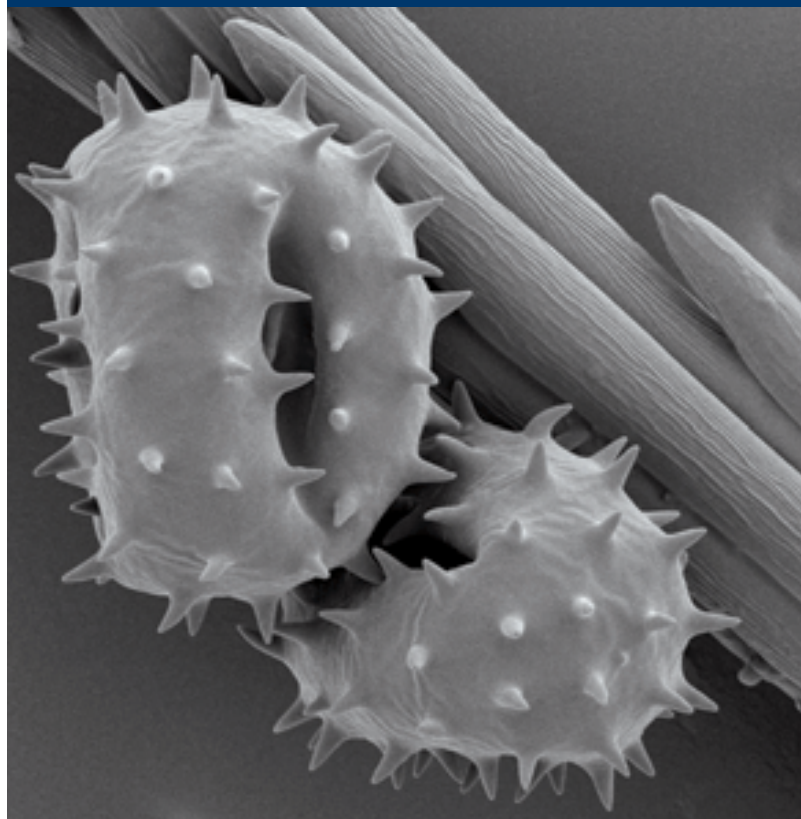


Forschung Frankfurt



Sonderdruck

3-4.2003

- **Chemieinformatik und Moleküldesign:**
Unterwegs in chemischen Räumen
- **Fettsäuren:** Botenstoffe von großem pharmazeutischen Interesse
- **Therapiestrategien:**
Asthma und Allergien bei Kindern
- **Mit dem Elektronenmikroskop:**
Reise in eine Welt der verborgenen Landschaften

Der unerschöpfliche Reichtum des Mikrokosmos

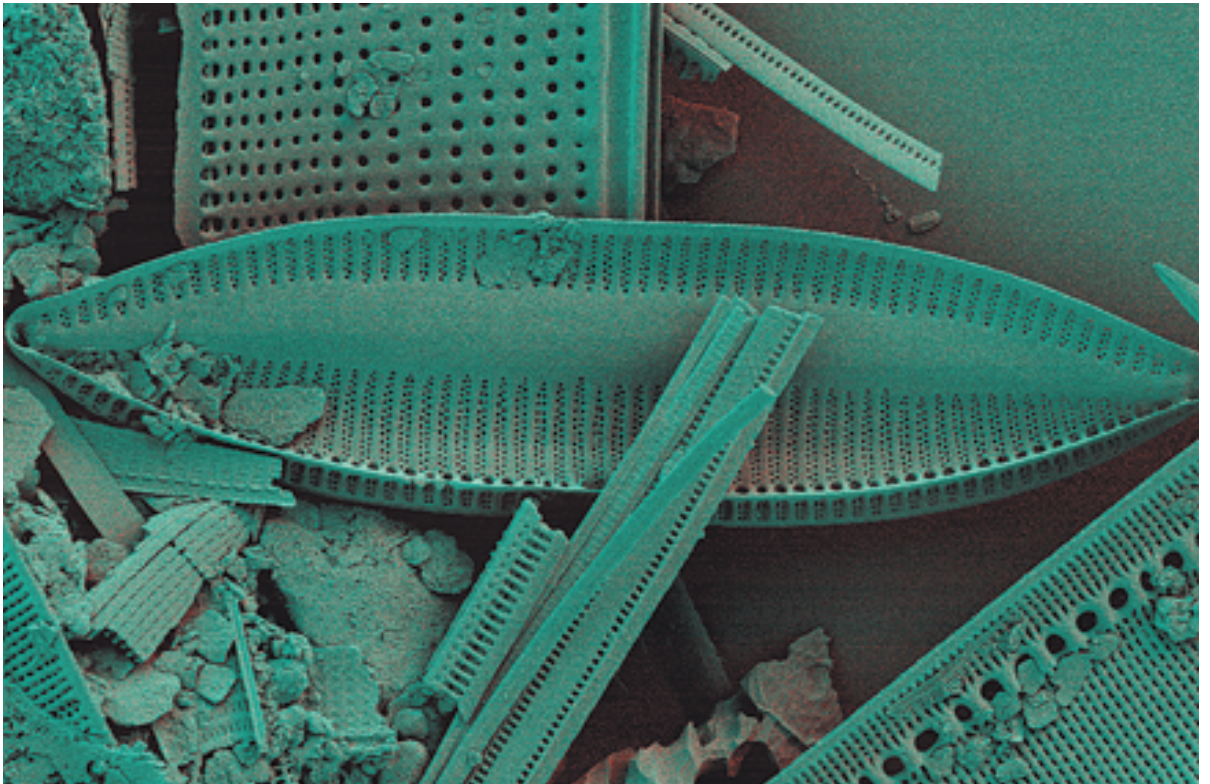
Reise in eine Welt der verborgenen Landschaften mit dem Elektronenmikroskop

