

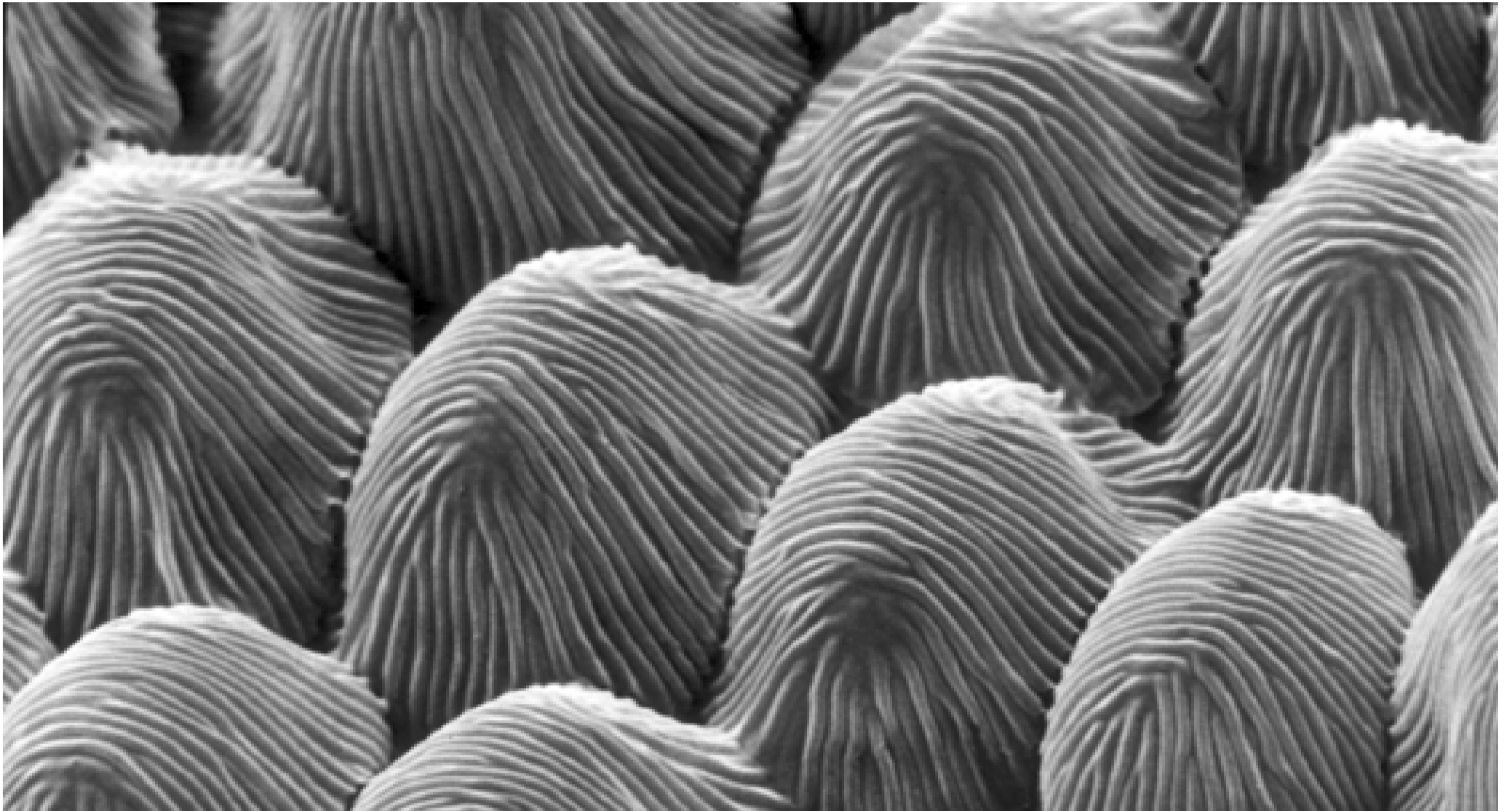
# kultur-kompetenz-bildung

## KONZEPTION KULTURELLE BILDUNG

Mai – Juni 2007

Regelmäßige Beilage zu politik & kultur

Ausgabe 10



Die Hundskamille: Eine matte Blütenoberfläche – gut begehbar für Insekten. Foto: Wilhelm Barthlott, Bonn

## Welten der Entdecker Olaf Zimmermann

Zum 100jährigen Jubiläum der Zeitschrift MIKROKOSMOS

**Wenn man einen Stein anfasst, strahlt die Kühle und Mächtigkeit. Zerkrümelt man schweren Boden zwischen den Fingern, riecht man den eigentümlichen Duft der Erde. Betrachtet man den Samenstern des Löwenzahns, explodiert eine unbegreifliche, faszinierende Welt. Und doch ist alles, was wir sehen, fühlen, riechen, nur eine winzige, schwach schimmernde Spektrallinie im grellen Licht des Lebens. Vieles um uns herum können wir nicht wahrnehmen. Oft fehlen uns die Sensoren, das Instrument in unserem Kopf. Nicht selten aber sehen wir es nicht, obwohl wir es sehen könnten. Unser Gehirn arbeitet zielgerichtet. Suchen wir die kleine blaue Blume in dem großen Pflanzenmeer einer Wiese, werden wir sie finden. Ohne Suchauftrag aber bleibt sie verborgen. Je mehr Suchaufträge eingespeichert werden, umso mehr Entdeckungen machen wir.**

In hellweißen, lichtdurchströmten Räumen stehen die Augen und Ohren der Wissenschaft. Apparate verstärken die Sinne, die Welt des Mikro- und Makrokosmos wird erlebbar. Kleinste Mengen eines Stoffes sind wägbare und unsichtbare Strahlen messbar. Die Naturwissenschaft hat die Spektrallinie des menschlichen Geistes merklich dicker gemacht. Wer die Welt einmal durch ein Mikroskop betrachtet, wird verstehen, was das heißt. Das behäbige Kriechen einer Amöbe, das hektische Strudeln der Wimpertierchen, die Symmetrie der Zieralgen und die fast unheimliche, bis heute noch nicht restlos verstandene Fortbewegung der Kieselalgen.

„Schulung der Sinne“ – unter diesem Begriff lassen sich die kulturelle Bildung und die naturwissenschaftliche Bildung zusammenfassen. Geht es doch jeweils darum, genau hinzusehen, genau hinzuhören, genau zu beobachten, genau nachzumachen, genau nachzuzeichnen. In den bil-

dungspolitische Debatten wird aber oftmals getrennt zwischen den Naturwissenschaften und den Geisteswissenschaften. Bereits in der Schule gibt es die Unterscheidung zwischen den vermeintlich wichtigen Hauptfächern wie Mathematik und den verschiedenen naturwissenschaftlichen Disziplinen und den Nebenfächern wie Kunst, Musik oder Darstellendes Spiel. Dass diese Gegenüberstellung von einem verkürzten Bil-

dungsverständnis geprägt ist, soll diese Ausgabe von *Kultur Kompetenz Bildung* zeigen. In diesem Jahr wird die Zeitschrift MIKROKOSMOS 100 Jahre alt. Sie wurde im Jahr 1907 gegründet mit dem Ziel, breiten 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 in-

teressierte Laien und ist noch heute eine Zeitschrift, in der sowohl interessierte Laien, die sich der Mikroskopie als Hobby verschrieben haben, als auch Fachwissenschaftler ein Forum finden. In dieser Breite ist die Zeitschrift einmalig. Einmalig ist sie u.a. auch deshalb, weil sie als eine der wenigen naturwissenschaftlichen Zeitschriften, die

→ Seite 2

## Naturwissenschaften und Künste gehören zusammen Von Annette Schavan

Vor genau hundert Jahren wurde die Zeitschrift MIKROKOSMOS gegründet. Seither ist sie eine von Wissenschaftlern und Hobby-Forschern gern gelesene Zeitschrift. Wie schon im Jahr 1907 finden beide Interessengruppen hier ein gemeinsames Forum, wenn es darum geht, die Welt der kleinsten Lebewesen und des feinsten Baus von Pflanzen und Tieren dem allgemeinen Verständnis zu erschließen. MIKROKOSMOS will begeistern für die Naturwissenschaften und ist ein vorzügliches Beispiel für die Kunst, Brücken zwischen Wissenschaft und Popularität zu schlagen.

Die alljährlich zu wechselnden Themen vom Bundesministerium für Bildung und Forschung ausgerufenen Wissenschaftsjahre blicken zwar nicht auf eine 100-jährige Tradition zurück, sie zielen aber in die gleiche Richtung: Immer geht es darum, Menschen für die Wissenschaft zu begeistern und die Bereitschaft zu wecken, die Augen für unbekannte Welten zu öffnen und bedeutende Errungenschaften von Wissen-

schaft und Forschung besser zu verstehen. Nachdem in den vergangenen Jahren die Naturwissenschaften im Mittelpunkt standen, widmet sich das Wissenschaftsjahr 2007 den Geisteswissenschaften. Aus gutem Grund. Wir müssen die vielfältigen Leistungen der Geisteswissenschaften für unsere Geschichte, unsere kulturelle Identität und das intellektuelle und emotionale Wohlbefinden jedes Einzelnen in unserer Gesellschaft bewusster wahrnehmen. Genauso wie zeitgenössische Kunst nicht sofort jedem zugänglich ist, erschließt sich die Welt der Kleinstlebewesen beim Blick durch das Mikroskop nicht unmittelbar. Wer sich jedoch auf die Kunst oder das Mikroskopieren einlässt, kann faszinierende Welten entdecken und verblüffende Ähnlichkeiten feststellen. Sowohl im Hinblick auf die Künste als auch auf die Naturwissenschaften werden bereits bei Kindern die Grundlagen für die Begeisterung und das Verständnis des bisher Unbekannten gelegt. Deshalb sind die naturwissenschaftliche und die kulturelle Bildung gleich wichtig. Diese Verbin-

dungen zwischen Naturwissenschaft, Kunst und Kultur müssen wir noch deutlicher machen. Dafür müssen beide noch mehr als bisher aufeinander zugehen und ihren Reichtum in einer gemeinsamen Sprache auch dem interessierten Laien verständlich machen. Ich freue mich daher sehr, dass der Deutsche Kulturrat das hundertjährige Bestehen von MIKROKOSMOS zum Anlass genommen hat, in dieser Ausgabe von ‚politik und kultur‘ aufzuzeigen, wie eng naturwissenschaftliche, geisteswissenschaftliche und kulturelle Bildung miteinander verbunden sind. Als Bundesministerin fühle ich mich beiden gleichermaßen verpflichtet und hoffe, dass die Grenzen zwischen den Disziplinen offener werden und sie in einen noch intensiveren Dialog treten.

DIE VERFASSERIN IST BUNDESMINISTERIN FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG UND MITGLIED DES DEUTSCHEN BUNDESTAGS. ■

## ← Fortsetzung von Seite 1 Welten der Entdecker

in einem renommierten Fachverlag erscheinen, durchgängig in deutsch publiziert wird. Damit bleibt gewahrt, dass auch weiterhin Laien die Zeitung nicht nur lesen, sondern auch darin veröffentlichen und das sollte dabei nicht vergessen werden, dass Deutsch als Wissenschaftssprache noch eine kleine Überlebensnische mehr hat. Das Faszinierendste an MIKROKOSMOS sind aber seine Abbildungen. Kunstwerke aus dem Reich des Lebens im Wassertropfen. Schönheiten gefunden in den Mikrostrukturen eines Blattes oder auf der Oberfläche des Chitinpanzers eines Käfers. Wir können hier nur einen sehr schwachen Eindruck von der Qualität der Abbildungen geben, da der schwarz/weiße Zeitungsdruck mehr nicht zulässt. Wer interessiert und mit ein wenig Geduld durch ein Mikroskop blickt, wird eine unendlich große Welt im Kleinen entdecken. Ihm wird eine er-

staunliche Formenvielfalt offenbar werden. Wer versucht, die Entdeckungen zu zeichnen, wird feststellen, wie schwierig es ist, dieser Schönheit und dem Formenreichtum gerecht zu werden. Genauso wie es Geduld und Erfahrungen bedarf ein Bild, eine Symphonie, ein Theaterstück oder ein Buch zu lesen, genau dieser Fähigkeit bedarf es auch, wer die Natur beobachten will. Die großen Entdecker Carl Friedrich Philip von Martius, Alexander von Humboldt und andere haben es vorgemacht: Wer die Welt entdecken will, muss seine Sinne schulen. Er muss mit Interesse zuhören, den Tieren, den Menschen, den Mythen, der Kunst. Er muss mit Interesse beobachten, die Pflanzen, die geografische Gestalt, die Riten der Menschen. Er muss berichten und erzählen können, von dem was er gesehen hat. All dieses vermittelt sowohl die kulturelle als auch die naturwissenschaftliche Bildung. Wie nahe beides zusammenliegt, das zeigen die nachfolgenden Beiträge. Es ist noch gar nicht solange her, als Naturwissenschaft, Kunst und Religion eine Einheit bilde-

ten. Mit der Aufklärung kam die Separierung. Das brachte Freiheit, viele, sehr viele Kunstwerke und viele, sehr viele wissenschaftliche Erkenntnisse sind nur deshalb möglich geworden. Aber es brachte auch Beziehungslosigkeit der Disziplinen untereinander, die auch, das wird immer deutlicher, neue Erkenntnisse behindern. Diese Beilagen soll eine Tür in eine vermeintlich andere Welt öffnen, die, betrachtet man sie genauer, nur eine andere Sicht der eigenen Welt ist. Für Künstler ist der Blick in das Reich der Naturwissenschaft schon immer Passion gewesen. Naturwissenschaftliche Erkenntnisse sind immer im Wissenshorizont von Kunst gewesen. Die Naturwissenschaftler entdecken im zunehmenden Maße die Kunst als Inspirationsquelle, um schwierige naturwissenschaftliche Fragen besser lösen zu können. Für die Mikroskopierer, genauso wie für die Astronomen, waren und sind die Kunst und die Religion aber immer schon sehr nah. Wer das Wunder im ganz Kleinen wie im ganz Großen betrachtet, die Schönheit im Wassertropfen, wie

die Schönheit in der Milchstraße, muss sich selbst Fragen beantworten, auf die die Naturwissenschaft alleine keine befriedigende Antwort gibt. Kunst und Wissenschaft sind die Säulen der menschlichen Entwicklung, hier wird das Suchen, das Entdecken zur Passion. Diese „Welten der Entdecker“, dort wo sich Kunst und Naturwissenschaft begegnen, interessieren mich schon seit meiner Jugend. Deshalb dieser Schwerpunkt zum 100jährigen Jubiläum der Zeitschrift MIKROKOSMOS.

Mein herzlicher Dank bei der Erstellung dieser Ausgabe gilt Prof. Dr. Klaus Hausmann, Herausgeber des MIKROKOSMOS und Leiter der Arbeitsgruppe Protozoologie an der Freien Universität Berlin, sowie seiner Mitarbeiterin Dr. Renate Radek. Ohne deren Engagement hätte die Ausgabe nicht realisiert werden können.

DER VERFASSER IST HERAUSGEBER VON POLITIK UND KULTUR UND GESCHÄFTSFÜHRER DES DEUTSCHEN KULTURRATES ■

# Zwischen Praxis und Wissenschaft Klaus Hausmann

## Vom freien Mitarbeiter zum Herausgeber – eine Entwicklung

**Am 29.6.1971 schrieb mit etwas unsicheren Worten ein Diplomand der Biologie, Fachrichtung Cytologie und Mikromorphologie, der Universität Bonn folgenden Brief:**

*Sehr geehrte Herren, in der Anlage übersende ich Ihnen ein Manuskript „Die Trichocysten von Paramecium caudatum“ zur Veröffentlichung in Ihrer Zeitschrift. Ich bitte Sie, mir mitzuteilen, ob Sie die Arbeit für Ihre Zeitschrift verwenden möchten. Hochachtungsvoll! K. Hausmann*

Der Adressat war die Redaktion des MIKROKOSMOS, Franckh'sche Verlagshandlung in Stuttgart. Vom Betreuer meiner Diplomarbeit hatte ich von der Existenz dieser Zeitschrift erfahren und sie seit einiger Zeit zum verbilligten Studenten-Preis abonniert. Recht bald kam in mir der Wunsch auf, dort einmal einen eigenen Artikel zu veröffentlichen. Nun war es also so weit. Ich hatte mir ein Herz genommen und einen Teil meiner Diplomarbeit zu einem Manuskript zusammengefasst, das ich nun der Redaktion zur Veröffentlichung anbot. Es folgten nur einige wenige Tage bangen Wartens. Denn die Antwort ließ nicht lange auf sich warten und lautete:

*Sehr geehrter Herr Hausmann, über Ihr Manuskript „Die Trichocysten von Paramecium caudatum“ habe ich mich sehr gefreut. Sie beschreiben ein Objekt, das jedem Liebhaber-Mikroskopiker zugänglich ist, das leicht zu kultivieren ist, und Sie erwähnen Versuche, die auch der Amateur und der Biologielehrer ohne weiteres unternehmen kann. Ihre Bilder sind hervorragend; wir wollen Sorge tragen, daß sie auch gut reproduziert werden. Ich begrüße Sie als neuen Mitarbeiter unserer Zeitschrift, und ich würde mich sehr freuen, wenn Sie auch in Zukunft an der Gestaltung des Mikrokosmos mitwirken wollten. Mit freundlichen Grüßen  
Ihr Dr. D. Krauter, REDAKTION MIKROKOSMOS*

### Der Beginn einer langen Verbundenheit

Als ich Anfang Juli 1971 diesen Brief in Händen hielt, war ich mehr als glücklich. Ich erinnere mich noch genau daran. Ich hatte offenbar den Sprung vom unbekanntem Diplombiologen zum Autor des MIKROKOSMOS geschafft. Und ohne es bewusst intendiert zu haben, hatte ich gleich mit meinem ersten Manuskript die Zielsetzung der Zeitschrift getroffen, nämlich die Vermittlung von Versuchen, die der Amateur und der Biologielehrer ohne weiteres nachvollziehen können.

Nach diesem ermutigenden Start folgten zahlreiche Arbeiten – zumeist aus dem protozoologischen Bereich – und ich wurde in der Tat ein Stammautor des MIKROKOSMOS. Das blieb auch so, als ich frisch promoviert 1974 an der Universität Heidelberg meine erste Stelle als Wissenschaftlicher Assistent im Lehrstuhl für Zellenlehre antrat. Dort hatte ich die Freiheit – weiterhin für die Einzeller begeistert –, mich nach meinen eigenen Ideen mit Fragestellungen zur Biologie der Einzeller zu beschäftigen. Natürlich musste ich in erster Linie zusehen, wissenschaftliche Ergebnisse zu erarbeiten, die auf lange Sicht Grundlage für die angestrebte Habilitation (seinerzeit – und vielleicht immer noch – war das der Nachweis der Befähigung zum aufrechten Gang in der Wissenschaftslandschaft) sein sollten. Aber nie habe ich dabei den MIKROKOSMOS aus den Augen verloren und mehr oder weniger regelmäßig Artikel verfasst, die auf die Erwartungen der Leser zugeschnitten waren. Als ich dann – die Habilitation war erfolgreich über die Bühne gegangen – einem Ruf auf

eine Professur an die Freie Universität Berlin folgend in die seinerzeit noch mauerumringte Stadt wechselte, war es für mich klar, dass der MIKROKOSMOS nach wie vor in meinem weiteren Wirken einen festen Platz einnehmen sollte. So geschah es dann auch. Es folgten neben den streng wissenschaftlichen Publikationen für andere Journale immer wieder Artikel oder Berichte aus meiner Feder für den mir unterdessen sehr lieb gewordene MIKROKOSMOS.

### Übernahme der Herausgeberschaft

Umso heftiger bewegte mich 1992 die Nachricht, dass die Franckh'sche Verlagshandlung fest entschlossen war, wegen Unwirtschaftlichkeit die Herausgabe dieser traditionsreichen, im Jahr 1907 gegründeten Zeitschrift einzustellen. Es gelang mir, die damaligen Herausgeber des Gustav Fischer Verlags Stuttgart dafür zu gewinnen, die Zeitschrift verlegerisch zu betreuen. Von da an habe ich – zunächst über einige Jahre zusammen mit einem Fachkollegen aus der Botanik und dann schließlich alleine, zusammen mit einer Assistentin – die Redaktion des MIKROKOSMOS übernommen.

Das bedeutete dann doch einen gewaltigen Sprung in eine Tätigkeit, die ich nirgendwo erlernt hatte. Was ist die Aufgabe eines Redakteurs, was muss eine Redaktion leisten, wie geht man mit Autoren und deren Manuskripten um, wie stellt man ein Heft zusammen, wie sind die Herstellungs- und Vertriebswege? Fragen über Fragen ergaben sich, auf die ich zunächst keine Antwort wusste. Nach und nach stellten sich dann Erfahrung und Routine ein, die schließlich ein reibungsloses Erscheinen des MIKROKOSMOS gewährleisteten. Das wäre natürlich ohne die zahlreichen Hilfestellungen von Seiten der Verlagsmitarbeiter nicht möglich gewesen.

Eines musste ich von Grund auf lernen: Es ist eine Gratwanderung, mit den Autoren einer solchen Zeitschrift umzugehen. Da es vielfach Laien mit wenig Erfahrung im professionellen Abfassen von Manuskripten sind, welche sich – vielfach erst nach heftigen inneren Kämpfen – dazu aufrufen, etwas zu Papier zu bringen, muss man das Produkt dieser Bemühungen sehr behutsam behandeln. Ein zu harsches Wort des Redakteurs gleich zu Anfang, selbst bei objektiv erkennbaren Unstimmigkeiten im Manuskript, kann bei einem Erstlingswerk dazu führen, dass der betreffende Autor sich nie wieder zu Wort meldet. Das erforderliche Einfühlungsvermögen musste ich erst nach und nach lernen. Rückblickend auf eine mehr als 15-jährige Redakteur-Tätigkeit ist das nun kein so großes Problem mehr.

