen erfordern fundiertes Fachwissen in Präparation und Interpretation. Öffentlich zugängliche KI-Systeme basieren häufig auf unzureichend beschriebenem oder bereits KI-generiertem Bildmaterial, was zu Verzerrungen führt und wissenschaftlichen Ansprüchen nicht gerecht wird.

Oliver Meckes ist wissenschaftlicher Fotograf und Mitinhaber von eye of science



Thomas Fromm *Micrasterias furcata*, Faserstifte auf Papier, DIN A4, 2025

FOTO: © THOMAS FROMM



Thomas Fromm *Staurodesmus cuspidatus*, Faserstifte auf Papier, DIN A4, 2025

FOTO: © THOMAS FROMM

Beobachten, abbilden und weitergeben

Einzeller unter dem Mikroskop

Olaf Zimmermann im Gespräch mit Wolfgang Bettighofer, der die Homepage protisten.de betreibt.

Olaf Zimmermann: Du betreibst die Homepage protisten.de, die eine biologisch-kulturelle, einmalige Welt zeigt. Da stellt sich in einer kulturpolitischen Zeitung sofort die Frage: Was um Himmels Willen sind Protisten? Wolfgang Bettighofer: Man kennt aus der Schule wahrscheinlich die Protozoen und die Algen, und der Überbegriff zu Protozoen und Algen ist Protisten, also diejenigen, die ohne Embryonalentwicklung einzellig organisiert sind und sich ganz einfach teilen können, um sich zu vermehren.

Alle Protisten macht aus, dass sie sehr klein sind. Ja, die größten Einzeller bewegen sich schon im Millimeterbereich und können wunderbar mit dem bloßen Auge gesehen werden. Die meisten sind eher etwa einen Zehntelmillimeter groß. Sie dürfen sich auch in Ketten vereinigen. Jede Zelle in dieser Kette hat ihr Eigenleben und teilt sich autonom.

Was begeistert Dich an diesen Lebewesen? Ja, wo kommt das Interesse des zehnjährigen Wolfgang in Augsburg Mitte der 1960er Jahre her, dass er sich Einzeller angucken will? Zu dieser Zeit konnten man im Bayerischen Fernsehen eine Schweizer Fernsehserie des Schweizer Naturforschers und TV-Moderators Hans A. Traber sehen. Er ist mit Ü-Wagen, Mikroskop und Arbeitstisch rausgefahren an die Kleingewässer, hat das Mikroskop aufgestellt, Plankton gefischt und uns dann im Fernsehen gezeigt, was da an Mikrolebewesen herumswimmt. Und diese Serie habe ich mit 10, 11 oder 12 Jahren gesehen und gedacht, diese Welt muss ich auch mal selbst durchs Mikroskop sehen. Hans A. Traber hat mich inspiriert. Er war Medienpädagoge und hat seine Begeisterung für die Kleinlebewelt sehr gut rübergebracht. Mit 14 Jahren hatte ich genug zusammengespart und konnte mir das erste Mikroskop kaufen – ein etwas besseres Schülermikroskop. Zusammen mit einem Freund haben wir dann ein Planktonnetz gebastelt. Die Anleitung hatte ich in der Zeitschrift »Mikrokosmos« gefunden.

Du hast dich beim Mikroskopieren auf das Leben im Wassertropfen konzentriert? Ja, am Anfang. Ich habe damals in Augsburg gelebt, und Augsburg ist eine Stadt

des Wassers. Da gibt es kleine und große Kanäle, ungeheuer viele Fließgewässer, aber keine wirklich stehenden Kleingewässer. Nach einem Jahr ohne große Fangerfolge habe ich mich auf die botanische Mikrotechnik konzentriert. Ich habe angefangen, Blätter und Stängel querzuschneiden und mir diese anzugucken, weil ich in unseren Gewässern einfach zu wenig Einzeller gefunden habe. Das heißt, die Einzeller waren der Anstoß, aber es ging dann relativ schnell in die botanische Mikrotechnik. Dann kamen das Studium, Beruf, Familie und damit eine Mikroskopiepause von fast drei Jahrzehnten. Seit 2003 bin ich wieder aktiv.

Wer Deine bereits erwähnte Homepage besucht, stellt schnell fest, dass Mikroskopie für dich mehr ist als ein normales Hobby. Was man dort sehen kann, sind hervorragende Aufnahmen aus dem Mikrokosmos, die eine Dreidimensionalität haben, die man gar nicht leicht erzeugen kann. Sie strahlen eine Lebendigkeit aus, die man nur äußerst selten bei anderen Mikroskop-Aufnahmen sehen kann. In der Zeit meiner ersten mikroskopischen Phase habe ich das Magazin »Bild der Wissenschaft« gelesen. Darin hatte der Professor Manfred P. Kage eine Artikelserie über Einzeller. Er hat REM-Aufnahmen koloriert, Einzeller dreidimensional im Raum erscheinen lassen. Das war für mich der Fokus: So müssen Einzeller-Aufnahmen aussehen! Das war natürlich damals nicht möglich für mich. Als ich dann wieder anfang zu mikroskopieren, gab es die Digitalfotografie. Das, was in der analogen Zeit nie gegangen wäre, war nun theoretisch möglich. Kage hat mir gezeigt, wie solche Sachen aussehen müssen. Meine Frage war dann: Wie kriegt ich das hin? Beim Betrachten der Mikroorganismen im Mikroskop kann ich durch sie hindurchfokussieren und bekomme in Geiste den Eindruck ihrer Dreidimensionalität. Ich dachte mir: Dann mache ich halt 20, 30 Schichtaufnahmen und versuche, diese dann hinterher zu einem Bild zusammenzufassen!

Das sind sogenannte Stacking-aufnahmen. Ich habe damals geguckt, was gibt es an Stacking-Programmen? Da gab es damals zum Beispiel CombineZ oder MicroPicS, damit habe ich Versuche gemacht. Es hat sich aber bald gezeigt, dass diese Automaten für meine Art von Objekten weniger geeignet waren: Sie haben zu viele Bildfehler erzeugt! Diese habe ich dann eine Weile mit Photoshop

korrigiert, bis ich gänzlich auf Automaten verzichtet und auf manuelles Stacking umgestellt habe. Wenn ich Objekte wie die genannten erstelle, bin ich ca. eine Viertelstunde beim Fotografieren und – für 50 Schichtaufnahmen – ca. vier Stunden am Zusammensetzen. Dann ist das Bild da.

Das, was dann entsteht, zeigt diese Mikroorganismen, diese Protisten in einer Art und Weise, wie ich sie vorher noch nicht gesehen haben. Deswegen würde ich gerne noch mal über die ästhetische Qualität dieser Arbeiten sprechen. Ist das für Dich wichtig? Spielt Ästhetik eine Rolle? Ich mache diese 3D-Fotografien zunächst einmal für mich selbst und freue mich dann, sie weitergeben und somit mehrfach nutzen zu können. Und bevor ich meine Webseite hatte, konnte ich meine Bilder in micro*scope einbringen, das war eine mikroskopisch-taxonomische Datenbank von David J. Patterson. Der Betrieb dieser Webseite wurde leider eingestellt, als Patterson aus der University of Sydney ausschied. Ich habe mir dann gesagt, jetzt musst du selbst ran, und habe dann – HTML Handstrick, das war alles Handarbeit – meine Seite protisten.de aufgebaut. 2024 habe ich sie dann mit WordPress neu strukturiert. Protisten.de ist inzwischen eine offizielle Bilddatenquelle der Encyclopedia of Life, eine taxonomische Datenbank der Smithsonian Institution. Auch dort sowie in der algologisch-taxonomischen Datenbank AlgaeBase der National University of Galway werden die Bilder verwendet, und so kommt die Mehrfachverwendung zustande. Einige Bilder findet man auch in Schulbüchern und biowissenschaftlichen Publikationen.

Darüber hinaus verbindest Du auf Deiner Seite auch Zeichnung und Fotografie. Ich habe als Schüler das gezeichnet, was ich von meinen Schnitten durch botanisches Material im Mikroskop gesehen habe, um über den Prozess des Zeichnens die Inhalte besser kennenzulernen. 2003, beim Start in die zweite mikroskopische Phase, hatte ich mir das Ziel gesetzt, wenn ich nun wieder anfang zu mikroskopieren, dann will ich die Dreidimensionalität der Natur in der Zeichnung festhalten können. Das habe ich exemplarisch bei drei oder vier Einzellern gemacht. Dann habe ich gesagt, ich will mit meinen Zeichnungen ein bisschen näher an das kommen, was ich im Mikroskop sehe, wieso soll

protisten.de ist eine offizielle Bilddatenquelle der Encyclopedia of Life, einer taxonomischen Datenbank der Smithsonian Institution

ich es nicht mit der Stacking-Technik versuchen?

So entsteht ein künstlerisches Bilderbuch aus der Welt der Wassertropfen, das gleichzeitig eine Bestimmungshilfe ist. Wenn man eine gute Probe aus einem Stillgewässer hat, dann wird man ja als jemand, der zum ersten Mal hineinschaut, erschlagen von den unglaublichen Mengen an unterschiedlichen Lebewesen, die da hin- und herschwimmen oder sich festgesaugt haben. Warum machst du das? Es geht wieder darum: Wie rezipiere ich die Natur? Ich kann mich mit solchen Sachen nur vertieft beschäftigen, wenn ich ein bisschen mehr weiß, wo oben und unten ist. Ich denke, das geht vielen so. Und jemand, der nur reinguckt in den Wassertropfen und diese Vielfalt sieht, der wird nicht lang dabeibleiben, wenn er nicht anfängt, die Eindrücke zu sortieren und versuchen zu verstehen, was er sieht.

Wenn Du jemandem einen Rat geben würdest, der bisher mit der Mikroskopie noch gar nichts zu tun gehabt hat, aber jetzt vielleicht Lust bekommt, wie soll er oder sie beginnen? Das kommt darauf an, wie tief der Virus sitzt. Wenn man das Glück hat, in Regionen zu wohnen, wo es mikroskopische Vereinigungen gibt – das dürfte eh selten genug der Fall sein –, dann ist es natürlich sehr angenehm und hilfreich, wenn man sich lokal und real vernetzen kann. Eine mikroskopische Vereinigung ist eine gute Möglichkeit anzufangen, man bekommt auf jeden Fall Impulse und praktische Tipps zu mikrotechnischen Methoden oder auch im Hinblick auf den Gerätekauf. Aber auch wenn kein Verein in greifbarer Nähe ist, im Internet gibt es das Mikroskopieforum, das ist eine großartige Plattform zum Austausch über das Hobby, die ich sehr empfehlen kann!

Dem kann ich nur beipflichten und noch einmal unterstreichen: unbedingt protisten.de besuchen, weil man dort das sehen kann, was vielleicht irgendwann mal das Ziel der eigenen Beobachtungen ist.

Vielen Dank.

Wolfgang Bettighofer betreibt die Webseite protisten.de. Olaf Zimmermann ist Herausgeber und Chefredakteur von Politik & Kultur

Die Frage groß machen und die Antwort entsprechend auch

Ralph Caspers im Gespräch mit Ludwig Greven

Seit vielen Jahren moderiert Ralph Caspers Wissenssendungen für Kinder im Fernsehen – die auch von Erwachsenen gerne gesehen werden. Im Interview spricht er über den Blick ins Kleine und über immer neue Entdeckungsreisen.

Ludwig Greven: Hatten Sie als Kind ein Mikroskop?

Ralph Caspers: Ja, und ich hatte vor allem Yps-Hefte. Da lagen oft Vergrößerungen bei. Die haben mich schon damals fasziniert.

Nutzen Sie Mikroskope bei Ihren Wissenssendungen und -beiträgen vor allem für Kinder?

Wenn ich etwas recherchiere in einem Institut, dann schaue ich auch schon mal in ein solches Gerät. Das kann ein Rasterelektronenmikroskop sein oder ein optisches. Im vergangenen Jahr haben wir in der Technischen Hochschule Aachen gedreht. Sie züchten da Organe in der Petrischale. Das habe ich mir natürlich sehr genau angesehen, in x-facher Vergrößerung.

Mikroskope helfen, kleinste Dinge zu erkennen. Was reizt Sie an diesem Blick ins Kleine?

Sachen, die normalerweise verborgen sind, weil unsere Auflösung im Auge sie nicht darstellen kann. Das fängt an mit Insektenufen. Die habe ich natürlich auch, weil ich mir jedes kleine Tier, das bei uns zu Hause herumkrabbelt, sehr genau anschauen möchte. Zum Beispiel eine Zitterspinne, die gerade eine andere frisst. Da so richtig einzutauchen und es zu vergrößern, das ist im Grunde auch das, was wir in der Sendung mit der Maus machen. Wir haben eine Frage, gehen ganz nah ran und versuchen so, Dinge zu zeigen, die man normalerweise nicht erkennt. Ich habe zum Beispiel mal eine Sachgeschichte dazu gemacht, warum Milchzähne keine Wurzeln haben. Unter dem Mikroskop konnte man sehen, wie Fresszellen die Wurzeln im Kiefer zersetzen. Das war die sehr greifbare Antwort.

Aus größere oder große Fragen im Kleinen beantworten?

Ja, das ist etwas sehr Schönes. Nicht umsonst ist ja heute die Geste, mit Daumen und Zeigefinger etwas auf dem Smartphone oder dem Bildschirm zu vergrößern, uns allen so in Fleisch und Blut übergegangen, dass ich mich manchmal dabei erwische, das bei analogen Fotos machen zu wollen, um näher ranzugehen.

Die kleinen Dinge sind aber ja nicht wirklich verborgen, wir können sie nur ohne solche Hilfsmittel und Tricks nicht sehen.

Dem würde ich widersprechen. Man kann nur die Dinge sehen, die man kennt und von denen man weiß, dass sie da sind. Nehmen Sie die ersten Menschen, die etwas vergrößert und dabei vielleicht Bakterien gesehen haben und erkannten, da ist etwas viel Kleineres, das lebt und Wirkung auf unseren Körper hat. Das war für sie vorher verborgen, ein großes Geheimnis. Früher dachte man, dass es an der Luft oder anderem liegt, wenn man krank wird. Plötzlich war klar, dass es Pathogene gibt, die uns beeinflussen. Das ist erst sichtbar geworden mit der Entwicklung des Mikroskops und der Technik des Vergrößerns. Wir wissen auch heute nicht, was noch alles um uns herum existiert, weil wir noch nicht die Wege und Mittel gefunden haben, es sichtbar zu machen.

Aus eine ewige Entdeckungsreise ins Kleine und ins Große?

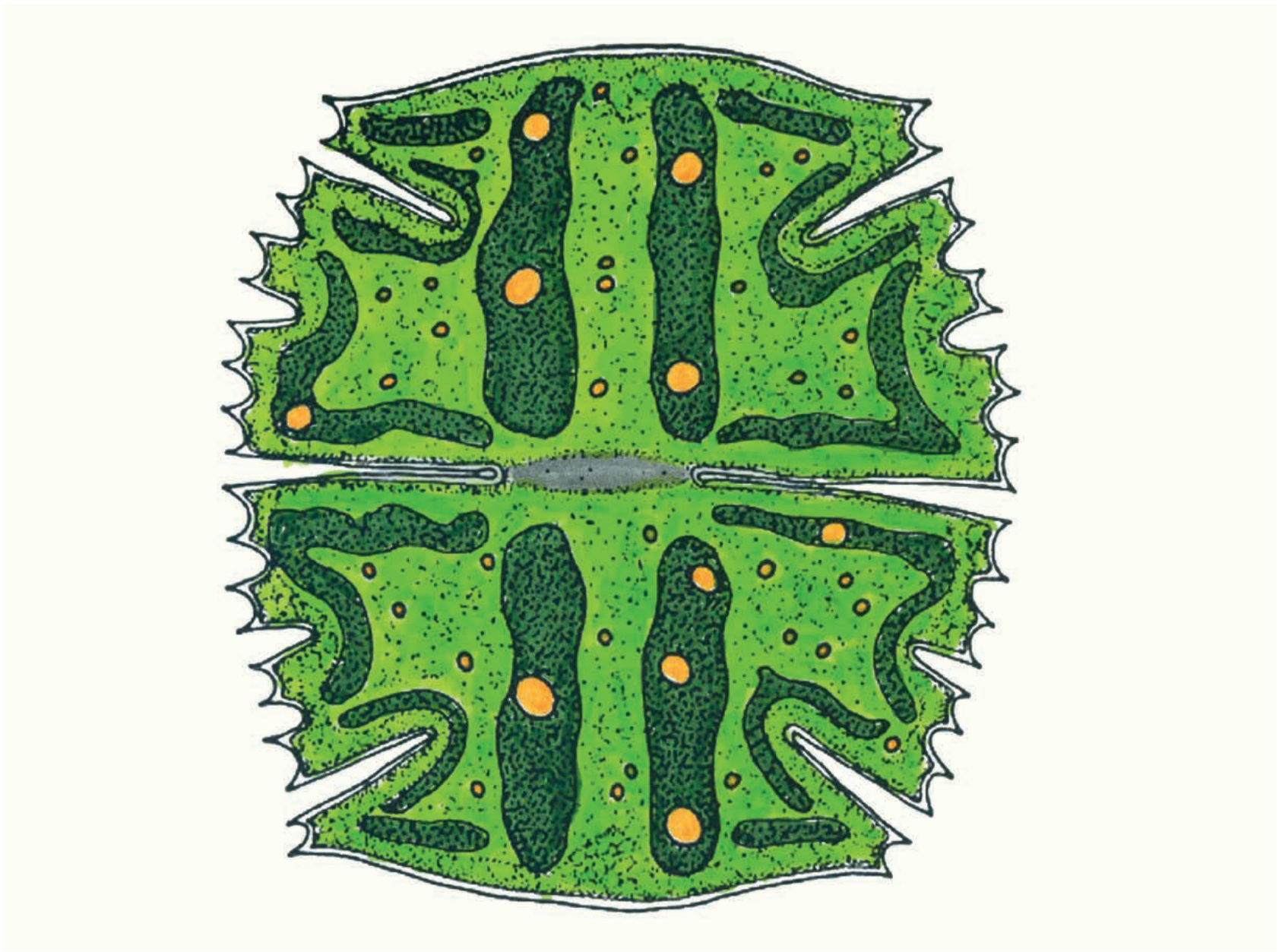
Jeder, der sich noch nie ein Haar unter dem Mikroskop angesehen hat, weiß nicht, dass Haare, obwohl sie sich glatt anfühlen, eine schuppige Struktur haben. Das ist das Faszinierende am Vergrößern: Obwohl man sich auf einen winzigen Punkt konzentriert, erweitert man seinen Horizont.

und Aufnahmebereitschaft abnehmen, gerade bei jüngeren Menschen.

