

### SCHWEIZER BEVÖLKERUNG: TECHNIK- UND WISSENSCHAFTSFREUNDLICH, ABER ...

*Im September 1995 hat die UNIVOX bei 709 Stimm- und Wahlberechtigten Interviews durchgeführt, um zu erfahren, welche Einstellung die Bevölkerung zu Wissenschaft und Technik hat. Die Repräsentativ-Befragung (ganze Schweiz, ohne Tessin) wurde vom Zürcher Institut «cultur prospectiv» konzipiert und kommentiert. Die Studie belegt die zentrale Stellung der Werte Arbeit und Umwelt und zeigt, dass Schweizer und Schweizerinnen Wissenschaft und Forschung hauptsächlich durch ihre Produkte und Anwendungen wahrnehmen und bewerten.*

Von Seiten der Wissenschaft, Forschung und Industrie wird der Bevölkerung häufig Unverständnis und Nichtwissen im Bereich Wissenschaft und Technik vorgeworfen. Dieser Vorwurf stimmt jedoch nicht, wie die von MEIER & NEF (1997) publizierte Arbeit belegt. Die Studie wurde im Auftrag der Gruppe für Wissenschaft und Forschung, des Schweizerischen Wissenschaftsrates und der Eidgenössischen Bundeskanzlei vom Institut «cultur prospectiv» erarbeitet.

Laut dieser Studie bedeuten moderne Wissenschaft und Technik für 66% der Befragten «aufs Ganze gesehen eher ein Segen für die Menschheit»; sie vereinfachen bei 56% das Leben und sind bei 54% Hoffnungsträger dafür, dass die Schweiz international «technisch wieder ganz vorne dabei ist». Gut schneiden die Hochschulen ab: 72% der Befragten verstehen die Universitäten als Zukunftschance, und nur eine Minderheit sieht in ihnen einen geldverschlingenden Elfenbeinturm. Das Gros der Bevölkerung unterstützt also Wissenschaft und Technik, doch ist das einfache, optimistische Bild der 50er und 60er Jahre einer differenzierteren und kritischeren Beurteilung gewichen. Die Studie zeigt, dass Grosstechnologien eher als problematisch empfunden werden, während Kleintechnologien (vor allem im Bereich der individuellen Nutzung in Arbeit, Haushalt oder Freizeit) meist positiv bewertet werden.

#### *High-tech auf den hinteren Rängen*

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass Schweizer und Schweizerinnen Wissenschaft und Technik eng mit eigenen Werthaltungen und dem sozialen Nutzen verknüpfen. Dies zeigt sich deutlich, wenn man die Leute nach den Forschungsprioritäten fragt: Techniken, die Arbeitsplätze erhalten und die Umwelt entlasten, stehen in der Wertskala ganz oben. High-tech-Projekte hingegen (Gentechnologie sowie

Entwicklung neuer Computer- und Telematiksysteme) findet man hinten in der Prioritätenliste.

Der Widerspruch ist offensichtlich: Einerseits werden moderne Technik und Wissenschaft als Motor der Entwicklung und Garanten für eine gesicherte Zukunft verstanden, andererseits haftet ihnen aber auch der Ruf an, dass sie über Rationalisierungen Arbeitsplätze vernichten. Dies, obschon Führungskräfte aus Wirtschaft und Wissenschaft immer wieder versichern, dass es gerade die Investitionen in High-tech sind, die neue Arbeitsplätze schaffen und die Umweltprobleme lösen helfen.

«Der Beweis, dass dem so ist, ist eben bis jetzt nicht überzeugend geführt worden», kommentiert der Soziologe Hans-Peter Meier, Mitinhaber des Zürcher Instituts «cultur prospectiv» und einer der Autoren der Studie. Die Erfahrung der Bevölkerung besage vielmehr, dass beispielsweise Tausende von Bankangestellten ihre Stelle verloren hätten, in anderen Branchen jedoch kaum neue Arbeitsplätze geschaffen würden. Gemäss Meier berührt eine Technik und Wissenschaft, die Arbeitsplätze vernichtet, ohne neue zu schaffen, den Kern schweizerischer Identität. Geht es um die zentralen Werte Arbeit und Ökologie als Ziel der Entwicklung, gibt es kaum Unterschiede zwischen den sozialen Schichten und den Sprachregionen.

#### *Ausweg aus der Krise: eine Polarisierung*

Hingegen sind sich die Befragten nicht einig, wie die Krise zu lösen ist. 50% setzen eher auf die marktorientierte Strategie: Das beste seien Investitionen in die Sektoren Wissenschaft und Technik, um konkurrenzfähig zu bleiben (Sozialausgaben sind für dieses Lager eine Last und langfristig eine Fehlinvestition). Die sozial orientierte Gruppe setzt andere Prioritäten: Sie will das knappe Geld vor allem für soziale Zwecke einsetzen (die Schaffung des sozialen Gleichgewichts hat Vorrang). Die Umfrage bestätigt zudem frühere Trends, wonach die Westschweizer ein bedeutend grösseres Vertrauen in die neuen Technologien haben und eher der ersten Strategie zuneigen, während Deutschschweizer eher den zweiten Weg bevorzugen.