### Bewältigung von Problemen und Überwindung von Sorgen

Ein viel gravierenderes Problem tat sich gleich zu Anfang der Übernahme der Redaktion des MIKROKOSMOS in der Art auf, dass nun offenbar die Redaktion von Personen aus dem universitären Bereich geführt wurde. Sofort hieß es, dass der MIKROKOSMOS von nun an in seinem wissenschaftlichen Anspruch so hoch angesiedelt sei, dass der normale Amateur sich kaum mehr berücksichtigen fühlen könne. Ohne dass diese Behauptungen jemals in irgendeiner Weise konsequent nachvollziehbar belegt wurden, geistert nach wie vor dieses Vorurteil gegenüber der Redaktion im Raum umher. Es erfolgt in einer Art Pendelbewegung, dass einmal heftig gegen die angeblich überproportional wissenschaftlich dominierte Redaktionsarbeit polemisiert wird – in

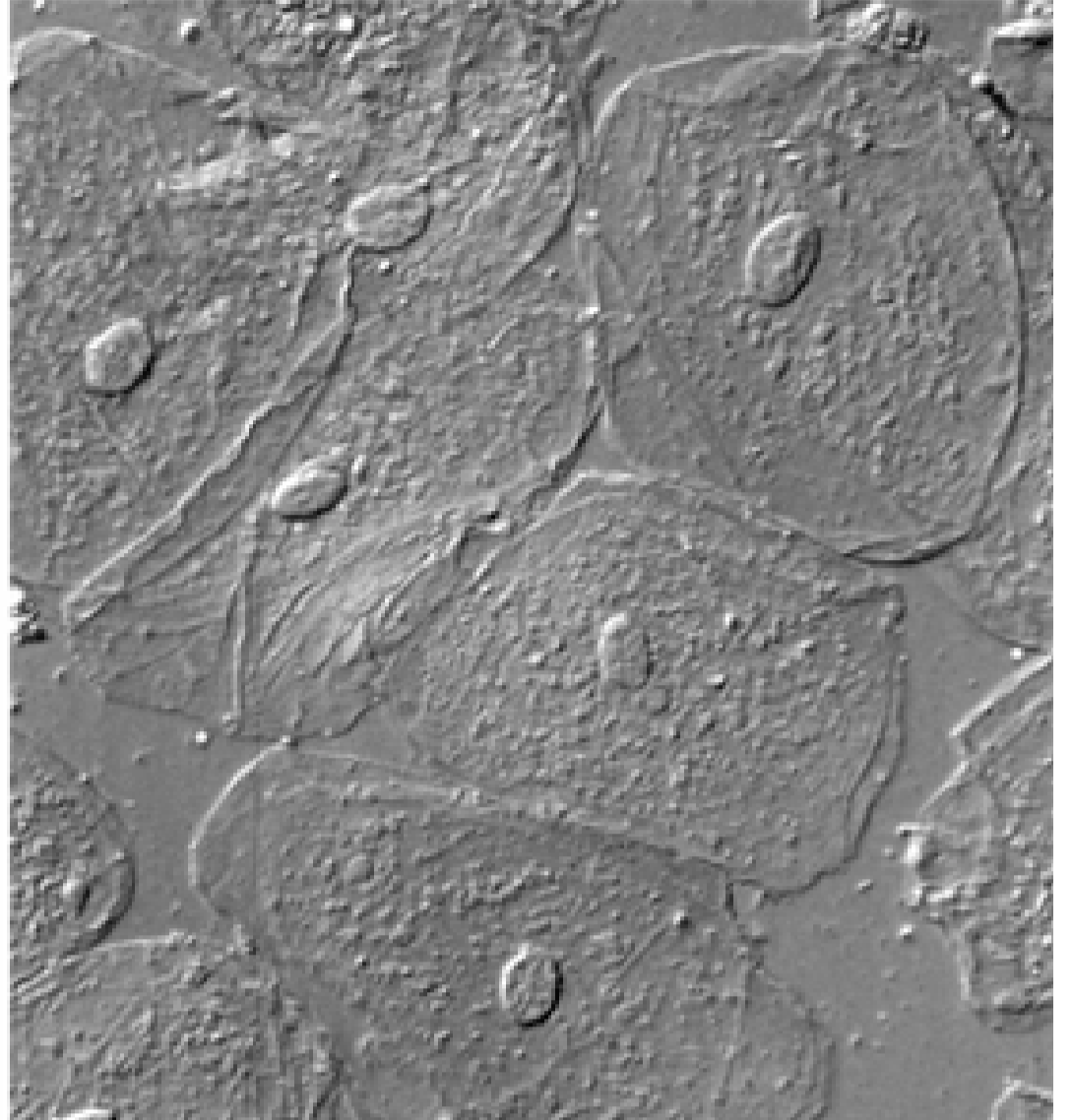
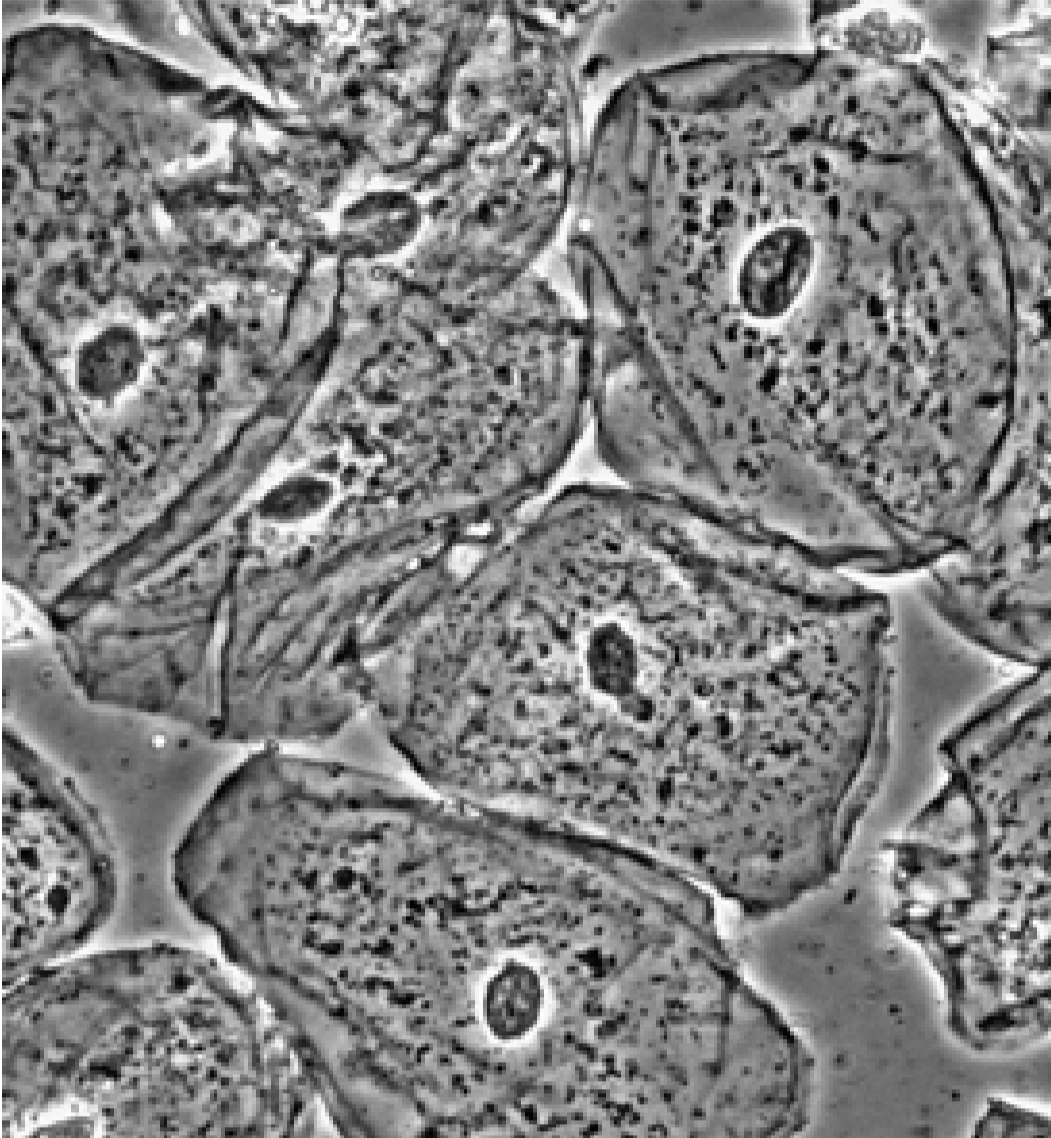


Titelblatt des ersten Heftes vom Jahrgang 1992. Der Fischer Verlag war wegen des offensichtlichen Namensbezugs über die mikroskopische Ansicht einer Fischeschwanzflosse besonders erfreut.

einer solchen Phase befinden wir uns derzeitig zweifellos wieder einmal –, oder dass Ruhe und Zufriedenheit vorherrschen. Der erfreulicherweise nach wie vor unvermindert lebhaft in der Redaktion eintreffende Manuskript-Strom zeigt, dass wir wohl mit unserer Mischung von wissenschaftlich anspruchsvolleren Artikeln und eher einfacheren, praxisbezogenen Berichten nicht so ganz falsch liegen können. Die Redaktion des MIKROKOSMOS ist also der Ansicht, den Erwartungen des größten Teils der Abonnenten – wie zu Zeiten der Gründung der Zeitschrift – zu entsprechen und wird ihre Arbeit in diesem Sinne fortführen. Was allerdings viel mehr Sorge bereitet, ist die Tatsache des heutzutage wohl üblichen, für einen Außenstehenden in seinem Sinn kaum noch nachvollziehbaren Verkaufs von kleineren Verlagen an größere. So besteht seit etlichen Jahren der Gustav Fischer Verlag, der seinerzeit den MIKROKOSMOS vor dem sicheren Aus bewahrt hat, überhaupt

nicht mehr. Er wurde unterdessen über eine Zwischenstufe von einem Verlag aufgekauft, der zu den internationalen Wissenschafts-Pressesegiganten zählt, nämlich zu Elsevier, Niederlande. Für den weniger mit der Realität Vertrauten mag es beruhigend aussehen, unter dem Dach eines so gewaltigen Hauses untergebracht zu sein. Weniger beruhigend ist dabei allerdings die Tatsache, dass in diesem Haus gnadlos die Marktwirtschaft herrscht. Was keinen Profit bringt, gehört abgewickelt. Man kann nur hoffen, dass der MIKROKOSMOS weiterhin zu den Überlebenden zählen wird. Angesichts der derzeitigen Abonnentenzahlen kann man allerdings schon hin und wieder von etwas unruhigen Gedanken bewegt werden.

DER VERFASSER IST HERAUSGEBER DES MIKROKOSMOS UND LEITER DER ARBEITSGRUPPE PROTOZOLOGIE AM INSTITUT FÜR BIOLOGIE / ZOOLOGIE DER FREIEN UNIVERSITÄT BERLIN ■



Mundschleimhaut (Mensch) im Phasenkontrast (links) und differentiellem Interferenzkontrast (rechts). Fotos: Klaus Hausmann, Berlin

## Leser, Autoren und Themenbereiche Renate Radek

### Hundert Jahre Mikrokosmos – Portrait einer deutschsprachigen Fachzeitschrift

**100 Jahre MIKROKOSMOS – das ist eine lange Zeit. Wohl niemand der heutigen Leser wird vom ersten Heft an dabei gewesen sein. Etliche haben jedoch den Ehrgeiz, zumindest alle Bände zu erwerben, und sind stolz, wenn sie über ein Antiquariat fehlende Hefte ergänzen können. Manch einer ist wohl schon seit Schülerzeiten Bezieher dieser praxisorientierten, mikroskopischen Zeitschrift. Der Redaktion liegen – natürlich schon aus Gründen des Datenschutzes – keine persönlichen Informationen zu den heutigen Abonnenten des MIKROKOSMOS vor. Zumindest teilweise überdeckt sich sicherlich der Leserkreis mit dem Kreis der Autoren.**

#### Weltweite Verbreitung

Da der MIKROKOSMOS eine der wenigen noch existierenden deutschsprachigen Fachzeitschriften ist, leben die Abonnenten im Wesentlichen in deutschsprachigen Ländern. Zwei Drittel (77,7%) der Hefte werden an deutsche Abonnenten verschickt, 7,5% nach Österreich, 7,2% in die Schweiz und 2,3% in die Niederlande. Die restlichen 5,3% der Bezieher leben erstaunlicherweise in 20 weiteren Staaten, und dies sind bei weitem nicht nur europäische Länder. In alle Kontinente wird geliefert, wenn auch nur einzelne Exemplare: z.B. in die Länder Vereinigte Staaten, Kanada, Mexiko, Brasilien, Costa Rica, Venezuela, Südafrika, Japan und Australien. Man könnte sich vorstellen, dass diese deutschen oder deutschsprachigen Abonnenten vielleicht Auswanderer sind, die ein Stückchen ihrer Heimat und ihres Hobbys mit in die Ferne genommen haben.

Zurzeit ist die Abonnentenzahl leider etwas rückläufig, was daran liegen mag, dass viele Hobby-Mikroskopiker Senioren sind, und aus Altersgründen nicht mehr mit vollem Elan ihrem Hobby fröhnen können. Junge Hobby-Forscher und Leser müssten gewonnen werden. Schon in den Schulen sollte man das Interesse an der Mikroskopie wecken und fördern.

#### Autoren

Dass viele den MIKROKOSMOS als Publikationsorgan schätzen, kann man beispielsweise am immer stärker werdenden Manuskripteingang erkennen. Dies freut die Herausgeber und nötigt den Autoren allerdings ein wenig Geduld ab, da es entsprechend länger dauert, bis sie ihr Werk in gedruckter Form in Händen halten können. Aus welchem Umfeld kommen die Autoren, die unserer Zeitschrift ihre Beiträge zusenden? Nur in wenigen Fällen ist es für uns erkennbar, welchen Beruf sie ausüben, ob sie jung oder alt sind,

und aus welchen Gründen sie gerade diese Zeitschrift ausgewählt haben. Hinweise liefern zuweilen die Erläuterungen im Anschreiben, Absender (Kliniken, kleine Firmen, akademische Titel), Danksagungen, und manche treue Autoren sind den Herausgebern inzwischen auch persönlich bekannt. Viele Autoren haben es sich – unabhängig von ihrem Beruf – zum Hobby gemacht, mit Mikroskop, Binokular oder Makroaufsatz am Fotoapparat Tiere und Pflanzen ihrer Umgebung zu beobachten und besondere Funde oder Beobachtungen einem breiteren Publikum vorzustellen. Manchen Danksagungen, in denen zum Beispiel den Betreuern einer Diplomarbeit gedankt wird, kann entnommen werden, dass der MIKROKOSMOS hier wohl als Einstiegsmedium zur Publikation wissenschaftlicher Untersuchungen gewählt wurde. Auch bereits lange im Beruf stehende Biologen, Tierärzte, Human- und Zahnmediziner, Paläontologen und Geologen stellen Aspekte ihrer Forschungen vor. Biologie-Lehrer berichten über von ihnen geleitete Schülerprojekte beziehungsweise stellen Methoden oder Untersuchungsthemen vor, die im Unterricht Anklang finden und gut durchzuführen sind. Aber auch Autoren aus technischen Berufsfeldern wie Ingenieure, Physiker, Bioinformatiker und Mitarbeiter von Mikroskopfirmen melden sich mit kompetenten Artikeln aus ihrem Arbeitsbereich zu

Wort. Etlichen ist es im Rahmen der Verfasserrangabe wichtiger, ihre Mitgliedschaft in einer mikroskopischen Gesellschaft hervorzuheben als eine Berufsbezeichnung einzufügen. Die meisten Autoren stellen Berichte aus ihrem eigenen Erfahrungsschatz zusammen. Nur wenige referieren über Ergebnisse anderer Autoren, zum einen, weil sie wohl das Thema spannend und mitteilenswert finden, und zum anderen möglicherweise, um sich etwas hinzuverdienen. Der MIKROKOSMOS ist nämlich eine der wenigen Zeitschriften, die ihren Autoren – sozusagen als Aufwandsentschädigung – ein kleines Honorar zahlt.

Jedenfalls ist der Kreis der Autoren weit gefächert und entsprechend unterschiedlich sind Themen und Komplexität der Artikel. Bei der redaktionellen Bearbeitung der eingesandten Manuskripte bemüht sich die Redaktion um Allgemeinverständlichkeit, vereinfacht beispielsweise zu tiefgehende Abhandlungen und erläutert Fachausdrücke, oder ergänzt und korrigiert entsprechend an anderen Stellen, soweit uns dies möglich ist.

#### Themenvielfalt

Die Hauptartikel des MIKROKOSMOS decken ein weites Spektrum an Themenbereichen ab. In der Regel überwiegen biologische Themen. Freilandfunde aus Gewässern oder Lebensräumen an Land werden mit Hilfe optischer Hilfsmittel untersucht und beschrieben, wobei es sich bei den Objekten der Begierde um ganz unterschiedliche Lebewesen handelt: z.B. Einzeller, Kleinkrebse, Insekten, Spinnen, Milben, Würmer, Pilze, Wasser- und Landpflanzen. Dabei werden nicht nur mit verschiedensten Methoden die Anatomie und Morphologie untersucht, sondern auch beispielsweise Vermehrungs- und Verbreitungsmechanismen, Embryologie, Ernährung und Verhalten. Über das Vorhandensein eines bestimmten Artenspektrums an Süßwasserarten kann auch die Gewässergüte erkannt werden.

Jedoch werden nicht nur biologische Objekte mit optischen Hilfsmitteln untersucht. Berichte über die Herstellung und Interpretation von Gesteinsdünnschliffen, die Formenvielfalt und Schönheit von Kristallen (besonders im polarisierten Licht), Oberflächen von Materialien und Bauteilen erweitern das Spektrum. Der Übergang zur Kunst ist teilweise fließend. Sehr beliebt bei den Lesern sind auch Artikel, in denen neue oder verbesserte Methoden vorgestellt werden. Hierbei kann es sich um Tipps zur Kultur oder Anreicherung von Organismen handeln, verbesserte Fixier- oder Färbetechniken, Kniffe zur Herstellung guter Schnitte, zur Restauration alter Präparate, Vor- und Nachteile von Einbettmitteln, optimierte optische Verfahren, sparsamer Selbstbau von Geräten und vieles mehr.

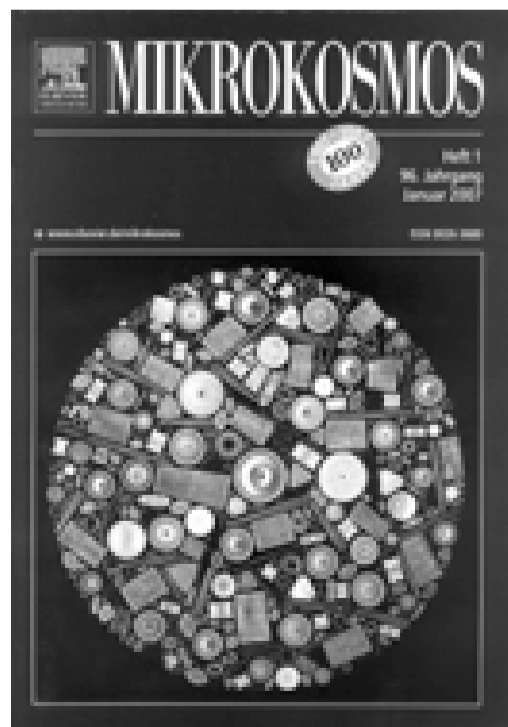
Physikalisch-technisch orientierte Artikel erläutern die physikalischen Gesetzmäßigkeiten optischer Geräte und geben sich daraus ergebende Tipps für verbesserte Einstellungen und Aufnahmemethoden der Geräte (Auflösungsvermögen, numerische Apertur, Kontraststeigerungs- und Beleuchtungsverfahren, Zeitrasteraufnahmen, etc.). In den letzten Jahren hat sich insbesondere die digitale Aufnahmetechnik durchgesetzt, was viele Vorteile bietet (z.B. sofortige Kontrolle des Fotos, Möglichkeiten digitaler Bildbearbeitung), aber auch physikalisch bedingte Limitationen aufweist. Nicht alle Digitalkameras sind gleichermaßen für den Einsatz am Mikroskop geeignet.

Neben neuen mikroskopischen Techniken werden auch historische Geräte und ihre Leistungen in Artikeln gewürdigt. Verschiedene Firmen boten schon ab dem 19. Jahrhundert einfache Mikroskope und Lupen an, die teilweise heute noch funktionstüchtig sind. Kleine, kompakte Reisemikroskope fanden ebenso Beachtung wie Sonnenmikroskope, mit denen für ein breiteres Publikum Projektionen mikroskopischer Bilder die Welt des Kleinen eröffneten. Die heutige moderne Welt mit ihren zahlreichen Errungenschaften wäre so nicht vorhanden, ohne die schlaun Köpfe der Vergangenheit und ihre Entdeckungen und Entwicklungen. Auch dieser Aspekt sowie andere historische Abhandlungen z.B. über die Entwicklung der mikroskopischen Gesellschaft oder der Schulmikroskopie findet im MIKROKOSMOS Beachtung.

#### Rubriken des MIKROKOSMOS

Neben den in der Regel etwas umfangreicheren Hauptartikeln bietet der MIKROKOSMOS in etlichen kleineren Rubriken aktuelle Informationen und mehr. Mitteilungen der mikroskopischen Gesellschaften geben Termine und Themen für die nächsten Treffen an, Industrieinformationen stellen neue Geräte/Techniken vor, Kurzmitteilungen referieren neue Erkenntnisse aus der aktuellen Fachliteratur, in Besprechungen von Büchern und Neuen Medien werden Neuerscheinungen präsentiert. Ein nicht identifizierbares, also unbekanntes Fundobjekt (Ufo) kann im „Mikro-Ufo“ den Lesern mit Bitte um hilfreiche Tipps zur Enttarnung vorgestellt werden. Künstler zeigen die Verwandlung der „Welt des Kleinen“ zu Kunstobjekten auf. Zum Schmuzzeln laden die Rubriken „Mikro-Cartoon“ und „Mikro-Lyrik“ ein. Schließlich soll die Lektüre des MIKROKOSMOS nicht nur informieren, sondern auch Spaß machen.

DIE VERFASSERIN IST PROMOTIERTE DIPLOM-BIOLOGIN UND GEHÖRT DER REDAKTION MIKROKOSMOS BERLIN AN ■



MIKROKOSMOS: Heft 1 des Jubiläumsjahrgangs 2007.

# Ein Exot bei Elsevier? Bernd Rolle

Seit 2002 ist die Zeitschrift Mikrokosmos Teil der Elsevier-Familie

Wenn Sie auf der Internet-Seite [www.elsevier.com](http://www.elsevier.com) nach „microscopy“ suchen, finden Sie über 200 Buch- und immerhin über 20 Zeitschriftentitel. Bei genauerer Betrachtung relativiert sich dieses erste Bild allerdings. Einerseits ist diese Kategorie thematisch ziemlich weit gefasst, andererseits fällt gleich auf, dass MIKROKOSMOS der einzige Titel in der Liste ist, der nicht in Englisch publiziert wird. Bei genauerer Betrachtung sieht man auch, dass alle Titel einen ganz anderen Charakter als der MIKROKOSMOS haben: Es handelt sich ausschließlich um so genannte Primary Research Journals, also Zeitschriften, die ausschließlich wissenschaftliche Originalarbeiten veröffentlichen.

## Elseviers Betätigungsfeld

Genau das Publizieren solcher Journale ist das Hauptbetätigungsfeld des Verlages Elsevier weltweit. An den Standorten Amsterdam, Boston, Barcelona, London, New York Oxford, Mailand, Paris, Philadelphia, San Diego, St. Louis – und Jena werden insgesamt über 1.500 solcher Journale verlegt. In Jena sind es augenblicklich 54 Titel; 36 rein englischsprachige Primary Research Journals und 18 deutschsprachige Fachmagazine beziehungsweise -zeitschriften, hauptsächlich auf den Gebieten der Medizin und Biologie. Aber auch Titel wie *Optics* oder *International Journal of Electronics and Communications* gehören zum Programm. International ist das Themenspektrum der Journals noch viel weiter gefasst. Die etwa 7.000 Elsevier-Mitarbeiter an über 70 Standorten in 24 Ländern verlegen auch solche Titel wie *Annals of Pure and Applied Logic*, *Linguistics and Education*, *Long Range Planning*, *Poetics*, *Religion*, *Journal of Criminal Justice*, *History of European Ideas* oder *Post Communist Studies*.

Der gemeinsame Nenner all dieser Zeitschriften ist, wie gesagt, dass sie fast ausschließlich wissenschaftliche Forschungsergebnisse veröffent-

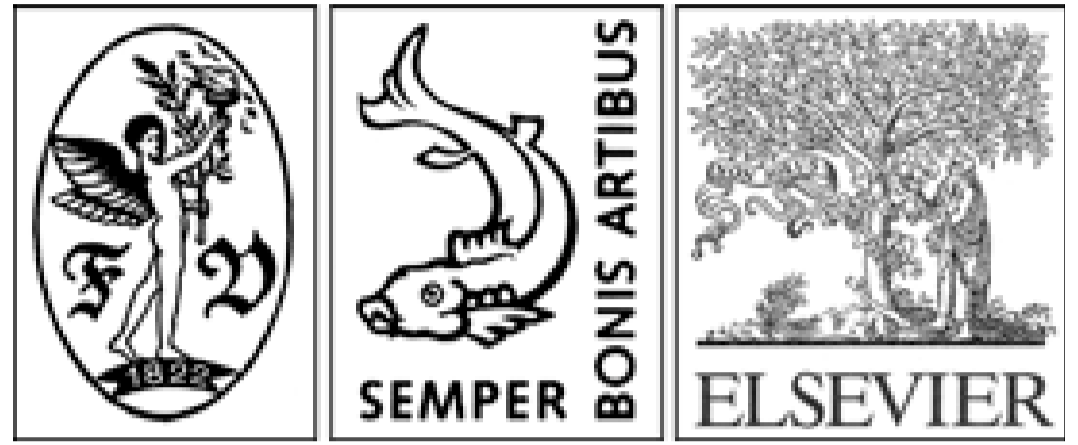
lichen. Das ist auch der Grund, dass der Name Elsevier, außer in Wissenschaftlerkreisen, in Deutschland weitgehend unbekannt ist. Dabei liegen seine Wurzeln in Leiden, Niederlande, wo im Jahr 1580 Louis Elzevir seine Druckerei eröffnete. Der Verlag veröffentlichte in der Zeit bis 1712, als der letzte Original-Elzevir-Erbe verstarb, rund 2.500 Buchtitel. Zu den Autoren zählten Descartes, Spinoza und Galileo Galilei.

## Vom Elzevir zum Elsevier

Am Beginn des neuen Elsevier-Verlages standen Buchhändler, die 1880 einen Verlag gründeten, der „NV Uitgeversmaatschappij Elsevier“ hieß und als Logo das alte Druckersignet der Elzevirs wieder verwendete. Man veröffentlichte zunächst allgemeine Publikumsstiele wie Jules Verne und Enzyklopädien. In den zwanziger und dreißiger Jahren entwickelten sich enge geschäftliche und persönliche Beziehungen zu Leipziger Verlagen, besonders zu Brockhaus, Thieme und der damals berühmten Akademischen Verlagsgesellschaft.

Hier in Deutschland kam dem seinerzeitigen Direktor J.P. Klautz der Gedanke, sich auf wissenschaftliche Literatur zu spezialisieren. Er hatte gesehen, dass führende deutsche Wissenschaftler jüdischer Herkunft immer größere Schwierigkeiten bekamen, ihre Arbeiten in den führenden deutschen Fachzeitschriften zu publizieren. Denen bot er in eigenen, neu gegründeten Zeitschriften ein Podium. 1939 hatte Elsevier eine Niederlassung in New York gegründet, verlegte während des 2. Weltkrieges seine Aktivitäten hierhin und begann, englischsprachige Journals zu publizieren, zunächst vorwiegend auf den Gebieten der Physik und Chemie.

1946 hatte Elsevier noch weniger als 10 Beschäftigte, 1960 waren es etwa 40. Mit der rasanten Entwicklung von Wissenschaft und Forschung, besonders nach dem Sputnik-Schock, wuchs auch Elsevier in großem Tempo. 1970 begann dann mit der Übernahme der North-Holland Publishing Company die Zeit der Zusammenschlüsse und Übernahmen einer Vielzahl namhafter Verlage. 1993 erfolgte die Fusion mit Reed zu Reed Elsevier.