Wer tagtäglich in die Mikrowelt eintaucht, dem geht weniger die sichtbare Welt verloren, vielmehr zieht er Gewinn aus den Strukturen der sonst unsichtbaren Feinheiten aus belebter und unbelebter Natur **1**. Vielleicht lüftet nicht jede Probe spektakulär Neues, aber es offenbaren sich ständig wechselnde

die Firma Siemens serienmäßig ein »Übermikroskop« her, ein Durchstrahlungsgerät, das Transmissions-Elektronenmikroskop, das nun schon viele Jahrzehnte im Gebrauch ist. Hierfür fertigen die Biologen chemisch fixierte, in Kunststoff eingebettete Präparate an; geeignet sind etwa Blätter, Insekten,

Viren oder Niere des Menschen. Diese Proben werden in ultradünne Scheiben geschnitten und ermöglichen schließlich eindimensionale Schnittbilder. Der Elektronenstrahl erzeugt durch seine kurze Wellenlänge, und damit viel stärkerer Auflösung als das Lichtmikroskop, Bilder von Zellen und deren Inhalt.

1 Struktur und Feinbau als ästhetischer Genuss: Computergefärbte Kieselalgenprobe (Diatomee, Alge mit Kieselgerüst) aus San Francisco. (zirka 2600-fach vergrößert).

