

## DEM «ELEKTROSMOG» UND SEINEN FOLGEN AUF DER SPUR

*Trotz fehlender wissenschaftlicher Beweise hört man immer öfter die Befürchtung, dass auch schwache elektromagnetische Felder die menschliche Gesundheit und das Wohlbefinden beeinträchtigen. Diese Befürchtung widerspiegelt sich im Begriff «Elektrosmog». Ein am Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETH Zürich veranstaltetes Seminar «Elektrosensibilität: Standortbestimmung eines Phänomens» hatte das Ziel, Expertenwissen zusammenzutragen, neue Forschungsprojekte vorzustellen und das Phänomen Elektrosensibilität objektiv zu diskutieren.*

Rund 250 Personen nahmen am 4. Juli 1997 am Seminar zum Thema «Elektrosensibilität» teil. In Kurzvorträgen informierten Fachleute aus der Schweiz, Deutschland, Österreich und Schweden über Grenzwerte, Verbreitung der Elektrosensibilität in der Bevölkerung, Umgang mit elektrosensiblen Menschen, Diagnosetechniken und Effekte elektromagnetischer Felder (EM-Felder) auf Hormonhaushalt und Schlaf. Für die Festlegung von Grenzwerten für EM-Felder existieren naturwissenschaftliche Modelle. Da die biologische Wirkung dieser Felder je nach Frequenz verschieden ist, muss zwischen niederfrequenten und hochfrequenten EM-Feldern unterschieden werden. «Sowohl bei den Grenzwerten für die berufliche Exposition als auch bei den Grenzwerten für die allgemeine Bevölkerung ist nach heutigem Wissensstand mit keinen gesundheitlichen Schäden zu rechnen. Generell liegt die Exposition deutlich unter den Grenzwerten», sagte eine Vertreterin des deutschen Bundesamtes für Strahlenschutz.

### *Wissenschaftliche Beweisführung fehlt nach wie vor*

Immer häufiger hört man aber Berichte, dass gewisse Personen bereits bei sehr kleinen EM-Feldern (weit unter den Grenzwerten) unter Beschwerden wie Schlafstörungen, Nervosität, Müdigkeit, Kopfschmerzen, Schwindelgefühlen oder Hautveränderungen leiden. Eine an der ETH-Tagung präsentierte Untersuchung aus Österreich schätzt die Obergrenze an «elektrosensiblen Personen» in der Bevölkerung auf ca. 2 Prozent. Doch nach wie vor fehlen kontrollierte Doppelblindversuche, die objektiv beweisen, dass tatsächlich die einwirkenden Felder die Reaktion verursachen, und nicht etwa trockene Luft, flimmerndes Licht, Lärm, Luftschadstoffe, privater oder beruflicher Ärger oder andere unbekannte Ursachen.

So hat beispielsweise eine kürzlich durchgeführte Studie des Instituts für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Bern ergeben, dass in der Nähe des Kurzwellensenders Schwarzenburg Schlafstörungen gehäuft auftreten. Nach wie vor ist aber unklar, ob die Beziehung zwischen Sender und Beschwerden der Bevölkerung ein biophysikalisches oder psychisches Phänomen ist, denn es konnte kein Einfluss des EM-Feldes auf die Melatoninausscheidung beim Menschen nachgewiesen werden. Das Hormon Melatonin wird nachts sezerniert und ist neben seiner antagonistischen Wirkung auf Östrogene ein Radikalfänger ersten Ranges (deshalb wird ihm auch eine Rolle bei der Krebsentstehung zugeschrieben). Ein hypothetischer Wirkungsmechanismus beruht auf der Annahme, dass die nächtliche Melatoninproduktion durch EM-Felder verringert wird – doch konnte diese Theorie bis jetzt nicht eindeutig bewiesen werden.