Die Logos der Verlage, in denen der MIKROKOSMOS bislang erschien: Franckh, Fischer, Elsevier.

Nun begann der Verkauf von nahezu allen Aktivitäten, die nicht zum wissenschaftlichen Publizieren gehören, und der Kauf weiterer Wissenschaftsverlage setzte ein.

## Beeindruckendes Wachstum

Mitte bis Ende der 90iger Jahre begann man, sehr große Summen in das so genannte Electronic Publishing zu investieren, was letztlich im Aufbau der größten wissenschaftlichen Zeitschriftendatenbank Science Direct (2.000 Zeitschriften, über 8 Millionen Artikel, zu denen zur Zeit etwa 11 Millionen Wissenschaftler weltweit Zugang haben) und der größten wissenschaftlichen Abstract- und Zitatendatenbank Scopus (15.000 Zeitschriftentitel aus 4.000 Verlagen, 27 Millionen Abstracts) mündete. Heute erwirtschaften Elsevier über 25 Prozent seiner Umsätze mit diesen und anderen elektronischen Produkten. Gleichzeitig begann man wissenschaftliche Verlage auch in nichtenglischsprachigen Ländern zu erwerben, zunächst in Frankreich, Italien und Spanien. Da war der gute alte MIKROKOSMOS noch beim Gustav Fischer Verlag in Stuttgart. 1995 verkauften die Eigentümer den Verlag an die Holtz-

brinck-Gruppe (Saarbrücker Zeitung, Trierer Volksfreund, Südkurier, Main-Post, Lausitzer Rundschau, Handelsblatt, Wirtschaftswoche, Tagesspiegel, Die Zeit, Nature Publishing Group, Macmillan, Rowohlt, S. Fischer und so weiter). Diese hatte kurz vorher bereits den traditionsreichen Verlag Urban & Schwarzenberg gekauft und legte Gustav Fischer zu Urban & Fischer zusammen. In diesem Zusammenhang wurde der Hauptsitz des Verlages nach München verlegt. Die Produktion aller Medizinbüchertitel wurde hier konzentriert, die Biologiebücher beim Spektrum Akademischer Verlag in Heidelberg und die gesamte Zeitschriftenproduktion in Jena, wo der Verlag von Gustav Fischer ursprünglich 1878 gegründet worden war. Ende 2002 verkaufte Holtzbrinck dann Urban & Fischer sowie Spektrum an Elsevier und so ist der kleine MIKROKOSMOS nun Teil der riesigen Elsevier-Familie. Ein Exot ist er darin nicht, hat er doch das, was die Elsevier-Journale vereint: Eine hohe inhaltliche Qualität.

DER VERFASSER IST VERLAGSBEREICHSLIETTER ZEITSCHRIFTEN, ELSEVIER DEUTSCHLAND, JENA ■

# Zur Förderung wissenschaftlicher Bildung

Klaus Hausmann/Klaus Henkel

Mikroskopische Gesellschaften und Vereinsleben

Auf der Titelseite des ersten Heftes des MIKROKOSMOS kann man lesen, dass die Zeitschrift von der Deutschen mikroskopischen Gesellschaft (DMG) ab dem Jahr 1907 als Vereinsorgan herausgegeben wurde. Es ist wahrscheinlich nicht jedem auf Anhieb klar, dass es sich bei dieser Gesellschaft um die heute immer noch vital existierende Mikrobiologische Vereinigung München (MVM) handelt. Diese Vereinigung ist nicht nur die älteste, sondern – nimmt man es nicht ganz genau – auch die Ur-Mutter aller Mikroskopiker-Vereinigungen im deutschsprachigen Raum.

## Der Beginn

Anfang 1907 erscheint in der Franckh'schen Verlagshandlung das kleine Büchlein *Streifzüge im Wassertropfen* von Raoul H. Francé. Der Verfasser plaudert mitreißend über eine unbekannte Welt, die nur das Mikroskop offenbart. Begeisterung flammt auf, als ob alle darauf gewartet hätten: Der ersten Auflage im Januar folgte im Juli desselben Jahres bereits die dreizehnte! Francé schließt mit einem Aufruf: *Man kommt nämlich von dem Zauber der Kleinwelt nicht so leichtem Kaufes los ... Aber ich weiß, alle schrecken zurück, wenn es ihnen an Rat und tatkräftigem Bei-*

*stand fehlt zu den ersten Schritten ... Schließen wir uns also zusammen! ... Gründen wir eine mikroskopische Gesellschaft, die den Gebrauch der Mikroskope volkstümlicher machen will und die ganze große Vertiefung der neueren Wissenschaft vom feinen Bau und Leben der Pflanzen und Tiere dem Verständnis näher rücken wird.*

Gleich melden sich hundert Begeisterte, Mitte des Jahres hat die Deutsche mikroskopische Gesellschaft schon 2.000 Mitglieder. Die DMG ist eine überregionale Vereinigung mit vielen Ortsgruppen, die bald in ganz Mitteleuropa über 4.000 Mitglieder zählt. Ihr Initiator gründet auch gemeinsam mit der Franckh'schen Verlagshandlung eine Zeitschrift zur Förderung wissenschaftlicher Bildung, herausgegeben von der Deutschen mikroskopischen Gesellschaft München unter der Leitung von R. H. Francé, nämlich den MIKROKOSMOS. Die DMG gründet und leitet seinerzeit außerdem das *Biologische Institut* in München, das viele hundert Wissbegierige in mikroskopischen Kursen ausbildet und Wissenschaftler beschäftigt, die speziell die Edaphonforschung (Edaphon = Gesamtheit der im Boden lebenden Organismen) vorantreiben.

1909 folgt der Eintrag der DMG in das Vereinsregister. Tragischerweise entzweien sich die Verleger der Franckh'schen Verlagshandlung und

Francé. Die DMG gründet die neue Zeitschrift *Kleinwelt*, die aber, ebenso wie noch weitere ähnliche Zeitschriften, auf Dauer gegen den MIKROKOSMOS nicht bestehen kann.

## Der Neustart

Im Verlauf der Vereinsgeschichte gab es Höhen und Tiefen, wie sie über einen so langen Zeitraum nicht ausbleiben. So zerfällt die DMG während der Kriegsjahre 1914 bis 1918 aufgrund innerer Zwiste und nicht zuletzt auch wegen des Verlusts des Vereinsvermögens infolge der damaligen Inflation. Doch bedeutete das keineswegs das Aus. Am 6. Februar 1923, immer noch mitten in der Inflation, wurde ein neuer Anfang gesetzt, als 14 Liebhaber und Amateure der Mikroskopie sich im Münchner Raum zusammenfanden und unter dem Namen *Mikrobiologische Vereinigung München (MVM)* das weiterführten, was man seinerzeit in der Satzung der DMG als Vereinszweck festgelegt hatte, nämlich ... vor allem den Gebrauch des Mikroskopes volkstümlich zu machen, die Kenntnis der kleinsten Lebewesen und des feinsten Baues der Pflanzen und Tiere dem allgemeinen Verständnis zu erschließen, alle Freunde des Mikroskops zu gemeinsamer Arbeit zusammenzufassen sowie ihnen zum Austausch ihrer Erfahrungen und Präparate zu verhelfen. Interessant ist, dass es sich bei dieser lokalen Münchner Neugründung offenbar um eine konzertierte Aktion handelte. Denn im selben Monat entstand in Berlin aus der Märkischen Mikrobiologischen Vereinigung (gegründet 1909) die *Freie Vereinigung von Freunden der Mikroskopie*, ein Zusammenschluss von Mikroskopikern, der heute leider nicht mehr existiert.

Durch den Beitritt von Wissenschaftlern wie Prof. Dr. Ammann, Dr. Seiffert, Dr. Kleintjes, Prof. Dr. Thaler, Dr. Graf von Vitzthum, und durch zahlreiche Publikationen der Mitglieder in der Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie, im MIKROKOSMOS und in der Mikroskopie für Naturfreunde kommt die Münchner Vereinigung zu Ansehen und Mitgliederzuwachs. Zum zehnjährigen Bestehen erscheint im Februar 1933 ein Jubiläumshft der *Mikroskopie für Naturfreunde*,



Vereinslogos

ganz aus Beiträgen der Münchner gestaltet. Unter ihrem ersten Vorsitzenden F. Rieger erlebt die Münchner Vereinigung eine Blütezeit. Der Mitgliederstand pendelt in jenen Jahren zwischen 35 und 60, was nicht unbedingt üppig war. Aber an den Vortrags- und Lichtbilderabenden kommen nicht selten mehr als 100 Zuhörer. Fünf Preisausschreiben und die Bekanntgabe der Veranstaltungen in Zeitschriften und Presse zeugen von einem regen Vereinsleben.

Eine immer wiederkehrende Sorge bereitet das Vereinslokal. Zwischen 1923 und 1945 muss man nicht weniger als sechsmal umziehen. Kriegs-



## ← Fortsetzung von Seite 4

Nachkriegszeit bringen begrifflicherweise einen Niedergang des Vereinslebens. Nur mit Mühe gelingt es, einen Teil des Gerätebestands und der Bibliothek zu erhalten. Einige Mikroskope werden gerettet, indem man sie auf Bauernhöfen und in Bienenkörben versteckt. Der damalige Vorsitzende, Schulrat Auer, steuert den Verein geschickt durch diese kritische Zeit.

### Die Fortsetzung

Nach den Kriegswirren erscheint 1948 – wie ein Signal – der 38. Jahrgang des MIKROKOSMOS. So wird denn 1950 auch bei der MVM mit einem Referat des Bühnenmalers, Operationszeichners und Hobby-Insektenkundlers Prof. Dr. Fritz Skell die Vereinsarbeit wieder aufgenommen. Der Fürsprache des Lebensmittelchemikers Prof. Helmut Thaler ist es zu verdanken, dass die MVM im Berufspädagogischen Institut ein Unterkommen findet. Vereinsvorsitzender ist jetzt Oberpostinspektor Bernecker. Er sammelt die versprengten früheren Mitglieder und gewinnt neue hinzu. Von

ihm übernimmt 1973 der Zoologe Siegfried Hoc den Vorsitz. Schon bald schreibt Prof. Thaler aus Braunschweig: *Ich sehe mit Vergnügen, wie die Vereinigung zu neuem Leben aufgeblüht ist. Mir tut's nur leid, daß ich so weit vom Schuß sitze, ich wäre ja so gern dabei.*

Seit ihrer Neugründung 1923 hat sich die MVM durch Beiträge ihrer Mitglieder finanziell selbst erhalten, Zuwendungen aus öffentlichen Mitteln wurden nie in Anspruch genommen. Die Öffentliche Hand unterstützte sie mitunter durch Überlassen eines Übungsraumes. Seit über 50 Jahren hat sie sich nun bei der Technischen Universität München eingemietet.

Die Mitgliederzahl hat sich von 1980 bis 1995 von 22 auf 65 verdreifacht. Das ist deshalb bemerkenswert, weil gerade in jenen Jahren bei allen, besonders aber bei den so genannten Bildungsvereinigen, ein dramatischer Mitgliederschwund zu beklagen war. Die Vereinsabende sind heute regelmäßig von ca. 15 bis 25 Mitgliedern besucht. In vierzehntägigem Turnus folgen je ein Vortrags- und ein Diskussionsabend aufeinander, mit Übungen, Material- und Präparatetausch. Eine besondere Attraktion ist die

vereinseigene Fachbibliothek mit 800 einschlägigen Bänden.

### Das Jahrhundert-Jubiläum

In diesem Jahr ist die MVM 100 Jahre alt geworden. Die derzeit 50 Mitglieder lassen dieses Datum natürlich nicht sang- und klanglos vorüberziehen, sondern würdigen das Jubiläum durch eine kleine Ausstellung an einem exponierten Ort, nämlich im renommierten und viel besuchten Münchner Museum Mensch und Natur im großen Seitenflügel des Nymphenburger Schlosses. Dort werden vom 20. April bis Ende November auf Schautafeln die heutige Vereinstätigkeit und die Vereinsgeschichte in Wort und Bild dargestellt, und einige kurze Videofilme geben Einblick in die Mikrowelt. Mit einem Festvortrag am 29. November, den Professor Dr. Werner Nachtigall (Saarbrücken) in der Aula des Museums halten wird, soll dann das Jubiläumjahr ausklingen.

Was hier am Beispiel der MVM aufgezeigt wurde, hat in den vergangenen Dekaden zahlreiche Parallelen und Nachahmungen gefunden. Man hat sich vielerorts zu Vereinen zusammengefunden, 1910 in Wien, 1911 in Hamburg, 1933 in

Antwerpen, 1946 in Zürich. Nicht zu vergessen in diesem Zusammenhang sind die rührigen und angesehenen mikroskopischen Sektionen mancher Volkshochschulen oder Naturwissenschaftlicher Vereinigungen, wie der in Bremen, Köln oder Hagen.

Erwähnt werden soll aber auch, dass die bedeutenden Traditionsvereine der Mikroskopiker in London, Oxford, New York, Chicago oder San Francisco teilweise erheblich älter sind als die in Mitteleuropa.

So kann man sich heute wie vor hundert Jahren mit anderen Freunden der Mikroskopie austauschen, in Städten wie Berlin, Bremen, Darmstadt, Göppingen, Hagen, Hamburg, Hannover, Köln, Konstanz, München, Stuttgart, Tübingen, Wien, Würzburg und Zürich, aber ebenso in Oxford, Chicago oder New York Gleichgesinnte finden. Auch ein Blick ins Internet schafft heutzutage Kontakte.

KLAUS HAUSMANN IST HERAUSGEBER DES MIKROKOSMOS, BERLIN UND KLAUS HENKEL IST MITGLIED DER MIKROSKOPISCHEN VEREINIGUNG MÜNCHEN, DACHAU ■

# Mikroskopie und Internet Klaus Hausmann

## Einsicht in die Wirklichkeit des Seins

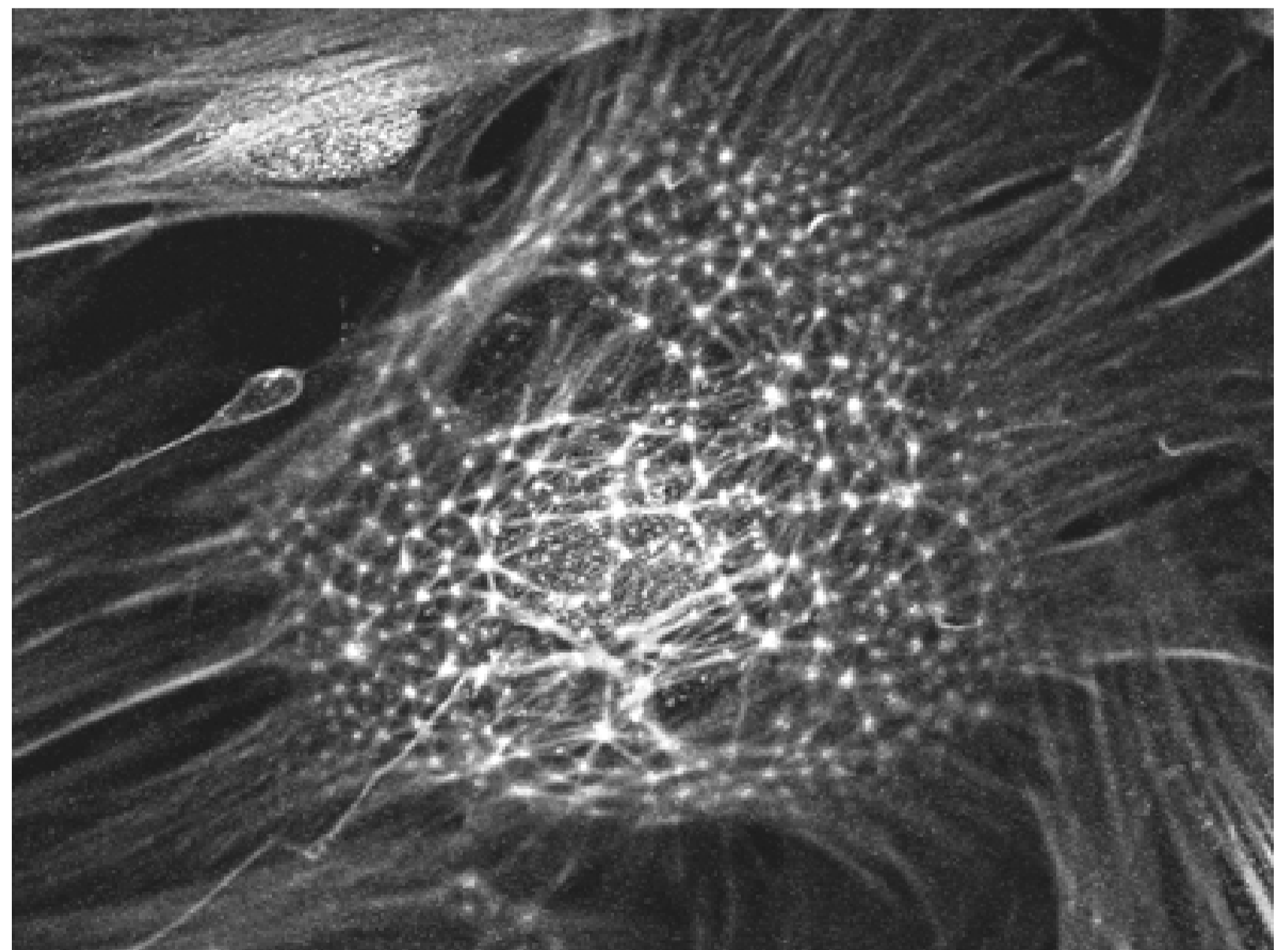
Da es heutzutage wohl kaum einen Lebensbereich gibt, der noch nicht vom Internet erfasst worden ist, wird man als interessierter Mikroskopiker sicher einmal den Begriff Mikroskopie in eine der gängigen Suchmaschinen eingeben. Das Ergebnis mag erschütternd sein: 1.290.000 Meldungen wurden bei einer soeben durchgeführten Suche innerhalb von 0,13 Sekunden gefunden. Diese Art der Suche ist offenbar nutzlos. Man benötigt Hilfe, um sinnvoll einen Einstieg in die anstehende Thematik zu bekommen. Es liegt nahe, da vermutlich zumindest ein Teil der Mikroskopischen Vereinigungen mit einer Homepage im Netz vertreten ist, dort nachzusehen. Findet man erst einmal eine Verbindung, wird man bald über Querverbindungen viele weitere Informationsquellen zur Verfügung haben.

### Präsenz im World Wide Web

Im MIKROKOSMOS wurden vor kurzem die aktuellen Homepages der deutschsprachigen Amateurvereinigungen zusammengestellt. Danach sind derzeit mindestens zwölf Mikroskopiergruppen über das Netz ansprechbar:

- Berliner Mikroskopische Gesellschaft e. V.  
[www.berliner-mikroskopische-gesellschaft.de/](http://www.berliner-mikroskopische-gesellschaft.de/)
- Arbeitskreis Mikroskopie im Naturwissenschaftlichen Verein zu Bremen  
[www.nvw-bremen.de/](http://www.nvw-bremen.de/)
- Mikroskopiegruppe Bodensee  
[www.mikroskopie-gruppe-bodensee.de/](http://www.mikroskopie-gruppe-bodensee.de/)
- Mikroskopischer Freundeskreis Göppingen  
[people.freenet.de/mikroskopie-goepingen.de/](http://people.freenet.de/mikroskopie-goepingen.de/)
- Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Hagen  
[www.mikroskopie-hagen.de/index.htm](http://www.mikroskopie-hagen.de/index.htm)
- Mikrobiologische Vereinigung Hamburg  
[www.mikrohamburg.de/](http://www.mikrohamburg.de/)
- Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Hannover  
[www.kg-bruegmann.de/](http://www.kg-bruegmann.de/)
- Mikroskopische Arbeitsgemeinschaft Mainfranken  
[www.Stanek.name/](http://www.Stanek.name/)
- Mikrobiologische Vereinigung München e.V.  
[www.mikroskopie-muenchen.de/](http://www.mikroskopie-muenchen.de/)
- Tübinger Mikroskopische Gesellschaft e.V.  
[www.tmg-tuebingen.de/](http://www.tmg-tuebingen.de/)
- Mikroskopische Gesellschaft Wien  
[www.mikroskopie-wien.at/](http://www.mikroskopie-wien.at/)
- Mikroskopische Gesellschaft Zürich  
[www.mikroskopie-muenchen.de/mgz/mgz.html](http://www.mikroskopie-muenchen.de/mgz/mgz.html)

Auf diesen Homepages kann man neben der Darstellung der Vereinsaktivitäten eine Vielzahl von Links finden, die für den Liebhabermikroskopiker einen engen Bezug zu seinem Tun haben. Sind die Linklisten komfortabel gestaltet, wird eine Untergliederung in verschiedene Sachgruppen vorgenommen, beispielsweise in Diskussionsforen, Vereine, Personen, Firmen, Technik, Verfahren, Labor, Präparate, Foto/Video, Journale, Museen, Objekte und – besonders wichtig – Linksammlungen anderer Gesellschaften. Anfänglich wird man sich sicherlich sehr schnell verärgern und bald gar nicht mehr wissen, wo und wie man warum angefangen hat. Mit ein wenig Selbst-



Cytoskelettelemente (Nierenepithelzelle, Ratte) mit dem konfokalen Laserscanningmikroskop aufgenommen. Foto: Zeiss, Jena

disziplin sollte man schließlich das Medium Internet so einsetzen können, dass es Gewinn bringt. Man wird sich recht bald einige Favoriten markieren, um sich schnell auf solchen Seiten zum aktuellen Stand der Dinge, die den eigenen Interessen entsprechen, informieren zu können.

### Verborgene Fundorte

Es ist natürlich nicht immer von vorneherein erkennbar, ob sich hinter einer Homepage auch mikroskopische Aspekte verbergen. Vermuten kann man es hier und da. Aber man braucht etwas Anleitung, um zum Ziel zu kommen. Folgendes Beispiel soll das verdeutlichen: Hobbyfotografen kennen wahrscheinlich die Homepage der Fotocommunity im Internet (<http://www.fotocommunity.de/>). Fotos zu verschiedensten Themenbereichen wie alte Fotos, Experimente, Emotionen, Karten und Kalender, Quatsch, Trauer, Weihnachten, Sport, Menschen und etliche mehr können hier betrachtet, heruntergeladen, neu hineingestellt und kommentiert werden. Davon wird auch rege Gebrauch gemacht. Es ergibt sich eine öffentliche Diskussion mit lobenden oder kritischen Anmerkungen. Die meisten Bilder sind qualitativ sehr hochwertig und zeigen interessante, teils außergewöhnliche Motive, teils ganz

normale Alltagsansichten unter besonderem Blickwinkel.

Die Webseite ist eine Quelle für Anregungen und auch für ganz praktische, fototechnische Tipps. Unter Fotowissen kann man sich beispielsweise rund um das Thema Fotografie informieren und natürlich ebenfalls Artikel beitragen. Die Aktivitäten der Nutzergemeinschaft äußern sich unter anderem auch in der Durchführung von Fotowettbewerben und Textforen, wo Beiträge und Fragen diskutiert und Neuigkeiten ausgetauscht werden können. Zum persönlichen Kennenlernen trifft man sich in verschiedensten Städten bei Stammtischen.