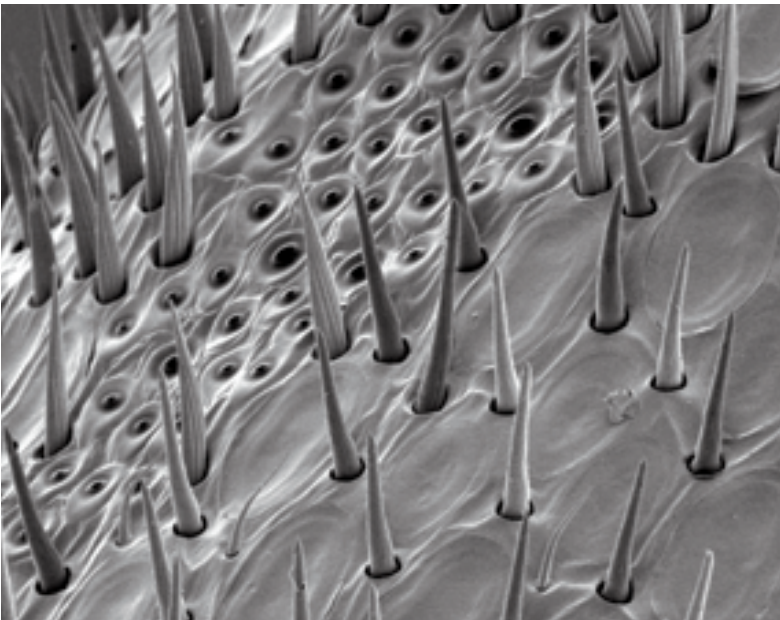
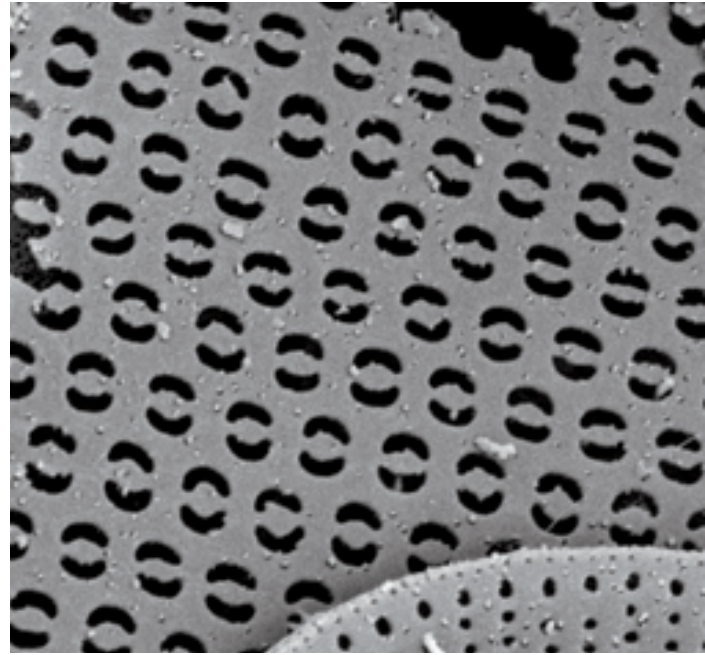
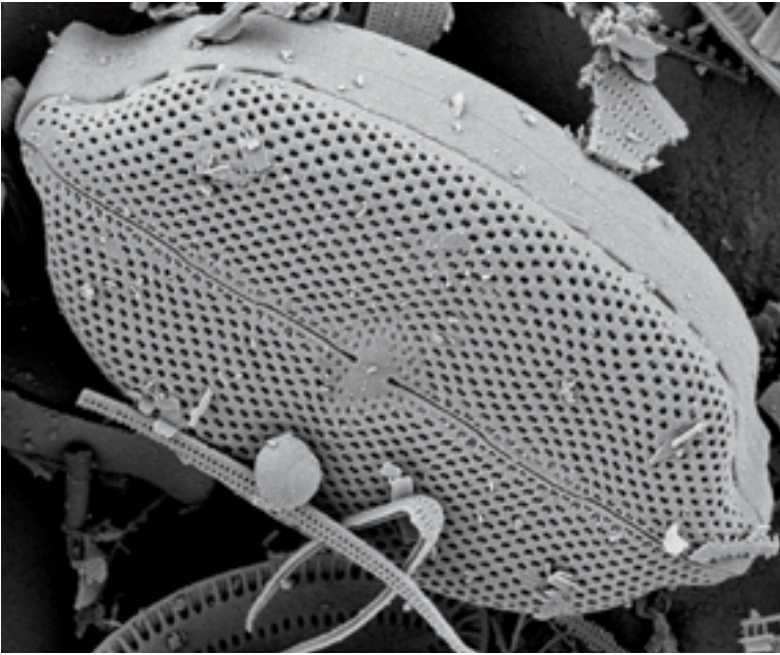


ästhetische Momente im unerschöpflichen Reichtum des Mikrokosmos.

In jenem abgedunkelten Raum, in dem sich das Raster-Elektronenmikroskop mit seinen tuckernden Vakuumpumpen befindet, blicken wir auf Fernsehmonitore, die durch den nachleuchtenden Elektronenstrahl eine plastische, sehr tiefenscharfe Gebirgswelt zaubern, eine Kraterlandschaft, scheinbare Phantasiegebilde, die beispielsweise von der Unterseite des Lavendelblattes **2** stammen. Bereits 1939 stellte