### *Testpersonen gesucht*

Eine Studie mit der Bezeichnung NEMESIS (Niederfrequente elektrische und magnetische Felder und Elektrosensibilität in der Schweiz), welche am Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie (IHA) der ETH Zürich durchgeführt wird, soll nun Klarheit schaffen. Auftraggeberin ist das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Das IHA sucht nun Personen, die das Gefühl haben, auf elektrische und magnetische Felder direkt zu reagieren. Durch die Auswahl aus dem Kreis der sogenannten «Erfolgskunden» von Elektrobiologen (d. h. Menschen, bei welchen elektrobiologische Sanierungsmassnahmen eine deutliche Verbesserung der Lebensqualität brachten) wird bereits eine Vorselektion bezüglich EM-Sensibilität getroffen. Als Kontrollgruppe wird eine gleiche Anzahl Personen ausgewählt, die sich als «nicht sensibel» einstuft.

Die Experimente finden in der Wohnung der Testpersonen statt. Das Hauptaugenmerk gilt dem Schlafverhalten elektrosensibler und nicht sensibler Personen. In einem doppelblind durchgeführten Test werden die Probanden einer Kombination schwacher elektrischer und magnetischer Felder ausgesetzt (Feldintensitäten um einen Faktor 100mal kleiner als die allgemein verwendeten Grenzwerte). Die Testpersonen führen ein Befindlichkeitstagebuch, in das sie am Abend die Ereignisse des Tages notieren (damit externe schlafbeeinflussende Faktoren berücksichtigt werden können). Kurz nach dem Aufwachen beantworten sie dort auch Fragen zur Schlafqualität. Das Tagebuch wird parallel zu den Provokationsversuchen und den Messungen der objektiven Parameter (Bewegungen, Herzrate und Atemfrequenz) geführt. Die physiologischen Daten werden mittels indirekter

Aktimetrie (berührungsfreie Bewegungsmessung) gesammelt. Dazu wurde am IHA ein spezielles Messgerät (sogeannter Dormograph) entwickelt.

Die Referate des Seminars sind im Tagungsband «Elektrosensibilität: Standortbestimmung eines Phänomens» publiziert worden. Bezugsadresse: Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, z.Hd. von Christopher Müller, NW, ETH Zentrum, Clausiusstrasse 25, 8092 Zürich.

Auskünfte zum Projekt NEMESIS bei Dr. Christoph Schierz (E-Mail: schierz@iha.bep.ETHZ.ch) oder bei Dipl. Natw. ETH Christopher Müller (E-Mail: mueller@iha.bep.ETHZ.ch).

### KIESELALGEN ALS BIOINDIKATOREN FÜR EINST UND JETZT

Die Schweizerische Arbeitsgemeinschaft Mikroflora (S.A.M.) ist vor zwei Jahren mit dem Ziel gegründet worden, Projekte im Bereich Mikroflora/Algen zu fördern, zu koordinieren und zu bearbeiten. Anfangs Juli führte die S.A.M. ein Algensymposium am Botanischen Institut der Universität Zürich durch. Ein Hauptthema war die Beurteilung der Nährstoffbelastung verschiedener Seen anhand der Kieselalgenflora. Dabei liefern historische Proben wichtige Referenzdaten.

In der Schweiz werden Kieselalgen – in der Fachsprache Diatomeen oder Bacillariophyceae genannt – seit etwa 1820 gesammelt und konserviert. Die genaue Bestimmung dieser Kleinlebewesen ist nur durch eine Präparation der Proben im Labor möglich. Dazu werden die Kieselalgen aufgelöst, bis nur noch das Zellgehäuse aus Kieselsäure übrigbleibt. Die Skelette können dann unter dem Mikroskop bestimmt und als Dauerpräparate unbeschränkt lange archiviert werden. Nachforschungen der S.A.M. haben ergeben, dass Proben aus den verschiedensten Gewässertypen sowie aus allen Regionen der Schweiz vorhanden sind. Insgesamt dürften bis heute rund 10 000 Kieselalgenproben aus schweizerischen Gewässern archiviert worden sein – diese verteilen sich auf 24 Sammlungen im In- und Ausland. Wieviele davon für wissenschaftliche Untersuchungen geeignet sind, ist allerdings noch nicht bekannt.