#### *Sozial angepasste High-tech-Lösungen sind gefragt*

Um diesen Graben zu überbrücken, schlägt Meier zehn Empfehlungen und Massnahmen vor. So plädiert er beispielsweise für eine Wissenschafts- und Technologiepolitik, die ihre Prioritäten an den beiden Werten Arbeit und Ökologie misst. Es sollen Projekte lanciert werden, die für alle sichtbar den Beweis liefern, dass High-tech tatsächlich Arbeit schafft. Er ruft die Verantwortlichen dazu auf, nicht nur neue Einzelpro-

dukte, sondern ganze Systemlösungen zu entwickeln, die jeweils Technologie und Arbeitsplätze oder Technologie und Umweltschutz integrieren.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen auch klar, dass die breite Bevölkerung kaum zwischen Grundlagen- und Anwendungsforschung unterscheidet. Wissenschaft und Forschung werden nach ihren Produkten und Anwendungen beurteilt. Die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen orientieren sich jedoch gerade umgekehrt. Ihr Interesse endet meist bei der Umsetzung und Anwendung – an der gleichen Grenze, wo bei der Bevölkerung das Interesse beginnt. Wissenschaft und Forschung müssen also lernen, sich dem Mann und der Frau auf der Strasse durch ihre Anwendungsmöglichkeiten und Produkte darzustellen. Wichtig ist auch, dass Forschung und Wissenschaft positive und negative Auswirkungen von Entwicklungen transparent machen – und zwar bevor die Öffentlichkeit an verunglückten Anwendungen Wertungskorrekturen vornimmt.

#### Literatur

MEIER, H.-P. & NEF, R. 1997. Wissenschaft und Technik im Bild der Schweizer Bevölkerung. – Schweizerischer Wissenschaftsrat, Bern. Der Bericht wird in der ersten Hälfte 1997 erscheinen.

### GRUNDLAGENFORSCHUNG FÜR DIE PRAXIS: WIE WACHSEN XENON-KRISTALLE?

*In der Metallurgie verstehen es die Fachleute zum Teil schon seit Jahrtausenden, verschiedenste Metalle und Legierungen herzustellen. Doch was im Mikrobereich beim Übergang vom flüssigen in den festen Zustand geschieht, blieb lange Zeit unbekannt. Anhand von Experimenten mit Xenon haben nun Physiker und Physikerinnen vom Laboratorium für Festkörperphysik der ETH Zürich wichtige Informationen über die dabei stattfindenden geometrischen Gegebenheiten gewonnen.*

Dass eine metallische Schmelze erstarrt, sobald die Schmelztemperatur unterschritten wird, ist allgemein bekannt. Doch noch immer hat die Wissenschaft grosse Schwierigkeiten, zu erklären, welche Veränderungen beim Wechsel vom flüssigen in den festen Zustand im mikroskopischen Bereich auftreten. Beim Erstarren bilden sich winzige Kristalle in Tännchenformen, Dendriten genannt. Dendriten gibt es übrigens nicht nur bei Metallen und Legierungen: Sie werden auch in den Wolken erzeugt, wenn sich Wasserdampf beim Abkühlen in Schneekristalle verwandelt.

Über die Entstehung der Dendriten existieren verschiedene Theorien, jedoch nur wenige Beobachtungen im Mikrobereich. Das von Jörg Bilgram vom Laboratorium für Festkörperphysik an der ETH Zürich geleitete Team ist eines der wenigen, das auf diesem Gebiet experimentell arbeitet. Die meisten Physiker und Physikerinnen gehen diese Fragen theoretisch an. Gross war deshalb die Begeisterung, als Bilgrams Arbeitsgruppe nun mit Experimenten zeigen konnte, was neue Berechnungen von Efim Brener aus Chernogolovka in Russland ergeben hatten (BISANG & BILGRAM, 1996).