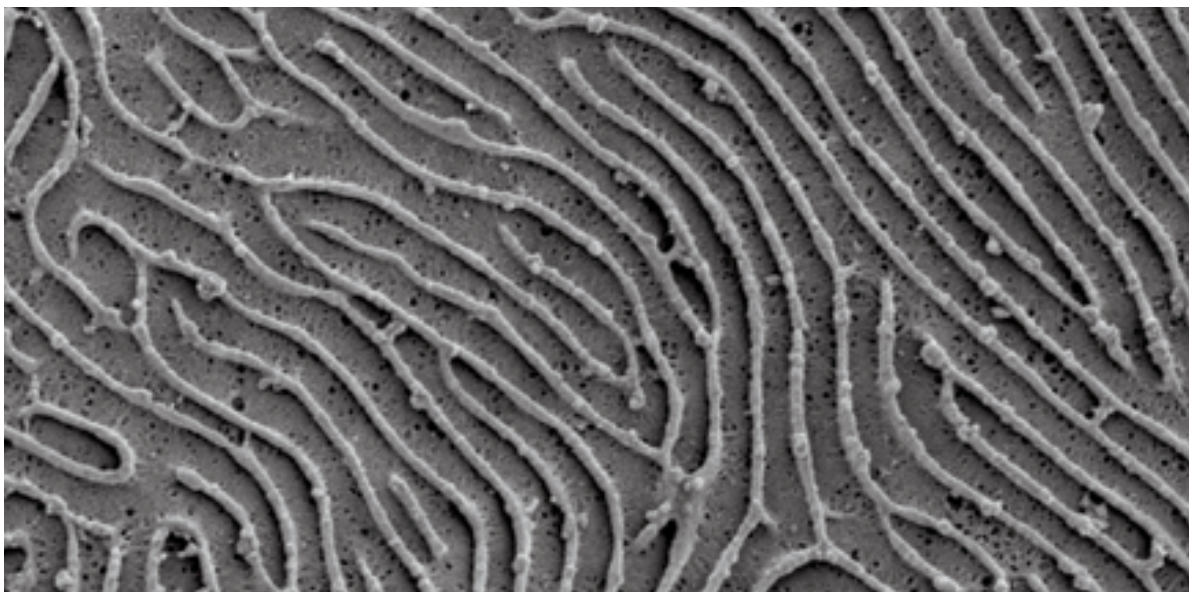
2 Artifizielle Kraterlandschaft: Blick auf das Lavendelblatt mit Epidermis, verzweigten Haaren und den Drüsenbällen (zirka 150-fach vergrößert).



3 Der Natur abgeschaut: Solche Strukturen mit Krümmungen und Verdickungen, wie die der Kieselalgen, findet man in den Keramiken von technischen Hochleistungsgeräten wieder, um vor Fortritzen zu schützen (zirka 4000-fach vergrößert).

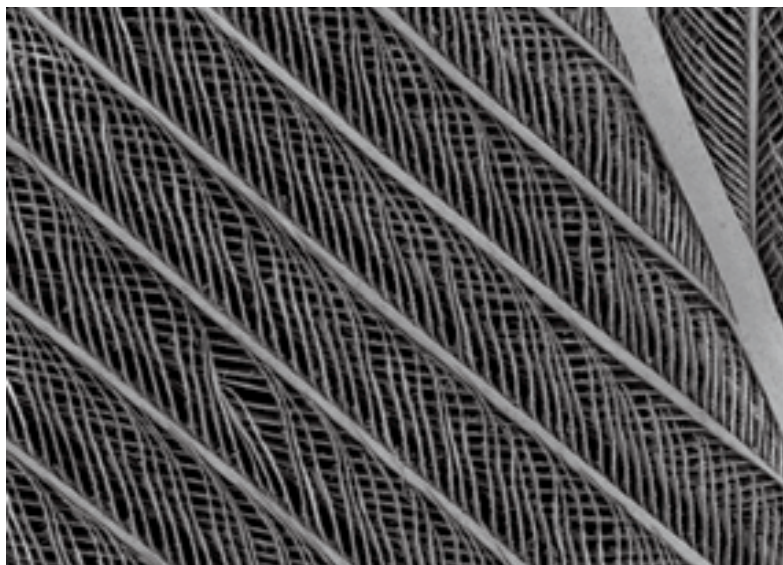
4 Auch diese durch Alterung zersetzte Algen-schale erinnert an eine technische Konstruktion (zirka 10 000-fach vergrößert).

5 Die Formenvielfalt der Sinnesorgane: Das Antennensegment der Honigbiene mit seinen verschiedenen Gestaltungsmöglichkeiten erlaubt es, Reize der Außenwelt aufnehmen zu können (zirka 1300-fach vergrößert).