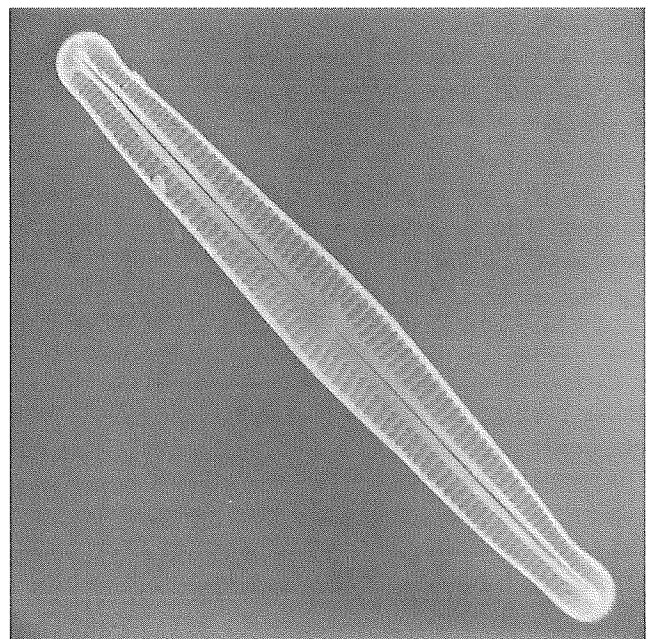
#### Pilotprojekt im Kanton Zürich

In den Anfängen sammelten die Forscher Diatomeen aus Freude an der Arten- und Formenvielfalt. Heute weiss man, dass Kieselalgen auch Auskunft über die Wasserqualität geben – man bezeichnet sie deshalb als Bioindikatoren. Im

Rahmen eines Pilotprojekts wurde nun abgeklärt, ob der Vergleich von heutigen und historischen Proben zur Charakterisierung der Nährstoffverhältnisse in Seen verwendet werden kann. Diese Studie wurde vom Kanton Zürich (Amt für Gewässerschutz und Wasserbau) sowie vom Ökologiebüro AquaPlus in Unterägeri finanziert.

Der heutige Zustand wurde im Oktober 1996 anhand von Stein und/oder Schilfaufwuchs aus vier verschiedenen Seen mit ganz unterschiedlicher Wasserqualität erhoben. Dazu wurden an 16 Uferstellen des Greifensees, an je 8 Stellen des Türl- und Hüttnersees sowie an zwei Orten des Walensees bei Unterterzen Proben entnommen. Zur Abschätzung der Wasserqualität und der Artenvielfalt im Uferbereich um die Jahrhundertwende wurden von jedem der erwähnten Seen historische Kieselalgenproben untersucht. Insgesamt waren 15 historische Proben auffindbar – davon konnten 8 für die Auswertungen gebraucht werden (die restlichen 7 Proben stammten nicht aus dem Uferbereich).

Die Auswertung der Proben beruht im wesentlichen darauf, dass rund zwei Drittel der Diatomeenarten sensibel auf bestimmte Nährstoffverhältnisse reagieren (vgl. auch Bild). Die Forscher und Forscherinnen bestimmten bei jeder Probe



Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Art *Achnanthes minutissima* var. *gracillima* (Meister) Lange-Bertalot. Diese Art, welche der Schweizer Diatomeen-Spezialist Fritz Meister (1860–1954) beschrieben hat, kommt in kalkreichen und oligotrophen Gewässern vor und ist in der «Roten Liste Deutschlands» in der Kategorie «gefährdet» aufgeführt. Die Probe stammt aus einem Trinkwasser-Laufbrunnen (Bild AquaPlus).

die Artenzusammensetzung und -häufigkeit und berechneten daraus den sogenannten Trophie-Index, der die Nährstoffverhältnisse in einem Gewässer widerspiegelt. Erwartungsgemäss zeigten die heute vorhandenen Kieselalpengemeinschaften im Vergleich mit den historischen Proben (1903–1908) – mit Ausnahme des Walensees – eine schlechtere Wasserqualität an. So wiesen die Ufer des Greifen-, Türlers- und Hüttnersees um die Jahrhundertwende einen tiefen Nährstoffgehalt auf (oligo- bis mesotrophe Verhältnisse, d. h. nährstoffarm, un- bis wenig produktiv), während heute die Greifen- und Hüttnerseeufer als eutroph (nährstoffreich, produktiv) und diejenigen des Türlersees als mesotroph (mässig nährstoffreich) bezeichnet werden müssen. Nur im Uferbereich des Walensees bei Unterterzen treten auch heute noch oligo- bis mesotrophe Verhältnisse wie um die Jahrhundertwende auf.