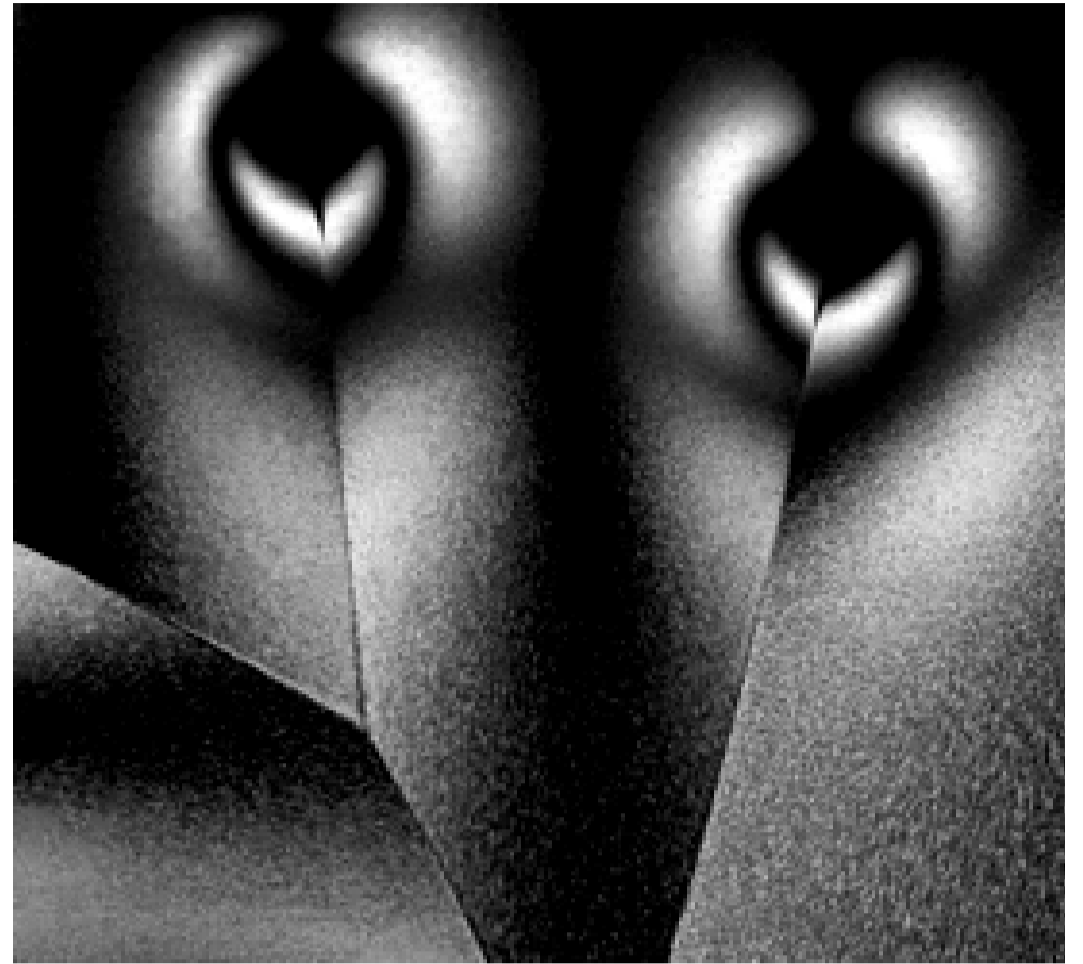
### Erfolgreiche Channel-Wahl

Thematisch sind die Fotos in verschiedenen, so genannten Channels geordnet, die sich in Sektionen gliedern. Seit einiger Zeit gibt es im Channel Natur beispielsweise neben den Sektionen Landschaft, Pflanzen/Pilze/Flechten, Tiere, Die Elemente, Himmel & Universum auch eine Sektion Mikrokosmos eigens für Mikroaufnahmen, also für Fotos, die mit einer Kamera an Mikroskop oder Lupe beziehungsweise mit Makro-Optik aufgenommen wurden (Sektion: Natur-Kreativ; Untersektion 1: Aufnahmetechniken; Unter-

sektion 2: Mikroskop-Aufnahmen). Objekte können Mikroorganismen, Pflanzen, Tiere sowie deren Strukturen und Objekte der unbelebten Natur sein. Es wird allerdings angemerkt: *Die Fotos sollten nicht nur dokumentarischen Charakter haben, sondern einen ästhetisch-künstlerischen Anspruch aufweisen.* Die bisher eingestellten Bilder entsprechen diesem Anspruch.

Jeder Besucher dieses Forums kann seine Kommentare und Gefühle zu den dargebotenen Bildern äußern. Für einen Mikroskopiker ist es sehr verblüffend, mit welchem Erstaunen Fotografen, denen bislang die mikroskopische Welt verborgen geblieben ist, Mikrofotos wahrnehmen, selbst wenn es sich um relativ einfache Motive handelt. Und da erfährt man es unmittelbar, dass Mikroskopiker wie selbstverständlich eine Lebensdimension kennen, die anderen verschlossen ist, meistens schlichtweg deshalb, weil ihnen die Betrachtungsinstrumente, nämlich die Mikroskope fehlen. So gesehen sind die Freunde der Mikroskopie privilegiert, wissen sie doch um eine Wirklichkeit des Seins, die anderen im wahrsten Sinne des Wortes mangels Einsicht fehlt.

DER VERFASSER IST HERAUSGEBER DES MIKROKOSMOS, BERLIN ■



Kopf einer Pferdebremse durch ein Stereomikroskop betrachtet. Foto: Gerd Günther, Düsseldorf

Auskristallisierte Ascorbinsäure im polarisiertem Licht. Foto: Klaus Hausmann, Berlin

## Mikroskopie als Hobby Wolfgang Bettighofer

### Faszinierender Zugang zur Kleinlebewelt

**Naturbeobachtung ist für viele Menschen gleichbedeutend mit Entspannung. Sie ist ein Schritt hin zum verlorenen Paradies, dort, wo der Mensch gewissermaßen kulturfremd mit der Natur verbunden war. Der Mensch definiert sich heute geradezu über seine Eigenschaften, ein Lebewesen in einer künstlichen, kulturell und zivilisatorisch umgeformten Lebenssphäre zu sein. Dieser Entfremdung ein Stück weit zu entfliehen, ist das Ziel einer Vielzahl naturorientierter Freizeitbeschäftigungen. Das beginnt mit der Gartenpflege, setzt sich fort in der Freude am Wandern und erreicht seine deutlichste Ausprägung in der Beobachtung und Beschäftigung mit den Lebensvorgängen sowie den Formen und Farben der Natur.**

#### Mikroskopiker-Interessen

Detaillierte Naturbeobachtung ist meist nur mit optischen Hilfsmitteln möglich, gemäß des menschlichen Paradigmas, sich das Leben durch kulturelle und zivilisatorische Entwicklungen zu erleichtern und die Fähigkeiten der menschlichen Sinne künstlich zu erweitern. So ist das Mikroskop seit dem siebzehnten Jahrhundert das Hilfsmittel der Menschen, Dinge zu betrachten, welche für das unbewaffnete Auge zu klein sind. Und Antoni van Leeuwenhoek (1632–1723), einer der großen Pioniere der Mikroskopie, war kein Naturwissenschaftler, sondern Tuchhändler und vermögend genug, in großem Umfang seinen Hobbys nachzugehen, dem Linsenschleifen, Mikroskop-Bauen und der Naturbeobachtung.

In der Hand des Biologen, des Mineralogen und des Mediziners ist das Mikroskop ein oft genutztes Arbeitsgerät. Aber es gibt auch einen Kreis von Naturfreunden, die sich in ihrer Freizeit mit diesem Wunder der Optik und Feinmechanik beschäftigen, um die kleinen Dinge des Lebens zu betrachten, sich an ihren Formen und Farben zu erfreuen und ihrer Lebensweise auf die Spur zu kommen. Dabei sind die Interessen der Mikroskopiker sehr unterschiedlich. Bei den einen bildet beispielsweise die Faszination an der mikroskopischen Technik die Triebfeder für die Liebhaberei, gegebenenfalls gepaart mit Sammelleidenschaft, für andere ist es ein Fenster in die Kleinlebewelt des Wassertropfens, welche auch schon von Leeuwenhoek besonders interessierte.

#### Mikro-Objekte

Spannende Einblicke in die Feinstruktur der Gewebe von Tieren und Pflanzen liefert die Schnittpreparation mit Rasierklinge oder mikroskopischem Schneidapparat (Mikrotom). Um die Gewebestrukturen zu deuten und unterscheiden zu können, werden die Schnitte mit besonderen Farbstoffen behandelt. In eine ästhetisch sehr ansprechende Farbenwelt kann derjenige eintreten, der Kristalle, dünn gewachsen auf einem kleinen Glasstreifen Objektträger, im polarisierten Licht betrachtet. Ähnliche Farbenspiele er-

geben sich, wenn Teile von Gesteinsbrocken zu Plättchen von wenigen Hunderstel Millimeter Dicke geschliffen werden.

Alle bisher genannten Anwendungsgebiete der Mikroskopie gehen davon aus, dass die Beobachtungsobjekte so dünn sind, dass das Licht durch sie hindurch scheitern kann. Das Bild des Objekts wird mit Hilfe nur eines Objektivs erzeugt, ist also zweidimensional. Freunde der Mineralogie und der Entomologie (Insektenkunde) hingegen benötigen Mikroskope, die ähnlich dem Fernglas beiden Augen leicht unterschiedliche Blicke auf das Objekt ermöglichen und es damit dreidimensional zeigen.

#### Zeitschrift MIKROKOSMOS für Mikro-Liebhaber

Den Zugang zur Kleinlebewelt vermittelte mir als Schüler der Orientierungsstufe Anfang der 70er Jahre des vorigen Jahrhunderts eine Fernseh-Sendereihe von Hans A. Traber, der mit Ü-Wagen und mikroskopischem Labor in Moore und zu Seen fuhr und dem staunenden Fernsehpublikum das Leben im Wassertropfen nahe brachte. Mein allgemeines Interesse an Biologie und Technik tat ein Übriges, so dass ich bereits als Mittelstufenschüler rege mikroskopierte und die Zeitschrift für Mikro-Liebhaber, den MIKROKOS-

MOS, regelmäßig las. Durch sein breit gefächertes Spektrum machte mich der MIKROKOSMOS neben der vielschichtigen Kleinlebewelt mit Zellstrukturen von Tier- und Pflanzengewebe sowie der interessanten Farbenwelt der Kristalle im polarisierten Licht bekannt. Des Weiteren hatte ich in ihm ein sich ständig erweiterndes Lehrbuch der mikroskopischen Technik.

Seit nunmehr 100 Jahren begleitet die Zeitschrift MIKROKOSMOS die Freunde der kleinen Dinge als Berater und Plattform für den Austausch über die verschiedensten Aspekte des gemeinsamen Hobbys. In dieser Zeitschrift schreiben sowohl Fachwissenschaftler als auch Amateure, es werden Themen aus allen möglichen Anwendungsgebieten der Lichtmikroskopie sowie der Mikro- und Makrofotografie-Technik behandelt. Daneben sind Beiträge zu finden, die dem Amateur durch Aufnahmen mit Hilfe des Elektronenmikroskops Einblicke in die Ultrastruktur der beobachteten Lebewesen ermöglichen, welche er mit der ihm zur Verfügung stehenden Technik nicht bekommen kann. Mit seinen informativen Artikeln und seiner hochwertigen Graustufen-Druckqualität ist der MIKROKOSMOS für den Leser interessante Lektüre mit vielen praktischen Bezügen zu seiner Lieblingsbeschäftigung, dem Sammler erweist er sich über den gesamten

Querschnitt der Mikroskopie hinweg als wertvolles Nachschlagewerk.

Um seinem didaktischen Ansatz in Zukunft noch mehr gerecht werden zu können, wäre es wünschenswert, wenn in den Heften mehr Farbdruck eingesetzt werden könnte (aktuell ist lediglich eine farbige Abbildung auf dem Umschlag möglich). Farbe hat einen hohen informativen Wert. Durch Farbwiedergabe lassen sich Strukturen differenzierter darstellen. Das weite Themenspektrum der Polarisationsmikroskopie, welche von der Farbe lebt und deshalb im MIKROKOSMOS bisher stark unterrepräsentiert ist, könnte bedient werden und damit dem Blatt einen erweiterten Leserkreis erschließen.

Hier sei der Wunsch geäußert, dass beispielsweise die optische Industrie hierzulande den kulturellen Wert des MIKROKOSMOS erkennen und diese Publikation fördern möge. Dies könnte beispielsweise geschehen, indem Anzeigen in gewissem Umfang Farbdruck mitfinanzieren, um auf diesem Wege farbige Abbildungen auch im Textteil zu ermöglichen, denn steigende Abonnenten-Einnahmen allein würden nicht ausreichen, um die erhöhten Ausgaben für den Farbdruck zu finanzieren.

DER VERFASSER LEBT IN KIEL, IST INFORMATIKER UND HOBBY-MIKROSKOPIKER ■

## Schulmikroskopie Erich Lühje

### „Wie frisst eine Fliege eigentlich?“

**Mein Praktikant (Biologiestudent im 5. Semester) hat tote Fliegen mitgebracht. Mit einem herzlichen lllih... begrüßen 23 Unterterterianer seine Kollektion. Seht euch einmal genau den Rüssel an – wie frisst eine Fliege eigentlich?**

Unter dem Binokular richten die Vierzehnjährigen mit Pinzette und Präpariernadel die Insekten aus. Können Sie mal kommen? Ist das der Rüssel hier? Er ist es – und Miriam positioniert ihr Objekt sichtlich erfreut unter dem Videomikroskop. Jetzt wirft der Beamer ein Fliegen-Halbprofil mit Komplexauge, Fühler und Borsten an die Leinwand – und einen Rüssel wie zum Anfassen! Beamer aus, Arbeitsbögen verteilen, Übergang zur Erarbeitung ... Das habe ich selbst noch nie so schön zu sehen bekommen, resümiert der Biologiestudent nach dem Gong seinen Einstieg in die Schulmikroskopie.

#### Vor hundert Jahren

Ein Jahrhundert zuvor stellt sich für den Fachlehrer H. Erber aus Kollerschowitz, Böhmen, der Gebrauch des Mikroskops in der Volksschule noch etwas anders dar: Ich habe durch fünf Jahre das Mikroskop beim Unterricht in den drei Klassen

einer Knabenbürgerschule verwendet und folgende Erfahrungen gesammelt: Die Schülerzahl muß eine sehr beschränkte sein, denn sind viele Kinder in der Klasse, so reicht eine Unterrichtsstunde zur Beschäftigung von höchstens zwei Präparaten hin. Da aber immer nur ein Schüler beschäftigt ist, während die anderen zur Untätigkeit verurteilt sind, so wird die Stunde bei großer Schülerzahl statt interessant, sehr leicht langweilig, und die Kinder neigen zur Unruhe. Auf die Aufstellung mehrerer Instrumente wird wohl die Volksschule verzichten müssen. (...) Große, leicht einzusehende Vorteile müßte die Benützung eines Projektions-Mikroskops beim Massenunterricht ergeben. Hierüber habe ich jedoch gar keine Erfahrung. Ich vermute aber, daß man nur mit sehr starker Lichtquelle arbeiten kann.

Als der Fachlehrer aus Böhmen diese Mikroskopischen Winke für die Schule im zweiten Band des MIKROKOSMOS (1908/1909) formuliert, ist die Mikroskopie in Deutschland ausgesprochen populär. Etwa 4.000 Mitglieder zählt die gerade zwei Jahre alte Deutsche Mikroskopische Gesellschaft des MIKROKOSMOS-Gründers R. Francé. Man möchte diese Faszination von damals mit dem Triumphzug des Computers von heute vergleichen. Aber während dieser ohne Widerstand sei-

nen Einzug in die Schule halten konnte, standen der Schulmikroskopie seinerzeit große Hürden im Wege: Die Wissenschaft gehört nicht für die Schüler (...), Mikroskop und Seziermesser (... ) gehören nicht in die Schule, so Direktor Dr. Konrad Niemeyer 1869 in seiner Antrittsrede an der Kieler Gelehrtenschule. Erbers Kollegen unterrichteten damals das Schulfach Naturgeschichte beziehungsweise Naturbeschreibung zumeist als trockene Systematik. Es sollte noch lange Jahre dauern, bis das preußische Kultusministerium das Mikroskop als geeignetes Anschauungsmittel für den Biologieunterricht empfahl.

#### Zurück in die Gegenwart

Heute ist die Mikroskopie in der Schule fest verankert, wie beispielsweise ein Blick in den Biologie-Lehrplan von Schleswig-Holstein (1977) zeigt. So steht für die Schulform des Kollegen Erber, die Hauptschule, in der 7. Klasse Arbeiten mit dem Mikroskop auf dem Programm, wenn Die Zelle als Grundeinheit des Lebens eingeführt wird. Realschüler stellen in der 8. Klasse einfache Präparate her und untersuchen mit dem Mikroskop unter anderem Zwiebelhaut, Wasserpest und

← Fortsetzung von Seite 6

Mundschleimhautzellen. *Lebendbeobachtungen an Einzellern* machen die Achtklässler mit den Pantoffeltierchen im Heuaufguss bekannt. Klassenstufe 9 mikroskopiert das Blatt als Photosyntheseorgan. Auf den Gymnasien schließlich sollen die Schüler im 11. Jahrgang cytologische Untersuchungen mit dem Mikroskop durchführen.

**Ausrüstung ist nicht alles**

Und könnte sich Kollege Erber die mikroskopische Ausstattung meiner Schule ansehen, fände er wohl alle Blütenräume von 1908 gereift, ja übertroffen. Unsere keineswegs überdimensionierte Biologiesammlung enthält für circa 600 Schüler etwa 40 Schülermikroskope und 20 einfache Stereolupen. Zwei Lehrermikroskope ermöglichen Mikrofotografie sowie die Projektion mikroskopischer Objekte auf einen Bildschirm oder per Beamer. Weiterhin stehen Film- und Diageräte zur Verfügung, die allerdings gegenüber der digitalen Technik zunehmend in den Hintergrund treten. Zahlreiche Serien mikroskopischer Präparate, Mikrodias und -filme liegen darüber hinaus zur Untersuchung und Vorführung in der Biologiesammlung.

Allerdings könnte der Fachlehrer aus Böhmen nach wie vor feststellen, dass die curricular fixierten Ziele der Schulmikroskopie auch bei verbessertem Ausrüstungsstand nicht einfach zu erreichen sind. Wie ehemals gerät heutzutage eine Mikroskopierstunde in Lerngruppen von 25 oder 30 Schülern *sehr leicht langweilig, und die Kinder neigen zur Unruhe*. Schulmikroskopie besteht – leider! – in vielen Fällen darin, dass die überforderten Schüler flüchtig ins Okular schauen, nichts Sinnvolles erblicken und frustriert aufgeben. Nicht wenige Kollegen lehnen deshalb die Mikroskopie in den unteren Klassen ab. *Da wird an den Geräten mehr kaputtgemacht als sinnvoll gearbeitet!*

**Mikroskop und Computer**

Kollege Erber müsste wohl begreifen, dass Computer und Internet bei Schülern und Lehrern das Mikroskop ins Abseits gedrängt haben. Das ist eher erstaunlich, denn Lichtmikroskopie und Computertechnik sind in Wissenschaft und Forschung längst eine ideale Symbiose eingegangen. Ohne Probleme gelingt bei entsprechender Ausstattung an den Schulen die Projektion mikroskopischer Bilder von der DVD oder live aus dem Mikroskop mit dem Beamer. Schüler fertigen mühelos digitale Mikroaufnahmen an und verwenden sie in der Präsentation ihrer Themen. Allerdings würde Fachlehrer Erber wohl feststellen müssen, dass die gegenwärtige Ausbildung der Biologielehrer nicht zur sicheren Handhabung des Mikroskops führt. Für einen erfolgreichen Unterricht genügt es nicht, auf dem Präzisionsinstrument gleichsam mit einem Finger etwas herumklimpern zu können. Soll Schulmikroskopie über die Notation Zwiebelepidermis und Heuaufguss hinausführen, sind persönliche Neigung und Erfahrung der Lehrkraft gefragt. Der engagierte Kollege aus Böhmen sah es schon vor einem Jahrhundert als unumgänglich an, die nötigen Präparate *bereits vor dem Unterricht fertigzustellen*. *Ferner ist es notwendig, daß sich der Lehrer von jedem Präparat vor dem Unterricht auf einem Papierblatte eine kleine Skizze entworfen hat (...)*. Doch welcher Biologielehrer benutzt heute daheim regelmäßig ein Mikroskop? Wer nimmt sich nötigenfalls ein Gerät aus der Schule mit nach Hause und bereitet den Unterricht an diesem Gebiet so gründlich vor wie für andere Themen? Indes: Nur wenn die Lehrkraft vor dem Unterricht aus eigener Anschauung weiß, was das Mikroskop zeigen wird und was nicht, kann eine Mikroskopierstunde effizient und stressfrei gelingen.

Dabei verlangt ein erfolgreicher Umgang mit dem Mikroskop den Pädagogen keineswegs professionelle Fertigkeiten ab. Vergleichen wir es mit den Autofahren: Man muss den Motor richtig bedienen, die Verkehrsregeln beachten und die Fahrtroute kennen. Ein entsprechender Triathlon ist die Mikroskopie, wo es gilt, das Instrument richtig zu bedienen, geeignete Präparate herzustellen und über biologische Grundkenntnisse zu verfügen. Im Übrigen unterscheidet auch hier die Übung den Anfänger vom sicheren Teilnehmer. Mit der Übung stellt sich auch bald der nötige fachliche Überblick ein. Dann tut sich ein weites Betätigungsfeld für die Anwendung des Mikroskops in allen Klassenstufen auf.

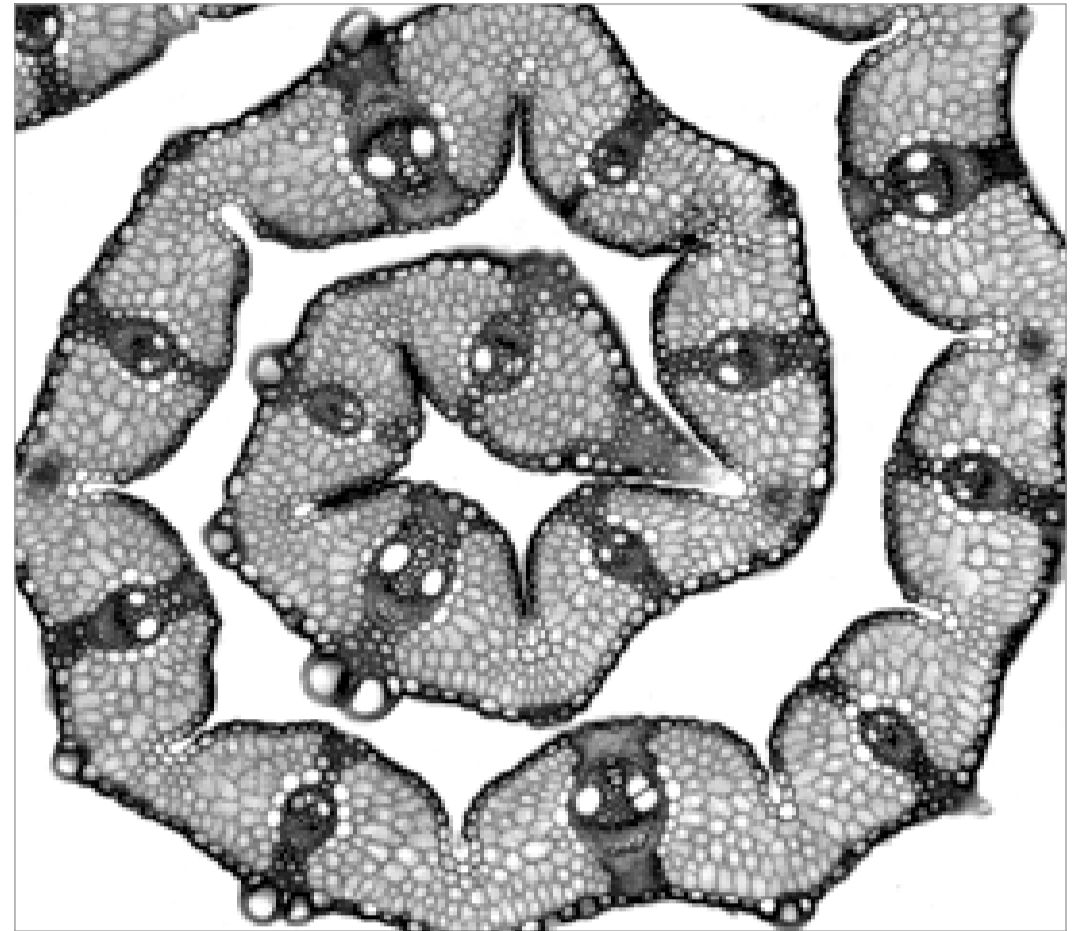
**So kann Schulmikroskopie begeistern**

Beispielsweise können schulnahe Biotope zum Galapagos vor der Schultür werden – dazu genügen bereits ein Tümpel in der Nähe oder die

Pflasterfugen-Vegetation auf dem Schulhof. Im hundertjährigen MIKROKOSMOS stellen Praktiker zahllose andere Möglichkeiten vor. Gar nicht selten zeigt der Blick ins Mikroskop den erstaunten Schülern, dass nicht alles so ist, wie es in den Schulbüchern steht. So stellen die Unterrichtswerke als scheinbar einzigen Blatt-Typus das bifazial-hypostomatische Buchenblatt (Spaltöffnungen nur auf der Unterseite) vor. Schon einfache Querschnitte offenbaren: Andere Standorte, andere Anpassungen! An der Küste etwa können Schüler Strandpflanzen sammeln und sehen, dass sie zumeist amphistomatisch-äquifaziale Blätter (Blattober- und Blattunterseite gleich, beide mit Spaltöffnungen) besitzen. Dieses spannende ökologisch-evolutive Thema können ältere Jahrgänge selber mikroskopisch erarbeiten, während man in unteren Klassen gerne zu selbst gefertigten Mikrodias oder zur Videoprojektion greifen wird. Oder: *In ihren ledrigen Blättern speichert die Olive Wasser*, will ein Reiseführer wissen. Nichts dergleichen – erkennen die Schüler bei der mikroskopischen Untersuchung. Vielmehr hält ein ausgeprägtes Festigungsgewebe das Olivenblatt auch bei Trockenheit in Form. Entsprechende Präparate für 25 Schüler lassen sich in circa dreistündiger Heimarbeit schneiden, färben und einbetten – als jederzeit verfügbare Dauerpräparate, wohlgemerkt. Auf diesem Wege lässt sich der Präparate- und Mikrofotobestand der Schulsammlung lehrplanbezogen und nahezu kostenlos erweitern. Und schon Tacitus wusste (hier eher als Pädagoge denn als Historiker): *Eigenes benutzen wir lieber als Fremdes*. Oder: *In der Nacht wird die assimilierte Stärke aus dem Blatt abgeführt* – so unisono die Biobücher. Keineswegs vollständig, wie ein entsprechendes Schülerexperiment mikroskopisch belegt. Vielfach fungiert das Organ auch als Stärkespeicher. Muss angesichts solcher Möglichkeiten ausdrücklich erwähnt werden, dass eine Biologiestunde unter der Stabführung einer mikroskopisch versierten Lehrkraft Schüler mitzureißen vermag?