#### Ideale Modellsubstanz

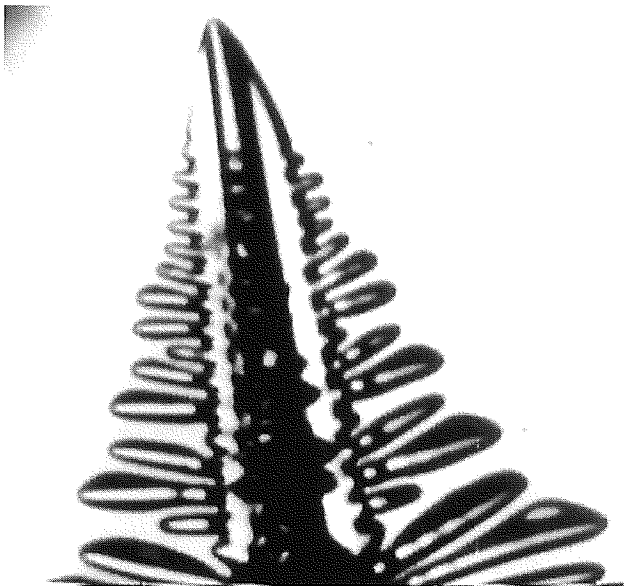
Die ETH-Arbeitsgruppe hat für ihre Studien Xenon als Modellsubstanz gewählt. Dieses Edelgas weist eine ähnliche Schmelzentropie auf wie Metalle, hat aber verschiedene Vorteile: So bleibt Xenon beispielsweise in flüssigem und festem Zustand transparent. Mit einer speziell entwickelten Optik lässt sich deshalb gut beobachten, wie dendritische Xenon-Kristalle heranwachsen. Allerdings hat diese Methode auch Nachteile: Erstens sind dafür recht tiefe Temperaturen erforderlich (Xenon erstarrt bei ca.  $-112\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), und zweitens ist das Material sehr teuer (flüssiges Xenon kostet etwa so viel wie das entsprechende Volumen Gold).

Damit das Dendriten-Wachstum nicht verfälscht wird, ist es wichtig, möglichst reines Xenon zu verwenden. Zudem müssen die Kristalle unter exakt kontrollierten Temperaturen wachsen. Im Fall der ETH-Experimente lag der Reinheitsgrad bei 99,9999%, und die mit der Versuchsanlage erreichte Temperaturstabilität war besser als  $10^{-4}\text{ K}$  über mehrere Stunden. Sobald die Temperatur des flüssigen Xenons stabil ist, wird sie auf zwei bis zwanzig Hundertstelgrad unter den Erstarrungspunkt von  $-111,7603\text{ }^{\circ}\text{C}$  gesenkt. Nun beginnt an der Spitze einer Hohnadel die Kristallisation. Das eigentliche Experiment dauert bloss 10–60 min und wird mit einer Videokamera aufgenommen. Ihre Erkenntnisse gewinnt die Forschungsgruppe durch Auswertung der Video-Sequenzen. Je nach Wachstumsgeschwindigkeit analysieren sie alle ein bis dreissig Sekunden ein Bild. Dazu dient ein Computerprogramm, das automatisch die Umrisse des Kristalls erfasst.

#### Geometrie der Dendritenbildung

Was kam nun bei der Analyse der vielen tausend Aufnahmen heraus? Es zeigte sich beispielsweise, dass der «Stamm» der Dendriten nicht rund ist, wie man bisher in theoretischen Überlegungen angenommen hatte – im Querschnitt treten vielmehr vier kreuzförmig angeordnete Rippen auf. Auf diesen Rippen wachsen dann die Seitenäste (vgl. Abb.). Die ETH-Gruppe konnte auch zeigen, dass die Rundung der

Spitze keine perfekte Parabel ist, sondern etwas von dieser Form abweicht. Ferner hat die Auswertung der Bilder ergeben, dass die ersten Seitenäste stets in gleicher Entfernung von der Dendritenspitze aus dem Stamm wachsen. Das Forschungsteam kam zum Schluss, dass das Wachstum der Seitenäste durch thermische Fluktuationen ausgelöst wird. Wo die Kristallisation erfolgt, wird latente Wärme frei und verzögert dadurch in der unmittelbaren Umgebung die Erstarrung. Rasch wachsende Seitenäste behindern also durch die von ihnen erzeugte Wärme die Entwicklung benachbarter kleinerer Äste. Solche können teilweise auch wieder schmelzen.



Ein Xenondendrit während des Wachstums: Die Spitze zeigt die parabelähnliche Form. Der Dendrit hat vier Seitenrippen (zwei liegen in der Bildebene, zwei stehen senkrecht dazu). Auf den Rippen entwickeln sich die Seitenäste. Weit entfernt von der Dendritenspitze fehlen einige Seitenäste, sie wurden von ihren Nachbarn «aufgefressen». Die Länge des abgebildeten Dendriten beträgt etwa 3 mm (Bild Laboratorium für Festkörperphysik, ETH Zürich).

Solche Einzelheiten sind von grosser praktischer Bedeutung für die Metallurgie, denn wenn die Metallurgen die geometrischen Gegebenheiten der Dendritenbildung verstehen, können sie die Kristallgrösse gezielt beeinflussen. Je kleiner die Dendriten sind, desto homogener ist das Material und desto besser ist die Qualität.

### Literatur

BISANG, U. & BILGRAM, J.H. 1996. Shape of the tip and the formation of sidebranches of xenon dendrites. - *Phys. Rev. E* 54, 5309-5326.

