

## Konzepte zur Ermittlung und Bewertung des ökologischen Risikos bei Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen

Detlef Bartsch

### Synopsis

Most German ecologists appear to be sceptic about the possible ecological, economic and social advantages of agricultural bio- and gentechnology. One reason leading to this opinion is the great uncertainty of organism behaviour in the dimension of time. Therefore, an adequate assessment of ecological risks by release of Genetically Manipulated Organisms (GMO) is needed. Due to the enormous complexity of possible environmental impacts, only the consideration of ecological knowledge could avoid negative consequences. From the view of nature conservation, the GMO and its introduced gene(s) have to be (1) highly selective in its biological implications, (2) confined in application, both in time and in space, (3) limited in spread and (4) without negative impacts on the sustainability of landscape use, when set free into the environment. On hierarchical level of biological organisation, ecologist may compare their basic knowledge of causes for environmental changes (from ecosystem to organism level) with the new attributes of GMO. This ecological 'top-down view' can complete the 'bottom-up view' (from gene expression to organism behaviour), which is mainly used by molekular biologists in risk evaluation studies.

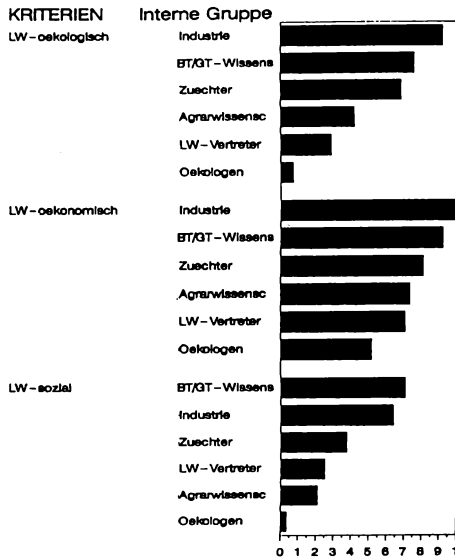
*genetically modified organism, GMO, release, risk assessment, environmental impact, nature conservation*

### 1. Einleitung

Dieser Beitrag soll auf grundlegende Entwicklungen in der Bio- und Gentechnologie aufmerksam machen, von denen auch die Ökologie betroffen ist. Es wird ein grundsätzlicher Appell an alle Ökologen gerichtet, aufgrund der außerordentlichen Komplexität der auftauchenden Fragestellungen einen interdisziplinären Beitrag zur Abschätzung der Chancen und Risiken der Gentechnik zu leisten.

### 2. Ökologie und Gentechnik

Von der Entwicklung der Gentechnik erhoffen sich viele Politiker und Molekularbiologen nutzbringende Veränderungen der Eigenschaften von Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen in der Landwirtschaft. In absehbarer Zeit kommen höchstwahrscheinlich Anwendungen von künstlicher Herbizidresistenz, Virusresistenz und Phytophagenfraßresistenz bei Pflanzen zur marktreifen Entwicklung. Trotz vieler durchgeführter Freisetzungsexperimente, deren Zahl international inzwischen weit mehr als 500 beträgt, liegen bisher noch keine ausreichenden Erfahrungen vor, um diese Freisetzung ökologisch hinreichend zu beurteilen. Erst wenige deutsche Ökologen haben sich mit den ökologischen Folgen der Ausbringung ("Freisetzung") Gentechnisch Veränderter Organismen (GVO) in die Umwelt befaßt (u. a. SUKOPP 1987, KOWARIK 1991, BARTSCH 1992, siehe auch Umweltbundesamt 1992). Aus den Ergebnissen einer Experten-Befragung der Sozialforschungsstelle Dortmund (NEUBERT 1991) wird aber immerhin deutlich, daß die - 27 befragten - Ökologen überwiegend skeptisch gegenüber der neuen Technologie sind. In Abb. 1 ist die Expertengewichtung der Vor- und Nachteile der Bio- und Gentechnik für den Sektor Landwirtschaft (LW) differenziert nach ökologischen, ökonomischen und sozialen Kriterien dargestellt.