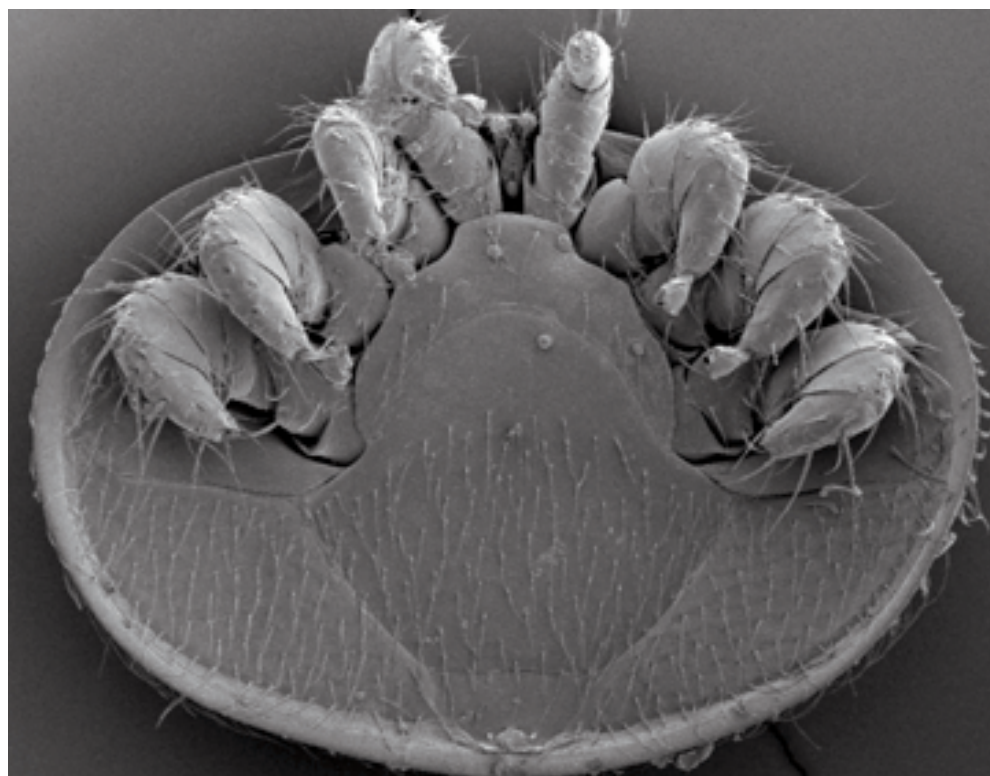
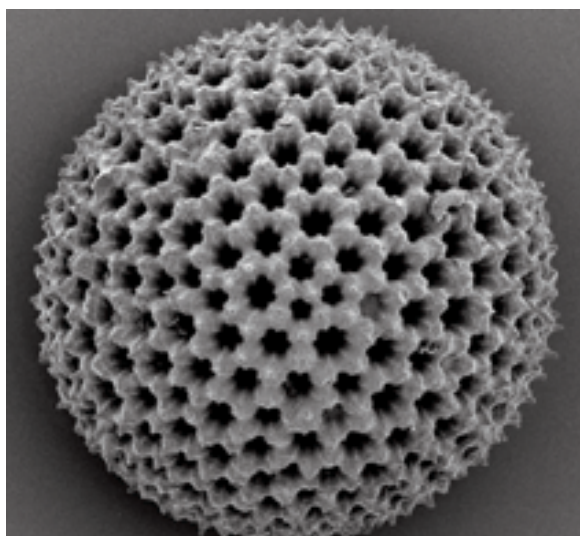


6 Geometrische Muster in der Tierwelt: Labyrinthische Strukturen auf der Haut eines jungen Süßwasserfisches (zirka 4500-fach vergrößert).