Haben Sie den Eindruck, dass das Interesse daran, Dingen gründlich auf den Grund zu gehen und etwa in einer Sachgeschichte oder bei Quarks ausführlich zu erzählen, wie etwas entsteht, nach wie vor da ist? Es ist eine Gratwanderung. Ich kann unheimlich viele Bilder aufnehmen,

Beispiel das Katzenklo leere und daran denke, welche Parasiten darin sein können. Aber es überwiegt das Interesse, auch wenn ich zum Beispiel Kadaver von Tieren sehe. Da gehe ich auch gerne nahe ran, weil ich weiß, dass dort Maden ihre Nahrung finden und sie sich irgendwann zu Insekten weiterentwickeln, die dann von Vögeln gefressen werden. Das ist der Kreislauf

wieder, die ich nicht so oft sehe. Unsere Wahrnehmung geschieht generell in zwei Stufen. Die optischen Reize werden durch unsere Sinnesorgane aufgenommen und ans Gehirn weitergeleitet. Und das interpretiert sie. Dafür muss es wissen: Was will ich eigentlich sehen? Und was sehe ich tatsächlich? Das sind zwei verschiedene Dinge. Das eine beeinflusst das andere. Auch da



Thomas Fromm *Micrasterias truncata*, Faserstifte auf Papier, DIN A4, 2025

Endoskope, Ultraschallgeräte und Kernspintomographen ermöglichen heute auch, in unseren Körper hineinzusehen und dort kleinsten Veränderungen zu erkennen. Fasziniert Sie das auch?

Total. Grundsätzlich beschäftigt mich bei meiner Arbeit immer: Wie funktioniert etwas? Um das zu verstehen, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Entweder nimmt man etwas auseinander, um es zu untersuchen. Oder man geht ganz nah ran. Das hilft sehr, die Welt um uns herum zu verstehen. Das heißt auch, nah ranzugehen an ein Thema und sich auf einen Punkt, eine Frage zu konzentrieren und nicht abzuschweifen. Sondern die Frage groß zu machen und die Antwort entsprechend auch. Also mikroskopieren auf einer anderen Ebene. Mikroskope helfen uns dabei wiederum, diese Arbeit auf der Metaebene im Kleinen sichtbar zu machen. Wie sich zum Beispiel kleine Tierchen bewegen.

Wie bei einer Lupe muss man dabei jedoch sehr fokussieren, um das, was man sucht, nicht aus dem Blick zu verlieren und zu übersehen. Auch im übertragenen Sinne.

Man muss genau gucken. Dazu gehört, dass man sich Zeit nimmt, weil man das Mikroskop erst einstellen muss. Dieses kurze Innehalten ist wichtig, um in den Tunnel der Konzentration zu gehen, damit einen nichts ablenkt.

Es wird heute viel davon gesprochen, dass Konzentrationsfähigkeit

um einen Fakt zu beschreiben. Aber dann ist die Gefahr, dass man sich darin verliert und es schnell langweilig wird. Man muss also einen Weg finden, wie man einerseits das Interesse wecken kann, und andererseits, es nicht zu breit auszuwalzen. Das ist gerade bei unserer Arbeit für Kinder enorm wichtig. Dazu gehört auch, Gedanken hervorbringen, die man normalerweise nicht denkt. Dass man plötzlich eine ganz neue Idee im Kopf hat und die für längere Zeit mit sich herumträgt, wenn der Film oder die Sendung schon lange vorbei ist. Das ist das Tollste, wenn es nachhallt, ganz nebenbei. Das ist auch eine Art von längerer Beschäftigung mit einer Frage oder einem Thema, auch ohne dazu ein Buch zu lesen.

Konzentration auf eine Frage, ohne sich ganz darauf zu fokussieren?

Das ist wie beim Mikroskopieren. Wenn man einmal gesehen hat, welche Mikroorganismen auf allen alltäglichen Oberflächen sind, lässt das viele nicht mehr los. Und man denkt sich, selbst wenn ich in meinem Zimmer alleine bin, bin ich gar nicht allein, weil auf mir drauf, in mir und um mich herum so viele Bakterien sind, die ich gar nicht zählen könnte. Das kann meine Lebenseinstellung verändern.

Gibt es bei Ihnen manchmal auch einen Ekelmoment, wenn Sie solche Mikroorganismen sehen?

Es weckt auch bei mir gelegentlich unangenehme Gefühle, wenn ich zum

der Natur. Das finde ich total faszinierend und gar nicht eklig. Das wird verstärkt durch Hilfsmittel, die es größer machen. Es zu erforschen und verstehen zu wollen, macht einfach Spaß.

Hilft das auch, sich als menschliche Gattung nicht so wichtig zu nehmen? Man könnte sich ja vorstellen, dass von einem anderen Planeten Wesen mit einem Fernrohr auf uns schauen.

Ich stehe sowieso auf dem Standpunkt, dass nichts eine Bedeutung von sich aus hat. Auch wir Menschen nicht. Sondern welche Bedeutung wir dem Ganzen geben. Das ist eine Frage der Perspektive.

Wir leben in einer Zeit, in der sich viele Menschen von der Realität entfernen, selbst der US-Präsident. Genau hinzuschauen – ist das ein Mittel gegen die Relativierung der Wahrheit?

Man kann hoffen, dass es bei Leuten einen Erkenntnismoment auslöst, wenn man ihnen Dinge zeigt. Aber wenn jemand an eine Verschwörung glaubt, dann ist jeder Fakt, der ihm präsentiert wird, für ihn nur ein weiterer Beweis dafür. Die Haltung muss sich ändern. Ein Mikroskop oder Teleskop hilft da nicht.

Sie leiden unter Gesichtsblindheit. Beeinträchtigt Sie das bei Ihrer Arbeit?

Ich kann Gesichter erkennen. Aber mein Gehirn erkennt Gesichter nicht

muss man lernen, auf welche Muster man anspricht. Wir sind Super-Mustererkenner. Das ist eine unserer besten menschlichen Fähigkeiten. Wir erkennen selbst da Gesichter, wo gar keine sind. Und dann muss man entscheiden: War das wirklich ein Gesicht in der Nacht am Fenster, oder waren es nur Zweige, die so aussahen und uns Angst machen? Wir haben alle Voreinstellungen im Gehirn. Die Frage ist: Können wir sie verändern oder abschalten?

Wie geht das?

Vielleicht reicht das Wissen darum, um nicht auf Trugbilder hereinzufallen. Auf der anderen Seite kann es dazu führen, überall Trugschlüsse zu vermuten, obwohl man die objektive Wirklichkeit sieht. Auch das ist ein schmaler Grat. Das muss man lernen und trainieren.

Haben Sie etwas, das Sie noch für sich selbst erkunden wollen?

Mein Kopf ist voll von Sachen, die ich mir genauer anschauen möchte. Deshalb bin ich froh, meine Arbeit zu haben, wo ich immer wieder Dinge erforschen und erklären kann. Ein Luxus.

Vielen Dank.

Ralph Caspers ist Fernsehmoderator, Autor, Drehbuchautor und Schauspieler. Er moderierte und moderiert zahlreiche Wissenssendungen für Kinder im Fernsehen, darunter die Sendung mit der Maus. Ludwig Greven ist freier Journalist und Autor



Vom Handwerk zur Wissenschaft

Das Unternehmen Carl Zeiss und seine Geschichte

WOLFGANG WIMMER

Im Jahr 1846 eröffnete Carl Zeiss (1816-1888) in Jena eine Feinmechanische und Optische Werkstätte. Auf Anraten des Botanikers Matthias Schleiden (1804-1881) konzentrierte er sich auf den Bau von Mikroskopen, denn in der Biologie und den angrenzenden Disziplinen wuchs der Bedarf an Instrumenten stetig. Seit 1847 bot Carl Zeiss einfache Mikroskope an, die nicht viel leistungsfähiger waren als bessere Lupen. Aber Fortschritte in der Wissenschaft ließen sich nur noch mit zusammengesetzten Mikroskopen erzielen, wie sie auch Zeiss seit 1857 herstellte. Hier bestanden die Objektive aus mehreren Linsen. In handwerklicher Tradition wurden verschiedene Linsen so lange kombiniert, bis sie ein gutes Bild erzeugten. Das war ein erfahrungsgeleitetes Verfahren, und alle Objektive, die so hergestellt wurden, unterschieden sich voneinander.

Wissenschaftliche Durchdringung und mathematisches Herangehen ermöglichen neue Produkte

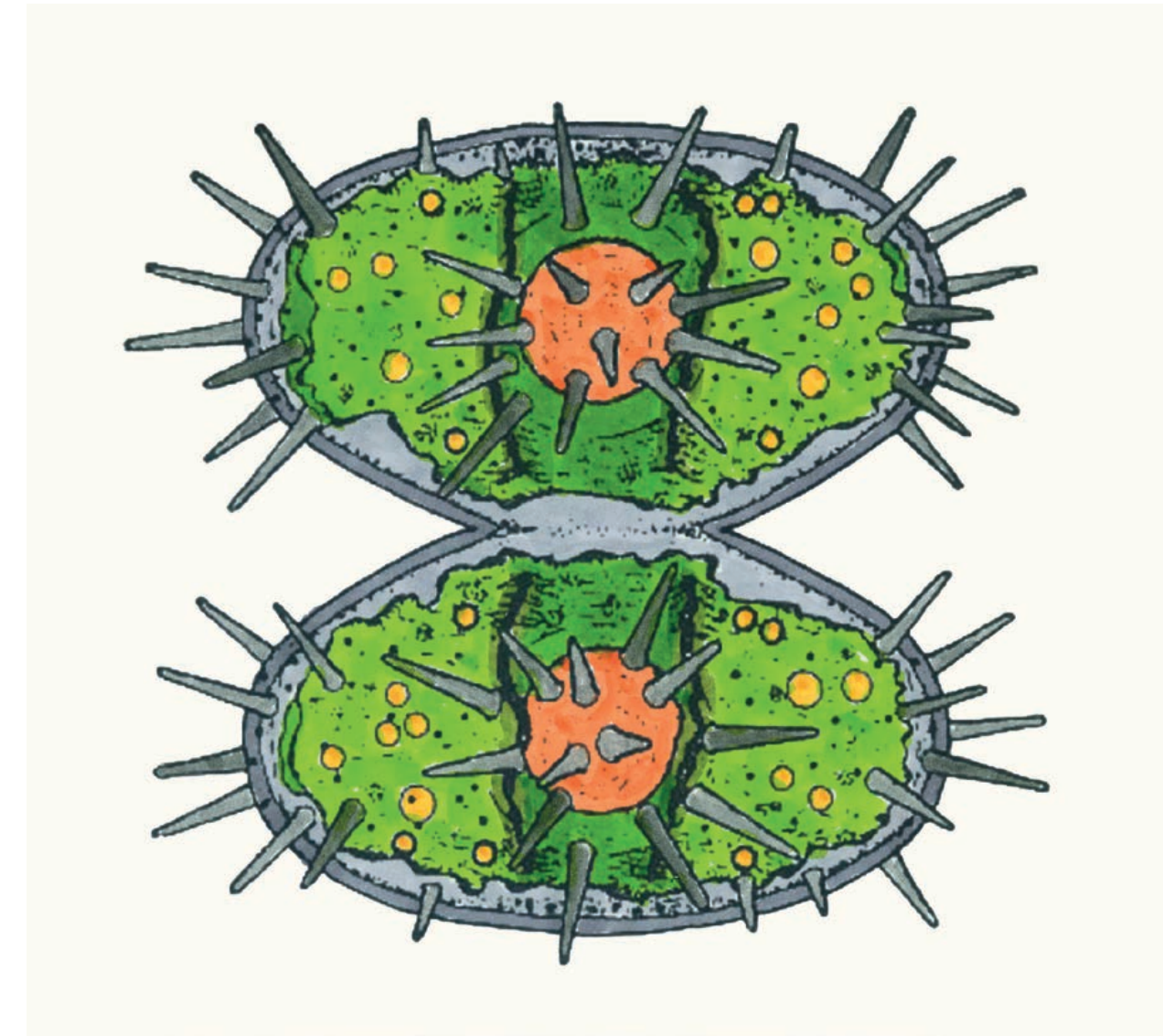
Das befriedigte Carl Zeiss nicht, und er suchte die Zusammenarbeit mit dem Physiker Ernst Abbe (1840-1905), um die Herstellung von Mikroskop-Optiken auf eine wissenschaftliche Basis zu stellen. Trotz mancher Rückschläge formulierte Abbe eine eigene Theorie der Bildentstehung im Mikroskop. Seit 1872 brachte die Firma Carl Zeiss nur noch berechnete Optiken auf den Markt. Manche Konkurrenten spotteten und warben ausdrücklich damit, dass ihre Mikroskope nicht auf den Jenaer Rechenmethoden basierten. Ernst Abbe schrieb später dazu, dass zu diesem

Zeitpunkt ein guter und erfahrener Handwerker noch mit den gerechneten Optiken mithalten konnte.

Seit 1882 arbeiteten Carl Zeiss und Ernst Abbe mit dem Chemiker Otto Schott (1851-1935) zusammen. Durch systematische Versuche gelang es Schott, Glassorten mit besonderen optischen Eigenschaften zu entwickeln. Seit 1884 stellte das Jenaer Glaswerk Schott & Genossen solche Gläser in größerem Maßstab her. Mit Hilfe dieser neuen Materialien errechneten Abbe und seine Schüler die Apochromat-Objektive, die handwerklich gefertigten Objektiven weit überlegen waren. Die Konkurrenzunternehmen mussten von nun an entweder selbst wissenschaftliche Methoden anwenden, oder sie gingen über kurz oder lang unter.

Abbe übertrug seine Denk- und Arbeitsweise auf seine Schüler: Wissenschaftliche Durchdringung und mathematisches Herangehen wurden zur Voraussetzung für neue Produkte. Karl Bratuschek (1865-1913; 1892 eingestellt) wird nachgesagt, dass nur seine schlechte Gesundheit ihn daran hinderte, den Phasenkontrast zu entdecken. Die Namen Hermann Ambronn (1856-1927; eingestellt 1899), Henry Siedentopf (1872-1940; eingestellt 1899) und August Köhler (1866-1948; 1900 eingestellt) sind mit bedeutenden Fortschritten in der Mikroskopie verbunden. Sie entwickelten vor dem Ersten Weltkrieg das Spalt-Ultramikroskop für die Untersuchung von Partikeln unterhalb der Abbe-Auflösungsgrenze und das UV-Mikroskop, das den Grundstein für die moderne Fluoreszenzmikroskopie legte. Zusammen mit Frits Zernike (1888-1966), der dafür 1953 den Nobelpreis erhielt, entwickelte man in den 1930er Jahren das Phasenkontrastverfahren. Die Beispiele lassen sich bis in die Gegenwart fortschreiben.

Ab den 1890er Jahren erweiterte das Unternehmen seine Geschäftsfelder mit wissenschaftsbasierten innovativen Produkten: Siegfried Czapski (1861-1907) war federführend bei der Ausarbeitung eines neuen Fernglas-Designs. Otto Eppenstein (1876-1942) legte die wissenschaftlichen Grundlagen bei Entfernungsmessern. Bei den Fotoobjektiven brachten Paul Rudolph (1858-1935) und Ernst Wandersleb



Thomas Fromm *Staurastrum teliferum*, Faserstifte auf Papier, DIN A4, 2025

FOTO: © THOMAS FROMM

(1879-1963) neue Typen auf den Weg, die über Jahrzehnte den Markt beherrschten. Carl Pulfrich (1858-1927) entwickelte nicht nur Geräte zur chemischen Analyse mit optischen Methoden, sondern er beschäftigte sich auch mit den grundlegenden Fragen der räumlichen Wahrnehmung, was Grundlage vieler Produkte wurde. In der Zusammenarbeit zwischen dem Mediziner und Nobelpreisträger Alvar Gullstrand (1862-1930) und dem Zeiss-Mitarbeiter Moritz von Rohr (1868-1940) entstanden ganz neue Typen von Brillengläsern und Geräten für den Augenarzt. Auch hier lassen sich die Beispiele bis in die Gegenwart fortschreiben.

Seit 1891 gehörte das Unternehmen der von Ernst Abbe gegründeten Carl-Zeiss-Stiftung. In deren Statut legte Abbe 1896 fest, dass das Unternehmen auch Projekte betreiben sollte, die keinen »unmittelbaren Vorteil« versprechen, nur um die »Bedürfnisse der Wissenschaft« zu befördern (§ 42). Dieses Denken prägte das Unternehmen nachhaltig, auch wenn das Statut in dieser Form seit 2004 nicht mehr in Kraft ist. Polemisch wurde das Unternehmen auch als Forschungslabor mit angeschlossener Produktion bezeichnet. Gelegentlich führte das zu geringem Gewinnstreben und mangelnder Profitabilität. In den 1990er Jahren brachte

dies das Unternehmen an den Rand des Konkurses.

Die Entwicklung von EUV-Optiken, die man für die Maschinen braucht, um die zurzeit am dichtesten gepackten Mikrochips herzustellen, dauerte mehr als 20 Jahre. Namhafte japanische Konkurrenten gaben auf, weil sie die Überzeugung verloren, dass solche Optiken möglich seien. Ohne die tiefe Bindung von Zeiss und seinen Mitarbeitern an Wissenschaft und Forschung wäre dieser Erfolg sicher nicht möglich gewesen.

Wolfgang Wimmer ist Leiter des ZEISS Archivs

Pädagogisches Werkzeug

Mikrofotografie mit dem Handy

JÖRG PIPER

Viele Kinder und Jugendliche werden heutzutage schon frühzeitig mit einem Handy als täglichem Begleiter »versorgt«. Unter pädagogischen Aspekten erscheint es naheliegend, diesen Trend positiv zu nutzen, indem man das Handy als Werkzeug begreift, um junge Menschen an spezielle interessante Dinge heranzuführen und, vermittelt über dieses Gerät, weitergehendes Interesse für andere Bereiche zu wecken.

Die Idee, Dinge sichtbar zu machen, die man mit dem bloßen Auge nicht sehen kann und auf diese Weise in die geheimnisvolle Welt des Unsichtbaren vorzudringen, mag durchaus einer immananten kindlichen Neugierde entsprechen.