**Abb. 1:** Expertengewichtung der Vor- und Nachteile der Bio- und Gentechnik für den Sektor Landwirtschaft (NEUBERT 1991), wobei auf der x-Achse die Bewertungs-Skala von 0 (nur Nachteile) bis 10 (nur Vorteile) angegeben ist (LW = Landwirtschaft; BT/GT-Wissensc = Bio- bzw. Gentechnologie-Wissenschaftler).

Expertenvertreter von Industrie sowie Bio- und Gentechnologie sehen dagegen überwiegend Vorteile. Ein Grund für die öffentliche Zurückhaltung der ökologischen Wissenschaftler dürfte in der großen Entfernung zwischen den Forschungszielen bzw. -objekten der Ökologie auf der einen und der Molekularbiologie auf der anderen Seite sein. Im Vordergrund der Ökologie steht bislang ausschließlich der Phänotyp der Organismen, entweder als Einzelorganismus, oder in Form von Populationen bzw. Lebensgemeinschaften innerhalb von Biotopen, Ökosystemen und Landschaften. Ökologisches Wissen liegt für die meisten Bereiche nur sehr bruchstückhaft vor, insbesondere in den Disziplinen Ökosystemforschung und Ökologie der Mikroorganismen. Gefordert ist nunmehr die Abschätzung des ökologischen Verhaltens bei verändertem Genotyp. Im Unterschied zur klassischen Züchtung verändert die Gentechnologie Organismen auf eine qualitativ neue Art und Weise, die Anlaß zu sorgfältiger Abschätzung der Risiken gibt (TIEDJE & al. 1989, KOWARIK 1990, WÖHRMANN, 1991). Ein GVO ist eine potentielle Gefahr ("potential pest" nach LUBCHENCO & al. 1991). Rechtfertigen die erhofften Vorteile die Akzeptanz der potentiellen Gefahren? Von allen verfügbaren ökologischen Modellen ist das Analogmodell der Einfuhr und Ausbreitung fremder Organismen in für sie neue Ökosysteme das geeignetste Modell für die möglichen Auswirkungen einer Ausbringung von GVO in die Umwelt (REGAL 1986, KOWARIK 1990, SUKOPP & SUKOPP 1992). Die Auswertung ergibt für Gefäßpflanzen ein Einbürgerungsrisiko von 1:100 und eine Wahrscheinlichkeit des Auftretens unerwünschter Veränderungen von 1:1000 (WILLIAMSON & BROWN 1986, KOWARIK 1990). Umfangreiches Datenmaterial ist mit Hilfe der Auswertung historischer Quellen allerdings nur bei höheren Tier- und Pflanzenarten vorhanden (u. a. WEEDA 1987, EBENHARD 1988, DRAKE & al. 1989). Nach CRAWLEY (zitiert nach BREUER 1991), ökologischer Leiter des umfangreichen britischen Freisetzungsprojektes P R O S A M O (CRAWLEY 1990), ist die Einführung gentechnisch veränderter Pflanzen wahrscheinlich mit einem geringeren Risiko verbunden als die Einführung fremder natürlicher Pflanzen in ein neues Ökosystem und auch von nach herkömmlichen Methoden gezüchteten Kulturpflanzen. Solch ein Urteil ist meiner Meinung nach verfrüht. In allen drei Fällen wird nach SUKOPP & SUKOPP (1992) ein neuer Organismus mit einer äußerst komplexen genetischen Struktur in eine - für den betreffenden Organismus - neue Umwelt eingeführt. Auch wenn man CRAWLEYS Meinung ist, sollte die Ungeißtheit über das ökologische Verhalten von Organismen in Raum und Zeit zu einem vorsichtigen Umgang mit GVO führen. Selbst die Ausbreitung von Zier- und Nutzpflanzen hat Veränderungen bewirkt, die zum Teil ein

bedenkliches Ausmaß erreicht haben. Siebzehn von achtzehn der gefürchtetsten 'World's Worst Weeds' (HOLM & al. 1977) werden an anderer Stelle auch als Kulturpflanzen landwirtschaftlich genutzt (WILLIAMSON 1988).