## UMWELTSCHONENDE ANBAUVERFAHREN DANK HERBIZIDRESISTENTEN NUTZPFLANZEN?

*Transgene herbizidresistente Kulturpflanzen werden in der Landwirtschaft zur Realität. Um eine Standortbestimmung durchzuführen und um möglichst sinnvolle Anwendungskonzepte zu erarbeiten, organisierte die Schweizerische Gesellschaft für Phytomedizin eine Fachtagung über Nutzen und Risiken herbizidresistenter Nutzpflanzen.*

Bis heute wurden mindestens 25 Pflanzenarten mit Toleranz gegenüber dem Herbizid Glufosinat, 13 gegenüber Glyphosat, 8 gegenüber Imidazolinon oder Sulfonylharnstoffen und 7 gegenüber Bromoxynil im Freiland getestet. Raps, Sojabohne, Baumwolle, Mais, Zuckerrübe und Kartoffel gehören zu den am intensivsten untersuchten Kulturpflanzen. Bereits sind die ersten herbizidresistenten Nutzpflanzen in verschiedenen Ländern auf dem Markt: In Kanada beispielsweise wurden im Frühjahr 1995 Glufosinat-verträgliche Rapsorten und Glufosinat zur selektiven Unkrautbekämpfung zugelassen. Auch in Europa wird noch in diesem Jahrzehnt mit der Kommerzialisierung von herbizidresistenten Zuckerrüben, Raps und Mais gerechnet.

Allerdings darf nicht vergessen werden, dass praxistaugliche transgene Linien oft eine schmale genetische Basis haben und die Stabilität der Fremdgenexpression unter Feldbedingungen in vielen Fällen noch nicht befriedigend ist.

### Keine Erfindung der Gentechnologie

Dass bestimmte Pflanzen gegenüber gewissen Herbiziden resistent sind, ist ein natürliches Phänomen. Ohne diese Eigenschaft gäbe es keine selektive Wirkung der Herbizide. Das Zuchtziel Herbizidresistenz kann sowohl mit konventionellen als auch mit gentechnischen Methoden erreicht werden. Letztere sind aber vielfältiger, denn mit der Gentechnik sind neue Resistenzquellen erschlossen worden. So können vor allem die enzymatischen Abbaewege, die für einige Herbizide in gewissen Bodenbakterien vorhanden sind, genutzt werden.

Ein Vertreter der Agrochemie erläuterte dieses Vorgehen an der Fachtagung in Zürich am Beispiel des Totalherbizids Glufosinat, auch Phosphinothricin (PPT) genannt. PPT hemmt in Pflanzen das essentielle Enzym Glutamin-Synthetase. Dadurch wird Ammoniak in den Zellen angereichert, und die Pflanzen sterben schliesslich ab. Streptomyces-Bakterien besitzen das sogenannte PAT-Enzym (Phosphinothricin-Acetyl-Transferase), welches PPT durch eine hochspezifische Acetylierung seiner Aminogruppe inaktiviert.

ren kann. Überträgt man das PAT-Gen in Nutzpflanzen, können diese das Herbizid ebenfalls abbauen und sind deshalb resistent gegen diesen Wirkstoff.

#### *Gefragt sind sinnvolle Anwendungskonzepte*

Nackter Boden um die Nutzpflanzen gilt heute nicht mehr als ideal. In der modernen, ökologisch ausgerichteten Landwirtschaft sind begrünte Anbauverfahren gefragt. Unkräuter sollen nur noch dann bekämpft werden, wenn sie die Nutzpflanzen konkurrenzieren und Ertrags- und Qualitätseinbussen verursachen. Dies ist oft nur während einer kurzen Zeitspanne der Fall.

Vielfach scheitert dieses Konzept jedoch daran, dass dem Bauer nur Herbizide zur Verfügung stehen, welche lediglich frühe Unkrautstadien wirkungsvoll bekämpfen. Hier bieten nun herbizidresistente Nutzpflanzen eine interessante Möglichkeit, wie verschiedene Referenten von der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau in Zürich-Reckenholz betonten. Denn in herbizidresistenten Nutzpflanzen-Beständen liessen sich Totalherbizide einsetzen, die auch ältere Entwicklungsstadien aller Unkräuter erfolgreich bekämpfen. Dadurch könnten die positiven Auswirkungen einer Zusatzbegrünung möglichst lange genutzt werden.

Hingegen erachten es die Experten als wenig sinnvoll, herbizidresistente Nutzpflanzen nur mit dem Ziel zu verwenden, auf einfache und billige Weise unkrautfreie Nutzpflanzenbestände zu erreichen. Erfahrungen der Vergangenheit haben nämlich gezeigt, dass eine solche Anwendung nur zu einer Verschärfung von Problemen wie etwa Selektion herbizidresistenter Unkräuter, Bodenerosion und Verlust der Vielfalt der Ackerbegleitflora führt.