Hinzu kommt der pädagogische Wert der Mikroskopie an sich. Schon Raoul Heinrich Francé (1874-1943) prägte die Sentenz vom »Bildungswert der Kleiwelt«: Die Betrachtung mikroskopisch

kleiner Dinge kann den Sinn für die immanente Schönheit dieser vielfältigen Formen schärfen und damit auch das ästhetische Empfinden im Allgemeinen heranbilden. Zudem wird die Beobachtungsgabe geschult, das genaue und scharfe Hinsehen trainiert. Durch weitergehende Befassung und Einordnung wird auch die Fähigkeit zur Erkennung und Analyse größerer Zusammenhänge, Form- und Ordnungsprinzipien gefördert. So gesehen kann aus der Mikroskopie ein übergeordneter Bildungswert abgeleitet werden.

Das Smartphone kann als geeigneter Wegbereiter dienen, junge Menschen an die Mikroskopie heranzuführen. Denn natürlich ist es reizvoll, das, was man beobachtet, auf einfache und vertraute Weise in Fotos und Videos festzuhalten und mit Anderen zu teilen.

Unabhängig von diesen pädagogischen Aspekten sind moderne Smartphones im Hinblick auf ihre Foto- und Videoqualitäten so weit entwickelt, dass sie auch in der allgemeinen praktischen mikroskopischen Routineanwendung mit sehr gutem Erfolg dazu verwendet werden können, ernsthafte Standarddokumentationen zu erstellen, dies

beispielsweise im Bereich der Biologie und Medizin. Der Vorteil liegt bei solchen Anwendungen auch darin, dass ein Smartphone ohnehin zur Verfügung steht, immer zur Hand ist und daher mit einem Minimum an finanziellem und technischem Aufwand zu brauchbaren Dokumentationsergebnissen führt.

Wenn ein Smartphone mit geeigneten Adaptern drahtlos oder kabelgebunden mit einem Bildschirm verbunden wird – vorzugsweise einem 4K-Monitor –, kann das mikroskopische Live-Bild auch von mehreren Personen im »Heimkino« auf einem solchen Bildschirm in adäquater Qualität betrachtet werden.

Die üblichen »Bordmittel« zur Bild- und Video-Nachbearbeitung auf dem Handy können selbstredend auch für Mikrofotos qualitätsverbessernd und kreativ eingesetzt werden. So können »HDR-Apps« (High Dynamic Range) die Strukturdarstellungen speziell in über- oder unterbelichteten Bildzonen substanziell verbessern, andere Apps können aus den Ausgangsfotos mehr oder weniger perfekte Zeichnungen oder andersartige künstlerisch anmutende »Bildwerke« erstellen.

Technische Aspekte

Für brauchbare Ergebnisse muss das Haupt- oder Teleobjektiv des Handys anstelle des menschlichen Auges so nahe an das Beobachtungsokular herangebracht werden, dass auf dem Display ein scharfes Bild sichtbar wird. Dieses wird durch Betätigen des Bild- oder Videoauslösers fotografiert oder gefilmt. Vorteilhaft ist es, das Handy mittels eines geeigneten Adapters fest mit dem Okular zu verbinden. Hierfür sind diverse Konstruktionen auf dem Markt verfügbar, die eine flexible Anpassung an unterschiedliche Geräteabmessungen erlauben. Für berührungsfreie Bildauslösungen können geeignete Fernauslöser eingesetzt werden.

Je nach Ansprüchen und Aufgabenstellungen kann die im Handy werkseitig implementierte Foto-App verwendet werden, oder man greift auf spezielle Foto-Apps zurück, die eine vollständige manuelle Kontrolle aller relevanten Aufnahmeparameter erlauben. Manche dieser Apps bieten auch die Möglichkeit, Fotos in nicht komprimierenden, verlustfreien Dateiformaten, beispielsweise PNG oder

(bei iPhones) auch TIF/TIFF, aufzunehmen, so dass alle Abbildungsreserven des Gerätes voll ausgeschöpft werden können.

Informationen für weitergehend Interessierte

Die deutschsprachige Zeitschrift »Mikroskopie«, herausgegeben als Printmedium und Online-Journal von der Dustri-Hachinger-Verlagsgruppe in München, beinhaltet unter anderem eine Rubrik »Smartphone Ecke«, in der in lockerer Reihenfolge schon zahlreiche Einzelbeiträge zu verschiedenen Anwendungsfacetten der mikroskopischen Smartphone-Fotografie und -Kinematographie erschienen sind. Abonnenten dieses Journals haben unbegrenzten Zugriff auf das vollständige Archiv, somit auch auf sämtliche zu dieser Thematik bisher erschienenen Beiträge.

Jörg Piper ist Herausgeber der Fachzeitschrift »Mikroskopie«. Er ist Autor verschiedener mikroskopischer Fachartikel in englischer und deutscher Sprache und hat an mehreren Buchbeiträgen zur Mikroskopie mitgewirkt

Weitere Informationen: mikroskopie-journal.de

Leben im Fokus

Geschichte der Berliner Mikroskopie

JOCHEN MÜLLER

Das Mikroskop entstand Ende des 16. Jahrhunderts aus dem Teleskop und war ein Kuriosum. Teleskope hatten eine eindeutige Anwendung. Man sah (skopein) Dinge in der Ferne (tele). Mit veränderten Linsensystemen ließen sich kleine (mikro) Objekte betrachten. Doch Mikroskope blieben Spielerei wohlhabender Menschen. Naturerkundung war mehr Unterhaltung als Wissenschaft. Hersteller und Anwender waren oft dieselbe Person.

Wie Robert Hooke aus England. 1665 erschien seine *Micrographia*, das erste Buch mit mikroskopischen Abbildungen. Darin benannte er Hohlräume in Kork nach den Kammern von Mönchen: Zellen. Sie haben nichts mit unserer heutigen Vorstellung

Ursprung und seiner Funktion zu beantworten, brauchte es bessere Optiken.

Deren Hersteller hatten aber ein ähnliches Problem wie die Wissenschaftler. Mikroskope wurden damals durch sogenanntes Pröbeln hergestellt. Das heißt, Versuch und Irrtum führten zu einem Ergebnis. Aber die Gesetzmäßigkeiten dahinter waren unbekannt. Bis das 19. Jahrhundert die Wende brachte. Wieder kam sie aus der Teleskopie. Die Größe der Instrumente machte vieles leichter als bei Mikroskopen. Der englische Optiker Chester Moor Hall hatte um 1733 das sogenannte achromatische Objektiv ersonnen. Die Kombination aus zwei Glassorten korrigierte Farbfehler. In München stellte Joseph Fraunhofer 1811 als erster Deutscher ein achromatisches Mikroskopobjektiv vor. Fraunhofer fand auch eine Methode, um

Ehrenberg erlangte große Reputation als Naturforscher. In einem seiner Artikel schwärmte er geradezu über Schieksche Mikroskope, die bald als zu den besten gehörend zählten.

Müllers Schüler verändern die Welt

Johannes Müller wurde 1832 an die Berliner Universität berufen. Er war einer der ersten, die Mikroskope nicht nur in der Forschung, sondern auch in der Lehre verwendeten. Noch bekannter als Müller wurden seine Schüler. Sie bildeten die erste Generation Wissenschaftler, die Mikroskopie erlernten, statt sie sich autodidaktisch anzueignen. Sie verglichen auch Mikroskope, prämierten sie und bewarben so deren Qualität.

So lobte Matthias Jakob Schleiden die Schiekschen Mikroskope als besser als die

Handwerkliches Geschick trug zum Aufschwung der Wissenschaft bei und das Handwerk wurde selbst zur Wissenschaft

Zusammenarbeit mit dem Handwerk sorgten dafür, dass letzte Zweifel schwanden.

In Preußen verursachte in den 1860er Jahren eine Epidemie viele Todesfälle. Virchow gehörte zu den Wissenschaftlern, die zeigen konnten, dass kleine Würmer Krankheit und Tod verursachten, die Trichinen. Daraufhin entsann Virchow einen kostengünstigen Mikroskoptypus: das Trichinenmikroskop. Er beauftragte den Berliner Hersteller Schmidt und Haensch, einen Prototyp zu bauen, und sorgte dafür, dass zuerst in Preußen und später im gesamten deutschen Reich die »allgemeine Fleischbeschau« eingeführt wurde. Fortan durfte kein Schweinefleisch ohne mikroskopische Untersuchung verkauft werden. Die Todeszahlen durch mit Trichinen verseuchtes Fleisch gingen von etwa 15.000 im Jahr auf nahezu null zurück, letzte Kritiker verstummten. Schlachthöfe und Veterinäre machten aus kleinen Manufakturen, in Berlin allen voran Wächter, Teschner und Hauptner, große Fabriken.

Das Pröbeln kommt an ein Ende

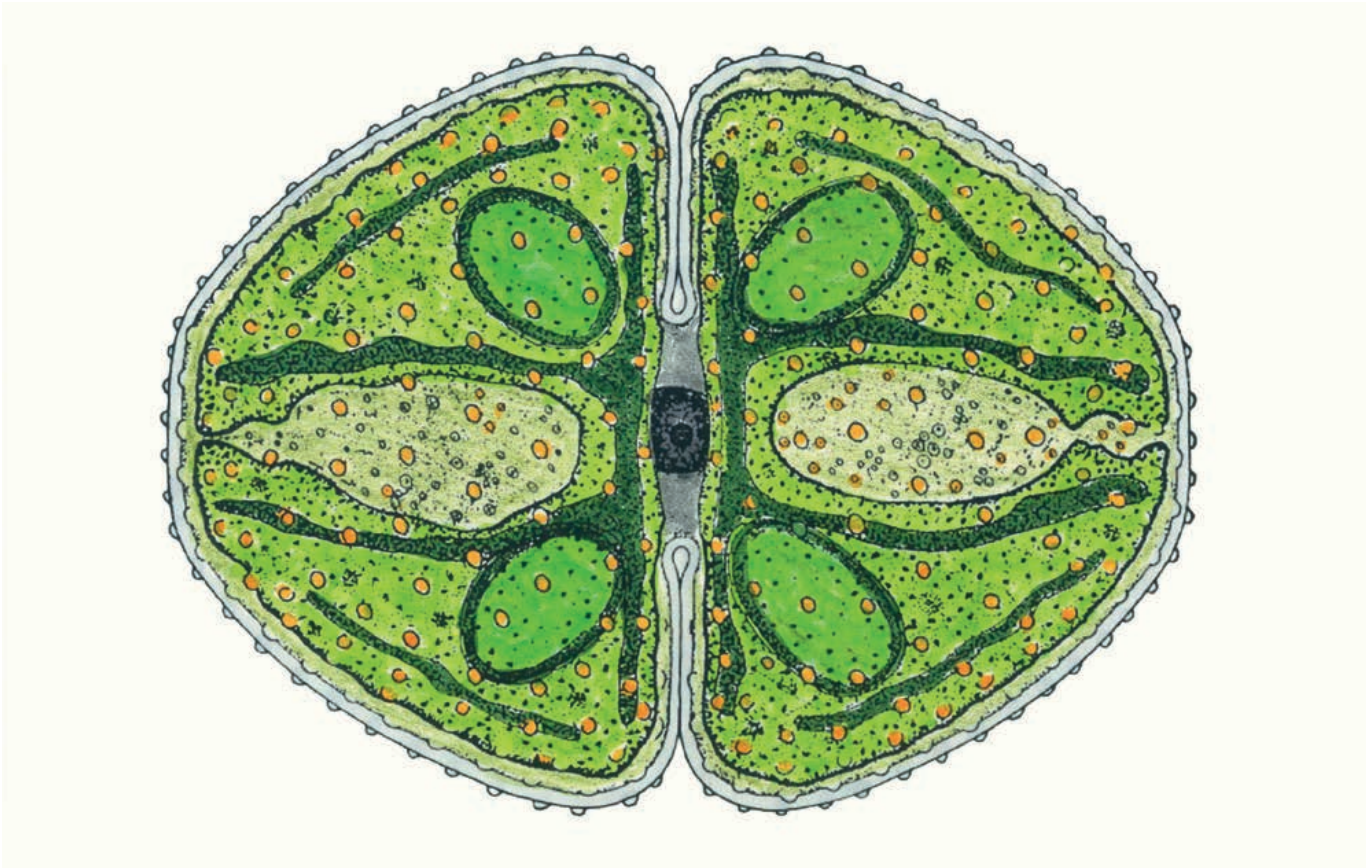
Die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts brachte weitere Verbesserungen. Das applanatische Objektiv korrigierte die kugeligen Verzerrungen und war über die Fotografie in die Mikroskopie gelangt. Und Edmund Hartnack hatte 1862 Immersions-Objektive zur Marktreife geführt. Hartnack hatte in Berlin gelernt, in Paris Oberhäusers Betrieb übernommen und war dann nach Potsdam zurückgekehrt. Die Idee zur Immersion stammte vom italienischen Mathematiker und Konstrukteur Giovanni Battista Amici. Ein dünner Flüssigkeitsfilm zwischen Objektivspitze und Objekt erhöht die Auflösung. Viele spätere Entdeckungen, etwa in der Bakteriologie, wären ohne Immersions-Objektive nicht möglich gewesen. Robert Koch arbeitete mit Mikroskopen von Hartnack.

Trotz dieser Entwicklung stagnierte die Mikroskopie in der frühen zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erneut. Die Weiterentwicklung von Mikroskopen durch Versuch und Irrtum war an ein Ende gekommen. In manchen Quellen heißt es, Hartnack sei dem Optimum nahegekommen. Doch gab es das, ein Optimum? Und wie ließ sich das herausfinden? Hartnack stellte dazu 1864 den polnischen Mathematiker Adam Prażmowski ein. Ungefähr zur selben Zeit befasste sich in Berlin der Müller-Schüler Hermann von Helmholtz mit der Berechnung von Optiken. Auch der in Jena ansässige Carl Zeiss ging diesen Weg, um mit den Hartnackschen Immersionsobjektiven konkurrieren zu können. Er engagierte 1866 den Mathematiker Ernst Abbe, um die Fertigung von Mikroskopen auf ein wissenschaftliches Fundament zu stellen.

Abbe gelang es um 1870, die Optiken eines Mikroskops zu berechnen, Helmholtz schaffte es 1873. Handwerkliches Geschick hatte zum Aufschwung der Wissenschaft beigetragen, und das Handwerk war nun selbst eine Wissenschaft geworden. Die Zahl der Manufakturen ging zurück. Die Berliner Universität hatte indessen zu denen in Paris und London mindestens aufgeschlossen. Viele der frühesten Nobelpreise gingen an Berliner Wissenschaftler oder zumindest solche, die die Mikroskopie hier gelernt hatten.

Durch die wissenschaftlichen, medizinischen und wirtschaftlichen Erfolge wuchs auch die Akzeptanz der Mikroskopie in der Gesellschaft. Naturbeobachtung wurde zu einem beliebten Zeitvertreib, kleine Reise- und Taschenmikroskope für den Ausflug mit der Familie kamen auf. 1888 wurde in Berlin die Urania gegründet. Das erste Science-Center der Welt hatte ein Teleskop auf dem Dach und im Gebäude einen öffentlichen Mikroskopiesaal. Beide erfreuten sich großer Beliebtheit.

Jochen Müller ist Neurowissenschaftler und Wissenschaftsjournalist. Für die Stiftung Planetarium Berlin erfand er die Thementage Unsichtbare Welten mit live-Mikroskopie im Planetariumssaal



Thomas Fromm *Cosmarium botrytis*, Faserstifte auf Papier, DIN A4, 2025

von Zellen zu tun. Hooke suchte auch nicht nach dem Grundbaustein des Lebens, er betrieb keine systematische Wissenschaft. Er betrachtete Objekte und zeichnete sie. Auch Hookes Zeitgenosse Antoni van Leeuwenhoek suchte nicht nach Antworten. Als Tuchhändler fertigte er Linsen, um Fäden zu zählen und so die Qualität von Stoffen zu beurteilen. Mit seinen Mikroskopen bestaunte und zeichnete Leeuwenhoek Lebendiges, von Insekten über Gewebe bis Zellen. Leider verriet er nicht, wie er seine Geräte anfertigte.

Wegen der schlechten Optiken stagnierte im 18. Jahrhundert die Entwicklung der Mikroskope und die damit einhergehende wissenschaftliche Nutzung. Die Mikroskope vergrößerten zwar schon 200-fach und mehr, hatten aber eine so schlechte Auflösung, dass man damit kaum etwas erkennen konnte. Auflösung bezeichnet die Entfernung, ab der zwei Punkte als getrennt voneinander wahrgenommen werden. Sie lag teilweise im Bereich des Durchmessers einer Zelle, die man folglich nicht sehen konnte. Hinzu kamen Linsenfehler. Linsen produzierten Verzerrungen und farbige Säume um Objekte. Bestanden Tiere und Pflanzen aus Bläschen? Waren es Fasern? Ging das eine aus dem anderen hervor? War es umgekehrt? So mancher sah Dinge, die gar nicht da waren.

Wie sollte man so überliefertes Wissen überprüfen? Vieles davon stimmte nicht: Die Natur bestand nicht aus vier Elementen, Menschen nicht aus vier Säften. Und die Therapien der Medizin wirkten mit einer Chance von etwa 50 zu 50, weil niemand wusste, wie das, was geheilt werden sollte, aufgebaut war oder funktionierte. Um Fragen nach dem Leben, seinem

Brechungsindex und Streuung von Glas zu bestimmen. Eine entscheidende Voraussetzung, um die Herstellung optischer Instrumente auf eine wissenschaftliche Grundlage zu stellen.

Es beginnt in Preußen

Als die preußischen Reformen 1810 zur Gründung der Universität in Berlin und zur Gewerbefreiheit führten, traf neuer Bedarf auf ein besseres Angebot. Die Universität zog Gelehrte an, die die Welt mit naturwissenschaftlichen Methoden untersuchten. Die dazu nötigen feinwerkmechanischen und optischen Manufakturen entstanden in unmittelbarer Nähe. Die berühmteste gehörte Carl Philipp Heinrich Pistor. Der Autodidakt galt als tüchtigster Mechaniker Preußens, seine geodätischen Instrumente wurden bei der Vermessung des ganzen Landes genutzt. Für seine optischen Instrumente engagierte Pistor Friedrich Wilhelm Schiek, der später Teilhaber wurde, bevor er eine eigene Werkstatt eröffnete. Pistor und Schiek boten achromatische Mikroskopobjektive zu halbwegs erschwinglichen Preisen.