7 In der Tierwelt sind 90 Prozent aller Baupläne spiegelungsgleich; hier ein Taubenfederchen (zirka 50-fach vergrößert).



8 Symmetrie als Prinzip: Strahlentierchen aus der Tiefsee (zirka 450-fach vergrößert).



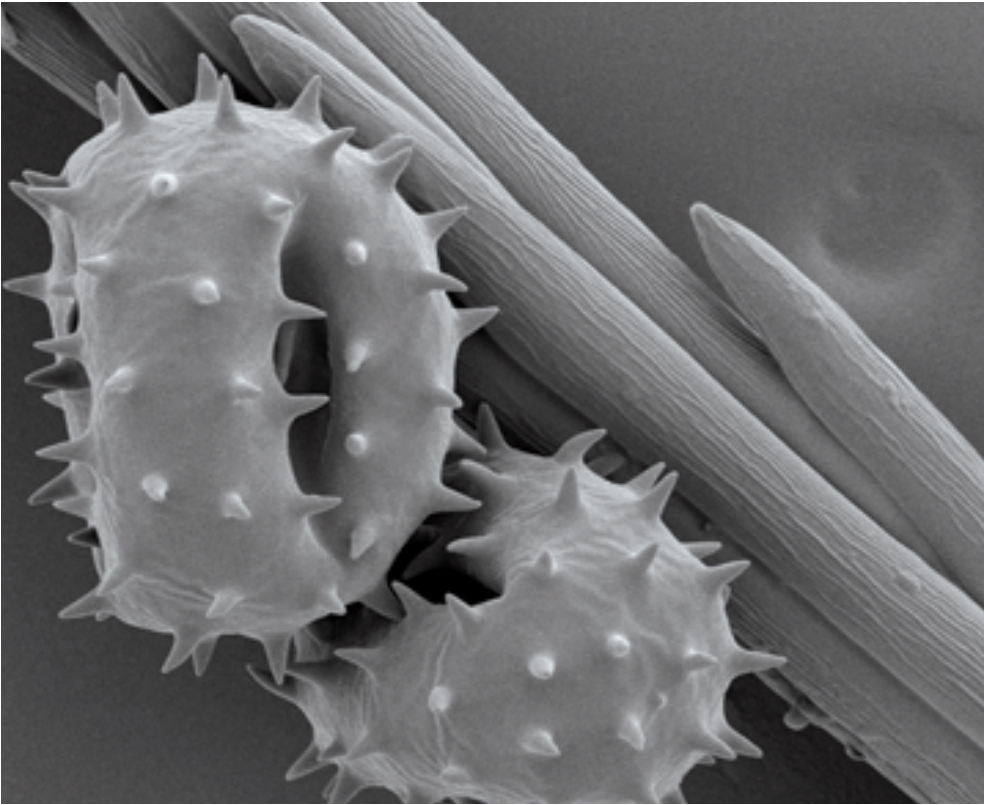
Zarte Filamente durchziehen diese kleinen Einheiten des Lebendigen; allesamt sind die zellulären Organellen hochkomplexe, wirksame Systeme der Organismen, die alleine für sich einen eigenen Kosmos darstellen.

Das Raster-Elektronenmikroskop ist heute, ebenso wie das Transmissions-Elektronenmikroskop, Hilfsmittel der Wissenschaft: Wir schauen damit auf die Oberflächen der Proben, sehen sie räumlich, quasi dreidimensional, und haben deshalb oft leichteres Spiel, um Objekte zu beurteilen. Doch auch das ästhetische Moment ist für den Betrachter ein Genuss. Passend dazu steht Winkelmanns Diktum »Edle Einfachheit und stille Größe«, wir staunen, stellen aber auch mitunter die Frage: Wo liegt darin der »Sinn«, was hat das für einen Grund?

Im Bauplan der Natur finden wir viele technische Errungenschaften des Menschen, die die Baumeister im biologischen Gefüge bereits seit Jahrmillionen verwenden: glatte, runde Öffnungen oder Schlitze, um einerseits weniger Material zu verarbeiten und somit das Lebewesen leichter zu gestalten, andererseits aber auch, um einer Kieselalge mehr Lichteinstrahlung für die Photosynthese zu ermöglichen. Wir finden kantige Aussparungen, längs angelegte Leisten zur Verstärkung, durchgehende, in der Masse des Materials verdünnte Verbindungslinien, die sich am Ende krümmen oder verdicken, um einen Fortriss zu verhindern **3 4**. In den Keramiken für technische Hochleistungsgeräte werden heute bewusst solche Bruchlinien und Störzonen eingebaut, um eventuellen Spannungen, denen Risse folgen, vorzubeugen, sie gleichsam zu kanalisieren; denn so verpuffen die Störkräfte. Die Natur wägt ab, um zwischen vorhandenem Material und der notwendigen Gestaltungsmöglichkeit variieren zu können. Und am Ende dieser Anpassungsprozesse können unter Umständen evolutionäre Sprünge entstehen.