#### *Heute dominieren «Allerweltsalgen»*

Durch diese Veränderungen der Wasserqualität haben sich auch die Lebensgemeinschaften stark geändert. So traten um die Jahrhundertwende allein in diesen vier Seen 70 Arten auf, die heute in Deutschland als sogenannte «Rote Liste-Arten» geführt werden (für die Schweiz existiert keine solche Liste). In den 1996 entnommenen Proben kamen insgesamt noch 33 «Rote Liste-Arten» vor. Die heute noch vorhandenen gefährdeten Arten erreichen aber nur noch eine sehr geringe Individuendichte; sogenannte «Allerweltsarten» (Arten, die immer und überall in eutrophen Gewässern gefunden werden) dominieren. Das Pilotprojekt hat auch gezeigt, dass seit der Jahrhundertwende eine starke Verminderung der Biodiversität stattgefunden hat. Während die historischen Seeuferproben sehr artenreich waren, weisen die heutigen Uferproben nur noch rund ein Drittel bis höchstens die Hälfte der damaligen Artenzahl auf. Ob und wie stark dieser Artenverlust mit der Verschlechterung der Wasserqualität, mit dem Verbauungsgrad der Seeufer (damals eher Flachwasserzonen, heute mit Steinen besetzte und verbaute Ufer) oder mit anderen Faktoren zusammenhängt, müssen weitere Untersuchungen zeigen.

Joachim Hürlimann vom Ökologiebüro AquaPlus wies an der Tagung darauf hin, dass die Ergebnisse der Studie einmal mehr deutlich machen, dass sich die Rückführung der Gewässer vom eutrophen in einen für das Gewässer typischen Zustand nicht nur an chemischen Einzelkriterien wie beispielsweise dem Sauerstoff- oder dem Phosphorgehalt orientieren sollte. Eine Gewässersanierung hat ihr Ziel nämlich erst dann erreicht, wenn neben den chemischen auch biologische Kriterien (z. B. das Vorhandensein einer gewässerge-

rechten Flora und Fauna) erfüllt sind. Da biologische Kriterien jedoch schwierig zu definieren sind (weil der anzustrebende Referenzzustand meist nicht oder nur schlecht bekannt ist), wird normalerweise auf eine biologische Zieldefinition verzichtet, und es werden nur chemische oder produktionsbiologische Sanierungsziele festgelegt. Das Pilotprojekt des Kantons Zürich hat nun aber gezeigt, dass hierfür historische Diatomeenproben durchaus geeignet sind, denn sie liegen in Form von Dauerpräparaten vor, sind vielfach auf den Tag genau datiert und geographisch exakt lokalisierbar, so das Fazit der Experten an der S.A.M.-Tagung.

Hinweise über öffentliche und private Algensammlungen nimmt die S.A.M., c/o Aqua Plus, Gewerbestrasse 5a, 6314 Unterägeri, gerne entgegen.

#### **NEU IM BOTANISCHEN GARTEN ZÜRICH: FÄRBE-PFLANZEN**

*Zum 20-Jahr-Jubiläum des Botanischen Gartens Zürich an der Zollikerstrasse 107 ist Ende Juli ein neuer Gartenteil mit Färbepflanzen eingeweiht worden. An zwei Schaukästen können sich die Besucher zudem über die Verwendung tierischer Farbstoffe von der Antike bis heute informieren.*

Die Farbgewinnung aus Pflanzen hat bei allen Völkern eine lange Tradition. Man nimmt an, dass die Farbstoffe ursprünglich vor allem zur Körperbemalung und Tätowierung dienten. Doch wurden sie vermutlich schon bald auch zum Verschönern von Textilien gebraucht. In unseren Breiten scheint die Kunst des Färbens bereits von den Pfahlbauern im Neolithikum (4000–2000 v. Chr.) und vor allem in der Bronzezeit angewandt worden zu sein. Der Niedergang der Färbepflanzen begann gegen Ende des 19. Jahrhunderts, als es deutschen Chemikern gelang, grosstechnisch synthetische Farbstoffe herzustellen. Diese waren qualitativ besser (z. B. lichter) und erst noch preiswerter als die bis anhin aus Pflanzen gewonnenen Farben. In der Folge wurde der Anbau vielerorts eingestellt und geriet immer mehr in Vergessenheit.