Der Berliner Professor Christian Gottfried Ehrenberg gehörte zu Pistors und später Schieks prominentesten Kunden. Ehrenberg suchte nach einem dem Leben zugrundeliegenden Prinzip. Weil er dafür ein möglichst einfaches Modellsystem brauchte, studierte er Kleinstlebewesen. Mit seinem Mikroskop gelang es Ehrenberg, Tiere zu entdecken, die zuvor unsichtbar waren. Die »Infusorien« fand er zunächst in heimischen Böden und Gewässern. Ab 1825 reiste er durch Arabien. Auch dort fand und beschrieb er Leben.

von Plössl aus Wien oder Oberhäuser aus Paris. Mit einem Mikroskop von Schiek gelangte Schleiden zu einer Theorie, die er 1838 veröffentlichte. Nach ihr sind alle Pflanzen aus Zellen aufgebaut. Sein Kommilitone Theodor Schwann legte ein Jahr später nach und publizierte die entsprechende Theorie für Tiere. Zusammengekommen setzte die Zelltheorie der Diskussion um den Aufbau des Lebens ein Ende. Sie gilt bis heute. Gewebe sind aus Zellen aufgebaut. Sie sind die Grundeinheiten des Lebens.

Im Gegensatz zu Schleiden und Schwann arbeitete Rudolf Virchow klinisch. Er versuchte, die Ursachen von Krankheiten zu verstehen. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts galt noch die Humoralpathologie; laut ihr entstehen Krankheiten durch ein Ungleichgewicht der Körpersäfte. Als Professor für Pathologie hielt Virchow 1858 Vorlesungen, die die Medizin grundlegend veränderten. Virchows Cellularpathologie zufolge beruhen Krankheiten auf Veränderungen von Zellen. Bis heute ist die Medizin eine zelluläre Wissenschaft, sie zählt, vermisst und behandelt Zellen. In der Cellularpathologie publizierte Virchow auch einen Satz, der bis heute ihm zugeschrieben wird, den vor ihm aber sowohl der Müller-Schüler Robert Remak als auch bereits 1825 der Franzose François-Vincent Raspail formuliert hatten: *Omnis cellula e cellula*. Jede Zelle entsteht aus einer Zelle und nicht aus Lehm, dem eine magische Größe Leben spontan einflößen können sollte.

Das Wissen um die Vorgänge des Lebens bewegte sich aus der unerreichbaren Sphäre der Götter und ihrer Magie in die einer prinzipiellen Erreichbarkeit. Und spektakuläre Erfolge der Wissenschaft und ihrer

Durch die Linse der Fantasie

Optik und Wahrnehmung
bei E. T. A. Hoffmann

CHRISTINA SCHMITZ

Wenn wir heute am Mikroskop winzige Zellen betrachten oder mit dem Fernglas weit entfernte Landschaften heranholen, erscheint uns das selbstverständlich. Doch um 1800 waren optische Instrumente noch neu, faszinierend – und zugleich unheimlich. Wissenschaftler experimentierten mit Linsen, Mikroskopen und Fernrohren; Instrumentenbauer entwickelten immer präzisere Geräte. Gleichzeitig wuchs die Faszination für optische Täuschungen, Perspektive und visuelle Tricks. So betrieb der mechanisch begabte Schausteller

Optische Geräte sind Schlüssel zur Frage wie Wirklichkeit entsteht

Johann Carl Enslen in Berlin eine »optisch-cosmoranische Anstalt«, in der er spektakuläre Vorführungen veranstaltete, die mit der Wahrnehmung der Besucher spielten. Einer dieser Besucher war der Schriftsteller und Komponist E. T. A. Hoffmann, der nur wenige Straßen weiter wohnte und sich von Enslen Shows inspirieren ließ. In seinen fantastischen und oft unheimlichen Erzählungen tauchen immer wieder optische Geräte und Motive auf: Brillen und künstliche Augen, Fernrohre und Mikroskope, Kristalle und Spiegel. Sie sind nicht bloß Requisiten, sondern Schlüssel zur Frage, wie Wirklichkeit entsteht – und wie leicht sie sich täuschen lässt.

Berühmt ist Hoffmanns Erzählung »Der Sandmann«. Darin kauft der Student Nathanael ein kleines Perspektiv – ein tragbares Fernrohr. Durch diese Linse beobachtet er seine schöne Nachbarin Olimpia. Erst später stellt sich heraus: Olimpia ist kein Mensch, sondern ein Automat. Das Perspektiv wirkt in der Geschichte wie ein magisches Gerät. Es ermöglicht Nathanael überhaupt erst, sich in Olimpia zu verlieben. Ohne die Linse wäre die Täuschung vielleicht nie entstanden. Hoffmann zeigt damit, dass technische Hilfsmittel nicht nur die Sicht erweitern, sondern auch Illusionen verstärken können. Die Geschichte spiegelt damit eine verbreitete Angst der Zeit: Wenn Maschinen immer menschenähnlicher werden – kann man dann noch sicher sein, was wirklich lebendig ist?

Zugleich spielt das Motiv des Auges selbst eine zentrale Rolle. Augen werden gestohlen, ausgetauscht oder künstlich hergestellt. Für Hoffmann ist es ein ambivalentes Organ. Es ermöglicht Erkenntnis, ist aber zugleich anfällig für Illusionen. Gerade deshalb wirken seine Geschichten erstaunlich modern. Auch in der heutigen Wissenschaft sind Instrumente entscheidend dafür, wie wir die Welt wahrnehmen – vom Mikroskop bis zum Weltraumteleskop. Doch jedes Gerät ist auch ein Filter. Es zeigt bestimmte Dinge besonders deutlich und blendet andere aus.

Eine besondere Rolle spielt das Mikroskop in der Erzählung »Meister Floh«. Es ist nicht nur ein wissenschaftliches Werkzeug, sondern dient als Symbol für begrenzte wissenschaftliche Erkenntnis, für unterschiedliche Perspektiven und für die Spannung zwischen Rationalität und Fantasie. So macht das »Gedankenmikroskop« dem Meister Floh in der Geschichte sichtbar, was sein Gegenüber denkt. Für den

Einband zeichnet Hoffmann eine detailgetreue mikroskopische Floh-Figur, die er einer naturkundlichen Studie entnimmt, und stattet sie mit Stiefeln, einem Umhang und einer Fackel aus.

Auch wenn Hoffmann selten explizit Mikroskope beschreibt, arbeitet seine Literatur oft mit einem »mikroskopischen Blick«. Viele Erzählungen vergrößern scheinbar nebensächliche Details – Gesten, Blicke oder kleine Gegenstände – und machen daraus ganze Welten. Diese Technik ähnelt dem Effekt eines Mikroskops: Das Unsichtbare wird sichtbar, das Kleine erscheint plötzlich bedeutend. Hoffmann zeigt damit eine Grundidee der romantischen Naturphilosophie: Hinter der sichtbaren Oberfläche verbirgt sich eine tiefere Wirklichkeit, die nur durch genaues Hinschauen erkennbar wird.

Noch unmittelbarer als Mikroskop oder Fernrohr wirkt der Spiegel. Er zeigt nicht die Welt, sondern den Betrachter selbst. Bei Hoffmann wird der Spiegel daher zum Ort der Verunsicherung: Wer sieht hier eigentlich wen? Spiegelbilder können Doppelgänger erzeugen oder das Gefühl hervorrufen, dass hinter der sichtbaren Realität eine zweite Welt existiert. Diese Idee passt zur romantischen Vorstellung, dass Wahrnehmung nie vollständig objektiv ist. Das Auge sieht – aber der Geist interpretiert. In Erzählungen wie »Das Öde Haus«, »Der Artushof« oder »Doge und Dogaresse« sehen Hoffmanns Figuren durch so genannte Zauberspiegel nicht sich selbst, sondern zukünftige Ereignisse oder Begegnungen aus der Vergangenheit.

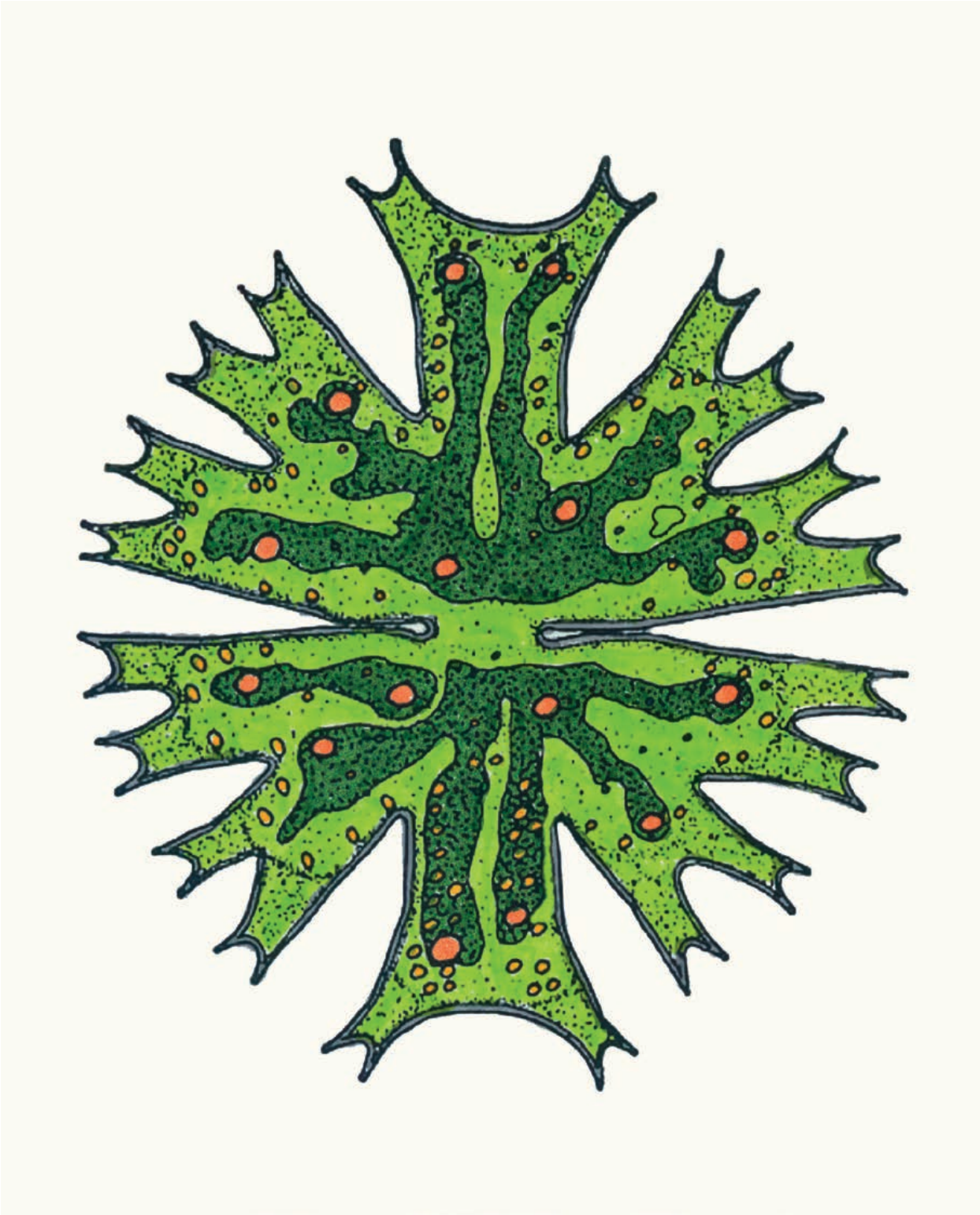
Der Blick durchs Mikroskop hat unsere Wahrnehmung revolutioniert. Es erlaubt uns, Dinge zu sehen, die dem bloßen Auge verborgen bleiben – Zellen, Kristallstrukturen oder mikroskopische Organismen. Doch diese neue Sicht führt nicht unbedingt zu mehr Klarheit: Das Vergrößern kann die Welt verständlicher machen – oder sie in ein Labyrinth aus Bedeutungen verwandeln. Hoffmanns Figuren sehen zu viel, zu wenig – oder das Falsche. Damit zeigt sich eine überraschende Nähe zwischen Literatur und Wissenschaft. Beide reagieren auf dieselbe kulturelle Situation: eine Welt, in der neue Instrumente den Blick des Menschen verändern.

Literatur mit einem mikroskopischen Blick

Wer tiefer in E. T. A. Hoffmanns fantastische Welt eintauchen möchte, findet einen umfassenden Einstieg im E. T. A. Hoffmann Portal der Staatsbibliothek zu Berlin. Es bietet Zugang zu digitalisierten Quellen wie Briefen, Zeichnungen, Musikalien und Druckausgaben aus verschiedenen Sammlungen, insbesondere aus Berlin und Bamberg, und ermöglicht eine übergreifende Recherche in Bibliothekskatalogen und wissenschaftlichen Datenbanken. Thematische Beiträge, multimediale Inhalte und interaktive Lernmodule geben Einblicke in Hoffmanns Leben, Werk und Umfeld.

Christina Schmitz ist Buchhistorikerin und Bibliothekarin. Sie leitet die Publikumsdienste an der Staatsbibliothek zu Berlin und hat dort das E. T. A. Hoffmann Portal aufgebaut. 2022 kuratierte sie die Ausstellung »Unheimlich Fantastisch – E. T. A. Hoffmann 2022«

Weitere Informationen unter: etahoffmann.net



Thomas Fromm *Micrasterias crux-melitensis*, Faserstifte auf Papier, DIN A4, 2025

FOTO: © THOMAS FROMM

ZU DEN BILDERN

Desmids – Mandalas der Natur

THOMAS FROMM

Desmids lautet der englischsprachige Fachbegriff für eine sehr formenreiche Gruppe einzelliger Mikroalgen, die auf Deutsch Zieralgen heißen und nur im Süßwasser vorkommen (ca. 5000 Arten). Desmids sind eng mit den Landpflanzen verwandt, sie sind beliebte Objekte sowohl für professionelle Wissenschaftler als auch für Amateure. Die Arten dieser Algengruppe sind streng symmetrisch geformt: Durch viele lassen sich bis zu drei Symmetrieebenen (x, y und z) legen, was wohl auch den immensen ästhetischen Reiz dieser Organismen verursacht. Desmids bestehen immer aus zwei gleichgroßen Halbzellen mit jeweils einem grasgrünen Chloroplasten. Die Halbzellen sind oft durch einen Isthmus miteinander verbunden, in dessen Bereich sich auch der zentral gelegene Zellkern befindet. Desmids vermehren sich sowohl ungeschlechtlich durch Zellteilung als auch durch eine spezielle Form der sexuellen Fortpflanzung, bei der zwei Zellkerne über eine Plasmabrücke zu einer befruchteten Eizelle verschmelzen, ohne dass zuvor bewegliche Keimzellen ausgebildet

werden. Diese sogenannte Zygote vollzieht dann eine Reifeteilung, und kann längere, ungünstige Phasen überdauern, bis dann wieder Zellen mit jeweils einfachem Chromosomensatz daraus hervor gehen und einen neuen Zyklus einleiten. Manche Arten leben planktisch, andere können sich aktiv – dem Licht entgegen – durch Kriechen auf einem Substrat fortbewegen. Dies erreichen sie durch Ausscheiden von Schleim aus speziellen Poren in der Zellwand. Desmids leben in eher nährstoff-armen, leicht sauren Biotopen. Daher kommen sie häufig in Mooren vor und sind akut vom Aussterben bedroht, denn genau diese Lebensräume sind in den letzten Jahrzehnten immer mehr aus dem ursprünglichem Naturraum verschwunden. Desmids sind außerdem hervorragende Indikatororganismen für Azidität und trophischen Status eines Gewässers. Bei einer Reihe von Gattungen (*Cosmarium*, *Xanthidium*, *Staurastrum*) ist die Zellwand einzelner Arten spezifisch durch Warzen, Dornen und Stacheln skulpturiert. Dabei können sich diese häufig zu ornamentartigen Strukturen zusammenschlagen, deren Funktion und Entstehung völlig ungeklärt ist, die aber den ästhetischen Reiz dieser Organismen noch einmal zusätzlich erhöhen. Obwohl sicherlich anthropozentrisch formuliert, ist es daher nicht vollkommen abwegig

zu hypothesisieren, dass etwas in der Evolution vermeintlich so Unnützes wie Zierde bzw. Schönheit durchaus einen evolutiven Vorteil darstellen kann, indem nämlich das Schönheitsempfinden des Menschen und sein neugieriger Blick geweckt werden, er vielleicht Gefallen und Interesse an diesen Formen findet und Arten dadurch eventuell schützt bzw. konserviert. In gewisser Hinsicht passiert dies ja auch bereits, denn Desmids werden – wie manch andere Organismengruppe auch – in mehreren Labors auf der Erde bereits im großen Stil erfolgreich kultiviert – ihre Gene also vermehrt und so deutlich weiterverbreitet.

Durch eine künstlerische Überarbeitung verschiedener Formen auf dem Papier unter Verwendung von zum Teil unnatürlichen Farben wird nicht nur die fantastische Formenvielfalt dieser Organismengruppe aufgezeigt, sondern es enthüllt sich auch das große ästhetische Potenzial dieser Organismen – ja, es wird sichtbar gemacht und die Arten erlangen Erhabenheit. Damit zeigt sich einmal mehr, dass in der Evolution Ästhetik bzw. Schönheit durchaus eine feste Größe darstellen kann, eben, weil die Natur auch eine Künstlerin ist.

Thomas Fromm ist Biologe, Maler, Grafiker und Fotograf. Von ihm stammen die Bilder in diesem Schwerpunkt

Es gibt keinen Nullpunkt

Glück und Schrecken der Mikrowelt im Film

GEORG SEEßLEN

Von Gullivers Reisen und den Erlebnissen der Alice im Wunderland wissen wir, dass dramatische Wechsel von Größenverhältnissen nicht nur abenteuerlich, sondern auch durchaus komisch sein können. Im Märchen hat man uns erzählt, wie es immer wieder die Kleinen sind, die gegen alle riesigen Gefahren und Monstren triumphieren. Und damit, Herr oder Herrin einer Miniaturwelt zu sein, beginnt im Kinderzimmer der Weg ins Leben: Puppenhäuser, Modelleisenbahnen, Lego-Raumstationen oder das World Building im Computerspiel. Aber auch das Wissen der Welt wird in Form von Modell-Verkleinerungen vermittelt; die Innenwelt des menschlichen Körpers wie die Stadtanlage der Zukunft, Miniaturwelten eignen sich für das pädagogische Spiel, die wissenschaftliche Veranschaulichung oder die soziale Karikatur (wie in den Rollenspielen bei den »Schlumpfen«).