Die resultierenden Unsicherheiten sind also sehr genau abzuwägen mit dem wissenschaftlichen, ökonomischen und öffentlichen Interesse an der Freisetzung von GVOs.

### 3. Konzepte zur Risikoabschätzung

Ein Defizit in der Auseinandersetzung um die Risiken der Gentechnik besteht in einem klaren gesellschaftlichen Konsens darüber, welche Natur bzw. Umwelt wir schützen wollen. Weil es keinen klaren Konsens gibt, können die Risiken der Gentechnik nicht genaugenug definiert werden. Da Landwirtschaft immer ein Eingriff in den Naturhaushalt ist, müssen sich nicht nur Ökologen, sondern auch alle gesellschaftlichen Gruppen über das Ziel des Umweltschutzes im Klaren sein. Aus Sicht der Vegetations- und Naturschutzforschung ist das Ziel, alle Pflanzen- und Tierarten, auch diejenigen, die sich mit dem Menschen zusammen entwickelt haben oder durch ihn ins Gebiet gelangten, in lebensfähigen Populationen, in ihren Lebensgemeinschaften und in der gesamten standörtlich und historisch möglichen Differenzierung zu erhalten (AUHAGEN & SUKOPP 1983, SUKOPP & TREPL 1990). Die daraus folgenden Anforderungen an Freiland-Anwendungen von GVOs sind in Tab. 1 aufgelistet:

**Tab. 1:** Naturschutz-Anforderungen an die Anwendung von Gentechnisch Veränderten Organismen (GVO) zur Vermeidung unerwünschter Konsequenzen bei Freisetzung in die Umwelt.

<u>Bereich:</u>	<u>Anforderung:</u>	<u>Unerwünschte Konsequenzen:</u>
I. Wirkung	Selektivität der biologischen Wirkung (z. B. der eingeführten Insektentoxine oder der angewandten Herbizide)	z. B. Nützlingstoxizität
II. Anwendung	Räumlich und zeitliche Einschränkung der Behandlung oder der Landschaft	Nivellierung der Vielfalt z. B. des Artenspektrums
III. Persistenz, Ausbreitung	Begrenzbarkeit des GVO und seiner künstlichen Gene	Ausbreitung in Nicht-Zielökosysteme
IV. Ressourcen-nutzung	Nachhaltigkeit der Umweltnutzung	Übernutzung, Generosion

Sollte der Einsatz transgener Pflanzen unvermeidlich werden, muß das Risiko ungewollter ökologischer Veränderungen minimiert werden. Molekularbiologen stehen dabei vor der Aufgabe, in einer "Bottom-Top"-Blickrichtung das genetische und physiologische Verhalten der GVOs zu bestimmen, um Hinweise auf das ökophysiologische Verhalten zu liefern (Tab. 2).

Aufgabe der ökologische Wissenschaft ist die Zusammenfassung des bisherigen ökologischen Grundwissens, um in einer "Top-Bottom"-Betrachtungsweise die kausalen Ursachen für ungewollte Umweltveränderungen mit möglichen Eigenschaften von GVOs zu vergleichen (Tab. 3). Die Basis bildet der Umwelt-Erfahrungsschatz, wobei gleichzeitig eine Verstärkung der ökologischen Grundlagenforschung zur Verbreiterung eines dringend notwendigen Grundwissens erforderlich ist.