Die Liste der Färbepflanzen im Botanischen Garten umfasst rund 60 verschiedene Arten. Nachfolgend werden einige kurz vorgestellt: Blätter, Blüten und Stengel des Wau, auch Gilbkraut genannt (*Reseda luteola*), liefern beispielsweise den gelben Farbstoff Luteolin – ein Flavon. Der Wau wurde mit der Zeit durch die Färbereiche (*Quercus tinctoria*) ersetzt, aus deren Borke Quercitrin gewonnen wurde. Auch die wohl berühmteste Färbepflanze, der ursprünglich in In-

dien beheimatete Indigo-Strauch (*Indigofera tinctoria*), ist im Botanischen Garten zu bewundern. Da die Blätter des Indigo-Strauches rund 30mal mehr Indigofarbstoff als jene der Waidpflanze (*Isatis tinctoria*) lieferten, wurde letztere nach der Entdeckung des Seeweges nach Ostindien (1560) als «Blau-Lieferant» verdrängt. Aus den mehrjährigen Rhizomen der Färberröte (*Rubia tinctorum*), auch Krapp genannt, wurde das leuchtende «Türkisch Rot» hergestellt. Dieser Alizarinfarbstoff eignete sich besonders zum Färben von Wollgarnen (z. B. der Soldatenhosen der Franzosen). Die Blüten der Färberdistel (*Carthamus tinctorius*) liefern einen andern roten Farbstoff – das Carthamin –, welcher sich hauptsächlich zum Färben von Baumwolle und Seide eigne-



Dass es beim Anbau von Färbepflanzen um viel Geld und Macht ging, illustrieren die Beispiele Waid (links) und Indigo (rechts). Die Blätter der Waidpflanze wurden seit dem 9. Jahrhundert im europäischen Raum zum Blaufärben verwendet – die Waidhändler gehörten zu den Reichsten des Landes. Doch mit der Entdeckung des Seeweges nach Ostindien 1560 begann auch in Europa der unaufhaltsame Siegeszug des Indigo. Um 1600 begann man in Europa bei der Herstellung von blauer Farbe aus Waid jeweils etwas Indigo beizufügen, um die Färbkraft zu erhöhen. Gegen diese Entwicklung versuchten sich die Waidanbauer mit drastischen Mitteln (z. B. Todesstrafe bei Verwendung von Indigo in Sachsen zwischen 1650–1653) zu wehren – allerdings ohne Erfolg. (Darstellung aus NENCKI, L. 1984. Die Kunst des Färbens mit natürlichen Stoffen. Geschichte–Methoden–Rezepte. – Paul Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, 217 pp.).

te. Je nach zugesetzter Menge färbte es die Stoffe rosa, kirschrot, braungelb oder sogar schwarz.

Aussagen wie Gelb aus Blüten oder Blau aus Blättern dürfen aber nicht den Eindruck erwecken, dass einfache Abkochungen der entsprechenden Pflanzenteile zum gewünschten Resultat führen – das Färben ist eine komplizierte Handwerkskunst. So wurde beispielsweise der blaue Farbstoff aus Indigo, ähnlich wie beim Waid, durch einen Gärungsprozess gewonnen. Zudem braucht es in den allermeisten Fällen einen Vermittler, eine sogenannte Beize, die das zu färbende Gut zur Farbaufnahme zubereitet.

### WELTREKORD IM LASERLABOR AN DER ETH ZÜRICH

Nur 6,5 Femtosekunden ( $10^{-15}$  sec) dauern die derzeit kürzesten Lichtpulse, welche Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts für Quantenelektronik der ETH Zürich direkt aus einem Titan-Saphir-Laser erzeugen. Die ultrakurzen Laserpulse kommen beispielsweise in der Elektronik, Physik, Chemie, Biologie und Medizin zum Einsatz.