**Es könnte noch besser werden**

Wenn also die Schulmikroskopie derzeit noch immer hinter ihren Möglichkeiten zurückbleibt,



Aufgerollte Blattspreite des Landreitgrases. Ein uraltes Phänomen der Pflanzenarchitektur kann der Biologielehrer auf seinem Unterrichtsfoto sichtbar machen: Das Zweckmäßige ist zugleich schön – Ästhetik als Sekundärmotivation. Foto: Erich Lüthje, Kiel

liegt dies einerseits sicherlich daran, dass in etlichen Schulen eine gute Ausrüstung mit Mikroskopen und Stereolupen fehlt. Berücksichtigt man indes die relativ günstigen Preise schultauglicher Geräte, dürfte dies Manko nicht unabänderlich sein. Gravierender erscheint mir die unzureichende mikroskopische Praxis der Unterrichtenden, mit der dann auch verständlicherweise eine geringe Neigung zum Einsatz des Mikroskops im Unterricht einhergeht. Fachlehrer Erber müsste heutzutage nicht mehr auf die Aufstellung mehrerer Instrumente verzichten und fände überdies

sein ersehntes Projektionsmikroskop vor – wünschgemäß mit sehr starker Lichtquelle. Er würde dessen große, leicht einzusehenden Vorteile gewiss freudig nutzen und seine Schüler mit lebendigem Unterricht zu begeistern wissen. Es wäre schön, wenn es ihm in unserer Zeit weitaus mehr Biologielehrer nachtäten als bislang.

DER VERFASSER IST PROMOVIERTER ALTPHILOLOGE UND OBERSTUDIENRAT (BIOLOGIE, LATEIN) AM HANS-GEIGER-GYMNASIUM, KIEL ■

# Wege in den Nanokosmos Wilhelm Barthlott/Anna J. Schulte

## Die Welt des Mikrokosmos als Vorbild für Innovationen

**Die interessantesten Phänomene und Vorgänge in der Natur spielen sich an Grenzflächen ab. Bei der Entdeckung dieser Erscheinungen nimmt die moderne Mikroskopie eine entscheidende Rolle ein und gewährt spannende Einblicke in den Mikrokosmos natürlicher Oberflächen. Überraschender Weise sind neben der biologisch faszinierenden Formenvielfalt auch technisch nutzbare Strategien auf den Grenzflächen zu finden.**

Grenzflächen zwischen Festkörpern und ihrer gasförmigen oder flüssigen Umgebung weisen oftmals erstaunliche Eigenschaften auf. Diesen Eigenschaften auf die Schliche zu kommen, ist Ziel vieler physikalischer und chemischer Untersuchungen, die sich mit den atomaren und mo-

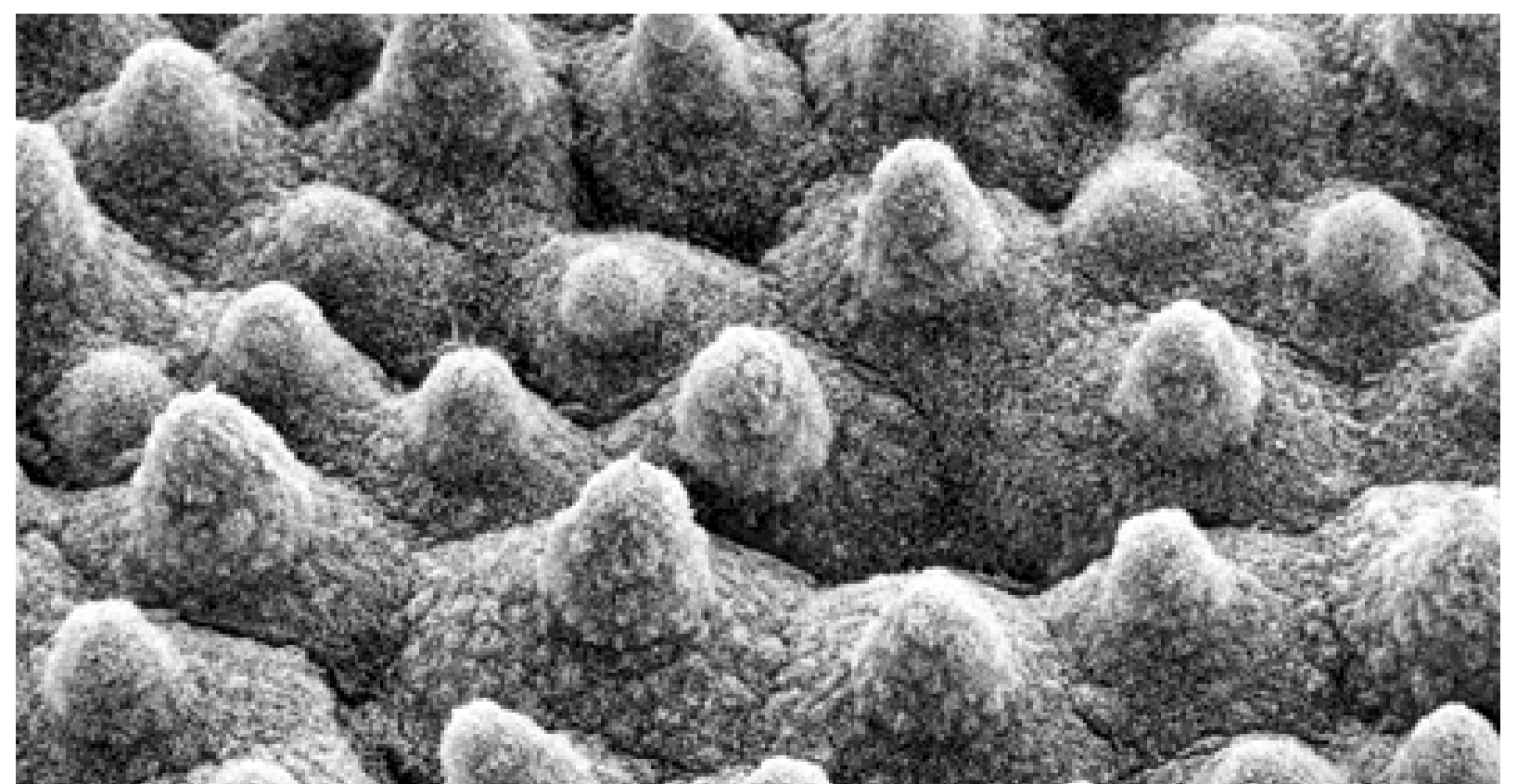
lekularen Grundlagen der Grenzflächen auseinandersetzen. Wechselwirkungen zwischen Festkörpern und ihrer Umwelt vollziehen sich fast ausschließlich über ihre Grenzflächen. Das gilt sowohl für Membranen innerhalb einer einzelnen Zelle als auch für die Biosphäre, die eine Art Grenzfläche für unseren Planeten darstellt. Daher ist es nicht verwunderlich, dass Pflanzen und Tiere für eine erfolgreiche Kommunikation und den Austausch mit ihrer Umwelt hochkomplexe, multifunktionale Oberflächen entwickelt.

**Einsichten durch Aufsichten**

Mikroskope ermöglichen uns faszinierende Einblicke in die Strukturvielfalt biologischer Grenzflächen. Die Lichtmikroskopie verhalf dabei zu ersten Erkenntnissen über die Beschaffenheit von

Oberflächen, Zellen oder sogar Organellen. Unter optimalen Bedingungen können Objekte unterschieden werden, die bis zu 200 nm voneinander entfernt liegen. Was aber liegt jenseits dieser Grenze?

Ende der 60er Jahre vollzog sich mit der Erfindung des Rasterelektronenmikroskops ein Dimensionssprung in der Mikroskopie. Bei einer deutlich höheren Auflösung konnten erstmals Strukturen abgebildet werden, die bis zu 1 nm voneinander entfernt lagen. Der Weg in den Nanokosmos pflanzlicher und tierischer Oberflächen war geebnet. Es eröffnete sich der Blick auf eine beeindruckende strukturelle Diversität verschiedenster Grenzflächen. Eine Vielfalt an Zell-



Die Lotusblume: Strukturierte Oberfläche mit selbstreinigendem Effekt. Foto: Wilhelm Barthlott, Bonn

## ← Fortsetzung von Seite 7

### Wege in den Nanokosmos

formen, Ausstülpungen, Fältelung und Auflage-  
rungen, die zur Ausbildung hoch komplexer  
Oberflächen führte.

Aber noch Faszinierenderes kam zum Vorschein.  
Einige pflanzliche Oberflächen wiesen einen  
unglaublichen Schmutz und Wasser abweisen-  
den Effekt auf. Als Beispiel einer solchen hoch  
komplexen und zudem multifunktionalen Ober-  
fläche, dienen die Blätter der Heiligen Lotusblu-  
me, die in asiatischen Religionen als Symbol der  
Reinheit gilt. Ihre Blätter entfalten sich makellos  
sauber aus dem Schlamm der Gewässer. Diese  
Eigenschaft der Selbstreinigung ist Gegenstand  
detaillierter Untersuchungen über die vielfälti-  
gen Strategien der Natur, sich vor Verschmutzun-  
gen und pathogenem Befall zu schützen.

#### Lotoseffekt: Was verbirgt sich dahinter?

Bei genauerer Betrachtung dieses Phänomens im  
Rasterelektronenmikroskop kommen Mikro- und

Nanostrukturen zum Vorschein, die sich im Lau-  
fe von Millionen von Jahren der Evolution opti-  
miert haben. Weitere Arbeiten enthüllen den be-  
eindruckenden Zusammenhang zwischen Che-  
mie, Ultrastruktur, Benetzbarkeit und Verschmutz-  
barkeit von Grenzflächen. Diese Oberflächen  
weisen ein fein austariertes System verschiede-  
ner Strukturparameter auf. Dabei bilden Ausstül-  
pungen der äußersten Pflanzenzellen eine Grob-  
struktur, die wiederum von einer Wasser abwei-  
senden Feinstruktur überzogen wird. Diese Fein-  
struktur wird von einer Vielfalt aufgelagerter  
Wachskristalle gebildet. Röhrcen, Platten und  
Plättchen, Stäbchen, Granula und Fäden; dem  
Ideenreichtum sind dabei keine Grenzen gesetzt.  
Aber wie funktioniert die Selbstreinigung? Was-  
sertropfen wie auch Schmutzpartikel liegen auf  
den Wasser abweisenden Strukturen wie ein Fak-  
ir auf dem Nagelbrett. Dadurch ist die Auflage-  
fläche um bis zu 99 Prozent minimiert, und die  
Anhaftungskräfte des Tropfens auf der Oberflä-  
che werden stark verringert. Aufgrund dieser Tat-  
sache und der Oberflächenspannung des Was-  
sers formt sich der Tropfen zu einer Kugel und

rollt von der Oberfläche ab. Pathogene (Bakteri-  
en) sowie Schmutzpartikel, die ebenso auf der  
Oberfläche liegen, werden vom Wassertropfen  
mitgerissen und von der Grenzfläche entfernt.  
Neben diesem Effekt beinhaltet der Aufbau wei-  
tere Vorteile. Mikrostrukturen können das Reflek-  
tionsverhalten der Sonnenstrahlung und die  
Konvektion (Luftströmung) auf den pflanzlichen  
und tierischen Oberflächen beeinflussen und  
lassen so multifunktionale Grenzflächen entste-  
hen.

#### Aktuelle Forschungsdisziplin Bionik

Die Tatsache, dass der Selbstreinigungseffekt auf  
physikalischen und chemischen Eigenschaften  
beruht, ist die Grundvoraussetzung für eine er-  
folgreiche Übertragung in die Technik. Aus den  
gewonnenen Erkenntnissen konnte Anfang der  
90er Jahre das erste technische Produkt unter  
dem Markennamen Lotus-Effect® auf den Markt  
gebracht werden: Die Fassadenfarbe Lotusan der  
Firma Sto. Dabei handelt es sich um eine Sili-  
konharzfarbe, die sich bei regnerischem Wetter  
selbst von Verschmutzungen reinigt. Seit ihrer

Markteinführung wurde sie bereits auf bis zu  
500.000 Gebäuden erfolgreich verwendet, wie  
zum Beispiel auf einem großen Teil der Gebäu-  
de des Nikolai-Viertels in Berlin-Mitte. Mikro-  
kopische Erkenntnisse weisen uns damit beein-  
druckend den Weg in das Inspirationsreservoir  
des Mikrokosmos.

Natürlich können die biologischen Strukturen  
nicht 1:1 in eine praktische Anwendung über-  
tragen werden. In der Bionik – einer Fachrich-  
tung, die Biologie mit Technik verknüpft, wird aber  
versucht, Konstruktionsprinzipien der Natur zu  
erkennen und derart zu modifizieren, dass sie  
technisch einsetzbar werden. Die ausgefeilten  
Systeme, die sich in der Natur während Millio-  
nen von Jahren entwickelt und bewährt haben,  
können hierbei als hervorragende Vorlage die-  
nen.

PROF. DR. WILHELM BARTHLOTT UND ANNA  
JULIA SCHULTE SIND AM NEES-INSTITUT FÜR  
BIODIVERSITÄT DER PFLANZEN DER RHEINI-  
SCHEN FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT  
BONN TÄTIG ■

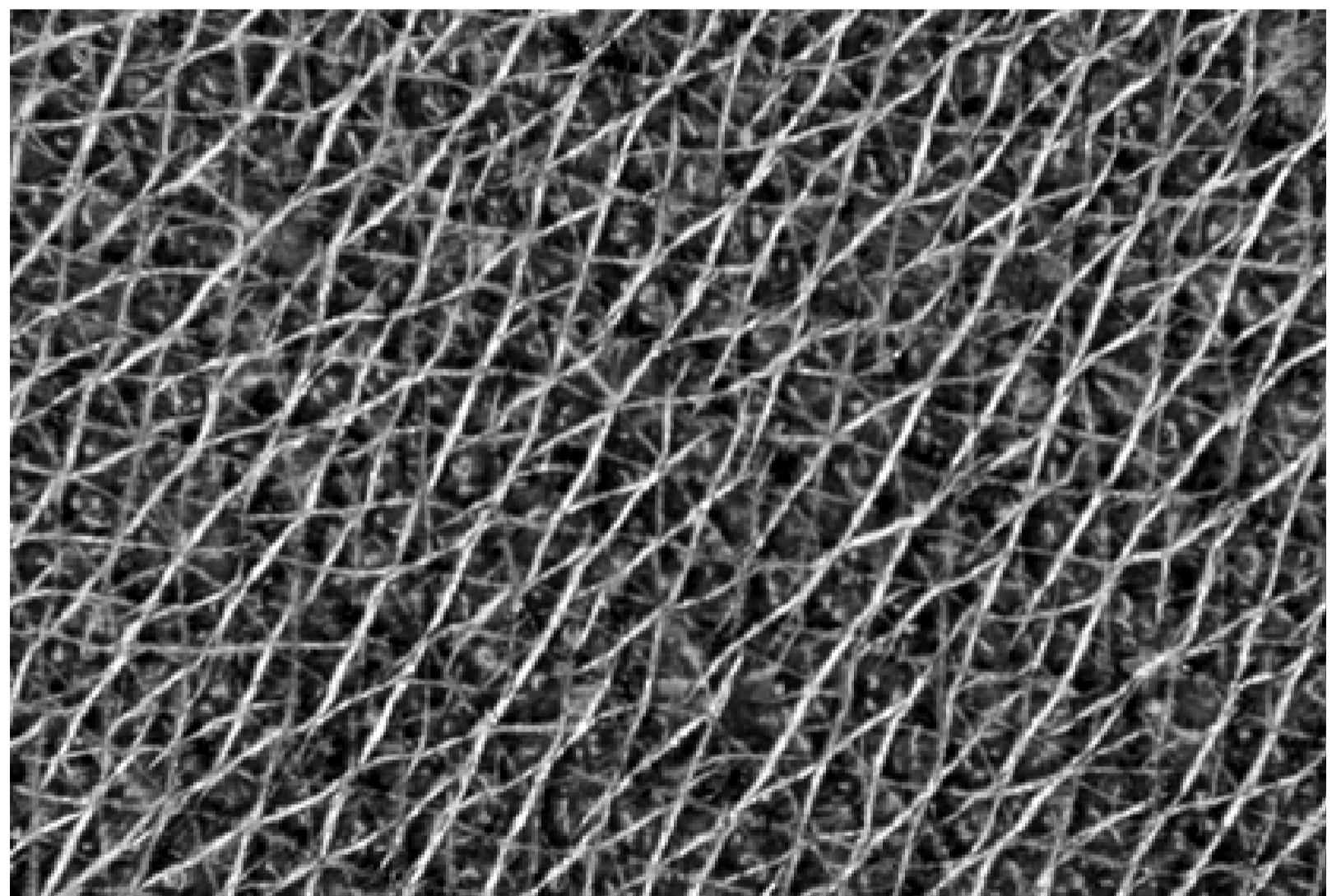
# Hautgeschichten – Hauttopographie Zane Bērziņa

Wissenschaftliche Fotografie als Medium zur Entwicklung des Organs

Die Wissenschaft der Biologie erreicht un-  
serer tägliches Leben. Sie zwingt uns zur  
Bewertung aller jener Bezeichnungen, die  
für unser Leben und Selbstvertrauen wes-  
entlich sind: Beschaffenheit, Persönlichkeit,  
Identität, Gesundheit, Körper, Natur, Schick-  
sal, Schuld. Selbstverständlich ändert sich im  
Zeitalter der künstlichen Zellen und der  
optimalisierten Organismen die Art, das  
Leben zu betrachten. Traditionelle Grenzen  
verschwinden. Gene und Organe werden  
transferiert und ausgetauscht. Organische  
Gewebe werden in Labors gezüchtet. Kyber-  
netische Forschung wird immer komplexer;  
technologische und menschliche Systeme  
bewegen sich näher und näher einander zu,  
so dass es in zunehmendem Maße schwie-  
riger wird, zwischen ihnen zu unterscheiden.

Hinsichtlich dieses kulturellen Kontextes, und  
nachdem ich die Haut als Oberfläche während  
meines Projektes „Tattoos“ studiert hatte, sah ich  
eine Notwendigkeit, den folgenden Schritt in die  
„Tiefe“ der Haut zu unternehmen. Durch die  
Nutzung von medizinischen Untersuchungsmetho-  
den habe ich die Schichten und die Funktio-  
nen der Epidermis mit dem Ziel erforscht, diese  
Phänomene für meine künstlerische Praxis zu  
analysieren. Ich habe die anatomischen Struktu-  
ren und die Beschaffenheit des menschlichen  
Hautgewebes mit Hilfe moderner mikroskopi-  
scher Technologien dargestellt. Die Resultate  
habe ich in Form von wissenschaftlichen Fotos  
und Videos dokumentiert. Die Auswahl der er-  
fassten visuellen Materialien bilden die Grund-  
lage und die Bezüge für meine kreative Arbeit.  
In Zusammenarbeit mit Biologen und mit Hilfe  
neuer Technologien in meiner praxisorientierten  
Forschung wurde das Projekt ins Leben gerufen.  
Diese Forschung analysiert, wie wissenschaftliche  
Gedanken zeitgenössische Kunst und Design  
beeinflussen und umgekehrt, wie Kunst- und  
Designpraktiker das Potential haben, wissen-  
schaftliche Prozesse zu beeinflussen.

Für das Projekt „Hautgeschichten – Hauttopogra-  
phie“ habe ich die wissenschaftliche Fotografie



Strukturgefüge der Oberfläche menschlicher Haut. Foto: Zane Bērziņa, London

absichtlich als Medium genutzt, um jene Objek-  
tivität – oder im Gegenteil jene Subjektivität –  
eines so persönlichen und intimen Organs wie  
der menschlichen Haut zu analysieren.

Diese Forschung wurde teilweise in einem Labor  
durchgeführt, um die anatomischen Strukturen  
und Texturen der menschlichen Haut mit wissen-  
schaftlichen mikroskopischen Darstellungsmetho-  
den abzubilden. Insbesondere wurden Lupe,  
Lichtmikroskop und Rasterelektronenmikroskop  
verwendet. Zusätzlich zur Herausforderung des  
Entdeckens und Verstehens des komplexen Auf-  
baus der menschlichen Haut war ich als Desig-  
nerin und Künstlerin ebenso daran interessiert,  
die Vergrößerungsmöglichkeiten als spezielles  
Werkzeug für ästhetische Entscheidungen der il-  
lustrierenden Interpretationen einer speziellen  
biologischen Art zu nutzen.

Durch Veränderung der Lichtbedingungen, Wech-  
sel der Objektive und Manipulierung der end-  
gültigen Darstellung wird das Bild entsprechend  
der subjektiven ästhetischen Überzeugung ge-  
schaffen. Dies könnte dazu führen, die Verläss-  
lichkeit der visuellen wissenschaftlichen Informa-  
tion in Frage zu stellen. Trotz seiner wissenschaft-  
lichen Herkunft zeigt das Mikroskop nicht not-  
wendigerweise die „Wahrheit“. Es vergrößert  
Objektstrukturen und – wenn die visuelle Infor-  
mation aus dem Kontext genommen wird –  
schafft es eine Abstraktion.

Die Übertragung hautähnlicher Eigenschaften in  
die Terminologie der Textilbranche basiert auf den

Informationen der Hautgewebestudien. Die Qua-  
litäten der Haut wurden in drei Kategorien ein-  
geteilt, nämlich: Gedächtnis und Identität, Reiz-  
aufnahme und Kommunikation, Schutz und Kom-  
fort. Diese werden durch die Verwendung ver-  
schiedener textil-bezogener Technologien und  
Eigenschaften bestimmter Materialien auf meine  
Textil-Interpretationen übertragen.

Die natürlicherweise interaktive und multifunkti-  
onale „Technologie“ unserer Haut hat diese For-  
schung und meine Studio-Praxis beflügelt, indem  
sie Mittel vorgeschlagen hat, wie die ursprüngliche  
biologische Information am besten interpretiert  
werden kann. Zum Beispiel wird die sensorische  
Information der Außenwelt durch die Haut  
aufgenommen und in Form von elektrischen Im-  
pulsen an das Gehirn weitergeleitet. Dieser bio-  
logische Mechanismus legte die Verwendung ei-  
nes elektrischen Stroms als Hauptstimulus für be-  
stimmte abzulaufende Prozesse in meiner Arbeit  
nahe, um die Interaktivität der textilen Membranen  
zu unterstützen. Ich wählte also die Elektrizität  
als Werkzeug, die Textilien zu beleben und  
ahmte so ein funktionierendes Nervensystem  
nach. In ein Großteil des neuen Textilsystems wurde  
flexible Elektronik eingearbeitet. Dazu wurden  
verschiedene Fasersysteme und Herstellungswei-  
sen verwendet, die leitende und halbleitende Ei-  
genschaften besaßen beziehungsweise erzeugten.  
Diese können in ein Textilsystem aus traditionel-  
len Technologien wie Stickerei, Näherei und We-  
berei übertragen werden.

#### Haut-Charts I und II

In zwei Installationen werden die Hautoberflä-  
chen von Menschen verschiedener Rasse, Alter  
und Geschlecht untersucht. Für beide Installati-  
onen wurden von Freiwilligen Negativabdrücke  
der verhornten Epidermisschicht der Haut  
abgenommen, so genannte Haut-Impressionen.  
Diese wurden mit einem Lichtmikroskop oder  
einer Lupe fotografiert. Mit dieser nicht-invasi-  
ven Methoden kann die Topografie der Haut  
analysiert werden. Die Negativabdrücke der  
Haut sind transparent und farblos, doch durch  
verschiedene Beleuchtungsbedingungen war es  
möglich, verschiedenste Bildeindrücke zu erzeu-  
gen.

Für die Bilderserie Haut-Charts II wurden zusätz-  
lich zu den Negativabdrücken histologische Haut-  
präparate verwendet, um die Struktur oder Ar-  
chitektur der Haut zu untersuchen. Die Präpara-  
te zeigten Quer-, Tangential- und Sagittalschnit-  
te der menschlichen Haut von Kopf, Armbeuge,  
Lippen und anderen nicht spezifizierten Regio-  
nen.

Diese ermöglichten eine Innenansicht der Kon-  
struktion und Organisation der Hautschichten  
und ihrer Komponenten. In weiteren Installati-  
onen wurden die Muster und Strukturen der Haut  
auf Textilien übertragen.