Notwendig ist dabei natürlich auch eine interdisziplinäre Erforschung mit dem Ziel a) Schwachstellen von Freisetzungsversuchen zu ermitteln und auszuräumen, b) geplante Freisetzungen so gründlich wie möglich vorzubereiten, um ungewollte Effekte zu vermeiden und c) bei Freisetzungen eine ökologische Begleitforschung durchzuführen bzw. Methoden zu einer frühzeitigen Entdeckung ungewollter Effekte auf ökologischem Gebiet zu entwickeln. Dabei besteht die grundsätzliche Schwierigkeit der Trennung von Veränderungen, die durch GVO verursacht werden, von den übrigen, ohnehin stattfindenden dynamischen Veränderungen in Ökosystemen.

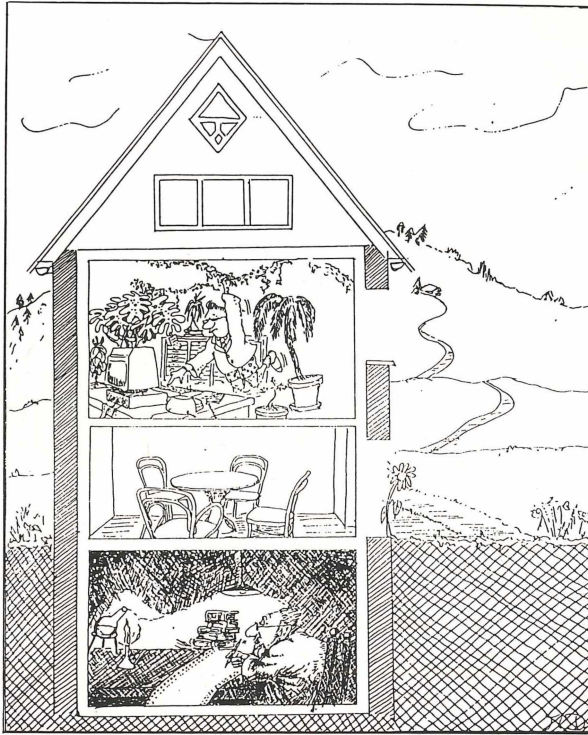
**Tab. 2:** Mögliche Ursachen für Umweltveränderungen durch gentechnische Manipulationen von Organismen und ihre Vermeidung auf unterschiedlichen Ebenen biologischer Organisation: Bottom-Up-Abschätzung aus Sicht der Molekularbiologie.

	<u>Ursache</u>	<u>Vermeidungsstrategie</u>
<b>Gen</b>	Gentransfer auf (un-)gewollte Positionen bzw. andere Organismen (Gene mit unbekanntem Informationen)	Ausreichende Charakterisierung der Genübertragung Wie häufig ist Gentransfer?
<b>Zelle</b>	Änderung des Zellstoffwechsels, neue Metabolite	Untersuchung der Stoffwechselphysiologie
<b>Organ</b>	Stoffwechselveränderung neue Metabolite	ausreichende Charakterisierung des Stoffwechsels
<b>Organismus</b>	Änderung des ökophysiolog. Verhaltens (z. B. Nährstoffaufnahme)	Untersuchung bzw. Abschätzung des ökophysiologischen Verhaltens
<b>Population</b>	Änderung des autökologischen Verhaltens (z. B. Konkurrenzverhalten), auch in räumlich zeitlicher Dimension	Abschätzung des ökologischen Verhaltens, Vermeidung von Ausbreitung

**Tab. 3:** Mögliche Umweltveränderungen und ihre Ursachen durch gentechnische Manipulationen von Organismen auf unterschiedlichen Ebenen biologischer Organisation: Top-Down-Abschätzung aus Sicht der Ökologie.