#### *Sicherheitsaspekte*

Da die heute eingesetzten herbizidresistenten Nutzpflanzen durch gentechnische Methoden entstanden sind, wird über diese transgenen Sorten heftig debattiert. Fundamentalistische Pro und Kontra Gentechnologie-Diskussionen bringen jedoch nichts, wie es ein Referent formulierte. Vielmehr gilt es, mögliche Risiken mit langfristig angelegten Experimenten abzuklären. So muss beispielsweise bei Nahrungsmitteln, welche von transgenen Pflanzen stammen, untersucht werden, ob diese allergene oder toxische Eigenschaften haben. «Im Falle der PPT-toleranten Nutzpflanzen hat ein Vergleich des PAT-Proteins mit allen beschriebenen Protein-Sequenzen keinerlei Homologie mit bekannten allergenen oder toxischen Proteinen ergeben», versicherte der Vertreter der Agrochemie.

#### *Die Beurteilung muss von Fall zu Fall erfolgen*

Ein anderes Risiko ist die Gefahr des Gentransfers von der Kulturpflanze auf verwandte Wildpflanzen und mögliche Folgen auf das Ökosystem. Wie die Fachtagung zeigte, kommt es dabei sehr auf die verwendete Nutzpflanze an. Bei Mais und Soja beispielsweise ist ein Auskreuzen der Resistenz auf verwandte Unkräuter nicht denkbar, weil keine so nahe verwandten Unkräuter vorhanden sind. Bei Pflanzen mit einem starken Genfluss – etwa bei Luzerne und Gräsern – sieht die Sache aber schon anders aus. Deshalb ist es wichtig, dass die Risikoabschätzung für jede Nutzpflanze und jedes Herbizid einzeln erfolgt. Auch wäre es sinnvoll, biologische Mechanismen zu nutzen, welche die Übertragung der Fremdgene auf verwandte Kultur- oder Wildformen verhindern (z. B. mütterliche Vererbung der Plastiden). «Nur wenn wir Schritt für Schritt vorgehen, lässt sich abklären, ob die Sache wirklich so gut ist, wie sie im Moment tönt», meinte der Präsident der Schweizerischen Gesellschaft für Phytomedizin zum Schluss der Fachtagung.

Die Referate der Tagung «Herbizidresistente Nutzpflanzen – aus der Sicht der Herbologen» wurden im Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Phytomedizin «SGP Info 2/96» publiziert (Sekretariat: Phytomedizin, ETH Zentrum, Universitätstr. 2, 8092 Zürich, Tel. 01/632 38 71, Fax 01/632 11 08).

### **FORSCHUNGSPROJEKT «TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG TRANSGENER NUTZPFLANZEN IN DER SCHWEIZ»**

Risiken und Nutzen eines Abbaus gentechnisch veränderter Nutzpflanzen wurden in einem Forschungsprojekt des Schwerpunktprogramms «Biotechnologie» des Schweiz. Nationalfonds untersucht. Ziel des Projektes war es, Entscheidungsgrundlagen für die Beurteilung eines zukünftigen Anbaus transgener krankheits- und schädlingsresistenter Nutzpflanzen zu liefern. Ein wichtiges Merkmal des Projekts ist der Einbezug des Biolandbaus und der Integrierten Produktion in die Analyse. Die Auswahl der Themen konzentrierte sich auf naturwissenschaftliche und ökonomische Aspekte.

Der Abschlussbericht liegt nun unter dem Titel «Gentechnisch veränderte krankheits- und schädlingsresistente Nutzpflanzen – Eine Option für die Landwirtschaft?» vor. Die Herausgeber sind E. SCHULTE & O. KÄPPEL. Band 1: «Materialien» (1996, 631 S., Fr. 50.-); Band 2: «Auswertung» (erscheint April/Mai 1997). Zu beziehen über: Fachstelle für Biosicherheitsforschung und Technikfolgenabschätzung des Schwerpunktprogramms Biotechnologie, BATS, CH-4058 Basel. Tel. 061-690 93 10, Fax 061-690 93 15.

### SCHUTZMASSNAHMEN BEI BAUMFLECHTEN

Bisher sind in der Schweiz nur wenige flechtenreiche Gebiete kartiert worden. Angaben über die absolute Häufigkeit können deshalb für keine Art gemacht werden. Doch vermuten die Fachleute aufgrund von Herbarstudien und Feldbeobachtungen, dass viele Flechtenarten in letzter Zeit in ihrer Verbreitung stark zurückgegangen oder teilweise bereits ausgestorben sind. Um Klarheit darüber zu erhalten, wurde 1994 das Projekt «Rote Liste der Baum- und Erdflechten» gestartet.