Groß und klein sind relative Empfindungen

So weit scheint die Ordnung zwischen dem Kleinen und dem Großen gesichert: Das Kleine wird zum Großen, das Kind zum Erwachsenen, der Einzeller, wenn auch nicht in der Geschwindigkeit wie in »Evolution« zum komplexen Organismus, der Müllersbursch zum König, die Arbeit zum Unternehmen und selbst der Ameisenhaufen, den der »Ant Bully« des Films zu zerstören versucht, wächst – und mit ihm wächst das Verständnis des Kindes. Zum guten Menschen wird niemand, der das Kleine verachtet. Daran muss man gelegentlich dramatisch erinnert werden, dann nämlich, wenn Klein und Groß die Rollen tauschen. So wie für die Schlümpfe eine Hauskatze zum Riesenmonster wird, erlebt der geschrumpfte Mensch eine Treppenstufe als unüberwindliches Hindernis. Groß und Klein sind eben relative Empfindungen. Das ist nicht nur eine Frage der neuen Probleme und ihrer möglichen Lösungen, sondern auch eine philosophische Herausforderung. Jedenfalls endet so das Modell aller Schrumpffilme, Jack Arnolds »The Incredible Shrinking Man«. Das ist einerseits eine klassische Mutationsgeschichte der Science-Fiction: Bei einem Bootsausflug mit seiner Frau begegnet Scott Carey einer seltsamen Wolke, und von da an wird er immer kleiner, muss schließlich in einem Puppenhaus wohnen, gegen eine Spinne kämpfen und ist dann auch für seine Mitmenschen nicht mehr sichtbar. Am

Ende – sein Schrumpfprozess wird immer weiter gehen – erkennt Scott die wahre Unendlichkeit. Er sieht in den Himmel des Mikrokosmos. »Plötzlich erkannte ich, dass es zwei Seiten desselben Konzepts sind. Für Gott gibt es keinen Nullpunkt. Ich lebe immer noch.«

Das Eintauchen in eine Mikrowelt ist ein Menschheitstraum; immer geht es zugleich darum, mit mächtigen Raketen ins Weltall zu gelangen und mittels immer feinerer Mikroskope in die Welt jenseits des normal Sichtbaren. Was kann besser dazu dienen, in diese Welt unterhalb der normalen Blickräume einzutauchen als der Film? In die Welt der Pilze und der Wurzeln, der Bakterien, der Muskeln, der Zellen, der Atome ... Aber Sehen allein genügt nicht; noch faszinierender ist die Fantasie, in die Mikrowelt selbst eintauchen zu können.

Können Menschen sich in die Mikrowelt hinein schrumpfen? Nach allen biologischen und physikalischen Kenntnissen ist das ganz einfach unmöglich. Aber »unmöglich« ist natürlich kein Kriterium für die Kino-Fantasie, hier wird das Kleine so rasch zum Großen wie der gefräßige Parasit in »Alien« oder die große Erscheinungsform des mikroskopischen Tardigrade bei »Star Trek: Discovery«; das Universum gebiert ein Sternensbaby in »2001« und in der F. Scott Fitzgerald-Verfilmung »The Strange Case of Benjamin Button« kommt ein Mensch als Greis zur Welt und entwickelt sich zum Säugling zurück, dann noch weiter, statt in den Tod in die Vor-Geburt. Das Große und das Kleine, der Anfang und das Ende – sobald man in die Mikrowelten eindringt und die Ordnungen von Wachsen und Werden in Frage stellt, verändert sich das kosmische Weltbild. Es gibt keinen Nullpunkt.

Scott macht in Arnolds Film auf einer tieferen Ebene der Erzählung freilich auch einen Befreiungsprozess durch, küchenpsychologisch gedeutet als Flucht vor der Macht des Weiblichen – die Frau, die als Katze und Spinne sein kleines Leben bedroht – allgemeiner einfach als Abenteuer der Selbsterfahrung jenseits der kleinbürgerlichen Alltagsnormen. Die Verbindung zwischen dem Schrumpfen und einer eher trostarmen Lebenssituation in Familie und Gesellschaft wurde in Variationen immer wieder durchgespielt. In »Die unglaubliche Geschichte der Mrs. K.« schrumpft Lily Tomlin in der Titelrolle als konsumverrücktes Vorstadt-Familientier nach Gebrauch der falschen Haushaltschemikalien, und im Remake ist Jean Dujardin »Der Mann, der immer kleiner wurde«, nämlich ein Macho, der erst im Puppenheim-Stadium seine wahren Schwächen erkennt und schließlich die größte Verzweiflung in vollkommener Einsamkeit erlebt – schließlich ist niemand mehr da, mit dem er sprechen könnte.

Wie dem auch sei, das Klein-Werden ist auch für ihn ein paradoxes Stadium

auf dem Weg zu sich selbst, da ist der Mister C. aus der Vorstadt nicht so weit entfernt vom Nils Holgerson, der mit den Wildgänsen reiste, oder dem Däumling, alias »Tom Thumb« – beide natürlich auch zu Filmhelden geworden. Dabei ist gerade »Tom Thumb« (Der kleine Däumling) aus dem Jahr 1958 ein farben- und formprächtiges Spektakel. Denn im Grunde sind alle Schrumpffilme auch grandiose Objekt-Schauspiele. Wenn der kleine Alltagsgegenstand oder das Spielzeug plötzlich zum Monument wird, dann ist das nicht nur ein großer Spaß für die Ausstattungsabteilung, sondern auch ein surrealistischer Effekt. Etwas Vertrautes wird durch seine Dimension zum Super-Symbol. Alltagsdinge wie eine Schere (in »The Incredible Shrinking Man«) oder eine Nähnadel (in »Tom Thumb«) zeigen sich als gefährliche Waffen; und der geschrumpfte Mensch sieht sich plötzlich beobachtet wie ein Spielzeug-Objekt.

Ganz ähnlich verhält es sich mit der menschlichen Anatomie. Auch was diese anbelangt, gibt es einen unerreichten Klassiker und etliche Varianten. »Fantastic Voyage« erzählt von einem Team, das sich mitsamt einem U-Boot-ähnlichen Gefährt so miniaturisieren lässt, dass es in die Blutbahn eines Menschen eingeführt werden kann, um ein lebensgefährliches Gerinsel zu entfernen. So wie die Objektwelt für den Shrinking Man wird der menschliche Körper für diese Expedition zu einer Abenteuerlandschaft, in der jeder Pulsschlag als Flutwelle erlebt werden kann. Mit etwas mehr komödiantischem Elan wurde eine Reise ins Innere des Menschen durch den Miniaturisierten in »Die Reise ins Ich« variiert. Dort reist der miniaturisierte Held durch einen kleinen Fehler beim Experiment zunächst im Körper eines jungen Mannes in Berufs- und Lebenskrise und dann gar in dem seiner eigenen Freundin, die ihn gerade verlassen hatte – wohl eine der bizarrsten Dreiecksgeschichten der Filmgeschichte. In »Antibody« wird eine weitere Schrumpfmision in den Körper eines Terroristen gesandt, um eine in seinem Inneren tickende nukleare Zeitbombe zu entschärfen.

Im Grunde sind alle Schrumpffilme auch grandiose Objekt-Schauspiele

Die echte Renaissance des Schrumpffilms allerdings begann mit dem erfolgreichen »Honey, I Shrunk the Kids«: die Geschichte eines leicht derangierten Erfinders, der seine Kinder mittels eines aus dem Ruder gelaufenen Strahlenexperiments in Miniatur-Größen verwandelt. Die müssen vor der

erlösenden Rückverwandlung allerlei Abenteuer mit den Dingen und Tieren im Haus und Garten erleben, werden beinahe noch vom eigenen Vater im Cornflakes-Löffel vertilgt, haben aber auch Gelegenheit, Konflikte und Vorurteile zu überwinden.

Die Slapstick-Elemente in diesem Film überdecken freilich nicht, dass der eigentliche Grund für die Beinahe-Katastrophe in dysfunktionalen Familien und sozialen Verletzungen liegt. Das Schrumpfen scheint da als Beginn eines Heilungsprozesses, der – unglücklich für die Protagonisten, glücklich für das populäre Schrumpffilm-Genre – nicht recht abgeschlossen scheint, woraufhin im Kino als Sequels in Hollywood und als selbständige Film-Serie in Deutschland alle Familienmitglieder, Freunde und sogar die Lehrerschaft geschrumpft werden müssen, bevor man sich seiner Person sicher wird. Wie in der Wissenschaft wird auch im noch so kindlich-fantastischen Miniaturisierungsfilm klar: Manchmal muss man ins Kleinste, um größere Zusammenhänge zu erkennen.

Das gilt sicher auch für den Schrumpffilm, der an philosophischer

Nachdenklichkeit gewiss auch noch »The Incredible Shrinking Man« und sein Remake übertrifft. »Downsizing« ist der erste Film, der Miniaturisierung als Ausweg aus der Klima- und Umwelt-Krise anpreist. Es erweist sich aber in Wahrheit als profitträchtiges Geschäft. Der Held will sich mit seiner Frau in die schöne neue Miniaturwelt schicken lassen, doch die macht im letzten Moment einen Rückzieher. Und in der Miniaturwelt geht es keineswegs so idyllisch zu wie versprochen, vielmehr entwickeln sich hier soziale Ungleichheit, Ausbeutung und Betrug genau so rasch wie in der Welt der Großen. Dieser Film endet ebenfalls mit einer philosophischen Betrachtung: Auch wenn er sich noch so sehr verkleinert, vor sich selbst und vor seiner Gesellschaft kann der Mensch nicht fliehen.

Georg Seeßlen arbeitet als freier Autor und veröffentlichte zahlreiche Bücher. Für den Hörfunk schreibt Seeßlen regelmäßig Features, die sich mit aktuellen Tendenzen des Kinos und der populären Kultur auseinandersetzen. Er ist Mitglied der Akademie der Künste

KLEINE FILMOGRAFIE DES SCHRUMPPFILMS

THE DEVIL-DOLL Die Teufelspuppe (1936) Regie: Todd Browning

EVOLUTION (2001) Regie: Ivan Reitman

BRIDE OF FRANKENSTEIN Franksteins Braut (1936) Regie: James Whale

ANTIBODY (2002) Regie: Christian McIntire

Dr. CYCLOPS Dr. Zyklop (1940) Regie: Ernest B. Schoedsack

THE ANT BULLY (2006) Regie: John A. Davis

THE INCREDIBLE SHRINKING MAN Die unglaubliche Geschichte des Mr. C. (1957) Regie: Jack Arnold

HORTON HEARS A WHO Horton hört ein Hu (2008) Regie: Steve Martino, Jimmy Hayward

TOM THUMB Der kleine Däumling (1958) Regie: George Pal

GULLIVER'S TRAVELS Gullivers Reisen – Da kommt was Großes auf uns zu (2010) Regie: Rob Letterman

ATTACK OF THE PUPET PEOPLE (1958) Regie: Bert I. Gordon

ANT-MAN (2015) Regie: Peyton Reed

FANTASTIC VOYAGE Die phantastische Reise (1966) Regie: Richard Fleischer

HILFE, ICH HABE MEINE LEHRERIN GESCHRUMPT (2015) Regie: Sven Unterwald

THE INCREDIBLE SHRINKING WOMAN Die unglaubliche Geschichte der Mrs. K. (1981) Regie: Joel Schumacher

DOWNSIZING (2017) Regie: Alexander Payne

INNERSPACE Die Reise ins Ich (1987) Regie: Joe Dante

HILFE, ICH HABE MEINE ELTERN GESCHRUMPT (2018) Regie: Sven Unterwald

HONEY, I SHRUNK THE KIDS Liebling, ich habe die Kinder geschrumpft (1989) Regie: Joe Johnston

ANT-MAN AND THE WASP (2018) Regie: Peyton Reed

GULLIVER'S TRAVELS Gullivers Reisen (1996) Regie: Charles Sturridge

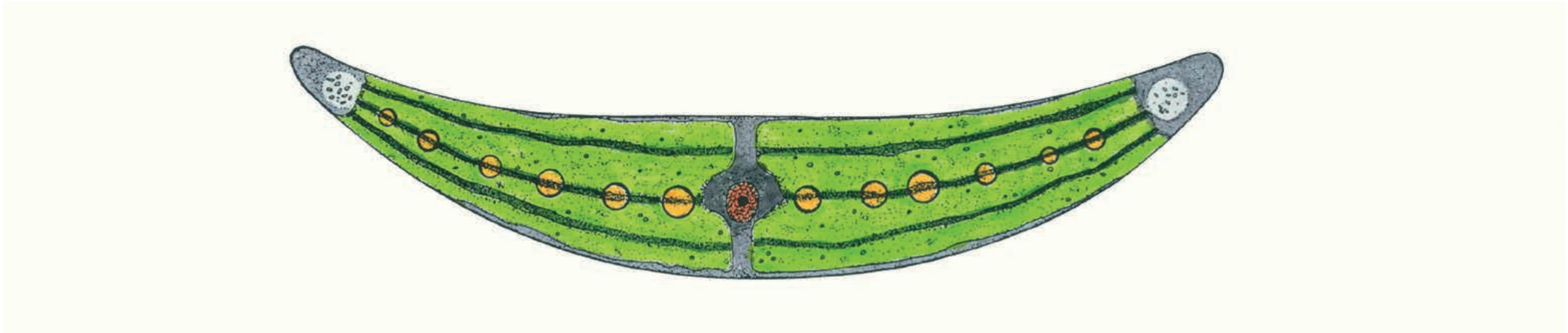
HILFE, ICH HABE MEINE FREUNDE GESCHRUMPT (2021) Regie: Granz Henman

HONEY, WE SHRUNK OURSELVES Liebling, jetzt haben wir uns geschrumpft (1997) Regie: Dean Cundey

ANT-MAN AND THE WASP: QUANTURMANIA (2023) Regie: Peyton Reed

HONEY, I SHRUNK THE KIDS TV Liebling, ich habe die Kinder geschrumpft: Die Serie (1997-2000) Regie: div.

L'HOMME QUI RÉTRÉCIT Der Mann, der immer kleiner wurde – Die unglaubliche Geschichte des Mr. C (2025) Regie: Jan Kounen



Thomas Fromm *Closterium moniliferum*, Faserstifte auf Papier, DIN A4, 2025

FOTO: © THOMAS FROMM



Von außergewöhnlicher Schönheit

Kieselalgen und Kultur

CHRISTIAN HAMM

Wir hatten neulich eine Diskussion, in der es darum ging, warum es die Wissenschaft als Thema weder in die Hoch- noch in die Alltagskultur geschafft hat. Dort finden wir Themen aus Religion und Mythologie, Szenen aus Alltag, Krieg und Katastrophen, die unterschiedlichsten Menschen, Landschaften und Natur, irgendwelche Gegenstände mit Obst und viel Abstraktes. Manchmal geht eine technische oder anatomische Zeichnung als Kunst durch, z. B., wenn sie von Leonardo da Vinci stammt. Auffällig ist auch, dass besonders Phänomene, für die unsere Sinne Unterstützung brauchen, wie z. B. ein Mikroskop oder ein Teleskop, nicht in dem Maße in unserer Kultur verankert sind wie solche, die wir mit unseren Sinnen wahrnehmen. So sind Sterne kulturell etabliert, aber Galaxien weniger. Muscheln und Bäume werden vielfach gezeichnet und besungen, aber Mikroalgen nicht. Warum ist das so? Und: Ist das ein Naturgesetz, oder kann sich das ändern? Vielleicht helfen uns bei diesen Fragen die Kieselalgen (Diatomeen), einzellige, Photosynthese treibende Organismen, die im Wasser leben und eine bemerkenswerte Schale aus Silikat/Glas besitzen. Kieselalgen sind klein (1 mm) bis winzig (3 µm), leben im Wasser und sind mit bloßem Auge im besten Falle als kleine grünlich-bräunliche Objekte zu erkennen. Bis vor ca. 200 Jahren waren sie weitgehend unbekannt. Denn erst unter dem Mikroskop offenbaren sie sich als wunderschöne, bizarre Wesen: Die Schalen der Kieselalgen sind transparent, erscheinen oft farbig, und ihre Formen sind wunderbar geordnet und gleichzeitig etwas chaotisch. Mir stockte der Atem, als ich sie das erste Mal auf diese Weise in all ihrer Pracht sah. Bilder zeigen nur einen schwachen Abglanz davon, denn erst wer sie dreidimensional sieht, »fühlt« sie. Aufgrund ihrer faszinierenden Schönheit entwickelte sich um 1900 sogar eine Art Hype um Kieselalgen. Sie wurden mit Hilfe ausgefeilter Methoden auf gläsernen Objektträgern

arrangiert, oft mehr als 100 Arten nebeneinander, und bei Partys (Salons), natürlich mit Unterstützung von Mikroskopen, zur Schau gestellt. Auch die wissenschaftliche Bedeutung der Kieselalgen ist außergewöhnlich – sie sind Gegenstand von fast 800.000 Publikationen, denn sie sind artenreich und spielen eine große Rolle in den globalen Ökosystemen und Stoffkreisläufen. Studieren Sie Meeresbiologie, -geologie oder auch -chemie, dann kommen Sie nicht um Kieselalgen herum. Es gibt weltweit Dutzende umfangreicher Sammlungen mit oft über

Kieselalgen spielen eine große Rolle in den globalen Ökosystemen und Stoffkreisläufen