	<u>Umweltveränderung</u>	<u>Ursache</u>
<b>Ökosystem</b>	Veränderung der biotischen und abiotischen Umwelt (Gesamtsystem) [zusätzlich]	Veränderung von Stoff- und Energieflüssen/Lebensgemeinschaften [zusätzlich]
<b>Funkt. Ökosystem Kompartiment</b>	Veränderung von Stoff- und Energieflüssen (z. B. erhöhter Stickstoff-Eintrag)	Änderung von "Schnittstellen" (z. B. durch Einbürgerung oder Aussterben von Populationen)
<b>Biozönose</b>	Veränderung der Lebensgemeinschaften (z. B. Aussterben von Populationen)	Veränderte Interaktionen auf verschiedenen Trophie-Ebenen
<b>Population</b>	Veränderung der Abundanz von Arten	Änderung des autökologischen Verhaltens (z. B. Konkurrenzverhalten auch in räuml. zeitlicher Dimension)
<b>Organismus</b>	Veränderung des ökologischen Verhaltens	Änderung des ökophysiologischen Verhaltens (z. B. Nährstoffaufnahme)

Der Weg von GVOs ins Freiland muß, wie in der Karrikatur in Abb. 2 dargestellt, über den "runden Tisch" erfolgen. Auf der "Ebene" von Organismus und Population überschneiden sich beide Betrachtungsweisen. Wenn man Gesprächsbereitschaft voraussetzen darf, müßte hier auch ein Konsensus gefunden werden können.



**Abb. 2:** Betrachtung der im "Biologie-Haus" tätigen Wissenschaftler entsprechend der hierarchischen Anordnung der biologischen Teildisziplinen, wobei 'der' Molekularbiologie im Keller und 'der' Ökologe im oberen Stockwerk zu finden ist. Der Weg ins Freiland führt über den runden Tisch (Zeichnung M. Düvel).

### Danksagung

Mein Dank gilt Ingo Kowarik für zahlreiche Anregungen und die Durchsicht des Manuskriptes sowie Martina Düvel für die Zeichnung der Abb. 2.

### Literatur

- AUHAGEN, A. & H. SUKOPP, 1983: Ziel, Begründungen und Methoden des Naturschutzes im Rahmen der Stadtentwicklungspolitik von Berlin. *Natur und Landschaft* 58(1), S. 9-15.
- BARTSCH, D., 1992: Ermittlung und Bewertung ökologischer Risiken im Umgang mit gentechnisch veränderten Organismen - Materialien zur Vorbereitung eines Fachgesprächs am 14./15. Oktober 1991. Umweltbundesamt Berlin (Hrsg.), Fachgruppe Gentechnik, Forschungsbericht 108 02 086/01. UBA-Materialien 60 S.
- BREUER, G., 1991: Risikoeinschätzung der Gentechnik im Ackerbau. *Naturwissenschaftliche Rundschau* 44 (8), S. 316.
- CRAWLEY, M. J., 1990: The PROSAMO experiments on oil seed rape; the first field season. In: Commission of the European Communities-Biotechnology Action Programme (eds.): Sectoral Meeting on Risk Assessment. Padova.
- DRAKE, J. A., MOONEY, H. A., di CASTRI, F., GROVES, R. H., KRUGER, F. J., REJMANEK, M. & M. WILLIAMSON, 1989: *Biological Invasions - A Global Perspective*. John Wiley & Sons.
- EBENHARD, T., 1988: Introduced Birds and mammals and their Ecological Effects. *Swedish Wildlife Research, Viltrevy*, Vol. 13 (4).

