

Wissensdurst –

Forschungsrausch

EIN TAUMEL DURCH DIE NATURWISSENSCHAFT UND TECHNIK

..... Als kleines Mädchen, gerade mal fünf Jahre alt, mache ich im heimatischen Garten meine größte wissenschaftliche Entdeckung:

Ich komme drauf, wofür Samen gut sind. Unendlich stolz und voller Freude fliege ich durch die Welt.

Das nächste einschneidende Erlebnis ist, als mir jemand erzählt, dass wir in verschiedene Vergangenheiten blicken, wenn wir uns den Sternenhimmel ansehen. Die Sterne sind verschieden weit weg von uns, und da sich das Licht im Vakuum des Weltalls mit konstanter Geschwindigkeit ausbreitet, ist es bei den Sternen, die ja alle verschieden weit weg sind, zu verschiedenen Zeiten gestartet, wenn es zum gleichen Zeitpunkt bei uns ankommt. Wow! Wir sehen also Sterne, die es noch gibt, neben Sternen, die vielleicht schon vergangen sind, und nehmen alles trügerischerweise als eine gemeinsame Gegenwart wahr. Was ist Zeit? Was heißt gleichzeitig? Ich bin elf Jahre alt, fasziniert, und die Naturwissenschaft hat mein Herz erobert.

Mit 17 sitze ich dann mit dem Studienführer im Garten und sehe mir so an, was die Universitäten anzubieten haben. Numismatik. Byzantinistik und Neogräzistik. Sinologie. Nicht schlecht. Aber dann lese ich die Ausfallsquoten bei Technischer Physik (73%) und erfahre, dass die Absolventen und Absolventinnen dieses Studiums DiplomingenieurInnen sind. Ich will bei den 27% sein, die dieses Studium schaffen. Ich will Diplomingenieurin werden. Ich werde Diplomingenieurin werden. Ich bin nun Diplomingenieurin. Alle Ingenieure bei uns in Kindberg bei der Voest Alpine, in Kapfenberg beim Böhler, im Fernsehen, in der Zeitung, eigentlich überall, sind Männer.

Ich habe es geschafft und bin nun bei denen dabei, die forschen. Angetrieben von Wissensdurst, gierig nach dem Forschungsrausch. Und davon werde ich heute erzählen.

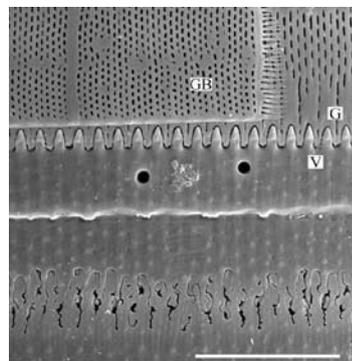
Glasmachende Algen? Nein, so etwas gibt es nicht. Glas machen Menschen, Algen sind Pflanzen.

Den Anfang dieses Taumels durch meine Forschungen machen Algen. Braungüne kleine Wesen, die im Meer oder Fluss leben. Manche Algen können etwas ganz Besonderes: sich Häuser aus Glas bauen nämlich. Und heißen dann Kieselalgen. Und sie sind wunderwunderschön (Abb. 1a und 1b). Wie machen sie ihr Glas? Ich muss sie ansehen, ganz genau, untersuchen, vergrößern. Fahre nach Kalifornien und arbeite mit den modernsten Mikro-

skopen der Welt. Diese Kieselalgen erzeugen einen Kleber, einen Unterwasserkleber, mit dem sie sich am Stein festkleben. Dieser Kleber ist widerstandsfähig, ja, noch besser: selbstheilend. So ähnlich wie Luftmaschen, die sich wieder selbst bilden, nachdem sie geöffnet wurden.