Bei den Flechten bilden Pilzfäden mit einzelligen Algen eine Symbiose, wobei die zur Photosynthese fähige Alge den Flechtenpilz ernährt. Für die systematische Klassifizierung ist der Pilzpartner entscheidend. Die Bestimmung der Flechten ist recht aufwendig, und zahlreiche in den Alpen vorkommende Arten sind noch gar nicht genau beschrieben. Fachleute schätzen, dass in der Schweiz gegen 2000 verschiedene Flechtenarten vorkommen.

#### Durch die Industrialisierung bedroht

Flechten wachsen auf ganz unterschiedlichen Substraten wie etwa Borke, nackter Erde oder Felsflächen. Im Laufe ihrer Jahrmillionen alten Stammesgeschichte haben diese Organismen verschiedene Wuchsformen entwickelt (vgl. Abb. 1). Viele Arten haben recht enge ökologische Ansprüche und wachsen beispielsweise nur auf wenigen Baumarten. Leider gehören die Flechten in den hochindustrialisierten Ländern zu den am stärksten bedrohten Organismen; nahezu  $\frac{3}{4}$  der Arten gelten hier als vom Aussterben bedroht (vgl. Abb. 1). Die wichtigsten Gründe für ihr Verschwinden sind ihre hohe Empfindlichkeit gegenüber Luftverschmutzung sowie veränderten Lebensräumen. Umweltforscher und -forscherinnen machen sich dies zunutze und setzen bestimmte Flechtenarten als Zeigerorganismen für Stickstoffversorgung, Säureeintrag oder Lichtverhältnisse ein.

Bisher sind in der Schweiz nur wenige flechtenreiche Gebiete kartiert worden. Um eine Rote Liste erstellen zu können, braucht man einerseits aktuelle regionale Verbrei-

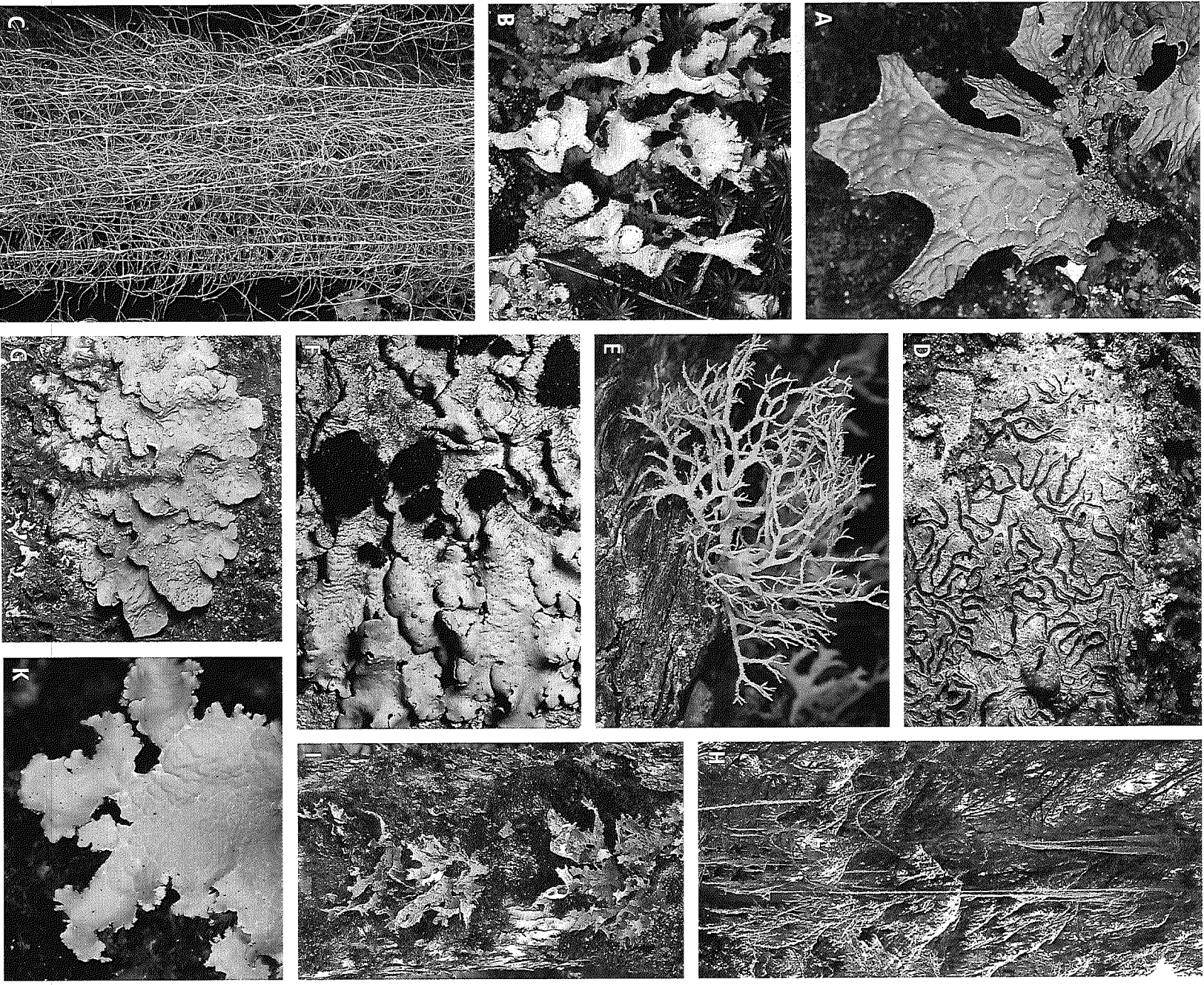
tungs- und Häufigkeitsangaben der Flechten. Andererseits wollen die Forscher und Forscherinnen bei diesem Projekt auch populationsbiologische, insbesondere verbreitungsbiologische Informationen erarbeiten. In methodischer Anlehnung an das «Schweizerische Landesforstinventar» und an das «Naturräumliche Inventar der Schweizerischen Moosflora» wird seit 1994 ein vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft subventioniertes Forschungsprojekt durchgeführt. Dabei befasst sich der von Philippe Clerc (Conservatoire et jardin botaniques, Genf) geleitete Teil mit der Auswertung von Herbarien und mit der Erhebung erdbewohnender Flechten. Ein zweiter, von Christoph Scheidegger (Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL, Birmensdorf) koordinierter Projektteil befasst sich mit der Erhebung der baumbewohnenden Flechten. Man hat sich auf diese beiden Habitatstypen beschränkt, weil diese beiden Gruppen einerseits stark gefährdet sind und andererseits taxonomisch so gut bearbeitet sind, dass zuverlässige Artbestimmungen in vernünftiger Zeit durchgeführt werden können.