Besonders in der Welt der Insekten und der Spinnentiere wimmelt es vor Überraschungen für den Feinstrukturforscher: Winzigste Poren befinden sich an feinsten Härchen,

9 Eine Varroamilbe von unten betrachtet, die Beinpaare zeigen die Symmetrie (zirka 50-fach vergrößert).



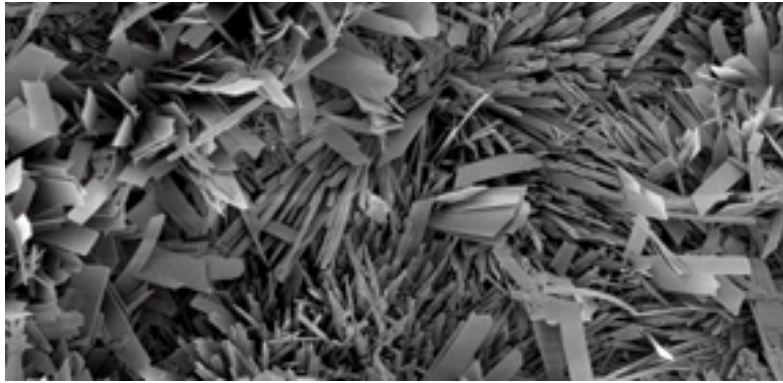
11 Faszination der Tiefenschärfe: Pollen des Hufplatichs (zirka 1000-fach vergrößert).

über die ein Insekt Geruch oder Geschmack wahrnimmt. So taucht der wissenschaftliche Beobachter in Landschaften ein, die ihm – manchmal erst nach längerer präparativer Vorarbeit – die verschiedensten Strickmuster des Organischen vorführen. Durchlöcherte Platten, Einstülpungen, Verästelungen, Porengänge, die zu Sinneszellen führen, die die feinsten Haare etwa auf Bienenantennen tragen, um Geruchsmoleküle orten zu können **9**. Und die so übertragenen Botschaften können dann heißen: Droht Gefahr oder naht Nektar?

Mitunter ist es auch die Zersetzung, die Korrosion, sind es Brüche oder andere mechanische Zerstörungen, die einen verborgenen Charakter im Material offenbaren können. Grundsätzlich bilden alle stofflichen Strukturen verzweigte und stabilere Molekülketten, höherwertige oder kompakte chemische Zusammensetzungen, kristallisieren, polymerisieren, vernetzen und ergeben eine Art Grundmasse der anorganischen oder organischen Ultrastrukturen. Viele der Oberflächen bilden ein geometrisches Muster **8** oder scheinen gar eine Symmetrie vorzugeben, und das heißt Spiegelungsgleichheit, Gleich- und Ebenmaß. Solche Muster sind dem menschlichen Auge geläufig, da sie auf bekannte Ele-



10 Der Zoologe Ernst Haeckel (1834 – 1919) veröffentlichte in den Jahren 1899 bis 1904 die »Kunstformen der Natur« (links). Sein Bestreben war die völlige Neuordnung der Biologie unter Berücksichtigung der Entwicklungslehre. Diese Tafel zeigt »Kammerlinge«; diese Foraminiferen sind Einzeller des Tierreichs, die ein Kalkgehäuse besitzen, deren Feinstrukturen Haeckel mit dem Lichtmikroskop entlockte.



12 Geschärfter Blick für den Kalkstein aus dem Wasserkessel (zirka 1500-fach vergrößert).

mente unserer scheinbar realen Welt zurückgreifen. In der Tierwelt sind in neunzig von hundert Fällen die Baupläne der Arten spiegelungsgleich 7 8 9. Die philosophische Forderung einer symmetrischen Anordnung der Welt hat sich jedoch in vielerlei Hinsicht nicht belegen lassen. Leichter drängt sich auch neben der Kristallbildung, die die Mineralogen vorweisen können, die Botanik auf. Sie liefert reichlich Belege für die Symmetrie: etwa im Blütenbau, eine Anordnung der Teile beiderseits einer Achse oder gruppiert um einen Mittelpunkt.