DIE VERFASSERIN IST RESEARCH FELLOW AM  
GOLDSMITHS COLLEGE, UNIVERSITY OF LON-  
DON, LONDON ■

## Mikroskopie in der Textilkunst

Zuweilen dient die Mikroskopie nicht nur dem  
wissenschaftlichen Wissensgewinn oder dem  
Spaß an Naturbeobachtungen, sondern inspi-  
riert auch Künstler. Im vorliegenden Fall hat  
eine Textilkünstlerin die menschliche Haut als  
Objekt entdeckt und in Kunst- und Gebrauchs-  
objekte umgesetzt. Zane Bērziņa, geboren  
1971 in Riga (Lettland), studierte Textilkunst in  
Riga, Helsinki sowie Berlin und promovierte im  
Jahr 2004 am London College of Fashion, Uni-  
versity of the Arts, zum Dr. phil. Seit 1993 prä-  
sentierte sie ihre Werke in Ausstellungen und  
hat bereits etliche Auszeichnungen erhalten.  
Das abgedruckte Bild zeigt einen Ausschnitt aus  
ihrem Projekt „Hauttopographie“ vorgestellt.  
Ein umfassenderes Bild ihrer Arbeiten zu die-  
sem Thema zeigt der Ausstellungskatalog „Skin  
Stories II, Archaeology of Skin“ auf, der vom  
Foreign Art Museum, Riga, Lettland, und Bri-  
tish Council, UK, publiziert wurde.  
Redaktion MIKROKOSMOS

# Kann man davon leben? Klaus Hausmann

## Mikroskopie und Mikrofotografie

Es klingt zunächst eher abwegig, allein mit der Mikroskopie, die viele als Hobby betreiben, den Lebensunterhalt verdienen zu wollen. Nichtsdestoweniger gelingt dies beispielsweise seit über 10 Jahren der Biologin Nicole Ottawa und dem Fotografen Oliver Meckes in Reutlingen und seit fast einem halben Jahrhundert dem Institut für wissenschaftliche Fotografie Kage in Weissenstein.

### Die Reutlinger Mikro-Foto-Schmiede

Eine passable Ausstattung an Technik und deren sorgfältige Wartung, das Erkennen eines Bedarfs auf dem Markt bei der Erstellung von Archivaufnahmen – wie beispielsweise die wiederkehrenden Themen Pollen, Bakterien, Immunsystem, Hausstaubmilben – und das Streben nach Perfektion und höchster Ästhetik in der Bildgestaltung, also die Schaffung einer eigenen Handschrift, stellen das Grundgerüst dar.

Kennen gelernt haben sich die beiden 1993 bei der Arbeit auf Schloss Weissenstein, im Institut für wissenschaftliche Fotografie, bei Manfred Kage. Von dem wird gleich die Rede sein. Die Biologin Ottawa mit dem Interesse an der Fotografie und der Fotograf Meckes mit dem Interesse an den Naturwissenschaften gründeten 1995 in Reutlingen die Firma eye of science (www.eyefscience.de). Das Ziel ist es, wissenschaftlich korrekte und gleichermaßen ästhetische Bilder zu schaffen, die dem Laien die Wissenschaft verständlich machen und anschaulich näher bringen.

Für die Existenzgründung wurden nach langer Suche ein gebrauchtes Rasterelektronenmikroskop (REM), ein Fotomikroskop und eine Stereolupe erworben. Die Computer hatten zu dieser Zeit gerade eine Kapazität erreicht, die es erlaubte, hochwertige, professionelle Bilddaten zu verarbeiten. So konnten die Bilder, die am digitalisierten Elektronenmikroskop erzeugt wurden, in bester Qualität koloriert werden. Vor dieser Zeit wurde die Kolorierung von REM-Aufnahmen von Hand mit Eiweiß-Lasurfarben, durch Farbfilter im Mikroskopsystem oder unter höchst zeitintensivem Aufwand in der Dunkelkammer vorgenommen. Die Ergebnisse konnten sich bis maximal halbseitiger Abbildung sehen lassen und waren seinerzeit revolutionär.

eye of science betrat also Mitte der neunziger Jahre mit der speziellen Zielsetzung, computergenerierte Kolorierungen primär von REM-Bildern vorzunehmen. Neuland. Nicole Ottawa und Oliver Meckes mussten den Pinsel und das Fotopapier gegen eine Computermaus und einen Bildschirm eintauschen. Die Entwicklung der Technik schritt zügig voran, und die Maus wich bald dem Art Pad und dem digitalen Zeichenstift. Auch die Qualität der Bilder konnte im Lauf der Jahre noch weiter gesteigert werden. Die Dateien sind heute bis zu sechsmal größer als zur Gründungszeit. Die Ausstattung des Mikroskops mit speziellen Detektoren ermöglichte eine der Fotografie ähnliche Bildwirkung und verschaffte den Bildern einen noch realistischeren Eindruck. Inzwischen konnte das Inventar auf zwei Rasterelektronenmikroskope und mehrere Computer für die digitale Nachbereitung der Bilder aufgestockt werden, und eine Mitarbeiterin in Sachen Bildbearbeitung erweiterte das kreative Team.

Grundsätzlich kann alles das mikroskopisch dargestellt werden, was klein genug für die Probenkammern des REMs ist. Die ersten Proben waren Pollen, die eigenen Gartenkräuter (eine Bildgeschichte, die für GEO produziert wurde) oder Bakterienproben, die im Stuttgarter Gesundheitsamt besorgt werden konnten. Im Laufe der Jahre hat sich der Arbeitsbereich auf Medizin, Technik sowie Chemie und Pharmazie – eben Naturwissenschaft im weitesten Sinne – ausgedehnt.

Die Vorgehensweise besteht prinzipiell immer aus denselben Schritten: Probenbeschaffung, Sichtung mit dem Stereomikroskop, Fixierung, Entwässerung, Trocknung, Vergolden für die elektrische Leitfähigkeit, Fotografieren. Dann folgt die meist sehr zeitaufwändige digitale Nachbearbeitung am Rechner. Für ein gelungenes Shooting geht schnell eine Woche dahin.

Anfangs waren die Auftraggeber Schulbuchverlage und naturwissenschaftlich oder medizinisch orientierte Zeitschriften. Inzwischen reicht die Liste der Auftraggeber von A wie Arte, B wie BASF über G wie GEO, S wie Science bis hin zu Z wie ZDF. Bakterien werden genauso respektvoll behandelt und unter die Lupe genommen wie Mikrochips, Teile des menschlichen Körpers, Parasiten oder einfach die heimischen Stubenfliegen. Bislang gab es Bildreportagen zu den Themen Heilpflanzen, Parasiten, Bionik, Schleimpilze, Nanotechnologie, um nur einige zu nennen. Zurzeit



Ameise mit Fahrrad. Foto: Christina und Manfred Kage, Schloss Weissenstein



Portrait einer Fliegenmade. Foto: eye of science, Reutlingen

in Arbeit sind neben anderen Projekten die Themen Neue Werkstoffe, Staub und wieder einmal Parasiten.

2002 erschien in Zusammenarbeit mit GEO das Buch *Die fantastische Welt des Unsichtbaren*. Auf rund 200 Seiten kann in Ruhe die unerschöpflich erscheinende Erfindungslust der Natur betrachtet werden. Das Kinderbuch *Der Mikrokosmos für Kinder erklärt* wurde 2004 für den deutschen Kinderbuchpreis in der Kategorie Sachbuch nominiert (es ist inzwischen leider vergriffen). Bilder leben davon, dass sie gesehen werden! So erscheinen seit 1997 in unregelmäßiger Folge Industrie-Werbekalender, und seit 2002 ist zudem ein großformatiger Kalender mit dem Titel *Verborgene Welten* mit 12 ausgewählten Motiven im Handel erhältlich. Das ständig wachsende Bildarchiv wird in Deutschland von der Bildagentur Focus in Hamburg betreut. Im internationalen Bereich kümmern sich SPL (Science Photo Library) mit Sitz in London und Photo Researchers in New York um die Vergabe von Bildrechten.

Die Arbeit wurde schon mehrfach international prämiert, Platzierungen gelangen beim World Press Photo Award, und 2002 wurden die Mikrofotografen mit dem in der Szene hoch angesehenen Lennart Nilsson Award ausgezeichnet. In Kunstkreisen gewinnen die Aufnahmen immer mehr Bewunderer. Eine Ausstellung mit ausgewählten Arbeiten im Quadratmeterformat besticht durch farbliche Brillanz und räumliche Tiefe. Nach Ausstellungsorten wie Hamburg, Konstanz, Mannheim, Paris, Schleswig und Stuttgart sind die Bilder nun in Belgien im Kulturzentrum Knokke-Heist zu sehen.

Und die Zukunft? *Das Material wird uns nicht ausgehen! Eher die Zeit es zu fotografieren*, stellen Nicole Ottawa und Oliver Meckes fest. Soweit zu den seit rund einer Dekade erfolgreichen Reutlinger Unternehmern in Sachen Mikrofotografie.

### Wissenschaftliche Mikrofotografie im Kage-Schloss

Auf einen ungleich längeren Zeitraum blickt Manfred Kage zurück. Vor fast 50 Jahren hat sich der gelernte Chemielaborant für die professionelle Beschäftigung mit der Mikrofotografie entschieden. Was in einer Mietwohnung in Winnenden (Württemberg) 1959 begann, wurde 1972 im Schloss Weissenstein, Lauterstein, fortgesetzt. Von einem kaum nachvollziehbaren Enthusiasmus getrieben baute Kage, der sich den größten Teil seiner Optik- und Mikroskopierkenntnisse im Selbststudium erarbeitete, in diesem über 500 Jahre alten Gebäude sukzessiv eine unglaublich vielseitige Institution für Mikrofotografie auf. Hier findet sich eine Vielzahl an mikrofotografischen Einrichtungen, und wenn man es nicht selbst gesehen hat, glaubt man kaum dem, was man in der Branche zu erzählen weiß, und was im Internet nachzulesen ist (institut-kage.com).

Will man im Kage-Unternehmen von einer Mikroskopierart auf die nächste wechseln, wird nicht etwa ein Mikroskop umgerüstet, sondern man wechselt schlichtweg den Arbeitsplatz, geht also zum nächsten Mikroskop. Und zum nächsten. Und zum nächsten. Und zum nächsten. Woher alle diese Instrumente stammen könnten, wird bei einem flüchtigen Besuch nicht klar. Teilweise sind es sehr

betagte Geräte, die wahrscheinlich aus irgendwelchen Nachlässen stammen, die aber in einem absoluten Topzustand sind und jederzeit für professionelle Arbeit vom Feinsten eingesetzt werden können. Es finden sich dort Systeme und Technologien, die heutzutage nirgendwo mehr käuflich erworben werden können, und die auch kaum noch jemand zu bedienen in der Lage ist. Im Kage-Schloss ist es möglich. Und es gibt zahllose Schränke und Vitrinen, die reinste Fundgruben für optisches Zubehör sind. Selbstredend finden sich Fotodunkelkammern, welche für die Herstellung von Farbfotos im Quadratmeterformat ausgerüstet sind, was heutzutage, in der digitalen Ära allerdings nicht mehr so gefragt ist, wie seinerzeit. Selbst eine voll eingerichtete Feinmechanikerwerkstatt für die Reparatur und Neuentwicklungen von Mikroskopkomponenten steht zur Verfügung.

Nun ist es aber nicht so, dass man im Institut für wissenschaftliche Mikroskopie nur von antiken Gerätschaften umgeben ist. Ganz und gar nicht. Selbstredend finden sich gleichermaßen Mikroskoptypen der aktuellsten Generation und der höchsten Qualitätsklasse. Und natürlich hat auch hier seit geraumer Zeit die digitale Fotografie und Bildbearbeitungstechnik Einzug gehalten. Die Dunkelkammern sind weitestgehend von Hochleistungscomputern abgelöst worden.

Das Rasterelektronenmikroskop ist mehr oder minder seit Anbeginn der Arbeiten im Schloss ein zentrales Arbeitsgerät gewesen. Es war Manfred Kage, der damals, als noch alle Fotos das REM in Grautönen verließen, den Schritt gewagt hat, Farbe in die Objekte zu bringen. Er schaffte es seinerzeit, durch die Entwicklung eines Gamma-Diskriminators und Einfügung von Farbfiltern in den REM-Strahlengang das zu verwirklichen, was er dann REM-Color nannte. Heutzutage gehört die Kolorierung von REM-Bildern zum Alltagsgeschäft der Bildschaffenden. Damals war es absolute Pionierarbeit, wie es bei so vielen von Manfred Kages Innovationen der Fall ist.

Es würde den Rahmen dieser knappen Zusammenstellung sprengen, auf all das einzugehen, was im Schloss in den Jahren seiner Tätigkeit entstanden ist. Daher seien nur ein paar Highlights erwähnt. Manfred Kage und seine ebenso in die Firma involvierte Frau gehörten seinerzeit zu den ersten, die für Lichtboxen, welche anlässlich diverser Fachmessen mit Diapositiven von nur mikroskopisch erkennbaren Kristallstrukturen chemischer Substanzen im DIN A0-Format und größer bestückt wurden, die Bildvorlagen lieferten. Sie zählten zu den Pionieren der Multi-Monitor-Schauwände, die vor vielen Jahren große Beachtung fanden, und die sie mit Mikrofotos edelster Qualität ausstatteten. Sicher, das ist heute Schnee von gestern, galt aber damals als absolute Spitzenleistung.

Man muss eigentlich nicht gesondert erwähnen, dass die Kage-Produktionen in zahllosen Schulbüchern dazu beigetragen haben und immer noch beitragen, für diesen Bereich die Darstellung der mikroskopischen Dimension adäquat und zeitgerecht wiederzugeben. Darüber hinausgehende Buchproduktionen beispielsweise über die mikroskopische Facette der Herstellung von integrierten Schaltkreisen, also der in unserem heutigen

Alltag nicht mehr wegzudenkenden Chips, wurden in Kooperation mit Konzernen wie IBM realisiert.

Über die Erstellung von Mikrofotos hinaus hat sich das Institut Kage bereits zu Zeiten, als die heutzutage vergessene U-Matic-Technologie das Non-plus-ultra für Videoaufzeichnungen bedeutete, engagiert und ein eigenes Aufnahmestudio dafür aufgebaut, Videografien höchster Qualität herzustellen. Unterdessen sind diese Dokumente in die heutzutage üblichen elektronischen Dateiformate überführt worden. Sie werden immer wieder in diversen Fernsehproduktionen, wenn es um die Visualisierung bestimmter Vorgänge in der mikroskopischen Dimension geht, eingesetzt. Basierend auf diesem Material gibt es auch eine ansehnliche Anzahl von Filmproduktionen für Promotion-Aktivitäten, aber auch für wissenschaftliche Belange. So produzierten Christina und Manfred Kage beispielsweise die DVD *The Secret World of Protists* für die Eröffnungszeremonie der 25-jährigen Jubiläumstagung der Deutschen Gesellschaft für Protozoologie in Berlin.

Selbstverständlich ist das seit langen Jahren international anerkannte Kage-Familienunternehmen für seine Leistungen mit einer Vielzahl von Preisen gewürdigt worden. Es würde den Rahmen dieser Zusammenstellung sprengen, alle Ehrungen aufzulisten. So sei nur stellvertretend erwähnt, dass das Institut für wissenschaftliche Fotografie im vergangenen Jahr den angesehenen, hoch dotierten ersten Preis des Fotowettbewerbs „Bilder der Forschung 2006“, Kategorie „Faszination Forschung“, gewonnen hat. Dieser Wettbewerb wird vom Nachrichtenmagazin FOCUS und dem Verband Forschender Arzneimittelhersteller ausgeschrieben.

### Der Kreis schließt sich

In dieser Umgebung haben also Nicole Ottawa und Oliver Meckes gelernt und erfahren, was machbar ist, was man auf dem mikroskopischen Gebiet erreichen kann und welche Qualität produziert werden muss, um erfolgreich zu sein. Damit schließt sich der Kreis. Wir kommen zurück nach Reutlingen in die Firmenräume von eye of science, die sicherlich nüchtern und überschaubarer sind als die vielen Zimmerfluchten im Kage-Schloss. Aber der Anspruch der absoluten Topqualität der Arbeit gilt hier genauso wie dort als Maxime. Und das ist letztendlich der Garant dafür, sich im heiß umkämpften Markt der professionellen, kommerziellen Mikrofotografie behaupten zu können.

Der Markt für solche Top-Fotografen ist weltweit gesehen nicht sehr groß. Betrachtet man die aktuelle Situation, wird man schnell merken, dass es da nur Platz für einige wenige gibt. Diese wenigen müssen absolute Spitzenprodukte abliefern, was die meisten Knipser von Mikrofotos, um das einmal so despektierlich zu sagen, zu leisten ganz und gar nicht in der Lage sind. An der Spitze dieser steilen Qualitäts-Pyramide stehen neben einigen wenigen anderen zweifelsfrei das Institut für wissenschaftliche Fotografie in Schloss Weissenstein und die Firma eye of science in Reutlingen.

DER VERFASSER IST HERAUSGEBER DES MIKROKOSMOS, BERLIN ■

# Rasterungen des Mikroskopischen Olaf Breidbach

## Bemerkungen zu Claudia Fährenkemper's Bildserien

Der Mikrokosmos fasziniert seit der Erfindung des Mikroskops. Schon Robert Hooke (1635–1702) suchte in ihm die analoge Welt des noch nicht Erwachsenen, in dem sich im Kleinen das Große fing. Entdeckt wurden dann aber neue Dinge. Der Mikroskopist Robert Hooke schrieb so denn auch im Vorwort seiner *Micrographia* (1665): *And it is my hope, as well as belief, that these my Labours will be no more comparable to the Productions of many other Natural Philosophers, who are now every where busie about greater things; then my little Objects are to be compar'd to the greater and more beautiful Works of Nature, A Flea, a Mite, a Gnat, to an Horse, an Elephant, or a Lyon. Das Kleine wurde ihm im Bild dann auch groß. Der Floh derart in Vergrößerung gesehen, wurde so auch in dieser Art vergrößert umzeichnet: Die entsprechende Darstellung war ein Bild zum Ausfalten, in dem nun in der Tat der Floh zum Elefanten mutiert schien. Das Kleine wird groß, selbst wenn es sich um einen Parasiten handelt: The strength and beauty of this small creature, had it no other relation at all to man, would deserve a description. Weltsichten sind eben – das zeigt schon Hooke – immer auch Ansichten.*

Es fängt ein, was uns sichtbar war. Sichtbar ist uns das, was wir wissen. In der Zeichnung wird denn auch das, was wir wissen, betont. Im mechanisch reproduzierenden Medium der Fotografie scheint dies anders. Doch ist auch dies nur ein Anschein. Auch das Foto fixiert Perspektivierungen, entwickelt Abbildungen, die von einem Interesse bestimmt und in ihrer Wiedergabe durch ein Interesse strukturiert sind.

Insoweit kann im Bild etwas aufscheinen, das nicht das Ding, sondern unsere Sicht der Dinge auf Celuloid bannt. Damit wird dann im Bild unser Bild der Dinge in die Welt gesetzt. So findet im Bildraum eine eigene Realität ihren Ort. Die Natur ist in der Kultur des Bildes gefangen, setzt sich dort nur insoweit frei, als es der Fotograf erlaubt, und gewinnt da Wirklichkeit, wo sie der Fotograf sieht. Dabei sind solche Bilder eben nicht einfach Abbildungen, es sind Dokumente eines Verarbeitungsprozesses. Je komplizierter die technischen Verfahren ihrer Herstellung sind, desto mehr Bedeutung gewinnen im Bild die Dispositionen, aus denen heraus und mit denen ein Bild fabriziert wird. Das Lichtmikroskop ist in seinem Grundaufbau noch eine Art erweiterte Brille. Das Rasterelektronenmikroskop ist demgegenüber technisch sehr viel avancierter. Im Letzten offeriert es am Ende seines Bildverarbeitungsprozesses eine Art Tastbild, das aus einer Fülle von sequentiell erarbeiteten Teileindrücken von der Oberflächengestalt eines Objektes in einem Rechner zusammengesetzt wird und dann nach Maßgabe einer vorher eingestellten Programmierung als Bild auf einem Bildschirm überhaupt erst aufgebaut wird.

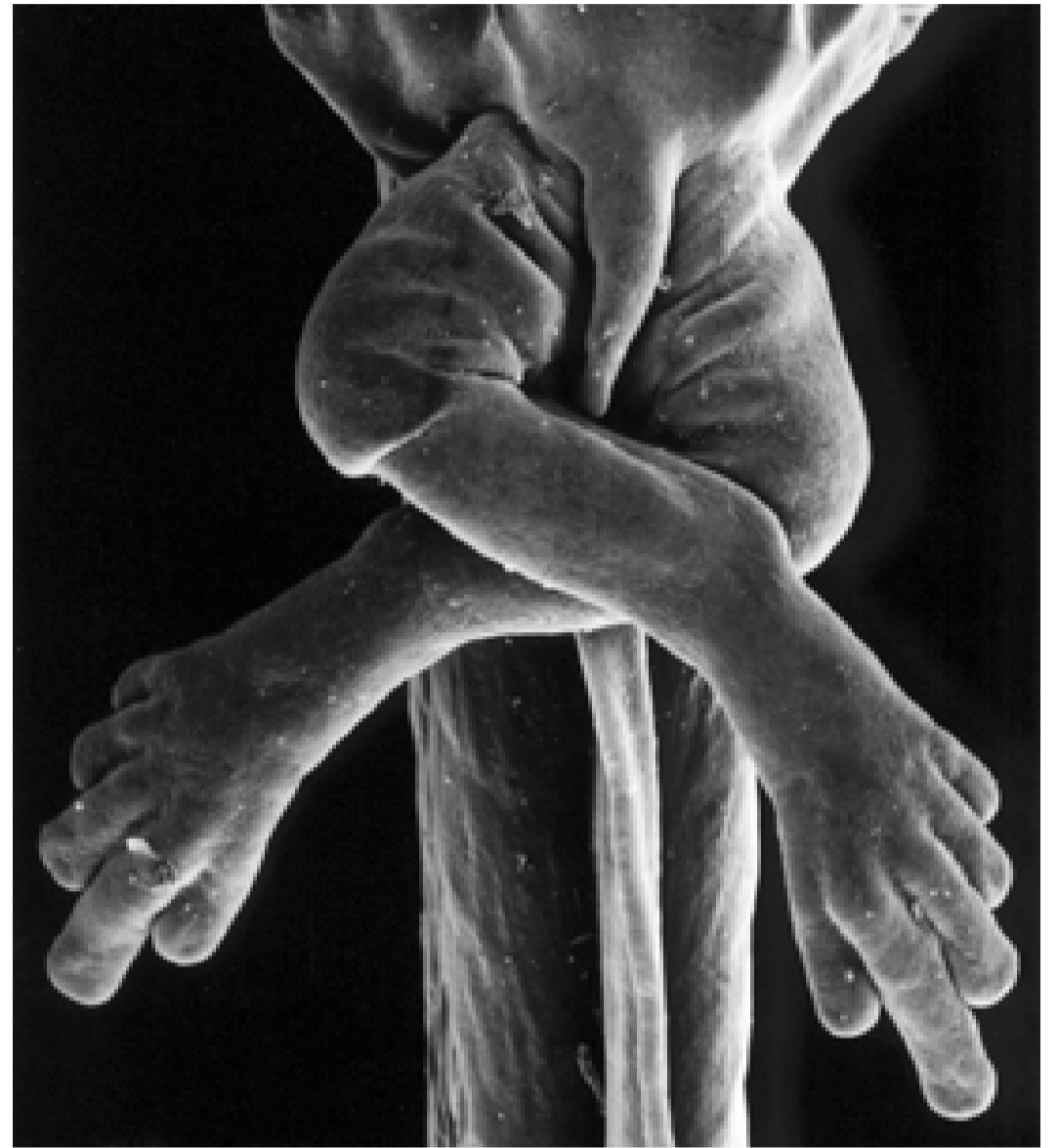
### Wissenschaftliche Illustration

Mikrofotografien, auch solche, die mittels des Rasterelektronenmikroskops erstellt werden, gehören zur Praxis der Biologie. Im Zusammenhang einer

Wissenschaftsauffassung, wie sie um 1900 der Biologe Ernst Haeckel vertrat, der die Biologie im Wesentlichen als deskriptive Wissenschaft sah, gewinnen solche Fotografien besondere Bedeutung, erweitern sie in ihren technischen Möglichkeiten doch das Abbild der mit dem Auge direkt wahrzunehmenden Natur auf der Ebene einer technisch erfahrenen Bildwirklichkeit, in der dann Neues zu entdecken und ins Bild zu bringen ist. Andererseits aber – und das zeigt sich gerade an Haeckel – sind solche Naturbilder nicht einfach nur neue, durch die Entwicklung der biologischen Sichtungsverfahren ermöglichte Abbildung von bisher Unbekanntem. Dieses Unbekannte gerinnt in diesen Bildern in bekannte Formen, es wird schon in der Bildauswahl, in der Kontrastierung und in der Fokussierung des jeweiligen Blickes nach bekannten Bildmustern gearbeitet. Bei Haeckel und dessen Umfeld verweisen die Abbildungen so denn auch noch direkt auf die ästhetische Kultur des feudalen Salons des 18. Jahrhunderts. Das Mikroskop war dort Teil eines ästhetischen Interieurs (Sammler dieser guten alten Messingstücke zehren noch heute davon), war aber nicht nur als Möbelstück anzuschauen, sondern war zugleich und immer auch ein Instrument, das neue Anschauungen ermöglichte. Die in diesem zu findenden Abbildungen des Naturalen waren Bestandteil einer Naturornamentik, in der sich die äußere Form und das in ihr repräsentierte Bild zwanglos in eins fanden. Es interessierten damit gerade solch ornamentale Formen, wie sie in den Bildinszenierungen von Claudia Fährenkemper mit den Mitteln der modernen biowissenschaftlichen Bildanalyse wieder auffindbar zu sein scheinen. Ist damit das Dekorative sanktioniert, wird in der Technik des Rasterelektronenmikroskops die ästhetische Kultur des 18. Jahrhunderts nach ihrem Umweg über solche Illustratoren wie Ernst Haeckel nunmehr endlich auch wissenschaftlich geläutert, oder muss man ausgehend von den von Claudia Fährenkemper produzierten Bildern nicht anders herum fragen? Ist nicht auch das moderne wissenschaftliche Bild gerade da, wo es in neue, bisher unbekannte Dimensionen hineinstößt, durch die vormaligen ästhetisch bestimmten Bildtraditionen gehalten? Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme ist eben nicht rasterelektronenmikroskopische Aufnahme.