Verschiedene Forschungsgruppen in den USA und in Europa arbeiten daran, möglichst kurze Laserpulse zu erzeugen. Wie die Abteilung Öffentlichkeitsarbeit und Aussenbeziehungen der ETH Zürich mitteilte, ist nun der Gruppe Kurzzeit-Laserphysik an der ETH Hönggerberg unter Leitung der Professorin Ursula Keller ein wichtiger Schritt in der Verkürzung der Zeitdauer von Lichtpulsen gelungen. Der ETH-Weltrekord liegt bei unvorstellbar kurzen 6,5 Femtosekunden (bei einer Wellenlänge von 750 nm) (JUNG et al., 1997).

Dieses Resultat wurde dank zwei Neuentwicklungen des ETH-Teams möglich. Zum einen wurden Spiegel entwickelt, welche die zeitliche Verzerrung der verschiedenen Farbanteile bei der Erzeugung des Lichtstrahls weitgehend aufheben (KÄRTNER et al., 1997). Die theoretischen Grundlagen für diese Spiegel hat die Arbeitsgruppe von Ursula Keller in Zusammenarbeit mit dem Paul Scherrer Institut in Villigen und dem Massachusetts Institute of Technology in den USA erarbeitet. Die Herstellung erfordert ein genau kontrolliertes Wachstum von total 50 Schichten Titanoxid und Siliziumoxid. Diese Arbeit führten Wissenschaftler der Technischen Hochschule Darmstadt aus. Um aus kontinuierlichen Laserstrahlen stabile Laserpulse zu machen, braucht es einen speziellen Startmechanismus. Zu diesem Zweck hat das ETH-Team einen sogenannt sättigbaren Halbleiterabsorber entwickelt (KELLER et al., 1996) – dieser legt den zweiten Grundstein für diesen Weltrekord.

### Breites Anwendungsspektrum

Dank der Entwicklung der neuartigen Kurzpuls-Laser können Wissenschaftler nun mit Laserpulsen extrem schnelle Vorgänge in Physik, Chemie und Biologie verfolgen. So lassen sich beispielsweise Elektronenbewegungen innerhalb von Femtosekunden untersuchen (etwa bei der Photosynthese). Ein weiteres wichtiges Anwendungsgebiet dieser Technik ist die Medizin. Bereits heute sind für die Augenheilkunde Geräte auf dem Markt, die Pulse im Picosekunden-Bereich ( $10^{-12}$  sec) erzeugen. Mit Kurzlaser-Pulsen können z. B. die verschiedenen Schichten des menschlichen Auges ausgemessen werden. Über die Flugzeit des Pulses gewinnt man Rückschlüsse über die Entfernung jener Schicht, welche den Lichtstrahl reflektiert hat. Je kürzer die Pulse sein werden, desto kleinere Strukturen lassen sich künftig untersuchen. Ursula Keller ist optimistisch, dass das Potential der beiden Neuentwicklungen noch nicht ausgeschöpft ist und dass sich die Dauer der Laserpulse noch weiter reduzieren lässt. Man darf also auf einen weiteren Weltrekord aus Zürich gespannt sein.

### Literatur

JUNG, I.D., KÄRTNER, F.X., MATUSCHEK, N., SUTTER, D.H., MORIER-GENOUD, F., ZHANG, G. & KELLER, U. 1997. Self-starting 6.5-fs pulses from a Ti:sapphire laser. – Opt. Lett. 22, 1009–1011.

KÄRTNER, F.X., MATUSCHEK, N., SCHIBLI, T., KELLER, U., HAUS, H. A., HEINE, C., MORF, R., SCHEURER, V., TILSCH, M. & TSCHUDI, T. 1997. Design and fabrication of double-chirped mirrors. – Opt. Lett. 22, 831–833.