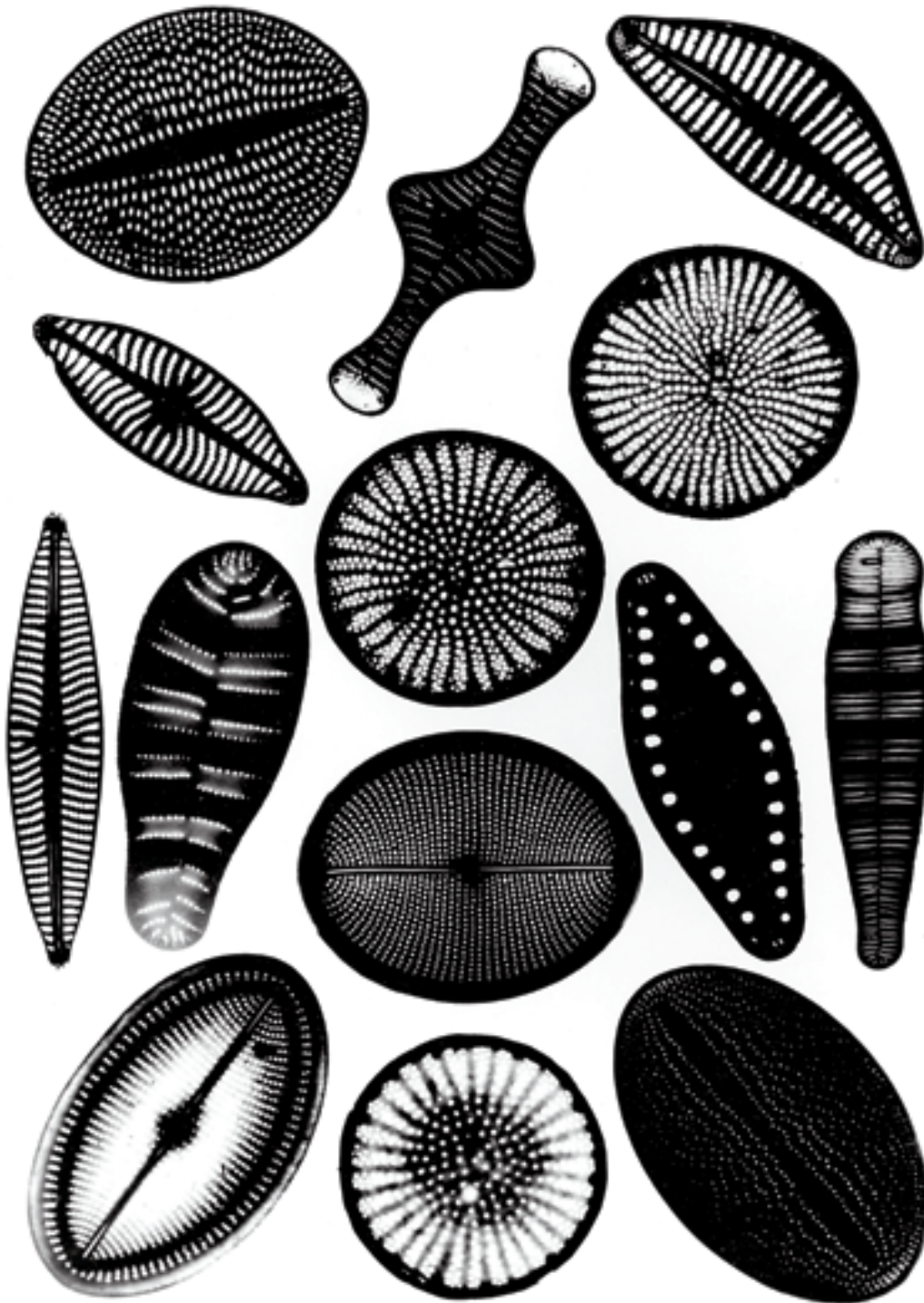
Bereits um 1900, mit dem Fortschritt einer stark verbesserten Lichtmikroskopie, fixierte Ernst Haeckel mit dem Stift immer mehr Kleinlebewesen in seinen »Kunstformen der Natur«. Seine Zeichnungen, mit bewundernswerter Fertigkeit gestaltet, zeigen aber auch den Wunsch der damaligen Naturphilosophie, die materielle Welt zu idealisieren 10.

Nun ermöglicht uns seit rund vierzig Jahren das plastische Sehen durch den Sekundärelektronenstrahl am Raster-Elektronenmikroskop, das Gesehene als natürlich aufzufassen, denn dort werden alle Strukturen in einer derartigen Tiefenschärfe abgebildet 11 12, dass dem menschlichen Betrachter seine große, ihm bekannte Welt, in einer »tausendfachen Auflösung« zertrennt und zerklüftet entgegentritt, aber durch das geometrische Bauprinzip einem Schmuckstück gleichend, wie von einem unbekanntem Künstler gestaltet 13.

Die Abbildungen stammen vom Feldemissions-Raster-Elektronenmikroskop S-4500 (Hitachi).

Der Autor

Manfred Ruppel ist als naturkundlich-technischer Assistent im Botanischen Institut tätig und entdeckt seit dreißig Jahren als Elektronenmikroskopiker im Service-Labor des Fachbereichs Biologie immer wieder mit Faszination die Mikrowelten der Natur.



13 Schmuckstücke im Transmissions-Elektronenmikroskop: Diatomeen des Süßwassers (1980 am Zeiss EM 9 fotografiert).