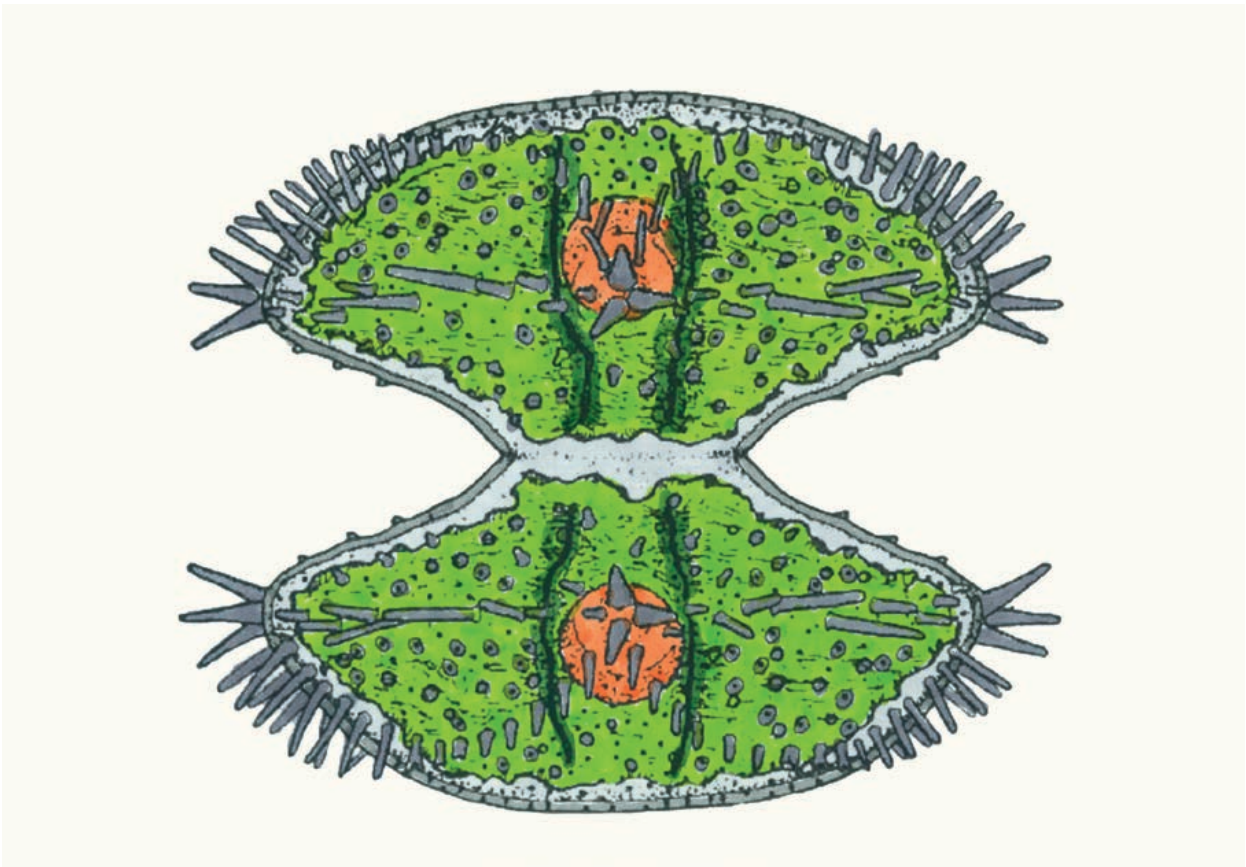
100.000 Präparaten. Es existieren viele Millionen von Aufnahmen, die mit ausgeklügelten mikroskopischen Verfahren gemacht wurden. Die Wissenschaft bemüht sich seit ihrer Entdeckung, sie genau zu beschreiben, zu klassifizieren und zu verstehen, wie sie funktionieren: Wie entstehen eigentlich diese fantastischen Formen? Warum sind sie so erfolgreich? Und schließlich: Sie sind phänomenal effiziente, stabile Leichtbaukonstruktionen. Wie können wir deren Bauprinzipien in technische Produkte und Bauwerke übertragen? – Kieselalgen bieten spannende Forschungsfragen für viele Generationen an Forscherinnen und Forschern. Seitdem ist viel Zeit vergangen, und aufgrund ihrer außergewöhnlichen Schönheit und ihrer Bedeutung hätte man erwarten können, dass sie in der Bildenden Kunst, der Architektur und vielleicht auch in der Literatur ihren Platz längst erobert hätten. Das ist aber nicht der Fall. Immerhin, Kieselalgen tauchten in Haeckels »Kunstformen der Natur« (1904) auf und wurden von berühmten Persönlichkeiten untersucht, z. B. von dem Architekten Frei Otto (um 1980). In Kunst und

Kunsth Handwerk sind Kieselalgen Inspirationsquelle für spannende Bilder und Skulpturen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben sie nicht nur erforscht, sondern auch in der Produktentwicklung eingesetzt. Sie wurden auf Messen, Konferenzen und im Kontext mit Kunst und Bildungsinitiativen präsentiert. Es gab Beiträge in den reichweitenstarken Medien. Und trotzdem spielen sie heute weder in der öffentlichen Wahrnehmung noch in der Kultur eine Rolle. Ihre Formensprache, die doch so gefällig ist, ist nicht in unserer Kultur angekommen. Bäume dagegen wie Linden, Platanen und diverse Obstbäume werden intensiv in der Lyrik besungen. In der Ornamentik gibt es seit über 2000 Jahren Pflanzen (Akanthusblätter), Muscheln (siehe Botticelli) und natürliche Phänomene (Mäander). Griechische Ornamente werden auch heute genutzt, z. B. in den Kreationen von Versace und als Tattoos. Warum nicht auch die attraktiven Formen der

Kieselalgen? Wahrscheinlich, weil wir sie im Alltag nicht wahrnehmen, denn wir können sie weder sehen noch spüren. Und sie sind überhaupt erst knapp 200 Jahre auf der Weltbühne und kommen weder in der Mythologie noch in der traditionellen Ornamentik oder in Filmen vor. Doch ich denke, das wird sich ändern, und zwar durch drei Entwicklungen. Erstens durch Bildung: Sie begeistern und bereichern den Unterricht in Fächern wie Biologie, Physik, Mathematik, Chemie, aber auch Kunst an Schulen und Universitäten. Es gibt kaum Organismen, die sich so gut dafür eignen, ein großes Spektrum an Themen mit Tiefe und Begeisterung zu behandeln. Zweitens können wir mikroskopisch kleine Objekte immer besser sichtbar und erfahrbar machen, nicht nur mit Hilfe der Mikroskopie, sondern auch über Projektionen, 3D-Druck und eben Kunst. Drittens werden die Formen der Kieselalgen vermehrt in Technik, Architektur

und Design eingesetzt werden. Aktuell bauen wir Softwaremodule und KI-Agenten für die Produktentwicklung. Auf diese Weise werden Architektur- und Entwicklungsabteilungen überall auf der Welt einen schnellen, einfachen Zugang zu Kieselalgen bekommen und unser Alltag etwas nachhaltiger und schöner gestaltet werden. Deshalb sage ich voraus: In 100 Jahren werden Formen der Diatomeen überall im Alltag präsent sein – in der Kunst, im Design, in der Architektur und – wer weiß? – vielleicht auch in Gedichten. Um jedoch ihren ursprünglichen, unverfälschten Zauber zu erfahren, wird man auch in Zukunft ein Mikroskop brauchen.

Christian Hamm ist Leiter der Abteilung für bioinspiriertes Leichtbaudesign und funktionelle Morphologie am Alfred-Wegener-Institut Helmholtz Zentrum für Polar- und Meeresforschung Bremerhaven



Thomas Fromm Staurastrum aculeatum, Faserstifte auf Papier, DIN A4, 2025

FOTO: © THOMAS FROMM

Wichtiger Bildungsaspekt

Mikroskopie in der universitären Lehre

RENATE RADEK

Mikroskopie ist ein schönes Hobby, das Mikroskop selbst aber auch ein unverzichtbares Arbeitsgerät in vielen Berufen und Forschungsbereichen. Insbesondere in naturwissenschaftlichen Disziplinen wie Biologie, Human- und Veterinärmedizin, Pharmazie, Agrar- und Lebensmittelwissenschaften sind mikroskopische Untersuchungen essenziell. Ebenso wichtig ist der Einsatz von Mikroskopen in technischen Bereichen wie Materialwissenschaften, Werkstofftechnik, Elektronik und Ingenieurwissenschaften, unter anderem zur Qualitätskontrolle und zur Anfertigung sehr kleiner Elemente. Daher gehört der Erwerb mikroskopischer Fertigkeiten sowohl in Ausbildungsberufen, z. B. zu Biologisch-, Medizinisch-, oder Pharmazeutisch-Technischen Assistenten, als auch in vielen Studiengängen fest zur Ausbildung. Frühzeitige Grundlagenvermittlung und Chancengleichheit beim Zugang zu optischen Geräten

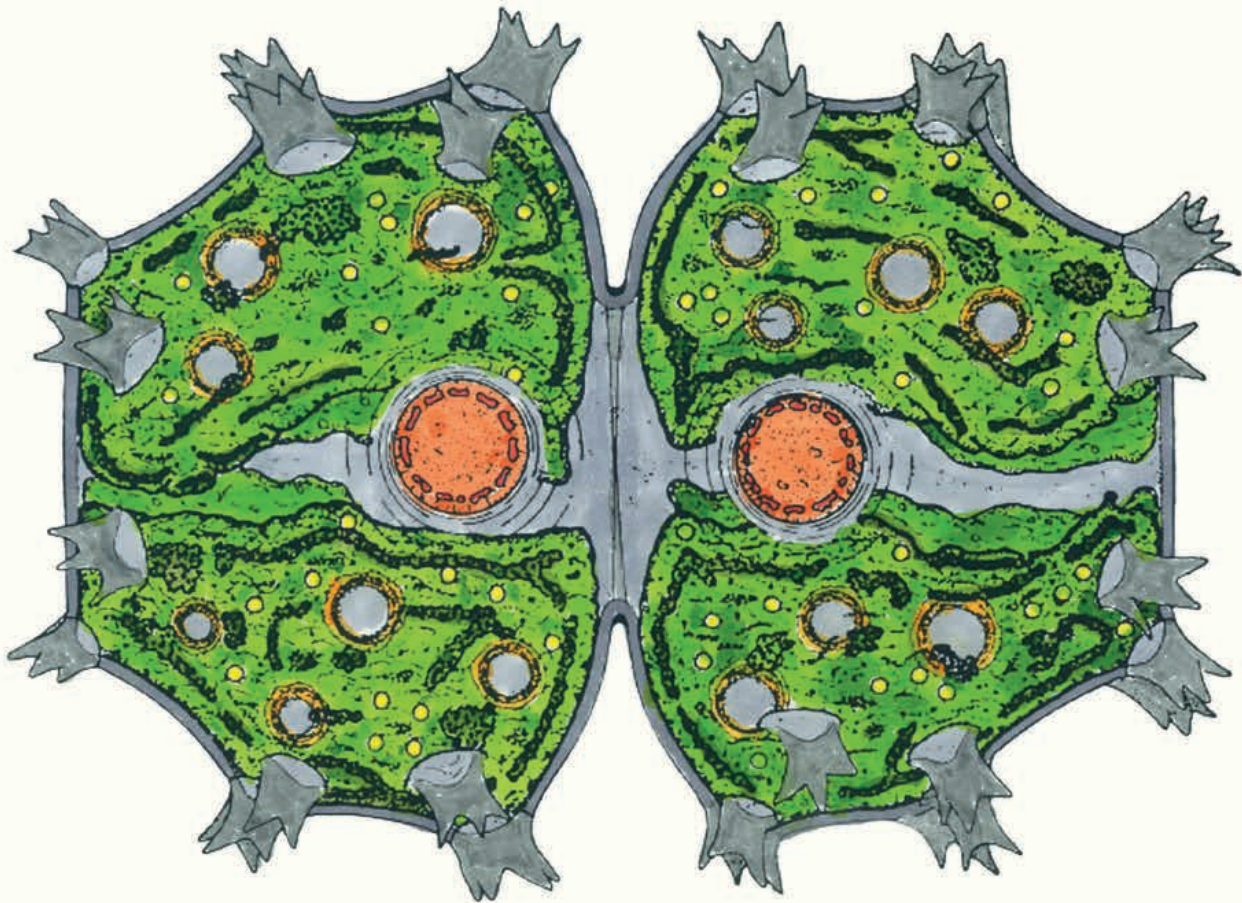
sollen sicherstellen, dass alle Studierenden unabhängig von ihrer Vorbildung kompetent arbeiten können. So werden beispielsweise Studierende des Studiengangs Biologie bereits im ersten Semester eingeführt. Ausreichende Ressourcen wie Stereomikroskope (»Binos«) für den Einstieg und Lichtmikroskope für höhere Vergrößerungen bis 1000 x müssen hierfür von den Hochschulen zur Verfügung gestellt werden. In Schulen reichen die Mittel leider oft nicht für eine adäquate Ausstattung. Als Beispiel zur Einführung in die optische Bearbeitung biologischer Fragestellungen dient hier das Basismodul Zoologie der Freien Universität Berlin. Nach einer Einführung in die Technik und die korrekte Benutzung der Geräte kann es mit der eigentlichen Arbeit losgehen. Die Studierenden im ersten Semester üben dabei unter anderem das Bestimmen von Insekten. Dafür erfassen sie mit Hilfe eines Stereomikroskops Details der Morphologie, wie z. B. die Anzahl der Fuß- und Antennenglieder. Auch am sogenannten »Regenwurmtag« leisten optische Geräte wichtige Dienste. Nach einer Lebendbeobachtung der Regenwürmer

werden zunächst die äußeren Merkmale mit dem Stereomikroskop betrachtet und – nach einer Eröffnung der Leibeshöhle durch einen Hautlängsschnitt – die inneren Organe. Die Anfertigung von Bleistiftzeichnungen soll ein genaues Betrachten fördern und dazu dienen, die wesentlichen Merkmale zu erkennen und zu benennen. Im nächsten Schritt kommt ein Lichtmikroskop zum Einsatz. An gefärbten histologischen Schnitten des Regenwurms werden die schon bekannten Organe und Gewebestrukturen vertiefend analysiert. So werden Details der unterschiedlichen Zelltypen sowie deren Anordnung sichtbar. Für mikroskopische Anfängerinnen und Anfänger ist es generell günstig, die Funktion von Mikroskopen und das Arbeiten mit ihnen zunächst an Dauerpräparaten zu üben. Um lebende, bewegliche Objekte wie Einzeller und kleine Wassertiere beobachten zu können, braucht es mehr Übung und Geschick. Begeisterte Studierende schaffen es oft, die mikroskopischen Objekte mit ihren Smartphones durch das Okular des Mikroskops zu fotografieren. Einfacher geht dies mit speziellen Halterungen, mit denen man das Smartphone

vor dem Okular fixieren kann, um wackelfreie, besser ausgeleuchtete Aufnahmen zu erzielen. Inzwischen gibt es auch zu akzeptablen Preisen gute Okulkameras, die man dann anstelle eines Okulars in den Tubus steckt. So können spannende Entdeckungen in den mikroskopischen Präparaten live auf einen Computer oder einen Beamer übertragen und gemeinsam mit den Studierenden besprochen werden. Digitale Kameras ermöglichen außerdem die Erstellung geeigneter Mikroskopie-Bilddaten, die Lehre und Forschung unterstützen und gegebenenfalls auch für den Fernunterricht genutzt werden können. In höheren Semestern (Masterstudium) haben Studierende die Möglichkeit, in kleinen Spezialkursen an komplexen Forschungsmikroskopen zu arbeiten und die Präparate dafür selbst herzustellen. Sie markieren z. B. bestimmte Zellstrukturen mit Fluoreszenzfarbstoffen und analysieren die Proben an Fluoreszenzmikroskopen. Auch Elektronenmikroskopie ist in manchen Fällen möglich. Am eindrucksvollsten ist hier die Rasterelektronenmikroskopie, da hier kleine Objekte im Ganzen dreidimensional abgebildet werden. Dies

ähnelt dem Seheindruck durch ein Stereomikroskop, erlaubt aber eine viel stärkere Vergrößerung mit sehr hoher Auflösung. Bei der Transmissionselektronenmikroskopie werden sehr dünne Schnitte der Objekte angefertigt und durchstrahlt, so dass man hier die Innenstrukturen von Geweben und Zellen sehen kann. Für die Interpretation der schwarzweißen Feinstrukturen braucht es etwas Erfahrung. Mikroskopische High-End-Geräte erzeugen in der Regel eine große Menge an Bilddaten, die durch entsprechende Bildbearbeitung, Zusammenstellung und Datenmanagement weiterbearbeitet werden müssen. In der universitären Ausbildung stellt die Mikroskopie mit ihren vielfältigen Facetten eine essenzielle Ergänzung zu modernen Labormethoden dar, ermöglicht ein tiefgehendes Verständnis und fasziniert mit der Schönheit des Kleinen. Sie ist ein wichtiger Aspekt unserer Bildung.

Renate Radek war Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Biologie der Freien Universität Berlin. Sie ist Geschäftsführerin der Berliner Mikroskopischen Gesellschaft



Thomas Fromm *Xanthidium armatum*, Faserstifte auf Papier, DIN A4, 2025

FOTO: © THOMAS FROMM

Der Daniel Düsentrieb in der Mikroskopie

Lebendiger Biologie-Unterricht

Olaf Zimmermann im Gespräch mit dem ehemaligen Biologielehrer Erich Lüthje.

Olaf Zimmermann: Vor Kurzem haben wir in der Mikroskopischen Gesellschaft Berlin auf Deine Initiative hin ein altes Wespennest auseinandergenommen und untersucht. Besonders spannend fand ich dabei, Deine diebische Freude am Entdecken zu erleben. Jetzt bist Du nicht mehr der Jüngste. Warum hast Du immer noch diese unglaubliche Lust, etwas zu entdecken, etwas Neues herauszufinden?

Erich Lüthje: Diese Lust wird erst einmal geweckt dadurch, dass einem so ein Nest angeboten wird. Dann nimmt man es auseinander und staunt auf einmal selbst über alles, was man dort sieht. Es gibt eine ganze Zahl von Dingen, die man überhaupt nicht erwartet hat, und das nimmt einen dann buchstäblich gefangen.

Du betreibst schon seit sehr vielen Jahren Mikroskopie. Früher warst Du Lehrer für Biologie und Latein, eine spannende Kombination. Wie bist Du zur Mikroskopie gekommen?

Ich bin über die Schule zur Mikroskopie gekommen. Dort gab es ein fototaugliches, einfaches Gerät, an dem ich meine private Kamera installiert habe. Ich habe festgestellt, dass man in der Schule am Mikroskop sehr viel erreichen kann, z. B. eine Untersuchung der Fugenpflanzen vor der Schule. Warum können Hunderte von Schülern auf sie treten, ohne sie abzutöten? Wie ertragen die das? Oder man schaut Querschnitte durch beliebige Pflanzen an, die gerade zum Unterricht anstehen, aber natürlich auch Plankton. Im Aquarium der Schule kann man herumfischen. Alles dies bot sich an für einen lebendigen Unterricht und hat auch das Interesse der Schüler und Schülerinnen gefunden.

Du hast dich dann für die Mikroskopie in der Schule über Jahrzehnte sehr aktiv engagiert. Ich habe die etwas betrübliche Feststellung gemacht, dass ich als mikroskopierfreudiger Biologielehrer relativ

alleinstand. Es ist auch nicht ganz einfach, jede Klasse für diese Unternehmung zu interessieren und die Geräte dabei unversehrt zu erhalten. Aber wenn man andererseits selbst Freude daran hat, merkt man, dass man mit einem kräftigen Pfund in der Hand wuchern kann.

Es gab ja eine große Begeisterung bei den Schülerinnen und Schülern. Wenn Du diese Jahrzehnte Revue passieren lässt: Ist das mehr oder weniger geworden? Wie hat sich der Biologie-Unterricht verändert? Es ist quantitativ sicherlich weniger geworden. Der zeitliche Rahmen in der Oberstufe wurde zusammengestrichen, und die Mikroskopie ist immer ein Faktor, der den Fortgang des Unterrichts bremst. Es ist bestimmt nicht besser geworden. Nun bin ich andererseits gerade in dem Moment altersbedingt aus der Schule ausgeschieden, als Videoprojektionen möglich wurden und man ein mikroskopisches Bild für die gesamte Klasse an der Leinwand zeigen konnte. Das habe ich alles nicht mehr miterlebt.

Die meisten Mikroskopikerinnen und Mikroskopiker, mit denen ich spreche, haben ein großes Interesse daran, dass alles High End sein muss; die Geräte, die sie benutzen, haben gerne mal den finanziellen Umfang eines Kleinwagens, wenn man sie neu kaufen würde. Bei Dir fand ich besonders spannend, dass Du bei Deinen Aufnahmen und Experimenten immer mit verhältnismäßig einfachen Materialien gebastelt hast, die viele zuhause vorrätig haben. Jeder hat also die Chance, in diese Wunderwelt einzutauchen. Dem stimme ich gerne zu. Aus zwei Gründen. Erstens: Ich kann es technisch nicht besser. Ich kann nicht diese High-End-Mikroskopie bieten. Das habe ich nie gekonnt und auch nie gewollt. Denn an der Schule gilt ja: so einfach wie möglich, so aufwandfrei wie möglich, um überhaupt etwas zu realisieren. Das war immer meine Ausrede vor mir selbst. Das Basteln kommt – zweitens – aus einer irrationalen Neigung für alte Dinge. Man hat mir im Laufe meiner vielen Jahre auch im Rahmen der Mikroskopischen Gesellschaft viele Sachen geschenkt, die nicht mehr gebraucht wurden. So stellt

man fest, dass man mit mikroskopischen Objektiven, die älter sind als man selbst, oder mit Fotoobjektiven, die längst nicht mehr auf dem Stand der Technik sind, wunderbare Sachen machen kann. Dieses etwas Daniel-Düsentrieb-artige Befassen mit der Sache ist das momentum movens, das mich antreibt.

Bei der Frage, wie man eine größere Anzahl von Menschen wieder für das Mikroskopieren begeistern kann, ist es ja gerade wichtig, dass jemand auch mit normalem Aufwand ganz Hervorragendes leisten kann. Gerade beim Eindringen in diese unbekannte Welt ist es auch gar nicht notwendig, die letzten High-End-Möglichkeiten zu nutzen. Ich habe einige Male gewissermaßen als Wanderprediger mit dem Mikroskop und einem damals noch recht klobigen Videoaufsatz Vorträge gehalten, indem ich frische Planktonproben aus der Nordsee, aus der Ostsee, aus dem großen Plöner See unter das Mikroskop gebracht und gesagt habe, wir wollen mal sehen, was wir da zu sehen bekommen. Das war fundamental einfache Mikroskopie, praktiziert vor den Augen der Zuschauer. Es war für mich immer maßgeblich, dass es etwas fundamental Einfaches war, das jeder nachvollziehen kann.

Die erste große Mikroskopierwelle ist ja vor mehr als 100 Jahren über Europa, über Deutschland hinweggefegt. Und es gab Bücher von Autoren, die versucht haben, dieses Hobby so einfach wie möglich zu erläutern und eine Breitenwirkung, so groß wie möglich, zu erzielen. Es ist geradezu rührend, wenn man heute liest, wie ab 1907 – seitdem gab es die Zeitschrift »Mikrokosmos« – Lehrerkollegen mit heilig glühend Herz an ihre Arbeit gegangen sind und Artikel schrieben mit der heute unglaublich naiven Überschrift »Wie ich meiner Klasse den Wasserfloh erkläre« oder ähnliches. Dort beschreiben sie mit leidenschaftlicher Freude, dass sie endlich ein Mikroskop für eine Klasse mit 40 Schülern haben. Diese Kollegen von vor 120 Jahren würden den Kopf schütteln darüber, was wir heute für technische Möglichkeiten haben und wie wenig wir sie nutzen im Vergleich zu dem,

In der Schule gilt: so einfach und so aufwandfrei wie möglich

was ihnen einmal als Traum vor Augen gestanden hat.

Das ist auch deshalb spannend, weil im Bereich der Mikroskopie heute schon jedes Handy die Möglichkeit bietet, Nahaufnahmen zu machen. Sicherlich nicht so perfekt, wie man es mit einer Makrolinse an einer professionellen Kamera machen kann. Aber immerhin gut genug, dass man Sachen sieht, die man mit dem bloßen Auge nicht sehen kann. Siehst Du das als eine Chance des Einstiegs in die Mikroskopie? Wir leiden ja alle darunter, dass es sehr wenig Nachwuchs im Bereich der Mikroskopiker gibt. Wenn ich eine Bilanz meiner Lehrtätigkeit ziehe, muss ich zugeben, dass ich wohl keinen Schüler zum bleibenden Mikroskopieren habe bringen können, so sehr ich mich auch darum bemüht habe. Heute ist die Mikroskopie mit dem EDV-Bereich verbunden und bietet so viele Möglichkeiten. Ich erlebe es zu meinem Erstaunen an meinen Enkeln. Sie sehen, wie ich an meiner Ausrüstung herumkaspere, setzen sich mit der größten Selbstverständlichkeit sofort an den Laptop und machen – ich kann es gar nicht glauben – mit meiner Ausrüstung die Aufnahmen, die dort möglich sind. Sie werden nicht durch die biologische, nicht durch die mikroskopische Dimension gefesselt, sondern dadurch, dass sie das in der EDV erfassen und bearbeiten können. Da spielt das Handy eine große Rolle. Insofern begreife ich mittlerweile, dass der Zugang über die digitale Technik für die Jugend heute wohl die goldene Brücke sein kann. Klassische Mikroskope sind für sie sekundär und wenig interessant, aber wenn man sagen kann, hier kannst Du etwas am Computer machen, dann sind sie ansprechbar.

Ich bedanke mich beim Daniel Düsentrieb der Mikroskopie. Erich Lüthje unterrichtete bis zu seiner Pensionierung an einem Kieler Gymnasium Latein und Biologie. Zeitweilig führte er an der Erziehungswissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel botanische Kurse durch. Daneben war er in der Lehrerfortbildung tätig. Olaf Zimmermann ist Herausgeber und Chefredakteur von Politik & Kultur



Eine Win-Win-Situation

Citizen Science in der Mikroskopie

Olaf Zimmermann im Gespräch mit Martin Kreutz über die mikroskopische Kultur im Amateurbereich und die Verbindung von Hobby und Wissenschaft.

Olaf Zimmermann: Vor ungefähr 20 Jahren habe ich Ihr Buch »The Sphagnum Ponds of Simmelried in Germany: A Biodiversity Hot-Spot for Microscopic Organisms« in die Hand bekommen und war begeistert von Ihren Mikro-Aufnahmen in dem Buch. Auch von Ihrer Konsequenz, die Mikrofauna eines begrenzten Biotops quasi direkt hinter Ihrer Haustüre fast vollständig abzubilden. Für mich war das damals der Auslöser, mein altes Mikroskop wieder hervorzukramen und mich wieder mit Mikroskopie zu beschäftigen. Sie selbst haben schon früh mit dem Mikroskopieren angefangen. Jetzt haben Sie es zur Blüte geführt. Wie kamen Sie dazu?
Martin Kreutz: Angefangen hat es, als ich etwa zehn Jahre alt war. Da haben mir meine Eltern zu Weihnachten ein kleines Kaufhausmikroskop geschenkt, das zwar letztlich untauglich war, aber mein Interesse geweckt hat. Ich habe alles Mögliche unter dieses Mikroskop gelegt. Obwohl ich durch dieses Mikroskop kaum etwas erkennen konnte, war ich fasziniert von der Tatsache, dass es dort noch eine verborgene, mir bisher unbekannte Welt gab.

Mit 16 habe ich eine Ausbildung zum biologisch-technischen Assistenten begonnen. Im Rahmen dieser Ausbildung gab es auch ein mikrobiologisches Praktikum. Die Mikroskope, die dort standen, haben mich beeindruckt. Ich bin dann nach dem Praktikum noch in den Laboren herumgeschlichen und habe dort heimlich Präparate angeschaut, die ich von zu Hause mitgebracht hatte.

Da ging für mich im Vergleich zu meinem ersten Mikroskop schon mal die Sonne auf. Mein erstes Bestimmungsbuch, mit dem auch viele andere Mikroskopiker beginnen, war »Das Leben im Wassertropfen« von Heinz Streble und Dieter Krauter, ein Basisbuch, das in seiner Bedeutung nicht überschätzt werden kann. Mit diesem Buch und einem später erworbenen Mikroskop der Firma Will (heute Hund) habe ich ziemlich schnell die Grundpfeiler der Identifizierung von Protozoen (Einzeller) und auch Metazoen (mehrzellige Tiere) gelernt. Dann kam erst einmal eine Pause

während meines Chemie-Studiums. Anschließend habe ich – zusammen mit einem Kommilitonen – mit der Mikrofotografie angefangen.

Mikrofotografie bedeutete damals natürlich keine Digitalfotografie, sondern es wurde damals auf Filmen fotografiert.
Ja, ich habe hauptsächlich Diafilm benutzt. Außerdem gab es damals, also zwischen 1980 und 1990, von den Herstellern nichts zu kaufen, um die Mikrofotografie mit einem Mikroblitz zu ermöglichen. Es gab nur hochprofessionelle Geräte mit einer Filmkamera zu kaufen, mit der man durch das Mikroskop filmen konnte. Man musste also selbst etwas basteln. Das haben wir dann auch gemacht. Es wurden kleine Blitzkästen aus Sperrholz gebaut, mit Spiegelchen drin, Kosmetikspiegeln. Das hat funktioniert. Fotografiert haben wir dann mit einer Olympus Kamera. Wir haben also mit diesem Provisorium angefangen, die ersten geblitzten Mikrofotos zu machen. Das war mit der Qualität dessen, was ich heute mache, nicht vergleichbar, aber man konnte schon das Potenzial erkennen. Der nächste Schritt kam nach dem Studium in meinen ersten Berufsjahren. Ich hatte damals den »Mikrokosmos« abonniert, eine wichtige Zeitschrift für Mikroskopiker. Dort wurden auch Mikroskopiekurse angeboten. Das war eine Offenbarung für mich. Dort habe ich einen sehr wichtigen Mann kennengelernt, Jürgen Stahlschmidt, der die Mikroskopische Gesellschaft in Hagen bis zum heutigen Tage leitet. Er hat sehr viel für die Mikroskopie hier in Deutschland getan. Das Wichtigste für mich war: Er konnte einen sogenannten Doppelkollektor bauen. Das ist ein Gerät, mit dem man Blitze in den mikroskopischen Strahlengang spiegeln kann. So wurde es erstmals möglich, geblitzte Aufnahmen unter Live-Beobachtung zu machen. Man konnte also sehen, was man fotografierte. Das war vorher, mit unserem Provisorium, nicht möglich.

Man braucht deshalb den Blitz, weil man viel Licht für eine kurze Belichtungszeit braucht, weil sich diese Tiere alle unterm Mikroskop bewegen.
Genau! Bewegte Objekte muss man mit kurzen Belichtungszeiten festhalten, und wenn nicht genügend Licht da ist, muss man halt einen Blitz und die Belichtung benutzen. Durch diese Konstruktionen von Leuten wie Jürgen Stahlschmidt, die Zusatzequipment geschaffen haben für die gängigen

Consumer-Mikroskope, war es den Amateurmikroskopikern überhaupt erst möglich, Mikrofotografie durchzuführen. Heute benutze ich z. B. einen Spiegelkasten, auch von Jürgen Stahlschmidt entworfen und gebaut. Diese Verbindung zu Leuten, die dieses Equipment bereitgestellt haben, die diese mikroskopischen Kurse organisiert haben, und auch die Zahl der Mikroskopischen Gesellschaften, die wir hier in Deutschland haben, das alles zusammen bildet die Grundlage, um daraus hervorzuwachsen zu können, so wie es bei mir der Fall war. Das ist ein wesentlicher Faktor, auch gerade hier in Deutschland oder im mitteleuropäischen Raum, der dazu beigetragen hat, dass wir hier eine mikroskopische Kultur nicht nur an Universitäten, sondern auch im Amateurbereich haben.

Sie haben später noch mal eine höhere Ebene erreicht, denn das, was Sie machen, ist professionelles Mikroskopieren – als Hobbyist, aber mit professionellem Anspruch. Wie verlief dieser letzte Schritt in die Professionalität?
Nachdem ich mein Studium beendet und einen Job hatte, war ich in der Lage, mir 1994 ein Forschungsmikroskop, ein Olympus BX 50, zu kaufen. Der Qualitätsunterschied zu meinen bisherigen Mikroskopen war enorm. Ich hatte dann alles zusammen: den Stahlschmidtschen Doppelkollektor, meine Kamera und das Mikroskop mit einer ausgezeichneten Optik. Dann habe ich losgelegt und habe alles, was ich gefunden habe, dokumentiert.

Das Besondere bei Ihnen ist die überragende Qualität Ihrer Fotoarbeiten und gleichzeitig die Beschränkung auf ein bestimmtes Themenfeld. Das fand ich so beeindruckend in dem von mir bereits erwähnten Buch von Ihnen. Simmelried ist ein kleines Moor, Sie haben erforscht, was alles dort zu finden ist. Wie ist es dazu gekommen?
Meine erste Stelle habe ich hier in Konstanz gefunden und habe schnell damit begonnen, alle Feuchtgebiete, Tümpel, Gewässer in meiner Umgebung aufzusuchen und zu schauen, wo die besten Fundorte für Protozoen und Metazoen sind. Da bin ich auch am Simmelried vorbeigekommen, das damals noch ziemlich zugewachsen war. Aber ich hörte Frösche quaken, und da wusste ich, da ist ein Gewässer. Dann habe ich die ersten Proben geholt. Ich habe direkt einige Arten gefunden, die ich schnell bestimmen konnte und von denen ich wusste,

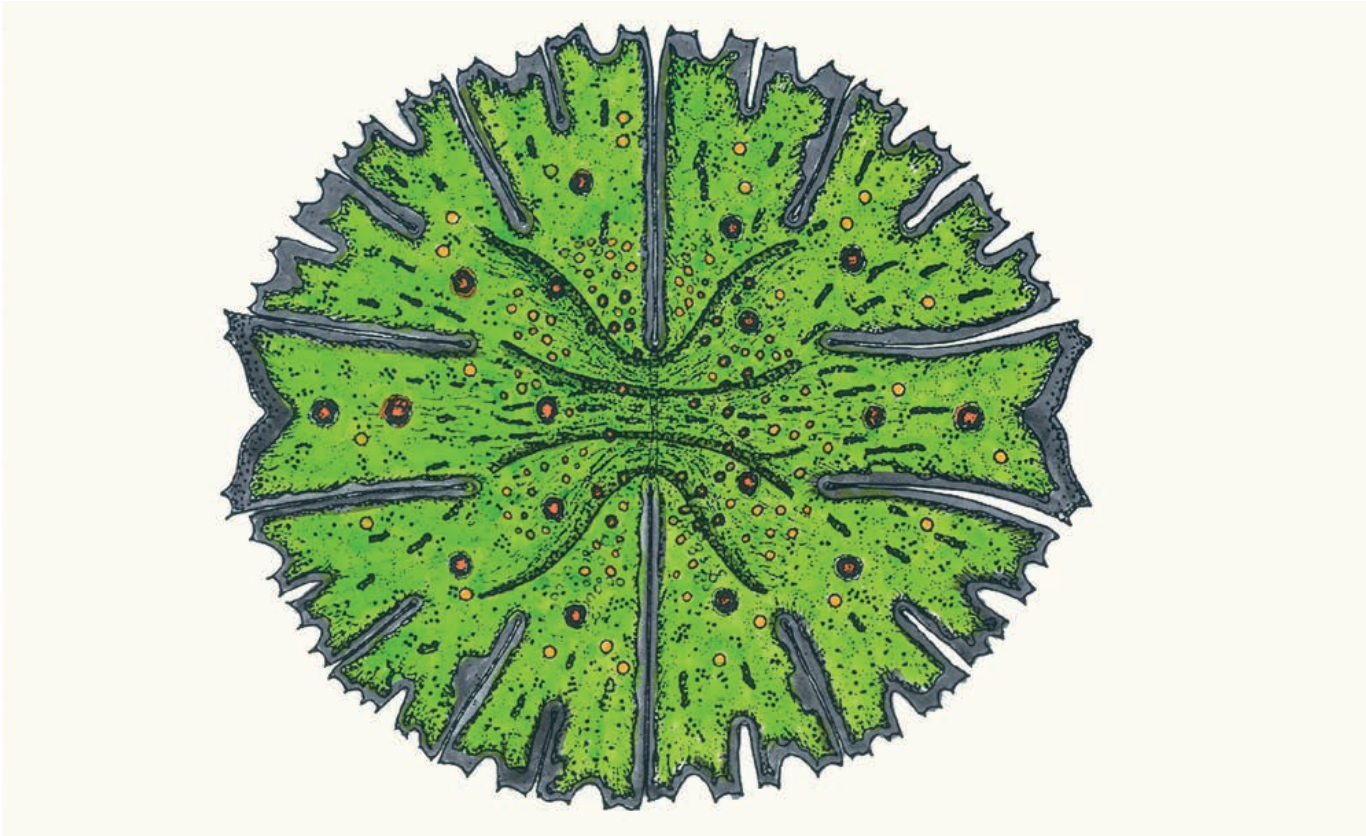
In Deutschland haben wir eine mikroskopische Kultur nicht nur an Universitäten, sondern auch im Amateurbereich

dass sie nicht so häufig sind. Mir war sofort klar, dass ich etwas Besonderes gefunden hatte und habe mich auf dieses Gebiet konzentriert. Jede Probe enthielt Hunderte von Arten, die mich am Anfang ein bisschen überwältigt haben. Ich habe versucht, möglichst viele Arten zu bestimmen und zu sortieren. Ich hatte aber nach wie vor Bestimmungsschwierigkeiten, denn ich hatte noch nicht die nötige Literatur, die ich erst später, nach und nach, zusammengetragen habe. Ein weiterer Schritt für mich war dann das Treffen mit Wilhelm Foissner, einem Experten für Ciliaten (Wimpertierchen) an der Universität Salzburg. Der hat sich von seinem »universitären Elfenbeinturm« herunterbewegt zur Basis und ist auf diesen Mikroskopiker-Kursen aufgetaucht, wo die Amateure sich getroffen haben, und hat dort Vorträge gehalten. Er hatte sich bei dieser Gelegenheit meine Fotos angeschaut und gesagt, die Arten, welche ich gefunden habe, habe er auch noch nie gesehen und er bräuchte davon noch viel mehr Fotos. Er hat mir also einen Job gegeben und die Bestätigung, dass ich mit meinen Bestimmungen nicht völlig falsch lag. Ich wusste dann, dass die Sachen, die ich da mache, auch gebraucht werden. Ich habe ihm in den Jahren danach sehr viele Proben geschickt, auch viele Fotos, oft auch mit der Frage, ob er mir bei der Bestimmung helfen kann.

Heute ist ja Citizen Science so etwas wie ein Ideal für Wissenschaftskommunikation. Das, was Sie gemacht haben, war eine ganz frühe Form von Citizen Science und hat bei Ihnen viele Kräfte freigesetzt.
Genau, wenn man wirklich Interesse an diesen Themen hat, dann braucht man immer wieder eine Inspiration. Man darf sich nie zufrieden geben mit dem, was man gerade macht oder erreicht hat. Man braucht immer ein Ziel, eine Latte, die höher liegt und einen anspricht, diese zu erreichen. Bei mir betraf das meine Fotoqualität und meine Fähigkeit, die Arten zu identifizieren. Das war eine Win-Win-Situation. Die Professoren an der Uni haben auch etwas davon, denn sie haben gar nicht die Zeit, an irgendwelchen Tümpeln zu sitzen, Wasser durchzusieben und zu gucken, welche Arten dort leben.

Citizen Science ist stark in der Ornithologie oder in der Entomologie. Dort werden Projekte aufgelegt, und Wissenschaftler und Hobbyisten arbeiten eng zusammen und tauschen sich aus. In der Mikroskopie ist das eher die Ausnahme.
Das ist apparativ bedingt. Die makroskopische Welt kann man gut mit dem Fernglas, Fotoapparat oder mit eigenen Augen erforschen. In der Ornithologie z. B. gibt es sehr viele Leute, die die Vogelwelt äußerst aufmerksam verfolgen und auch sofort melden, wenn zum Beispiel bestimmte Vögel auftauchen, Populationen ab- oder zunehmen oder invasive Arten auftauchen. Das ist in den Naturwissenschaften ein nicht zu unterschätzender Vorteil, wenn man die Amateure einbezieht. In anderen Bereichen, also gerade der Botanik, Ornithologie oder auch bei den Pilzen und Insekten wird das auch gemacht. Da sind die nötigen Werkzeuge in jedem Fotoladen zu bekommen. Aber die Zahl der Leute, die ein Mikroskop im Wohnzimmer stehen haben, ist sehr gering. Das sind einige Tausend in Deutschland, und von denen wiederum haben leider nur wenige die Kenntnisse, um die mikroskopischen Lebewesen in unseren Gewässern zu identifizieren und zu fotografieren.

Herzlichen Dank für dieses Gespräch.
Martin Kreutz widmet sich als Privatier der Mikroskopie und hat in seiner beruflichen Laufbahn als Chemiker in der Pharmaindustrie gearbeitet. Olaf Zimmermann ist Herausgeber und Chefredakteur von Politik & Kultur



Thomas Fromm *Micrasterias rotata*, Faserstifte auf Papier, DIN A4, 2025

FOTO: © THOMAS FROMM

Zum Weiterstaunen und Lernen

Hilfestellung beim Zugang zum Mikroskopieren

OLAF ZIMMERMANN

Im Jahr 1975, ich war 14 Jahre alt, erhielt ich von meiner Mutter mein erstes Mikroskop geschenkt. Beigefügt war ein kleines Anleitungsbuch mit dem schlichten Titel »Mikroskopieren« von Max Loosli, erschienen im Schweizer Hallwag Verlag. Dieses schmale Büchlein war mein Einstieg in eine Welt, die sich dem bloßen Auge entzieht und gerade deshalb eine besondere Faszination ausübt. Es vermittelte nicht nur grundlegende technische Kenntnisse, sondern vor allem eine Haltung: geduldig zu beobachten und genau hinzusehen. Diese frühe Erfahrung hat mein Interesse an der Mikroskopie dauerhaft geprägt.

Ein zentraler Schwerpunkt der Arbeit von Wolfgang Bettighofer – siehe auch Interview auf Seite 22 – ist die fotografische Dokumentation mit erhöhter Tiefenschärfe durch manuelles Zusammenführen mehrerer Fokusebenen (manuelles Stacking). Ziel ist es, die dreidimensionale Struktur von Mikroorganismen möglichst vollständig sichtbar zu machen. Seine Arbeiten sind unter procten.de zu finden und zeigen eindrucksvoll die ästhetische Dimension mikroskopischer Beobachtungen.

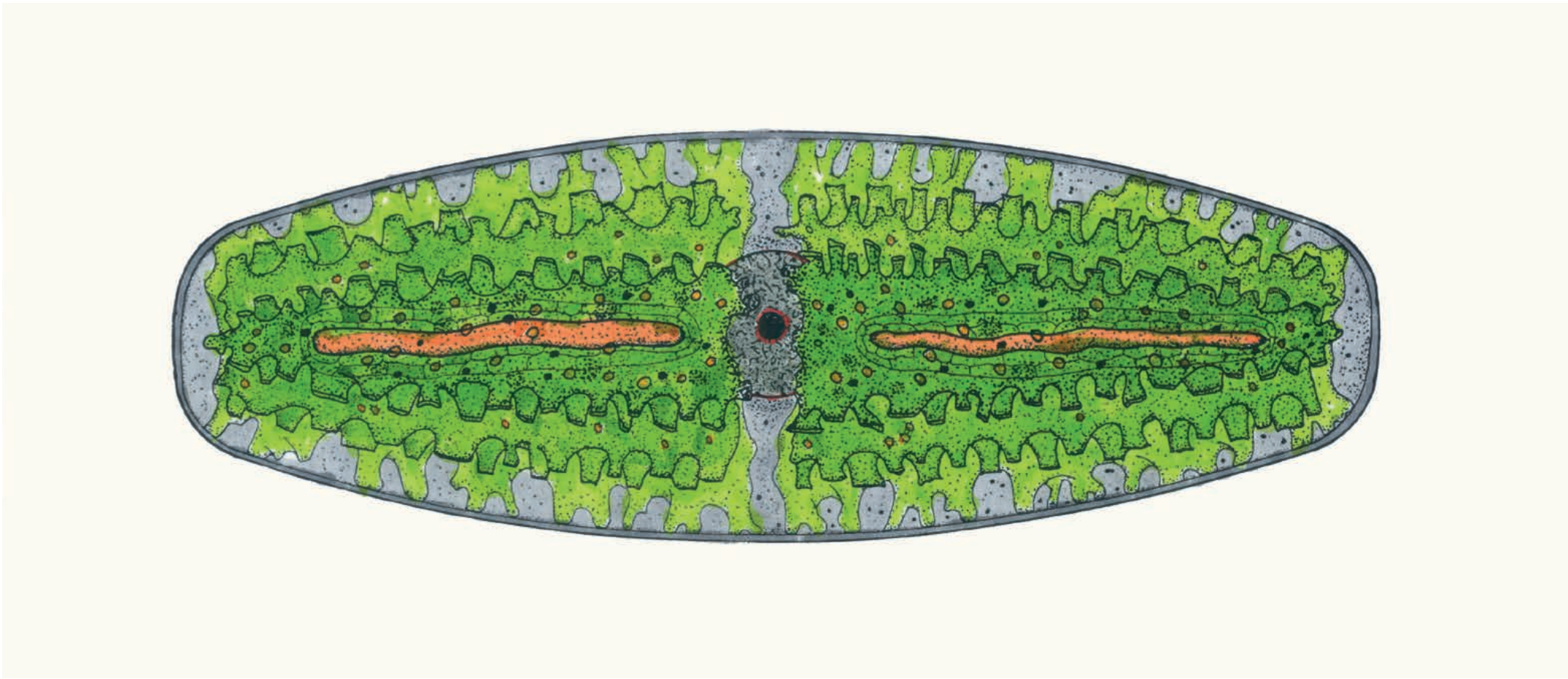
Sehr anschaulich und systematisch fällt der Mikroskopie-Einführungskurs von Martina und Günther Zahrt aus, der von der Berliner Mikroskopischen Gesellschaft bereitgestellt wird. Das frei zugängliche PDF richtet sich sowohl an

Das größte deutschsprachige Forum ist das Mikroskopie-Forum unter <https://www.mikroskopie-forum.de/>. Es beschäftigt sich mit allgemeiner Mikroskopie, Fotografie, Bestimmungshilfe, Geräten, Technik und Terminen. Mehr als 129.000 Beiträge in rund 11.000 Themenbereichen machen es zu einem umfassenden Nachschlage- und Diskussionsort. Ergänzend dazu existiert das österreichische Mikroskopie-Forum unter mikroskopie-forum.at. Es ist kleiner, aber inhaltlich ebenso hochwertig. Behandelt werden unter anderem Mikroskopie, Fotografie, Technik, Software, Präparation und historische Dokumente. Rund 900 registrierte Nutzerinnen und Nutzer haben hier knapp 30.000 Beiträge eingestellt.

Bücher

So hilfreich digitale Angebote auch sind, gedruckte Bücher behalten ihren besonderen Wert. Sie bieten strukturierte Zugänge, verlässliche Grundlagen und eine Tiefe, die im Internet oft nur verstreut zu finden ist. Als klassisches Standardwerk, das aktuell über den Buchhandel lieferbar ist, gilt Heinz Streble und Dieter Krauter, »Das Leben im Wassertropfen. Mikroflora und Mikrofauna des Süßwassers«, Franckh-Kosmos Verlag, 13. Auflage, erschienen 2017, ISBN 978-3-440-15694-0. Es ist das Standardwerk zum Leben im Wassertropfen, das Generationen von Mikroskopikerinnen und Mikroskopikern Hilfe beim Bestimmen ihrer Proben gegeben hat.

Bevölkerungsschichten den Zugang zur Mikroskopie und damit zur Schönheit der Kleinstlebewesen zu ermöglichen. Sie war getragen von einem volksbildnerischen Impetus. Sie richtete sich bewusst an interessierte Laien und war 107 Jahre lang eine Zeitschrift, in der sowohl interessierte Laien, die sich der Mikroskopie als Hobby verschrieben hatten, als auch Fachwissenschaftler ein Forum fanden. In dieser Breite war die Zeitschrift einmalig. Einmalig auch deshalb, weil sie als eine der wenigen naturwissenschaftlichen Zeitschriften, die in einem renommierten Fachverlag erschienen, durchgängig in Deutsch publiziert wurde. Aus Anlass des 100-jährigen Bestehens der Zeitschrift MIKROKOSMOS hatte sich Politik & Kultur im Mai 2007



Thomas Fromm *Natrium digitus*, Faserstifte auf Papier, DIN A4, 2025

Heute sind die Zugänge zur Mikroskopie ungleich vielfältiger und einfacher als damals. Das Internet bietet eine kaum überschaubare Fülle an Informationen, Bildern, Erfahrungsberichten und wissenschaftlichen Einordnungen. Ob man selbst aktiv mikroskopieren möchte oder sich zunächst Mikrofotos im Internet anschaut, spielt dabei keine Rolle. Für beide Wege existieren niedrigschwellige Einstiege ebenso wie vertiefende Angebote. Die folgende Übersicht ist bewusst persönlich gehalten und soll eine erste Orientierung geben, nicht abschließend, sondern als Einladung zum Weiterstaunen und Lernen.

Webseiten

Eine besonders wertvolle Quelle sind private und halbprofessionelle Internetseiten von engagierten Mikroskopikerinnen und Mikroskopikern. Sie verbinden Fachwissen mit persönlicher Erfahrung und zeigen, wie vielfältig dieses Hobby sein kann.

Martin Kreutz – siehe auch Interview auf Seite 30 – fotografierte und dokumentierte seit den 1980er Jahren intensiv Süßwasser-Mikroorganismen. Er betreibt die Website »Real Micro Life« unter realmicrolife.com. Dort präsentiert er zahlreiche, teils erstmals fotografierte Arten aus dem Simeleied und der Umgebung und ordnet sie wissenschaftlich ein. Martin Kreutz hat auch eine hervorragende Arbeitsanleitung in einem YouTube-Video zur Verfügung gestellt: [youtube.com/watch?v=lPyiUuNhIow](https://www.youtube.com/watch?v=lPyiUuNhIow).

Einsteiger als auch an Fortgeschrittene und erklärt Technik, Handhabung und Grundlagen in verständlicher Form. Es ist abrufbar unter berliner-mikroskopische-gesellschaft.de/Einführungskurs_in_die_Mikroskopie.pdf.

Einen weiteren sehr empfehlenswerten praxisnahen Zugang bietet Jürgen Hartwig Ibs auf seiner Seite mikroskopie-als-hobby.de. Hier wird Mikroskopie als langfristiges Freizeit- und Lernprojekt vorgestellt, mit vielen Hinweisen zu Geräten, Präparation und Beobachtung.

Auch über mikroskopisch kleine mehrzellige Tiere gibt es beeindruckende Webseiten. Zum Beispiel die Seite von Michael Müller über die Gastrottrichen (Bauchhärtinge) gastrotricha.science/de oder das Bärtierchen-Journal von Martin Mach baertierchen.de/main.html, das jetzt schon im 26. Jahr in die Wunderwelt der Tardigraden einführt. Auch meine kleine Seite olafzimmermann.de/natur mit dem mikroskopischen und makroskopischen Blick auf Schleimpilze (Myxomyceten) bietet dem einen oder anderen eine Hilfestellung beim Durchführen seiner mikroskopischen Untersuchungen.

Foren

Neben individuellen Webseiten spielen Foren im Netz eine zentrale Rolle für den Austausch. Sie sind Orte kollektiven Wissens, an denen Anfängerinnen und Anfänger ebenso wie erfahrene Mikroskopiker Fragen stellen, Ergebnisse diskutieren und Probleme lösen.

Vereine

Einen besonders direkten Zugang zur Mikroskopie bieten Vereine und Arbeitsgemeinschaften. Sie organisieren Übungsabende, Vorträge und gemeinsame Beobachtungen und ermöglichen den persönlichen Austausch am Mikroskop. Gerade für Einsteigerinnen und Einsteiger ist es hilfreich, Geräte und Techniken unter Anleitung auszuprobieren. Ein erster Besuch ist in der Regel auch ohne Mitgliedschaft möglich. Beispiele für aktive Vereinigungen im deutschsprachigen Raum sind:

- Berliner Mikroskopische Gesellschaft <https://www.berliner-mikroskopische-gesellschaft.de/>
- Mikrobiologische Vereinigung Hamburg, mikrohamburg.de
- Mikrobiologische Vereinigung München e. V., mikroskopie-muenchen.de
- Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Hagen / Naturwissenschaftliche Vereinigung Hagen, nwv-hagen.de/mikroskopie_wir.html
- Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Hannover, kg-brueggemann.de
- Mikroskopische Gesellschaft Wien (Österreich), mgw.or.at
- Mikroskopische Gesellschaft Zürich (Schweiz), mikroskopie.ch
- Mikroskopisches Kollegium Bonn, mikroskopie-bonn.de
- Tübinger Mikroskopische Gesellschaft e. V., tmg-tuebingen.de

Ebenfalls grundlegend ist die leichtverständliche Einführung von Klaus Hausmann »Einzeller – mikroskopische Multitalente«, Schweizerbart, Erscheinungsjahr 2024, ISBN 978-3-510-65556-4 – siehe auch Porträt auf Seite 15.

Einen breiten Überblick bietet Bruno P. Kremer »Das große Kosmos-Buch der Mikroskopie – Techniken, Dauerpräparate, Verfahren«, Franckh-Kosmos Verlag, 4. Auflage, erschienen 2020, ISBN 978-3-440-16855-4.

Erik Wischniewski – siehe auch Interview auf Seite 20 –, »Ein Astronom und sein Mikroskop« ist gerade deshalb besonders hilfreich, weil ein Astronom sich der Mikroskopie widmet und dabei alle wichtigen grundlegenden Fragestellungen anspricht. Erscheinungsjahr 2024, ISBN 978-3-948774-14-1

Mit »Faszination Mikroskop, Band 1: Grundlagen, Technik, Anwendung« von Werner Nachtigall, Jörg Piper und Frank Fox liegt ein weiteres aktuelles Grundlagenwerk vor, ISBN 978-3-87185-556-6. Beeindruckende REM-Aufnahmen bietet das Buch »Drecksarbeit – Der Mikrokosmos unter unseren Füßen« von Nicole Ottawa, Oliver Meckes, Veronika Strauß und Claus-Peter Lieckfeld, Dölling und Galitz-Verlag, 2025, ISBN 978-3-86218-172-8 – siehe auch Beitrag auf Seite 21.

Zeitschriften

Der MIKROKOSMOS wurde im Jahr 1907 gegründet mit dem Ziel, breiten

in einem Dossier mit Fragen der Nähe der naturwissenschaftlichen und der kulturellen Bildung auseinandergesetzt. Die Veröffentlichung kann unter kultur.rat.de/wp-content/uploads/2016/04/kkb-10.pdf nachgelesen werden.

Der Wissenschaftsverlag Elsevier stellte den MIKROKOSMOS zum 01.01.2015 aus wirtschaftlichen Gründen ein. Die alten Ausgaben sind glücklicherweise weiterhin zugänglich und eine zentrale Quelle für Mikroskopikerinnen und Mikroskopiker: www.zobodat.at/publikation_series.php?id=220

In die entstandene Lücke ist die Zeitschrift »Mikroskopie« mikro-foto.de/zeitschrift_mikroskopie.html (Herausgeber Jörg Piper – siehe auch Beitrag auf Seite 24) gestoßen, die ich nur wärmstens zum Bezug empfehlen kann.

Antiquariat

Es gibt viele Fachbücher zur Mikroskopie, die nicht mehr über den Buchhandel lieferbar sind, aber in Antiquariaten problemlos besorgt werden können. Ein großer Teil der Grundlagenliteratur zur Mikroskopie ist langfristig nutzbar, weil sie sich auf Optik, Beobachtungspraxis, Präparation und die Beschreibung von Organismen konzentriert. Solche Inhalte ändern sich nicht im Jahrestakt. Deshalb lohnt sich neben neuen Titeln immer auch der Blick in antiquarische Bestände.

Olaf Zimmermann ist Geschäftsführer des Deutschen Kulturrates und Herausgeber von Politik & Kultur