#### Rote Liste: Kombination zweier Erhebungsmethoden

Die Untersuchung epiphytischer, das heisst borkenbewohnender Flechten erstreckt sich über die gesamte Schweiz, vom Tiefland bis zur alpinen Baumgrenze. Damit das Forschungsziel mit vertretbarem Aufwand erreicht werden kann, wenden die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen zwei Erhebungsmethoden kombiniert an (SCHEIDEGGER, 1997). Auf 2% aller Kilometer-Schnittpunkte der Schweizerischen Landes-Koordinaten (total 826 Probeflächen) werden auf 5 a grossen Kreisflächen sämtliche baumbewohnende Flechtenarten erfasst. Diese Methode erlaubt es, das ganze Gebiet in homogener Intensität zu bearbeiten und dadurch regionale floristische Unterschiede eindeutig festzustellen. Durch die genaue Lokalisierung der Probeflächen ist es möglich, die Aufnahmen beispielsweise in 10 Jahren zu wiederholen, um Verschiebungen in der Artenzusammensetzung sowie Zu- oder Abnahmen der Flechten nachzuweisen.

Abb. 1. A: Die Lungenflechte *Lobaria pulmonaria* ist im Mittelland sehr selten geworden. In niederschlagsreichen Lagen der Alpen ist diese auffällige Blattflechte weit verbreitet (siehe auch Bild I). B: *Cladonia pleurota* ist eine erdbewohnende Becherflechte. In den roten Fruchtkörpern produziert der Pilz Sporen. Kleine Körnchen, welche vom Flechtenlager abbrechen, dienen als vegetative Verbreitungseinheiten. C: *Usnea longissima* ist die längste Bartflechte (siehe auch Bild H). D: Die Schriftflechte *Graphis elegans* ist eine sehr seltene Krustenflechte niederschlagsreicher Laubwälder. E: Die Wolfsflechte *Letharia vulpina* ist nur in den inneralpinen Trockentälern heimisch. Die Art ist dort aber sehr häufig an Lärchen und Arven zu finden. Die Flechte wurde früher zum Vergiften von Füchsen und Wölfen verwendet. F: *Lobaria amplissima* ist eine vom Aussterben bedrohte Blattflechte niederschlagsreicher Bergwälder. G: *Lobaria scrobiculata* ist im Mittelland ausgestorben. Diese Art wird bereits bei geringer Luftverschmutzung geschädigt. H: *Usnea longissima* ist im Verlauf dieses Jahrhunderts stark zurückgegangen und ist heute in der Schweiz vom Aussterben bedroht. I: *Lobaria pulmonaria* lebt auf moosüberwachsenen Stämmen von Laubbäumen. K: *Parmotrema reticulatum* ist in der Schweiz nur von der Alpensüdseite bekannt, wo sie in schattigen Kastanien-Selven vorkommt (Bilder Christoph Scheidegger, WSL).