KELLER, U., WEINGARTEN, K.J., KÄRTNER, F.X., KOPF, D., BRAUN, B., JUNG, I.D., FLUCK, R., HÖNNINGER, C., MATUSCHEK, N. & AUER, J. 1996. Semiconductor saturable absorber mirrors (SESAM's) for femtosecond to nanosecond pulse generation in solid-state lasers. – IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron. 2, 435–453.

## EVOLUTION IN VITRO – OHNE VERWENDUNG VON ZELLEN

*Mit dem Verfahren des sogenannten «ribosome display», welches Wissenschaftler am Biochemischen Institut der Universität Zürich entwickelt haben, steht erstmals eine Methode zur Verfügung, um die Evolution für Proteinmoleküle im Reagenzglas nachahmen zu können. Dieses Verfahren, das eine Abfolge von Vermehrung, zufälligen Veränderungen und Selektion der Besten darstellt, kann beispielsweise zur Identifizierung neuer Arzneimittel verwendet werden.*

Damit Medikamente hochwirksam und möglichst ohne Nebenwirkungen sind, müssen die Wirksubstanzen wie ein Schlüssel zu einem Schloss nur an einen ganz bestimmten Typ von Molekülen passen. Trotz grosser Fortschritte in der Vorhersage solcher Strukturen mit Computermethoden müssen auch heute noch zuweilen Zehntausende verschiedener Substanzen getestet werden, um auf ein neues Medikament zu stossen. Wie aber findet die Natur immer den passenden Schlüssel? Sie erreicht die perfekte Substanz durch den Prozess der Evolution.

Wie der Unipressdienst mitteilte, ist es nun dem Biochemiker Jozef Hanes und Andreas Plückthun, Professor am Biochemischen Institut der Universität Zürich, gelungen, diese Strategie auf Proteinmoleküle im Reagenzglas anzuwenden – erstmals ohne die Verwendung lebender Zellen (HANES & PLÜCKTHUN, 1997).

Beim Verfahren mit dem Namen «ribosome display» wird in einem ersten Schritt DNA mittels geeigneter Enzyme in mRNA transkribiert. Die mRNA bindet sich anschliessend an Ribosomen (extrahiert aus *Escherichia coli*). An den Ribosomen entstehen dann aus den mRNA-Vorlagen die entsprechenden Proteine. Während in einer Zelle normalerweise das Ribosom nach getaner Arbeit sowohl das fertige Protein als auch die mRNA entlässt, besteht der Trick der neuen Methode darin, genau dies zu verhindern. Die Proteine bleiben in ihrer korrekten dreidimensionalen Struktur am mRNA-Ribosomen-Komplex hängen. Die Zürcher Forscher erreichen dies, indem sie bestimmte Substanzen, sogenannte «molekulare Chaperone» zugeben. Diese begünstigen die Faltung der Kette und verhindern, dass die Proteine und die RNA von Enzymen abgebaut werden.

### Selektion und Optimierung

Damit wird sichergestellt, dass die Proteine rasch auf ihre biologische Aktivität hin getestet werden können und zugleich erkennbar bleibt, von welcher mRNA das jeweilige Protein stammt. Diejenigen Substanzen, die am molekularen Target (z. B. Antigen oder Rezeptor) binden, werden selektioniert; die andern können mit geeigneten Methoden wegwaschen werden. So lässt sich sprichwörtlich die Nadel im Heuhaufen finden bzw. eine Substanz mit vielversprechender Wirkung herausfischen. Über die zugehörigen mRNA können die Forscher schnell auf die entsprechende DNA zurückgreifen und diese sodann mit der Polymerase-Kettenreaktion (PCR) millionenfach vervielfältigen. Natürlich geht diese ungeheure Kopierleistung nicht fehlerfrei vonstatten und es schleichen sich kleine Fehler ein. Doch genau diese Mutationen interessieren die Wissenschaftler: Diese neuen,

leicht abgeänderten Verbindungen liefern den Stoff für den nächsten Zyklus im Reagenzglas.