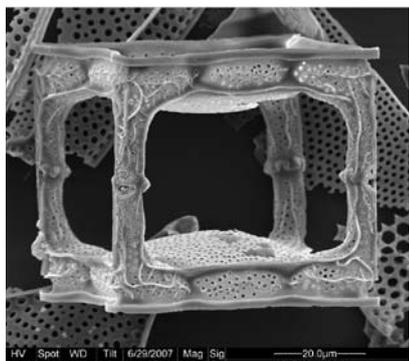
..... Ein neues Raumschiff hast Du erfunden? Wow.

1999 gibt es von der ESA, der European Space Agency, eine Aktion, bei der StudentInnen aufgerufen sind, neue Experimente für die International Space Station vorzuschlagen. Lars Mehnen, Peter Slowik und ich sitzen zusammen bei einem Bierchen, und denken uns: ein Experiment auf der Raumstation. Fad. Wir erfinden gleich ein neues Raumschiff! Gesagt, getan – nach kurzer Zeit ist unser Plastiksackerlraumschiff durchkonstruiert. Und wir machten den zweiten Preis von circa 10 000 Einreichungen! Die Idee ist simpel: ein Sackerl in einem Sackerl in einem Sackerl in einem Sackerl, und so weiter, 1000e Sackerln ineinander, und in den Zwischenräumen immer ein bisserl mehr Luft, bis man innen Umgebungsluft hat, und außen das Vakuum des Weltraums. Die Sackerlfolien brauchen nicht viel Platz, und das Ding können wir zum Beispiel leicht um Satelliten herum aufbauen, die wir reparieren müssen, und brauchen dann keinen Raumanzug anziehen und können reden.



(1a.)

Abb. 1a: Die glasmachende Alge Ellerbeckia unter dem Rasterkraftmikroskop. Der weiße Strich rechts unten gibt eine Länge an: fünf Mikrometer, das ist ein zweihundertstel eines Millimeters. Die gesamte Alge ist so klein wie der Durchmesser eines menschlichen Haares: Zehn dieser Algen nebeneinander hingelegt ergeben einen Millimeter. Wenn man das Bild umdreht, sieht man Mikroman, mit Augen, Zähnen und Bart.



(1b.)

Abb. 1b: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer fossilen Kieselalge, die vor 45 Millionen Jahren im heutigen Dänemark gelebt hat. Skalierungsbalken: 20 µm. Die Probe stammt aus der Hustedt Collection in Bremerhaven, Deutschland, # E1761.

Wie bitte? Molekulare Anstandsdamen? Die aufpassen, dass sich Eiweiße richtig falten?

Weiter geht's. Diesmal sind die „Opfer“ meiner Untersuchungen noch kleiner als die Algen. Ich nähere mich einzelnen Molekülen. Chaperone heißen sie, Anstandsdamen, die Moleküle und sehr wichtig sind sie im Körper. Auch in deinem. Auch in Pflanzen und Tieren. Eigentlich in jeder Zelle von höheren Organismen. Sie sind so etwas wie ein innerer Schutzmechanismus. Wenn Eiweiße falsch gefaltet sind, helfen Chaperone uns, sie wieder richtig zu falten. 1000e Male, jede Sekunde, in jedem Körper, ein Leben lang passiert das. Abbildung 2 zeigt ein derartiges Schutzmolekül. Wir sind damals Pionier_innen auf dem Gebiet der Mikroskopie von kleinen biologischen Maschinen. Es kommen viele Besucher_innen in unser Labor in Kalifornien, und wir werden zu Kongressen und Vorträgen eingeladen. Immerhin haben wir das erste Mal die Interaktion von einem Eiweißmolekül (GroES, der oberste Abschnitt in Abbildung 2) mit einem anderen Eiweißmolekül (GroEL, der mittlere und untere Ring in Abb. 2) auf der Einzelmolekülebene beobachtet. Und natürlich schreiben wir die Ergebnisse für ein wissenschaftliches Fachjournal zusammen. Für ein sehr gutes Journal. Eines Abends kommt ein Kollege zu mir und sagt „Ille, wenn ich Platz 4 bin auf der Autorenliste, und Du Platz 5, dann sind wir weiterhin Freunde.“ Völlig entsetzt blicke ich ihn an. So wird also die AutorInnenreihenfolge in der Wissenschaft ausgehandelt? Nein, das mag ich nicht. Ich will erforschen, spielen, Neues entdecken, aber mich doch nicht um die Reihenfolge der Namen streiten. Nichtsdestotrotz, so läuft die Wissenschaft in den USA. Viel Freiheit, viel Geld, starke Ellbogen, viel Ehrgeiz, leicht zerstörte Freundschaften. Ich beschließe, Kalifornien zu verlassen und wieder nach Wien zu gehen. Juhu – eine Ausschreibung an meiner Heimatuniversität, es geht um die Arbeit an einem noch besseren, noch schärferen Mikroskop!

Abb. 2: Ein Schutzmolekül, das aus den zwei Teilen GroES und GroEL besteht. Das hier dargestellte GroES Käppchen kann sich wegklappen, und in den mittleren und unteren Teilen (GroEL), die zylindrische, innen hohle Strukturen sind, werden fehlgefaltete Eiweiße wieder richtig gefaltet. Die Höhe dieser biologischen Maschine ist 18 Tausendstel von einem Millionstel Meter. Unvorstellbar klein, und dennoch beobachtbar mit unseren neuen Mikroskopen.

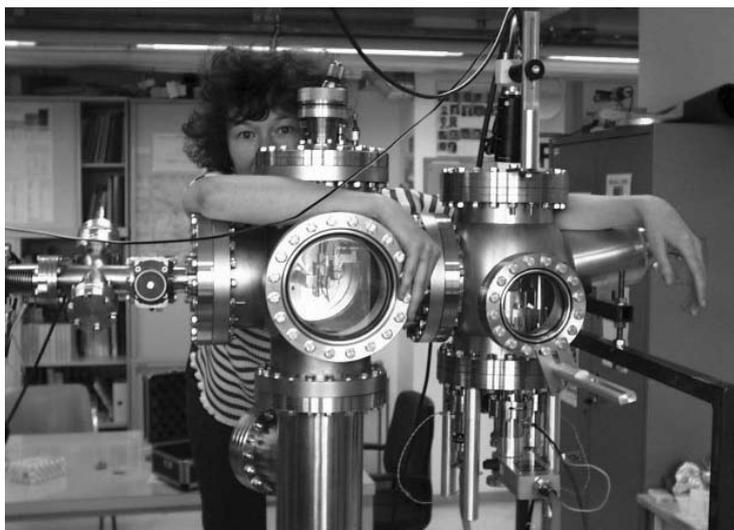
Nein, aber nicht echt, ich kann einzelne Atome sehen mit deinem neuen Mikroskop? Und verschieben?!!

Abbildung 3 zeigt dieses schöne scharfe Mikroskop am Institut für Allgemeine Physik an der Technischen Universität Wien. Mit ihm kann ich nun einzelne Atome sehen, und nicht nur sehen, sondern sie auch verschieben. 100 000e Kohlenstoffatome nebeneinander ergeben den Durchmesser eines Haares. Einzelne von ihnen sind in Abbildung 4 gezeigt.

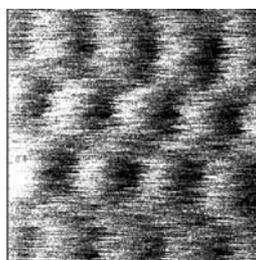
Wie meinst du das? Es gibt auch ein bisschen nichts? Gutes nichts? Besseres nichts? Hmm? (Jakob F. Kleinsasser)

Dieses Mikroskop arbeitet im Vakuum. Das heißt, der Edelstahlbehälter, in dem das Gerät arbeitet, wird ausgepumpt. Nun gibt es nicht nur etwas oder nichts auf dieser Welt, also Luft und Vakuum, sondern auch ein bisschen nichts. Schlechtes Vakuum. Und besseres Vakuum. Je nachdem, wie gut die Pumpen sind, die ich habe, um die Luft rauszupumpen. Bei diesem Mikroskop sind vier Pumpen angeschlossen: eine Vorvakuumpumpe, eine Turbopumpe, eine Ionengerätterpumpe und eine Titansublimationspumpe. Mit jeder Pumpe wird das bestmögliche erreichbare Vakuum noch ein bisschen besser. Und am Ende haben wir ein Vakuum, so gut wie im Orbit vom Space Shuttle.

Abb. 3: Das Rastersondenmikroskop: eines der schärfsten Mikroskope der Welt.

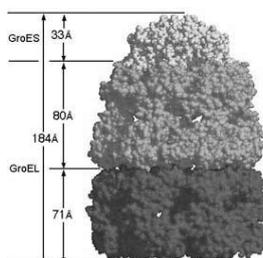


(3.)



(4.)

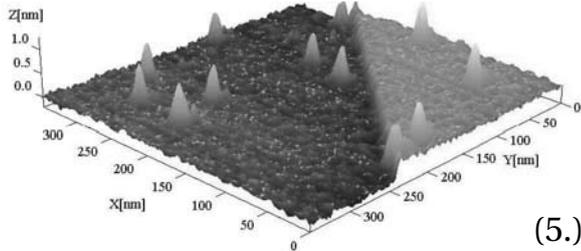
Abb. 4 Zirka fünfzehn Kohlenstoffatome, aufgenommen mit dem Mikroskop aus Abbildung 3. Die Abmessungen des Bildes sind ein Nanometer mal ein Nanometer. Das heißt dass 100.000 dieser Bilder nebeneinander die Breite eines menschlichen Haares ergeben!



(2.)

Als ich das Bild der Atome in Abbildung 4 mache, rinnen mir die Tränen über die Wangen. Interessant, so eine Sozialisierung als Physikerin. Ich bin glücklich, habe ich doch eines meiner Ziele erreicht: einzelne Atome zu sehen.

Und weiter im Spiel. Derzeit verwenden wir einzelne hoch geladene Ionen und lassen sie mit Kristalloberflächen wechselwirken. Dabei entstehen kleine Defekte an der Oberfläche – klein aber haltbar – und wir forschen daran, wie sie entstehen. In Zukunft werden sie vielleicht einmal zur Datenspeicherung verwendet. Kleiner, schneller, besser, zuverlässiger. Wenn wir mit so kleinen Strukturen Informationen speichern könnten, bekämen wir auf eine CD vielleicht bald 100.000 CDs. Abbildung 5 zeigt eine derart strukturierte Kristalloberfläche.



(5.)

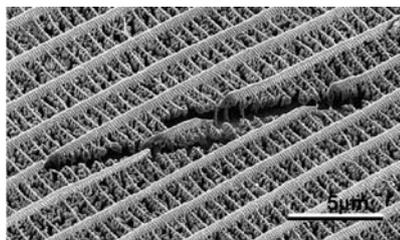
Abb. 5 Die Oberfläche eines Kristalls mit kleinen, von uns erzeugten Strukturen. Auch eine atomare Stufe ist sichtbar, eine Atomlage hoch.

Und was macht den schwarzen Fleck im Kohlweißlingsflügel so tiefschwarz?

Die weiße Farbe im Kohlweißlingsflügel kommt durch kleine Strukturen zustande, die mit verlängerten Perlen besetzt sind (Abbildung 6 b, Abbildung 7). An diesen verlängerten Perlen wird das einfallende Licht in alle möglichen Richtungen gestreut und ist somit weiß. Der untere Teil von Abbildung 7 zeigt, wie im kleinen Fleck am Kohlweißlingsflügel das Schwarz entsteht: die grundlegende Struktur ist dieselbe, allerdings fehlen die verlängerten Perlen und somit wird das Licht nicht reflektiert und gestreut, sondern absorbiert. Und wenn alles sichtbare Licht absorbiert wird und nichts reflektiert, erscheint der jeweilige Gegenstand schwarz. Wow! Dieselbe Grundidee, nur ein kleines Modul anders und ein völlig anderer Effekt. Physik wie aus dem Matadorkasten. Ich träumte davon, mit einem Nanoflieger durch die Stege zu fetzen, die verlängerten Perlen rauszuschießen, und so Weiß in Schwarz zu verwandeln.