Die mit dieser Methode erhobenen Daten sind repräsentativ. Um seltenere Arten in einem für eine Rote Liste erwünschten Mass zu erfassen, braucht es aber noch ein anderes Vorgehen. In ausgewählten 20 x 20 km Flächen wählen deshalb die jeweiligen Bearbeiter Fundorte mit besonders reich entwickelter Flechtenflora aus und nehmen diese möglichst vollständig floristisch auf.

### Künstliche Vermehrung bedrohter Flechten

Zahlreiche seltene Baumflechtenarten sind heute nur noch von einigen wenigen Trägerbäumen bekannt. Verschiedene Untersuchungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass solche Populationen unter den gegebenen Bedingungen nicht in der Lage sind, sich ausreichend auf umliegende Bäume zu verjüngen. Die Forscher und Forscherinnen vermuten, dass es vielen Flechten heute nicht mehr gelingt, mit der Dynamik ihres Lebensraumes Schritt zu halten. Die Gründe dafür dürften vor allem in der ineffizienten Verbreitungsbiologie und in der langsamen Entwicklung liegen. Deshalb suchen die Flechtenspezialisten der WSL auch nach Methoden, um gefährdete Arten künstlich zu vermehren.

Der Wissenschaftler Christoph Scheidegger demonstriert die Problematik am Beispiel der Lungenflechte *Lobaria pulmonaria*, welche im Mittelland stark gefährdet ist (vgl. Abb. 1, A und I). *Lobaria pulmonaria* ist eine vergleichsweise raschwüchsige Art: 1 cm Längenzuwachs einzelner Lappen pro Jahr ist unter idealen Bedingungen durchaus realistisch. Frisch ausgesäte Verbreitungseinheiten der gleichen Art benötigen jedoch rund 4 Monate, bis sie sich auf ihrem Substrat genügend verankert haben, so dass sie bei einem Regenguss nicht weggeschwemmt werden. Bis sich ein erster 1 mm grosser Lappen entwickelt hat, vergehen ungefähr 2 Jahre. Auch während der folgenden Jahre ist das Wachstum nicht viel rascher, so dass vermutlich mehr als 30 Jahre vergehen, bis vegetative Verbreitungseinheiten beider Symbiose-Partner gebildet werden. Erste Sporen entstehen noch viel später, und nur unter optimalen ökologischen Bedingungen.

Heute gelingt es, von stark gefährdeten Kleinpopulationen, etwa von *Lobaria pulmonaria*, die symbiotische Ver-

breitungseinheit an bislang unbesiedelte Bäume zu transplantieren und dadurch die Population zu vergrössern (SCHEIDEGGER, 1995) (vgl. Abb. 2). Wie weit aber durch eine solche Praxis die genetische Vielfalt gefährdeter Populationen erhalten werden kann, ist noch unbekannt und wird gegenwärtig an der WSL von Stefan Zoller im Rahmen einer Dissertation untersucht.

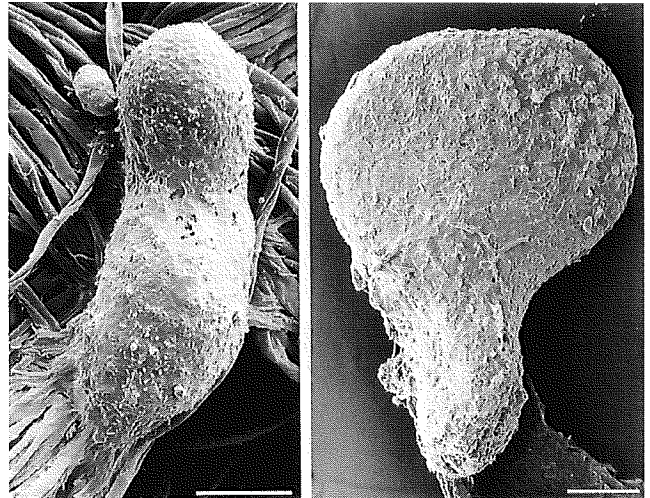


Abb. 2. Künstliche Verbreitung der Lungenflechte. Das linke Stadium zeigt eine auf einer Baumwollgaze ausgekeimte Verbreitungseinheit (4 Monate nach Versuchsbeginn). Das rechte Bild zeigt ein Entwicklungsstadium nach 15 Monaten. Aus der Spitze der wurstförmigen Verbreitungseinheit hat sich ein Lagerlappen gebildet. Der Balken entspricht 0,1 mm. (Bilder Christoph Scheidegger, WSL)

### Literatur

SCHEIDEGGER, C. 1995. Early development of transplanted isidioid soredia of *Lobaria pulmonaria* in an endangered population. - *Lichenologist* 27, 361-374.

SCHEIDEGGER, C. 1997. Baumbewohnende Flechten - zwei Forschungsansätze zu ihrer Erhaltung. - *Wald und Holz* 1/97, 31-34.

SUSANNE HALLER-BREM