Die beiden Biochemiker selektionierten mit dieser Methode ein Einzel-Strang-Fragment eines Antikörpers 10<sup>8</sup>-fach über fünf Zyklen. Vom Prinzip her handelt es sich dabei um nichts anderes als um den Evolutionsprozess im Eiltempo. Nach Ansicht von Andreas Plückthun lassen sich mit diesem Verfahren sowohl neue Wirkstoffe identifizieren, die das Potential für neue Medikamente haben, als auch bereits bekannte Wirkstoffe optimieren. Ausserdem erlaubt die Methode, Antikörper gegen beliebige Antigene herzustellen, ganz ohne Verwendung von Versuchstieren.

### Literatur

HANES, J. & PLÜCKTHUN, A. 1997. In vitro selection and evolution of functional proteins by using ribosome display. – Proc. Natl. Acad. Sci. USA 94, 4937–4942.

### VOM FORSCHUNGSRISULTAT ZUM PRODUKT: TECHNOLOGIETRANSFER AN DER UNIVERSITÄT ZÜRICH

*In Zusammenarbeit mit Biotectra, der Technologietransferstelle des Schwerpunktprogramms Biotechnologie des Schweizerischen Nationalfonds, will die Universität Zürich künftig Forschungsergebnisse wirtschaftlich besser verwerten. Die Schaffung einer Anlaufstelle bei Fragen zu Patentierung, Vermittlung von Industriepartnern, Gründung sogenannter «spin-off-Firmen» usw. ist ein erster Schritt in diese Richtung. Dabei sollen klare Regelungen garantieren, dass die wissenschaftliche Unabhängigkeit der Forschung in jedem Fall gewahrt bleibt.*

Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass die Schweiz in vielen Forschungsbereichen international eine Spitzenposition einnimmt. Dazu gehören – neben Astrophysik und Physik – insbesondere Biochemie (vgl. z. B. vorhergehenden Beitrag «Evolution *in vitro* – ohne Verwendung von Zellen»), Chemie, Immunologie, Mikrobiologie, Molekularbiologie und Pharmakologie. Doch vielfach liegt das wirtschaftliche Potential der an den Universitäten erarbeiteten Forschungsergebnisse brach, oder deren Ertrag fliesst ins Ausland. Um dies zu ändern, wurden in den letzten Jahren grosse Anstrengungen unternommen. Künftig soll der kommerzielle Nutzen auch Hochschulen bzw. der Schweizer Wirtschaft zugute kommen.

Im Rahmen des Schwerpunktprogramms Biotechnologie des Schweizerischen Nationalfonds wurde 1996 unter der Bezeichnung Biotectra eine Fachstelle für Technologietrans-

fer gegründet. Diese hat das Ziel, die Kooperation zwischen Hochschulen und Wirtschaft (vor allem kleinen und mittleren Unternehmen) im Bereich der Biotechnologie und Biomedizin zu fördern. Diesen Frühsommer schloss nun die Universität Zürich mit Biotectra eine Vereinbarung ab, um die rechtliche Basis und die geeigneten Verfahren für eine erfolgreiche Zusammenarbeit festzulegen. Im Laufe des Sommers wird zudem eine Aussenstelle an der Universität Zürich mit Sitz an der Schönberggasse 2 eingerichtet.

Die Grundidee dieser Fachstelle wird von Biotectra wie folgt formuliert: «Wirtschaftliche Verwertung bedeutet, Forschungsergebnisse als Produkte oder Dienstleistungen der Gesellschaft zugänglich machen. Sie stellt deshalb eine wichtige Ergänzung zur reinen Forschungstätigkeit dar. Ausserdem kann die Zusammenarbeit mit der Industrie einen wertvollen Erfahrungsaustausch bewirken und als zusätzliche Finanzierungsquelle dienen. Die Verwertung muss aber in jedem Fall so geregelt werden, dass die wissenschaftliche Unabhängigkeit der Forschung gewahrt bleibt.»

Weitere Auskünfte bei Biotectra Technologietransfer (Herbert Reutimann, Dr. sc. nat., oder Adrian Sigrist, dipl. Biochemiker), Clarastrasse 13, 4058 Basel, Tel. 061 690 93 29, Fax 061 690 93 15, E-Mail: Reutimann@ubaclu.unibas.ch. Zürcher Adresse: Schönberggasse 2, 8001 Zürich.

SUSANNE HALLER-BREM