- HOLM, L. G., PLUCKNETT, D. L., PLANCHO, J. V., & J. P. HERBERGER, 1977: The world's worst weeds. University Press of Hawaii.
- KOWARIK, I., 1990: Ecological Consequences of the Introduction and Dissemination of New Plant Species: An Analogy with the Release of Genetically Engineered Organisms. In: European Workshop on Law and Genetic Engineering, eds. D. LESKIEN & J. SPANGENBERG; BBU Verlag Bonn, S. 67-71.
- KOWARIK, I., 1991: Ökologische Risiken der Einführung nichteinheimischer Pflanzen und Möglichkeiten ihrer Prognose, in: Biotechnologie: Mittel gegen den Welthunger? Hrsg. Alphons STUDIER, Schriften des Deutschen Übersee-Instituts Hamburg, S. 121-131.
- LUBCHENCO, J., OLSEN, A. M., BRUBAKER, L. B., CARPENTER, S. R., HOLLAND, M. M., HUBBELL, S. P., LEVIN, S. A., MACMAHON, J. A., MATSON, P. A., MELILLO, J. M., MOONEY, H. A., PETERSON, C. H., PULLIAM, H. R., REGAL, L. A., REGAL, P. J. & P. G. RISSER, 1991: The sustainable biosphere initiative: an ecological research agenda, *Ecology* 72(2), S. 371-412.
- NEUBERT, S., 1991: Die neue Biotechnologie: Technologische Trends und soziale Folgen ihrer industriellen Anwendung für die Landwirtschaft. Abschlußbericht für die Sozialforschungsstelle Dortmund an das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 2 Bände.
- REGAL, P. J., 1986: Models of genetically engineered organisms. In: H. A. MOONEY & J. A. DRAKE (eds.): Ecology of biological invasions of North America and Hawaii. *Ecological Studies* 58, S. 111-132.
- SUKOPP, H., 1987: Stellungnahme zum Fragenkatalog für die Anhörung zu: Ökologische Aspekte der Freisetzung von lebendem Material. Materialiender Enquete-Kommission "Chancen und Risiken der Gentechnologie", Bonn, Bundestagsdrucksachen 10/6775, S. 1870-1873.
- SUKOPP, H & L. TREPL, 1990: Welche Natur wollen wir schützen? - aus Sicht der Vegetations- und Naturschutzforschung. In: Rundgespräche der Kommission für Ökologie: "Welche Natur wollen wir schützen?", Hrsg. v. H. ZIEGLER & W. HABER, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, S. 19-22.
- SUKOPP, U. & H. SUKOPP., 1992: Ökologische Langzeit-Effekte der Verwilderung von Kulturpflanzen. Gutachten im Auftrag des Wissenschaftszentrums Berlin zum Verfahren zur Technikfolgenabschätzung des Anbaus von Kulturpflanzen mit gentechnisch erzeugter Herbizidresistenz. 99 S.
- TIEDJE, J. M., COLWELL, R. K., GROSSMAN, Y. L., HODSON, R. E., LENSKI, R. E., MACK, R. N. & P. J. REGAL, 1989: Die gezielte Freisetzung genetisch veränderter Organismen: Ökologische Überlegungen und Empfehlungen; Übers. v. S. WAGNER. In: Arbeitsmaterialien zur Technologiefolgenabschätzung und -bewertung der modernen Biotechnologie, Nr. 1 (1990), Original in: *Ecology* 70 Nr. 2, S. 298-315.
- UMWELTBUNDESAMT Berlin (Hrsg.), 1992: Ermittlung und Bewertung ökologischer Risiken im Umgang mit gentechnisch veränderten Organismen - Dokumentation eines Fachgesprächs am 14./15. Oktober 1991. Fachgruppe Gentechnik, Forschungsbericht 108 02 086/01. UBA-Texte. 253 S.
- WILLIAMSON, M. H. & K. C. BROWN, 1986: The analyses and modelling of British invasions. *Phil. Trans. R. Soc. Lon. B* 314, S. 505-522.
- WILLIAMSON, M., 1988: Potential effects of recombinant DNA organisms on ecosystems and their components. *Trends in Ecol. and Evol.* 3 (4), S. 32-35.
- WÖHRMANN, K., 1991: Ein Beitrag zur Diskussion über die Freilassung transgener Organismen - Teil II: Ökologische Aspekte, *Naturwissenschaften* 78, S. 209-214.

## **Adresse**

Dr. Detlef Bartsch  
 Lehrstuhl für Biologie V  
 Ökologie, Ökotoxikologie, Ökochemie  
 Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule  
 Worringerweg 1

W-5100 Aachen

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1992

Band/Volume: [21\\_1992](#)

Autor(en)/Author(s): Bartsch Detlef

Artikel/Article: [Konzepte zur Ermittlung und Bewertung des ökologischen Risikos bei Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen 357-362](#)