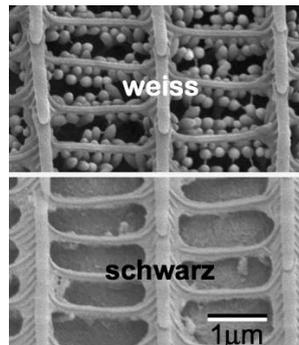
(6a.)



(6b.)

Abb. 6 a: Ein Kohlweißling. b: Mikrostrukturen vom Kohlweißlingsflügel. Auf parallel angeordneten Stegen mit feinen Querverbindungen sind unzählige kleine, verlängerte Perlen fixiert, die das Licht in alle Richtungen streuen und den Flügel weiß erscheinen lassen. Der Skalierungsbalken rechts unten hat eine Länge von fünf Mikrometern. 20 dieser Balken nebeneinander ergeben die Breite eines Haares, 200 dieser Balken nebeneinander ergeben einen Millimeter.

Manfred Drack, theoretischer Biologe an der Universität Wien, erzählt mir von Strukturfarben bei Schmetterlingen. „Die schauen aus wie kleine Christbäume“ sagt er, und das tun sie auch. Manchmal. Manchmal sehen sie ganz anders aus, die Strukturen, die den Schmetterlingen ihre Farben geben. Nachdem Manfred von den Christbaumstrukturen erzählt, bekomme ich eine Einladung, bei einer Optikkonferenz in Belgrad einen Vortrag zu halten. Das Thema ist schnell gefunden: Strukturfarben in der Biologie. Ich besorge Bücher, lese Artikel in wissenschaftlichen Journalen, browse im Internet. Wow! Welche Welt sich da eröffnet! Seesterne, deren ganze Oberfläche ein einziges Auge ist, bunt-schillernde Würmer, Mistkäfer, Pfauenfedern, ja sogar die bunten Farben am Hals von Truthähnen kommen nicht durch Pigmente zustande, sondern durch Strukturen. Diese Strukturen sind im Bereich der Wellenlänge des sichtbaren Lichtes und wechselwirken mit dem Licht, wobei die schönsten, klarsten und reinsten Farben entstehen. So wie auf einer CD. Ganz besonders gefangen genommen hat mich der Kohlweißling (Abbildung 6a). Ein – so nahm ich immer an – einfacher, simpel gebauter Schmetterling, eigentlich ein Schädling, normalerweise mehr gehasst als geliebt, ganz besonders als Raupe.



(7.)

Abb. 7 Die Strukturen am Kohlweißlingsflügel, die für Weiß (oben) und Schwarz (unten) verantwortlich sind. Bei den Strukturen im schwarzen Fleck der Kohlweißlingsflügel fehlen die verlängerten Perlen und das meiste Licht wird absorbiert – deswegen erscheint der Fleck schwarz.

Jahrelang bin ich getaumelt durch die Wissenschaft, des Taumelns willen. Ich habe sie genossen, getrunken, mich darin gesuhlt. Mittlerweile bin ich ein bisschen erwachsener und möchte auch anderen diese Welt nahebringen. Ich gehe raus aus meinem Elfenbeinturm, mache Vorlesungen in der Straßebahn, gehe in Volkshochschulen und arbeite aktiv daran, Mädchen Naturwissenschaft und Technik als mögliche Berufsfelder nahezubringen. Kommt, fliegt mit mir, es ist schön.

Und wenn mich wer besuchen will – einfach melden. Alle Kontaktdaten gibt's unter www.ille.com.

Text: Ille C. Gebeshuber

Credits:

Bild 1b © F. Hinz und R.M. Crawford

Bild 2: Web

Bilder 6a, 6b und 7 © 2004 The Royal Society

Bilder 1a, 3, 4, 5 © I. Gebeshuber