### Die Kunst der Claudia Fährenkemper

Das, was von Claudia Fährenkemper ins Bild genommen wird, ist denn auch etwas anderes, als das, was der Biologe wahrnehmen würde. Claudia Fährenkemper führt uns behutsam in einen Mikrokosmos von Formen, in dem wir in ihrer In-Blick-Nahme dann auch immer wieder etwas von uns entdecken. Diese Entdeckungen breitet sie vor uns aus. Ihre Bilder, die in ihrer klaren Konturierung und ihren wie zufällig gewählten Bildausschnitten einen Mikrokosmos umzeichnen, der – obwohl er uns eigentlich fremd ist – doch in allem bekannt zu sein schien, ist mehr als die Widerspiegelung des zoologischen, chemischen oder botanischen Objektes. Die Formen gewinnen dabei in ihrer bei allem Bekannten doch fremden Gestalt eine eigentümliche Wirkung. Die



Beine einer Froschlarve. Foto: Claudia Fährenkemper, Werne

neue Dimension, in der sich die Miniaturen finden, die sonst nur unter dem Mikroskop zu sehen sind, das Schwarz-Weiß in seinen harten Konturierungen, das aber dennoch in den Randbereichen nicht überzeichnet ist, gewinnt in den sehr großen Formaten der Bilder von Frau Fährenkemper einen eigentümlichen beschwörenden Charakter. In Serie gebracht, werden die Abbildungen zu Zeichen, zu Chiffren einer anderen Wirklichkeit, die sich für den in diesen Dimensionen eher Unerfahrenen derart als Mikrokosmos, das heißt als verkleinerte Welt des Großen, mit dem er schon immer umgeht, erschließt. Dabei wird die an Bekanntes anknüpfende Ornamentik dieser Kleinstformen dem ungeübten Seher zur Stütze. Das Kleinen wird nach den Mustern des Großen erfahren.

Nun ist das rasterelektronenmikroskopische Bild nicht einfach ein Abbild des Naturalen. Der Prozess der Bilderstellung ist sehr viel komplizierter. In einem Vakuum wird ein totes, getrocknetes und mit Gold bedampftes Objekt in einen fein fokussierten Elektronenstrahl eingebracht. Die Elektronen schlagen auf dieses Objekt, schlagen dabei aus der Goldhülle Ladungsträger heraus, die nun durch einen Detektor erfasst werden. Die einfallende Ladung ist umso stärker, je weniger abgeschirmt der Bereich auf diesem Objekt ist, der von dem Elektronenstrahl erfasst wird. Die Intensität der Detektion wird nun umgemünzt in die Helligkeit eines Lichtpunktes auf einem Bildschirm, der sich entsprechend der Bahn, die der Strahl in seinem Abscannen des Objektes zurücklegt, zu einem Bild zusammenfügt. Statt auf den Bildschirm kann die so induzierte Lichtpunktfolge auch in eine Fotoplatte gebrannt werden, auf der nun ebenfalls Zeile für Zeile ein Bild entsteht. Gewonnen wird so ein Artefakt, eine räumlich aufgelöste Registrierung fortlaufender Erregungsschwankungen an einem Elektrodendetektor.

Die Objekte, die sich hier spiegeln, sind fern von dem, was sie in Wirklichkeit eigentlich sind. Die unter einer Goldschicht eingebetteten Tiere wirken denn auch wie mumifizierte Tote. Ihre Realität ist nicht die Realität des Lebens, sie sind reduziert auf eine Form, in der ihre Gliedmaßen durch den Trocknungsprozess verdreht, die Oberfläche eingetrocknet und das Ganze in ein Metall eingeschweißt ist.

Das Rasterbild entfremdet das Objekt der Biologie vom Leben. Es ist nicht einfach ein Spiegel der Lebensformen, es ist ein Konstrukt, in dem Kontraste verteilt sind, die erst sekundär ein Bild generieren, das dann eine vermeintliche Realität vor Augen stellt. In der Tat findet sich so eine neue Sachlichkeit, in der der Fotograf aber nicht mehr

einfach bei den Dingen, sondern zunächst nur im Bild ist.

### Bildornamentik

In dieser Entfremdung des Bildes, die so befremdlich wirkt und gerade in diesem Fremden, das doch bekannt erscheint, bezaubert, werden die Bilder von Claudia Fährenkemper auch zu einem Kommentar der Bildornamentik eines Ernst Haeckel, der in seinen dekorativ gebrochenen Wirklichkeitswahrnehmungen in der Tat noch meinte, das wirkliche Sein, dessen eigentliche Erscheinung, seine Realität, schön (im Sinne seiner Wahrnehmungskultur) zu sein, darzustellen.

In dieser Abbildung eines Naturschönen steht Fährenkemper dann auch in der Traditionslinie Bloßfeld/Renger-Patsch und Carl Struve. Aber ihre Bilder sind schon auf Grund des Mediums, das sie nutzt, viel weiter versacht als die Darstellungen in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Ihr Medium ist ein Computer, der ein Bild generiert. Dieses Bild rekonstruiert er aus den Messungen von Spannungsdifferenzen und Energieprofilen, die bei richtiger Einstellung das in ihnen Dargestellte schon im Bild mit einer Aura belegen, die das Objekt in seine neue Bildwirklichkeit einhebt. Insoweit sind die formvollendeten Mikrofotografien von Claudia Fährenkemper im doppelten Sinne künstlich. Sie sind es zum einen, da die Motivation der Künstlerin eben künstlerisch ist. Zum anderen dokumentieren sie nicht, was sich in ihnen darstellt, sie dokumentieren vielmehr, in welchen Mitteln sich in ihnen etwas darstellt.

Auf einen ersten Blick wirken Claudia Fährenkemper's Darstellungen wie der gigantische Floh, den Robert Hooke in seinem ersten Buch zur Mikroskopie darstellte. Überwältigt von der Vergrößerung des Mikroskops, illustrierte Hooke – wie schon angedeutet – seinen Floh denn auch im Maßstab seiner virtuellen Präsentation auf einer Tafel im Maßstab DIN A2.

Claudia Fährenkemper operiert differenzierter. Es ist nicht die naive Begeisterung, Neues zu sehen, es ist vielmehr ein Ausloten der eröffneten Dimensionen, in dem die Künstlerin auch dem Wissenschaftler etwas zu sagen hat. Gewonnen werden Mikrolandschaften, Fototexturen. Und dies ist kein Zufall, sondern die Konsequenz einer Entwicklung, in der Frau Fährenkemper mit Aufnahmen der US-amerikanischen Landschaft reüssierte. Ab 1988 arbeitete sie dann in der Tradition der dokumentierenden Kunstfotografie des Ehepaars Becher im Braunkohlentagebau bei Köln. Auch hier wurden und werden Landschaft

### Kunst und Mikroskopie – Die Fotokünstlerin Claudia Fährenkemper

Als vor einiger Zeit in der MIKROKOSMOS-Redaktion ein großformatiger Bildband mit dem schlichten Titel *Photomicrographs* eintraf, waren man zunächst nicht sonderlich verblüfft, da immer wieder unaufgefordert Bücher, die in das Profil der Zeitschrift passen, zur Besprechung zugesandt werden. Beim ersten Durchblättern der *Photomicrographs* und nach der Lektüre eines beigegefügt Briefes war man dann doch überrascht. Denn das Buch, das hier vorlag, war zwar eine Publikation, die einen eindeutigen Bezug zur Mikroskopie aufwies, aber auch bei näherem Hinsehen keine wissenschaftliche Problemstellung erkennen ließ. Es war vielmehr das Ergebnis einer Auseinandersetzung speziell mit der rasterelektronenmikroskopischen Dimension, unter künstlerischen Aspekten gefertigt und zusammengestellt von einer bis dahin der Redaktion unbekannt Person namens Claudia Fährenkemper. Die Situation war außergewöhnlich und weckte Neugier.

Ein Blick ins Internet schaffte recht bald Klarheit, wer die Autorin des zugesandten Bildbands war, nämlich die Fotokünstlerin Claudia Fährenkemper. Das Internet verriet dann natürlich auch sehr schnell persönliche Lebensdaten und künstlerische Entwicklungen: Geboren 1959 in Castrop-

Rauxel, Ruhrgebiet, studierte die Künstlerin zunächst von 1979 bis 1986 an der Universität Düsseldorf Kunst und Geografie für das Lehramt; das Referendariat absolvierte sie in Krefeld. 1987 begann sie dann das Studium der Freien Kunst/Fotografie an der Fachhochschule Köln. 1989 wechselte sie an die Kunstakademie Düsseldorf und setzte dort ihr Studium fort. Seit 1996 konzentriert sie sich auf die rasterelektronenmikroskopische Dimension, nachdem sie sich zuvor mit der künstlerischen Darstellung riesiger Fördergeräte im Braunkohlentagebau auseinandergesetzt hatte. Im Zoologischen Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig in Bonn hat sie Zugang zu einem Rasterelektronenmikroskop gefunden. 2000 war sie *Visiting Artist* an der University of Canada in Ottawa; heute lebt und arbeitet sie in Werne und Bonn.

Seit 1993 macht sie ihr künstlerisches Werk immer wieder in Ausstellungen der Öffentlichkeit zugänglich; sie kann auf eine beachtliche Anzahl solcher Events zurückblicken. In die Zukunft schauend ist sie derzeit damit beschäftigt, eine Ausstellung zusammenzustellen, die von Mai bis September dieses Jahres im Kunstmuseum Bonn läuft.

REDAKTION MIKROKOSMOS ■

## ← Fortsetzung von Seite 10

ten technisch verformt. Zugleich wirken technische Bauwerke wie riesige Organismen. Ab 1994 beschäftigte sich Claudia Fährenkemper künstlerisch mit der Rasterelektronenmikroskopie.

### Imago

Resultat sind immer Gruppen von Aufnahmen, die sie uns auch in dieser Ausstellung zeigt. Beschrieben sei dies nur sehr kurz an der Werkgruppe *Imago*. Dargestellt sind dort Insekten, Abbilder eines für uns gerade im großen Maß-

stab der Bilder von Claudia Fährenkemper eher unwirklichen Lebens. Das Schwarz-Weiß der Aufnahmen tut ein Übriges, um das Unwirkliche zu betonen, was in diesen makellosen Fotoabzügen ins Große gesetzt und damit in der Entdimensionierung noch einmal verfremdet ist.

Was erkennen wir hier wieder? Hieronymus Bosch, eine Natur oder doch immer wieder nur das Technische einer Weltversicherung, die im Foto eine Gegenwart zu der Dynamik des Lebendigen einfängt? In ihrem Panzer bilden diese Insekten von *Imago* einen direkten Kontrast zu den Serien mit Kristallformationen, die wie mikrogeologische Gebilde wirken. Dazwischen stehen pflanzliche Samen-

gebilde, die Habitate abstecken. Und dann gibt es die Außenhaut von Algen, kunstvoll geformte Skelette, die im miniaturisierten Blick die Belanglosigkeit des Kleinen Lügen strafen. Und letztlich finden wir Zeugen einer ganz anderen Lebensform: einfache Wirbeltiere. Wir sehen etwas von Fröschen und Froschlaven, die in der Haltung ihrer Hände eine Sprache zu sprechen scheinen, die sich uns aber nicht mehr entschlüsselt. Wohl aber können wir die Linien erkennen, nach denen diese Schrift verfertigt wurde. In Folge gesetzt, werden dabei für einzelne Gruppen immer wieder Variationen im Wirkgefüge der Lebensformen demonstriert. Offeriert wird ein Bildtext, in

dem nun im Bild beschrieben ist, wie wir in unseren Anschauungen auch im wissenschaftlichen Instrumentarium nur die Bildmuster einer alten Natürlichkeit wiederholen. Die technisch bedingte Verfremdung der vormaligen Bildmuster führt nicht zu deren Negation, sondern verrät die Traditionen, mit denen, auch im Unbekannten, der Blick des Betrachters Halt am Bekannten findet.

DER VERFASSER IST DIREKTOR DES INSTITUTS FÜR GESCHICHTE DER MEDIZIN, NATURWISSENSCHAFT UND TECHNIK DER FRIEDRICH-SCHILLER-UNIVERSITÄT JENA SOWIE DIREKTOR DES MUSEUMS ERNST-HAECKEL-HAUS, JENA ■

# Mit Superlupen in den Nanokosmos Annett Burzlaff

## Moderne Methoden der Mikroskopie

**In den letzten Jahrzehnten haben Forschungsfelder wie Biomedizin und Nanotechnologie rasante Fortschritte gemacht. Die Mikroskopie hat wesentlichen Anteil an dieser Entwicklung, denn sie macht es möglich, das Leben der Zelle auf molekularer Ebene zu beobachten und Materialien bis auf die Atome zu blicken. Speziell die Lichtmikroskopie hat in den letzten 20 Jahren das Tor in die Welt der lebenden Zelle hinein geöffnet. Wir sind life dabei, wenn Zellen miteinander kommunizieren, auf ihre Umwelt reagieren und Prozesse in Gang setzen. In den Materialwissenschaften hilft uns die Mikroskopie, die atomare Struktur von Materie zu verstehen und sie in der Nanotechnologie gezielt zu beeinflussen. Lassen Sie uns im Folgenden einen Rundflug über die klassischen und modernen Methoden der Mikroskopie unternehmen, dabei dem Leben auf die Finger schauen und eintauchen in den Kosmos der Nanopartikel.**

### Der Klassiker – Die Hellfeldmikroskopie

Der eine oder andere hat sie in der Schule kennen gelernt, die klassische Zwiebelhaut zwischen Deckglas und Objektträger gepresst und unters Mikroskop gelegt. Mit wenigen Handgriffen ist das Bild scharf gestellt und das Mikroskop justiert. Schon bei geringer Vergrößerung erkennen wir nun Zellwände und Zellkerne in der Zwiebelhaut. Der Kondensator des Mikroskops sorgt dafür, dass das Licht konzentriert auf das Objekt fällt und es optimal ausleuchtet. Je nach Beschaffenheit des Präparates wirken seine Strukturen mit dem Licht in unterschiedlicher Weise zusammen. Lichtdichte Strukturen absorbieren das Licht und zeichnen sich dunkel gegen den hellen Hintergrund ab. Das Objektiv fängt diese Information auf und vergrößert sie in ein Zwischenbild. Verwenden wir ein Objektiv mit dem Vergrößerungsfaktor 20, so sind alle Strukturen des Objekts im Zwischenbild 20x größer dargestellt. Dieses Zwischenbild greifen wir entweder mit einer Kamera ab oder/und wir nutzen Okulare, die uns das Bild auf die Netzhaut unseres Auges projizieren. Das Okular wirkt wie eine Lupe und vergrößert die Struktur aus dem Zwischenbild beispielsweise um den Faktor 10. Die Zellstrukturen zeichnen sich nun 200x vergrößert dunkel auf hellem Untergrund ab. Daher die Bezeichnung Hellfeldmikroskopie für diese klassische Methode. Sie zeigt in einer sehr einfachen Weise die Hauptkomponenten eines Mikroskops: Die Beleuchtungsquelle, den Kondensator zum Bündeln des Lichts, das Objektiv zur Vergrößerung, die Kamera zur Dokumentation und die Okulare zur Projektion auf das Auge. Diese Grundbausteine finden sich in jedem Licht- oder Elektronenmikroskop wieder. Doch die Hellfeldmikroskopie stößt schnell an ihre Grenzen: Lebende Zellen bleiben trotz bis zu 1.000facher Vergrößerung zunächst nahezu unsichtbar. Zellen bestehen zum großen Teil aus Wasser und ihre Bausteine (z. B. Fette, Zucker und Eiweiße) absorbieren kaum Licht. Alle ihre Strukturen wie Zellkern, komplexe Membran- oder Skelettsysteme bleiben daher fast unsichtbar. Eine Lösung ist, das Präparat mit Farbstoffen einzufärben. Ein zellkernspezifischer Farbstoff kann z. B. in histologischen Schnitten Zellkerne blau färben. Der Kern absorbiert dann alle Farben außer blau. Die blauen Lichtanteile passieren das Objekt, der Zellkern erscheint blau und damit gut sichtbar auf hellem Grund. Eine lebende Zelle einzufärben ist jedoch kritisch, denn wer kann schon genau wissen, wie eine lebende Zelle auf eine Chemikalie reagiert? Verhält sie sich noch so, wie sie es unter normalen Umständen tun würde, oder wird sie vom Farbstoff vergiftet? Was gibt es also für Methoden, die uns gestatten, lebende Zellen ohne Einfärbung im Mikroskop zu erkennen?

### Dunkelfeldmikroskopie

In der Dunkelfeldmikroskopie machen wir uns einen alltäglichen Vorgang zu Nutze. Stellen wir uns

folgende Situation vor: Ein Streifen Sonnenlicht fällt durch ein Fenster in einen ansonsten abgedunkelten Raum. Wir selbst stehen im Schatten und schauen von der Seite in den einfallenden Lichtstrahl. Unser Auge wird nicht vom direkten Licht getroffen, dennoch sehen wir klar erkennbar Tausende von Staubpartikeln durch den Sonnenstrahl vor dem dunklen Hintergrund des Zimmers schwirren. Diese Staubpartikel sind so klein, dass wir sie mit bloßem Auge gar nicht erkennen dürften. Sie streuen aber das Sonnenlicht in alle Richtungen und somit auch in unser Auge. Wir sehen also nicht die Partikel selbst, sondern das von ihnen gestreute Licht. Genau dieser Effekt kommt in der Dunkelfeldmikroskopie zum Tragen. Mit einem speziellen Dunkelfeldkondensator erreichen wir eine Beleuchtung, die wie die Sonne im dunklen Zimmer zwar das Objekt, nicht aber unser Auge trifft. So erhalten wir einen schwarzen Hintergrund. Wenn eine Struktur vom Licht getroffen wird, streut sie es ins Objektiv und damit in unser Auge. Die Struktur leuchtet hell auf dunklem Hintergrund, eine Technik, die sich Mediziner und Biologen gerne zum Nachweis von Bakterien oder Pilzen in Abstrichen und wässrigen Proben oder Materialwissenschaftler zur Darstellung kleinster Unebenheiten und Kratzer in Objekten zu Nutze machen. Doch auch die Dunkelfeldmikroskopie hat ihre Grenzen, denn sie zeigt nicht die Strukturen selbst, sondern nur das von ihnen gestreute Licht. Welche Methoden gibt es sonst noch?

### Kontrast ohne Färbung – Phasenkontrastmikroskopie

In den 30er Jahren des vergangenen Jahrhunderts entwickelte Frits Zernike die Phasenkontrastmikroskopie. Eine Phasenkontrasteinrichtung am Mikroskop erlaubt es, kontrastarme Objekte wie lebende Zellen ohne möglicherweise schädigenden Einfluss von Färbungen zu erkennen. Die Technik setzte sich so erfolgreich durch, dass Frits Zernike 1953 dafür den Nobelpreis erhielt. Der optische Aufwand dieses Verfahrens ist verhältnismäßig gering, der Kontrastgewinn dafür immens. Man benötigt spezielle Phasenkontrastobjektive und -kondensoren. Der Trick besteht darin, Licht, das am Objekt vorbei zieht (Hintergrundlicht) vom Licht, das mit der Struktur interagiert optisch zu trennen und getrennt zu beeinflussen. Dadurch entsteht Kontrast. Präparatstrukturen (z. B. ein Zellkern) treten dunkel und kontrastreich gegen den gedämpft hellen Untergrund hervor. Dünne, von Natur aus kontrastarme Objekte (wie lebende Zellen) bekommen einen knackig-sichtbaren Kontrast ohne Zusatz von Farbstoffen.

### Im Reich der Farben – Polarisationsmikroskopie

Wir sind umgeben von Lichtwellen der verschiedensten Wellenlängen (= Farben) und Schwingungsebenen. Mithilfe eines Polarisationsfilters greifen wir Licht einer einzigen Schwingungsebene heraus, alle anderen Schwingungsebenen werden geblockt. Auf die Weise erhalten wir polarisiertes Licht. Ein typisches Beispiel aus dem Alltag dafür sind Sonnenbrillen, die auf diesem Effekt beruhen. Da nur noch Licht einer Wellenebene durch sie dringt, ist die Intensität des Lichts abgeschwächt. Gleichzeitig werden unangenehme Reflexionen wie sie uns zum Beispiel beim Autofahren auf dem Asphalt auffallen, geblockt. Reflexionen sind ihrerseits polarisiert, schwingen in einer anderen Ebene und gelangen deshalb nicht durch das Polarisationsfilter. Wer fotografiert, kennt den Einsatz des Polarisationsfilters vor der Linse, um Reflexionen auszuschalten. Ein derartiges Polarisationsfilter lässt sich auch in der Mikroskopie in der Kondensorebene (Polarisator) verwenden. Das Objekt wird nun mit polarisiertem Licht bestrahlt. Ein zweites Polarisationsfilter befindet sich im Tubus des Mikroskops (Analysator), also oberhalb des Präparates. Stehen diese beiden Filter bezüglich ihrer Durchlassrichtung in Kreuzstellung

zueinander, so gelangt kein Lichtstrahl an unser Auge, es sei denn, wir haben ein doppelbrechendes Material, z. B. ein Vitamin-C-Kristall oder einen Gesteinsdünnschliff, unter dem Objektiv liegen. So genannte doppelbrechende Materialien drehen die Schwingungsrichtung des polarisierten Lichts um 90°. Das derart gedrehte Licht kann nun den Analysator passieren und trifft auf unser Auge. Mit optischen Hilfspplättchen lassen sich fantastische Farbeffekte bei doppelbrechenden Präparaten erzeugen. Diese sehen für den naiven Betrachter nur faszinierend schön aus, geben den Materialwissenschaftlern aber wertvolle Hinweise auf die Beschaffenheit des Objekts.

### Optisch schneiden – Differentielle Interferenzkontrastmikroskopie nach Nomarski (DIK)

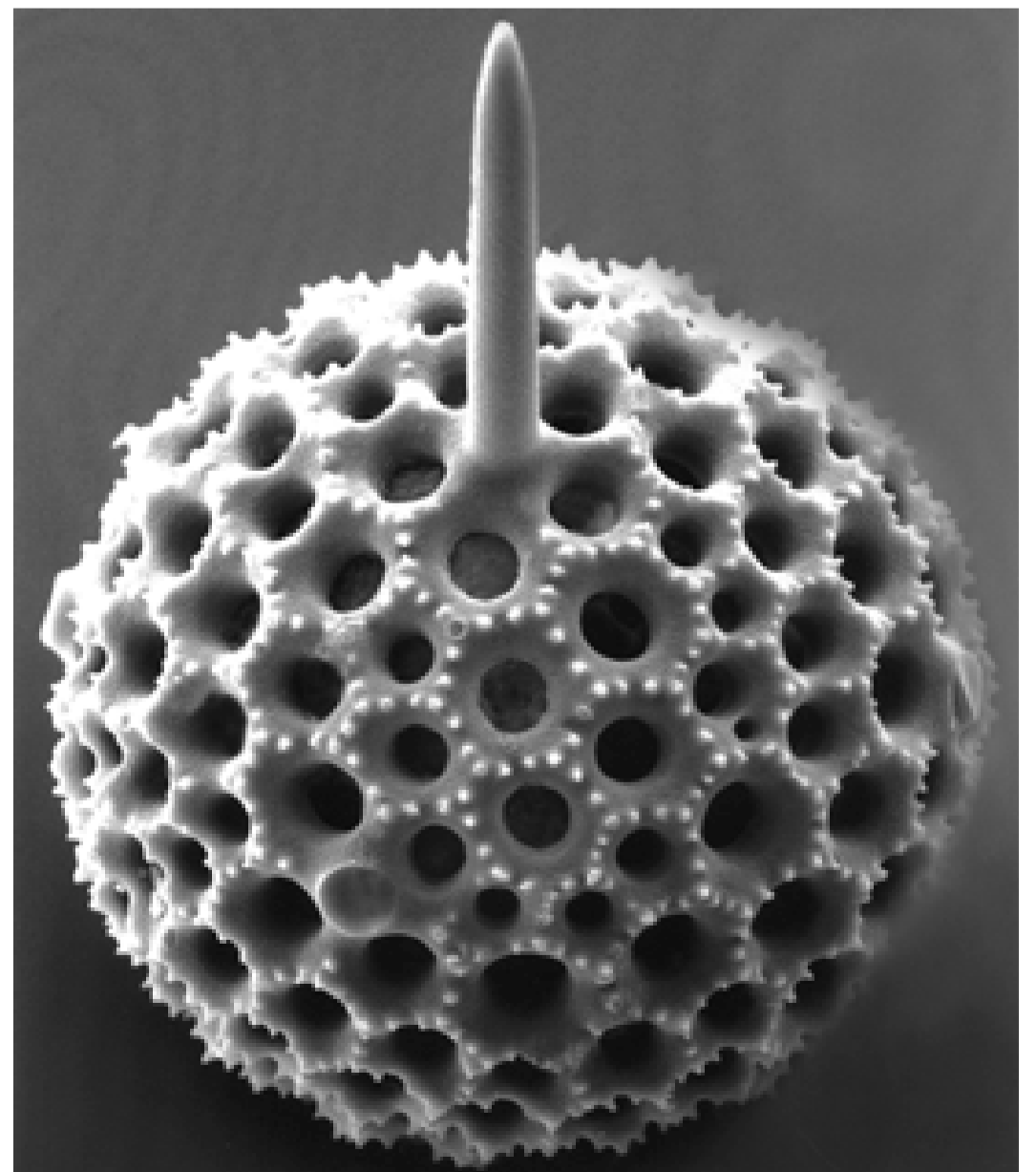
Der differentielle Interferenzkontrast ist ein von Georges Nomarski entwickeltes optisch aufwändiges Verfahren in der Lichtmikroskopie, das uns bestechend schöne, scharfe Bilder liefert. Diese Methode ist hervorragend geeignet, um dickere Objekte (Gewebsproben, kleine Organismen aber auch lebende Zellen oder in der Materialwissenschaft komplexe Oberflächenstrukturen) optisch dünn zu schneiden. Fast ausschließlich ist die Bildinformation sichtbar, die sich in der scharf eingestellten Ebenen (Fokusebene) befindet. Unschärfe, nebulöse Information aus darunter oder darüber liegenden Ebenen wird kaum abgebildet. Damit erreichen wir eine sehr hohe Detaildarstellung feinsten Strukturen. Das Prinzip des DIK hier zu erklären, würde den Rahmen des Artikels sprengen. Daher sei nur so viel gesagt: Die Basis ist ein Polarisationsmikroskop, das in der Kondensorebene und in der hinteren Brennebene des Objektivs mit Prismen ausgestattet ist. Sind diese Komponenten korrekt zu einander justiert, können wir unser Objekt

optisch schneiden. Das Bild wirkt plastisch, als würde jemand mit einem kräftigen Scheinwerfer das Objekt von links oben beleuchten. Jede Struktur scheint eine Licht- und eine Schattenseite zu haben und erweckt damit einen dreidimensionalen Eindruck in unserem Gehirn. Diese scheinbare Dreidimensionalität wird durch unterschiedliche Brechungsindizes innerhalb des Objekts hervorgerufen, ist also kein Ausdruck echter Dreidimensionalität.

### Fluoreszenzmikroskopie

Fluoreszenzmikroskopie lässt sich mit einem Flug bei Nacht und wolkenlosem Himmel vergleichen. Wenn wir aus dem Flugzeug aus 10.000 Metern Höhe auf die dunkle Erde blicken, sehen wir nichts, denn alles ist von gleichförmiger Dunkelheit verschluckt. Nähern wir uns einer Stadt, so sehen wir nicht ihre Gebäude selbst, sondern die Lichter unzähliger Lampen. An den geballten Lichtpunkten können wir eindeutig ausmachen, dass sich dort unten eine Stadt befindet. Wir sehen vereinzelte Lichtpunkte sich zielgerichtet auf bestimmten Bahnen bewegen und schließen daraus, dass dort unten Autos auf einer Straße fahren, obwohl wir eigentlich weder die Straße selbst noch die Autos erkennen. Ein ähnliches Prinzip verfolgen wir in der Fluoreszenzmikroskopie. Die Zelle selbst liegt im Dunkeln und wir erkennen keine Morphologie in ihr. Bestimmte markierte Strukturen aber leuchten hell und farbig auf. Zum Beispiel ein großer Zellkern oder kleinste Vesikel (Membranhohlkugeln, die wie Lieferwagen Substanzen innerhalb der Zelle transportieren). Wie bekommt man nun die Strukturen einer Zelle zum Leuchten? Man macht sich zunutze, dass bestimmte Farbstoffe, wenn man sie z. B. mit

→ Seite 12



Radiolarie im rasterelektronenmikroskopischen Bild. Foto: Klaus Hausmann, Berlin

## ← Fortsetzung von Seite 11

### Artikel Burzlaff

blauem Licht bestrahlt, grünes Licht aussenden. Der Farbstoff wird dabei durch die Energie des blauen Lichts auf ein höheres Energieniveau gehoben (Exzitation) und verbleibt dort für eine sehr kurze Zeitspanne (im Pico- oder Nanosekundenbereich). Dann fällt er wieder auf sein niedriges Energieniveau zurück und setzt dabei Energie in verschiedenen Formen frei (Emission). Ein großer Teil der Energie wird als Fluoreszenzlicht freigesetzt. Dieses Licht ist energieärmer als das zur Anregung genutzte Licht, das heißt, seine Wellenlänge ist länger. Lässt sich der Fluoreszenzfarbstoff mit blauem Licht anregen, wird er grün fluoreszieren. Andere Farbstoffe lassen sich beispielsweise mit grünem Licht anregen und fluoreszieren rot. Mit Hilfe chemischer oder immunochemischer Bindungen (Antikörper) können Fluoreszenzfarbstoffmoleküle gezielt an bestimmte Zellorganellen (= funktionelle Einheiten der Zelle) andocken. So lässt sich ein Fluoreszenzfarbstoff z. B. an Bestandteile des Zellskeletts binden. Andere Farbstoffe reagieren direkt mit Molekülen der Zelle: DAPI (4',6-Diamidino-2-phenylindoldihydrochlorid) lagert sich in die spiralförmige Struktur der Erbsubstanz DNS (Desoxyribonukleinsäure) ein. Betrachten wir eine mit DAPI gefärbte Zelle unter UV-Licht, leuchtet der Zellkern hellblau auf.

Die Beleuchtungsquellen für Fluoreszenzmikroskopie geben ausnahmslos sehr helles, weißes Licht ab (basierend auf Quecksilberdampf, Xenon oder Metallhalid). Ein Fluoreszenzfilter im Mikroskop absorbiert alle Farben bis auf die gewünschte Anregungswellenlänge (z. B. Blau). Das blaue Licht fällt auf das Präparat und lässt es fluoreszieren. Das grüne Fluoreszenzlicht gelangt durch das Objektiv zur Fluoreszenzfiltereinheit, wo unspezifische Wellenlängen unterdrückt werden. Als Ergebnis sehen wir in der Zelle die markierte Struktur grün leuchten auf dunklem Hintergrund.

Die Fluoreszenztechnik ist in den letzten zwei Jahrzehnten immer ausgefeilter geworden und hat viele Spezialisierungen erfahren. Schon längst ist es Standard, drei und mehr Strukturen (z. B. Zellkern, Zellskelett und Membranen) mit verschiedenenfarbigen Fluoreszenzfarbstoffen in der Zelle gleichzeitig zu beobachten, und sich damit ein Bild von den Verhältnissen und Interaktionen verschiedener Zellorganellen untereinander zu machen.

### Scharf hinschauen – Konfokale Laserscanningmikroskopie

Wer durch ein Mikroskop schaut, erkennt sehr schnell folgenden Effekt: Man stellt auf eine Ebene scharf und erkennt diese detailreich. Gleichzeitig jedoch erscheint gerade bei dickeren Präparaten wie ein Nebel unscharfe Bildinformation aus den Ebenen unter- und oberhalb der fokussierten Ebene. Dies trübt die Wahrnehmung. Eine Methode, die Unschärfe auszublenden, haben wir schon kennengelernt, nämlich den differentiellen Interferenzkontrast, mit dessen Hilfe man das Präparat optisch schneiden kann. Im Bereich der Fluoreszenzmikroskopie hat man sich noch weitere Techniken einfallen lassen, um diese physikalisch bedingte unscharfe Bildinformation zu mindern oder sogar auszulöschen. Ein echter Scharfmacher ist die konfokale Laserscanningmikroskopie. Entwickelt vor 25 Jahren hält sie seit den 90er Jahren Einzug in biomedizinische Labors. Statt einer weißen Beleuchtungsquelle verwendet man hier Laser bestimmter Wellenlängen (Farben). Der Laserstrahl (z. B. von einem grünen Laser) wird über das Objektiv auf das Präparat fokussiert, trifft dort als punktförmiges Licht auf und scannt es ab. Das entstehende Fluoreszenzsignal wird über einen Detektor (Photomultiplier) aufgefangen und verstärkt. Das Bild baut sich auf einem Monitor simultan zum scannenden Laserstrahl zeilenweise auf.

Der Trick der Technik besteht darin, dass vor dem Photomultiplier eine kleine Blende positioniert ist, welche Signale aus den Ebenen unterhalb und oberhalb der scharf gestellten Ebene (Fokusebene) ausblendet. So erhält man ein gestochenes scharfes Bild einer sehr dünnen Schicht des Präparates. Will man über die gesamte Dicke des Präparates Information gewinnen, so muss man dieses Schicht für Schicht absキャンen und dabei jedes Mal von Schicht zu Schicht die Höhe des Präparates etwas verstellen. Die Höhenverstellung geschieht automatisch in festgelegten Distanzen im Mikrometerbereich (1 Mikrometer = 1/1000 Millimeter) über den motorisierten Fokustrieb des Mikroskops. Im Anschluss projiziert man alle Schichten des Bildstapels übereinander und bekommt einen scharfen Gesamteindruck des Präparates, oder man lässt sich eine dreidimensionale Rekonstruktion des Objekts errechnen.

Der Scanprozess eines konfokalen Laserscanningmikroskops geht je nach eingestellter Geschwindigkeit des Scanners und nach Größe des abzu-

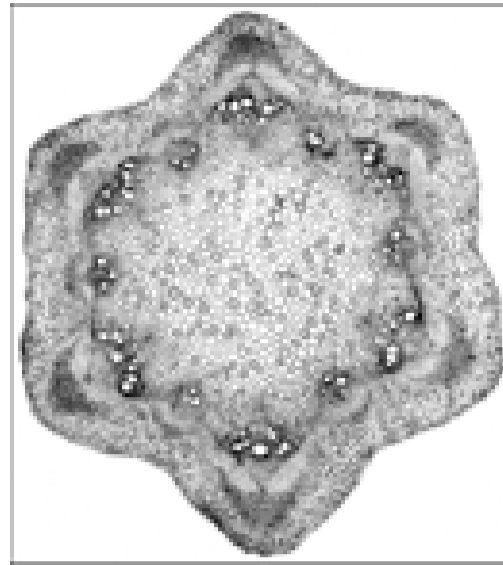
scannenden Feldes in Bruchteilen von Sekunden vor sich, so dass diese Technik auch hervorragend zur Betrachtung dynamischer Prozesse an lebenden Zellen geeignet ist. Durch den Wegfall unscharfer Bildinformation liegt das Auflösungsvermögen dieser Mikroskopietechnik sehr hoch, unter optimalen Bedingungen bei etwa 200 nm (1 Nanometer = 1/100.000 Millimeter). Das heißt, dass die kleinsten erkennbaren Strukturen mindestens einen Abstand von 200 nm haben müssen, damit wir sie als einzelne Objekte sehen (=auflösen) können und nicht nur als verschwommene Masse wahrnehmen. Liegen die Strukturen enger als 200 nm beieinander, kann die Lichtmikroskopie sie nicht mehr auflösen. Konfokale Mikroskopie ist immer dann sinnvoll, wenn es darum geht, Präparate mit hoher Auflösung zu analysieren, z. B. fluoreszenzmarkierte Gewebeproben, lebende Zellen oder kleine Organismen.

### Scharf rechnen – Dekonvolution

Bildqualität hat ihren Preis. Wer sich ein konfokales Laserscanningmikroskop leistet, legt je nach Ausstattung schnell das Geld für ein kleines Einfamilienhaus hin. Deutlich geringer im Anschaffungspreis liegt eine mathematische Lösung des Unschärfeproblems – die Dekonvolution. Das Ausmaß der unscharfen Bildinformation aus den der Fokusebene benachbarten Schichten lässt sich mathematisch über die Wellenlänge des verwendeten Lichts sowie über Objektivparameter beschreiben. Bei der Dekonvolution benutzt man ein herkömmliches Fluoreszenzmikroskop. Mithilfe von Piezotechnik oder mit feinen Schrittmotoren fokussiert man in festgelegten Schritten Schicht für Schicht das Präparat und macht jeweils eine Aufnahme mit einer digitalen Kamera. Auf diese Weise entsteht ein Bildstapel. Anschließend startet man über entsprechende Software den Algorithmus. Dieser nimmt sich jede Schicht des Bildstapels vor und vergleicht die Bildinformationen aus den verschiedenen Schichten miteinander. Dabei rechnet er die unscharfe Information der aktuell betrachteten Schicht in die weiter ober- oder unterhalb liegende Schicht zurück, aus der sie eigentlich stammt. Echte Dekonvolutionsalgorithmen subtrahieren also nicht einfach unscharfe Bildinformation, sondern rechnen sie an ihren Ursprungsort zurück. Jede Schicht wird von Unschärfe befreit und anschließend werden wie in der konfokalen Mikroskopie die Schichten übereinander projiziert. Das Objekt ist nun in seiner gesamten Tiefe scharf und mit feinsten Details erkennbar. Der mathematisch errechnete Effekt ist somit ähnlich wie der eines konfokalen Lasermikroskops. Die Anschaffungskosten für ein Fluoreszenzmikroskop mit Dekonvolution sind jedoch deutlich niedriger als für ein Konfokalgerät.

### Elektronen statt Licht – Transmissionselektronenmikroskopie

Die kleinsten Strukturen, die man im Lichtmikroskop darstellen kann, liegen im optimalen Falle im Bereich 200–500 nm. Mit der FRET-Mikroskopie gelangen wir zwar in den Bereich 1–10 nm, lösen dabei jedoch nicht einzelne Strukturen auf, sondern detektieren Änderungen im Fluoreszenzsignal. Der klare Vorteil lichtmikroskopischer Methoden liegt darin, dass wir an der lebenden Zelle arbeiten und somit dynamische Prozesse verfolgen und diese sogar gezielt beeinflussen können. Sind wir an der Visualisierung kleinster Strukturen im Bereich unter 200 nm interessiert, bleibt uns die Elektronenmikroskopie. Das Transmissionselektronenmikroskop imponiert zunächst durch seine räumliche Größe. Die Säule des Gerätes misst etwa einen Meter Länge und etwa 25 cm im Durchmesser. Schauen wir genauer in diese Säule hinein, so erkennen wir die gleichen Gesetzmäßigkeiten und Bauteile wie im Lichtmikroskop. Im Elektronenmikroskop verwenden wir allerdings statt Lichtteilchen (Photonen) Elektronen. Diese haben eine sehr viel kürzere Wellenlänge und sind somit energiereicher als das Licht. Je kürzer die Wellenlänge, desto besser ist die Auflösung, das heißt, desto kleinere Strukturen können wir darstellen. Das Transmissionselektronenmikroskop erlaubt die Darstellung von Strukturen bis zu 0,2 nm. Unser Auge löst etwa 200 µm auf (1/5 Millimeter), das Lichtmikroskop 200 nm (Faktor 1000 besser als unser Auge), das Elektronenmikroskop 0,2 nm (Faktor 1000 besser als das Lichtmikroskop). Damit dringt das Elektronenmikroskop in den atomaren Bereich vor. Analog zur Halogenlampe als Beleuchtungsquelle im Lichtmikroskop hat das Elektronenmikroskop (EM) einen Wolframdraht (Kathode), der erhitzt wird. Dabei setzt er Elektronen frei. An der gegenüberliegenden Anode wird Hochspannung (40–100 kV) angelegt und die Elektronen werden beschleunigt. Die gesamte Mikroskopsäule steht unter Hochvakuum, damit die Elektronen auf ihrem Weg nicht gegen Luftmoleküle stoßen, die sie sofort aus der Bahn werfen würden. Sie passieren elektromagnetische Spulen, die sie zu einem Strahl bündeln. Die Kondensorenspulen fokussieren die Elektronen



Ein dünner Querschnitt durch einen Clematis-Stängel zeigt die verschiedenen Zellgewebe. Foto: Klaus Hausmann, Berlin

auf das Präparat, die anschließenden Objektivspulen erzeugen ein vergrößertes Zwischenbild. Projektorspulen projizieren das Bild zwischen 100 und 100.000x vergrößert auf einen Leuchtschirm. Wie in der Lichtmikroskopie lässt sich auch hier das Bild (über den Leuchtschirm) direkt betrachten, oder man greift es mit Fotoplatten oder CCD-Chips ab. Damit die Elektronen das Objekt abbilden können, ist es notwendig, dass sie mit ihm interagieren. Wo sich elektronendichte Strukturen im Objekt befinden, werden Elektronen aus dem Abbildungsstrahlengang weggestreut. Sie erreichen den Leuchtschirm nicht, und es entsteht an der Stelle ein dunkler Kontrast. Wo sich keine elektronendichten Strukturen im Objekt befinden, passieren die Elektronen das Objekt, werden nicht abgelenkt und treffen auf den Leuchtschirm. So erscheinen Strukturen dunkel auf hellem Hintergrund. Dies ist vergleichbar mit dem Hellfeld in der Lichtmikroskopie.

Damit das Objekt in dieser Weise mit den Elektronen interagiert, muss es speziell aufbereitet werden. Hier liegt ein großer Unterschied zur Lichtmikroskopie. Wegen der lebensfeindlichen Bedingungen im Elektronenmikroskop (Hochvakuum und energiereicher Elektronenbeschuss) müssen organische Objekte getötet werden. In einem aufwändigen Präparationsprozess werden die Zellen mit Giften (Aldehyden und Schwermetallen) fixiert. Die Proben werden über eine Alkoholreihe entwässert, damit später im Elektronenmikroskop keine Wassermoleküle das Hochvakuum verunreinigen und die Flugbahn der Elektronen stören. Die entwässerten Proben werden in Kunstharz eingegossen. Nach Aushärten des Harzes schneidet der Mikroskopiker mit viel Geduld, Fingerspitzengefühl und einem Ultramikrotom hauchdünne Schnitte (etwa 60 nm dünn) vom eingebetteten Objekt ab und überführt sie auf kleine Metallnetzchen. Der letzte Schritt in der Präparation ist die Nachkontrastierung mit Uranylacetat und Bleicitrat. Die Präparation von der lebenden Zelle bis zum Einschieben in das Elektronenmikroskop dauert mit Wartezeiten bis zu mehreren Tagen. Dann kommt der spannende Moment. Das Präparat wird über eine Schleuse in das Vakuum der Mikroskopsäule eingeführt. Jetzt kann man sehen, ob sich die vielen Stunden der Präparation im Labor gelohnt haben oder nicht. Der Preis für die Sichtbarkeit kleinster Strukturen im Elektronenmikroskop ist, dass wir lebende Zellen abtöten und sie dann aufwändig präparieren müssen. Das Elektronenmikroskop kann uns zwar keinen Einblick in die Dynamik einer lebenden Zelle geben, dafür sehen wir Momentaufnahmen von ihr mit höchster Auflösung in den feinsten Strukturen.

### Gebirge im Mikrokosmos erforschen – Rasterelektronenmikroskopie

Die Rasterelektronenmikroskopie gibt uns faszinierende Eindrücke von der Oberfläche und der dreidimensionalen Beschaffenheit von Objekten. Die Bilder bestechen durch eine hohe Tiefenschärfe, die uns das Objekt in seiner ganzen Ausdehnung scharf erkennen lassen. Es ist eine Technik, die besonders in der Materialwissenschaft, aber auch in der biomedizinischen Forschung weite Verbreitung gefunden hat. Wie das Transmissionselektronenmikroskop arbeitet auch das Rasterelektronenmikroskop mit einem Elektronenstrahl im Vakuum. Lebende Objekte müssen bei Anwendung konventioneller Geräte getötet und über ein spezielles Verfahren entwässert werden. Dieser Prozess entfällt bei unbelebten Objekten aus der Materialwissenschaft. Sowohl die biologischen als auch die materialwissenschaftlichen Präparate werden auf kleine Objektteile gelegt und mit einer hauchdünnen, nur wenige Atome dicken Goldschicht überzogen (Sputtern). Das Objekt wird in die Probenkammer des Rasterelektronenmikroskops gegeben. Unter Hoch-

vakuum rastert ein Elektronenstrahl die Oberfläche des Präparates ab. Die Elektronen treffen auf die Goldschicht des Objekts und interagieren in unterschiedlicher Weise mit ihr. Dabei werden Elektronen freigesetzt oder rückgestreut. Detektoren registrieren die Elektronen und verstärken das Signal. Synchron zur rasternden Bewegung des Elektronenstrahls über das Objekt baut sich zeilenweise das Bild auf einem Monitor auf. Je nach Signalstärke an den Detektoren pro Rasterpunkt gibt es am Monitor entsprechend hellere oder dunklere Bildinformation. Das Ergebnis ist ein bestechend scharfes und kontrastreiches Bild mit guter Auflösung (etwa 10 nm). Was mit bloßem Auge glatt aussieht, zeigt seine wahre Oberfläche mit Bergen und Tälern im Rasterelektronenmikroskop. Unterdessen ist es sogar gelungen, den Probenbereich vakuumfrei zu halten, so dass lebende Objekte unter normalen Druckverhältnissen untersucht werden können.

### Atome ertasten – Rasterkraftmikroskopie

Noch tiefer in den Kosmos der Atome dringen wir mit der Rasterkraftmikroskopie vor. Wie die Rasterelektronenmikroskopie bildet auch die Rasterkraftmikroskopie (= Atomic Force Microscopy) Oberflächen hochauflösend ab. Sie lässt sich zur Analyse von Materialien genauso gut einsetzen wie für die Betrachtung von lebenden Zellen. Das Herz eines Rasterkraftmikroskops ist eine sehr feine, pyramidenförmige Rasterspitze aus Silizium. Im Idealfall bilden nur wenige Siliziumatome die äußerste Spitze. Die Rasterspitze sitzt auf einem Federbügel über dem Objekt mit dem Objekt. Entweder scannt die Rasterspitze über das Objekt oder der Objektträger bewegt sich mittels Piezoelementen in alle drei Richtungen des Raumes und führt das Objekt rasterartig an der Spitze vorbei. Die Rasterspitze interagiert mit atomaren, mikromechanischen Kräften des Objekts und lenkt dadurch den Federbügel entsprechend den Strukturgegebenheiten aus. Erhöht sich die Oberfläche, so lenkt auch der Federbügel nach oben aus. Auf ihn ist ein Laserstrahl gerichtet. Lenkt der Federbügel aus, ändert sich der Reflexionswinkel des Laserstrahls und eine Fotodiode detektiert den geänderten Reflexionswinkel. Zeilenweise wird so das Objekt gerastert, ein Höhenprofil und eine dreidimensionale Abbildung erstellt. Anders als die Rasterelektronenmikroskopie braucht man für diese Technik kein Vakuum. Lebende Zellen können sogar in einer Elektrolytlösung gehalten und gerastert werden. Die Formationen und die Dynamik der Membran lassen sich mit einer lateralen Auflösung von zehnmillionstel Millimeter darstellen. In der Materialwissenschaft tasten wir uns mit dieser Technik sogar in den Subnanometerbereich vor.

Damit gelingt es, einzelne Atomlagen zu vermessen. 1986 erhielten Ernst Ruska (als Erfinder der Elektronenmikroskopie), Gerd Binnig und Heinrich Rohrer (beide als Erfinder der Rastertunnelmikroskopie, dem Vorläufer der Rasterkraftmikroskopie) den Nobelpreis für ihre innovativen Techniken.

Dieser kurze Abriss hat wichtige Meilensteine der Mikroskopie aufgezeigt. Immer neue Entwicklungen auf dem Gebiet bildgebender Systeme und immer mehr Anwendungsgebiete versprechen für die Zukunft noch viele spannende Reisen in die Tiefen des Mikro- und des Nanokosmos belebter und unbelebter Materie.

DIE VERFASSERIN LEBT IN LIMBURGERHOF (BEI MANNHEIM) UND IST ALS DIPLOM-BIOLOGIN IN DER TECHNISCHEM AUSBILDUNG VON ANWENDERN OPTISCHER INSTRUMENTE TÄTIG ■

## Impressum

### kultur · kompetenz · bildung

kultur · kompetenz · bildung erscheint als regelmäßige Beilage zur Zeitung politik & kultur, herausgegeben von Olaf Zimmermann und Theo Geißler

**Deutscher Kulturrat:** Chausseestraße 103, 10115 Berlin, Tel: 030/24 72 80 14. Fax: 24 72 12 45, Internet: www.kulturrat.de, E-Mail: post@kulturrat.de

**Redaktion:** Olaf Zimmermann (verantwortlich), Gabriele Schulz, Andreas Kolb, Kristin Bäßler

**Verlag:** ConBrio Verlagsgesellschaft mbH Brunnsstraße 23, 93053 Regensburg Internet: www.conbrio.de E-Mail: conbrio@conbrio.de

**Herstellung, Layout:** ConBrio Verlagsgesellschaft Petra Pfaffenheuser

Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung