



Stand der Entwicklung
des Monitoring von
gentechnisch veränderten
Organismen (GVO)

- Materialiensammlung
Stand August 2001 -

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Postfach 33 00 22
14191 Berlin
Tel.: 030/8903-0
Telex: 183 756
Telefax: 030/8903 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Berlin, 2001

Vorwort

Der Einsatz gentechnischer Verfahren in vielen Bereichen von Landwirtschaft und Nahrungsmittelherstellung stellt unsere Gesellschaft vor neue Herausforderungen bei der Bewertung und der Entscheidung über den Einsatz dieser neuen Methoden. Jede neue Technologie bedarf einer Risikoabschätzung und einer bewussten gesellschaftlichen Entscheidung, welchem Risiko man sich mit dieser Technologie aussetzen möchte. Dies gilt nicht nur hinsichtlich möglicher gesundheitlicher Folgen für die Menschen. Das Risiko umfasst auch unsere Verantwortung zum Erhalt der biologischen Vielfalt, zur Bewahrung der Tier- und Pflanzenarten und der Vielfalt der Ökosysteme. Die Freisetzung von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP) kann verschiedene, möglicherweise schädliche Auswirkungen auf Umwelt und Natur haben.

Nicht zuletzt haben die Lebensmittelskandale der letzten Jahre das Vertrauen der Verbraucherinnen und Verbraucher nachhaltig erschüttert und eine Neuorientierung der Landwirtschaft eingeleitet.

Die die Bundesregierung tragenden Parteien haben sich daher in ihrer Koalitionsvereinbarung von Oktober 1998 vorgenommen, die Risiko- und Sicherheitsforschung zu verstärken und insbesondere Freilandversuche und den kommerziellen Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen wegen der langfristigen Umweltwirkungen mit einem Langzeitmonitoring wissenschaftlich zu begleiten. Um den gestiegenen Sicherheitsbedürfnissen der Bürgerinnen und Bürger, aber auch um der Forderung nach mehr Transparenz und Informations- und Beteiligungsmöglichkeiten an Entscheidungsprozessen Rechnung zu tragen, wurde parallel zu den nationalen Aktivitäten seit 1998 an einer Novellierung der EU-Gentechnik-Richtlinie „über die absichtliche Freisetzung von genetisch veränderten Organismen in die Umwelt“ gearbeitet. Nach einem schwierigen Abstimmungsprozess in und zwischen den EU-Mitgliedsstaaten konnte unter deutscher Präsidentschaft im Juni 1999 eine politische Einigung auf einen Gemeinsamen Standpunkt für eine neue Freisetzung-Richtlinie erzielt werden. Die Richtlinie 2001/18/EG ist im April 2001 in Kraft getreten. Durch zahlreiche Neuregelungen wird das Vorsorgeprinzip gestärkt und die Sicherheit für Mensch und Umwelt deutlich angehoben.

So ist in die neue Richtlinie die Verpflichtung aufgenommen worden, mit der Genehmigung zum Inverkehrbringen (zur freien Vermarktung) von gentechnisch veränderten Pflanzen einen Überwachungsplan zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt vorzulegen, um etwaige direkte, indirekte, sofortige, spätere oder unvorhergesehene Folgen von GVP als Produkten oder in Produkten feststellen und zuordnen zu können. In Zukunft muss daher in der Anmeldung zum Inverkehrbringen neben Angaben zur Umweltverträglichkeitsprüfung, zur Geltungsdauer, der Kennzeichnung, der Verpackung der GVP auch ein Vorschlag für einen Überwachungsplan (oder Langzeitmonitoring) unterbreitet werden.

Durch eine langfristige Beobachtung der Auswirkungen des Anbaus von GVP auf Tiere, Pflanzen und Ökosysteme sollen schädliche Folgen rechtzeitig erkannt und verhindert werden. Die Mitgliedsstaaten und die Europäische Kommission haben nun bis Oktober 2002 Zeit, die Vorgaben der Richtlinie zum Langzeitmonitoring umzusetzen und mit Inhalten zu erfüllen.

In diesem Zusammenhang hat das Umweltbundesamt im Auftrag des Bundesumweltministeriums umfangreiche Aktivitäten zur Entwicklung und Ausgestaltung der Langzeitbeobachtung entwickelt. Erste Elemente eines Monitoringkonzepts konnten im Rahmen von Forschungsvorhaben, Fachgesprächen und Gutachten identifiziert werden. Unter Vorsitz des UBA sind in der Bund/Länder-Arbeitsgruppe „Monitoring der Umweltwirkungen von GVP“ wegweisende Positionspapiere erarbeitet worden. Zurzeit werden aus Forschungsmitteln des Bundesumweltministeriums unter Koordination des UBA in einem Forschungsschwerpunkt Projekte zur Erprobung und Entwicklung eines Monitorings für annähernd 3 Mio. DM durchgeführt. Aber auch viele andere Akteure aus Bund und Ländern haben dazu beigetragen, dass das Konzept für eine Durchführung der Langzeitbeobachtung von GVP allmählich Konturen gewinnt. Ein Großteil der bisher zu den verschiedenen Aspekten eines Monitorings erarbeiteten Papiere ist im vorliegenden Band zu einem umfassenden Kompendium zum Thema Monitoring zusammengetragen worden.

In diesem Sinne hoffe ich, dass die hier präsentierten Analysen und Handlungsempfehlungen wertvolle fachliche Grundlagen vermitteln und darüber hinaus den im Spannungsfeld „Naturschutz und Gentechnik“ tätigen Kollegen und Kolleginnen Werkzeuge für ihr politisches und fachliches Handeln an die Hand gegeben wird.

A handwritten signature in black ink, reading 'Jürgen Trittin', with a long horizontal stroke extending to the right.

Berlin im August 2001

Jürgen Trittin

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Jürgen Trittin, Bundesumweltminister

Seite

1 Einleitung

- | | | |
|-----|--|---|
| 1.1 | Problemstellung und Einführung | 1 |
| 1.2 | Risikomanagement transgener Pflanzen: Nachzulassungs-Monitoring als Lösung?
A. Sauter, Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag | 5 |

2 Monitoring in Deutschland – Stand der Entwicklungen

2.1 Arbeiten des Umweltbundesamtes und der B/L-AG "Monitoring der Umweltwirkungen von gentechnisch veränderten Pflanzen"

- | | | |
|-------|--|----|
| 2.1.1 | Überblick und Entwicklungen
M. Otto, Umweltbundesamt | 12 |
| 2.1.2 | Eckpunkte für ein Monitoring der Umweltwirkungen von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP) | 17 |
| 2.1.3 | Monitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen – Prioritätensetzung | 34 |
| 2.1.4 | Beobachtungs- und Referenzräume für das GVO-Monitoring
F. Berhorn, Umweltbundesamt | 56 |
| 2.1.5 | Konzeptionelle Entwicklung eines Langzeitmonitoring von Umweltwirkungen transgener Kulturpflanzen
W. Züghart, B. Breckling, Universität Bremen | 64 |
| 2.1.6 | Welchen Beitrag können Modellprojekte zur Entwicklung von Monitoringkonzepten gentechnisch veränderter Pflanzen leisten?
A. Miehe, Umweltbundesamt | 68 |
| 2.1.7 | Maßstäbe und Erfahrungen des Umweltbundesamtes hinsichtlich der Bewertung von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Organismen (GVO)
I. Nöh, Umweltbundesamt | 76 |

2.2 Weitere Aktivitäten in Deutschland

- | | | |
|-------|--|-----|
| 2.2.1 | Risikoforschung und Monitoring im Rahmen von Freisetzen und Vermarktungen gentechnisch veränderter Organismen (GVO)
Resolution der Gesellschaft für Ökologie (GFÖ) vom 15.09.1999 | 106 |
| 2.2.2 | Auswirkungen des Inverkehrbringens transgener Nutzpflanzen auf die Biologische Vielfalt - Monitoring von Tieren und Pflanzen
A. Benzler, Bundesamt für Naturschutz | 110 |

2.2.3	„Anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen im Agrarökosystem“ J. Schiemann, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig	116
2.2.4	On Field Monitoring of Genetically Modified Plant Varieties from the Point of View of Plant Breeders and Seed Producing Companies G. Kley, M. Nölkensmeier, A. Matzk, Deutsche Industrievereinigung Biotechnologie	131
2.2.5	„Sicherheitsforschung und Monitoring“ im Programm der Bundesregierung „Biotechnologie 2000“ P.-F. Langenbruch, H. Boermans, Projektträger Jülich (PTJ)	136
2.2.6	Zum Monitoring gentechnisch veränderter Organismen – Auswertung des Status Quo mit weiterführenden Vorschlägen P. Rudolph, Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung Brandenburg	144
2.2.7	Aktivitäten des ad hoc Unterausschuss Methodenentwicklung – Überlegungen für ein Saatgut - Monitoring auf GVO-Bestandteile T. Richter, Berliner Betrieb für zentrale gesundheitliche Aufgaben, Institut für Lebensmittel, Arzneimittel und Tierseuchen	164
2.2.8	Monitoring nach dem Inverkehrbringen A. Sauter, R. Meyer, Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag	174
3	Monitoring gentechnisch veränderter Organismen in der EU	
3.1	Anhang VII der neuen Freisetzungsrichtlinie 2001/18/EG	201
3.2	EU-Workshop des deutschen Umweltbundesamtes am 9./10. November 2000 in Berlin - Monitoring of Environmental Impacts of Genetically Modified Plants -Zusammenfassung M. Miklau, H. Gaugitsch, A. Heissenberger, Umweltbundesamt GmbH, Wien	203
3.3	Erste Vorstellungen für Leitlinien zum Anhang VII der neuen Freisetzungsrichtlinie 2001/18/EG zum Monitoring von GVO H. Gaugitsch, Umweltbundesamt GmbH, Wien	215
3.4	Etablierung eines europäischen Genregisters zur Erfassung gentechnisch veränderter Organismen M. Röver, R. Lorberth, Robert Koch Institut, Berlin	220
3.5	Die „European Enforcement Group of Deliberate Release of GMOs“ - Überblick und erste Ergebnisse T. Engelke, Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten, Schleswig-Holstein	224

1.1 Problemstellung und Einführung

Seit den ersten Anwendungen gentechnisch veränderter Organismen (GVO) in der Umwelt vor 10 Jahren bestehen Erkenntnislücken hinsichtlich der Umweltwirkungen. Laufende Forschungsaktivitäten im Bereich der biologischen Sicherheitsforschung tragen zwar zum notwendigen Wissenszuwachs bei, decken jedoch ökologisch relevante Fragestellungen bisher nur unzureichend ab. Insbesondere liegen bisher so gut wie keine Untersuchungen zu Langzeitwirkungen vor. Die Herausforderung besteht darin, einen gangbaren Weg zwischen Wirkungsforschung, Wissenslücken, Bewertungsunsicherheiten und –anforderungen zu finden, um mit Unsicherheiten bei der Risikoabschätzung von GVO umgehen und Konflikte durch unterschiedliche Bewertungskriterien vermeiden zu können.

Um Wissenslücken, insbesondere bei einem großflächigen und dauerhaften Anbau von GVO, schließen und eine größere Sicherheit im Umgang mit GVO gewährleisten zu können, wurde immer wieder die Forderung nach einem Langzeitmonitoring erhoben. In Deutschland hat beispielsweise der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) in seinem Jahresgutachten 1998 die Einrichtung einer ökologischen Dauerbeobachtung von GVO empfohlen. Europaweit wurde mittlerweile mit der Neufassung der EU-Freisetzung-Richtlinie (RL 2001/18/EG) ein Monitoring nach der Marktzulassung verbindlich festgeschrieben. Die Richtlinie sieht sowohl ein fallspezifisches Monitoring als auch eine allgemeine beobachtende Überwachung („general surveillance“) vor. In einem Monitoring von GVO wird die Möglichkeit gesehen, einmal getroffene Entscheidungen an der Realität zu überprüfen und damit die Prognosesicherheit zu erhöhen. Darüber hinaus soll das Monitoring als Frühwarnsystem für unerwünschte Wirkungen dienen.

Seit der Verabschiedung der neuen EU-Freisetzung-Richtlinie sind eine Reihe von Aktivitäten zu deren Umsetzung im Bereich Monitoring initiiert worden, die eine Vielfalt von Akteuren, Begriffen und Konzepten hervorgebracht hat. Der hier vorliegende Texte-Band soll alle bisher erarbeiteten Materialien im Bereich Monitoring bündeln. Er dient somit einerseits der Dokumentation des derzeitigen Stands der Diskussion in Deutschland, andererseits soll er durch die Zusammenführung von Materialien die weitere Arbeit erleichtern. Wir möchten uns an dieser Stelle sehr herzlich bei allen Beteiligten und Autoren/innen für die Unterstützung und die zur Verfügung gestellten Materialien und Artikel bedanken.

Der Sachstandsbericht des **Büros für Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages (TAB)** „Risikoabschätzung und Nachzulassungs-Monitoring transgener Pflanzen - Sachstandsbericht“, der im Jahre 2000 erschienen ist, bietet einen Überblick über die Monitoring-Aktivitäten und -Konzepte in Deutschland. Wir freuen uns, dass wir das Kapitel „Monitoring“ aus diesem Sachstandsbericht in unseren Band aufnehmen durften (Kap. 2.2.8). Darüber hinaus haben wir die Resolution der **Gesellschaft für Ökologie** zu „Risikoforschung und Monitoring“ aufgenommen (Kap. 2.2.1).

Im Folgenden sollen die verschiedenen Arbeitsgruppen und deren Ansätze vorgestellt und auf die aktuellen inhaltlichen Entwicklungen kurz eingegangen werden.

Das **Umweltbundesamt** (UBA) beschäftigt sich bereits seit 1995 mit dem Thema Langzeitmonitoring und führte hierzu Fachgespräche und Forschungsvorhaben durch. Weitere Arbeiten des UBA, die Anknüpfungspunkte zum GVO-Monitoring aufweisen, bestehen in der **Umweltbeobachtung des Bundes und der Länder (UB)** sowie der **ökosystemaren Umweltbeobachtung**. Auf die UB wird jedoch in der vorliegenden Materialiensammlung nicht eingegangen, da der Schwerpunkt auf dem Monitoring von GVO liegen soll.

Seit 1998 arbeitet das UBA zusammen mit den Bundesländern in der **Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Monitoring von Umweltwirkungen von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP)“ (BLAG)** im Auftrag der Umweltministerkonferenz an einem Konzept für ein Monitoring, das die SRU-Empfehlungen einer ökologischen Dauerbeobachtung von GVO umsetzen soll. Bereits 1999 wurden Eckpunkte für ein solches Konzept zusammen mit einer Prioritäten-Liste von der BLAG erarbeitet (Kap. 2.1.2 und 2.1.3).

Zur Unterstützung der Arbeiten der BLAG hat das UBA ein Forschungsvorhaben (FKZ 299 89 406) vergeben, das sich im wesentlichen mit der **Parameterauswahl** und Möglichkeiten, diese in bestehende konventionelle Umweltbeobachtungsprogramme zu integrieren, beschäftigt. Zum Stand der Arbeiten im Rahmen dieses Vorhabens verweisen wir auf den Artikel der Forschungsnehmer (Kap. 2.1.5). An dieser Stelle bedanken wir uns bei Frau Dr. Schieferstein, die dieses Forschungsvorhaben konzipiert und bis zu ihrem Ausscheiden aus dem Umweltbundesamt betreut hat. An weiteren Vorhaben fördert das BMU in Rahmen des UFOPLANs auf Vorschlag der Bundesländer und in Zusammenarbeit mit dem UBA **Modellprojekte**. Auch zu den Modellprojekten befindet sich ein Übersichtsartikel in diesem Band (Kap. 2.1.6). Darüber hinaus wird an der Auswahl geeigneter Untersuchungs- und Referenzflächen gearbeitet. Mit dem Thema Referenzflächen und ersten Überlegungen zur Flächenwahl beschäftigt sich ebenfalls ein Artikel in diesem Band (Kap. 2.1.4).

Die Verfügbarkeit geeigneter **Methoden** zum molekularen Nachweis von Transgenen wird eine große Rolle für die praktische Umsetzung des Monitoring spielen. Der **Länderausschuss Gentechnik (LAG)** hat den **ad-hoc-Unterausschuss Methodenentwicklung** ins Leben gerufen, der sich mit der Standardisierung und Überprüfung von Nachweismethoden befasst. Eine Vorstellung des UA Methodenentwicklung und ein vorläufiges Konzept zur Überwachung von GVO-Anteilen im Saatgut werden finden sich in Kapitel 2.2.7.

Darüber hinaus spielt die Frage der Bewertung eine herausragende Rolle. Aus diesem Grunde enthält dieser Band einen Artikel, der die **Bewertungsmaßstäbe des UBA** im Rahmen des Vollzugs des Gentechnikgesetzes (GenTG) darlegt (Kap. 2.1.7).

Neben dem UBA und der BLAG arbeitet auch die **BBA mit der Arbeitsgruppe „anbaubegleitendes Monitoring“ (BBA-AG)** an einem Monitoring-Konzept. Die BBA-AG ist dabei auf landwirtschaftliche Fragestellungen ausgerichtet und bündelt verschiedene Bereiche des Sortenwesens, der Pflanzenschutzämter und der landwirtschaftlichen Versuchsanstalten. Die Zusammensetzung der BBA-AG und der Stand ihrer Arbeiten sind in Kapitel 2.2.3 dargestellt.

Die Arbeitsgruppen BLAG und BBA-AG sind jeweils an der Arbeit der anderen Gruppe beteiligt. Inhaltlich beschäftigt sich die BLAG mit Umweltwirkungen, während sich die BBA-AG überwiegend mit Parametern beschäftigt, die im Zusammenhang mit landwirtschaftlichen Fragestellungen (z.B. Schaderregerauftreten, Unkrautpopulationen, oder Wirkung phytosanitärer Maßnahmen) stehen.

Die Erhebung dieser Parameter besitzt jedoch auch unter Umweltaspekten Bedeutung. Da Veränderungen durch GVO im Agrarökosystem sowohl landwirtschaftliche als auch umweltrelevante Aspekte betreffen, überschneiden sich die beiden Monitoring-Ansätze von BLAG und BBA-AG. Im Laufe der Ausgestaltung der BBA-Arbeiten wurden diese Überlappungsbereiche und dadurch bedingt eine gewisse Konkurrenz zu der Konzeptentwicklung der BLAG zunehmend deutlich.

Die Zusammenführung der Arbeitsergebnisse beider Arbeitsgruppen ist noch nicht geklärt. Die Aufgabenbereiche sollten sich anhand der bestehenden Zuständigkeiten und Kompetenzen abgrenzen lassen und sich sinnvoll ergänzen. Die Frage des Zusammenspiels verschiedener Monitoring-Ansätze wurde im Rahmen eines Gutachtens näher beleuchtet, das im Auftrag des UBA für seine Vollzugsaufgaben erstellt wurde und ebenfalls in diesem Band enthalten ist (Kap. 2.2.6).

In diesem Zusammenhang stellt sich auch die Frage der **Koordination** der Monitoring-Aufgaben. Nicht nur auf Bundes-, sondern auch auf Landesebene gilt es, die Arbeiten der zuständigen Behörden für Gentechnik, Umwelt- und Naturschutz sowie Saatgut und Landwirtschaft in Sinne einer wirkungsvollen Beobachtung zusammenzuführen. Es ist daher notwendig, die bisher unternommenen Anstrengungen aller Beteiligten zu koordinieren. Bereits der SRU empfahl die Einrichtung einer zentralen Koordinationsstelle. Eine politische Entscheidung hierzu steht noch aus. Darüber hinaus besteht Klärungsbedarf hinsichtlich der konkreten Aufgabenverteilung zwischen dem Bund, den Ländern und den Antragstellern, insbesondere hinsichtlich der Durchführung und Finanzierung eines Monitoring.

Naturschutzfachliche Aspekte eines GVO-Monitoring finden im Beitrag des **Bundesamts für Naturschutz (BfN)** Berücksichtigung (Kap. 2.2.2). Der Beitrag geht dabei insbesondere auf die Möglichkeiten der naturschutzorientierten Umweltbeobachtung für ein Monitoring von GVO ein.

Auch seitens der **Saatgut-Hersteller** wurden Vorschläge zur Durchführung eines Monitoring formuliert, die in Kapitel 2.2.4 durch einen gemeinsamen Beitrag des Bunds Deutscher Pflanzenzüchter, des Deutschen Industrieverbands Biotechnologie und des Industrieverband Agrarwirtschaft dokumentiert sind.

Abschließend soll auf die **Forschungsförderung des BMBF** im Rahmen des Programms „Biotechnologie 2000“ verwiesen werden. Mit der Neuauflage des Förderschwerpunkts „Sicherheitsforschung und Monitoring“ werden derzeit eine Reihe von Forschungsvorhaben im Bereich des Monitoring von GVO für die nächsten drei Jahre gefördert. Eine Übersicht über die aktuellen Projekte wird in Kapitel 2.2.5 vorgestellt.

Die **EU-Aktivitäten** zum Monitoring von GVO werden im vorliegenden Texte-Band in einem eigenen Abschnitt (Kap 3) zusammengefasst. Von der Neufassung der Freisetzungsrichtlinie wurde der Anhang VII – ausschlaggebend für die Ausgestaltung des Überwachungsplans - zur Information in den Band aufgenommen (Kap. 3.1).

Die nationalen Bemühungen zur Umsetzung der rechtlichen Vorgaben der neuen Freisetzungsrichtlinie müssen auf EU-Ebene harmonisiert werden. Das UBA hat daher im Dezember 2000 einen **EU-Workshop** mit den Ziel durchgeführt, bestehende Konzepte und Aktivitäten in anderen EU-Mitgliedstaaten zusammenzutragen, einen ersten Meinungsaustausch zu ermöglichen und die Diskussion anzustoßen. Die Zusammenfassung des Workshops sowie seiner Ergebnisse sind in dem vorliegenden Band enthalten (Kap. 3.2).

Darüber hinaus freuen wir uns, dass erste Überlegungen aus Österreich zu **Monitoring-Leitlinien** (Kap. 3.3) und ein Beitrag des Robert Koch Instituts zum **europäischen Genregister** (Kap. 3.4) in diesen Band aufgenommen werden konnten. Darüber hinaus werden Ergebnisse der **European Enforcement Group of Deliberate Release of GMOs** vorgestellt (Kap. 3.5). Das Projekt zielt auf eine Bestandsaufnahme und Harmonisierung der Freisetzungsüberwachung in der EU ab und beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit dem Monitoring und der Probennahme von GVO.

Die neue Freisetzungs-Richtlinie ist bis Oktober 2002 in nationales Recht umzusetzen. Bis dahin müssen die inhaltlichen und organisatorischen Strukturen für das rechtlich vorgeschriebene Monitoring geklärt sein. Somit wird das Thema Monitoring auch weiterhin ein Arbeitsschwerpunkt des UBA bleiben. Darüber hinaus ist das UBA auch weiterhin bereit, seinen Sachverstand und seine Erfahrung nicht nur national, sondern auch auf EU-Ebene in die Diskussion einzubringen.

Wir hoffen, dass wir mit dem vorliegenden Band einen Beitrag zur weiteren Ausgestaltung eines Monitoring von GVO leisten können.

Umweltbundesamt, im August 2001

1.2 Risikomanagement transgener Pflanzen: Nachzulassungs-Monitoring als Lösung?

Beitrag aus: TAB-Brief Nr. 20, Juni 2001, S. 12 - 15

A. Sauter, Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag; buero@tab.fzk.de

Die Auseinandersetzungen über Fragen der biologischen Sicherheit gentechnisch veränderter Pflanzen stellen eine schon "ältere" Risikokontroverse dar, deren erste große Phase in den 80er Jahren sowohl national als auch auf EU-Ebene zu einschlägigen Zulassungsregelungen geführt hat (deutsches Gentechnikgesetz bzw. Freisetzungsrichtlinie 90/220/EWG; neu: 2001/18/EG). Die Kontroversen jedoch haben sich seitdem nicht aufgelöst, sondern in vieler Hinsicht sogar intensiviert. Als neue zentrale Maßnahme des Risikomanagements wird aktuell eine Langzeitbeobachtung des kommerziellen Anbaus gentechnisch veränderter Pflanzen diskutiert und entwickelt. Welches sind die Erfolgsaussichten eines solchen Monitoring?

Die "grüne", die landwirtschaftliche Gentechnik ist seit Anfang dieses Jahres aus der öffentlichen Diskussion nahezu verschwunden. Zeitlich parallel mit dem Ministerientausch der Koalitionspartner wechselte der Fokus der politischen Aufmerksamkeit hin zur medizinischen Biotechnologie. In der Landwirtschaftspolitik dominierte monatelang die Auseinandersetzung um die aktuelle Reaktion auf das konkrete Problem BSE, zwischendurch noch überlagert durch die Maul-und-Klauen-Seuche. Spätestens mit der mittelfristigen Revision und Umgestaltung der Agrarpolitik und im Rahmen der Umsetzung der novellierten Richtlinie 90/220/EWG (neu: 2001/18/EG), die bis Herbst des kommenden Jahres erfolgen müsste, wird man den zukünftigen Umgang mit der grünen Gentechnik erneut an vorderer Stelle auf die politische Agenda setzen müssen.

Risikodebatten zwischen Nicht-Wissen, Zustimmung und Blockade

Gelöscht: Ablehnung

Eine Kurzcharakterisierung der Risikodebatte zum Anbau transgener Pflanzen könnte folgendermaßen ausfallen:

- *Wissenschaftlich* ist ein gewisser Stillstand erreicht. Kurzfristige, direkte Folgen wurden in den bisherigen (zeitlich und räumlich stark begrenzten) Freisetzungsversuchen kaum festgestellt oder von einer Mehrheit der beteiligten Experten zumindest nicht als Schaden betrachtet. Unklarheit besteht - notwendigerweise - über mögliche langfristige sowie nur bei großmaßstäblichem Anbau manifeste Folgen. Die Befürworter der Gentechnik unter den Wissenschaftlern verweisen darauf, dass transgene Pflanzen so detailliert untersucht und so gut bekannt sind wie keine der "konventionellen" Pflanzensorten und daher eine Freigabe überfällig ist, Kritiker leiten aus den ungeklärten Fragen die Notwendigkeit umfangreicher weiterer Vorhaben der Sicherheitsforschung ab.

- *Gesellschaftlich* kann EU-weit eine *massive Ablehnung der Gentechnik im Lebensmittelbereich* registriert werden, nachdem in der zweiten Hälfte der 90er Jahre auch in vorher "Gentechnik-freundlichen" Ländern wie Frankreich und Großbritannien die Stimmung drastisch umgeschlagen ist. Eine Ursache war sicherlich 1996/97 der "Überrumpelungsversuch" der US-amerikanischen Mais- und Sojaexporteure, die sich nicht in der Lage sahen bzw. nicht gewillt waren, die nunmehr großflächig angebauten gentechnisch veränderten Pflanzen von den "konventionellen" zu trennen, und sie daher vermischt und ohne Deklaration nach Europa schifften, noch bevor die einschlägige Novel-Food-Verordnung in Kraft getreten war. Nahrungsmittelhandel und -industrie sahen sich angesichts der Verbraucherablehnung gezwungen, auf Verkauf bzw. Produktion - als solcher deklarierter - gentechnisch veränderter Nahrungsmittel zu verzichten. Sie dürften in Zeiten der tiefgreifenden Verunsicherung beim Thema Lebensmittelsicherheit vorläufig keine Ambitionen haben, neue Vermarktungsinitiativen für transgene Lebensmittel zu starten.
- *Politisch* hat sich die Kontroverse in den vergangenen Jahren entsprechend intensiviert und praktisch zu einer völligen *Blockade der Neuzulassung transgener Sorten* zugespitzt. Die bisherigen Zulassungsverfahren gentechnisch veränderter Pflanzen haben gezeigt, dass die Hauptursache für die politische Auseinandersetzung, z.B. zwischen Ländern wie Großbritannien und Deutschland auf der einen, Schweden und Österreich auf der anderen Seite, nicht so sehr in der wissenschaftlichen Unsicherheit bezüglich möglicher Folgen des Anbaus transgener Sorten bestand. Bestimmend sind vielmehr die *unterschiedlichen normativen Standards* zur Beurteilung der potenziellen Folgen (in diesem Fall: Vergleich mit der bisherigen Praxis der Landwirtschaft vs. möglichst "chemielose", ökologisch ausgerichtete Landwirtschaft als Zukunftsforderung). Nach jahrelangen Auseinandersetzungen ist zwar im Februar dieses Jahres vom Europäischen Parlament die Novellierung der Freisetzungsrichtlinie 90/220/EWG beschlossen worden, doch wurden *zentrale Streitpunkte ausgeklammert bzw. einer speziellen zukünftigen Regulierung vorbehalten*. Das gesamte System der Lebensmittelregulierung auf EU-Ebene befindet sich in einem Umbauprozess. Ein wichtiger Bestandteil ist der Aufbau einer Europäischen Lebensmittelbehörde. Im Bereich der Gentechnik sollen horizontale und vertikale Regelungen besser als bislang aufeinander abgestimmt werden. In Deutschland zeichnete sich in der zweiten Jahreshälfte 2000 eine Vereinbarung zwischen Regierung und Industrie über ein Abkommen zu einem nur begrenzten Anbau transgener Pflanzensorten mit einhergehendem Forschungs- und Beobachtungsprogramm ab. Anfang dieses Jahres wurden die Verhandlungen dazu jedoch angesichts der Debatte um eine Neuorientierung der Landwirtschaft ausgesetzt. Die novellierte Freisetzungsrichtlinie muss 18 Monate nach ihrer Veröffentlichung, d.h. bis Oktober 2002, national umgesetzt werden, so dass die zuständigen Behörden mit entsprechenden Vorbereitungen befasst sind.

Gelöscht: Dabei wurde deutlich

Gelöscht: eht

Gelöscht: m

Gelöscht: Beschluss

Gelöscht: August

Die Novellierung der Richtlinie 90/220/EWG

Die Bestimmungen der novellierten Freisetzungsrichtlinie - als Manifestation des derzeitigen Standes der politischen (Regulierungs-)Kontroverse - sind Reaktionen sowohl auf

primär wissenschaftlich als auch auf primär gesellschaftlich strittige Fragen. Den wenig umstrittenen Zielen der Verbraucherorientierung und der notwendigen Garantie der Wahlfreiheit zwischen gentechnisch veränderten und "konventionellen" Produkten folgend, wurden eine bessere *Information und Beteiligung der Öffentlichkeit* im Rahmen der Zulassungsverfahren, die Etablierung eines *Gen- und Anbauregisters* als neue Informationsquelle sowie die Verpflichtung zur *Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit* transgener Organismen und Produkte beschlossen. Konkrete Regelungen für die beiden letztgenannten Punkte sowie zu einer *Haftungsregelung* müssen allerdings erst noch erarbeitet werden, bevor neue Zulassungen transgener Sorten Erfolg haben können. Mehrere Länder haben dies zur Voraussetzung einer Aufhebung der "Blockade" gemacht.

Ein konkretes, wissenschaftlich hochumstrittenes Problem wird durch die Novellierung gelöst: Die Verwendung von *Antibiotika-Resistenzmarkern* - deren mögliche Bedeutung im vergangenen Jahr Anlass für eine heftige Auseinandersetzung zwischen ZKBS (Zentrale Kommission für die Biologische Sicherheit) und BMG (Bundesministerium für Gesundheit) war - soll in Anwendung des Vorsorgeprinzips schrittweise eingestellt werden, nachdem hierfür alternative Verfahren zur Verfügung stehen. Zwei andere Maßnahmen sind die Reaktion auf eine langjährige Debatte über die Grenzen wissenschaftlicher Möglichkeiten der Risikoermittlung und -vorausschau: zum einen die *zeitliche Befristung* der Zulassung auf zehn Jahre (nach denen eine erneute Risikobewertung erfolgen muss), zum andern die verpflichtende Überwachung von inverkehrgebrachten Produkten - das "*Monitoring nach Inverkehrbringen*" (auch als Nachzulassungs- oder anbaubegleitendes Monitoring bezeichnet).

Monitoring nach Inverkehrbringen - Ziele und Schwierigkeiten

Die Auflage eines Nachzulassungs-Monitoring bedeutet nichts Geringeres als die Abkehr von bzw. die *Erweiterung der bisher verfolgten und vertretenen Sicherheitsstrategie* im Umgang mit transgenen Pflanzen. Diese war davon ausgegangen, dass eine schritt- bzw. stufenweise Risikoermittlung und -abschätzung (durch Labor-, Gewächshaus- und Freisetzungsexperimente) hinreichende Erkenntnisse zur ökologischen und gesundheitlichen Unschädlichkeit gentechnisch veränderter Pflanzen liefern würde und daher mit dem Inverkehrbringen abgeschlossen wäre. Im Lauf der letzten Jahre nun hat sich die - im Nachhinein banal klingende - Erkenntnis durchgesetzt, dass die prospektive Risikobewertung nicht garantieren kann, dass nicht doch langfristige, möglicherweise indirekte oder unerwartete negative Auswirkungen auf Menschen und Umwelt auftreten können.

Laut novellierter Freisetzungsrichtlinie soll das Monitoring dazu dienen

- "zu bestätigen, dass eine Annahme über das Auftreten und die Wirkung einer etwaigen schädlichen Auswirkung eines GVO oder dessen Verwendung in der Umweltverträglichkeitsprüfung zutrifft, und
- das Auftreten schädlicher Auswirkungen des GVO oder dessen Verwendung auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt zu ermitteln, die in der Umweltverträglichkeitsprüfung nicht vorhergesehen wurden."

Sollten im Verlauf des Monitoring relevante schädliche Effekte beobachtet werden, die entweder vorher vermutet, aber als vertretbar eingeschätzt, oder solche, die nicht vorhergesehen worden waren, könnten *neue Anbauauflagen formuliert oder die Zulassung ganz entzogen* werden.

Die Diskussion um die Notwendigkeit und Einrichtung einer längerfristigen Beobachtung gentechnisch veränderter Pflanzen wurde in Deutschland schon Mitte der 90er Jahre vom Umweltbundesamt eingeleitet und unter anderem in den Empfehlungen des Sachverständigenrates für Umweltfragen 1998 aufgegriffen. Seitdem beschäftigen sich eine Reihe von Arbeitsgruppen mit konzeptionellen und konkreten Fragen der sinnvollen *Ausgestaltung eines Monitoring. Diskussionsstand und offene Fragen* werden im *TAB-Bericht Nr. 68* ("Risikoabschätzung und Nachzulassungs-Monitoring transgener Pflanzen") ausführlich zusammengefasst. Die resultierenden *Handlungsmöglichkeiten* wurden in zwei Kategorien eingeteilt: die eher kurzfristig zu lösenden sowie die mittel- bis längerfristigen Problembe-
reiche. Zu den *kurzfristigen* gehören

- die Definition von Begriffen und die Konkretisierung von Zielsetzungen,
- die Festlegung von Zuständigkeiten und die Klärung der Finanzierung sowie
- die Information und Beteiligung der Öffentlichkeit.

Schon die Erledigung dieser Aufgaben wird alles andere als leicht fallen, wirklich schwierig bzw. kritisch wird es aber vermutlich bei den als "*längerfristig*" bezeichneten Problemen:

- der *Abgrenzung des Monitoring* nach Inverkehrbringen zur *Sicherheitsforschung und Risikobewertung* vor Inverkehrbringen und
- der Entwicklung von Kriterien für die Berücksichtigung von Erkenntnissen aus dem Monitoring in den Genehmigungsverfahren, d.h. die *Entwicklung eines Bewertungskonzeptes* für die Monitoring-Resultate, das *von den verschiedenen beteiligten Gruppen bzw. Institutionen getragen* werden müsste.

Die erste Aufgabe betrifft vor allem die wissenschaftliche Debatte. Es steht zu erwarten, dass die Meinungsunterschiede groß bleiben, was hinreichend erforscht ist und was nicht, was also vor dem Inverkehrbringen geklärt werden muss und was auf das Monitoring "verschoben" werden darf. Auch die möglichen Beobachtungsergebnisse werden weite wissenschaftliche Interpretationsspielräume bieten - unter anderem bezüglich der Frage, wie eindeutig und statistisch belegbar ein Effekt eigentlich sein muss.

Die zweite Aufgabe entspricht dem ungelösten - politischen - Problem der Risikobewertung vor Inverkehrbringung. Angesichts der Erfahrungen der vergangenen zehn Jahre mit der Richtlinie 90/220/EWG in Europa, mit den im TAB-Bericht beschriebenen Kontroversen um die Fragen nach Schadensdefinition und Schadenshöhe, erscheint die Einigung auf ein solches Bewertungskonzept in naher Zukunft als sehr unwahrscheinlich.

Auf die *gesamtgesellschaftliche Risikokommunikation* bezogen kommt eine weitere Schwierigkeit hinzu: Es dürfte auf absehbare Zeit schwierig sein, der europäischen Öffentlichkeit erfolgreich zu vermitteln, dass Pflanzen räumlich und mengenmäßig unbe-

grenzt in Verkehr gebracht werden, deren indirekte und langfristige Auswirkungen nicht hinreichend abgeschätzt werden können, so dass ein Monitoring nötig ist. Eine *Funktion als "Vertrauensbildende Maßnahme"*, die in der Diskussion über das Monitoring immer wieder genannt wird, ist daher *nicht sehr plausibel*. Was bleibt angesichts dessen zu tun?

Ein möglicher Ausweg: Vereinbarung einer Übergangsphase?

Die novellierte Freisetzungsrichtlinie muss innerhalb von 18 Monaten nach ihrer Verabschiedung, d.h. bis Herbst 2002, national umgesetzt werden. Es wird bis dahin also ein Monitoring in irgendeiner Form etabliert sein, und es wird aller Voraussicht nach hochumstritten und nur fragmentarisch entwickelt sein. Es wird deshalb die ihm zugedachten Zwecke kaum erfüllen können, ein Durchbrechen der bestehenden wissenschaftlich-argumentativen und politisch-regulativen Blockade ist nicht zu erwarten. Auch eine Lösung durch die beabsichtigten weiteren Regelungen auf EU-Ebene ist unrealistisch.

Einen *Ausweg* könnte möglicherweise ein freiwilliges Übereinkommen zwischen den Pflanzenzuchtunternehmen und der Politik bieten, sei es national oder länderübergreifend. Es könnte sich am Projekt des Kanzleramtes orientieren, wie es bis Anfang dieses Jahres verfolgt worden ist, allerdings *in stark erweiterter Form*, und zwar in dreifacher Hinsicht: *zeitlich, sachlich* und vor allem *partizipativ*.

Gelöscht: e

1. Die bislang diskutierten drei Jahre, während derer zugelassene transgene Sorten auf stark limitierten, wenn auch gegenüber bisherigen Freisetzungsversuchen natürlich ausgedehnteren Flächen erprobt und beobachtet werden sollten, wären viel zu kurz, um tatsächlich Hinweise auf indirekte und langfristige Effekte erhalten zu können. Der Zeitraum für eine solche freiwillige Übergangsphase sollte eher *in der Größenordnung von 10 Jahren* liegen, während derer transgene Pflanzen zwar nach den Regularien der novellierten 90/220er-Richtlinie zugelassen werden müssten, aber eben nicht nur zeitlich, sondern auch *räumlich rigide begrenzt*. Dadurch dürfte kein möglicher Effekt so groß werden, dass er dramatische Auswirkungen annimmt. Der Zweck einer solchen massiven Anbaubeschränkung könnte auch gegenüber der Öffentlichkeit überzeugend vertreten werden - als eine Art erweiterte und gut kontrollierte Freisetzungsphase zur Gewinnung neuer sicherheitsrelevanter Erkenntnisse. Diese zusätzliche Übergangszeit wäre auch eine Reaktion auf den Vorwurf, dass die bisherige Begleitforschung unzureichend war, zu wenig belastbare Ergebnisse gebracht hat und bislang zu schlecht von dem geplanten Monitoring abgegrenzt werden kann. Die u.a. im Bericht des TAB zusammengestellten offenen Fragen zur Durchführung eines funktionierenden Monitoring könnten dann mit ein wenig mehr Ruhe angegangen werden.
2. Gleichzeitig sollten *intensiver als bisher die nicht-transgenen Pflanzensorten in die Untersuchungen und Beobachtungen miteinbezogen* werden, vor allem natürlich solche mit vergleichbar neuartigen Eigenschaften wie die transgenen oder auch solche, die mithilfe nicht-gentechnischer, aber doch hoch-manipulativer Methoden gezüchtet worden sind. Die Einbeziehung nicht-transgener Pflanzen im Vergleich zu transgenen ist nötig, um ein aussagekräftiges Monitoring durchführen zu können. Darüber hinaus liefert das zukünftig vorgeschriebene Monitoring ein Szenario, das *eigentlich sogar*

eine Sicherheitsüberprüfung bzw. ein Zulassungsverfahren für nicht-transgene Pflanzen mit Eigenschaften, die in der Gentechnikdebatte umstritten sind, wie Herbizid- oder Virusresistenz, nahe legt: Es wäre nicht ernsthaft vertretbar, dass einer transgenen Sorte, bei der im Rahmen des Monitoring negative Auswirkungen als Folge der Herbizid- oder Virusresistenz festgestellt worden sind, die Anbauzulassung wieder entzogen wird, einer entsprechenden nicht-transgenen jedoch nicht - zumindest wäre es ein Fall krasser Ungleichbehandlung, der rechtlich, vor allem aber auch ökologisch äußerst bedenklich wäre. Immer wieder wird von Gentechnik-Befürwortern auf das geringere Schadenspotenzial transgener Pflanzen hingewiesen, verbunden mit der Forderung nach Deregulierung. Da es nun aber einmal eine gentechnikspezifische Regulierung in der EU gibt und eine Deregulierung nicht zu erwarten steht, wäre die Regulierung nicht-transgener Sorten nur konsequent - worauf der SRU ebenfalls 1998 schon hingewiesen hat -, selbst wenn der Aufwand beträchtlich wäre.

3. Die "10-jährige Übergangsphase" müsste insbesondere dazu genutzt werden, *unterschiedliche Interessengruppen und Meinungsführer in die Entwicklung und Durchführung des Monitoring mit einzubinden*. Wie ein solches Gremium, ein solcher Prozess erfolgreich organisiert werden kann - hierfür dürfte derzeit niemand ein Patentrezept haben. Eine Anknüpfung bzw. ein gewisses Vorbild bietet vielleicht die FAO-Konferenz zu Pflanzengenetischen Ressourcen 1996 in Leipzig und der damit verbundene Prozess, wo es zumindest in Ansätzen gelungen ist, einen großen Teil der konstruktiv Interessierten an einen Tisch zu bringen, auch wenn sie sehr unterschiedliche Positionen vertreten haben. Dass ein Verständigungsprozess zwischen Gegnern und Befürwortern der Gentechnik sowie mit allen dazwischen positionierten Akteuren unglaublich mühsam ist, hat die Vergangenheit zur Genüge gezeigt. Gleichzeitig ist er jedoch *alternativlos*, falls der politische Wunsch besteht, den Anbau transgener Pflanzen *ökonomisch zu ermöglichen, aber zugleich sozial und ökologisch zu gestalten*.

Und die Interessen der Betreiber?

Zehn Jahre Übergangsfrist hieße zehn Jahre ohne kommerzielle Nutzung transgener Pflanzen - dies klingt zunächst völlig inakzeptabel für die Industrie. Doch wäre dem wirklich so?

Angesichts der aktuellen Einstellung der europäischen Konsumenten erscheint es in keiner Weise plausibel, dass eine Markteinführung der aktuell verfügbaren transgenen Pflanzensorten, die allesamt keinen direkten Verbrauchernutzen versprechen, in Europa ein ökonomisch sinnvolles und realistisches Ziel darstellt - wirklich wichtig kann *aus Marktsicht* eigentlich nur *die Schaffung von Verbrauchervertrauen* sein. Die Industrie könnte die Übergangszeit dazu nutzen, die lang angekündigte *nächste Generation transgener Pflanzen* zu entwickeln und am besten von vorneherein eine *gründliche Folgenabschätzung* durchführen (zu lassen). Zu prüfen wird sein, ob die kommende Generation transgener Pflanzen bzw. Produkte so überzeugend ist, dass die Öffentlichkeit, die Mehrheit der Bevölkerung, bereit ist, das theoretisch immer verbleibende Restrisiko angesichts der erwartbaren Vorteile und angesichts mangelnder alternativer Lösungen zu akzeptie-

ren, so wie es z.B. bei Arzneimitteln der Fall ist. Dabei dürften kalorienreduzierte Nahrungsmittel als Entwicklungsziel wohl durchfallen, und bei potenziell gesundheitsförderlichen Lebensmitteln wird sich die Industrie mit der Forderung konfrontiert sehen zu belegen, dass die positiven Wirkungen tatsächlich erzielt werden können - wie es bislang den Gentechnik-Gegner¹ bei ihren Befürchtungen ging.

Vielleicht stellt sich aber heraus, dass für die meisten Anwendungen (z.B. Arzneimittel- und Spezialchemikalienproduktion) viel kleinere Anbauflächen und Handelsmengen ausreichen, so dass z.B. die absehbar besonders aufwendigen Auflagen zur Rückverfolgbarkeit und zur Kennzeichnung ökonomisch erfüllbar sind. Ein Freihalten der landwirtschaftlichen Massenprodukte von transgenen Merkmalen dürfte übrigens der einzige Weg sein, um auf Dauer den Konsumenten wirklich von Gentechnik freie Produkte zur Verfügung zu stellen. Auch das endgültige Verbot der Antibiotika-Resistenzmarker würde in den Zeitraum von 10 Jahren fallen. Markerfreie Systeme werden dann vermutlich für alle Pflanzensorten zu Verfügung stehen und auch eingesetzt, so dass zumindest dieser Streitpunkt ausgeräumt wäre.

2.1 Arbeiten des Umweltbundesamtes und der Bund/Länder-Arbeitsgruppe „Monitoring der Umweltwirkungen von gentechnisch veränderten Pflanzen“

2.1.1 Überblick und Entwicklungen

Mathias Otto, Umweltbundesamt, FG IV 2.5; Mathias.Otto@uba.de

Das Umweltbundesamt (UBA) beschäftigt sich bereits seit 1995 mit dem Thema Langzeitmonitoring von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) und führte hierzu Fachgespräche und Forschungsvorhaben durch. Eine Übersicht über **Aktivitäten und Vorarbeiten des Umweltbundesamtes** im Bereich des GVO-Monitoring ist als Anlage diesem Beitrag beigelegt.

Weitere Arbeiten des UBA, die Anknüpfungspunkte zum GVO-Monitoring aufweisen, bestehen in der **Umweltbeobachtung des Bundes und der Länder (UB)** sowie der **ökosystemaren Umweltbeobachtung**¹. Zur Ausgestaltung der Umweltbeobachtung des Bundes und der Länder werden im Rahmen von Forschungsvorhaben Konzepte, Methodiken und Instrumentarien entwickelt und erprobt, die eine Verknüpfung mit Daten und Informationen aus der Umweltbeobachtung ermöglichen. Dabei wurde bereits ein Modul „Gentechnik“ berücksichtigt. Forschungsvorhaben mit direktem Bezug zum GVO-Monitoring sind ergänzend in der Anlage aufgeführt. Auf die UB wird jedoch im Folgenden nicht eingegangen, da der Schwerpunkt der Materialiensammlung auf dem Monitoring von GVO liegt. Für Einzelheiten zur UB wird auf entsprechende Publikationen des UBA verwiesen.

Seit März 1999 arbeitet das Umweltbundesamt zusammen mit den Bundesländern in der **Bund/Länder-Arbeitsgruppe „Monitoring der Umweltwirkungen von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP)“** (kurz: BLAG-Monitoring) im Auftrag der Umweltministerkonferenz an einem Konzept für ein Monitoring, das die SRU-Empfehlungen einer ökologischen Dauerbeobachtung von GVO umsetzen soll. Diese Arbeitsgruppe hat seither fünfmal getagt. Vertreten waren in der Arbeitsgruppe bisher: Der BMU, die Bundesoberbehörden BfN, UBA, BBA, RKI, Experten der Länder BB, BE, BY, HB, HH, HE, NI, NRW, RP, SL, SN, ST, SH, TH sowie ein Vertreter der LANA.

Eckpunkte für ein solches Konzept wurden zusammen mit einer **Prioritätenliste** von der BLAG-Monitoring bereits 1999 erarbeitet und sind in diesem Band noch einmal dokumentiert. Eckpunkte und Prioritätenliste sind zeitlich parallel zu der neuen Freisetzungs-Richtlinie 2001/18/EG entstanden und dienen bereits der Umsetzung der neuen rechtlichen Vorgaben. Seitdem wurde die Konzeptentwicklung mit der Initiierung weiterführender Veranstaltungen und Vorhaben vorangetrieben. Im Folgenden sollen die Arbeitsergebnisse des Umweltbundesamtes und der BLAG Monitoring kurz vorgestellt werden.

¹ <http://www.umweltbundesamt.de>; <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/oeub.htm>;
<http://www.umweltbundesamt.de/uid/start.html>;

Umweltwirkungen von GVO sollen nicht nur direkt am Anbauort, sondern auch darüber hinaus auf angrenzenden oder auch entfernteren relevanten Flächen erfasst werden können. Ein Monitoring muss am Anbau von GVO ansetzen, ist aber andererseits in Abhängigkeit von der Fragestellung weder zeitlich noch räumlich darauf begrenzt. Neben dem „case-specific monitoring“ soll die von der neuen EU-Freisetzungs-Richtlinie geforderte „general surveillance“ eine Frühwarnfunktion für unvorhergesehene unerwünschte Effekte von GVO in der Umwelt wahrnehmen. Zur Erfüllung dieser Aufgaben muss das Monitoring von GVO aus einem hypothesen-geleiteten und einem „hypothesen-freien“ Anteil bestehen.

An der fachlichen Ausgestaltung dieses Monitoring - insbesondere an der Auswahl geeigneter **Beobachtungsparameter und Flächen** - wird derzeit gearbeitet. Um überhaupt eine geeignete Auswahl treffen zu können, müssen - wie bei jeder anderen Beobachtung auch - zunächst Ursache-Wirkungs-Hypothesen aufgestellt werden, aus denen geeignete Beobachtungsparameter und Anforderungen an Referenzstandorte abgeleitet werden können. Neben dem Ausgangszustand können geeignete Referenzflächen als **Vergleichszustand** zur Feststellung von Veränderungen dienen. Sie sind in Abhängigkeit von der Fragestellung und den untersuchten Parametern auszuwählen und schließen den Vergleich des Anbaus von GVO mit konventionellem und biologischem Anbau sowie naturnahen Flächen ein (Kap. 2.1.4).

Wie vom SRU empfohlen wird angestrebt, das Monitoring möglichst an bestehende konventionelle **Umweltbeobachtungsprogramme** anzubinden. Derzeit werden in der BLAG-Monitoring Instrumente der Umweltbeobachtung der Länder auf ihre Eignung für diese Fragestellungen hin untersucht. Besonders Bereiche des „hypothesenfreien“ Teils des GVO-Monitoring, der unvorhergesehene Wirkungen ermitteln soll, kann durch eine konventionelle Umweltbeobachtung abgedeckt werden.

Zur Unterstützung der Arbeiten der BLAG Monitoring hat das Umweltbundesamt ein Forschungsvorhaben („**Konzeptionelle Entwicklung eines Langzeitmonitoring von Umweltwirkungen transgener Kulturpflanzen**“, FKZ 299 89 406; Kap. 2.1.5) vergeben, das sich im Wesentlichen mit der Parameterauswahl und Möglichkeiten, diese in bestehende konventionelle Umweltbeobachtungsprogramme zu integrieren, beschäftigt. Zum Stand der Arbeiten dieses Vorhabens verweisen wir auf den Beitrag der Forschungsnehmer in diesem Band (Kap. 2.1.5). Das Vorhaben setzt sich zudem mit dem vorhandenen Methodeninventar sowie mit der Nutzung Geographischer Informationssysteme (GIS) für ein GVO-Monitoring auseinander. GIS, das u.a. eine Visualisierung raumbezogener Daten ermöglicht, kann beispielsweise die Überwachung oder der Auswahl von geeigneten Referenzflächen unterstützen.

Weiterhin fördert das BMU im Rahmen des Umweltforschungsplans (UFOPLAN) auf Vorschlag der Bundesländer und in Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt **Modellprojekte**, die der Methodenentwicklung und -evaluierung und/oder der probeweisen Erfassung des Ausgangszustands als Referenz für ein späteres Monitoring dienen (s. Kap. 2.1.6). Darüber hinaus spielt die Frage der **Bewertung** eine herausragende Rolle. Aus diesem Grund enthält dieser Band einen Artikel, der die Bewertungsmaßstäbe des UBA im Rahmen des Vollzugs des Gentechnikgesetzes (GenTG) darlegt (Kap. 2.1.7).

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass im Bereich des Monitoring von GVO eine Fülle von Begriffen mit teilweise unterschiedlichen Sinngehalten verwendet werden. Die Verwendung

unterschiedlicher **Definitionen** stellt zum einen Überlegungen der einzelnen Gruppen zum Zeitpunkt vor der Formulierung der neuen Freisetzungs-RL dar, reflektiert zum anderen aber auch die Vielfalt der Konzepte, Interessen und Schwerpunkte, die bei einem Monitoring von GVP berücksichtigt werden müssen. Beispielsweise wird der Begriff „anbaubegleitendes Monitoring“ unterschiedlich verwendet. Dieser Begriff wurde in Deutschland unabhängig von den in der neuen Freisetzungs-Richtlinie verwendeten Begriffen eingeführt. Während die BLAG-Monitoring das „anbaubegleitende Monitoring“ wegen der von der BBA-AG bearbeiteten Inhalte als ein mit landwirtschaftlichen Fragestellungen befasstes Monitoring definiert hat, also als das landwirtschaftliche Modul einer allgemeinen beobachtenden Überwachung („general surveillance“ der neuen Freisetzungs-Richtlinie), wird unter diesem Begriff teilweise auch ein Monitoring mit allgemeinen Zielstellungen am jeweiligen Anbauort von GVO verstanden. Daher entsteht eine begriffliche Unschärfe, die zu Mißverständnissen führen kann. Für eine Verständigung ist jedoch ein einheitlicher Sprachgebrauch notwendig.

Es wird daher vorgeschlagen, sich an die Begrifflichkeiten der neuen Freisetzungs-Richtlinie zu halten. Die Richtlinie (RL) sieht eine Unterscheidung zwischen einer *allgemeinen überwachenden Beobachtung* („general surveillance“) und einer *fallspezifischen Überwachung* vor (siehe Kap. 3.1). Die allgemeine überwachende Beobachtung soll nach der neuen RL auch der Erkennung von unerwarteten Wirkungen von GVO dienen, d.h. von Wirkungen, die zum Zeitpunkt der Umweltverträglichkeitsprüfung nicht vorhergesehen werden konnten. Risiken, die bei der Umweltverträglichkeitsprüfung erkannt wurden, sollen hingegen im Rahmen der fallspezifischen Überwachung überprüft werden. Dabei kann die Abgrenzung zwischen der Notwendigkeit, eine Auflage zum fallspezifischen Monitoring zu erteilen, oder die Zulassung zu versagen, Probleme aufwerfen und bedarf aus diesem Grund eindeutiger Vorgaben, die noch festzulegen sind.

Die Umweltverträglichkeitsprüfung ist laut RL nicht auf direkte, unmittelbare Wirkungen beschränkt, sondern zielt ebenso auf indirekte oder spätere oder kummulative Wirkungen ab. Die Begriffe der RL wurden weit gehalten und müssen daher für eine fachliche und organisatorische Umsetzung eines GVO-Monitorings konkretisiert werden. Einen ersten Anstoß dazu hat das UBA im Rahmen des EU-Workshops geleistet (siehe Kap. 3.2).

Zum besseren Verständnis werden im folgenden verschiedene Begriffe im Bereich der Sicherheitsforschung gegeneinander abgegrenzt und auf bestehende Unklarheiten und Anlehnungspunkte zu einem Monitoring verwiesen.

Wie Abbildung 1 zeigt, lassen sich experimentelle Sicherheitsforschung, freisetzungsbegleitende Sicherheitsforschung und Monitoring durch die stufenweise Entwicklung von GVO vom Labor über Feldversuche bis hin zum uneingeschränkten Anbau voneinander abgrenzen. Freisetzungsbegleitende Sicherheitsforschung, die oft synonym mit dem Begriff Begleitforschung verwendet wird, und experimentelle Sicherheitsforschung stehen grundsätzlich vor der Entscheidung einer Marktzulassung und klären u.a. Fragen, die für die Umweltverträglichkeitsprüfung von Belang sind. Neben der Überwachung im Rahmen von Freisetzungen muss nach der neuen Freisetzungsrichtlinie ein Monitoring nach der Marktzulassung stattfinden (Anhang IV; RL 2001/18/EG; Kap. 3.1). Unklar ist zu diesem Zeitpunkt, in welchem Umfang mit der neuen Freisetzungsrichtlinie Monitoring-Fragestellungen bei Freisetzungen aufgenommen werden, die über die bisherige Überwachung der Sicherheitsmaßnahmen nach RL 90/220/EWG hinausgehen.

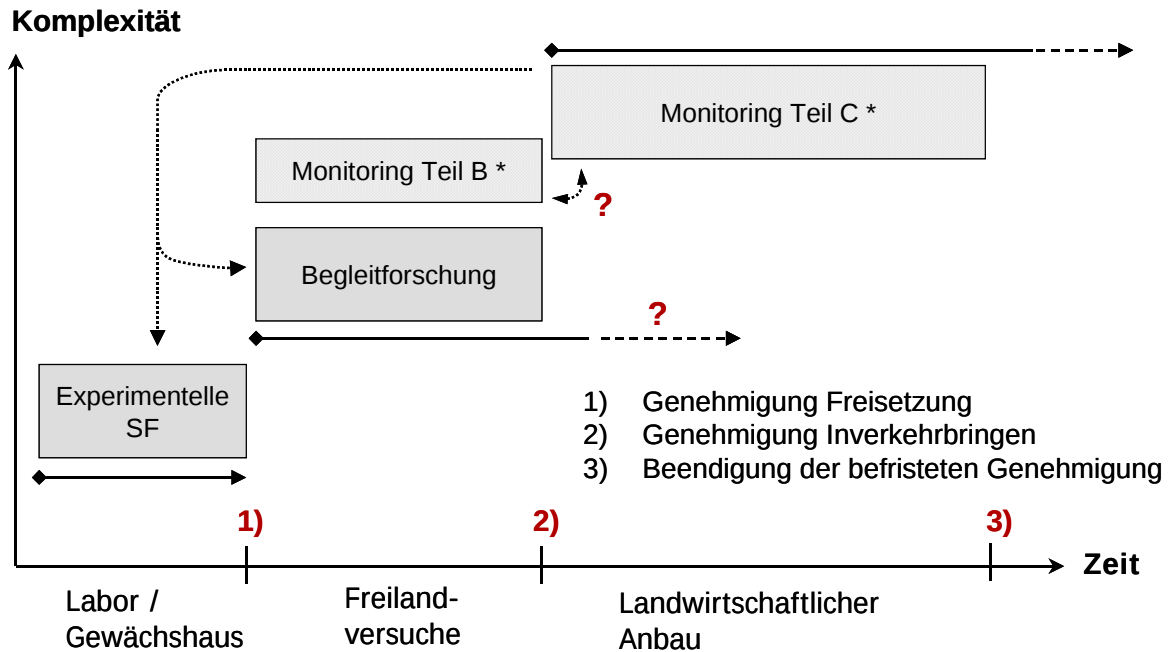


Abb. 1: Abgrenzung und Überschneidungspunkte von Sicherheitsforschung, Begleitforschung und Monitoring. * nach RL 2001/18/EG

Wie bereits erläutert, können Ergebnisse der Sicherheitsforschung Bezugspunkte für die fallspezifische Überwachung sein. Im Gegenzug ist es jedoch ebenfalls möglich, dass Umweltveränderungen, die im Laufe des Monitorings erkannt werden, Anstoss zu weiterer Forschung geben. Damit sind zeitliche Überschneidungen zwischen Sicherheitsforschung und Monitoring vor allem bei der fallspezifischen Überwachung zu erwarten, die konkret Wirkungshypothesen der Umweltverträglichkeitsprüfung aufgreift. Darüber hinaus sollte auch im Bereich der Sicherheitsforschung die Förderung von Langzeitstudien zu ökologischen Fragestellungen, die auf Wechselbeziehungen zwischen GVO und Ökosystem abzielen, angedacht werden.

Um eine Verständigung zu ermöglichen, wird es notwendig sein, sich auf einheitliche Definitionen zu einigen, und die bestehenden Unklarheiten auszuräumen.

Anlage

Vorarbeiten des Umweltbundesamtes zum Thema ‚Monitoring der Umweltwirkungen von GVP‘

- Arbeitstagung des UBA „Langzeitmonitoring von Umwelteffekten transgener Organismen“, veranstaltet gemeinsam mit der GFÖ, am 5./6.10.95 (publiziert als UBA-Texte 58/96).
- Gutachten im Auftrag des UBA mit dem Ziel, ein Konzept für ein Monitoring von Umweltauswirkungen gentechnisch veränderter Nutzpflanzen zu erstellen. Dieses Gutachten gibt Anregungen, welche Aspekte ein Monitoring von Umweltwirkungen umfassen soll und welche gentechnikspezifischen Aspekte in bestehende Umweltbeobachtungsprogramme integriert werden können (publiziert als UBA-Texte 52/99).
- Vorstellung und Diskussion des o.g. Gutachtens im Rahmen eines Fachgespräches des UBA am 4./5. Juni 1998 mit externen Experten sowie den zuständigen Bundes- und Länderbehörden (publiziert als UBA-Texte 77/98).
- Erstellung einer Prioritätenliste durch das UBA, dem UA „Vollzug und Fachfragen“ des LAG im November 98 zur Verfügung gestellt.
- Zusammenarbeit mit den Ländern im Rahmen der Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen“ (Vorsitz UBA) im Auftrag der UMK zur Erstellung eines Konzepts zur ökologischen Dauerbeobachtung von GVO seit März 1999
- Die vom SRU geforderte Einbettung in die allgemeine Umweltbeobachtung (UB) wurde vom UBA in Angriff genommen (Ergänzung des Konzeptes liegt BMU vor).
- Durchführung des EU-Workshops „Monitoring of Environmental Impacts of Genetically Modified Plants“, 9. und 10. 11.2000 in Berlin (publiziert als UBA-Texte 45/01)

Forschungsvorhaben im UFOPLAN:

- „Modellhafte Umsetzung und Konkretisierung der Konzeption für eine ökosystemare Umweltbeobachtung am Beispiel des länderübergreifenden Biosphärenreservates Rhön (FKZ 109 02 076/01), vom UBA und dem Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen in Auftrag gegeben.
- Entwicklung eines Modells zur Zusammenführung vorhandener Daten von Bund und Ländern zu einem Umweltbeobachtungssystem (FKZ 108 01 126)
- „Konkretisierung des Umweltbeobachtungsprogramms im Rahmen eines Stufenkonzeptes der Umweltbeobachtung des Bundes und der Länder“ (FKZ 299 82 212)
- „Entwicklung von Umweltindikatoren beim Monitoring in Zusammenhang mit gentechnisch veränderten Pflanzen“ (FKZ: 299 89 405)
- „Pilotprojekt zum Monitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP)“ (FKZ: 299 89 406)
- Durchführung von 5 Modellprojekten bei anteiliger Finanzierung durch Bund und Länder auf Vorschlag der beteiligten Länder (BB, HB, BY, NI, NRW) zu Methodenentwicklung und -evaluierung (FKZ 200 89 412/01-05)
- Durchführung von weiteren 3 Modellprojekten bei anteiliger Finanzierung durch Bund und Länder auf Vorschlag der beteiligten Länder (BY, HE) zu Methodenentwicklung und -evaluierung (FKZ 201 67 430/01-03)

2.1.2 Eckpunkte für ein Monitoring der Umweltwirkungen von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP)

Arbeitsergebnis der Bund/Länder-AG „Monitoring der Umweltwirkungen von GVP“ (September 2000)

Internet: <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/bsg/bsg5.htm>

1. Einleitung

Im Rahmen des Vollzugs GenTG sind die Wirkungen gentechnisch veränderter Organismen (GVO) zu prüfen und zu bewerten. Dazu gehören insbesondere mögliche Wirkungen auf die Umwelt, d.h. auf die Biodiversität und den Naturhaushalt. Während unmittelbare Wirkungen von Genprodukten bzw. eines Organismus selbst recht gut abschätzbar sind, bereitet die Abschätzung ökologischer Zusammenhänge häufig Schwierigkeiten, nicht zuletzt aufgrund der bestehenden Wissenslücken hinsichtlich der ökologisch relevanten Parameter. Experimentell abgesicherte Daten, insbesondere aus Langzeituntersuchungen, fehlen bislang. Die theoretischen Grundlagen der Ökosystemforschung weisen in dieser Hinsicht ebenfalls Defizite auf.

Dem steht eine zunehmende Anwendung der Gentechnik in der Umwelt gegenüber: Allein in Deutschland werden an über 400 Standorten gentechnisch veränderte Pflanzen freigesetzt. Zunehmend werden auch Marktzulassungen beantragt. Kommerzieller Anbau findet derzeit aufgrund fehlender saatgutrechtlicher Zulassungen lediglich im Rahmen der Ausnahmeregelung des §3 Abs.2 Saatgutverkehrsgesetz statt. Daneben ist mit unbeabsichtigtem Anbau durch Verunreinigung konventionellen, importierten Saatgutes zu rechnen.

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) stellt in seinem Umweltgutachten 1998 erheblichen Forschungsbedarf insbesondere hinsichtlich ökologischer Wirkungen von GVO fest und empfiehlt die Etablierung einer ökologischen Dauerbeobachtung von gentechnisch veränderten Pflanzen nach der Marktzulassung. Mittelfristig soll eine Integration in die „Allgemeine ökologische Umweltbeobachtung“ angestrebt werden. Der SRU sieht es als notwendig an, die Daten zusammenzuführen und Aufgaben zentral zu koordinieren.

Gleichzeitig verschärft sich in Europa die wissenschaftliche und politische Diskussion um die Umweltrisiken von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP). Das gegenwärtig praktizierte step-by-step-Konzept muss daher weiter konsolidiert und die Grundlagen für die Risikoabschätzung verbessert werden. Dies bedeutet, dass ein geeignetes Instrument geschaffen werden muss, um die im Rahmen des Vollzugs des GenTG getroffenen Prognosen und Entscheidungen an der Realität zu überprüfen und Langzeitwirkungen zu erfassen. Nach dem Gemeinsamen Standpunkt der EU-Mitgliedstaaten zur Änderung der EG-Richtlinie 90/220/EWG soll daher beim Inverkehrbringen sowohl eine allgemeine Umweltbeobachtung („general surveillance“) als auch ggf. ein fallspezifisches Monitoring rechtlich verankert werden.

Ausgehend von der Anhörung „Chancen und Risiken der Gentechnik im Umweltschutz“ im November 1997 in Erfurt stellte die UMK im Mai 1998 auf ihrer 50. Sitzung fest, dass eine Dauerbeo-

bachtung zur Abschätzung von Langzeiteffekten, die aus dem Inverkehrbringen von GVP resultieren, mit dem Ziel der Prüfung des Umweltverhaltens notwendig ist. Mit dem Beschluß wurden die diesbezüglichen Empfehlungen des SRU unterstützt. Der Bund wurde gebeten, zur 24. ACK im Herbst 1999 unter Beteiligung des Länder-Ausschusses Gentechnik (LAG) und der Länder-Arbeitsgemeinschaft Naturschutz (LANA) ein Konzept für die Ausgestaltung und Durchführung eines Dauerbeobachtungsprogramms zur Abschätzung von Langzeiteffekten vorzulegen.

Die Länder beschlossen im LAG während seiner 16. Sitzung im November 1998, aktiv in einer Arbeitsgruppe unter Federführung des UBA an der Erarbeitung eines Monitoring-Konzeptes mitzuarbeiten.

Diese Bund/Länder-Arbeitsgruppe „Monitoring der Umweltwirkungen von GVP“ hat seither zwei Mal getagt und erste Vorstellungen für ein Konzept als die hiermit vorgelegten „Eckpunkte für ein Monitoring der Umweltwirkungen von GVP“ entwickelt.

In der Arbeitsgruppe waren bisher vertreten: Der BMU, die Bundesoberbehörden BfN, UBA, BBA, RKI, Experten der Länder BY, BE, BB, HH, HE, NI, NRW, SL, SN, ST, SH, TH sowie ein Vertreter der LANA.

Die LANA hat sich auf ihrer letzten Sitzung im September 1999 mit dem Thema Monitoring der Umweltwirkungen von GVP befasst, hat bislang aber noch keine Äußerung weitergeleitet.

Eckpunkte dieses Konzeptes, das sich auch zur nationalen Umsetzung der zukünftigen EU-Rechtsvorschriften eignen kann, werden im Folgenden dargestellt.

2. Abgrenzung der Begriffe

Im Gegensatz zu Begleitforschung und Nachgenehmigungsmonitoring, die konkrete Einzelfragen an einer bestimmten Freisetzung bzw. einem bestimmten Inverkehrbringen über einen begrenzten Zeitraum untersuchen, ist bei Monitoring von GVP die langfristige Beobachtung des Umweltzustands gemeint.

Daraus ergeben sich folgende Begriffsdefinitionen:

Begleitforschung: bearbeitet konkrete Fragestellungen zu einzelnen, in Zeit und Raum begrenzten Freisetzungen. Begleitforschung wird derzeit bereits durchgeführt, sowohl finanziert durch Antragsteller als auch von den Bundesländern und dem Bund.

Nachgenehmigungsmonitoring: bezieht sich auf die Beobachtung von Wirkungen eines bestimmten Produktes auf der Grundlage spezifischer Fragestellungen, bei denen noch Unsicherheiten bei der Bewertung eines konkreten Verdachts z.B. hinsichtlich der Auswirkungen im Rahmen eines großflächigen Anbaus bestehen, über einen begrenzten Zeitraum. Es handelt sich hierbei um Einzelfallentscheidungen, d.h. um das fallspezifische Monitoring („case specific“) gemäß des Gemeinsamen Standpunktes zur Novellierung der EG-RL 90/220/EWG.

Monitoring von GVP: Unter dem Begriff wird die langfristige Beobachtung von GVP verstanden, die die zukünftige rechtliche Anforderung der „general surveillance“ des Gemeinsamen Standpunktes zur Novellierung der EG-RL 90/220/EWG ausfüllen kann. **Monitoring der Umweltwirkungen von GVP (ökologische Dauerbeobachtung** im Sinne des UMK-Beschlusses) umfasst die Beo-

bachtung der Wirkungen auf die Umwelt, d.h. auf Umweltmedien (z.B. den Boden) und auf die Biodiversität einschließlich der Wirkungen, die den Natur- und Artenschutz berühren.

In dem Zusammenhang bezieht sich das **anbaubegleitende Monitoring** auf die Beobachtung von Effekten von Produkten oder Produktgruppen (z.B. herbizidresistente Pflanzen und Komplementärherbizide) auf die landwirtschaftliche Praxis und das Agrarsystem, z.B. auf Beikrautentwicklung, Schaderregerbefall, Resistenzentwicklung, Pflanzenschutzmitteleinsatz.

Zuständigkeiten:

Während ein produktbezogenes, fallspezifisches Monitoring dem Antragsteller zur Auflage gemacht werden kann, ist dies für das langfristige Monitoring von GVP nicht gegeben. Es bleibt zu prüfen, ob Teilaspekte ggf. den Antragstellern für einen begrenzten Zeitraum in der Umgebung ihrer Anbauflächen im Rahmen der Genehmigung zum Inverkehrbringen zur Auflage gemacht werden können.

Die Verantwortlichkeiten zwischen dem Bund und den Ländern ist in der Bund-Länder-AG kontrovers diskutiert worden, konnten aber nicht abschließend geklärt werden.

3. Monitoring von GVP als Teil der Umweltbeobachtung

Für die Begründung und Durchsetzung von umweltpolitischen Maßnahmen sind aussagefähige Informationen über den Zustand der Umwelt auf der Basis einer ausreichenden Umweltbeobachtung erforderlich. Umweltbeobachtung wird als ein Überwachungsinstrument verstanden, das

- den Zustand des Naturhaushaltes und seine Veränderungen,
 - die Ursachen solcher Veränderungen,
 - die anzunehmende Entwicklung des Naturhaushaltes und
 - die Wirksamkeit staatlicher Umweltschutzmaßnahmen für den Zustand des Naturhaushaltes
- ermitteln, auswerten und bewerten soll.

Umweltbeobachtungsprogramme orientieren sich an nachgewiesenen oder vermuteten und plausiblen Wirkungszusammenhängen. Dadurch wird die Möglichkeit eröffnet, auch neu auftretende Phänomene frühzeitig zu erkennen und damit die Voraussetzungen für vorsorgendes Handeln zu schaffen.

Daraus ergeben sich folgende Ziele und Inhalte für ein Monitoring von GVP:

4. Ziele eines Monitoring von GVP

Ein Monitoring von GVP hat die Aufgabe, Veränderungen der Umwelt durch gentechnisch veränderte Pflanzen zu ermitteln, auszuwerten und zu bewerten.

Das Monitoring von GVP muss in der Lage sein, Wissenslücken über Umweltwirkungen, insbesondere hinsichtlich Langzeitwirkungen, zu schließen sowie einmal getroffene Entscheidungen im Rahmen des Vollzugs GenTG an der Realität zu überprüfen. Dies ermöglicht nicht nur, die Prog-

nosen auf eine bessere und breitere Datenbasis zu stellen und damit abzusichern, sondern auch möglichen schädlichen Einwirkungen auf die Umwelt entgegenzuwirken. Es ist darüber hinaus die Aufgabe eines Monitoring, Wirkungshypothesen im Sinne der Vorsorge zu überprüfen sowie nicht vorhersehbare Effekte zu ermitteln.

Daraus ergeben sich folgende **Aufgabenstellungen** für ein Monitoring von GVP:

- Festlegung von geeigneten Beobachtungsparametern und Indikatoren,
- Dokumentation des Status Quo (Ist-Zustand vor Eintrag gentechnisch veränderter Organismen in die Umwelt),
- Ermittlung und Dokumentation der Exposition der Umwelt (kontinuierliche Umweltzustandserhebung),
- Schaffung der Grundlagen für die Abschätzung zukünftiger Entwicklungen, z.B. Veränderungen der Biodiversität in Ziel- und Nichtzielökosystemen, und Unterstützung der Entwicklung von Verfahren, um die festgestellten Veränderungen im Status Quo zu bewerten.

5. Bewertungsmaßstäbe

Eine der wichtigsten Aufgaben des Monitoring von GVP wird es sein, negative Entwicklungen frühzeitig wahrzunehmen, so dass entsprechende Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können. Langzeitmonitoring enthält damit neben der kognitiven auch eine normative Bedeutung. Die kognitive Komponente des Frühwarnsystems liegt im frühen *Erkennen* der Probleme. Die normative Komponente hingegen betrifft das rechtzeitige *Anerkennen* der sich entwickelnden Probleme. Soll das Monitoring von GVP als Frühwarnsystem konzipiert werden, so braucht es Zielgrößen, Schadensschwellen und Grenzwerte, auf die hin die beobachteten Veränderungen bewertet und Maßnahmen getroffen werden können.

Was eine negative Entwicklung oder ein **ökologischer Schaden** ist, folgt nicht alleine aus einer objektiven, naturwissenschaftlichen Betrachtungsweise, da die Wahrnehmung von Schäden auch gesellschaftlichen Wertvorstellungen unterliegt. Der SRU definiert ökologische Schäden als Veränderungen, die über das normale Schwankungsmaß der betroffenen Populationen oder Ökosysteme hinausgehen und sich oft nur über größere Zeiträume manifestieren. Weiterhin sind solche Veränderungen als Schäden zu klassifizieren, die entweder nicht oder oft erst Jahrzehnte nach der Einwirkung und mit hohem Aufwand rückgängig gemacht werden können. Weitergehende, vierstufige Schadensdefinitionen wurden vom Umweltbundesamt sowie in ähnlicher Form von der Universität Bern vorgenommen.

Als **Bewertungsmaßstab** für festgestellte Veränderungen sind nicht nur Aspekte der biologischen Sicherheit, sondern darüber hinaus Umweltqualitätsziele, wie sie im Rahmen einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung festgelegt werden, heranzuziehen. Im Rahmen eines Vorhabens, dass das Umweltbundesamt in Auftrag gegeben hat (siehe Anlage), werden für Monitoring relevante Indikatoren entwickelt, die im Zusammenhang mit der Diskussion um nachhaltige Landbewirtschaftung stehen. Für die Bewertung des ökologischen Verhaltens von GVP können u.a. bestehende Ausbreitungsindices herangezogen werden. Für die Bewertung der veränderten Eigenschaften liegt ein solcher Klassifizierungscode noch nicht vor.

Darüber hinaus wird es für sinnvoll erachtet, **Abbruchkriterien** zu definieren, die z.B. zum Abbruch oder Einschränkung der Vermarktung eines Produktes führen und ggf. erneute Sicherheitsforschung bedingen. Diese Kriterien sollten möglichst früh festgelegt werden.

6. Grenzen und Möglichkeiten eines Monitoring von GVP

Wie oben dargestellt eröffnet ein Monitoring von GVP die Möglichkeit, Wissenslücken über Umweltwirkungen von GVP zu schließen. Dies bedeutet aber nicht, dass Lücken in der Wirkungsforschung durch Monitoring aufgefangen werden können. Im Gegenteil ist eine Verstärkung der Forschung im Labor und der Begleitforschung von Freisetzungen erforderlich, um geeignete Wirkungshypothesen aufstellen zu können und um den Aufwand des Monitoring einzuschränken. Diese Hypothesen sind dann im Freiland zu verifizieren. Ein Beispiel hierfür ist die Wirkung von B.t.-produzierenden Pflanzen auf Nichtziel-Organismen. Diese Frage ist zunächst in Laborversuchen ausreichend zu klären. Anschließend kann die Übertragbarkeit auf Freilandbedingungen zunächst durch Begleitforschung, dann im Rahmen eines Monitoring überprüft werden.

Ein Monitoring soll Verteilungen und Wege der Verbreitung von Genen und Organismen in der Umwelt erfassen, Häufigkeiten ermitteln, bestehende Trendaussagen und Prognosen überprüfen oder zur Klärung von Wirkungshypothesen und von Wirkungsfragen im Rahmen einer großflächigen Anwendung beitragen.

Der umgekehrte Weg, aus Veränderungen des Umweltzustandes Rückschlüsse auf die Ursache der Veränderung zu schließen, ist prinzipiell ebenfalls möglich (Beispiel: Waldsterben, endokrine Wirkungen). Aufgrund der Vielzahl der Einflußgrößen im Freiland wird die Ursache allerdings nicht immer kausal mit der festgestellten Veränderung in Beziehung gesetzt werden können, sondern muss erst durch gezielte Forschung ermittelt werden. Dennoch ist diese Aufgabe des Monitoring ein wichtiger Bestandteil der Umweltbeobachtung. Langsam und langfristig verlaufende Veränderungen können erfasst werden, so dass Umweltbeobachtung auch als Frühwarnsystem fungieren kann.

Daraus ergibt sich, dass Monitoring der Umweltwirkungen von GVP einerseits hypothesengeleitet erfolgt, die auf Hinweisen aus der Wirkungsforschung beruhen, andererseits auch Ursachenforschung einschließt.

7. Beobachtungsobjekte

Als Beobachtungsobjekte für ein Monitoring kommen in Frage:

- die Verbreitung des Transgens (Auskreuzung, Gentransfer),
- Vorkommen und Verbreitung des GVO (z.B. Durchwuchs, Überdauerung in angrenzenden Flächen, z.B. Wegrändern, Verwilderung, Ausbreitung), des unveränderten Ausgangsorganismus sowie der Kreuzungspartner und der Hybride beider (z.B. Vorkommen, Standorte, Verbreitung) und

- die vermutete Wirkung in der Umwelt, z.B. Veränderung der Artenzusammensetzung oder des Artenbestandes, Einfluss auf Nichtzielorganismen, auf Organismenbeziehungen, auf die Lebensraumfunktionen des Bodens, auf die landwirtschaftliche Praxis, Entstehung neuer Viren.
- Vorrangflächen des Naturschutzes.

8. Organisation eines Monitoring der Umweltwirkungen von GVP

Um die o.g. Aufgaben leisten zu können, muss das Monitoring auf mehreren Ebenen der Organisation der Lebensgemeinschaften, d.h. sowohl auf ökosystemarer, auf Art- als auch auf genetischer Ebene durchgeführt werden. Dies umfasst sowohl ökosystemare, vegetationskundliche, populationsgenetische als auch molekulargenetische Untersuchungen.

Bei der praktischen Umsetzung sind bestehende Instrumente der Umweltbeobachtung zu nutzen, um den Aufwand möglichst gering zu halten und um Vergleichbarkeit zu gewährleisten, d.h. es sollte:

- an bestehende mediale und sektorale Umweltbeobachtungsprogramme angeknüpft,
- mittelfristig in die Umweltbeobachtung des Bundes und der Länder (UB) integriert (einheitliche Methoden und Bewertungssysteme)¹,
- Schnittstellen zu Begleitforschung und Nachgenehmigungsmonitoring gestaltet,
- in Modellprojekten umgesetzt,
- schrittweise anhand der Prioritätenliste (Kriterien: Stand der Marktzulassung, Umweltrelevanz) aufgebaut

werden.

9. Vorgehen beim Aufbau eines Monitoring der Umweltwirkungen von GVP

Da zunehmend GVP in der Umwelt angebaut werden (Marktzulassungen, begrenzter kommerzieller Anbau nach §3 Abs.2 Saatgutverkehrsgesetz, Freisetzen, verunreinigtes importiertes Saatgut), ist die Erhebung des Ausgangszustandes im Vorfeld einer großflächigen Anwendung von GVP und der Aufbau eines Monitoring der Umweltwirkungen von GVP für ausgewählte Aspekte dringlich.

¹ Die Integration des Monitoring der Umweltwirkungen von GVP in die UB wurde noch nicht abschließend in der AG diskutiert.

9.1 Beobachtungsparameter

Um Veränderungen überhaupt feststellen zu können, ist zunächst die Dokumentation des Ausgangszustands als Referenz erforderlich. Darüber hinaus sind geeignete Referenzflächen, insbesondere Flächen ohne GVP, festzulegen (siehe 9.3). Beobachteten Veränderungen in der Umwelt sind Ursache-Wirkungs-Beziehungen zuzuordnen. Diese sind zu verifizieren und zu bewerten.

Hierfür werden folgende Vorschläge zu Beobachtungsparametern formuliert:

- Überdauerung, Ausbreitung, Etablierung und Einwanderung in Nichtzielbiotopen (z.B. Vorkommen und Verteilung in der Fläche),
- Auskreuzung (z.B. Vorkommen, Wege, Geschwindigkeiten), Vorkommen und Verteilung von Kreuzungspartnern und Hybriden in Populationen und Anbaukulturen,
- Beobachtung von Nichtzielbiotopen, in die sich GVP mit hoher Wahrscheinlichkeit ausbreiten könnten (z.B. Ackerränder, Wege, Brachflächen, Gewässerufer und Schuttplätze) und
- Erhebung von Fitness-Parametern, die Auskunft darüber geben, ob durch die eingeführten Gene Eigenschaften der Pflanzen so verändert wurden, dass sich ihr Verhalten in der Umwelt verändert (z.B. der Fortpflanzung, der Nachkommenzahlen, der Pollenverbreitung, des Blüh-, Keimungs- oder Wachstumsverhaltens, Toleranzen gegenüber Umwelteinflüssen), Berücksichtigung des Konzepts der limitierenden Faktoren,
- Erfassen von strukturellen und funktionellen Veränderungen durch die Ausbreitung der neuen Gene, der transgenen Pflanzen oder der entstandenen Hybride, z.B. Wirkungen auf Nichtzielorganismen, Wirkungen auf Populationen oder Organismengemeinschaften, Änderung von Nahrungsketten oder biotischen Wechselwirkungen (z.B. Symbiosen), Änderung von Stoff- und Energiekreisläufen,
- Änderungen der Biodiversität (z.B. der Artenzusammensetzung oder -zahlen),
- Änderungen evolutiver Prozesse (z.B. Resistenzbildung von kreuzungsfähigen Wildarten oder Schädlingen, Änderung des Wirtsbereichs oder der Verbreitung von Schädlingen und Viren, Entstehung neuer Viren).

Welche der Parameter in ein Monitoring von GVP einzubeziehen sind, muss im Einzelfall entschieden werden und hängt von den Eigenschaften der jeweiligen GVP ab.

Für die Ermittlung unerwarteter Effekte sollte zwischen Ziel- und Nichtzielbiotopen unterschieden werden. Treten transgene Pflanzen in Nichtzielbiotopen auf, werden gezielte Untersuchungen erforderlich (z.B. zu den o.g. 2., 4. und 5. Anstrichen).

Um den möglichst zügigen Aufbau eines Monitorings zu ermöglichen und praktikabel zu gestalten, wurde eine Prioritätenliste nach den Kriterien

- Stand der Marktzulassung und
- Potential für ökologische Wirkungen

erarbeitet. Diese Prioritätenliste nennt und begründet, für welche Pflanzen und gentechnischen Veränderungen mit einem Monitoring begonnen werden sollte. Darüber hinaus wurden für diese

ausgewählten GVP die in Frage kommenden Beobachtungsparameter ausgewählt sowie konkrete Vorschläge für Anforderungen an Flächen, Untersuchungszeiträume und -methoden tabellarisch zusammengestellt.

Weitere Bausteine für ein Monitoring können nach Bedarf ergänzt werden, wenn entsprechende Marktzulassungen gentechnisch veränderter Organismen erfolgen, für die sich entsprechende Ursache-Wirkungs-Hypothesen beschreiben lassen, sowie z.B. tierökologische Parameter, Wald- oder Bodenparameter (z.B. Wirkung von Stoffausscheidungen, Vorkommen von Antibiotika-Resistenzgenen im Boden). Des weiteren sind für die Naturschutzbewertung und die Abschätzung der Nachhaltigkeit, z.B. hinsichtlich landwirtschaftlicher Praktiken, entsprechende Indikatoren zu entwickeln und in dem Monitoringprogramm zu ergänzen. Das Monitoring kann durch Vorhaltung von Proben in der Umweltprobenbank ergänzt werden, um bei Bedarf zu einem späteren Zeitpunkt DNA-Analysen zu ermöglichen.

Auf diese Weise läßt sich schrittweise und bedarfsgerecht ein geeignetes Monitoringprogramm aufbauen.

Folgende Auswahl wurde getroffen:

Pflanze	Eigenschaften / Auswirkungen	Marktstatus in der EU (Stand 4/1999)	Einstufung
Raps	• Überwinterung und Überdauerung möglich; • Auskreuzung möglich, heimische Kreuzungspartner vorhanden; • Gentransfer in benachbarte Bestände möglich; • geringe Konkurrenzfähigkeit; • Verwilderung temporär auf gestörten Flächen möglich;	Raps mit HR und/oder männlicher Sterilität mehrfach zugelassen; (Raps mit verändertem Fettsäuremuster wird in D freigesetzt)	Hohe Priorität für HR-Raps (Fallbeispiel für Pflanze mit hohem „ökologischen Potential“ und für HR-Technik); Hohe Priorität für Raps mit männlicher Sterilität ; (mittlere bis hohe Priorität von „Fettsäure-Raps“ bei Marktzulassung);
Mais	• Überwinterung/Überdauerung nicht möglich; • keine heimischen Kreuzungspartner vorhanden; • Einkreuzung in benachbarte Bestände möglich; • geringe Konkurrenzfähigkeit; • kein Verwilderungspotential; • potentielle Auswirkungen auf Nichtzielorganismen	B.t.-Mais (z.T. mit HR) mehrfach zugelassen; HR-Mais zugelassen;	Hohe Priorität für B.t.-Mais in Anbaugebieten (Fallbeispiel für B.t.); Mittlere Priorität für HR-Mais für ausgewählte Fragestellungen (Fallbeispiel für Beeinflussung der landwirtschaftlichen Praxis);
Kartoffel	• Überwintern/Überdauern der Knollen nur unter günstigen Bedingungen möglich; • Samen i.d.R. nur begrenzt keimfähig; • keine heimischen Kreuzungspartner vorhanden; • geringe Konkurrenzfähigkeit; • geringes Verwilderungspotential; • ungeklärte Auswirkungen auf Nichtzielorganismen und/oder Boden	Kartoffeln mit modifiziertem Stärkestoffwechsel mehrfach beantragt; (B.t.- und virusresistente Kartoffeln werden innerhalb der EU freigesetzt)	Mittlere Priorität für Kartoffeln mit modifiziertem Stärkestoffwechsel ; (hohe Priorität für B.t.-Kartoffeln bei Marktzulassung; Mittlere Priorität für virusresistente Kartoffeln für ausgewählte Fragestellungen bei Marktzulassung);
Kulturrübe	• Überwinterung nur unter günstigen Bedingungen möglich; • Auskreuzung möglich; • heimische Kreuzungspartner vorhanden; • mittlere Konkurrenzfähigkeit; • bei Einkreuzung von „Wildmerkmalen“ gesteigertes invasives Potential möglich;	HR-Futterrübe beantragt; (Kulturrüben mit Virusresistenz werden in D und der EU freigesetzt)	Mittlere Priorität für HR-Rüben für ausgewählte Fragestellungen ; (mittlere bis regional hohe Priorität bei Marktzulassung von Rüben mit Virusresistenz; Fallbeispiel für Virusresistenz)
andere			derzeit in D nicht relevant

9.2 Anknüpfungspunkte

Der Aufbau eines Monitorings der Umweltwirkungen von GVP kann schrittweise in Abhängigkeit von Marktzulassungen aufgebaut werden. Die Bund-Länder-AG „Monitoring der Umweltwirkungen von GVP“ sieht prinzipiell folgende möglichen Anknüpfungspunkte (ohne Rangfolge):

Anbau GVP:

- Freisetzungsflächen,
- Flächen der Sortenprüfung mit mehrjährigem Anbau,
- Anbauflächen nach § 3 Abs. 2 Saatgutverkehrsgesetz
(Problem: Anbauorte bislang nicht bekannt),
- Vorhaben, die das BMBF im Rahmen von „Biomonitor“ fördert (z.B. Vorhaben der BBA).

Mediale/sectorale Umweltbeobachtungsprogramme:

- Florenkartierungen,
- Ackerrandstreifen- und Grünlandprogramme,
- ökologische Flächenstichprobe (ÖFS),
- Bodendauerbeobachtungsflächen der Länder,
- Beobachtungen an Fließgewässern, Waldzustandserhebungen, genetische Analysen in Waldbeständen,
- ökologische Dauerbeobachtungsflächen.

Einbeziehung von

- Gentechniküberwachungslabore der Länder,
- Umweltprobenbank (UPB),
- Datenbank „Florkart“ des BfN.

Die genannten Anknüpfungspunkte können erweitert werden, wenn die Bestandsaufnahme von bestehenden Mess- und Beobachtungsprogrammen von den bislang vorliegenden 10 Ländern auf alle 16 Bundesländer ausgeweitet sein wird (siehe Konzeption der Umweltbeobachtung des Bundes und der Länder).

Zu Florenkartierungen:

Die Datenbank FLORKART des BfN beinhaltet die Ergebnisse der Bestandsaufnahme der Flora Deutschlands (Zentralstelle für die Floristische Kartierung Deutschlands). Sie gibt Aufschluss über raumbezogene Floreninventare, über die Verbreitung und Bestandssituation der einzelnen Arten sowie über Bestandsveränderungen in groben Zeitschnitten (Situation vor 1950, bis 1980, nach 1980). Objekte der Datenbank sind die in Deutschland heimischen, wildwachsenden Farn- und Blütenpflanzen. Von den Kulturpflanzen sind nur verwilderte Vorkommen, und diese auch nicht konsequent flächendeckend erfasst.

Flächendeckend ist der derzeitige Datenstand in Messtischblatt-Quadranten (10 x 12 km) darstellbar. In diesem Raster wird das Vorkommen einer Art überwiegend durch ehrenamtliche Beteiligung fachkundiger Florenkenner erfasst. Die ursprünglich in Messtischblatt-Raster dargestellten Daten können nach aktuellem Stand in beliebigen Raumbezugssystemen erhoben werden.

Prinzipiell lassen sich Vegetationsaufnahmen zur Lokalisierung des Vorkommens sowie zur Erkennung von Ausbreitungstendenzen transgener Pflanzen und der mit ihnen kreuzbaren Arten nutzen. Durch die Größe des Erhebungsrasters, die fehlende Quantifizierung der Aufnahme und die langen Erhebungszeiträume eignet sich die FLORKART allerdings nur sehr eingeschränkt für das Monitoring von GVP. Dennoch könnte die FLORKART als Datenquelle nutzbar sein, wenn sie flächendeckend um das Vorkommen von Kulturpflanzen, kreuzbaren Wildarten und Hybriden ergänzt wird. Darüber hinaus können die methodischen Erfahrungen genutzt werden.

Zu Ackerrandstreifenprogrammen:

Ackerrandstreifenprogramme dienen dem Artenschutz von Ackerwildkräutern und ihrer Begleitfauna. Im Rahmen dieser Artenschutzmaßnahme verpflichten sich die Landwirte, einen Randstreifen von 6 m Breite extensiv zu bewirtschaften. Die Programme werden in den Ländern unterschiedlich gestaltet und enthalten floristische Kartierungen unterschiedlicher Qualität (Gesamtartenlisten, Erfassung von Rote Listen Arten).

Ackerrandstreifenprogramme sind grundsätzlich für das Monitoring von GVP geeignet. Insbesondere könnten transgene Pflanzen, die überdauern können oder die Kreuzungspartner im Anbaubereich haben, erfasst werden. Die Programme müssten entsprechend erweitert werden (z.B. um Flächen in der Nähe des Anbaus von GVP und Ausgangsorganismen, um Ackerraine). Da bereits in einigen Bundesländern qualitative Gesamtartenlisten erstellt wurden, liegen zudem bereits Daten vor, die zum Vergleich herangezogen werden können.

Zur ÖFS:

Im Rahmen der ökologischen Flächenstichprobe sollen Vegetationsaufnahmen an 800 nach statistischen Grundsätzen ausgewählten Flächen in den repräsentativen Biotoptypen Deutschlands alle 5 Jahre vorgenommen werden. Die Realisierung der ÖFS ist allerdings sowohl in den Ländern (mit Ausnahme von NRW) wie beim Bund noch offen.

Die ÖFS ist grundsätzlich für die Integration von Fragestellungen im Rahmen eines Monitoring der Umweltwirkungen von GVP geeignet. Insbesondere sind Untersuchungen auf den Flächen der ÖFS, die in landwirtschaftlich genutzten Räumen oder der Nähe zu Anbauorten von GVP liegen, von besonderem Interesse. Allerdings sind die Vegetationsaufnahmen um Kulturpflanzen, Kreuzungspartner und Hybride zu ergänzen. Gegen eine Nutzung der ÖFS für ein Monitoring der Umweltwirkungen von GVP spricht die zufällige Verteilung der Beobachtungsflächen und der lange Beobachtungssturnus von 5 Jahren. Es ist zu prüfen, ob diese entsprechend angeglichen werden können.

Zu Bodendauerbeobachtungsflächen:

Die Flächen des Bodendauerbeobachtungsprogramms wurden nach Gesichtspunkten der Boden-, Nutzungs- und Landschaftsrepräsentanz eingerichtet und liegen auch in intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebieten. Neben bodenkundlichen Erhebungen werden auch Vegetationsaufnahmen und bodenmikrobiologische Untersuchungen durchgeführt.

Anknüpfungspunkte für ein Monitoring von GVP wären demnach sowohl die Vegetationsaufnahmen, die ergänzende Daten zum Vorkommen von Kulturpflanzen und Kreuzungspartnern liefern könnten, als auch die bodenmikrobiologischen Untersuchungen. Darüber hinaus sollte das Programm um Flächen in GVP-Anbaugebieten ergänzt werden. Neben den Vegetationsaufnahmen würden diese neuen Flächen die Möglichkeit eröffnen, den Einfluss auf die Bodenfauna (z.B. Ausscheidungen der transgenen Pflanze, z.B. von B.t., Lysozym, Eintrag von transgener DNA in den Boden) zu untersuchen.

Ein Vorteil dieses Programms liegt darin, dass bereits Vergleichsdaten erhoben werden und die Flächen langfristig vertraglich gesichert sind. Darüber hinaus verschafft die Vernetzung mit landwirtschaftlichen und Umwelt- und Naturschutzinstitutionen die Grundlage für eine breite fachliche Basis.

Alle vorgestellten Umweltbeobachtungsprogramme eignen sich nicht für die vollständige Integration eines Monitoring von GVP, aber sie lassen sich um Teilaspekte ergänzen. Der Aufbau eines eigenen Monitoring-Programms für GVP ist daher unerlässlich. Dennoch sollten die Möglichkeiten, die sich mit bestehenden Programmen bieten, so weit wie möglich genutzt werden. Sollten gentechnische Fragestellungen zukünftig an diese Programme angebunden werden, ergäbe sich ein erhöhter finanzieller Aufwand. Dennoch besteht der Vorteil, dass die Untersuchungen schnell und trotz des erhöhten Aufwandes kostengünstig initiiert werden können.

9.3 Flächenauswahl

Verschiedene methodische Ansätze der Flächenauswahl wurden auf ihre Eignung hin untersucht. Auswahlkriterien zur Festlegung geeigneter Naturräume können sein:

- Repräsentativität der Naturraumtypen und Nutzungsformen im Gesamtbundesgebiet;
- Bedeutung der Naturräume als Agrarstandorte;
- Lage regionaler Anbauschwerpunkte der zu untersuchenden Nutzpflanzen;
- Nähe der Beobachtungsflächen innerhalb der Naturräume zum Anbau von GVP;
- Orientierung an bereits laufenden Dauerbeobachtungsprogrammen.

In diesem Zusammenhang sind die derzeit laufenden Aktivitäten zur Raumgliederung Deutschlands im Rahmen der ökologischen Umweltbeobachtung zu verfolgen.

Ideale Standorte für ein Monitoring der Umweltwirkungen von GVP ergeben sich durch die Kombination regionaler Anbauschwerpunkte der ausgewählten Kulturpflanzen mit dem Anbau von GVP, z.B. im Rahmen mehrjähriger Freisetzen (Sortenprüfungen) oder kommerziellen Anbaus, und

Standorten, an denen bereits geeignete Beobachtungsprogramme etabliert sind (Standorte, an denen Beobachtungen konzentriert wurden = UB-Standorte).

Das Langzeitmonitoring darf sich nicht allein auf die Felder und Äcker beschränken, auf denen transgene Pflanzen angebaut werden (Zielbiotop). Es muss auch deren physiko-chemischen und biologischen Einflusszonen umfassen (Nichtzielbiotop). Zu den Nichtzielbiotopen gehören auch angrenzende Felder, unabhängig davon, ob diese mit transgenen oder herkömmlichen Kulturpflanzen bestellt sind. Der Radius des Umfeldes, der in das Langzeitmonitoring einzubeziehen ist, hängt von der zu beobachtenden Pflanzenart ab. Für transgene Pflanzen ist die Grenze des Untersuchungsraumes anhand der Ausbreitungsdistanz der Diasporen und Pollen festzulegen.

Referenzflächen

Das Langzeitmonitoring dient dazu, Veränderungen in der Umwelt zu beobachten, die von gentechnisch veränderten Organismen verursacht werden. Relevante Veränderungen sind jedoch nur dann erkennbar, wenn die erhobenen Daten mit einem Referenzzustand verglichen werden können.

Um Veränderungen überhaupt feststellen zu können, ist daher zunächst die Dokumentation des Ausgangszustands erforderlich. Parallel dazu sind geeignete Referenzflächen mit nicht transgenen Kulturpflanzen festzulegen. Dafür müssen ggf. Flächen eingerichtet werden, die „garantiert gentechnikfrei“ sind, d.h. dass auf diesen vertraglich abgesichert langfristig keine GVP angebaut werden. Dafür bieten sich z.B. Bodendauerbeobachtungsflächen an.

Welcher Ansatz gewählt wird, hängt von den Beobachtungsparametern ab. Während etwa bei der Beobachtung der Bodenfruchtbarkeit ein Referenzwert mit nicht transgenen Sorten für die Bewertung dient, ist bei der Verwilderung, Durchwuchs oder Auskreuzung der Zustand vor dem GVP-Anbau von Interesse.

9.4 Methoden

Die Methodenabstimmung und Standardisierung wird als unumgänglich angesehen, um die Vergleichbarkeit der erhobenen Daten zu gewährleisten. Hierzu sind die verwendeten Methoden bei bestehenden Überwachungs- und Beobachtungsaufgaben, der Begleitforschung und der ökosystemaren Umweltbeobachtung auszuwerten.

9.5 Gen- und Flächenregister

Nach den Vorgaben der EG-Richtlinie 90/220/EWG müssen Produkte verfolgbar sein. Dies setzt aber die genaue Kenntnis der GVP voraus.

Um Transgene nachweisen und identifizieren zu können, müssen die Sequenzen bekannt sein. Dies kann durch die Sammlung und Dokumentation der Inserts der in Verkehr gebrachten transgenen Pflanzen ermöglicht werden („Genregister“). Der SRU empfiehlt, alle Möglichkeiten zum Nachweis von Herkunft und Verbleib transgener Nukleotidsequenzen zu wahren und hält es für

erforderlich, ein Genregister anzulegen. Die Daten sollten länger aufbewahrt werden, als eine transgene Pflanze auf dem Markt erhältlich ist.

Darüber hinaus setzt ein Monitoring von GVP voraus, dass die Anbauorte bekannt sind. Für Freisetzungsstandorte ist dies der Fall, nicht aber für Standorte des kommerziellen Anbaus, z.B. auch nach § 3 Abs. 2 Saatgutverkehrsgesetz. Die Einführung eines Anbauregisters in Form einer gesetzlichen Regelung oder als Vereinbarungen mit der betroffenen Wirtschaft für den kommerziellen Anbau erscheint daher als zweckmäßig². Verschiedene Länder besitzen ein großes Interesse an der Einrichtung eines Anbauregisters.

In Frankreich wird bereits eine Meldepflicht praktiziert. Diese wurde auch für die Schweiz vorgeschlagen.

9.6 Datenverwaltung

Es ist sicherzustellen, dass die Daten nach einer einheitlichen Methodik erhoben, nach einem einheitlichen Verfahren und einer einheitlichen Struktur dokumentiert und aufbereitet werden, um sie vergleichen und auswerten zu können. Hierfür sind geeignete Kriterien zu entwickeln. Die Daten sollten zentral beim Bund ausgewertet, mit den Daten aus Begleitforschung, anbaubegleitendem Monitoring und fallspezifischen Erhebungen der Antragsteller zusammengeführt und entsprechend aufbereitet wieder zur Verfügung gestellt werden. Es ist zu prüfen, ob ggf. auf die bestehende Struktur der Datenverwaltung im Rahmen der Umweltbeobachtung des Bundes und der Länder zurückgegriffen werden kann.

10. Schnittstellen zu anderen Überwachungsaufgaben

Weitergehende Fragestellungen, die sich nicht durch ökologische Umweltbeobachtung angehen lassen, wie z.B. Wirkungen in der Nahrungskette bis hin zum Menschen oder die Beobachtung von Klär- und Kompostieranlagen, sind in die hier vorgelegten Überlegungen zu einem Monitoring der Umweltwirkungen von GVP noch nicht integriert.

Die Bedeutung von GVP als Nahrungs- und Futtermittel in den verschiedenen Trophieebenen der Nahrungskette konnte mit dem vorliegenden Eckpunktepapier noch nicht angesprochen werden. Es bietet sich jedoch an, das Monitoring von GVP mit den Bausteinen der gesundheitsbezogenen Umweltbeobachtung zu verknüpfen. Für diese mögliche Verknüpfung stehen in Form des "Umweltsurveys" als Teilmenge des „Bundesgesundheitsurveys" die entsprechenden Bausteine bereits zur Verfügung. Eine weitere Gestaltungsmöglichkeit bietet sich durch das Instrumentarium der Lebensmittelüberwachung an.

Weitere inhaltliche Schnittstellen bestehen nicht nur z.B. zu dem Nachgenehmigungsmonitoring gemäß des Gemeinsamen Standpunktes der EU-Mitgliedstaaten zur Novellierung der EG-Richtlinie 90/220/EWG zu fallspezifischen Aspekten, zu Überwachung und Begleitforschung von Freisetzungen, zum Monitoring landwirtschaftlicher Aspekte, sondern auch z.B. zu einem ggf. noch einzurichtenden Monitoring von Invasoren.

² Dieser Punkt wurde in der AG kontrovers diskutiert hinsichtlich Praktikabilität, Umfang und Art der Verankerung.

Diese Schnittstellen zu einschlägigen anderen Beobachtungs- und Überwachungsaufgaben müssen daher benannt und Vorschläge für eine sinnvolle Verzahnung entwickelt werden. Die Untersuchung überlappender Fragestellungen und die verwendeten Methoden müssen miteinander abgestimmt werden.

11. Erste Schritte zur Umsetzung eines Monitoring der Umweltwirkungen von GVP

Eine konkrete Umsetzung ist derzeit anhand von Modellprojekten sinnvoll. Es wird für sinnvoll erachtet, das zu entwickelnde Konzept durch diese Modellvorhaben zu evaluieren. Derzeit werden auf Vorschlag der beteiligten Länder **5 Modellprojekte** durchgeführt. Die Finanzierung erfolgt anteilig durch Bund und Länder (Länder mindestens 50%, Rest UFOPLAN). Folgende Modellprojekte werden durchgeführt:

BY: "Umweltmonitoring möglicher Auswirkungen des landwirtschaftlichen Anbaus gentechnisch veränderter Pflanzen auf die einheimische Flora" (FKZ 299 89 412/01)

NRW: „Monitoring von herbizidresistentem Raps in Nordrhein-Westfalen“ (FKZ 299 89 412/02)

NI: „Untersuchungen zur Verbreitung und Anreicherung von Transgensequenzen in der Umwelt über Auskreuzung und Bodeneintrag am Beispiel von HR-Raps: Pilotprojekt zur Entwicklung und Erprobung von Monitoringmethoden an definierten Freisetzungsstandorten“ (FKZ 299 89 412/03)

HB: „Entwicklung eines standardisierbaren Monitoring-Verfahrens auf der Basis von technischen und biologischen Pollenakkumulatoren und Gen-Screening für eine erste Stufe eines GVO-Monitoring im Hinblick auf eine flächendeckende, raum-zeitliche Dokumentation von Eintrag und Verbreitung von GVO“ (FKZ 299 89 412/04)

BB: „Evaluierung von Kriterien für das Monitoring transgener Kartoffelpflanzen mit Änderung im Grundstoffwechsel“ (FKZ 299 89 412/05)

Die BBA stellt Versuchsflächen, auf denen GVP angebaut werden, in Dahnsdorf, Wendhausen und Sickte für ein Monitoring der Umweltwirkungen von GVP zur Verfügung. Die Versuchsfläche Dahnsdorf liegt in Brandenburg. Hier werden seit 1996 transgener Raps, seit 1997 transgener Mais und ab 2000 voraussichtlich transgene Kartoffeln angebaut. Der Anbau dieser transgenen Kulturarten wird auch in den nächsten 20 Jahren unter Bedingungen der guten landwirtschaftlichen Praxis fortgeführt. Die Versuchsflächen Wendhausen und Sickte liegen ca. 10 km nördlich/östlich von Braunschweig. In Wendhausen wird seit Herbst 1999 transgener Raps, in Sickte ab Frühjahr 2000 transgener Mais angebaut. Der Anbau von transgenem Raps (und Mais in Absprache) wird auch hier in den nächsten 20 Jahren unter Bedingungen der guten landwirtschaftlichen Praxis fortgeführt. Eine weitere Fläche liegt in Golzow im Oderbruch. Hier werden gegenwärtig status-quo-Erhebungen durchgeführt. Der Vorteil dieser Flächen besteht darin, dass die Anbauversuche kontrolliert und dokumentiert werden und eine langfristige Planung möglich ist.

12. Weiteres Vorgehen

Zusammenfassend ergeben sich folgende nächste Schritte:

- Verständigung auf Umweltbeobachtungsparameter (Bund-Länder-AG),
- Durchführung von Modellprojekten (Bund und Länder, in Zusammenarbeit mit der Bund-Länder-AG),
- Festlegung von Kriterien für die Auswahl von Beobachtungs- und Referenzflächen, d.h. Auswahl geeigneter Anbaustandorte von GVP (durch Bund-Länder-AG, Vorschläge durch die Länder), Konkretisierung von Anbauschwerpunkten und bestehenden Beobachtungsflächen (durch UBA), Festlegung von Repräsentanzkriterien (Bund-Länder-AG),
- Auswertung bestehender Beobachtungsprogramme der Länder (Bund-Länder-AG, Bestandsaufnahme durch UBA läuft bereits), Auswertung der Beobachtungsprogramme des Bundes (durch UBA), insbesondere der Fachkonzeption „Naturschutzorientierte Umweltbeobachtung“ (UBA, BfN) und Entwicklung von Vorschlägen für eine Ergänzung hinsichtlich Gentechnik,
- Festlegung, welche Parameter in welche Programme aufgenommen werden können,
- Benennung von Schnittstellen zu anderen Beobachtungs- und Überwachungsaufgaben und Vorschläge für eine sinnvolle Verzahnung (Bund-Länder-AG),
- Abstimmung mit den zuständigen Behörden und Gremien, z.B. mit LABO zu Bodendauerbeobachtungen der Länder,
- Entwicklung von Vorschlägen für ein Bewertungskonzept (Bund-Länder-AG),
- Entwicklung von Kriterien für einheitliche Vorgaben (Bund-Länder-AG). Dabei ist zu prüfen, ob auf die bestehende Struktur der Datenverwaltung im Rahmen der Umweltbeobachtung des Bundes und der Länder zurückgegriffen werden kann (UBA),
- Die AG hält es für zweckmäßig, dass Nachweismethoden entwickelt, evaluiert und standardisiert werden.
- Langfristig ist auch die Abstimmung mit der UB noch zu leisten³.

Die Zusammenstellung macht deutlich, dass eine Fülle offener Fragen besteht, deren Klärung in unterschiedlichen Schritten von allen Beteiligten in unmittelbarer Abstimmung erfolgen muss.

³ Die Integration des Monitoring der Umweltwirkungen von GVP in die UB wurde in der AG noch nicht abschließend diskutiert.

2.1.3 Monitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen - Prioritäten- setzung

Arbeitsergebnis der Bund/Länder-AG „Monitoring der Umweltwirkungen von GVP“ (September 2000)

Internet: <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/bsg/bsg5.htm>

1. Einleitung

Das Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen (GVP) gewinnt vor dem Hintergrund einer wachsenden Anzahl an EU-weiten Marktzulassungen beständig an Bedeutung. Auch der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) hält daher die Etablierung eines bundesweiten Monitorings, integriert in die allgemeine ökologische Umweltbeobachtung, für erforderlich. Die Bundesländer haben in der 50. Umweltministerkonferenz im Mai 1998 beschlossen, die diesbezüglichen Empfehlungen des SRU zu unterstützen.

Im Gegensatz zu Begleitforschung und Nachzulassungsmonitoring, die konkrete Einzelfragen an einer bestimmten Freisetzung bzw. einem bestimmten Inverkehrbringen über einen begrenzten Zeitraum untersuchen, ist hier die langfristige Beobachtung des Umweltzustands gemeint. Beobachtete Veränderungen in der Umwelt sind dann Ursache-Wirkungs-Beziehungen zuzuordnen und zu bewerten. Um Veränderungen überhaupt feststellen zu können, ist zunächst die Dokumentation des Ausgangszustands als Referenz erforderlich. Aus diesem Grund ist eine zügige Realisierung des Monitorings für ausgewählte Aspekte im Vorfeld einer großflächigen Anwendung von GVP geboten.

Das Umweltbundesamt hat im Juni 1998 unter Beteiligung externer Experten sowie der Länder und betroffener Bundesbehörden einen Workshop zum Monitoring von Umweltwirkungen von GVP durchgeführt. Anlass war die Vorstellung und Diskussion eines im Auftrag des Umweltbundesamtes erstellten Gutachtens (NEEMANN & SCHERWAß 1999), welches Konzeptvorschläge zum Monitoring von GVP erarbeiten sollte.

Als ein Ergebnis des Workshops wurde gefordert, Prioritäten hinsichtlich der Pflanzen und Konstrukte, mit denen ein Monitoring begonnen werden sollte, zu setzen. Das Umweltbundesamt hat diese Prioritätensetzung hiermit vorgelegt.

Für die Einordnung der Priorität wurden folgende Kriterien angelegt:

- Potenzial für ökologische Wirkungen;
- Wirtschaftliche Bedeutung (Stand der Marktzulassung);

Die vorliegende Liste enthält im Anschluss an einen tabellarischen Überblick zunächst eine Kurzbeschreibung der in Frage kommenden Nutzpflanzenarten, aus der aufgrund des „ökologischen Potentials“ die Erfordernisse für ein Monitoring hergeleitet werden können. Am Schluss der Kapitel finden sich Bewertungen der jeweiligen Pflanzen, in der Regel bereits in Kombination mit den für den großflächigen Anbau wichtigsten Zielgenen. Die spezifischen Eigenschaften der Zielgene, die ein Monitoring bedeutsam erscheinen lassen, werden im vierten Kapitel behandelt.

Da erfahrungsgemäß in verschiedene Pflanzenarten gleiche oder ähnliche Zielgene inseriert wurden, ist es unseres Erachtens weder sinnvoll noch praktikabel, für jede Kombination von Nutzpflanze und Zielgen ein Monitoring zu etablieren. Vielmehr ist es erforderlich, Prioritäten zu setzen. Die vorliegende Liste soll somit eine erste Entscheidungshilfe für die Initiierung eines Monitoringprogramms bieten.

2. Übersicht

Pflanze	Eigenschaften/Auswirkungen	Marktstatus in der EU (Stand April 1999)	Einstufung
Raps	• Überwinterung und Überdauerung möglich; • Auskreuzung möglich, heimische Kreuzungspartner vorhanden; • Gentransfer in benachbarte Bestände möglich; • geringe Konkurrenzfähigkeit; Verwilderung temporär auf gestörten Flächen möglich;	Raps mit HR und/oder männlicher Sterilität mehrfach zugelassen; (Raps mit verändertem Fettsäuremuster wird in D freigesetzt)	Hohe Priorität für HR-Raps (Fallbeispiel für Pflanze mit hohem „ökologischen Potential“ und für HR-Technik); Hohe Priorität für Raps mit männlicher Sterilität; (mittlere bis hohe Prio. von „Fettsäure-Raps“ bei Marktzulassung)
Mais	• Überwinterung/Überdauerung nicht möglich; • keine heimischen Kreuzungspartner vorhanden; • Einkreuzung in benachbarte Bestände möglich; • geringe Konkurrenzfähigkeit; • kein Verwilderungspotential; • potentielle Auswirkungen auf Nichtzielorganismen	B.t.-Mais (z.T. mit HR) mehrfach zugelassen; HR-Mais zugelassen;	Hohe Priorität für B.t.-Mais in Anbaubereichen (Fallbeispiel für B.t.); Mittlere Priorität für HR-Mais für ausgewählte Fragestellungen (Fallbsp. für Beeinflussung der landwirt. Praxis);
Kartoffel	• Überwintern/Überdauern der Knollen nur unter günstigen Bedingungen möglich; • Samen i.d.R. nur begrenzt keimfähig; • keine heimischen Kreuzungspartner vorhanden; • geringe Konkurrenzfähigkeit; geringes Verwilderungspotential; • ungeklärte Auswirkungen auf Nichtzielorganismen und/oder Boden	Kartoffeln mit modifiziertem Stärkestoffwechsel mehrfach beantragt; (B.t.- und virusresistente Kartoffeln werden innerhalb der EU freigesetzt)	Mittlere Priorität für Kartoffeln mit modifiziertem Stärkestoffwechsel; (hohe Prio. für B.t.-Kartoffeln bei Marktzulassung; Mittlere Prio. für virusresistente Kartoffeln für ausgewählte Fragen bei Marktzulassung)
Kulturrübe	• Überwinterung nur unter günstigen Bedingungen möglich; • Auskreuzen möglich; • heimische Kreuzungspartner vorhanden; • mittlere Konkurrenzfähigkeit; bei Einkreuzung von „Wildmerkmalen“ gesteigertes invasives Potential möglich;	HR-Futtermrübe beantragt; (Kulturrüben mit Virusresistenz werden in D und der EU freigesetzt)	Mittlere Priorität für HR-Rüben für ausgewählte Fragestellungen ; (mittlere bis regional hohe Prio. bei Marktzulassung von Rüben mit Virusresistenz; Fallbeispiel für Virusresistenz)
andere			z.Zt. in D nicht relevant

3. Eigenschaften der Pflanzen

3.1 Raps

Raps (*Brassica napus* L.) gehört zu den amphidiploiden Brassica-Arten, die durch spontane Kreuzung zwischen den monogenomischen Brassica-Arten entstanden sind (MORINAGA 1934). Er konnte künstlich durch Kreuzung von *Brassica campestris* x *Brassica oleracea* (U 1935) resynthesisiert werden. Raps besitzt als digenomische Art die kompletten Genome seiner beiden Ursprungsarten und weist demzufolge eine hohe Toleranz gegenüber Veränderungen in seinem Genom auf. Er wurde vielfach durch interspezifische Kreuzungen zwischen den Ursprungsarten resynthesisiert, um neue Variabilität für verschiedenste Zuchtziele in dieser nur als Kulturform bekannten Art zu erzeugen (GLAND 1982, CHEN 1988, zitiert nach DIEDERICHSEN 1992).

Raps ist vorwiegend Selbstbefruchter (bis ca. 70-80%), wird aber zu einem geringeren Anteil auch fremdbestäubt (ca. 20%) durch Insekten oder Wind. Pollen kann mit dem Wind über größere Distanzen transportiert werden. Eine Pollenübertragung der transgenen Eigenschaft auf nicht transgene Pflanzen der gleichen Art konnte in Abhängigkeit von der Hauptwindrichtung bis in Höhe der aus der Literatur bekannten Fremdbefruchtungsrate nachgewiesen werden (ERNST 1997). Auch in einer Entfernung von 200 m vom transgenen Rapsfeld konnte die neue Eigenschaft noch in Samen von nicht transgenen Pflanzen nachgewiesen werden (FELDMANN 1997).

Weiterhin zeigen erste Ergebnisse aus der Begleitforschung, dass Erd- und Sandbienen (Gattung *Andrena*) bzw. Schlammfliegen (*Eristalis*-Arten) entgegen der bisherigen Auffassung unter den Blütenbesuchern deutlich häufiger auftreten als Honigbienen (SCHLEGEL 1997). Es kann daher gefolgert werden, dass Fremdbestäubung beim Raps zu einem wesentlich geringeren Prozentsatz durch Honigbienen mit bekanntem Sammelverhalten erfolgt, als bisher angenommen. Eine Pollenverschleppung auch auf anderen, weniger bekannten Wegen sollte daher berücksichtigt werden.

Raps als heimisch gewordene Art ist an mitteleuropäische Klimabedingungen gut angepasst. In Deutschland gibt es zahlreiche verwandte Arten, die als Gemüse- und Futterpflanzen genutzt werden. Ackersenf (*Sinapis arvensis*) als heimische Wildverwandte ist seit langem aus der Ackerbegleitflora bekannt. Hybridisierungen unter natürlichen Bedingungen können nicht ausgeschlossen werden bzw. konnten bereits nachgewiesen werden (ERNST 1997).

Rapssamen sind frostfest. In tieferen Bodenschichten kann die Keimfähigkeit bei Ausbildung einer Sekundärdormanz länger als 10 Jahre erhalten bleiben. Durch die landwirtschaftliche Praxis bei der Ernte (Mähdrescher) gelangt sehr viel Ausfallsaatgut in den Boden. Der Transport auf offenen Wagen ermöglicht die Verschleppung von Saatgut entlang von Wegen. Außerhalb landwirtschaftlicher Anbauflächen konnten Rapspopulationen dauerhaft bisher jedoch nur an Ruderalstandorten bzw. in Gärten beobachtet werden. Das legt nahe, dass Raps als Kulturpflanze aufgrund seiner geringen Konkurrenzfähigkeit nur auf gestörten Flächen persistieren kann.

Raps erhält wachsende Bedeutung durch gentechnische Optimierung als „Nachwachsender Rohstoff“. Von Interesse sind dabei gentechnische Veränderungen, die die Einführung einer Herbizidresistenz, der männlichen Sterilität für die Produktion von Hybridsaatgut, ein verändertes Fettsäuremuster sowie Pilzresistenzen betreffen. Raps mit männlicher Sterilität und Herbizidresistenz (Phosphinothricin) erhielt bereits dreimal eine EU-weite Marktzulassung und wurde ein weiteres

Mal beantragt. Raps mit Herbizidresistenz (Phosphinothricin) wurde einmal zugelassen und zweimal beantragt (Stand April 1999).

3.1.1 Relevanz für ein Monitoring

Aufgrund seiner oben genannten Eigenschaften ist ein Monitoring von Raps unter ökologischen Gesichtspunkten prioritär zu behandeln. Sein fortgeschrittener Marktstatus sowie seine wirtschaftliche Bedeutung erfordern die umgehende Etablierung eines Monitorings. Weiterhin können an Raps beispielhaft Methoden für Pflanzen mit vergleichbarem „ökologischen Potential“ entwickelt werden. Hierbei sind aber stets die spezifischen transgenen Eigenschaften in den allgemeinen ökologischen Kontext einzubeziehen.

Da sich die weitaus meisten Freisetzungsversuche in Deutschland sowie alle 7 (z.T. erst beantragten) Marktzulassungen auf Herbizidresistenzen gegen Phosphinothricin beziehen oder die Pflanzen solche als Marker gekoppelt an männliche Sterilität enthalten, bietet sich ein Monitoring von Raps als Fallbeispiel für die HR-Technik besonders an. Hier sollte auch eine potentielle Veränderung der Artenzusammensetzung und der Populationsdichte bei den Arten der Ackerbegleitflora z.B. bedingt durch ein unterschiedliches Resistenzniveau und/oder den geänderten Zeitpunkt der Herbizidanwendung berücksichtigt werden.

Ebenfalls mit hoher Priorität erforderlich ist ein Monitoring von gentechnisch erzeugtem Hybridraps. Dieses System von transgenen Rapslinien zur Erzeugung von Hybridraps beruht auf der Kreuzung einer männlich sterilen Rapslinie mit einer Fertilitätsrestorerlinie. Hierdurch entsteht fertiler Hybridraps, der aber sowohl das Gen für die männliche Sterilität als auch das Restorer-Gen enthält. Ein Monitoring sollte daher besonders die Auskreuzung sowie potentielle Auswirkungen auf die Ackerbegleitflora beinhalten.

Weiterhin für ein Monitoring von Bedeutung ist Raps mit verändertem Fettsäuremuster. Hier sind insbesondere Untersuchungen zum Überdauerungs- und Verwilderungsverhaltens sowie unvorhergesehene Wirkungen auf Organismen zu nennen.

Einstufung: Hohe Priorität für HR-Raps; als Fallbeispiel geeignet:

- für Pflanzen mit Auskreuzungs- und Überdauerungspotential
- für HR-Technik

Hohe Priorität für transgenen Hybridraps

Hohe bis mittlere Priorität für Raps mit verändertem Fettsäuremuster bei Marktzulassung

3.2 Mais

Als Kulturpflanze aus den subtropischen Gebieten Mittelamerikas nach Europa eingeführt, ist Mais (*Zea mays* L.) als C4-Pflanze an hiesige Klimabedingungen nur mäßig angepasst. Der Anbau war in Europa zunächst auf warme Standorte beschränkt. Aufgrund intensiver züchterischer Bearbeitung erfolgt der Anbau heute auch in nördlicheren Regionen. Mais ist nicht winterhart und die Samen sind frostempfindlich. Sie können daher keine dauerhafte Samenbank im Boden bilden. Oberirdisch bleibt die Keimfähigkeit der Samen ca. 2 Jahre erhalten. Die Art weist in unseren Breiten insgesamt nur ein geringes Überdauerungs- und Verwildierungspotential auf.

Mais ist getrenntgeschlechtlich einhäusig (diklin monözisch). Die Bestäubung erfolgt in der Regel durch den Wind. Dabei führt die ausgeprägte Proteandrie zu einer Fremdbefruchtungsrate von ca. 95%. Maispollen können mit dem Wind trotz ihrer Größe weit transportiert werden. In Mitteleuropa existieren keine verwandten Arten. Spontane Artkreuzungen sind hier daher nicht bekannt (RAYBOLD & GRAY 1993). Aufgrund der hohen Fremdbefruchtungsrate ist die Auskreuzung transgener Merkmale in benachbarte Bestände jedoch als sehr wahrscheinlich anzusehen.

Als C4-Pflanze erscheint Mais den an hiesige klimatische Bedingungen angepassten C3-Pflanzen kompetitiv unterlegen. Dadurch, sowie durch seinen späten Reihenschluss, ist er als Hackfrucht auf frühzeitige Beikrautbekämpfung angewiesen (KÜBLER 1996). Der späte Reihenschluss wirkt sich außerdem erosionsfördernd aus. Die Ernte erfolgt üblicherweise vor der Körnerreife, obwohl diese an günstigen Standorten erreicht werden kann.

Von wirtschaftlicher Bedeutung ist der Mais unter anderem für die Stärke- und Ölproduktion. In Deutschland wird hauptsächlich Silomais angebaut, der in der Tierproduktion als Futtermittel und Gülleverwerter Verwendung findet. Mais ist selbstverträglich und kann daher über mehrere Jahre auf der selben Fläche stehen (ZEISCHLER et al. 1990, zitiert nach NEEMAN & SCHERWAß 1999), was wegen der hohen Düngegaben und der Erosionsgefahr unter ökologischen Gesichtspunkten aber als bedenklich anzusehen ist.

Entsprechend der landwirtschaftlichen Erfordernisse insbesondere hinsichtlich des Befalls durch den Hauptschädling Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*) enthalten 6 von insgesamt 7 zum Inverkehrbringen beantragten Maislinien ein Gen für die Expression von *B.t.*-Toxin. Drei dieser Anträge wurden bereits positiv beschieden (einer mit Einschränkungen). Fünf der 6 *B.t.*-Maislinien enthalten zusätzlich eine Herbizidtoleranz (4 Glufosinat, bzw. 1 Glyphosat) und tragen damit der ebenfalls notwendigen Beikrautregulierung Rechnung, während sich der 7. Antrag ausschließlich auf eine Herbizidtoleranz (Glufosinat) bezieht und ebenfalls bereits genehmigt wurde (Stand April 1999).

3.2.1 Relevanz für ein Monitoring

Mais ist als standortfremde Pflanze mit nur geringer Konkurrenzfähigkeit und ohne ausgeprägtes Überdauerungspotential sowie ohne heimische Kreuzungspartner für ein ökosystemares Monitoring von geringerem Interesse. Die Kombination dieser Art mit der transgenen Eigenschaft Insektenresistenz (*B.t.*-Toxin-Expression) unter Berücksichtigung des fortgeschrittenen Marktstatus erfordert jedoch mit hoher Priorität ein breit angelegtes Monitoring-Programm in Anbaugebieten, da

unerwünschte Wirkungen z.B. auf Nichtzielorganismen nicht ausgeschlossen werden können. Hier sollten insbesondere auch indirekte Auswirkungen, wie die zufällige Aufnahme von *B.t.*-Toxinen durch Nichtzielorganismen mit Blattmasse, auf welchen sich *B.t.*-haltige Pollen abgelagert haben, untersucht werden.

Besondere Aufmerksamkeit verdient *B.t.*-Mais dort, wo er wegen seiner guten Selbstverträglichkeit über mehrere Jahre hintereinander angebaut wird. An solchen Standorten ist das Resistenzniveau der Zielorganismen sowie die Abundanz von Nichtzielorganismen-Populationen gründlich zu untersuchen, da hier einerseits eine Resistenzbildung noch schneller zu erwarten ist, andererseits das vermehrte Auftreten von Sekundärschädlingen besonders wahrscheinlich ist. Auch dürften die Auswirkungen auf Nichtzielorganismen und die Biodiversität hier am deutlichsten sein. Gleichermaßen sollte, wie auch vom SRU gefordert, ein Monitoring von nicht transgenen Maissorten erfolgen, bevorzugt in Gegenden mit Intensivtierproduktion und entsprechend umfangreichem Maisanbau (z.B. Landkreis Vechta, Niedersachsen).

Ein Monitoring von HR-Mais könnte sich hauptsächlich auf Veränderungen der landwirtschaftlichen Praxis beschränken. Hier sind insbesondere die Überprüfung der Anwendbarkeit bodenschonender Anbauverfahren zu nennen, sofern solche Fragestellungen nicht bereits durch die Begleitforschung umfassend abgedeckt werden konnten. Weitergehende Auswirkungen sollten dagegen vordringlich und exemplarisch an Raps untersucht werden, da diesbezüglich vom HR-Mais wenig neue Erkenntnisse zu erwarten sind (Ausnahme Glyphosatoleranz).

Einstufung: Hohe Priorität für B.t.-Mais,

- **Fallbeispiel für B.t.-Toxin;**

Mittlere Priorität für HR-Mais für ausgewählte Fragestellungen

- **Fallbeispiel für Beeinflussung der Landwirtschaftlichen Praxis**

3.3 Kartoffel

Ursprünglich eine alte Kulturpflanze Südamerikas, wurden zunächst Kartoffeltypen vom Andigena-Typ (*Solanum andigena* L.) in Europa eingeführt. Diese benötigten ca. 200 Jahre intensiver züchterischer Bearbeitung, bevor die an Kurztagverhältnisse angepassten Pflanzen unter hiesigen Bedingungen als anbauwürdig erachtet werden konnten. Erst viel später fanden chilenische Kartoffeltypen (Tuberosum-Typen), die bereits unter natürlichen Bedingungen an Langtagverhältnisse adaptiert waren, bei uns Eingang.

Bei den heutigen Sorten (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* L.) bestehen große Unterschiede hinsichtlich der Fertilität. Einige Sorten sind steril, andere bilden Beeren mit bis zu 200 Samen pro Beere. Unter hiesigen Klimabedingungen reifen die Samen jedoch kaum aus und sind daher nur eingeschränkt keimfähig. Reife Samen sind frostempfindlich und können oberirdisch nicht überdauern, in tieferen Bodenschichten kann ihre Keimfähigkeit aber über 7 bis 10 Jahre beibehalten werden. Die Vermehrung der Kartoffel über Samen wird aus den genannten Gründen nur in der Züchtung praktiziert. Die so erhaltenen Zuchtformen sind in der Regel steril (FRANKE 1992, DÜLL & KÜTZELINK 1994, zitiert nach NEEMANN & SCHERWAß 1999).

Die Vermehrung findet vegetativ über die Knollen statt. Auch diese sind nicht winterhart. Ein Überdauern ist jedoch in milden Wintern oder in tieferen Bodenschichten möglich. Ausfallknollen, die bei der Ernte nicht erfasst wurden, können jedoch, wenn die Abkühlung sehr langsam erfolgt, auch Frostperioden überdauern und unter günstigen Bedingungen im Folgejahr als Durchwuchs auftreten.

Außerhalb der Anbaufläche konnten Kartoffelpopulationen gelegentlich auf Ruderalflächen beobachtet werden (OBERNDORFER 1994), während nach SUKOPP & SUKOPP (1994) spontane unkrautartige Verwilderungen der Kartoffel für Deutschland nicht bekannt sind. Auch TORGERSEN (1996) schätzt das Verwilderungspotential als gering ein (zitiert nach NEEMANN & SCHERWAB 1999). Eine Verschleppung von Knollen entlang der Transportwege ist durch den Transport von der Anbaufläche auf offenen Wagen möglich.

Obwohl die Kartoffel eine selbstfertile Art ist, kann die Bestäubung auch spärlich durch Schwebfliegen und Hummeln erfolgen. Auf diese Weise kann Pollen auch über größere Distanzen verschleppt werden. Pollenverbreitung durch den Wind konnte dagegen nur über wenige Meter (<10 m) beobachtet werden (DRIESEL & DANNEBERG 1996). Die Kartoffel weist in Mitteleuropa zwar zahlreiche Wildverwandte auf, Hybridisierungen konnten bisher jedoch auch unter artifiziellen Bedingungen nicht beobachtet werden.

Kartoffeln sind bis zum Reihenschluss nur wenig konkurrenzfähig gegenüber der Begleitflora. Demzufolge ist eine effektive Beikrautkontrolle erforderlich. Diese stellt aber mit den praktizierten Methoden der landwirtschaftlichen Praxis kein Problem dar. Im Zusammenhang mit der gentechnischen Optimierung nachwachsender Rohstoffe sind besonders Veränderungen der Stärkezusammensetzung (amylosefreie Kartoffeln) von wachsender wirtschaftlicher Bedeutung. Die Marktzulassung wurde bereits zweimal für solche Kartoffeln beantragt.

Weiterhin freigesetzt werden derzeit Kartoffeln mit Virusresistenzen bzw. Schadinsektenresistenz (*B.t.*-Toxin, Freisetzungen innerhalb der EU).

3.3.1 Relevanz für ein Monitoring

Insgesamt weist die Kartoffel unter unseren klimatischen Bedingungen ein geringes Vermehrungs-, Überdauerungs- und Verwilderungspotential auf. Ihre geringe Konkurrenzkraft gegenüber der heimischen Flora sowie das Fehlen kompatibler Kreuzungspartner und ihre geringe Pollenreichweite lassen ihre Fähigkeit, Ökosysteme nachhaltig zu beeinflussen, als gering erscheinen. Demzufolge ist auch ein Monitoring von Kartoffeln nicht mit hoher Priorität durchzuführen. Während derzeit die Kartoffel an sich als „Sicherheitssystem“ diskutiert wird, ist hierbei aber auch das neu eingeführte Zielgen und die damit eventuell verbundenen Wirkungen auf die Umwelt zu berücksichtigen. So sind in diesem Zusammenhang z.B. *B.t.*-toxinhaltige Kartoffeln anders zu beurteilen, als solche mit veränderter Stärkezusammensetzung, da das Auftreten von Umweltwirkungen bei *B.t.*-Kartoffeln als wahrscheinlich anzusehen ist (vgl. Kap. 4.2).

In ein Monitoring von Kartoffeln mit modifiziertem Kohlenhydratstoffwechsel sind z.B. Untersuchungen zu Veränderungen der Frostempfindlichkeit einzubeziehen. Weiterhin sollte eine potentielle Veränderung der Schaderregersensitivität berücksichtigt werden, soweit derartige Fragestel-

lungen nicht bereits bei der Sortenprüfung hinreichend abgedeckt werden. Auch ist zu klären, ob Sekundäreffekte, wie z.B. eine Bevorzugung transgener Kartoffeln durch Fraßschädlinge, auftreten können. Für einzelne Fragestellungen besteht darüber hinaus Forschungsbedarf, z.B. zu veränderten Produkten des Sekundärstoffwechsels.

Bei späterer Zulassung von *B.t.*-Kartoffeln ist mit hoher Priorität ein breit angelegtes Monitoring-Programm vor allem zu Auswirkungen auf verwandte Käfer-Arten und andere Nichtzielorganismen erforderlich. Anders als beim Maiszünsler, für den in Deutschland nur wenige Befallsgebiete vor allem im südlichen Raum sowie an der Oder bekannt sind, ist der Kartoffelkäfer über ganz Deutschland verbreitet. Deshalb wird der Anbau der *B.t.*-Kartoffeln ebenfalls über weite Landesteile erfolgen.

Bereits vorliegende Ergebnisse aus dem Monitoring von *B.t.*-Mais sollten berücksichtigt und daraufhin überprüft werden, ob sich Hinweise auf die Notwendigkeit weitergehender Untersuchungen für spezifische Fragestellungen auch bei Kartoffeln ergeben.

Bei Zulassung von virusresistenten Kartoffeln sind diese ebenfalls in ein Monitoring einzubeziehen. Dieses sollte sich jedoch auf Kartoffel-spezifische Fragestellungen beschränken, während die Virusresistenz als Fallbeispiel aufgrund des höheren „ökologischen Potentials“ bevorzugt an Kulturrüben behandelt werden sollte.

Einstufung:

Mittlere Priorität für Kartoffeln mit veränderter Stärkezusammensetzung;

Hohe Priorität bei Anbau von *B.t.*-Kartoffeln bei Zulassung;

Mittlere Priorität bei Anbau von virusresistenten Kartoffeln für spezifische Fragestellungen bei Zulassung

3.4 Zuckerrübe

Für die Urform der kultivierten Rüben wird heute die Art *Beta vulgaris* L. ssp. *maritima* gehalten (CAMPBELL 1976). Diese Wildform weist eine starke phänotypische Variabilität auf und stellt ein wichtiges Genreservoir für die Züchtung dar. Aus der Subspecies *maritima* wurden durch intensive Züchtung die Kulturformen *Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* prov. *altissima* (Zuckerrübe) und prov. *crassa* (Futterrübe) entwickelt. Angebaute Sorten sind meist triploid, da diese eine höhere Blattmasse besitzen und ertragreicher sind, als tetraploide bzw. diploide Formen.

Kulturrüben sind in Deutschland heimisch geworden und weisen heimische Kreuzungspartner auf. Hybridisierungen sind möglich mit allen *Beta*-Arten, z.B. Wildrübe, Mangold, Roter Bete, Gelber Rübe. Während die Wildrübe bevorzugt an mediterran-maritimen Standorten vorkommt (aber auch auf Helgoland und an den Küsten Schleswig-Holsteins), werden z.B. Mangold und Rote Bete auch häufig in Gärten kultiviert.

Kulturrüben sind Windbestäuber. Ihr Pollen kann mit dem Wind mehrere Kilometer verdriftet werden (BROUWER et al. 1976). Die Saatgutverordnung fordert einen Isolationsabstand von 1000 m zur Reinhaltung der Sorten für Basissaatgut. Die heutigen Kultursorten wurden auf Zweijährigkeit gezüchtet, da einjährige Formen keine verwertbare Rübe hervorbringen. Wildformen dagegen sind

einjährig. Die Annualität wird monogen dominant über die Biennität vererbt. Sie gilt als „Wildmerkmal“ und weist auf einen geringeren Domestikationsgrad hin. Üblicherweise wird Rübenanbau nur vegetativ betrieben, da die Rüben bereits im ersten Jahr geerntet werden. Es wird daher kein Pollen verbreitet. Allerdings treten auch in den vegetativen Beständen immer wieder Schosserrüben, z.B. durch Kälteinduktion, auf. Erfolgt der Anbau in Gegenden mit Wildrübenvorkommen und werden diese Schosserrüben nicht rechtzeitig vor der Blüte entfernt, so kann es zu Hybridisierungen kommen. Für Großbritannien wird die Wahrscheinlichkeit von Genfluss zwischen Wild- und Kulturformen als hoch eingestuft (RAYBOLD & GRAY 1993). Bei Introgression von Wildmerkmalen in Kulturrüben können Pflanzen, die dem Saatgut solcher Hybridisierungen entstammen, ein gesteigertes invasives Potential aufweisen.

Samen von Beta-Rüben sind nicht winterhart. Die Überdauerung von Rübensaatgut ist daher in oberen Bodenschichten nur über einen geringen Zeitraum möglich. In tieferen Bodenschichten ist jedoch die Bildung einer Samenbank möglich. Unter solchen Bedingungen bleiben Zuckerrübensamen über viele Jahre keimfähig (LONGDEN 1976). Nach WINNER (1982) werden die aus den ausgefallenen Samen von Schossern in späteren Jahren entstehenden Rüben als „Unkrautrüben“ bezeichnet. Auf nicht kontrollierten, brachgefallenen Äckern können sich Unkrautrübenpopulationen langfristig halten (NEEMANN & SCHERWAß 1999).

Die vegetative Überdauerung ist unter günstigen Bedingungen außer durch Ausfall-Rüben auch durch ein vollständig erhaltenes Epikotyl nach dem „Abschlagen“ des Kopfes bei der Rodung der Rüben während der Ernte möglich. Durch den Transport der Rüben auf offenen Wagen kann es zu Verschleppung entlang von Transportwegen kommen. Allerdings sind Rüben sehr frostempfindlich und beginnen nach Frosteinwirkung schnell zu faulen. Die Überwinterung gelingt daher in der Regel nur in der Erde.

Wie bei allen anderen Hackfrüchten wirkt sich auch der Rübenanbau erosionsfördernd aus. Außerdem ist ein besonders hoher Einsatz an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln erforderlich. Kulturrüben sind bis zum späten Reihenschluss gegenüber der Begleitflora nur begrenzt durchsetzungsfähig. Sie sind auf eine intensive Beikrautregulierung angewiesen. Es überrascht daher nicht, dass der erste, für Kulturrüben gestellte Antrag auf Inverkehrbringen eine Futterrübe mit Herbizidresistenz (Glyphosat) betrifft. Bei den Freisetzungsversuchen in der EU sind Virusresistenzen, z.T. in Kombination mit einer Herbizidresistenz, vorherrschend. Wirtschaftliche Bedeutung haben Kulturrüben in Deutschland als Zuckerrüben in der Zuckerproduktion und als Futtermittel.

3.4.1 Relevanz für ein Monitoring

Aufgrund der hohen Wahrscheinlichkeit für Genfluss innerhalb aller Beta-Arten und des Vorkommens heimischer Kreuzungspartner sollte ein Monitoring-Programm besonders in Gegenden mit Wildrübenvorkommen etabliert werden. Bei Kulturrüben bietet sich die Untersuchung des Merkmals „Virusresistenz“ als Fallbeispiel an, da dieses neben der Herbizidresistenz die wichtigste gentechnische Veränderung bei Rüben darstellt. Bei Virusbefall könnte durch Auskreuzung des Merkmals die Ausbreitung von „Unkrautrüben“ begünstigt werden (vgl. Kap. 4.3). Unkrautrüben könnten, besonders bei gleichzeitiger Kombination mit einer Herbizidresistenz, in Agrarökosystemen eine gesteigerte Invasivität erhalten.

Weiterhin sollte das Monitoring von virusresistenten Kulturrüben Untersuchungen zum Auftreten neuer Virusvarianten z.B. durch heterologe Enkapsidierung oder Rekombination beinhalten. Der derzeitige Entwicklungsstand der virusresistenten Kulturrüben befindet sich allerdings noch auf experimentellem Niveau. Zum jetzigen Zeitpunkt sollte daher lediglich der Ist-Zustand als Referenz ermittelt werden. Andererseits bietet sich hier die Chance, ein Programm so frühzeitig zu erstellen, dass es zu einem späteren Zeitpunkt zur Verfügung steht. Bei der Formulierung von Eckpunkten für ein solches Programm sind die Ergebnisse der Begleitforschung einzubeziehen.

Ein Monitoring von HR-Rüben sollte potentielle Veränderungen der Artenzusammensetzung und der Populationsdichte einzelner Arten der Ackerbegleitflora z.B. durch ein unterschiedliches Resistenzniveau und/oder den geänderten Zeitpunkt der Anwendung des Herbizids erfassen. Analog zum HR-Mais sollten Veränderungen der landwirtschaftlichen Praxis berücksichtigt werden. Auch hier sind, wie bei allen Hackfrüchten, insbesondere die Überprüfung der Anwendbarkeit bodenschonender Anbauverfahren zu nennen. Weitergehende Untersuchungen könnten vordringlich auf eventuelle Unterschiede zwischen den Herbiziden Glyphosat und Glufosinat ausgerichtet werden, wobei die vorliegenden Daten vom Mais- bzw. Raps-Monitoring zugrunde gelegt werden können.

Einstufung: Mittlere Priorität für HR-Rüben für spezifische Fragestellungen

Mittlere bis regional hohe Priorität bei Zulassung von virusresistenten Rüben, Forschungsbedarf;

- **Fallbeispiel für Virusresistenz**

3.5 Kulturzichorien

Obwohl bestimmte Cichorium-Arten an hiesige klimatische Bedingungen gut angepasst und heimische wildverwandte Arten (z.B. Wegwarte) verbreitet sind, ist *Cichorium* jedoch in Deutschland für ein Monitoring derzeit nicht als prioritär einzustufen, weil in Deutschland kaum kommerzieller Anbau von Zichorien (*Cichorium intybus* L.) stattfindet. Die Anbauschwerpunkte für Chicorée befinden sich in den Niederlanden und Belgien, wobei der Anbau je nach Kulturform ein- oder zweijährig erfolgt. Radicchio wird bevorzugt in Südeuropa (Italien, Spanien) angebaut. Lediglich Endivien (*Cichorium endivia* L.) werden bei uns gärtnerisch kultiviert.

EU-weit wurde bisher besonders Radicchio gentechnisch bearbeitet. Radicchio mit männlicher Sterilität und Herbizidresistenz (Phosphinothricin) erhielt bereits eine Marktzulassung mit Einschränkungen (nur zur Saatguterzeugung) und wurde ein weiteres Mal beantragt.

3.5.1 Relevanz für ein Monitoring

Ein Monitoring von Kulturzichorien sollte bei kommerziellem Anbau insbesondere die Parameter Überdauerung und Verwilderung berücksichtigen sowie potentielle Auswirkungen auf Nichtzielorganismen erfassen.

Einstufung: Für Deutschland derzeit nicht prioritär

3.6 Tabak

Tabak (*Nicotiana tabacum* L.) ist für Deutschland aufgrund des geringen Anbaus insgesamt als nachrangig zu betrachten und wird daher hier zunächst nicht berücksichtigt.

3.7 Espe

Gentechnische Veränderungen an Espen (*Populus tremula* L.) besitzen bisher ausschließlich experimentellen Charakter. Die einzige Freisetzung von Espen in Deutschland, ein Modellversuch, betrifft ein Markergen (rol C), welches keinerlei Anbaurelevanz besitzt. Die Genehmigung der Freisetzung wurde an strenge Auflagen gebunden, um eine Verbreitung des Gens in der Umwelt zu verhindern. Ein Monitoringprogramm für Espen ist daher zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht erforderlich.

Die Espe als semidomestizierte Art weist eine Reihe von Eigenschaften auf, die sie für ein Monitoring unter ökologischen Gesichtspunkten bedeutsam erscheinen lässt. Die Bestäubung erfolgt durch Wind oder Insekten. Das Auskreuzen auf heimische, verwandte Arten ist möglich. Ferner sind ihre typischen Pioniereigenschaften, wie die Form ihrer Samen, die eine Verbreitung im Umkreis von mehr als 15 km ermöglichen (NEEMANN & SCHERWAß 1998), ihre Langlebigkeit, die Überdauerung durch Wurzelsprosse sowie ihre allgemeine Anspruchslosigkeit zu nennen.

Aufgrund der großen ökologischen Relevanz von Espen sollte mit der Konzeption eines Monitoring-Programms begonnen werden, sobald Freisetzungsversuche mit anbauwürdigen Merkmalen durchgeführt werden, damit ein solches Programm im Fall einer Marktzulassung rechtzeitig vorliegt. Gleiches gilt analog für alle Forst- und Obstgehölze, deren Anbau kommerziell betrieben wird.

Einstufung: Derzeit nachrangig, bei anbauwürdigen Zielgenen jedoch hohe Priorität.

3.8 Getreide

Viele Getreidearten weisen Eigenschaften auf, die eine Verbreitung und ggf. Persistenz von neu eingeführten Genen in der Umwelt als wahrscheinlich erscheinen lassen. Marktzulassungen sind auf absehbare Zeit jedoch nicht zu erwarten. Die Konzeption eines Monitorings ist deshalb derzeit noch verfrüht.

3.9 Grünlandpflanzen

Verschiedene Weidegräser sollten zu einem späteren Zeitpunkt in ein Monitoring aufgenommen werden. Derzeit gilt jedoch auch hier wie für Getreide, dass die Konzeption eines Monitorings derzeit noch verfrüht ist.

4. Zielgene

4.1 Herbizidresistenz

Herbizidresistenzen werden in der Regel mittels einzelner Gene erzeugt. Meist werden Gene verwendet, die eine Resistenz gegen nicht selektive Herbizide verleihen, allen voran Glufosinat und Glyphosat. Mit Glufosinat wird ein weites Spektrum annueller und perennierender Beikräuter bekämpft, da es nicht systemisch auf grüne Pflanzenteile wirkt. Glyphosat bekämpft aufgrund seiner systemischen Wirkung auch Wurzel-(Rhizom-) Unkräuter.

Der Einsatz von Herbiziden kann Veränderungen der Artenzusammensetzung der Ackerbegleitflora bewirken. Werden Begleitarten vor dem Samenansatz abgetötet, könnte ihr Samenvorrat im Boden längerfristig abnehmen (MAHN 1996). Andererseits können sich solche Arten, für die Wirkungslücken bestehen, verstärkt durchsetzen und sich zu Problemunkräutern entwickeln.

Veränderungen in der Zusammensetzung der Ackerflora bedeuten auch eine Veränderung der Nahrungsgrundlage für Insekten (Phytophage, Zoophage), die Auswirkungen auf den Artenreichtum der Agrozoozönose haben kann (HEYDEMANN 1983). Durchschnittlich ca. 12 phytophage Tierarten leben von einer Pflanzenart, aber es gibt auch Beispiele für deutlich höhere Zahlen abhängiger Arten (z.B. wurden an der Quecke über 80 Arten gefunden). Zu den betroffenen Arten gehören auch die von den Phytophagen lebenden Zoophagen, zu denen z.B. Laufkäferarten zählen.

Der Verlust der Nahrungsgrundlage der phytophagen Arten kann auch zu einem Wechsel des Wirtspflanzenspektrums führen, da auf unkrautfreien Äckern nur die Nutzpflanzen als Nahrungsquelle bleiben. Über verstärkten Befall der Nutzpflanzen nach Einsatz von Herbiziden bei Zuckerrüben wurde bereits berichtet (WINNER 1982).

Bei Anbau von herbizidresistenten Hackfrüchten ist eine verstärkte Rillen- und Flächenerosion möglich. Bei Regenerosion wird vor allem der oberste Millimeter Boden abgetragen. Dieser enthält die meisten Herbizidrückstände. Es kann daher zu einer gesteigerten Abschwemmung des Herbizids kommen (AUERSWALD 1996). Diese sollte berücksichtigt werden.

Weiterhin wird der Anbau herbizidresistenter Sorten Änderungen der landwirtschaftlichen Praxis mit sich bringen. Selektive Herbizide werden quantitativ an Bedeutung abnehmen, während das Anwendungsspektrum für nichtselektive Herbizide abhängig vom Markterfolg der jeweiligen transgenen herbizidresistenten Pflanzen ausgeweitet wird (UHRIG & SALAMINI 1997). Außerdem können die Aufwandmengen verändert werden. Auswirkungen auf das Agrarökosystem ergeben sich vor allem auch aus einem geänderten Applikationszeitpunkt.

Gene für die Herbizidresistenz bieten bei Anwendung des Komplementärherbizids Selektionsvorteile für die angebauten Pflanzen selbst, transgene Durchwuchspflanzen sowie transgene Hybride nach erfolgreichem, zwischenartlichen Genfluss. Ohne Anwendung des Herbizids ist das transgene Merkmal jedoch selektiv neutral.

Bei massivem Einsatz des Komplementärherbizids, bzw. Einsatz herbizidresistenter Fruchtfolgen könnten sich vermutlich schon nach 3-5 Jahren resistente Ökotypen der Begleitflora entwickeln (MAHN 1996). Solche Arten könnten eine Konkurrenz zu den Nutzpflanzen darstellen und den Einsatz zusätzlicher, selektiver Herbizide erfordern. Dies gilt besonders dann, wenn es nach Anwendung unterschiedlicher HR-Systeme (z.B. Glyphosat- und Glufosinat-tolerante Sorten) in der Fruchtfolge zum Auftreten von multiresistentem Durchwuchs kommt. Besondere Beachtung sollten hier auch die Wirkungslücken der Komplementärherbizide finden.

4.1.1 Relevanz für ein Monitoring

Aus den zuvor genannten Eigenschaften dieses Merkmals ergeben sich zahlreiche Hinweise auf mögliche Auswirkungen auf die Umwelt, aufgrund derer ein Monitoring erforderlich erscheint. Darüber hinaus sind Herbizidresistenzen unter den bisher zugelassenen bzw. beantragten gentechnisch veränderten Pflanzen häufig zu finden.

Es erscheint allerdings nicht zweckmäßig, alle Pflanzen, in die dieses Merkmal eingebracht wurde, in gleicher Weise einem Monitoringprogramm zu unterziehen. Vielmehr sollte eine Beschränkung auf solche Pflanzen erfolgen, die unter ökologischen Gesichtspunkten relevant sein können (z.B. Raps oder Zuckerrübe). An anderen Pflanzen könnten spezifische Fragestellungen im Rahmen der Begleitforschung abgedeckt werden.

Einstufung: Hohe Priorität für HR-Raps (Modellfall für HR-Technik).

4.2 Insektenresistenz durch B.t.-Toxine

Erfahrungen mit unerwünschten Nebeneffekten durch den Einsatz von *B.t.*-Toxinen (Delta-Endotoxine von *Bacillus thuringiensis*) liegen bis heute hauptsächlich mit mikrobiellen Spritzpräparaten vor. Diese wirken zwar spezifischer als die meisten synthetischen Insektizide. Dennoch werden neben den Zielorganismen auch verwandte Nichtzielorganismen geschädigt (CHARBONNEAU et al. 1994, JACKSON et al. 1994, KREUTZWEISER et al. 1992, MOLLOY 1992, WIPFELI & MERRIT 1994). So konnte noch zwei Jahre nach der Applikation eine statistisch signifikant verringerte Zahl an Nichtziel-Lepidopteren an ihrer Wirtspflanze gefunden werden (MILLER 1990a). Weiterhin lässt sich aus der Anwendung von entsprechenden *B.t.*-Sporenpräparaten ein erhöhter Gefährdungsgrad für seltene Lepidopterenarten ableiten (MILLER 1990b).

Im Gegensatz zur zeitlich begrenzten Exposition von Insekten mit beißend kauenden Mundwerkzeugen durch in Deutschland ca. zweimal jährlich erfolgende oberflächliche Applikation konventioneller Spritzpräparate erfolgt bei konstitutiver Expression des Toxins in einer transgenen Pflanze eine permanente Exposition. Hiervon sind nun auch die bislang nicht exponierten Minierer und saugenden Insekten betroffen. Diese Erweiterung des Wirkspektrums auf bisher nicht betroffene Arten durch die veränderte Exposition kann erhebliche Auswirkungen auf die Abundanz von Nichtzielorganismen haben.

Außerdem können innerhalb von Nahrungsnetzen auch Organismen betroffen sein, die den Zielorganismus als Ressource benötigen (RODENHOUSE & HOLMES 1992). Bei Fütterungsversuchen im Labor zeigten HILBECK & BIGLER (1998) eine negative Beeinflussungen von Florfliege, die sich als Räuber von vergifteten Larven ernährt hatten. Gentechnisch veränderte Pflanzen, die ein *B.t.*-Toxin exprimieren, können somit indirekt die Abundanz von Nichtzielorganismen beeinflussen und Auswirkungen auf die Diversität in Agrarökosystemen aber auch in Nichtzielökosystemen haben, sofern eine Ausbreitung der Resistenz dorthin erfolgt.

Untersuchungen neueren Datums weisen auf einen Expositionspfad hin, der zunächst nicht berücksichtigt wurde und der Prüfung im Freiland bedarf. LOSEY et al. (1999) zeigten in Laborversu-

chen eine erhöhte Mortalität bei Larven des Monarchfalters, die mit Blättern einer Seidenpflanzenart ernährt worden waren, welche zuvor mit Pollen von *B.t.*-Mais eingestäubt worden waren.

Die Entstehung resistenter Ökotypen kann gefördert werden, wenn bei permanenter Expression des Toxins in einer unterschwelligen Dosis ein starker Selektionsdruck entsteht. Die Insektenresistenz könnte darüber hinaus in solchen Fällen leichter überwunden werden, wenn sie nur monogenisch determiniert ist. Weiterhin gibt es Hinweise, dass bei Toxin-exprimierenden Pflanzen die insektizide Wirkung der Bakteriensepsis wegfällt (BAUER 1995, FRANZ & KRIEG 1982, SWADENER 1994).

Durch die potenzielle Resistenzentwicklung seitens der Zielorganismen ist zu befürchten, dass auch Spritzpräparate, die derzeit für den ökologischen Landbau eine wichtige Alternative gegenüber konventionellen Insektiziden darstellen, längerfristig nicht mehr angewendet werden können.

Nach erfolgreicher Bekämpfung eines Schädling ist es denkbar, dass sich ein bis dahin neutraler Organismus zum Sekundärschädling entwickelt (MILLER 1990a, zitiert nach NEEMANN & SCHERWAB 1999). Eine oder mehrere Arten können mit größerer Populationsdichte auftreten als vor dem Einsatz der Toxin-exprimierenden Pflanzen.

Mais mit *B.t.*-Toxin wurde in der EU bisher dreimal zugelassen (einmal mit Einschränkungen) und zweimal beantragt.

4.2.1 Relevanz für ein Monitoring

Aufgrund der genannten Effekte ist ein Monitoring von Auswirkungen auf Ziel- und Nichtzielökosysteme mit hoher Priorität geboten. Hier sind besonders auch die sekundären Wirkungen im Agrarökosystem zu berücksichtigen. Weiterhin ist es erforderlich, regelmäßige Erhebungen zum Resistenzniveau der Zielorganismen durchzuführen. Dabei muss auch die unterschiedliche Anzahl von Generationen in den verschiedenen geographischen Räumen berücksichtigt werden. Außerdem sollten im Rahmen des Monitorings auch Expositionsabschätzungen vorgenommen werden, die z.B. Auswirkungen von Pollenablagerungen auf pflanzlichen Oberflächen berücksichtigen.

In Deutschland werden Gene für *B.t.*-Toxine zunächst nur in Mais zu finden sein (Cry I A(b) und dieser Mais wird voraussichtlich nur in den Befallsgebieten angebaut werden (z.B. Süddeutschland, Oderbruch). Ein Monitoring sollte daher zunächst regional und exemplarisch erfolgen. Eine geographisch bedeutendere Verbreitung werden *B.t.*-Gene erfahren, wenn Kartoffeln mit einer Resistenz gegen Kartoffelkäfer (Cry III A) angebaut werden. Bis zu diesem Zeitpunkt sollte daher ein Monitoring-Konzept für Kartoffeln vorliegen.

Einstufung: Hohe Priorität für *B.t.*-Mais in Anbaugebieten mit und ohne Maiszünsler-Befall, Bildung einer Datengrundlage für ein Resistenzmanagement.

Ebenfalls hohe Priorität bei Zulassung von *B.t.*-Kartoffeln.

4.3 Virusresistenz

Der Anbau virusresistenter Pflanzen könnte zur Reduzierung des Insektizideinsatzes gegen virusübertragende Insekten und zur Sicherung der Erträge beitragen. Umweltwirkungen virusresistenter Pflanzen sind aber je nach verwendetem Mechanismus differenziert zu beurteilen.

Mögliche Auswirkungen der Virusresistenz werden hier am Beispiel der Hüllprotein-Gen vermittelten Strategie vorgestellt. Eine weitere Möglichkeit der Erzeugung von Virusresistenz setzt dagegen am Langstreckentransport von Virus-RNA im Phloem an und verhindert die Verbreitung und Vermehrung der Viren in der Pflanze. Diese Strategie wird z.B. bei gentechnisch eingebrachter Resistenz gegenüber dem Kartoffelblatrollvirus (Potatoe-Leafroll-Virus, PLRV) verfolgt. Als dritte Strategie kann Virusresistenz mittels Satelliten-RNA erreicht werden. In Italien geplante Freisetzen wurden nur unter strengen Auflagen genehmigt, da aufgrund der hohen Instabilität dieser Sequenzen ein Risiko für die Umwelt gesehen wurde. Diese Strategie wird nicht weiter verfolgt.

Die Hüllprotein-Gen vermittelte Strategie, die bislang am häufigsten angewandt wird, stellt eine modifizierte Variante des „cross-protection-Konzepts“ dar. Bei dieser sogenannten Kreuzresistenz sind Zellen gegen eine Infektion durch pathogene Viren geschützt, wenn in den Zellen bereits andere Viren vorhanden sind (SANFORD & JOHNSTON 1985).

Verschiedene Risiken werden bei Vorliegen einer Mischinfektion gesehen (FALSK & BRÜNING 1994): Einerseits können Synergismen auftreten, d.h. es kann zu einer Symptomverstärkung Hüllprotein-vermittelter Funktionen durch Interaktion mit dem fremden viralen Hüllprotein kommen (z.B. erleichterte Ausbreitung in befallenen Pflanzen, erleichterte Erreichbarkeit für neue Vektoren). Ein weiteres Risiko besteht in der heterologen Enkapsidierung. Hierbei kommt es zur Neukombination von exprimiertem, transgenem Hüllprotein und der RNA fremder Viren. Einzelne Fälle von „Neuverpackungen“ zwischen verschiedenen Stämmen konnten nachgewiesen werden (FARINELLI et al. 1992). Klonierte Hüllproteine können außerdem Helfervirusfunktionen besitzen. Die fremdverpackten Virusgenome können von den zu dem Hüllprotein passenden Vektoren in andere Pflanzen übertragen werden, die vorher keine Wirtspflanzen für diesen Virus darstellten. Hierdurch kann zumindest ein einmaliger Wirtswechsel stattfinden.

Das transgene Capsid kommt im Gegensatz zu natürlicher Infektion in der gesamten Pflanze vor und ist dadurch potentiell anderen Vektoren zugänglich, als nur in der Wurzel (dies gilt z.B. für den Rizomania-Virus bei Wurzelinfektion). Darüber hinaus kann es zu einer RNA-Rekombination von transgenem Hüllprotein mit RNA-replizierenden Viren kommen, z.B. durch den sogenannten „copy-choice-Mechanismus“ (Matrizenwechsel während der Replikation). Dies kann zu neuen Viren oder zu Viren mit veränderter Virulenz führen. Die Rekombinationsmöglichkeiten hängen dabei von der eingeführten Sequenz und ihrer Länge einerseits und von dem betroffenen Virus andererseits ab. Bei den Freisetzungen Rizomania-resistenter Zuckerrüben konnte jedoch keine Rekombination mit anderen Viren festgestellt werden, was auf den relativ geringen Verwandtschaftsgrad des Rizomania-Virus (beet necrotic yellow vein virus, BNYSV) mit anderen Virusarten zurückgeführt wird (KÖNIG et al. 1995).

Im Zielökosystem sind Gene für Virusresistenzen bei Befall selektiv vorteilhaft für die angebauten Pflanzen selbst, transgene Durchwuchspflanzen und für transgene Hybride nach erfolgreichem Auskreuzen auf wildverwandte Arten, sofern diese ebenfalls für das entsprechende Virus sensitiv sind. In Agrarökosystemen ist sowohl Zuckerrüben- als auch Kartoffeldurchwuchs gut zu bekämpfen. Im Nicht-Zielökosystem bieten Virusresistenzen bei Befall solchen Pflanzen Selektionsvorteile,

die ebenfalls Wirtspflanzen sind und keine natürliche Resistenz besitzen. So wird z.B. die Rizomania-Resistenz für bekannte Wildrübenpopulationen an Nord- und Ostsee keinen erheblichen Selektionsvorteil bedeuten, da es sich hierbei nicht um Befallstandorte handelt und viele Wildrübenpopulationen natürliche Resistenzen aufweisen (GEYL et al. 1995). Die Verbreitung von Virusresistenzen in Wildpopulationen bedeutet aber nicht nur einen Selektionsvorteil, sondern birgt auch die bereits oben genannten Risiken in sich, da Viren in Wildpflanzen bisher nur unzulänglich erfaßt sind (ECKELKAMP et al. 1997, DANNEBERG & DRIESEL 1997) und in den meisten Wirtskreislisten der Viren solche Pflanzenarten fehlen, in denen symptomlose Infektionen vorwiegen (DINOOR 1974). Auch Einkreuzungen in Gärten könnten problematisch werden, wenn Gärten verwildern und transgene Hybriden nicht entfernt werden.

Die bisher bekanntesten Beispiele für gentechnisch hervorgerufene Virusresistenzen sind die Rizomania-Resistenz bei Zuckerrüben sowie die Potatoe-Virus-Y-Resistenz (PVY) und die Potatoe-Leafroll-Virus-Resistenz (PLRV, keine Hüllprotein-Gen vermittelte Strategie) bei Kartoffeln. Kartoffeln und auch Kulturrüben mit Virusresistenz werden derzeit freigesetzt, Anträge auf Inverkehrbringen liegen aber noch nicht vor.

4.3.1 Relevanz für ein Monitoring

Wenn es zum Anbau virusresistenter, mit Wildpflanzen kreuzbarer Kulturpflanzen, hier z.B. Kulturrüben, im kommerziellen Maßstab kommt, lässt sich für ein Monitoring aufgrund der zuvor genannten Eigenschaften des Zielgens in Kombination mit entsprechenden Eigenschaften der Kulturrüben eine mittlere bis hohe Priorität für Gebiete mit sensitiven Kreuzungspartnern ableiten.

Bei kommerziellem Anbau virusresistenter Kartoffeln wird eine mittlere Priorität für ein Monitoring gesehen. Die Priorität lässt sich dabei nicht von der Kulturpflanze ableiten, da Kartoffeln im Hinblick auf Umweltwirkungen als unproblematisch gelten. Vielmehr sind Viren, die im Zusammenhang mit Kartoffeln von Interesse sind, noch wenig im Hinblick auf mögliche Rekombination bzw. heterologe Enkapsidierung untersucht. Hier besteht Forschungsbedarf.

Das Auftreten von Pflanzenviren wird derzeit regelmäßig von den Pflanzenschutzämtern überwacht. Hier könnten unter Umständen auch Daten zu neuen Viren gesammelt werden.

Einstufung: Insgesamt derzeit geringere Priorität, Forschungsbedarf.

- **Bei Zulassung Rizomania-resistenter Kulturrüben: Mittlere bis regional begrenzt hohe Priorität;**
- **Bei Zulassung virusresistenter Kartoffeln: Mittlere Priorität;**

4.4 Männliche Sterilität

Die männliche Sterilität normalerweise zwittriger Pflanzen dient der Vereinfachung der Hybridsaatgutproduktion. Das System basiert im zweiten Schritt auf der Kreuzung einer männlich sterilen Linie mit einer Fertilitätsrestorerlinie. Hierdurch entsteht fertiles Hybridsaatgut, das sowohl das Gen für die männliche Sterilität als auch das Restorer-Gen enthält. Gelangt das Gen für die männliche Sterilität durch Auskreuzen in kreuzungskompatible Wildarten, so könnte die Populationsgröße der Wildarten beeinflusst werden.

Bei der männlich sterilen Linie kann eine Einstäubung von Fremdpollen verstärkt stattfinden, da kein „eigener“ Pollen für die Bestäubung zur Verfügung steht. Um die Chance einer spontanen Hybridisierung mit verwandten, kreuzungskompatiblen Arten aus der Begleitflora im Freiland zu verbessern, wurden aus diesem Grund auch verschiedentlich männlich sterile Linien verwendet (BARANGER et al. 1995, CHEVRE et al. 1997, LEFOL et al. 1991, zitiert nach NEEMANN & SCHERWAB 1999).

Die Nutzung von Heterosis-Effekten durch die Kombination der Eigenschaften getrennter reiner Linien in einer Hybridsorte ist ein angestrebtes Ziel in der Pflanzenzüchtung. Eine verlässliche männliche Sterilität hätte eine enorme Kosteneinsparung bei der Erzeugung von Hybridsaatgut zur Folge. Es verwundert daher nicht, dass insgesamt 6 Anträge auf Inverkehrbringen (3 davon bereits genehmigt) die gentechnisch erzeugte männliche Sterilität beinhalten (Raps und Radicchio).

4.4.1 Relevanz für ein Monitoring

Ein Monitoring sollte besonders die Auskreuzung sowie potentielle Auswirkungen auf die Ackerbegleitflora beinhalten. Gleichfalls berücksichtigt werden sollten potentielle Auswirkungen auf Nichtzielorganismen.

Einstufung: Hohe Priorität für Hybridraps

4.5 Verändertes Fettsäuremuster

Gentechnische Veränderungen des Fettsäuremusters sind in Deutschland sowie der gesamten EU vor dem Hintergrund der Diskussionen um Nachwachsende Rohstoffe von steigendem Interesse. Die Möglichkeiten, Fettsäuregewinnung mit landwirtschaftlichen Nutzpflanzen zu betreiben, sind an die Anbauwürdigkeit entsprechender Nutzpflanzen gebunden. Unter unseren klimatischen Bedingungen betrifft dies vor allem Brassica-Arten (insbesondere Raps). Da Raps deutliche Verschiebungen in seinem Fettsäuremuster toleriert, gleichzeitig aber auch ein hohes Ertragspotential aufweist, ist er wirtschaftlich ein besonders interessanter Nachwachsender Rohstoff. Durch entsprechende gentechnische Veränderungen kommt es zur Expression von für Raps z.T. neuartigen mittelkettigen Fettsäuren (z.B. Laurinsäure) in den Samen.

Fettsäuren sind wichtige Bestandteile der Reservesubstanzen von Samen. Die Eigenschaften der Samen (Dormanz, Keimfähigkeit oder Ausbreitung) sind eng mit deren Zusammensetzung verbunden (LEVIN 1974). Ein hoher Fettsäureanteil verleiht den Samen eine günstigere energetische

Ausstattung. Der Fettsäureanteil insgesamt ist beim Laurinsäureraps allerdings nicht erhöht. Dennoch ist ein verändertes Verhalten in der Frühphase der GVP nicht auszuschließen.

In Nichtzielökosystemen ist eine Verbreitung der neuen Eigenschaft via Pollen zu erwarten. Unerwünschte Veränderungen des Fettsäuremusters in benachbarten Rapsbeständen können daher auftreten. Eine Verschleppung der transgenen Samen durch Tiere oder Transportverluste ist wahrscheinlich. Selektiv vorteilhaft wirkt sich eine veränderte Fettsäurezusammensetzung nur dann aus, wenn durch ein neuartiges oder in seinen Gehalten stark verändertes Fettsäuremuster eine verbesserte Überlebensfähigkeit der Samen bewirkt wird. Denkbar wäre auch eine veränderte Dormanz. Samen von z.B. Laurinsäureraps besaßen jedoch keine erhöhte Überdauerungsfähigkeit. Allerdings scheinen diesbezügliche Ergebnisse standortabhängig zu sein (LINDER & SCHMITT 1995). Sollte sich ein verändertes Fettsäuremuster positiv auf die Konkurrenzfähigkeit der Samen auswirken, könnte sich Raps in Nichtzielökosystemen besser behaupten. Weiterhin ist bisher ungeklärt, ob die Veränderung des Fettsäuremusters samenfressende Organismen beeinflusst.

4.5.1 Relevanz für ein Monitoring

Für eine Dauerbeobachtung sind vor allem veränderte Konkurrenzeigenschaften der Samen sowie Auswirkungen auf Nichtzielorganismen von Interesse. Fragestellungen zur Änderung der Keimfähigkeit sollten jedoch bereits im Rahmen der Begleitforschung zu Freisetzungen bearbeitet werden.

Einstufung: Mittlere bis hohe Priorität bei Zulassung für spezifische Fragestellungen, Forschungsbedarf

4.6 Modifizierter Kohlenhydratstoffwechsel

Die Stärke von herkömmlichen Kartoffelknollen besteht zu ca. 80% aus Amylopektin und zu ca. 20% aus Amylose. Üblicherweise werden die beiden Stärkekomponten zur Gewinnung des Amylopektins technisch aufwendig getrennt, da für zahlreiche Verwendungen der Stärke sowohl im technischen Bereich als auch auf dem Nahrungsmittelsektor der Amyloseanteil von Nachteil ist. Gentechnisch veränderte Kartoffeln, deren Amyloseanteil in der Stärke reduziert werden konnte, bieten daher nicht zuletzt wirtschaftliche Vorteile.

Die Veränderung der Stärkezusammensetzung bedeutet ebenso wie ein verändertes Fettsäuremuster einen Eingriff in den pflanzlichen Stoffwechsel. Speicherprodukte des Kohlenhydratstoffwechsels können in bestimmten Entwicklungsphasen einer Pflanze einen hohen Anteil der Zellinhaltsstoffe stellen und dadurch das Umweltverhalten beeinflussen.

Veränderungen des Kohlenhydratstoffwechsels können einen Einfluss auf die Osmolarität des Zellsaftes ausüben. Dadurch kann die Frostempfindlichkeit der Kartoffelknollen verändert und somit die Überwinterungsfähigkeit beeinflusst werden (FIRBAS & ROSS 1962, HEERES et al. 1994, zitiert nach NEEMANN & SCHERWAß 1998). Eine Zunahme des Durchwuchses ist zu erwarten. Da die Bekämpfung von Kartoffeldurchwuchs auf bewirtschafteten Äckern mit den herkömmlichen Methoden kein Problem darstellt, bewirkt eine verbesserte Frosthärte insofern nur außerhalb der Ackerflächen einen Selektionsvorteil. Beim Transport verschleppte Knollen könnten jedoch ein gewisses Verwilderungspotential erhalten. Etablierungsmöglichkeiten bieten sich am ehesten auf Ruderalflächen.

Weiterhin können Veränderungen des Kohlenhydratstoffwechsels die Anfälligkeit gegenüber Schaderregern beeinflussen. Eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber Pilzen und Viren würde im Rahmen der Sortenzulassung auffällig. Denkbar wäre jedoch auch z.B. eine Bevorzugung solcher Kartoffeln durch Fraßschädlinge wie Wildschweine, Kleinsäuger oder Schnecken.

Für Kartoffeln mit einer Modifizierung des Kohlenhydratstoffwechsels wurde bisher zweimal die Marktzulassung beantragt.

4.6.1 Relevanz für ein Monitoring

Für Fragestellungen zur Überdauerung sowie zu Sekundäreffekten kann bei kommerziellem Anbau eine mittlere Priorität abgeleitet werden, da Kartoffeln in unseren Breiten ein ansonsten geringes „ökologisches Potential“ aufweisen. Untersuchungen zur Frosthärte sollten bereits freisetzungsbegleitend durchgeführt werden.

Einstufung: Mittlere Priorität für spezifische Fragestellungen, Forschungsbedarf;

5. Literatur

- AUERSWALD, K. (1996):** Probleme der Bodenerosion - Auswirkungen des Anbaus von Kulturpflanzen mit gentechnisch erzeugter Herbizidresistenz auf das Ausmaß der Bodenerosion und der Pestizidabschwemmung. In: VAN DEN DAELE W., PÜHLER A., SUKOPP H. (Hrsg.): Grüne Gentechnik im Widerstreit. VCH-Verlag, Weinheim 147-152.
- BARANGER, A.; CHÈVRE, A.M.; EBER, F. & RENARD, M. (1995):** Effect of oilseed rape genotype on the spontaneous hybridization rate with weedy species: an assessment of transgene dispersal. - Theoretical and Applied Genetics 91, 956-963.
- BARTSCH, D., SCHMIDT, M., POHL-ORF, M., HAAG, C. & SCHUPHAN, I. (1996):** Competitiveness of transgenic sugar beet resistant to beet necrotic yellow vein virus and potential impact on wild beet populations. Mol. Ecol., 5: 199-205.
- BAUER, L.S. (1995):** Resistance: A threat to the insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. Florida Entomologist 78 (3), 414-443.
- BROUWER, W., STÄHLIN, I. & CAESAR, K. (1976):** Die Beta-Rüben (Futter- und Zuckerrübe). In: BROUWER, W. (ed.): Handbuch des speziellen Pflanzenbaus. Bd. 2: 188-387. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- CAMPBELL, G.K.G. (1976):** Sugar beet - *Beta vulgaris* (Chenopodiaceae). In: SIMMONDS N.W. (ed.): Evolution of Crop Plants. Longman, London, 25-28.
- CHARBONNEAU, C.S., DROBNEY, R.D.; RABENI, C.F. (1994):** Effects of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on nontarget benthic organisms in a lentic habitat and factors affecting the efficacy of the larvicide. - Environmental Toxicology and Chemistry 13(2), 267-279.
- CHEN, B.Y., HENEEN, W.K. & JÖNSSON, R. (1988):** Resynthesis of *Brassica napus* L. through interspecific hybridization between *B. alboglabra* Bailey and *B. campestris* L. with special emphasis on seed colour. - Plant. Breed. 101: 52-59.
- CHÈVRE, A.M.; EBER, F.; BARANGER, A. & RENARD, M. (1997):** Gene flow from transgenic crops. - Nature 389, 924.
- DIEDERICHSEN, E. (1992):** Kombination verschiedener Resistenzen gegenüber *Plasmodiophora brassicae* wor. in resynthesierten Formen von amphidiploiden *Brassica*-Arten. -Dissertation, Inst. für Angew. Genet., Freie Universität Berlin.
- DANNEBERG, G. & DRIESEL, A. (1997):** Mögliche Wirkungen auf die Umwelt bei gentechnischen Arbeiten mit Phytopathogenen. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, UBA-Texte 58/97, 44-45.
- DINOOR, A.(1997):** Role of wild and cultivated plants in the epidemiology of plant diseases in Israel. Annual Review of Phytopathology 12, 413-436.
- DRIESEL, A. J. & DANNEBERG, G. (1996):** Stand der Sicherheitsforschung zur Freisetzung transgener Organismen. -Auswertung internationaler und nationaler Erkenntnisse- Forschungsbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes, Texte 43/96, Berlin.
- DÜLL, R. & KUTZELINGG, H. (1994):** Botanisch-ökologisches Exkursionstaschenbuch. 5. Auflage, Wiesbaden.
- EBER, F., CHÈVRE, A.M., BARANGER, A., VALLEE, P., TANGUY, X. & RENARD, M. (1994):** Spontaneous hybridization between a male-sterile oilseed rape and two weeds. - Theoretical and Applied Genetics, 88: 362-368.
- ECKELKAMP, C., JÄGER, M. & WEBER, B. (1997):** Risikoüberlegungen zu transgenen virusresistenten Pflanzen. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes. UBA-Texte: 59/97, 97.
- ERNST, D., FISCHBECK, G.G., SANDERMANN, H., LUDWIG, W., SCHLEIFER, K.H. & HARTMANN, A. (1997):** FORBIOSICH - Projekt Bayern. Vortrag zum Fachgespräch: Stand der Sicherheitsforschung zur Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen, durchgeführt vom Niedersächsischen Umweltministerium, Hannover.
- FALK, B.W. & BRÜNING, G. (1994):** Will transgenic crops generate new viruses and new diseases? - Science, 263: 1395-1396.
- FARINELLI, L., MALNOÉ, P. & COLLET, G.F. (1992):** Heterologous Encapsidation of Potato Virus Y Strain O (PVY-O) with the Transgenic Coat Protein of PVY Strain N (PVY-N) in *Solanum tuberosum* cv Bintje. Bio/Technology 10: 1020-1025.
- FELDMANN, S., BRANDES, S., MATZK, A., PFEILSTÄTTER, E. & SCHIEMANN, J. (1997):** Begleituntersuchungen des Landes Niedersachsen zur Freisetzung gentechnisch veränderter, Herbizid-resistenter Rapspflanzen in Gehrden. Vortrag zum Fachgespräch: Stand der Sicherheitsforschung zur Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen, durchgeführt vom Niedersächsischen Umweltministerium, Hannover

- FIRBAS, H. & ROSS, H. (1962):** Züchtung auf Frostresistenz bei der Kartoffel. II: Über die Frostresistenz der Knolle und ihre Beziehung zur Frostresistenz des Laubes. - Z. Pflanzenzüchtung 47: 51-66.
- FRANKE, W. (1992):** Nutzpflanzenkunde. Nutzbare Gewächse der gemäßigten Breiten, Subtropen und Tropen.- 5. Aufl., G.Thieme Verlag, Stuttgart-New York.
- FRANZ, J.M. & KRIEG, A. (1982):** Biologische Schädlingsbekämpfung. Paul Parey Verlag, Berlin.
- FRELLO, S., HANSEN, K.R., JENSEN, J. & JØRGENSEN, R.B. (1995):** Inheritance of rapeseed (*Brassica napus*) specific RAPD markers and a transgene in the cross of *B. juncea* x (*B. juncea* x *B. napus*). - Theoretical and Applied Genetics 91, 236-241.
- GEYL, L., GRACIA HEREZ, M., VALENTIN, P., HEHN, A. & MERDINOGLU, D. (1995):** Identification and characterization of resistance to rhizomania in an ecotype of *Beta vulgaris* ssp. *maritima*. - Plant Pathol., 44: 819-828.
- GLAND, A. (1982):** Gehalt und Muster der Glucosinolate in Samen von resynthetisierten Rapsformen. - Z. Pflanzenzüchtung 87: 613-617.
- HEYDEMANN, B. (1983):** Aufbau von Ökosystemen im Agrarbereich und ihre langfristigen Veränderungen. Daten und Dokumente zum Umweltschutz, Hohenheim, Bd. 35: 53-83.
- HILLBECK, A. & BIGLER, F. (1998):** Long-term questions related for agroecological effects of transgenic Bt-crops. In: Amann, K. (Ed.): Ecological risks and prospects of transgenic plants, where do we go from here ? A dialogue between biotech industry and science. Conference Abstracts, Bern, 15.
- JACKSON, J.K., SWEENEY, B.W., BOTT, T.L., NEWBOLD, J.D. & KAPLAN, L.A. (1994):** Transport of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* and its effect on drift and benthic densities of nontarget macroinvertebrates in the Susquehanna River, Northern Pennsylvania. - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 51(2), 295-314.
- JOHNSON, K.H., VOGT, K.A., CLARK, H.J., SCHMITZ, O.J. & VOGT, J. (1996):** Biodiversity and the productivity and stability of ecosystems. - Trends in Ecology and Evolution 11, 372-377.
- KÖNIG, R., LESEMANN, D.-E. & MAISS, E. (1995):** Attempts to detect heteroencapsidations or other non-intended side effects in transgenic sugarbeet expressing the coat protein gene of beet necrotic yellow vein virus (BNYVV). Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt, Heft 309, 31-38.
- KREUTZWEISER, D.P., HOLMES, S.B., CAPELL, S.S. & EICHENBERG, D.C. (1992):** Lethal and sublethal effects of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* on aquatic insects in laboratory bioassays and outdoor stream channels. - Bull. Environ. Contam. Toxicol. 49, 252-258.
- KÜBLER, E. (1996):** Getreide. In: Spezieller Pflanzenbau. - Heyland, K.-U., (Hrsg.), 155-202. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- LEFOL, E., DANIELOU, V. & DARMENCY, H. (1991):** Escape of engineered genes from rapeseed to wild Brassicaceae. - Brighton Crop Protection Conference - Weeds, 1049-1056.
- LONGDEN, P.C. (1976):** Annual beet: problems and prospects. - Pestic. Sci., 7: 422-425.
- LOSEY, J.E., RAYOR, L.S. & CARTER, M.E. (1999):** Transgenic pollen harms monarch larvae. - Nature 399, 214.
- MAHN, E.-G. (1996):** Auswirkungen der Komplementärherbizide auf Agrarökosysteme. Zu den Auswirkungen der Einführung herbizidresistenter Kulturpflanzen auf Ökosysteme. In: VAN DEN DAELE, W., PÜHLER, A., SUKOPP, H. (Hrsg.): Grüne Gentechnik im Widerstreit. VCH-Verlag, Weinheim: 162-165.
- MILLER, J.C. (1990a):** Field assessment of the effects of a microbial pest control agent on nontarget Lepidoptera. - American Entomologist, Summer, 135-139.
- MILLER, J.C. (1990b):** Effects of a microbial insecticide, *Bacillus thuringiensis* *kurstaki*, on nontarget Lepidoptera in a spruce budworm-infested forest. - Journal of Research on the Lepidoptera 29, 267-276.
- MOLLOY, D.P. (1992):** Impact of the Black Fly (Diptera: Simuliidae) control agent *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on chironomids (Diptera: Chironomidae) and other nontarget insects: Results of ten field trials. - Journal of the American Mosquito Control Association 8, 24-31.
- MORINAGA, T. (1934):** On the Chromosome number of *Brassica juncea* and *B. napus*, on the hybrid between the two, and an offspring line of the hybrid. - Jap. J. Genet. 9:161-163.
- NEEMANN, G. & SCHERWAß, R. (1999):** Materialien für ein Konzept zum Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, UBA-TEXTE 52/99.
- OBERNDORFER, E. (Hrsg., 1994):** Pflanzensoziologische Exkursionsflora. - 7. Aufl., 1050 S., Stuttgart.
- DER RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN (1998):** Umweltgutachten 1998. Umweltschutz: Erreichtes sichern - Neue Wege gehen. Stuttgart: Metzler-Poeschel.
- RAYBOULD, A.F. & GRAY A.J. (1993):** Genetically Modified Crops and Hybridization with Wild Relatives: A UK Perspective. - J. Appl. Ecol. 30: 199-219.

- RODENHOUSE, N.L. & HOLMES, R.T. (1992):** Results of experimental and natural food reductions for breeding black-throated blue warblers. - Ecology 73: 357-372.
- SANFORD, J.C. & JOHNSTON, S.A. (1985):** The concept of parasite-derived resistance - deriving resistance genes from the parasite's own genome. - J. Theor. Biol. 113: 395-405.
- SCHLEGEL, M. & REIßER, W. (1997):** Begleitforschung Sachsen. Vortrag zum Fachgespräch: Stand der Sicherheitsforschung zur Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen, durchgeführt vom Niedersächsischen Umweltministerium, Hannover.
- SUKOPP, U. & SUKOPP, H. (1994):** Ökologische Langzeiteffekte der Verwilderung von Kulturpflanzen. - Verfahren zur Technikfolgenabschätzung des Anbaus von Kulturpflanzen mit gentechnisch erzeugter Herbizidresistenz, 4. 144 S. Technische Universität Berlin, Institut für Ökologie, Ökosystemforschung und Vegetationskunde, Berlin.
- SWADENER, C. (1994):** *Bacillus thuringiensis* (B.t.). - Journal of pesticide reform: a publication of the Northwest Coalition for Alternatives to Pesticides 14(3): 13-20.
- TORGENSEN, H. (1996):** Ökologische Effekte von Nutzpflanzen - Grundlagen für die Beurteilung transgener Pflanzen? - Umweltbundesamt Wien (Hrsg.), Monographien Bd. 74: 54 S., Wien.
- U, N. (1935):** Genome analysis in Brassica with special reference to the experimental formation of *B. napus* and peculiar mode of fertilization. - Jap. J. Bot. 7: 389-452.
- UHRIG, H. & SALAMINI, F. (1997):** Perspektiven der Gentechnik in der Pflanzenzüchtung. In: BRANDT, P. (Hrsg.): Zukunft der Gentechnik. Birkhäuser-Verlag, Bern: 75-92.
- WINNER, C. (1982):** Zuckerrübenbau. Verlagsunion Agrar, Frankfurt (Main), München, Wien, Bern: 308 S.
- WIPFLI, M.S. & MERRITT, R.W. (1994):** Effects of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on nontarget benthic insects through direct and indirect exposure. - Journal of the North American Benthological Society 13, 190-205.
- ZSCHEISCHLER, J., ESTLER, M., STAUDACHER, W., GROß, F., BURGSTALLER, G., STREYL, H. & RECHMANN, T. (1990):** Handbuch Mais. - DLG-Verlag, 4. Aufl., Frankfurt.

2.1.4 Beobachtungs- und Referenzräume für das GVO - Monitoring

Frank Berhorn, Umweltbundesamt, FG IV 2.5; Frank.Berhorn@uba.de

Einleitung

Mit der Neufassung der EU-Freisetzungsrichtlinie 2001/18/EWG ist die Entscheidung für die gesetzliche Verankerung eines Monitoring von Auswirkungen gentechnisch veränderter Organismen (GVO) gefallen. An einer inhaltlichen Ausgestaltung des Monitoring wird derzeit deutschland- und europaweit gearbeitet. Nach den EU-Vorgaben gliedert sich das Monitoring in eine fallspezifische Überwachung und eine allgemeine überwachende Beobachtung („general surveillance“). Dabei sind unterschiedliche zeitliche und räumliche Ebenen zu berücksichtigen, um unmittelbare und direkte sowie auch spätere und indirekte Umweltveränderungen zu erfassen (Traxler et al. 2000).

Neben der Auswahl geeigneter Untersuchungsparameter kommt der Auswahl von Beobachtungs- und Referenzräumen eine entscheidende Bedeutung für ein zukünftiges Monitoring zu. Zunächst werden die dem Text zugrunde liegenden Definitionen zu den Begriffen Beobachtungs- und Referenzraum dargestellt:

Beobachtungsraum: Nach bestimmten Repräsentanzanforderungen bzw. Auswahlkriterien abgegrenzter Raum als räumliche Ebene zur weiteren Auswahl flächenscharfer Untersuchungs- oder auch Referenzräume.

Referenzraum: Im Rahmen des GVO - Monitoring ist es entscheidend, dass der Referenzraum ein Bereich ist, der möglichst frei von GVO sowie deren Umweltwirkungen bleibt. Die räumliche Lage ist von der Auswahl der Beobachtungsräume abhängig. Die konkrete Biotoptypenausprägung sowie noch auszuwählende Repräsentanzanforderungen müssen mit GVO – beeinflussten Untersuchungsräumen vergleichbar sein. Somit bietet sich, neben dem „Ausgangszustand“ vor GVO – Ausbringung, soweit dieser überhaupt erfasst ist, der Referenzraum als weiterer Vergleichs- und Bewertungsmaßstab an.

Mit dem vorliegenden Beitrag werden Überlegungen dargestellt, die für die Auswahl von Beobachtungs- und Referenzräumen von Bedeutung sind. Durch die Umweltbeobachtung liegen bereits langjährige Erfahrungen zur Auswahl von Beobachtungsräumen vor. Daher werden zuerst Programme vorgestellt, die für ein GVO - Monitoring methodische Bezugspunkte zur Auswahl von Beobachtungsräumen aufweisen. Nach dieser Vorstellung wird auf einzelne Aspekte und Rahmenbedingungen eingegangen, die bei der Auswahl von Beobachtungs- und Referenzräumen berücksichtigt werden müssen.

Bei der Auswahl von Beobachtungs- bzw. Referenzräumen ist zunächst zu hinterfragen, wie die Räume/Flächen bei anderen Monitoringprogrammen ermittelt und ausgewählt wurden. Gibt es Möglichkeiten, entsprechende Standorte in einem Programm zum GVO - Monitoring zu integrieren? Eine Darstellung inhaltlicher Verknüpfungen erfolgt derzeit im Rahmen des F u E-Vorhabens „Konzeptionelle Entwicklung eines Langzeitmonitoring von Umweltwirkungen transgener Kulturpflanzen“ (Züghart et al. 2001). Erste praktische Erfahrungen zur Nutzung bestehender Untersu-

chungsräume werden bereits bei der Durchführung der Modellprojekte gesammelt (vgl. Kap. 2.1.6 „Welchen Beitrag können Modellprojekte zur Entwicklung von Monitoringkonzepten gentechnisch veränderter Pflanzen leisten?“). Das niedersächsische Modellprojekt nutzt Bezugsräume der Bodendauerbeobachtung als Referenzräume für vegetationskundliche und bodenmikrobiologische Untersuchungen.

Zur vollständigen Beantwortung der Frage nach der Auswahl von Referenzräumen bedarf es, neben der nachfolgend dargestellten kurzen Übersicht, einer intensiven Recherche der angewandten Auswahlmethoden der jeweiligen Programme.

Auf Bundesebene gibt es eine große Zahl umweltbezogener Beobachtungsprogramme. So beschrieben Klitzing et al. (1998) 38 Programme verschiedener Ressorts mit 50 Beobachtungsnetzen, 788 Parametern und 495 Parameterausprägungen. Viele der Beobachtungsprogramme befassen sich mit rein stofflichen Fragestellungen, wodurch sich die Aufnahmen auf spezielle, auf das Programm ausgerichtete Parameter beschränken. Darum bestehen auch unterschiedliche räumliche Schwerpunkte der vorhandenen Beobachtungsräume bzw. der Beprobungsflächen. In Hinblick auf eine Auswahl von Beobachtungs- und Referenzräumen für das Monitoring von GVO scheinen daher von den bundesweiten Programmen anderer Ressorts nur wenige als nutzbar.

Nachfolgend wird exemplarisch das Vorgehen bei der Bodendauerbeobachtung und der Ökologischen Flächenstichprobe (ÖFS) dargestellt.

Boden - Dauerbeobachtungsflächen (BDF)

Die Boden-Dauerbeobachtung versteht sich als Instrument zur langfristigen Überwachung der Veränderung von Bodenzuständen und Bodenfunktionen und ist ein Instrument zur Umsetzung des Bundes-Bodenschutzgesetzes¹. Wichtige Ziele der bodenkundlichen Dauerbeobachtung sind die Ermittlung von Bodenmerkmalen und –eigenschaften sowie die anthropogene Belastung der Böden. Es sollen langfristig Bodenveränderungen infolge standort-, belastungs- und nutzungsspezifischer Einflüsse erfasst werden, wobei regionale Einflüsse berücksichtigt werden. Aus Gründen der Repräsentanz soll zukünftig die Auswahl der Standorte nach den Empfehlungen der ad-hoc-AG der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO 2000) nach Kriterien erfolgen, die die Landschafts-, Boden-, Nutzungs- und Belastungsrepräsentanz kennzeichnen. Derzeit ist, wie nachfolgend weiter ausgeführt, keine bundesweite Repräsentanz entsprechend dieser Kriterien vorhanden.

Die Boden-Dauerbeobachtung wird überwiegend von den Bundesländern durchgeführt. In vielen Ländern ist die Betreuung von Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) in Abhängigkeit vom Ökosystemtyp, in dem die BDF eingerichtet wurde, geregelt. Nach den von Spatz (2001) ausgewerteten Informationen von den Bundesländern besitzen die angelegten BDF eine „länderspezifische“ Repräsentanz. Als häufigstes Auswahlkriterium zur Ermittlung der Landschaftsrepräsentanz wurden naturräumliche Gliederungen und Erkenntnisse über die Bodenregionen/-Gesellschaften genutzt. So wurde beispielsweise auch bei der Flächenauswahl für die Boden- Dauerbeobachtung in

¹ Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502) Inkrafttreten am 1. März 1999

Bayern vorgegangen. Die Auswahl der Räume zur Anlage von konkreten Standorten der landwirtschaftlich genutzten BDF wurden zunächst anhand der standörtlichen Landschaftsgliederung Bayerns, die sich in insgesamt 121 Standorteinheiten aufteilt, ermittelt. Anhand von Bodenkarten im Maßstab 1: 25 000 und der Ortskenntnis der örtlichen Ämter für Landwirtschaft und Ernährung wurden dann konkrete Standorte ausgewählt.

Die derzeitigen BDF - Messnetze der Länder sind ursprünglich nicht als deutschlandweite systematische Stichprobenerhebung angelegt worden. Eine landesweite Auswertung des Bodenzustands ist mit den gegenwärtigen BDF-Daten daher nur punktbezogen möglich (Spatz 2001).

Um einen dauerhaften Betrieb der BDF zu gewährleisten, sind neben der langfristigen Verfügbarkeit der Flächen auch die konstante Beibehaltung der Nutzung bzw. einer charakteristischen Nutzungsfolge sowie die Erfassung der Bewirtschaftungsmaßnahmen erforderlich (LABO 2000).

Die Ökologische Flächenstichprobe (ÖFS)

Die „Ökologischen Flächenstichprobe“ (ÖFS) ist ein Konzept, mit dem erstmals bundesweit aussagekräftige und verlässliche Informationen und Daten über die Veränderungen in der Landschaft erhoben werden können. Dieses Beobachtungsinstrument wurde gemeinsam von dem Statistischen Bundesamt und dem Bundesamt für Naturschutz konzipiert.

Die nachfolgenden Ausführungen stammen, soweit nicht anders vermerkt, aus einem Übersichtsartikel von Dröschmeister (2001). Als Untersuchungsräume der ÖFS wurde zunächst der Offenland- und Waldbereich berücksichtigt. Erhebungen im urbanen Raum sind bisher nicht berücksichtigt. Die Auswahl der Beobachtungsflächen erfolgt nach einer geschichteten Zufallsstichprobe. Als Schichtungsgrundlagen werden zwei inhaltlich unterschiedliche Flächengliederungen herangezogen:

Standorttypen: Die Standorttypen sind hinsichtlich der Ausprägung abiotischer Umweltfaktoren (Klima, Boden, Orographie) homogenen räumliche Einheiten. Eine Raumgliederung in 6 Landschaftstypen und 21 Standorttypen wurde mittels einer Clusteranalyse definiert (Schröder et al. 2001). Auf die Vorgehensweise bei der Raumgliederung wird weiter unten eingegangen.

Bodenbedeckungstypen: Eine Zuweisung des Bodenbedeckungstyps erfolgte auf Grundlage von Satellitendaten (CORINE-Landcover 1990/91) durch die Zusammenführung von Einheiten in die Gruppen Wald, Offenland, Urbaner Raum und Wasserflächen.

Beide Schichtungsgrundlagen liegen für Deutschland flächendeckend vor und werden für die Ziehung der Stichprobenflächen miteinander verschnitten. Durch diese Verfahrensweise sind bundesweite Hochrechnungen der Ergebnisse möglich. Mit den angestrebten 800 Stichprobenflächen lassen sich bundesweit belastbare Aussagen zu den wichtigsten Fragen der ÖFS erzielen.

Zunächst erfolgt auf den 1 km² großen Stichprobenflächen eine Biotoptypenkartierung, die eine Beurteilung der Landschaftsqualität zulassen. Für ausgewählte Biotoptypen werden im Anschluss Unterstichproben ermittelt, auf denen Artenerhebungen durchgeführt werden.

Die Maximalversion sieht die Erfassung der Gruppen Farn- und Blütenpflanzen, Moose, Vögel, Amphibien, Tagfalter, Heuschrecken, Laufkäfer, Libellen und Wassermollusken vor (AKNU 1999).

Ein solches Erfassungsprogramm ist für eine auf fundierte Daten beruhende Beurteilung von Entwicklungen der Biodiversität erforderlich. Dieser Erfassungsrahmen musste insbesondere aus finanziellen Gründen eingeschränkt werden. Nun ist in einer Minimalversion des ÖFS - Konzeptes die Erfassung der Vögel auf der gesamten Stichprobenfläche und die der Heuschrecken auf ausgewählten Grünlandflächen sowie die Erhebung der Farn- und Blütenpflanzen in ausgewählten Biotoptypen vorgesehen.

Eine bundesweite Durchführung der ÖFS findet derzeit nicht statt. Nordrhein-Westfalen hat jedoch begonnen, auf der Grundlage von Stichproben Flächen auszuweisen und Erhebungen durchzuführen. Anders als bei der bundesweiten ÖFS vorgesehen, erfolgte in NRW die Auswahl der Standorte in Anlehnung an der „Potenziell Natürlichen Vegetation“ und einer Einteilung in Waldgesellschaften. Diese Standorte lassen sich jedoch in einem späteren bundesweiten ÖFS-Netz integrieren. Somit liegen erste Anwendungserfahrungen und Grundlagendaten vor (Seher mdl. Mitt., König 1999).

Vorschläge zur Auswahl von Beobachtungsräumen für das GVO - Monitoring

Zur Auswahl von Beobachtungsräumen muss geklärt werden, nach welchen Kriterien oder Methoden diese Auswahl erfolgen soll. Im Rahmen der dargelegten Vorschläge wird umrissen, wofür die einzelnen Räume repräsentativ sein müssen und wonach die Verteilung im Raum bzw. die Größe der Räume festgelegt werden kann.

Raumgliederung

Unter der Landschaftsökologischen Raumgliederung versteht man eine Klassifikation (Zusammenfassung) einzelner Flächen nach dem Grade ihrer Ähnlichkeit hinsichtlich landschaftsökologischer Kriterien. Im F u E- Vorhaben „Konkretisierung des Umweltbeobachtungsprogramms im Rahmen eines Stufenkonzeptes der Umweltbeobachtung des Bundes und der Länder“ wurde die Möglichkeiten der räumlichen und inhaltlichen Verknüpfung von Umweltmessnetzen überprüft (Schröder et al. 2001). Die während des Vorhabens weiterentwickelte ökologische Raumgliederung kann auch für das GVO-Monitoring ein entscheidendes Kriterium zur Auswahl der Beobachtungsflächen darstellen. Die verwendeten Grundlagenmerkmale der Raumgliederung sind:

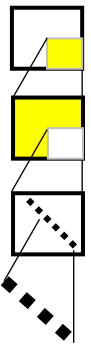
- die „Potenziell natürliche Vegetation“ (Zielvariable)
- die Bodenarten
- die Höhe sowie
- Klimadaten (d.h. Lufttemperatur, Niederschlagssumme, Verdunstungsrate und Globalstrahlung)

Die erstellte Raumgliederung beschreibt die landschaftsökologische Raumstruktur der nicht überschaubaren Landschaftsräume in Deutschland. Die für ein GVO - Monitoring erforderlichen Daten zur Herstellung spezifischer Repräsentanzen (z. B. Anbauschwerpunkte) können bei Bedarf als weitere Datenschicht/ Schnittmenge berücksichtigt werden. Aufgrund des angewandten hierarchischen Klassifizierungsverfahrens (CART-Classification and Regression Trees) (Schröder et al.

2001) erscheint die Raumgliederung für ein GVO – Monitoring grundsätzlich für die Auswahl repräsentativer Untersuchungsräume geeignet zu sein. Als weitere prägende Grundlage ist die derzeitige räumliche Nutzung bzw. der prägende Nutzungscharakter einzubeziehen.

Eine Auswahl von Beobachtungsräumen für das Monitoring von GVO sollte Schritt für Schritt in immer feingliedrigerer Abfolge der Untersuchungsebenen durchgeführt werden. Abbildung 1 enthält einen Vorschlag zur Gliederung zu betrachtender Untersuchungsebenen.

Abb.1: Überblick Untersuchungsebenen (vgl. Traxler 1997, Bastian & Schreiber 1999)

Untersuchungsebenen	Darstellungsmaßstab	Informationsart
 Raumklasse Beobachtungsraum flächenscharfer Untersuchungsraum Stichprobe im fl. Untersuchungsraum	z. B. 1: 500 000 z. B. 1: 100 000 z. B. 1: 5000 z. B. 1: 500	Übersicht ↓ Detail

Raumklassen können anhand der Daten der landschaftsökologischen Raumgliederung gebildet werden. Unter Raumklassen werden Raumeinheiten verstanden, in denen die Ausprägungen der zur Raumgliederung herangezogenen Merkmale weniger unterschiedlich sind als außerhalb dieser (Schröder et al. 2001).

Beobachtungsräume sollten großräumig umgrenzt werden. Neben den beabsichtigten Ausbringungsorten (z. B. Anbauflächen von HR-Raps) umfassen die Beobachtungsräume auch vergleichbare Agrarflächen, auf denen kein absichtlicher GVO - Anbau stattfindet, sowie weitere „nichtagrarische“ Lebensräume (z. B. Ackerrandstreifen, Hecken, Gewässer). Durch die Auswahl der Beobachtungsräume sollte ein repräsentativer Querschnitt aller in Deutschland verbreiteten Kultur- und Naturräume erfasst werden. Innerhalb dieser ausgesuchten Beobachtungsräume sind anhand vorher zu bestimmender Auswahlkriterien flächenscharfe Untersuchungsräume abzugrenzen. Je nachdem, welche Parameter zur Erhebung der Daten ausgewählt werden, können Stichproben auf der Ebene der eingegrenzten Untersuchungsräume erforderlich sein.

Referenzräume sollten danach ausgewählt werden, dass diese möglichst frei von GVO – Umweltwirkungen gehalten werden. Ebenso ist aber auch zu gewährleisten, dass die Referenzräume hinsichtlich ihrer Repräsentanz mit GVO -beeinflussten Untersuchungsräumen vergleichbar bleiben. Es ist noch zu klären, welche räumliche Ausdehnung bzw. Flächengröße für Referenzräume erforderlich sein wird, um das Kriterium „durch GVO möglichst gering beeinflusst“ und das Kriterium „natur- und kulturräumlich repräsentativ“ in einem Raum zu erfüllen.

Repräsentanz der natur- und kulturräumlichen Ausstattung Deutschlands

Generell sind für Beobachtungsräume nachfolgend aufgeführte Anforderungen zu berücksichtigen:

- **Landschaftsrepräsentanz** = Auswahl nach Repräsentativität der Natur- bzw. Kulturlandschaftsräume in Deutschland
- **Nutzungsrepräsentanz** = charakteristische/dominierende Nutzungen sowie Sondernutzungen
- **Repräsentanz Biota und Abiota**
- Eine **dauerhafte Sicherung der Flächen** vor ungewollten Veränderungen (z. B. durch gesetzlich verankerten Schutz)

Festlegung konkreter Untersuchungsräume

Nach der Auswahl großer Beobachtungsräume muss eine flächenscharfe Festlegung konkreter Untersuchungsräume vorgenommen werden.

Bei der Festlegung der Untersuchungsräume sind folgende Randbedingungen bzw. Einflussgrößen zu beachten:

- Auswahl der zu erfassenden Parameter
- Lage von GVO - Anbauflächen
- Entscheidung ob aktives und/ oder passives Monitoring
- besondere „Risikoräume“

Auswahl der zu erfassenden Parameter: Erst anhand der Auswahl der geeigneten Parameter und der Festlegung entsprechender Untersuchungsmethoden, kann entschieden werden, wo und in welcher Ausprägung und Größe ein Vergleichsraum in Frage kommt. Je nach Parameter und Methode variieren Untersuchungsebene, Raumgröße, Raumumfang, Stichprobenverteilung sowie Erfassungszeiträume und –intervalle. In diesem Zusammenhang sind die Erkenntnisse bereits etablierter Konzepte zur Umweltbeobachtung einzubeziehen (z. B. BDF; ÖFS in NRW). Weiter ist eine adäquate Stichprobengröße zu beachten. Falls kleinräumig vielfältige Unterschiede im ausgewählten Untersuchungsraum vorliegen, ist eine Unterteilung in definierte/standardisierte Untereinheiten durchzuführen.

Lage von GVO - Anbauflächen: Die Lage von Anbauflächen, sowie angrenzender GVO - beeinflusster Räume ist, hinsichtlich einer zu vermutenden erhöhten Wirkungsintensität, intensiv zu betrachten. Die kleinräumig unterschiedlich prägenden biotischen und abiotischen Faktoren sind soweit wie möglich bei der Auswahl von Vergleichsräumen einzubeziehen. Wesentlich ist auch die Art des menschlichen Einflusses in den Räumen wie z. B. die Art der vergangenen und derzeitigen Nutzung der einzelnen Untersuchungsflächen. Es ist zu prüfen, ob die Beschreibung dieser Nutzungen in Form des Hemerobiegrades ausreichend ist. Besonders beim Vergleich verschiedener Ackerbauflächen müssen Bewirtschaftungsunterschiede (z. B. Schlaggröße; Fruchtfolge; Maschinen- und Pflanzenschutzmitteleinsatz) berücksichtigt werden. Eine Vergleich ökologischer, integrierter und konventioneller Anbauflächen ist zu empfehlen.

Des weiteren ist die Frage zu klären, welche Kriterien angelegt werden können, um einen Standort als möglichst GVO-unbeeinflusst definieren zu können und welche Abstände für Referenzräume zu GVO-beeinflussten Räumen ggf. einzuhalten wären. Für ornithologische Untersuchungen schlägt Traxler (2000) beispielsweise für Referenzräume einen Mindestabstand zu Flächen mit Anbau von GVO von 1000-2000 m vor. Um solche bzw. weitere Mindestabstände festlegen zu können, sind bestehende Daten von Untersuchungen zu Wirkungsweisen bzw. –weisen einzubeziehen oder soweit erforderlich in weiteren Untersuchungen zu erheben.

Aktives und/oder passives Monitoring?: Die Methode des jeweils ausgewählten Monitorings beeinflusst die Wahl der Vergleichsräume. Beim aktiven Monitoring werden Testorganismen unter standardisierten Bedingungen im Untersuchungsgebiet exponiert. Zur Ermittlung raumbezogener Pollenverbreitungen könnten dies z. B. Honigbienen sein. Beim passiven Monitoring werden freilebende Organismen auf sichtbare oder unsichtbare Abweichungen von der „Norm“ als Zeichen einer Stresswirkung untersucht (nach Raabe in Schubert, 1991).

Besondere „Risikoräume“: Besondere „Risikoräume“ können beispielsweise Räume sein, in denen aufgrund der natur- und kulturräumlichen Begebenheiten ein erhöhtes Ausbreitungs- und/oder Überdauerungsrisiko gentechnisch veränderter Pflanzen zu erwarten ist (Stromtäler; Verkehrswege, Ruderalflächen) (Ellenberg 1996; Bonn & Poschold 1998). Es ist nicht bzw. nur sehr begrenzt prognostizierbar, wo und in welcher Intensität sowie in welcher zeitlichen Dimension Auswirkungen auf die Umwelt durch GVO erkennbar werden. Es wird vorgeschlagen, Räume oder Flächen, die sich aufgrund ihrer Lage oder einwirkender natürlicher oder anthropogen verursachter Standortänderungen als besonders „besiedlungsfreundlich“ herausstellen, im Rahmen des Monitorings besonders zu beachten. Die Modelle zur Ausbreitung und Etablierung von Populationen von Neozoen und Neophyten sollten berücksichtigt werden.

Fazit

Im vorliegenden Beitrag werden erste Vorschläge für Kriterien bzw. Randbedingungen zur Auswahl von Beobachtungs- und Referenzräumen genannt, die noch weiter zu gestalten und zu diskutieren sind. Im derzeitigen Entwicklungsstadium des GVO - Monitorings sind darüber hinaus noch eine Reihe von inhaltlichen und organisatorischen Fragen zu beantworten, die auf die spätere Auswahl der Räume entscheidenden Einfluss besitzen. Erst anhand jedes einzelnen Untersuchungsparameters kann entschieden werden, wo letztlich geeignete Beobachtungs- und Referenzräume liegen werden. In Bezug auf die Auswahl von Beobachtungsräumen und Referenzflächen für das Monitoring von Umweltwirkungen durch GVO gibt es daher u. a. noch folgende offene Fragen:

- Was sollen die ausgewählten Räume repräsentieren?
- Wie groß müssen, wie klein können die Auswahlräume und -flächen sein?
- Müssen die Repräsentanzen in einer bestimmten Reihenfolge gewichtet werden, wenn ja in welcher?
- Welche unterschiedlichen Vorgehensweisen sind z. B. auf Landesebene möglich und bleibt eine bundesweite Vergleichbarkeit erhalten?

- Soll die Ergebnisdarstellung/ Überwachungsfunktion auf allen räumlichen Untersuchungsebenen gewährleistet werden?
- Welcher Untersuchungsumfang ist aus statistischen Gründen unbedingt erforderlich (Feststellung des Minimums)?
- In welchen Bereichen und in welcher Art und Weise, ist eine Bestandsicherung von GVO-freien Referenzräumen zu gewährleisten?
- Wo ist diese Sicherung ohnehin eine einzuhaltende Pflicht (z. B. Naturschutzgründe, Ökolandbau)?

Diese und weitere Fragen werden in der zukünftigen Diskussion über die Auswahl von Beobachtungs- und Referenzräumen zu beantworten sein.

Literatur

- AKNU (Arbeitskreis „Naturschutzorientierte Dauerbeobachtung“) (1999): Fachkonzeption für eine „Naturschutzorientierte Umweltbeobachtung“, Stand 17. August 1999. – unveröffentlicht
- Bastian, O. & K.-F. Schreiber (1999): Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft. – G. Fischer, Berlin
- Bonn, S. & P. Poschold (1998): Ausbreitungsbiologie der Pflanzen Mitteleuropas. – Ulmer, Wiesbaden
- Dröschmeister, R. (2001): Bundesweites Naturschutzmonitoring in der „Normallandschaft“ mit der Ökologischen Flächenstichprobe. – in Natur und Landschaft 76. Jg. Heft 2, 2001, Stuttgart
- Ellenberg, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. – Ulmer, Stuttgart
- Klitzing, F. von, A. Corsten, A. Mischke (1998): Umweltbeobachtungsprogramme des Bundes - Integration der Beobachtungsprogramme anderer Ressorts, UBA-Texte 73/98. – Berlin
- Klitzing, F. von (2000): Konkretisierung des Umweltbeobachtungsprogramms im Rahmen eines Stufenkonzeptes der Umweltbeobachtung des Bundes und der Länder. Teilvorhaben 2: Fortschreibung der Dokumentation von Programmen anderer Ressorts. F u E-Vorhaben 299 82 212
- König, H. (1999): Die Bedeutung der Vögel als Indikatoren in der Ökologischen Flächenstichprobe (ÖFS, Landschaftsmonitoring). LÖBF-Mitt. 2/1999, 79-93
- LABO Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz / Ständiger Ausschuss Informationsgrundlagen (2000): Flächenhafte Darstellung punktbezogener Daten über Stoffgehalte in Böden, Workshop, veranst. vom Umweltbundesamt vom 28. bis 30.3.2000. – UBA- Texte 49/00 Berlin
- Schubert, R. (1991): Bioindikation in terrestrischen Ökosystemen. – G. Fischer, Jena
- Schröder, W. & G. Schmidt, R. Pesch, H. Matejka, T. Eckstein (2001): F u E-Vorhaben „Konkretisierung des Umweltbeobachtungsprogrammes im Rahmen eines Stufenkonzeptes der Umweltbeobachtung des Bundes und der Länder Teilvorhaben 3“ – vorläufiger Abschlussbericht, unveröffentlicht
- Spatz, P. (2001): Möglichkeiten der länderübergreifenden Auswertung an Standorten der Bodendauerbeobachtung, UBA-Texte 22/01. - Berlin
- Traxler, A. (1997): Handbuch des Vegetationsökologischen Monitorings. - Umweltbundesamt Wien
- Traxler, A., A. Heissenberger, G. Frank, C. Lethmayer, H. Gaugitsch (2000): Ökologisches Monitoring von gentechnisch veränderten Organismen. – Umweltbundesamt Wien
- Züghart, W., B. Breckling, R. Mißkamp, K. Schönthaler, S. Balla, G. Wicke, R. Brauner, B. Tappeser (2001): Konzeptionelle Entwicklung eines Langzeitmonitoring von Umweltwirkungen transgener Kulturpflanzen. - Zwischenbericht zum F u E Vorhaben FKZ 29989406 des Umweltbundesamts

2.1.5 Konzeptionelle Entwicklung eines Langzeitmonitoring von Umweltwirkungen transgener Kulturpflanzen

Zusammenfassung des F+E Vorhabens FKZ 299 89 406

W. Züghart, B. Breckling, Universität Bremen, Zentrum für Umweltforschung und Umwelttechnologie, UFT, Postfach 33 04 40, D - 28334 Bremen

Internet: http://www.uft.uni-bremen.de/risk/projekte/Monitoring_GVO/monitoring_gvo.html

Eine Markteinführung gentechnisch veränderter Kulturpflanzen ist auch in Deutschland für die nächsten Jahre zu erwarten. Voraussichtlich werden transgene Varietäten von *Raps* (*Brassica napus* L.), Mais (*Zea mays* L.), Zuckerrüben (*Beta vulgaris ssp. vulgaris* L.) und Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) als erste für einen konventionellen Anbau in der Landwirtschaft zugelassen (www.rki.de). Welche ökologischen Folgewirkungen mit einem großflächigen Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen (GVP) verbunden sind, ist heute weitgehend unbekannt. Zu erwarten sind zusätzliche und neuartige ökologische Wirkungen, die im Rahmen von Laborexperimenten sowie zeitlich und räumlich begrenzten Freilandexperimenten nicht untersuchbar und daher prospektiv auch nicht erkennbar sind. Dies betrifft insbesondere Effekte, die das komplexe Zusammenwirken aller Gegebenheiten im Agrarraum und der weiteren Umwelt betreffen, Effekte die sich erst in langen Zeiträumen ausprägen, die seltene Ereignisse zur Grundlage haben oder große Skalenbereiche umfassen (BRECKLING UND ZÜGHART 2001).

Eine prospektive Risikoabschätzung der Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Organismen ist auf gesicherter Grundlage demnach nur schwer möglich. Vor diesem Hintergrund wurde die Entwicklung und Durchführung eines Überwachungsplans nach Marktzulassung als verbindliche Maßnahme in die novellierte Freisetzungsrichtlinie (2001/18/EG) aufgenommen. Mittels eines Monitoring sollen direkte und indirekte, unmittelbare und spätere sowie unvorhergesehene schädliche Auswirkungen von GVO auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt festgestellt werden (AMTSBLATT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN 2001). Wie eine Überwachung nach Inverkehrbringung gestaltet sein sollte um diesen Anforderungen gerecht zu werden, ist derzeit Gegenstand vielfältiger Forschungsinitiativen (Monitoring-Modellprojekte der Länder/UFOPLAN 2000; BMBF-Förderschwerpunkt Sicherheitsforschung und Monitoring u.a.) und Arbeitskreise (AG Anbaubegleitendes Monitoring/BBA; Bund/Länder AG Monitoring von GVO/UBA, AK Gentechnik/GfÖ u.a.).

Das Ziel des hier beschriebenen Forschungsvorhabens ist ein Beitrag zur konzeptionellen Entwicklung eines Langzeitmonitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Kulturpflanzen. Im Zentrum steht die Entwicklung eines methodischen Instrumentariums, anhand dessen ökologische Folgewirkungen transgener Kulturpflanzen nach Inverkehrbringung erkannt und dokumentiert werden können. Darüber hinaus werden Möglichkeiten und Grenzen der Einbindung gentechnikspezifischer Fragestellungen in bestehende Umweltbeobachtungsprogramme des Bundes und der Länder evaluiert. Die konzeptionelle Entwicklung des Langzeitmonitoring erfolgt fallspezifisch. Auf der Grundlage einer vom UBA erstellten Prioritätenliste (siehe Kap. 2.1.3) wurden die transgenen Kul-

turpflanzen insektenresistenter (B.t.)-Mais, herbizidresistenter (HR)-Raps, virusresistente (VR)-Zuckerrüben und Kartoffeln mit veränderter Stärkezusammensetzung ausgewählt. Entscheidende Kriterien waren Stand der Marktzulassung, wirtschaftliche Bedeutung sowie das Potenzial für ökologische Wirkungen der jeweiligen Kulturpflanzen und ihrer transgenen Eigenschaften.

Das Forschungsvorhaben wurde im Dezember 1999 begonnen und soll im April 2002 abgeschlossen werden. Die erste Projektphase beinhaltete insbesondere die Ermittlung und Evaluation potenziell relevanter Wirkungszusammenhänge und bereits etablierter Umweltüberwachungsprogramme. Der Bearbeitungsstand wurde im Rahmen eines Workshop präsentiert und ist in einem Zwischenbericht (ZÜGHART ET AL. 2001) dokumentiert.

Aufbauend auf eine umfangreiche Literaturlauswertung wurden insgesamt 112 Ursache-Wirkungshypothesen ermittelt. Sie dokumentieren den aktuellen Wissensstand zu möglichen Umweltwirkungen gentechnisch veränderten Raps, Mais, Zuckerrüben und Kartoffeln. In einem weiteren Schritt erfolgt nun eine Einengung und Priorisierung der Ursache-Wirkungshypothesen sowie eine Spezifizierung geeigneter Beobachtungsparameter. Anhaltspunkte sind neben der ökologischen Relevanz u.a. Kriterien der Messbarkeit und Praktikabilität sowie der inhaltlichen Abdeckung der zu wahrenen Schutzgüter.

Bei der Auswahl geeigneter Erhebungsmethoden soll nach Möglichkeit auf bewährte und standardisierte Methoden zurückgegriffen werden. Nicht für alle Fragestellungen ist dies möglich. Insbesondere der molekularbiologische Nachweis von Fremdgenkonstrukten, z.B. im Zusammenhang mit Auskreuzungsereignissen (THOMPSON ET AL. 1999, TREU UND EMBERLIN 2000) oder horizontalem Gentransfer (ERNST ET AL. 1998, DE VRIES ET AL. 1999), erfordert die Etablierung neuer bzw. Optimierung vorhandener Erfassungsmethoden. Aber auch der Nachweis möglicher Umweltwirkungen, wie z.B. die Veränderung der mikrobiellen Diversität im Boden, stellt neue methodische Anforderungen (HEISSENBERGER ET AL. 1999, BACHMANN ET AL. 2000). Eine Recherche in der BRD durchgeführter Begleitforschungen ergab, dass hinsichtlich komplexerer Fragestellungen, wie z.B. Nahrungsketteneffekte transgener Kulturpflanzen, bisher keine empirischen Erfahrungen vorliegen (ZÜGHART ET AL. 2001).

Auf der Grundlage der ermittelten Wirkungszusammenhänge kristallisieren sich drei Kernbereiche eines Langzeitmonitoring heraus:

◆ **Unspezifisches Monitoring von Fremdgenkonstrukten**

Routinemäßige Erfassung inverkehrgebrachter Fremdgenkonstrukte in repräsentativen Umweltmedien

◆ **Fallspezifisches Monitoring von Populationseffekten**

Beispiele:

Erfassung von Verwilderungs- und Hybridisierungsereignissen und deren Auswirkungen

Erfassung von horizontalem Gentransfer und den Auswirkungen

Erfassung direkter Nahrungsketteneffekte

◆ Fallspezifisches und fallübergreifendes Monitoring von Biodiversitätseffekten

Beispiele:

Erfassung von Veränderungen der Artenzusammensetzung

Erfassung indirekter und komplexer Nahrungsketteneffekte

Erfassung von Wirkungen auf den Landschaftshaushalt

Die Erfassung und Dokumentation von Umweltwirkungen transgener Kulturpflanzen soll nach Möglichkeit in bestehende Beobachtungsprogramme integriert werden. Daher lag ein weiterer Schwerpunkt der ersten Projektphase in der Evaluierung von Messnetzen und Umweltbeobachtungsprogrammen des Bundes und der Länder. Es wurden prioritär Beobachtungsprogramme analysiert, die Datenerhebungen in den Medienbereichen Biota, Boden und Luft und darüber hinaus in Agrar-ökosystemen vorsehen. Die recherchierten Mess- und Beobachtungsprogramme sind nun hinsichtlich ihrer Eignung für ein Monitoring von Umweltwirkungen transgener Kulturpflanzen zu bewerten und mögliche Anknüpfungspunkte zu konkretisieren. Sie werden dahingehend geprüft, ob Erhebungen von Parametern vorgesehen sind, die Beiträge zur Beantwortung gentechnikspezifischer Fragestellungen liefern oder ob sie organisatorische Voraussetzungen für eine Erweiterung des Parameter-Sets bieten. Auch wenn sich herausstellt, dass eine inhaltliche Anbindung nicht machbar ist, könnten vorhandene Mess- und Beobachtungsstandorte und –flächen sowie Infrastrukturen im Rahmen eines Langzeitmonitoring genutzt werden.

Da ein Langzeitmonitoring von Umweltwirkungen transgener Kulturpflanzen nicht flächendeckend auf allen betroffenen Ackerflächen im gesamten Gebiet der BRD durchgeführt werden kann, müssen Grundlagen und Kriterien für die Auswahl repräsentativer Untersuchungsgebiete entwickelt werden. Von wesentlicher Bedeutung sind hier geographische Informationen sowie raumbezogene Sachdaten zu den Kulturpflanzen. So kann z.B. die ökologische Raumgliederung Deutschlands (SCHRÖDER UND SCHMIDT 2001) als geeignete Grundlage für die Berücksichtigung repräsentativer Landschaftsräume verwendet werden. Unter der Prämisse, dass in Gebieten mit regionalen Anbauschwerpunkten der Kulturarten auch eine Inverkehrbringung der transgenen Kulturpflanzen wahrscheinlich ist, sollen z.B. statistische Anbaudaten für eine Gebietseingrenzung hinzugezogen werden (STATISTIK REGIONAL 1999). Im Rahmen des Forschungsvorhabens werden daher verfügbare Daten zum Abiozön, Biozön, der Landnutzung sowie zu den Mess- und Beobachtungsprogrammen recherchiert, z.T. digitalisiert und im GIS (Geographisches Informationssystem) integriert.

Aufbauend auf die Datengrundlage der ersten Projektphase erfolgt in der zweiten Phase des Forschungsvorhabens, wie bereits angedeutet, eine Synthese der Ergebnisse sowie eine Weiterführung und Konkretisierung für ein fallspezifisches Langzeitmonitoring. Ziel ist die Erstellung eines so genannten Leitfadens für die Erfassung und Dokumentation möglicher Umweltwirkungen der transgenen Linien B.t.-Mais, HR-Raps, VR-Zuckerrüben und stärkeveränderte Kartoffeln. Darüber hinaus werden Vorschläge für eine Regionalisierung des Monitoring erarbeitet.

LITERATUR

- BACHMANN, S., SCHMALENBERGER, A., TEBBE, C.C. (2000): Biologische Begleitforschung zu den bodenmikrobiologischen Auswirkungen von Fruchtfolgen mit transgenen, herbizidresistenten Nutzpflanzen. In: Schiemann, J. (Hrsg.), Freisetzungsbegleitende Sicherheitsforschung mit transgenen Organismen und anbaubegleitendem Monitoring, Proceedings zum BMBF-Statusseminar, 29.-30.6.1999, Braunschweig.
- BRECKLING, B., ZÜGHART, W. (2001): Die Entwicklung einer ökologischen Langzeitbeobachtung beim großflächigen Anbau transgener Nutzpflanzen. In: UBA-Berichte 03/01 (in Druck).
- DE VRIES, J., HARMS, K., WACKERNAGEL, W. (1999): Untersuchungen zur Entlassung von T4-Lysozym und rekombinanter DNA aus transgenen, T4-Lysozym-produzierenden Kartoffeln. In: Schiemann, J. (Hrsg.), Freisetzungsbegleitende Sicherheitsforschung mit gentechnisch veränderten Pflanzen und Mikroorganismen, Proceedings zum BMBF-Workshop, 25.-26. Mai 1998, BBA, Braunschweig.
- ERNST, D., ROSENBRÖCK, H., HARTMANN, A., KIRCHHOF, G., BAUER, S., LUDWIG, W., SCHLEIFER, K.-H., SANDERMANN, H., FISCHBECK, G. (1998): Sicherheitsforschung zu Freisetzungsversuchen in Roggenstein (Bayern). Bundesgesundheitsblatt 12.
- HEISSENBERGER, A., UNGER, G., WOTTAWA, A., SCHMIDT, J. (1999): Möglichkeiten zum Monitoring des Einflusses transgener Pflanzen auf Bodenmikroorganismen. Reports R-160, Umweltbundesamt Wien.
- RICHTLINIE 2001/18/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L 106/1, 2001.
- SCHRÖDER, W., SCHMIDT, G. (2001): Defining ecoregions as framework for the assessment of ecological monitoring networks in Germany by means of GIS and Classification and Regression Trees (CART). In: Gate to Environmental and Health Science.
- STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER (Hrsg.) (1999): CD-Rom Statistik Regional. Daten und Informationen.
- THOMPSON, C.E., SQUIRE, G., MACKAY, G.R., BRADSHAW, J.E., CRAWFORD, J., RAMSAY, G. (1999): Regional patterns of gene flow and its consequences for GM oilseed rape. In: British Crop Protection Council (ed.): Symposium Proceedings no. 72: Gene Flow and Agriculture – Relevance for Transgenic Crops.
- TREU, R., EMBERLIN, J. (2000): Pollen dispersal in the crops Maize (*Zea mays*), Oil seed rape (*Brassica napus* ssp. *oleifera*), Potatoes (*Solanum tuberosum*), Sugar beet (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris*) and Wheat (*Triticum aestivum*) – Evidence from publications, Soil Association from the National Pollen Research Unit, Worcester; Bristol. www.soilassociation.org.
- ZÜGHART, W., BRECKLING, B., MIßKAMPF, R., SCHÖNTHALER, K., BALLA, S., WICKE, G., BRAUNER, R., TAPPESER, B. (2001): Konzeptionelle Entwicklung eines Langzeitmonitoring von Umweltwirkungen transgener Kulturpflanzen., FKZ 299 89 406, Zwischenbericht, unveröffentlicht.

*Forschungsvorhaben im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin**AuftragnehmerInnen:**PD Dr. Broder Breckling (Projektleitung)**Wiebke Züghart**Universität Bremen, Zentrum für Umweltforschung und Umwelttechnologie (UFT)**Unter Mitarbeit von:**Gisela Wicke, Gehrden**Ragna Mißkampff (Universität Bremen, Institut für Ökologie und Evolutionsbiologie)**Konstanze Schönthaler, Stefan Balla (Bosch & Partner GmbH München)**Ruth Brauner, Dr. Beatrix Tappeser (Öko-Institut e.V. Freiburg)*

2.1.6. Welchen Beitrag können Modellprojekte zur Entwicklung von Monitoringkonzepten gentechnisch veränderter Pflanzen leisten?

Anne Miehe, Umweltbundesamt, FG IV 2.5, Anne.Miehe@uba.de

Einleitung

Derzeit beschäftigen sich in Deutschland verschiedene Institutionen und zwei Arbeitsgruppen, die Bund/Länder-AG „Monitoring der Umweltwirkungen von gentechnisch veränderten Pflanzen“ (kurz: BLAG Monitoring) und die Arbeitsgruppe der Biologischen Bundesanstalt „Anbaubegleitendes Monitoring“ (BBA-AG), mit der Entwicklung eines Monitoringkonzeptes für gentechnisch veränderte Pflanzen (GVP). Für unterschiedliche Zielsetzungen werden Konzepte mit unterschiedlichen Schwerpunkten entwickelt.

Im vorangegangenen Beitrag wurde ein Forschungsvorhaben vorgestellt, für den eine Gruppe von Wissenschaftlern im Auftrag des Umweltbundesamtes zunächst mögliche Wirkungshypothesen zusammenstellt und daraus erforderliche Untersuchungsparameter ableitet (FuE-Vorhaben: Konzeptionelle Entwicklung eines Langzeitmonitoring von Umweltwirkungen transgener Kulturpflanzen, Breckling et al, FKZ 299 89 406, s. Kap. 2.1.5). Im Rahmen dieses Vorhabens werden auch vorhandene Programme der Umweltbeobachtung oder des Naturschutzes auf ihre Nutzbarkeit für Fragestellungen des Monitorings untersucht. Ergänzend wird vorhandenes Methodeninventar zusammengetragen.

Es entsteht der Rahmen für ein Konzept, bei dessen Erarbeitung bereits frühzeitig unterschiedliche Interessensgruppen berücksichtigt wurden. Wo aber sind die Grenzen einer solchen Konzeptentwicklung?

Grenzen der Konzeptentwicklung

Bei der praktischen Durchführung des Monitorings gibt es noch eine Reihe offener Fragen. Denn die Grenzen eines Konzeptes liegen überall dort, wo theoretische Fallgestaltungen durch Untersuchungen in Feld und Labor überprüft werden müssen. Beispielhaft sei hier auf Fragestellungen im Zusammenhang mit der Erhebung des Ausgangszustands als Vergleichsgröße und mit dem Methodeninventar verwiesen.

Ein Monitoring braucht Vergleichsgrößen, um Veränderungen überhaupt wahrnehmen zu können. Der Ausgangszustand als Vergleichsgröße stellt in diesem Fall die „Nulllinie“ vor Einbringen von GVP in großem Maßstab in die Umwelt dar (vgl. „Eckpunkte zum Monitoring von GVP“, Kap. 2.1.2). Auch der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU), der sich in seinem Jahresgutachten 1998 mit den Umweltproblemen gentechnisch veränderter Organismen (GVO) befasst hat, setzt für ein effizientes Monitoring von GVO voraus, dass Referenzdaten des von GVO noch unbeeinflussten Zustandes vorhanden sind.

Für die Erhebung des Ausgangszustands stellen sich beispielsweise eine Reihe von bisher noch unbeantworteten Fragen: Wie kann oder muss diese Nulllinie festgelegt werden? Wie langfristig und umfassend müssen entsprechende Erhebungen angelegt werden, um die erwünschte Aussagekraft zu besitzen? Wie kann die übliche Schwankungsbreite, die z.B. durch Sortenvielfalt und/oder klimatische Abweichungen auch ohne den Einsatz von GVP hervorgerufen wird, hinreichend berücksichtigt werden? Welche und wie viele Referenzflächen sind erforderlich?

Ein weiteres Beispiel für einen Aufgabenbereich, der in der praktischen Anwendung noch eine Reihe offener Fragen aufweist, ist das Methodeninventar. Für die Untersuchung einiger Parameter stehen z.B. mehrere verschiedene Methoden zur Auswahl. Welche ist die am besten geeignete? Welche ist die vielleicht kostengünstigste? Wie viel Personal wird benötigt? Sind auch neue, alternative Lösungen denkbar? Wo müssen neue Methoden entwickelt werden, weil keine geeigneten zur Verfügung stehen?

Solche offenen Aspekte müssen unter realistischen Bedingungen geprüft werden. In verschiedenen Länderbehörden bestehen langjährige Erfahrungen im Umgang mit Untersuchungen und Methoden aus anderen Beobachtungsprogrammen, die auch für ein Monitoring von GVP nutzbar sind (z.B. Vegetationskartierungen, Bodenuntersuchungen, molekularbiologische Untersuchungen). Diese Erfahrungen sollen im Rahmen der Modellprojekte genutzt werden und somit zur Konzeptentwicklung für das Monitoring beitragen.

Warum Modellprojekte?

Der SRU kam in seinem Jahresgutachten 1998 zu dem Schluss, dass wegen der Unwägbarkeiten, die mit der Vorhersage ökologischer Wirkungen von GVO im Rahmen des Vollzugs des Gentechnikgesetzes (GentTG) verbunden sind, diese Prognosen laufend an der Realität zu überprüfen und eine ökologische Dauerbeobachtung einzurichten seien. Diese ökologische Dauerbeobachtung, die an den Zielen der biologischen Sicherheit und des Naturschutzes auszurichten sei, sollte sich als breit angelegtes Programm auf transgene Kulturpflanzen und ihre Wildverwandten in Deutschland konzentrieren und sich auf wesentliche Organismen und Umweltfaktoren beschränken. Darüber hinaus empfahl der Umweltrat, zunächst Fallstudien zu initiieren, mit deren Hilfe festgelegt werden kann, welche Detailfragen in den Dauerbeobachtungsprogrammen bearbeitet werden sollen.

Das Umweltbundesamt hat die Empfehlungen des Umweltrates, die von der Umweltministerkonferenz (UMK) in ihrem Beschluss 1998 unterstützt wurden, aufgenommen und gemeinsam mit den Bundesländern in der BLAG Monitoring eine Prioritätenliste vorgelegt sowie Modellprojekte initiiert, die diese Prioritäten berücksichtigen. Das BMU stellte erstmals im Jahr 2000 im Umweltforschungsplan (kurz: UFOPLAN) Mittel für die Durchführung solcher Modellprojekte zur Verfügung.

Um die Bedeutung der Zusammenarbeit zwischen Bund und Ländern in diesem Bereich hervorzuheben, sollten die Modellprojekte auf Vorschlag der Länder gestaltet und durchgeführt werden. Die Finanzierung sollte anteilig auf Bund und Länder verteilt werden (Länderanteil: 50% der Gesamtkosten).

Welche Modellprojekte?

Im Jahr 2000 konnten zunächst fünf Modellprojekte in Zusammenarbeit mit den Ländern Bayern, Brandenburg, Bremen, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen gefördert werden. Weitere 3 Projekte folgen voraussichtlich im Jahre 2001. Die Laufzeit der einzelnen Projekte beträgt meist ca. 3 Jahre. Alle Projekte sollen Ende 2004 abgeschlossen werden. Eine Übersicht über die laufenden und geplanten Modellprojekte und die bearbeiteten Fragestellungen befindet sich in Tabelle 1.

Um die Bearbeitung der jeweiligen Fragestellungen in den Gesamtkontext einer Konzeptentwicklung stellen zu können, besteht zwischen den einzelnen Vorhaben ein intensiver Austausch. Es wurde ein projektübergreifender Arbeitskreis gegründet, der sich mindestens einmal jährlich (bei Bedarf auch häufiger) zusammenfindet, um aktuelle Ergebnisse zu diskutieren. Hierbei wird auch das Forschungsvorhaben zur Konzeptentwicklung (Kap. 2.1.5) einbezogen.

Alle Projekte sollen nach Beendigung im Rahmen eines abschließenden Vorhabens gemeinsam ausgewertet und die Ergebnisse mit denen des FuE-Vorhabens „Konzeptionelle Entwicklung eines Langzeitmonitoring von Umweltwirkungen transgener Kulturpflanzen“ (Kap. 2.1.5) zusammengeführt werden.

Tab.1: Überblick über Modellprojekte zum Monitoring von GVP aus dem UFOPLAN 2000 und 2001

Bundesland	Titel des Vorhabens	Laufzeit
Bayern (I)	Umweltmonitoring möglicher Auswirkungen des landwirtschaftlichen Anbaus gentechnisch veränderter Pflanzen auf die einheimische Flora und Fauna	5/00 bis 10/04
Brandenburg	Evaluierung von Kriterien für das Monitoring transgener Kartoffelpflanzen mit Änderungen im Grundstoffwechsel	10/00 bis 12/03
Bremen	Entwicklung eines standardisierbaren Monitoring-Verfahrens auf der Basis von technischen und biologischen Pollenakkumulatoren und Gen-Screening für eine erste Stufe eines GVO-Monitoring im Hinblick auf flächendeckende, raum-zeitliche Dokumentation von Eintrag und Verbreitung von GVO	7/00 bis 12/03
Niedersachsen	Untersuchungen zur Verbreitung und Anreicherung von Transgensequenzen in der Umwelt über Auskreuzung und Bodeneintrag am Beispiel von HR-Raps	6/00 bis 12/03
Nordrhein-Westfalen	Monitoring von herbizidresistentem Raps (HR) in NRW	10/00 bis 12/03
Bayern (II)	Entwicklung eines Konzeptes für die Untersuchung des Einflusses von GVP auf die Zusammensetzung der Pflanzengemeinschaft in Nichtzielökosystemen	7/01 bis 12/03
Hessen	Wirkung von Ernterückständen transgener Pflanzen auf die mikrobielle C- und N-Transformation in landwirtschaftlich genutzten Böden am Beispiel von Bt-Mais	9/01 bis 12/04
Bayern (III)	Interessensbekundung: Übertragung punktförmiger Pollendaten in den Raum	in Planung

Im Folgenden werden die einzelnen Projekte vorgestellt.

Bayern (I und II)¹

Im Rahmen der beiden bayerischen Projekte wird geprüft, wie der Ausgangszustand für bestimmte Flächen aufgenommen werden kann. Auf den Flächen führt das bayerische Landesamt für Umweltschutz über die gesamte Laufzeit des Vorhabens Vegetationskartierungen durch. Die Kartierungsmethoden werden eng mit anderen Modellprojekten, die ebenfalls Kartierungen beinhalten, rückgekoppelt.

Das erste Vorhaben beschäftigt sich mit der Untersuchung einer möglichen Verschiebung des natürlichen Artenspektrums. Es werden pflanzensoziologische und genetische Daten zur Feststellung des Ausgangszustandes erhoben, um Vergleichsdaten für ein anschließendes Dauermonitoring zu erhalten. Die Erhebungsflächen liegen in einem Gebiet, das durch intensive landwirtschaftliche Nutzung geprägt wird, in dem zukünftig auch der Anbau von transgenem Raps zu erwarten ist. Im Untersuchungsgebiet werden Nichtzielökosysteme, eine Auenwiese und ein Halbtrockenrasen untersucht, die durch den Anbau von GVP beeinflusst werden könnten. Im Vordergrund stehen Flächen an einem Freisetzungsort mit gentechnisch verändertem Raps und einer Referenzfläche zwischen Neustadt an der Donau und Kehlheim. Im Vordergrund der Betrachtungen stehen Brassicaceen, da sie als Kreuzungspartner von angebautem Raps in Frage kommen.

Ziel des zweiten Vorhabens ist die Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Messung und Bestimmung von Parametern, die die Zusammensetzung von Pflanzengemeinschaften beeinflussen. Es wird angestrebt, eine anwendungsreife Methode zu erhalten, die mögliche Auswirkungen durch die Kultur von transgenem Raps auf die Pflanzengemeinschaften in den ackernahen Biotopen identifiziert. Dazu werden Dauerbeobachtungszellen angelegt. Dort werden jährlich pflanzensoziologische Aufnahmen durchgeführt und Pflanzenmaterial für genetische Analysen sowie Bodenproben entnommen. Die bodenkundlichen Untersuchungen sind methodisch an das Bodendauerflächenprogramm gekoppelt. Dies soll ermöglichen, dass einerseits bereits validierte Methoden verwendet werden, andererseits eine mögliche Einbindung des Monitorings in bestehende Programme, in diesem Falle in die Bodendauerbeobachtung, erprobt wird. Die Projekte werden ergänzt durch Untersuchungen zur Pollenverbreitung, die im Zusammenhang mit dem Projekt Bremens durchgeführt werden.

NRW²

Das nordrhein-westfälische Projekt befasst sich mit dem Monitoring von transgenem herbizidresistentem Winterraps. Aufbauend auf Vorarbeiten in NRW sollen die bisherigen konzeptionellen Vorstellungen durch eine Umsetzung in die Praxis evaluiert werden. Dabei soll auch untersucht werden, welche Anforderungen ein Rapsmonitoring an personelle und finanzielle Kapazitäten stellt.

¹ Dr. Ludwig Peichl, Dr. Anne Theenhaus und Dr. Reinhard Zeitler, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Augsburg

² Dr. Claudia Fiebig und Carsten Seher, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW, Prof. Dr. Haeupler, Universität Bochum, Dr. Wolff-Straub, Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten NRW

Tab. 2: Potenzielle Kreuzungspartner von Raps

<i>Brassica carinata</i>	<i>Brassica fruticulosa</i>
<i>Brassica juncea</i>	<i>Brassica nigra</i>
<i>Brassica oleracea</i>	<i>Brassica rapa</i>
<i>Brassica napus</i>	<i>Brassica tournefortii</i>
<i>Diplotaxis muralis</i>	<i>Diplotaxis tenuifolia</i>
<i>Diplotaxis viminea</i>	<i>Eruca sativa</i>
<i>Erucastrum gallicum</i>	<i>Erucastrum nasturtiifolium</i>
<i>Hirschfeldia incana</i>	<i>Raphanus raphanistrum</i>
<i>Raphanus sativus</i>	<i>Rapistrum perenne</i>
<i>Rapistrum rugosum</i>	<i>Sinapis alba</i>
<i>Sinapis arvensis</i>	<i>Sisymbrium</i> , alle Sippen

Untersuchungsaspekte sind:

- Vorkommen und Verbreitung des GVO (Durchwuchs, Überdauerung in angrenzenden Flächen, Verwilderung in der Landschaft), der Kreuzungspartner sowie von Hybriden,
- Veränderung der Zusammensetzung der Ackerbegleitvegetation,
- Verbreitung des Transgens (Auskreuzung, Gentransfer, Ausbreitung der Herbizidresistenz in konventionelle Bestände und Kreuzungspartner).

Im Rahmen des Vorhabens finden unter anderem Biotopkartierungen und intensive Vegetationskartierungen statt. Die Kartierungen konzentrieren sich auf kreuzungskompatible und daher für Auskreuzungen relevante Arten (Tab. 2). Neben floristischen Kartierungen werden molekularbiologische Nachweise des Transgens und Keimungstests durchgeführt. Als Beobachtungsraum dient ein Testgebietspaar aus einer Freisetzungsfläche und einem konventionellen Feld unter Einbezug der Umgebung (z.B. Wirtschaftswege).

Bremen³

Stellt sich heraus, dass für bestimmte Untersuchungen, die für ein Monitoring von GVP notwendig sind, noch keine geeigneten Methoden zur Verfügung stehen, so müssen diese entwickelt werden. Dabei ist auf möglichst kostengünstige Lösungen zu achten. Ein Beispiel hierfür bietet das Projekt des Landes Bremen. In diesem Projekt soll eine Methodik entwickelt werden, die der Ermittlung der Verbreitung von transgenem Pollen dient. Hierfür werden in Kombination ein technischer und ein biologischer Pollensammler sowie molekularbiologische Nachweisverfahren (PCR) eingesetzt.

Für den technischen Pollensammler wird der Passivsammler Sigma-2 des Deutschen Wetterdienstes weiterentwickelt. Diese Sammler sind kostengünstig und nicht auf externe Stromzufuhr angewiesen, so dass sie an allen erforderlichen Standorten aufgestellt werden können. Der Pollen in einem Sammler kann Aufschluss über den Eintrag von GVP am Standort geben. Hierzu muss er auf den Gehalt an transgenen Pollen überprüft und pflanzenspezifisch ausgewertet werden. Ergänzend wird die Honigbiene als biologischer Pollensammler eingesetzt. Ihr Honig bzw. Honig-

³ Frieder Hofmann, Ökologiebüro Bremen und Partner, Dr. Helmut Gottwald, Senator für Arbeit, Frauen, Gesundheit, Jugend und Soziales, Bremen, Dr. Uwe Probst, Senator für Bau und Umwelt, Bremen

brot bilden die Matrices für Pollen und sind bei ortsansässigen Imkern überall erhältlich. Aufgrund des für die Honigbiene typischen, kleinräumigen Sammelverhaltens können zusätzliche raumbezogene Informationen über die Verbreitung transgenen Pollens gewonnen werden.

Auch die Aufbereitung der Proben für die erforderlichen molekularbiologischen Nachweismethoden aus dem technischen Pollensammler und dem Honig bzw. Honigbrot ist Gegenstand dieses Modellprojektes.

Das Vorhaben wird in Kooperation mit den Ländern Niedersachsen, Bayern und NRW durchgeführt, die geeignete Testflächen zur Verfügung stellen.

Ein wesentliches Ziel besteht in der Prüfung der Sensitivität der Verfahren im Hinblick auf eine baldige Realisierung für ein Level 1 eines GVP-Umweltmonitoring im Rahmen eines abgestuften Konzeptes.

Niedersachsen⁴

Das Niedersächsische Modellprojekt befasst sich mit der Verbreitung und Anreicherung transgenen Materials in der Umwelt, insbesondere im Boden. Am Beispiel von transgenem, herbizid-tolerantem Raps werden zum einen auf langjährig genutzten Freisetzungsfeldern Untersuchungen zur Auskreuzung durchgeführt. Dies erfolgt durch vegetationskundliche Kartierungen von kreuzungskompatiblen wildverwandten Arten mit anschließender molekularbiologischer Untersuchung zum Nachweis des Transgens. Zum anderen wird die Stabilität von Transgensequenzen in Bodenproben untersucht und durch molekularbiologische Methoden mögliche Auswirkungen auf die mikrobiellen Gemeinschaften im Boden bestimmt. Als Referenzflächen dienen Flächen aus dem niedersächsischen Bodendauerbeobachtungsprogramm. Methodisch werden die vegetationskundlichen sowie bodenmikrobiologischen Untersuchungen eng an dieses konventionelle Umweltbeobachtungsprogramm angelehnt und erweitert, um die Einbindung des Monitorings in bestehende Programme zu erproben. Die dazu erforderlichen molekularbiologischen Methoden werden, soweit sie nicht bereits vorhanden sind, entwickelt und für ihre Eignung als Routinemethoden geprüft. Zusätzlich ergänzt werden die Untersuchungen durch die Studien zur Pollenverbreitung des Bremer Projektes.

Brandenburg⁵

Das Vorhaben des Landes Brandenburg verfolgt den Ansatz, „Zeigerparameter“ für den Kartoffelanbau zu ermitteln, die zur Überprüfung möglicher Effekte des Anbaus von transgenen Kartoffeln verwendet werden können. Als Ausgangsbasis für derartige Zeigerparameter wird – sozusagen als „Nulllinie“ - auf den typischen Zustand beim Anbau von konventionellen Kartoffelsorten zurückgegriffen. Als Größen, die diesen Grundzustand definieren, werden Bodenparameter, die mikrobielle Bodengemeinschaft sowie floristische und faunistische Untersuchungen herangezogen.

Für die Erfassung der spezifischen Parameter werden zunächst umfangreiche Untersuchungen auf zahlreichen Praxisschlägen (Anbauflächen von in der Landwirtschaft üblicher Größe) an konventionellen Sorten durchgeführt, um die Schwankungsbreite der verschiedenen Bodenverhältnisse

⁴ Dr. Gabriele Wieland und Dr. Nicola Hofmann, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hildesheim

⁵ Dr. Torsten Hoffmann, Landesumweltamt Brandenburg und Dr. Andreas Ulrich, Zentrum für Agrar- und Landnutzungsforschung, Müncheberg

ermitteln zu können. Diese Schwankungen sind auf den Anbau unterschiedlicher Sorten, auf verschiedene Anbaumethoden, Fruchtfolgen, verschiedene Bodeneigenschaften und unterschiedliche klimatische Bedingungen zurückzuführen. Erst wenn sich aus diesen Schwankungen eine Art „kontinuierliches Spektrum“ erkennen lässt, können Vergleichsdaten aus Flächen mit transgenen Kartoffeln anhand von Abweichungen Aufschluss über mögliche Einflüsse von transgenen Sorten geben.

Die besondere Fragestellung dieses Vorhabens besteht darin, zu klären, ob ein „kontinuierliches Schwankungsspektrum“ definiert werden kann oder ob die Schwankungen der Bodenparameter zu variabel sind, um Rückschlüsse auf spezifisch „transgene“ Wirkungen auf Bodenbestandteile zuzulassen.

Hessen⁶

In Hessen soll die Wirkung von Ernterückständen transgener Pflanzen auf die mikrobielle C- und N-Transformation in landwirtschaftlich genutzten Böden am Beispiel von Bt-Mais ermittelt werden. Es soll geprüft werden, inwieweit spezifische Inhaltsstoffe von gentechnisch veränderten Pflanzen die Qualität der organischen Substanz so weit verändern können, dass biologische Umsatzprozesse betroffen sind. Zur Untersuchung solcher Effekte soll eine Methodik entwickelt und angewandt werden, die für die Untersuchung von Abbauprozessen der Streu verschiedener Nutzpflanzenarten und -teile sowie unterschiedlicher transgener Eigenschaften geeignet ist. Erprobt wird die Freilandmikrokosmenmethode, mit welcher die Umsatzraten von organischer Substanz in Böden quantifiziert werden soll.

Bayern III⁷

Aufbauend auf den bisherigen Ergebnissen des bremischen Vorhabens zum Pollenmonitoring soll in dem geplanten Vorhaben in Bayern die Raumrepräsentativität der technischen Pollensammler eingehender geprüft werden. Im Mittelpunkt steht die Frage, welche Aussagekraft die punktförmig gewonnenen Messdaten bei ihrer Übertragung in die Fläche bzw. in den Raum haben. Wie wird die tatsächliche räumliche Verteilung der transgenen Pollen unter Berücksichtigung meteorologischer Ausbreitungsmodelle und geostatistischer Verfahren durch eine möglichst effiziente Anordnung der technischen Sammler am besten abgebildet? Sind Ausbreitungsprognosen möglich? In dem Vorhaben sind zusätzlich männlich sterile Fangpflanzen vorgesehen, so dass Aussagen im Hinblick auf das Auskreuzungspotential möglich werden. Bestandteil des für 2002 –2004 geplanten Vorhabens ist zudem die Optimierung der molekularbiologischen Analytik von Pollenproben für den Routinebetrieb im GVP-Umweltmonitoring.

⁶ Dr. Anja Fehrenbach, Regierungspräsidium Gießen und Dr. Markus Raubuch, Gesamthochschule Kassel

⁷ Dr. D. Heublein, Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen und Dr. H. Beismann, TU München-Weihenstephan in Kooperation mit Dr. R. Zeitler, LfU Augsburg, Dr. E. Schultz, Deutscher Wetterdienst in Freiburg, Prof. Dr. G. Lausen, Uni Freiburg und F. Hofmann, Ökologiebüro Bremen

Fazit

Alle Einzelprojekte befassen sich mit Untersuchungen, die für die konkrete Ausgestaltung der Monitoringkonzepte notwendig sind. Derzeit ist es jedoch zu früh, um Ergebnisse vorstellen zu können.

Projekte, die sich mit unterschiedlichen Methoden gleichen oder ähnlichen Zielsetzungen nähern, sollen dabei Vor- und Nachteile der jeweils verwendeten Methode evaluieren (z.B. BY und NRW, zu Kartierungen, HB, BR und NI zu molekularbiologischen Methoden/Bodenuntersuchungen).

Einige Projekte widmen sich der Entwicklung und Validierung neuer Methoden, sofern für entsprechende Untersuchungen kein Methodeninventar zur Verfügung steht. Da absehbar ist, dass die Mehrzahl der Untersuchungen im Kontext eines Langzeitmonitorings entweder in großem Maßstab oder über längere Zeiträume durchgeführt werden wird, kann hierbei von Anfang an die Dimension berücksichtigt werden. Der Schwerpunkt bei der Entwicklung neuer Methoden liegt demzufolge auf großräumig anwendbaren oder sehr einfach durchzuführenden Verfahren.

Die Projekte tragen auch dazu bei, die Kostenschätzung für das Monitoring zu konkretisieren. Hierzu werden in allen Projekten solche Untersuchungen/Erhebungen, die möglicherweise im Rahmen eines Langzeitmonitorings in Routine-Aufgaben übergehen könnten, hinsichtlich ihres Kosten- und Personalbedarfs evaluiert. Daraus sollten auch Rückschlüsse auf die Gesamtkosten möglich sein bzw. Grundlagen für eventuelle Kosten/Nutzenabwägungen geschaffen werden.

Vorhaben, die sich mit der Dokumentation des Ausgangszustands befassen, sind für die Konzeptentwicklung von grundlegender Bedeutung. Als ein Ergebnis der Untersuchungen wird sich z.B. die Schwankungsbreite der untersuchten Umweltparameter ablesen lassen. Dies stellt eine grundlegende Information für die spätere Feststellung von möglichen Veränderungen dar.

Bei der Erarbeitung eines effizienten Monitoring-Konzeptes spielen neben den wissenschaftlichen Grundlagen vor allem auch praktische Erwägungen und Erfahrungen eine große Rolle. Durch die gelungene Zusammenarbeit von Bund und Ländern bei den Modellprojekten wird für die Entwicklung von Monitoringkonzepten ein beachtlicher Schritt in Richtung Machbarkeit und der Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben der neuen Feissetzungs-Richtlinie 2001/18/EG geleistet, die bis zum Herbst 2002 abgeschlossen sein soll.

2.1.7 Maßstäbe und Erfahrungen des Umweltbundesamtes hinsichtlich der Bewertung von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Organismen (GVO)

Ingrid Nöh, Umweltbundesamt, FG IV 2.5; Ingrid.Noeh@uba.de

Nach den Vorgaben des Gentechnikgesetzes (GenTG) muss ein gentechnisch veränderter Organismus (GVO) in seinen Eigenschaften geprüft, sein Verhalten in der Umwelt prognostiziert und bewertet werden, bevor er verwendet werden darf. Es ist weltweite Praxis, die ökologischen Risiken einer Freisetzung bzw. eines Inverkehrbringens von Fall zu Fall zu identifizieren und zu bewerten.

GVO können in vielfältiger Weise auf die Umwelt einwirken. Während direkte Wirkungen von Genprodukten bzw. eines Organismus selbst recht gut prognostizierbar und bewertbar sind, bestehen Wissenslücken hinsichtlich ökologisch relevanter Parameter und Zusammenhänge (Sukopp und Sukopp, 1993). Die Einschätzung ökologischer Wirkungen stellt die Wissenschaft, häufig auch im Grenzbereich der Disziplinen, vor die Herausforderung, einen gangbaren Weg zwischen Wissen und Unsicherheit zu finden.

Die Möglichkeiten der Risikoermittlung durch Laborversuche sind beschränkt, da die Ergebnisse nur begrenzt auf das Freiland übertragen werden können. Freisetzungsbegleitende Wirkungsforschungen fehlen aber vielfach (Mellon und Rissler, 1998). Nach Schätzungen werden weltweit bei weniger als 1 % der Freisetzungen überhaupt ökologische Daten erhoben, in Deutschland wird immerhin bei ca. 15 % der Freilandversuche eine ökologische Begleitforschung durchgeführt (Sukopp und Sukopp, 1997). Im übrigen dienen Freisetzungsversuche überwiegend dazu, agronomisch interessante Daten im Hinblick auf die beabsichtigte Vermarktung der GVO zu sammeln. Eine nationale Koordination und Sammlung der Daten aus der ökologischen Begleitforschung bei Freisetzungen findet derzeit nicht statt (Brandt, 1998).

Auch wird die Übertragbarkeit von Ergebnissen aus kleinräumigen, begrenzten Freilandtests auf den großflächigen Anbau von GVO kritisch gesehen (Snow und Palma, 1996; Rissler und Mellon, 1996). Die Probleme der Übertragbarkeit von Laborergebnissen auf die Freilandsituation, von Kurzzeituntersuchungen auf Langzeitwirkungen oder von Monospezies- auf Bestandswirkungen stellen allerdings keine GVO-spezifischen Fragestellungen dar, sondern treten generell auf, z.B. im Rahmen der Stoffbewertung. Bewertungsprognosen stoßen immer dann an ihre Grenzen, wenn Wirkungen nicht mehr auf einen konkreten Zielorganismus, sondern auf komplexere Strukturen wie etwa ein Ökosystem abgefragt werden. Anders als bei Stoffen fehlen allerdings für GVO vielfach experimentell abgesicherte Daten, insbesondere aus Langzeituntersuchungen.

Wegen der bestehenden Wissenslücken, der Unsicherheiten bei der Bewertung von möglichen Wirkungen und wegen noch immer ungenügend entwickelter Bewertungsmaßstäbe werden die Folgewirkungen des Ausbringens von GVO auf die Umwelt national und international zunehmend kritisch betrachtet und stehen im Brennpunkt öffentlicher und naturwissenschaftlicher Untersuchungen und Diskussionen. So spricht der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU) im

Jahresgutachten 1998 die zu erwartenden ökologischen und evolutionären Folgen der Ausbringung gentechnisch veränderter Organismen im Freiland an, insbesondere des großflächigen Anbaus transgener Kulturpflanzen. Der SRU stellt auch erneut in seinem Jahresgutachten 2000 erheblichen Forschungsbedarf hinsichtlich ökologischer Wirkungen fest, z.B. hinsichtlich Wirkungen auf die biologische Vielfalt.

Um bisher nicht oder nicht sicher prognostizierbare Wirkungen so rechtzeitig ermitteln zu können, dass der Eintritt eines möglichen Schadens vermieden werden kann, wurde ein Monitoring nach der Marktzulassung, das auch als Frühwarnsystem fungieren soll, für notwendig erachtet und mit der Neufassung der EU-Freisetzung-Richtlinie 2001/18/EU, die bis Oktober 2002 in nationales Recht umgesetzt sein muss, verbindlich vorgeschrieben.

Mit der Einführung eines Monitoring darf allerdings die Risikoabschätzung nicht auf die Ebene des Inverkehrbringens verschoben werden. Offene Fragen zum Verhalten von GVO in der Umwelt, z.B. hinsichtlich der Wirkung von GVO auf Nichtzielorganismen, müssen möglichst vor dem Inverkehrbringen in Labor- und Freilandtests geklärt werden.

Die im Rahmen des Monitoring gewonnenen Daten müssen bewertet werden. Sie fließen in die Risikobewertungen im Vollzug des GenTG ein. Darüber hinaus wird es notwendig werden, Kriterien zu definieren, die z.B. zum Abbruch oder Einschränkung der Vermarktung eines Produktes führen und ggf. erneute Sicherheitsforschung bedingen. Dies muss in Kongruenz zur Vollzugspraxis geschehen. Daher wird im folgenden die bisherige Bewertungspraxis des Umweltbundesamtes im Rahmen des Vollzugs GenTG vorgestellt.

1. Das Konzept des Umweltbundesamtes zur Risikoabschätzung und Erfahrungen im Vollzug des Gentechnikgesetzes (GenTG)

Gemäß § 16 (4) des GenTG ist das Umweltbundesamt bei der Genehmigung von Freisetzungen als Einvernehmensbehörde und beim Inverkehrbringen mit einer Stellungnahme in das Genehmigungsverfahren eingebunden.

Das Umweltbundesamt ist die erste und bisher einzige am Vollzug des GenTG beteiligte Behörde, die ein Konzept zur Risikoabschätzung vorgelegt hat (Nöh 1996), um die Genehmigungsentscheidungen beim Vollzug des GenTG nachvollziehbar und vergleichbar zu gestalten. Dieses „Konzept zur Risikoabschätzung von Freisetzungen von gentechnisch veränderten Organismen“ aus dem Jahre 1995 beschreibt die schrittweise und fallbezogene Risikoabschätzung, die das Umweltbundesamt im Rahmen des gesetzlich vorgeschriebenen Bewertungsverfahrens vornimmt.

Nach dem Stand der derzeitigen wissenschaftlichen Erkenntnis werden insbesondere überprüft:

- Eigenschaften des GVO
 - die Überlebens-, Vermehrungs- und Ausbreitungsfähigkeit des transgenen Organismus und seiner Nachkommen,
 - die Möglichkeiten, die veränderte Erbinformation weiterzugeben,
 - genotypische und phänotypische Stabilität,

- Mutagenität, Toxizität oder Allergenität von Gen- und Stoffwechselprodukten
- Pathogenität,
- Positionseffekte durch Integration der Fremd-DNA.
- Stellung im Ökosystem
 - die Wechselbeziehungen mit anderen Organismen,
 - Beteiligung an Stoff- und Energiekreisläufen (z.B. Stickstofffixierung).
- Mögliche schädliche Wirkungen
 - Beeinträchtigung der menschlichen, tierischen oder pflanzlichen Gesundheit (z.B. durch toxische, mutagene, allergene oder pathogene Wirkungen oder durch Bekämpfungsresistenzen),
 - Beeinträchtigung von Sachgütern,
 - Eingriff in bio-geochemische Stoffkreisläufe,
 - Änderung von Organismenbeziehungen,
 - Beeinträchtigung der biologischen Vielfalt,
 - Änderung des Ressourcenverbrauchs (z.B. Wasserverbrauch, Verstärkung von Boden-erosionsprozessen).

Ob und wie die einzelnen genannten Aspekte in die Risikoabschätzung einfließen, hängt vom Einzelfall ab.

Das vollständige Konzept liegt diesem Artikel als Anlage bei.

Das Konzept des UBA wurde zunächst für die Bewertung von Freisetzen entwickelt und im September 1996 mit den anderen zuständigen Behörden Robert-Koch-Institut (RKI) und Biologische Bundesanstalt (BBA) sowie externen Experten diskutiert. Auf dem Fachgespräch wurde deutlich, dass noch für eine Reihe von Punkten Klärungsbedarf besteht, z.B. wie Prognoseunsicherheiten integriert werden können oder hinsichtlich der Übertragbarkeit des Konzeptes auf das Inverkehrbringen von GVO (Nöh 1997). Dennoch hat das UBA seit nun etwa 5 Jahren dieses Konzept bei der Bewertung von Anträgen im Vollzug GenTG angewendet, wobei es sich gut bewährt hat.

Für alle bislang bewerteten Anträge auf Freisetzen ergab die Prüfung, dass unter den gewählten Bedingungen der Freisetzung und den von den Behörden auferlegten zusätzlichen Maßnahmen keine unerwünschten schädlichen Auswirkungen für die Umwelt zu erwarten waren. Dies bedeutet entweder, dass von dem GVO kein oder ein zu vernachlässigendes Risiko für die Umwelt ausging. In diesem Falle dienten Sicherheitsmaßnahmen lediglich dazu, die Freisetzung in Raum und Zeit zu begrenzen. Oder es standen in den Fällen, in denen durch die Vollzugsbehörden ein Risiko unerwünschter Wirkungen durch den GVO festgestellt wurde, geeignete Maßnahmen zur Verfügung, um dieses Risiko zu minimieren. Verstärkte Sicherheitsmaßnahmen können auch aus Vorsorgegründen zur Auflage gemacht werden.

Eine vom UBA in Auftrag gegebene kritische Analyse der Sicherheitsmaßnahmen kam allerdings zu dem Ergebnis, dass in vielen Fällen eine quantitative Bewertung der Effektivität von Sicherheitsmaßnahmen nicht möglich ist, weil empirische oder wissenschaftliche Daten über die Wirksamkeit der jeweiligen Maßnahmen fehlen. Ein Vergleich mit anderen EU-Mitgliedstaaten verdeutlichte darüber hinaus, dass in Deutschland die Maßnahmen häufig niedriger ausfallen als in anderen EU-Staaten (Röver et al 2000), also im Vergleich geringere Schutzanforderungen gestellt werden.

In Anbetracht der inzwischen geänderten rechtlichen Rahmenbedingungen (z.B. Verabschiedung des Biosafety-Protokolls, Neufassung der EU-Freisetzung-Richtlinie 2001/18/EU mit: Stärkung des Vorsorgeprinzips, Einbeziehung nicht nur von sofortigen und direkten, sondern auch von späteren oder indirekten Wirkungen bei der Risikoabschätzung, siehe Abschnitt 4) soll das UBA-Konzept zur Risikoabschätzung im Rahmen eines Forschungsvorhabens, das noch 2001 durch das UBA vergeben wird, überarbeitet und aktualisiert werden. Bei der Ableitung eines Vorschlages für die Anpassung des bestehenden UBA-Konzeptes für den Bereich der Freisetzung und des Inverkehrbringens von GVO sollen nachfolgende Aktivitäten unterschiedlicher Gremien und Organisationen einbezogen und ausgewertet werden:

- Umsetzung der Empfehlungen in Bezug auf GVO der Gutachten des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU) und des Wissenschaftlichen Beirates der Bundesregierung für globale Umweltveränderungen (WGBU) (1999, 2000),
- Auswertung und Beurteilung verschiedener Bewertungsansätze aus anderen Bereichen (z.B. im Chemikalienbereich – Bewertung von Chemikalien und Pflanzenschutzmitteln, der Ökotoxikologie, des Bodenschutzes und des Lebensmittelbereiches) im Hinblick auf ihre Eignung im Kontext Freisetzung und Inverkehrbringen von GVO (siehe z.B. Steinhäuser, 2001 a und b),
- Auswertung und Beurteilung der Bewertungsansätze der OECD (z.B. substantielle Äquivalenz, concept of familiarity),
- Auswertung und Umsetzung der relevanten im Rahmen der Biodiversitätskonvention gefassten Beschlüsse hinsichtlich Bewertungsansätzen (z.B. ökosystemarer Ansatz, Leitlinien zu gebietsfremden Organismen, Schutz von Bestäubern),
- Einbeziehung naturschutzfachlicher Bewertungsmaßstäbe,
- Umsetzung und Operationalisierung des Vorsorgegedankens im Sinne der neuen Freisetzung-Richtlinie, insbesondere hinsichtlich der Einbeziehung und Bewertung von Wissenslücken.

Darüber hinaus plant das UBA im Rahmen des UFOPLANs 2002 ein Forschungsvorhaben mit dem Titel „Analyse der Kriterien für das zu tolerierende Risiko zum Schutzgut Biodiversität“, das bei der Konzeptentwicklung berücksichtigt werden soll.

Die Auswertung der o.g. Bewertungsansätze und deren Umsetzung in ein aktuelles Risikokzept besitzt nicht nur im Rahmen der Novellierung des GenTG, sondern auch für die Umsetzung des Biosafety-Protokolls hohe Relevanz.

2. Die Gestaltung des Vorsorgeprinzips im Rahmen des Vollzug GenTG

Die Qualität des Ergebnisses der Risikoabschätzung und damit der Prognose hängt von der Qualität und Verfügbarkeit belastbarer Daten ab. Doch die Vollzugsbehörden müssen trotz durchaus unterschiedlicher Qualität der Datenlage handeln: Gemäß § 16 Abs. 1 GenTG besitzt ein Antragsteller bei Vorliegen der Genehmigungsvoraussetzungen einen Genehmigungsanspruch. Dabei sind die Schutzgüter des §1 Nr.1 GenTG „vor möglichen Gefahren gentechnischer Verfahren und Produkte zu schützen und dem Entstehen solcher Gefahren vorzubeugen.“ Entscheidungen sind „nach dem Stand der Wissenschaft“ (§16 Abs.1 Nr.3) zu treffen. Voraussetzung hierfür ist die Klärung der Frage, ob die Datenlage ausreichend ist für eine Bewertung, so dass eine Entscheidung für oder gegen ein Vorhaben getroffen werden kann, oder ob die Datenlage ungenügend ist. Im letztgenannten Falle, der bislang noch nicht vorkam, würde ein Antrag zurückgewiesen. Im Bereich unsicherer Untersuchungsergebnisse ist die Vorsorge angesiedelt.

Bislang einziges Beispiel für eine Ablehnung eines Antrages aus Vorsorgegründen im Rahmen des Vollzugs GenTG ist das Aussetzen der Inverkehrbringensgenehmigung für B.t.-Mais 176. Die Anordnung des RKI vom Februar 2000, die Genehmigung für das Inverkehrbringen der o.g. Maistransformante ruhen zu lassen, beruhte auf § 20 Abs. 2 GenTG, wonach die Genehmigung für ein Inverkehrbringen zurückgezogen werden kann, wenn der begründete Verdacht besteht, dass die Voraussetzungen für ein Inverkehrbringen nicht mehr vorliegen – d.h. Untersuchungsergebnisse vorliegen, die einen Verdacht auf unerwünschte schädliche Einwirkungen begründen, auch wenn weitere Untersuchungen zur Absicherung der Befunde erforderlich sind. Dieser Verdacht gründete sich im Falle von B.t.-Mais 176 auf folgende, damals neue wissenschaftliche Erkenntnisse:

1. möglicherweise schädliche Wirkung von Pollen der B.t.-Pflanzen auf Nichtzielorganismen (Untersuchungen von Losey et al. 1999 und Hilbeck et al. 1999);
2. Persistenz von B.t.-Toxin im Boden (Untersuchungen von Saxena et al. 1999);
3. Wirkung der Ampicillin-Resistenz auf Bodenorganismen und in der Nahrungskette sind nicht vollständig geklärt.

Diese Auffassung, die durchaus umstritten ist, wurde vom UBA geteilt und deckt sich mit eigenen Stellungnahmen. Zwar belegen die genannten Untersuchungsergebnisse schädliche Wirkungen im Freiland nicht, da es sich um Laborexperimente handelt, die noch weiter abgesichert werden müssen, aber im Sinne der Vorsorge stellen sie ernstzunehmende Hinweise auf mögliche Schädigungen dar.

Gegen das Ruhen der Genehmigung läuft ein Klageverfahren der betroffenen Firma; die gerichtliche Entscheidung steht derzeit noch aus.

Zwar ist auch im GenTG der Vorsorgegedanke verankert (§ 1 GenTG), dennoch fordert es bisher nur die Abwehr möglicher, aber eindeutig erkennbarer Gefahren bzw. Risiken und bleibt damit z.T.

mit seinen Anforderungen hinter denen anderer Gesetze, z.B. des Wasserhaushaltgesetzes (WHG) in bezug auf das Grundwasser (§34 WHG), zurück. Mit der neuen Freisetzungs-Richtlinie 2001/18/EU wurde das Vorsorgeprinzip gestärkt. Dies ist nun in nationales Recht umzusetzen. Bei der anstehenden Novelle des GenTG muss daher die Vorsorge deutlicher zum tragen kommen und ihr mehr Gewicht eingeräumt werden. Folgende grundlegende Überlegungen sind dabei zu berücksichtigen:

Wie im Nationalbericht der Bundesrepublik Deutschland für die Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung in Brasilien im Juni 1992 niedergelegt beinhaltet das Vorsorgeprinzip die Bestandteile Gefahrenabwehr, Risikovorsorge und Zukunftsvorsorge. In der deutschen Literatur und Diskussion hat sich jedoch eine Dichotomie zwischen Gefahrenabwehr und Vorsorge eingebürgert (Rehbinder, 1997).

Das Vorsorgeprinzip meint, dass Umweltgefahren und Umweltschäden so weit als möglich vermieden werden und gar nicht erst entstehen sollen. Darüber hinaus kann das Vorsorgeprinzip auch dazu herangezogen werden, dass Umweltbelastungen auch unterhalb der Gefahrenschwelle zur Minimierung der Belastungen und Risiken zu reduzieren sind (Rehbinder, 1997). Danach genießt z.B. Emissionsvermeidung Priorität vor der Emissionsminderung und den passiven Umweltschutzverfahren (Schutz vor eingetretenen Schäden und Verteilung angefallener Umweltbelastung). Allerdings sind bei nationalen Maßnahmen grundsätzlich die Abwehrrechte der betroffenen Unternehmer (Art.12 und 14 GG) und der Verhältnismäßigkeitsgrundsatz zu beachten.

Die politische Ausgestaltung des Vorsorgeprinzips erfolgt mittels Konkretisierung durch politische Leitlinien, Handlungsprogramme und Umweltstandards (Grenzwerte). Bedeutsam in einer Zeit vielfältiger Umweltrisiken und knapper Verwaltungsressourcen ist die Konkretisierung des Vorsorgeprinzips durch Prioritätensetzung in der politischen Praxis der Umweltpolitik.

Demnach soll Vorsorge bereits dann erfolgen, wenn gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse noch nicht vorliegen (siehe z.B. die EuGH-Entscheidung zum Exportverbot für britisches Rindfleisch, ECJ 1998). Die Eingriffsschwelle kann dann erreicht sein, wenn ein begründeter Verdacht auf eine schädliche Einwirkung im Sinne des Gesetzes vorliegt oder die Wissenslücken so groß sind, dass eine Bewertung nicht möglich ist. Gerade im Bereich der indirekten und späteren Wirkungen von GVO sowie von möglichen Kombinationswirkungen, die nach der neuen Freisetzungs-Richtlinie bei der Risikoabschätzung zu berücksichtigen sind, müssen Wissenslücken weitergehende Berücksichtigung erfahren und im Sinne der Vorsorge bei der Entscheidung zum Tragen kommen.

In Anlehnung an ähnliche Konzepte in anderen Bereichen, z.B. dem Bodenschutz (Konietzka und Dieter, 1998), kann die in der folgenden Abbildung dargestellte Unterteilung von Risikobereichen skizziert werden:

Nullrisiko

Vorsorgebereich

Gefahrenabwehr

Natürlicher
Hintergrund

„praktisch sicher“
(häufig Stand der Technik)

Gefahrenabwehr durch Vorsorge

Bereich des
hinzunehmenden
Restrisikos
(Unsicherheit jenseits der
Schwelle der praktischen
Vernunft;
Schadenseintritt aufgrund
praktischer Vernunft
ausgeschlossen)

Bereich des unerwünschten
Risikos

Kombinations-
wirkungen,
indirekte und spätere
Wirkungen,
Wissenslücken

hinreichend
begründeter
Verdacht auf eine
unerwünschte
schädliche Einwirkung

Bereich des nicht mehr
hinnehmbaren Risikos,
(Schadenseintritt hinreichend
wahrscheinlich)

Besorgnisschwelle,
Notwendige
Eingriffsschwelle;
EG-RL 2001/18/EG



Bisherige
Eingriffsschwelle nach
GenTG,
EG-RL 90/220/EWG



für das Schutzgut zunehmendes Risiko

Im Entscheidungsprozess sollten Vorsorgemaßnahmen nicht nur der Absenkung des Risikos auf ein zumutbares Niveau dienen, sondern darüber hinaus gehen dürfen und auch davor liegende vermeidbare Belastungen umfassen können. Die Entscheidungsfindung sollte nicht nur auf wissenschaftlicher Basis erfolgen, sondern auch auf der Basis des gesellschaftlichen Konsenses über das Schutzniveau und das akzeptierte Risiko. Idealerweise sollte Verbraucherschutz so weit gehen, dass potentielle Verbraucher nur mit den neuen technologischen Entwicklungen behelligt zu werden, deren Folgen für Umwelt und Gesundheit mit den besten, stetig weiterzuentwickelnden Möglichkeiten von Wissenschaft und Technik überprüft wurden.

3. Bewertungsmaßstäbe des Naturschutzes

UBA/BfN-Tagung „Bewertung von Umweltwirkungen von gentechnisch veränderten Organismen im Zusammenhang mit naturschutzbezogenen Fragestellungen“ vom 27. - 30.11.00 auf Vilm

Eine besondere Herausforderung bei der Fortentwicklung von Bewertungskonzepten stellt die Einbeziehung von Maßstäben des Naturschutzes dar, denen bislang noch unzureichend Beachtung geschenkt wurde.

Mittels Gentechnik können Gene gezielt verändert bzw. unabhängig von ihrer Herkunft über Artgrenzen hinweg gemäß dem Nutzungsinteresse des Menschen neu kombiniert werden, wie es unter natürlichen Bedingungen nicht hätte geschehen können (Beispiel: Gene aus der Flunder für Kühletoleranz in Kartoffel). Damit wird in einer grundsätzlich neuen Weise in die Evolution eingegriffen (Amman 1995, Nöh 1992, Chadarevian et al. 1991). Zudem werden bei der genetischen Konstruktion oftmals Sequenzen, die für die beabsichtigte Funktion nicht notwendig sind, übertragen. Bei der anstehenden breiten Anwendung von GVO ist mit einer mehr oder minder raschen Verbreitung der neuen Gene in der Umwelt zu rechnen. Zwar ist ein wissenschaftlicher Nachweis, ob dies zu schädlichen Wirkungen führen kann, derzeit nicht zu erbringen, andererseits können Langzeitfolgen der Verbreitung zahlreicher neukombinierter Gensequenzen verschiedenster Herkunft nicht ausgeschlossen werden. Eine Analogie zum Kriterium der Persistenz, z.B. im Rahmen der Chemikalienbewertung drängt sich auf.

Unabhängig von der Bewertung möglicher direkter Folgen eines Gentransfers steht eine internationale Diskussion darüber aus, welches Ausmaß an Auskreuzung z.B. auf wildwachsende verwandte Arten akzeptiert werden kann (Schütte et al. 1998). Es gibt noch keine Konvention darüber, wie viel konstruiertes Genmaterial in der Umwelt, insbesondere in natürlichen Populationen, toleriert werden kann.

Dies steht in Verbindung mit der Frage, wann Umwelteinwirkungen überhaupt als schädlich zu bewerten sind. Voraussetzung für die Beantwortung dieser Frage ist das Vorhandensein von (normativen) Bewertungskriterien. Solche Kriterien wurden in der Vergangenheit allein dem Gentechnikgesetz entnommen. Demgegenüber wird in den letzten Jahren verschiedentlich erwogen, auch die Maßstäbe des Naturschutzes als Richtschnur für eine Bewertung von Umweltwirkungen von GVO heranzuziehen. Eine dahingehende Empfehlung hat auch der SRU in seinem Jahresgutachten 1998 ausgesprochen. Zur Klärung dieser Fragen hat das UBA ein Forschungsvorhaben in Auftrag gegeben. Bestandteil des Vorhabens war die o.g. Fachtagung, die im November 2000 gemeinsam vom UBA und dem Bundesamt für Naturschutz (BfN) auf der Insel Vilm durchgeführt

wurde. An der Tagung nahmen 60 Expertinnen und Experten überwiegend des Naturschutzes aus Bundes- und Länderbehörden, Wissenschaft, Verbänden sowie der Politik und Politikberatung teil.

Ein zentrales Ergebnis der Tagung war, dass Schutzgebiete besondere Berücksichtigung bei der Bewertung von Umweltwirkungen von GVO finden müssen. Begründet wird dies insbesondere mit dem Erhalt wildlebender Arten in ihrer natürlichen und historisch gewachsenen Vielfalt (§2Abs.1Nr.10 BNatSchG) und dem Auftrag von Schutzgebieten, diesen Erhalt sicherzustellen. In diesem Zusammenhang wurde neben der Notwendigkeit eines besonders hohen Maßes an Vorsorge die Gefahr der „Verfälschung“ von Flora und Fauna, z.B. durch Einkreuzung von gentechnischen Konstrukten, die auf natürliche Weise nicht entstehen können, diskutiert. Als Bewertungsmaßstab wurde „evolutionäre Integrität“ vorgeschlagen.

Das GenTG enthält kein Minimierungsgebot für die Verbreitung von konstruiertem Genmaterial in die Umwelt. Das Überleben von GVO oder die Auskreuzung genetischer Eigenschaften an sich stellen nach GenTG keinen Schaden dar. Zwar können im Rahmen der Genehmigungen nach GenTG bestimmte Auflagen zur Minimierung beitragen, dies kann aber nur für sicherheitsrelevante Aspekte (unter Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips) erfolgen und deckt demnach die beschriebenen Probleme des Naturschutzes ungenügend ab (z.B. Freisetzungen in Biosphärenreservaten oder Einkreuzung in die natürliche Vegetation von Schutzgebieten). Daher greift das GenTG mit seinen Vorgaben und Bewertungsmaßstäben gegenüber dem besonderen Schutzzweck für Schutzgebiete nach BNatSchG zu kurz, zumal ein Genehmigungsanspruch für Antragsteller besteht, wenn die Voraussetzungen nach GenTG erfüllt sind. Beide Regelungen stehen zudem bislang unverbunden nebeneinander.

Somit wurden von den Teilnehmern der Tagung zusätzliche, über den Rahmen des GenTG hinausgehende Aspekte gesehen, die sich aus dem besonderen Schutzziel des Biotop- und Artenschutzes ableiten und im Rahmen des GenTG bislang nicht ausreichend berücksichtigt werden.

Ergebnisse und Empfehlungen des Gutachtens und der Tagung waren:

Das Naturschutzrecht stellt in seinen Zielen und Grundsätzen Bewertungsmaßstäbe auf, die die Genehmigungsbehörde bei der Ausfüllung des unbestimmten Rechtsbegriffs der „schädlichen Einwirkungen“ einbeziehen sollte. Dafür sind die rechtlichen Voraussetzungen zu schaffen.

Bei der Bewertung der Folgewirkungen steht grundsätzlich den Behörden ein Beurteilungsspielraum zu. Dieser wird im Falle von GVO von erheblichen wissenschaftlichen Erkenntnislücken begleitet und führt zu besonders großen Bewertungsunsicherheiten. Daher besteht auch Spielraum hinsichtlich der Anwendung des Vorsorgeprinzips und erheblicher Forschungsbedarf hinsichtlich Umweltwirkungen.

Das im Bundesnaturschutzgesetz genannte Ziel „Erhalt der biologischen Vielfalt in ihrer historisch gewachsenen Eigenart“ als Schutzgut soll auch im Hinblick auf gentechnische Konstrukte umgesetzt werden. Dies sollte möglichst bei der Novelle des Naturschutzgesetzes berücksichtigt werden, Möglichkeiten für eine Umsetzung im Rahmen der Novelle GenTG sind zu prüfen.

Das Gentechnikgesetz sollte um eine Ermächtigungsgrundlage zur Ausweisung von Standorten ergänzt werden, bei denen keine gentechnisch veränderten Organismen angebaut werden dürfen,

um z.B. Referenzflächen für eine Langzeitbeobachtung der Umweltwirkungen zu schaffen und zu erhalten.

Es sollten Maßnahmen, die eine Verunreinigung von Produkten, die ohne gentechnisch veränderte Organismen produziert wurden (gentechnikfreie Produkte aus konventioneller und Biolandbau-Produktion) möglichst verhindern, diskutiert werden, z.B. die Ausweisung von Schutzgebieten für den Ökolandbau (geschlossene Ökolandbaugebiete analog geschlossene Saatgutvermehrungsgebiete).

Das vorhandene landschaftsplanerische Instrumentarium sollte daraufhin geprüft werden, ob es geeignet ist, auch nach der im gemeinschaftsrechtlichen Verfahren erteilten Vermarktungsgenehmigung eine Berücksichtigung der regionalen räumlichen Aspekte zu ermöglichen (durch regionale Anbau- bzw. Verwendungsbeschränkungen und Ausweisung von „Taburäumen“).

Die herkömmlichen Bewertungskriterien wie „Selektionsvorteil“ und „Veränderung der Biodiversität“ basieren auf kausalitätsorientierten Denkansätzen. Auf der Tagung wurde vorgeschlagen, die Schwankungsbreite in einem neuen Bewertungskonzept zugrunde zu legen, um auch die zeitliche Dimension angemessen berücksichtigen zu können.

Es wurde Bedarf an der Erarbeitung von Kriterien zur Ausfüllung des Begriffes „evolutionäre Integrität“ festgehalten. Dabei sind Bewertungsansätze für nichtheimische Organismen (Invasoren) zu berücksichtigen.

Während der Tagung wurde hervorgehoben, dass der gesellschaftliche Diskurs über die Art der zukünftigen Landwirtschaft und der gewünschten Produktlinien verstärkt geführt werden muss. Dabei ist auch der Nutzen eines Einsatzes der Gentechnik in der Landwirtschaft zu diskutieren. Es wurde als notwendig erachtet, dass nicht nur eine gesetzlich geregelte Prüfung der Umweltwirkungen erfolgen sollte, sondern auch verstärkt Ökobilanzen (siehe z.B. Klöpffer et al., 1999) durchgeführt werden sollten, um Umweltwirkungen infolge des großflächigen Anbaus von GVO abschätzen zu können.

Die Empfehlungen und Ergebnisse der Tagung wird das UBA aufgreifen und z.B. in die Diskussion im Rahmen der Novellierung des GentG einbringen.

4. Vorgaben der neuen Freisetzung-Richtlinie 2001/18/EU zur Prüfung der Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit

Mit der neuen Freisetzung-Richtlinie 2001/18/EU werden Grundprinzipien für die Risikoabschätzung festgeschrieben (Anhang II): Das Ziel einer Risikoabschätzung besteht darin, von Fall zu Fall etwaige direkte, indirekte, sofortige oder spätere schädliche Auswirkungen von GVO auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt, die bei der absichtlichen Freisetzung oder dem Inverkehrbringen von GVO auftreten können, zu ermitteln und zu evaluieren. Diese Wirkungskategorien werden im Anhang II der Richtlinie wie folgt definiert:

- "Direkte Auswirkungen" sind die primären Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt, die sich durch die GVO selbst und nicht erst durch eine Kausalkette von Ereignissen ergeben.

- "Indirekte Auswirkungen" sind die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt, die durch eine Kausalkette von Ereignissen, z.B. durch Wechselwirkungen mit anderen Organismen, Übertragung von genetischem Material oder Änderungen der Verwendung oder der Handhabung, ausgelöst werden.
Indirekte Auswirkungen können möglicherweise erst später festgestellt werden.
- "Sofortige Auswirkungen" sind die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt, die während des Zeitraums der Freisetzung der GVO beobachtet werden. Sofortige Auswirkungen können direkt oder indirekt sein.
- "Spätere Auswirkungen" sind die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt, die nicht während des Zeitraums der Freisetzung beobachtet werden, sondern als direkte oder indirekte Auswirkungen entweder in einer späteren Phase oder nach Abschluss der Freisetzung auftreten.

Die Risikoabschätzung ist durchzuführen, damit festgestellt werden kann, ob ein Risikomanagement notwendig ist, und wenn ja, welches die geeignetsten Methoden sind. Ein allgemeiner Grundsatz für die Risikoabschätzung besteht gemäß der neuen Richtlinie darin, dass eine Analyse der mit der Freisetzung und dem Inverkehrbringen zusammenhängenden "kumulativen langfristigen Auswirkungen" durchzuführen ist. "Kumulative langfristige Auswirkungen" bezieht sich auf die akkumulierten Auswirkungen von Genehmigungen auf die Gesundheit des Menschen und die Umwelt, und zwar unter anderem auf die Flora und Fauna, die Bodenfruchtbarkeit, den Abbau von organischen Stoffen im Boden, die Nahrungsmittel-/Nahrungskette, die biologische Vielfalt, die Gesundheit von Tieren und auf Resistenzprobleme in Verbindung mit Antibiotika.

Besondere Beachtung kommen hierbei den sog. „sekundären Wirkungen“ zu, die in der neuen Freisetzungs-Richtlinie unter den o.g. indirekten Wirkungen gefasst sind. Hierunter werden Wirkungen verstanden, die nicht direkt durch den Organismus selbst entstehen, sondern durch seine Verwendung auftreten (z.B. Veränderung der Anbaupraxis bei gentechnisch veränderten Kulturpflanzen, veränderter Dünger- oder Pflanzenschutzmitteleinsatz). Solche Effekte können einen bedeutenden Teil von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Organismen ausmachen (Torgersen 1996). Derzeit ist noch nicht abschließend geklärt, wie diese Effekte zukünftig in die Risikoabschätzung im Rahmen des Vollzugs GenTG einfließen werden.

Anbauerfahrungen mit transgenen Kulturpflanzen bestehen derzeit hauptsächlich in den USA und zeigen sehr uneinheitliche Ergebnisse. Für den Anbau von B.t.-Toxin produzierenden oder herbizid-toleranten transgenen Pflanzen konnten in den USA keine signifikanten Ertragssteigerungen oder Reduzierungen des Herbizideinsatzes ermittelt werden (Fernandez-Cornejo et al. 2000). Neben Beispielen für Umweltentlastung wurde in Einzelfällen sogar ein erheblich höherer Herbizideinsatz (bis zu 30%) oder geringerer Ertrag festgestellt (Benbrook 1999 und 2001, Elmore et al. 2001).

Das Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) kommt in seinem Sachstandsbericht „Risikoabschätzung und Nachzulassungs-Monitoring transgener Pflanzen“ (Sauter und Meyer 2000) zu dem Schluss, dass auch nach der Novellierung des GenTG zur Umsetzung der neuen EU-Freisetzungs-Richtlinie eine eindeutige Definition „schädlicher Auswirkungen“ fehlen wird, so dass erheblicher Raum für unterschiedliche Bewertungen bleibt. Nicht zuletzt

geht es nach Ansicht der Autoren darum, an welchem Leitbild zur Landbewirtschaftung die Auswirkungen gentechnisch veränderter Nutzpflanzen (GVP) gemessen werden. Ökologische Zielvorgaben im Bereich Landwirtschaft könnten z.B. sein (Stirn 2001; Schulte 1998):

- Eine umweltschonende Bewirtschaftungsweise im Sinne einer nachhaltig umweltgerechten Landwirtschaft,
- Die Verminderung der Belastung von Boden und Wasser mit chemischen Hilfsstoffen,
- Die Schonung nicht erneuerbarer Ressourcen wie Bodenfruchtbarkeit sowie Biotop- und Artenvielfalt .

Die Bewertung der Auswirkungen von GVP wird sich nach Einschätzung des TAB an dem Leitbild einer „nachhaltigen Landwirtschaft“ orientieren. Ein normativer Rahmen für dieses Leitbild erfordert eine ernsthafte Diskussion und Definition des Begriffs „nachhaltige Landwirtschaft“ als erklärtes Ziel europäischer Agrarpolitik (Sauter und Meyer 2000).

Vor diesem Hintergrund gewinnt die derzeitige Diskussion zur Umorientierung in der Landwirtschaft auch im Hinblick auf den Anbau von GVP erhebliche Bedeutung. Der Anbau von gentechnisch veränderten Kulturpflanzen muss sich an den Zielen einer nachhaltigen Landwirtschaft orientieren. Insbesondere aber muss der Anbau von GVP nach den Vorgaben der noch im Detail auszugestaltenden Ziele wie z.B. optimaler Verbraucherschutz, Erzeugung von Qualitätsprodukten, artgerechte Tierhaltung und Schutz von Umwelt und Natur, die die Agrarminister- und Umweltministerkonferenz im Juni 2001 in Potsdam mit den Eckpunkten für eine zukunftsfähige Agrar- und Verbraucherpolitik verabschiedet hat, gestaltet werden.

Für Anregungen zur Ausarbeitung dieses Artikels bedanke ich mich bei folgenden Kolleginnen und Kollegen: Frau Apel, Herr Dr. Bachmann, Frau Dr. Golz, Herr Konietzka, Frau Dr. Paulini, Herr Dr. Rosenkranz, Frau Dr. Schieferstein, Herr Dr. Schulz und Herr Dr. Steinhäuser. Für Ausarbeitungen zum Vorsorgeprinzip bedanke ich mich für die Zusammenarbeit mit dem UBA-Fachgebiet I 2.1 „Rechtswissenschaftliche Umweltfragen“.

Literatur

- Amman, K. (1995): Gentechnisch veränderte Kulturpflanzen in der Umwelt: Chancen und Probleme - Die Suche nach gangbaren Wegen. in: Gentechnik und Ernährung, Erbersdobler, Hammes, Jany (Hrsg.), Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, S. 161-195, 1995
- Benbrook, C. (1999): Evidence of the Magnitude and Consequences for the Roundup Ready Soybean Yield Drag from University-Based Varietal Trials in 1998. Benbrook Consulting Services. AgBioTech InfoNet Technical Paper No1; July 1999
- Benbrook, C. (2001) : Troubled Times Await Commercial Success for Round up Ready Soybeans. Benbrook Consulting Services, AgBioTech InfoNet Technical Paper No4; May 2001
- Brandt, P. (1998): Begleitforschung zu Freisetzungsexperimenten mit gentechnisch veränderten Pflanzen: „nice to know“ oder „need to know“?. Bundesgesundheitsblatt: 530–536, 1998
- Chadarevian, S., Dally, A., Kollek, R. (1991): Experimente mit der Evolution, ÖkolInstitut e.V.(Hrsg.), Werkstattreihe Nr. 6, 1991
- Dürkop, J., Dubbert, W., Nöh, I. (1999): Beitrag der Biotechnologie zu einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung. Umweltbundesamt (Hrsg.), TEXTE 1/99, Berlin, 1999

- European Court of Justice (ECJ) (1998): C 157/96, R v. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food and Others vs. Commission, ECR I- 2265, 5. Mai 1998
- Elmore, R.W., Roeth, F.W., Nelson, L.A., Shapiro, Ch.A., Klein, R.N., Knezevic, St.Z., Matrin, A. (2001): Glyphosate-Resistant Soybean Cultivar Yields Compared with Sister Lines. *Agronomic Journal* 93, S. 408-412, 2001
- Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" des 13. Deutschen Bundestages (1998): Konzept Nachhaltigkeit - Vom Leitbild zur Umsetzung". Abschlußbericht, Deutscher Bundestag (Hrsg.): Zur Sache 4/98, Bonn 1998
- Fernandez-Cornejo, J. , McBride, W.D. (2000): Genetically Engineered Crops for Pest Management in U.S. Agriculture. with contributions from C. Klotz-Ingram, Sh. Jans, and N. Brooks. Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture (ed.). Agricultural Report No. 786 (AER-786). April 2000
- Hawkes, D. (1995): Der Faktor Mensch im Gentechnikrecht. Eine Untersuchung zu den Grenzen probabilistisch geprägter Rechtsbegriffe im Umweltrecht; Peter Lang GmbH Europäischer Verlag der Wissenschaften, Frankfurt a.M. , 1995
- Hilbeck, A.; Moar, W.J.; Pusztai-Carey, M.; Filippini, A.; Bilger, F. (1999): Prey-mediated effects of Cry1Ab toxin and protoxin and Cry2A protoxin on the predator *Chrysoperla carnea*. *Ent Expl et Appl* 91:305-316, 1999
- Konietzka, R., Dieter, H.H. (1998): Ermittlung gefahrenbezogener Schadstoffdosen zur Gefahrenabwehr beim Wirkungspfad Boden-Mensch. In: Rosenkranz, Einsele, Bachmann, Harreß (Hrsg.): Handbuch Bodenschutz, 27.Lieferung, Kenn-Nr. 3530, Erich-Schmidt Verlag, Berlin, 1998
- Klöpffer, W., Renner, I., Tappeser, B., Eckelkamp, C., Dietrich, R. (1999): Life Cycle Assessment gentechnisch veränderter Produkte als Basis für eine umfassende Beurteilung möglicher Umweltwirkungen. Umweltbundesamt Wien (Hrsg.), Monographien, Band 111, Wien 1999
- Losey, J.E.; Rayor, L.S.; Carter, M.E. (1999): Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399: 214, 1999
- Mellon, M. , Rissler, J. (1996): The ecological risks of engineered crops. MIT Press, 1996
- Mellon, M. , Rissler, J. (eds) (1998): Now or Never. Serious new plans to save a natural pest control. Union of Concerned Scientists Cambridge, Massachusetts 1998
- Nöh, I. (1992): Gentechnik und Umwelt. in: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Band 21, S. 427-430, 1992
- Nöh, I. (1996): Risikoabschätzung bei Freisetzen transgener Pflanzen: Erfahrungen des UBA beim Vollzug des Gentechnikgesetzes. In: Langzeitmonitoring von Umwelteffekten transgener Organismen, Umweltbundesamt (Hrsg.), TEXTE 58/96, Berlin, S.9-26, 1996
- Nöh, I. (1997): Bewertung von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Organismen. In: Gentechnik in der Landwirtschaft - Chancen und Nutzen, FDP im Schleswig-Holsteinischen Landtag (Hrsg.), 1997, S.79-90
- Rehbinder, (1997): Ziele, Grundsätze, Strategien und Instrumente. In: Grundzüge des Umweltrechts. Arbeitskreis Umwelt und Recht Berlin (Hrsg), Loseblattsammlung, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1997
- Rissler, J., Mellon, M. (1996): The ecological risks of engineered crops. MIT Press, 1996
- Röver, M., Arndt, N., Pohl-Orf, M. (2000): Analyse der bei Freisetzung von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP) durchgeführten Sicherheitsmaßnahmen im Hinblick auf deren Effektivität und Ableitung von Empfehlungen für die zukünftige Vollzugsarbeit. Umweltbundesamt (Hrsg.), TEXTE 3/00, Berlin, 2000
- Sauter, A., Meyer, R. (2000): Risikoabschätzung und Nachzulassungs-Monitoring transgener Pflanzen. Sachstandsbericht. TAB – Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (Hrsg.), TAB-Arbeitsbericht Nr. 68, Berlin, 2000
- Saxena, D.; Flores, S.; Stotzky, G. (1999): Insecticidal toxin in root exudates from Bt-corn. *Nature* 402: 480, 1999
- Schulte, E. (1998): Zielsetzungen für die Entwicklung eines anbaubegleitenden Monitoring bei Einsatz gentechnisch veränderter Sorten. In: Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen. Dokumentation eines Fachgesprächs des Umweltbundesamtes am 4. und 5. Juni 1998. Umweltbundesamt (Hrsg.), TEXTE 77/98, Berlin, S. 99-102

- Schütte, G., Heidenreich, B., Beusmann, V. (1998): Nutzung der Gentechnik im Agrarsektor der USA. Die Diskussion von Versuchsergebnissen und Szenarien zur Biosicherheit. Umweltbundesamt (Hrsg.), TEXTE 47/98, 2 Bände, Berlin 1998
- Snow, A.A., Palma, P.M. (1996): Commercialization of Transgenic Plants: Potential Ecological Risks. Will evolutionary effects of engineered crops exacerbate weed and pest problems? *BioScience* Vol. 47, No 2, 1996, S. 86 - 96
- SRU - Rat von Sachverständigen für Umweltfragen: Umweltgutachten 1998. Umweltschutz: Erreichtes sichern – neue Wege gehen. Metzler-Poeschel, Stuttgart 1998
- Sukopp, H., Sukopp, U. (1993): Das Modell der Einführung und Einbürgerung nicht einheimischer Arten. *GAIA* 2, no.5, 267-288, 1993
- Sukopp, U., Sukopp, H. (1997): Ökologische Dauerbeobachtung gentechnisch veränderter Kulturpflanzen. Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Sonderheft 3: S. 53–70, 1997
- Steinhäuser, K.G. (2001a): Environmental Risks of Chemicals and Genetically Modified Organisms – A Comparison - Part I: Classification and Characterisation of risks posed by Chemicals and GMOs. *Environ.Sci.& Pollut.Res.* 8(2), S. 120-126, 2001
- Steinhäuser, K.G. (2001b): Environmental Risks of Chemicals and Genetically Modified Organisms – A Comparison - Part II: Sustainability and Precaution in Risk Assessment. *Environ.Sci.& Pollut.Res.* 8, S. 222 – 226, 2001
- Stirn, S. (2001) : Stand der Diskussion um Begleitforschung und Nachgenehmigungs-Monitoring. In: Schütte, Stirn., Beusmann (Hrsg.): Transgene Nutzpflanzen – Sicherheitsforschung, Risikoabschätzung und Nachgenehmigungs-Monitoring. Birkhäuser Verlag, S. 229-239, Basel 2001
- Torgersen, H. (1996): Ökologische Effekte von Nutzpflanzen - Grundlage für die Beurteilung transgener Pflanzen? Umweltbundesamt Österreich (Hrsg.), Monographien 74, 1996.
- WGBU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung für globale Umweltveränderungen (1999): Welt im Wandel – Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken. Jahresgutachten 1998, Springer Verlag, 1999

Anlage

Konzept der Risikoabschätzung von Freisetzungen gentechnisch veränderter Organismen (GVO) (Stand: 1996)

1. Einleitung und Überblick

Die besondere Qualität der Gentechnik, und damit sowohl ihre Chancen als auch ihre Risiken, liegt in der Möglichkeit, über natürliche Rekombinationsgrenzen hinweg Erbmateriale (DNA) zu kombinieren. Es können Gene unabhängig von ihrer Herkunft, von Viren, Bakterien, Pflanzen, Tieren bis hin zum Menschen oder auch synthetische Gene verwendet werden. Dabei kann die Mannigfaltigkeit der gesamten Genressourcen unserer Erde beliebig genutzt werden, z.B. das Gen für Human-Insulin oder Gene für Wachstumsfaktoren in Bakterien zwecks Herstellung von Medikamenten, Frost-Resistenz-Gene aus Fischen in Pflanzen, Gen für das Wachstumshormon der Ratte in Fischen, Hüllproteingene von Pflanzenviren oder bakterielle Toxingene in Pflanzen zur Schädlingsbekämpfung. Die Gene selbst können entsprechend der vom Menschen beabsichtigten Nutzung modifiziert werden. Auf diese Weise können Eigenschaftskombinationen (Genkombinationen und Expressionsmuster) entstehen, wie sie unter natürlichen Bedingungen nicht möglich sind.

Unerwünschte Wirkungen auf Mensch und Umwelt können durch die Fähigkeit von Organismen, sich zu vermehren und zu verbreiten, noch erheblich verstärkt werden.

Rückholbarkeit aus der Umwelt und damit eine Korrekturmöglichkeit ist bei Pflanzen und Tieren nur bedingt, bei Mikroorganismen nicht gegeben.

Darüber hinaus kann die Verwendung großer Mengen an GVO die Vermehrungs-, Verbreitungs- und Etablierungswahrscheinlichkeit erhöhen. Weiterhin kann es auch zu unerwünschten Übertragungen und Verbreitung neuer Eigenschaften auf andere Organismen kommen.

Aus dem lückenhaften Wissen über ökologische Zusammenhänge und der mangelnden Erfahrung mit GVO, die sich, wie andere Lebewesen auch, nicht an nationalen Grenzen aufhalten lassen, sowie der Möglichkeit schädlicher Wirkungen resultierte weltweit eine vom Vorsorgegedanken getragene Herangehensweise, die ein Schritt-für-Schritt-Vorgehen und eine Fall-zu-Fall-Beurteilung vorsieht (39).

Grundlage für die in Europa bestehenden Gesetze und Richtlinien zu Fragen der Gentechnik war in erster Linie das "Blue Book" der OECD von 1986 "**Recombinant DNA Safety Considerations**", das seinerseits die Gentechnik-Richtlinien des U.S. National Institute of Health (NIH) von 1976 zur Grundlage hatte (21). In den Anhängen des "Blue Book" wurde ein Fragenkatalog aufgestellt, der

die wesentlichen Prüfpunkte für eine Risikoabschätzung umfaßt: eine Beschreibung des GVO (Anhang B), mögliche Auswirkungen des GVO auf die menschliche Gesundheit (Anhang C) und das Verhalten des GVO in der Umwelt (Anhang D). Die Empfehlungen des "Blue Book" wurden fortgeschrieben mit der OECD-Veröffentlichung von 1992 "**Safety Considerations for Biotechnology**". Hier wurde das Konzept der "**Good Developmental Principles (GDP): Guidance for the Design of Small-Scale Research with Genetically Modified Plants and Micro-Organisms**" für die Freisetzung von transgenen Pflanzen und Mikroorganismen in kleinem Maßstab eingeführt. Zentrale Bewertungskriterien sind hiernach die Charakterisierung der Organismen, des Freisetzungsortes sowie der experimentellen Rahmenbedingungen. Die Charakterisierung von Organismen beinhaltet z.B. Fragen zu:

- Überleben, Verbreitung und Vermehrung,
- Interaktionen mit anderen Spezies (Ziel- / Nicht-Ziel-Organismen) und Effekte auf Populations- und Ökosystem-Ebene
- Möglichkeiten eines Gentransfers und seine Auswirkungen,
- Metabolismus (z.B. Bildung neuer, toxischer Verbindungen).

Eine weitere Fortführung der oben genannten OECD-Schriften wurde 1993 mit dem OECD-Report "**Safety Considerations for Biotechnology: Scale-Up of Crop Plants**" veröffentlicht. Der Bericht führt in Europa das Konzept der Vertrautheit (**familiarity** (1,2)) ein. Er beschreibt, inwieweit Wissen und Erfahrung über eine gentechnisch veränderte Pflanze, die Umwelt, in die der GVO ausgebracht werden soll, sowie die Wechselwirkungen zwischen GVO und Umwelt bei der Risikoabschätzung herangezogen werden können.

Weitere Verfahren für eine Risikoabschätzung der Freisetzung von GVO wurden 1985 von Fisher (3) und 1989 von der Ecological Society of America veröffentlicht (4). Im letztgenannten Bericht werden Fragen zum Organismus und zur Umwelt, zur gentechnischen Veränderung sowie zum Phänotyp des GVO im Vergleich zum nicht veränderten Empfänger formuliert und darüber hinaus ein erstes Bewertungsraster entwickelt. Es wird deutlich gemacht, daß für eine Risikoabschätzung die biologischen Eigenschaften eines Organismus (Phänotyp), nicht die Art oder Methode seiner Herstellung bzw. Konstruktion entscheidend sind (4,13,27). Da aber viele der neuen Eigenschaftskombinationen nur mit gentechnischen Methoden erreicht werden können, sollten diese Organismen einer eingehenderen Prüfung unterworfen werden als Produkte traditioneller Herkunft (4).

Einen "Entscheidungsbaum" für die Bewertung von Freisetzungsvorhaben mit gentechnisch veränderten Mikroorganismen veröffentlichten Smit et al. 1992 (5; Abb. 1). Ausgehend von der gentechnischen Veränderung wird nach ihrer Lokalisation im Genom des GVM (Plasmid, Chromosom, Transposon) gefragt, werden weiterhin die Möglichkeiten eines Gentransfers, die Fitneß des GVM im Vergleich zum unveränderten Ausgangsstamm sowie mögliche Auswirkungen auf die Umwelt

(z.B. Pathogenität, unerwünschte biochemische Reaktionen oder die Beeinflussung von Ökosystemen) geprüft.

Die Herkunft und der Integrationsort der rekombinanten DNA im Genom (z.B. Plasmid oder Chromosom), das Überleben des GVO, ein möglicher Gentransfer und Auswirkungen auf Strukturen und Funktionen in der Umwelt sind auch die zentralen Fragen einer Risikoabschätzung nach Cairns und Orvos (6,7).

In Anlehnung an die ökotoxikologische Bewertung von Pestiziden veröffentlichten Gustaffson und Jansson in Schweden eine Strategie für die Risikoanalyse zur Freisetzung von GVO. Auch hier werden als wesentliche Prüfparameter die Biologie des GVO, die Umweltbedingungen sowie die Interaktionen des GVO mit der Umwelt benannt (8).

In Großbritannien werden Risikoabschätzungen durchgeführt, deren Grundlagen durch das Department of Environment (DOE) unter Einbeziehung des Advisory Committee on Releases to the Environment (ACRE) erarbeitet wurde (9,11). Im Vordergrund der Bewertung steht die Identifizierung solcher Charakteristika eines GVO, die einen Schaden (harm) verursachen können (11,33). Es wird dann jeweils die Schadenshöhe und die Eintrittswahrscheinlichkeit des Schadens ermittelt. Das daraus resultierende Produkt ergibt das Risiko einer Freisetzung (10,11), das einer der vier Kategorien hoch, mittel, gering oder effektiv null zugeordnet werden kann (Abb. 2).

Die britische Royal Commission on Environmental Pollution veröffentlichte 1991 einen Vorschlag zur Risikoabschätzung bei Freisetzungen (GENHAZ), der in seiner Methodik an die Risikoabschätzung von Chemikalien (HAZOP) angelehnt ist. Bei HAZOP handelt es sich um eine systematisierte und strukturierte Methode zum rechtzeitigen Erkennen von Gefahren beim Betrieb chemischer Anlagen. Mit GENHAZ wird versucht, dieses Prinzip auf Freisetzungen unter Berücksichtigung der spezifischen Probleme zu übertragen. Kernstück ist ein Fragenkatalog, bei dessen Beantwortung der Versuchsplaner systematisch auf mögliche Abweichungen vom geplanten Verlauf der Freisetzung aufmerksam gemacht und zum Nachdenken über deren Ursachen und Folgen bzw. den sich daraus ergebenden Handlungsbedarf bei der Durchführung der Freisetzung gezwungen werden soll. Es handelt sich hier jedoch um ein Forschungsprojekt und nicht um ein angewandtes Verfahren. Als solches eignet es sich zum Auffinden von Gefahren, stellt jedoch keine vollständige Risikoanalyse dar (3; s.a. UBA Bericht vom 17.07.1991, Az. I 3.5-97048-1/0 zum Erlaß des BMU N6(M)-45031 GB vom 28.06.1991).

Abbildung 3, der Literaturstelle 8 entnommen, gibt eine Zusammenstellung der verschiedenen Systeme der Risikoabschätzung wieder. Allen Verfahren ist prinzipiell gemeinsam, daß sie u. a. die folgenden Punkte abfragen:

- Biologie des GVO,

- gentechnische Modifikation,
- Verhalten des GVO in der Umwelt,
- „Schicksal“ des genetischen Materials in der Umwelt,
- Auswirkungen des GVO auf die Umwelt und
- Effekte auf Nicht-Zielorganismen (8,12; Abb. 4).

Dieser Fragenkatalog einschließlich der Fragen zur Identifizierung potentiell schädlicher Charakteristika bzw. Auswirkungen (hazard identification), der sich weitgehend unverändert auch in Anhang II der EU-RL 90/220/EWG bzw. in Anlage 2 zu § 5 der Gentechnik-Verfahrensverordnung (GenTVfV) wiederfindet, stellt die Grundlage für die im Umweltbundesamt vorgenommenen Risikoabschätzung zu beantragten Freisetzungen von GVO dar.

Das GenTG berührt eine Reihe weiterer gesetzlicher Regelungen (16), von denen hier nur das Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG vom 12.03.1987), bezüglich Mikroorganismen das Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung übertragbarer Krankheiten beim Menschen (Bundes-Seuchengesetz - BSeuchenG vom 18.12.1979) und das Tierseuchengesetz (TierSG vom 29.01.1993) erwähnt werden. Das BSeuchenG § 19 und das TierSG § 17 regeln z.B. jeweils den Umgang mit human- bzw. tierpathogenen Mikroorganismen. Die Pflanzenbeschauverordnung (PflBeschVO vom Aug. 1989) regelt bei der Einfuhr von Pflanzen, daß diese frei von bestimmten Phytopathogenen sein müssen.

2. Konzept einer Risikoabschätzung

Generelle Ausgangspunkte für eine Risikoabschätzung zu Freisetzungen von GVO sind Erfahrungen beim Umgang mit den natürlich vorkommenden, nicht veränderten Organismen (Empfänger), Erfahrungen mit dem freizusetzenden GVO in Labor, Mikro- oder Makrokosmos, Klimakammer bzw. Gewächshaus, Erfahrungen durch Freisetzungsexperimente sowie Analogieschlüsse, die z.B. aus der Einführung nicht heimischer Organismen in fremde Ökosysteme gezogen werden können.

Das im folgenden vorgestellte Konzept lehnt sich an das britische Verfahren der Risikoabschätzung (11) sowie an einen gemeinsamen Vorschlag von Großbritannien und den Niederlanden (17) an. Angesichts der z.Zt. noch geringen Erfahrung mit Freisetzungen von GVO und des begrenzten Wissens über das Verhalten von transgenen Organismen in natürlichen Ökosystemen ist nur eine Einzelfallbeurteilung möglich (39). Das bestehende Wissen und die bisherigen Erfahrungen mit GVO, insbesondere hinsichtlich möglicher Langzeitwirkungen, reichen noch nicht aus, um Verallgemeinerungen bzw. Kategorienbildungen vorzunehmen.

Die Risikoabschätzung durch das Umweltbundesamt kann in folgenden Schritten beschrieben werden:

1. Erfassung der allgemeinen Charakteristika des GVO und des Freisetzungsgeländes sowie der Versuchsparameter,
2. Charakterisierung potentiell schädlicher Eigenschaften und Wirkungen (hazard identifikation),
3. Ermittlung des Risikos schädlicher Wirkungen des GVO am Freisetzungsort bei ungehindertem Geschehensverlauf,
4. Ermittlung des konkreten Risikos schädlicher Wirkungen des beantragten Freisetzungsvorhabens unter Berücksichtigung der vom Antragsteller vorgeschlagenen Sicherheitsmaßnahmen (Bewertung des Antrages),
5. Risikominimierung durch Auflagen,
6. Zweck- und Vertretbarkeitsabwägung (gemäß §16 Abs 1 Nr.3 GenTG).

2.1 Erster Schritt: Erfassung der allgemeinen Charakteristika des GVO und des Freisetzungsgeländes sowie der Versuchsparameter

Auf der Grundlage der vom Antragsteller vorgelegten Informationen gemäß § 5 GenTVfV in Verbindung mit Anlage 2 GenTVfV bzw. Anhang II der RL 90/220/EWG werden

- die allgemeinen Charakteristika eines GVO (einschließlich biologischer Sicherheitsmaßnahmen, siehe unten),
- die Charakteristika des Freisetzungsgeländes, z.B. Nähe zu Wasser- und Naturschutzgebieten, Klima, Vorkommen von Kreuzungspartnern,
- die Versuchsparameter, z.B. Dauer der Freisetzung, Menge der freizusetzenden GVO

beschrieben. Hierzu werden auch alle vorliegenden Informationen aus der Literatur, aus Forschungsvorhaben und ggf. anderen, auch international durchgeführten Freisetzen hinzugezogen.

Schon auf der Ebene der allgemeinen Charakteristika des GVO lassen sich Maßnahmen zur Verminderung des Risikos ergreifen (Biologisches Containment), so z.B. die Verwendung von „Selbstmord-Konstrukten“ (suicide vectors; 22,23,35), von komplementierbaren, auxotrophen Mutanten (24) bei Mikroorganismen oder die Verwendung von männlich sterilen Pflanzen zur Verhinderung eines Gentransfers über Pollen.

Verfahren zur Risikobewertung bei Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen (GVO)

1. Schritt:

Erfassung spezifischer Charakteristika

GVO / Freisetzungsgelände / Versuchsparameter

2. Schritt:

Charakterisierung potentiell schädlicher Eigenschaften und Wirkungen

3. Schritt: ²⁾

Ermittlung des Risikos bei ungehindertem Geschehensverlauf

durch Abschätzung der
Schadenshöhe und Eintrittswahrscheinlichkeit
am Freisetzungsort

4. Schritt:

Ermittlung des konkreten Risikos schädlicher Wirkungen

durch Abschätzung der
Schadenshöhe und Eintrittswahrscheinlichkeit
unter Berücksichtigung der vom Antragsteller
vorgeschlagenen Sicherheitsmaßnahmen

Risiko

5. Schritt:

Auflagen

Maßnahmen zur Risikominimierung

Kein oder vernachlässigbares Risiko vorhanden/
keine schädlichen Wirkungen erwartet

6. Schritt:

Zweck- und
Vertretbarkeitsabwägung

Genehmigung / Ablehnung

noch immer
schädliche Wirkungen
zu erwarten

Genehmigung

2.2 Zweiter Schritt: Charakterisierung potentiell schädlicher Eigenschaften und Wirkungen (hazard identification)

Nach §1 Abs. 1 GenTG ist es Zweck dieses Gesetzes, Leben und Gesundheit von Menschen, Tieren, Pflanzen sowie die sonstige Umwelt in ihrem Wirkungsgefüge und Sachgüter vor möglichen Gefahren zu schützen und dem Entstehen solcher Gefahren vorzubeugen.

Daher sind die Eigenschaften transgener Organismen auf ihre Wirkung auf Mensch und Umwelt zu prüfen. Es ist zu klären, ob der GVO Effekte auf Nichtzielorganismen oder in Ökosystemen hervorrufen kann.

Die derzeitigen Wissenslücken über Wechselbeziehungen zwischen Bakterien, Pilzen, Protozoen, Flora und Fauna, insbesondere hinsichtlich Langzeitwirkungen, erschweren jedoch eine Vorhersage möglicher Einflüsse auf ökosystemare Zusammenhänge.

Nach dem Stand der derzeitigen wissenschaftlichen Erkenntnis werden z.B. überprüft:

A) Eigenschaften

- Überlebens-, Vermehrungs-, Verbreitungs- und Etablierungsfähigkeit des GVO,
- Fähigkeit zum Gentransfer,
- genotypische und phänotypische Stabilität,
- Mutagenität, Toxizität und Allergenität von Gen- und Stoffwechselprodukten,
- Positionseffekte durch Integration der "Fremd"-DNA,
- Pathogenität.

Ob und wie die einzelnen Aspekte in die Risikoabschätzung einfließen, hängt vom Einzelfall ab.

B) schädliche Wirkungen

- Beeinträchtigung der menschlichen, tierischen oder pflanzlichen Gesundheit (z.B. durch toxische Produkte, Änderung des Wirtsbereichs von Pathogenen, Entstehung neuer Viren),
- Beeinträchtigung von Sachgütern,
- Eingriff in bio-geochemische Stoffkreisläufe,
- Änderung von Organismenbeziehungen (z.B. Einfluß auf die Mykorrhiza),
- Änderung der biologischen Vielfalt,
- Änderung des Ressourcenverbrauchs (z.B. Wasserverbrauch, Verstärkung von Bodenerosionsprozessen).

Im folgenden seien einige dieser Punkte näher erläutert:

2.2.1 Überlebens-, Vermehrungs-, Verbreitungs- und Etablierungsfähigkeit des GVO

Mikroorganismen

Bei bestimmten Freisetzungsversuchen von GVM, z.B. mit dem Ziel des Abbaus von Schadstoffen, ist ein zeitweiliges Überleben der transgenen Organismen beabsichtigt. Daher ist die generelle Überlebensdauer abzuschätzen, auch im Hinblick auf die Bildung von Dauerformen (Sporen). Bei ausreichend langer Überlebenszeit kann unter dem Einfluß von Mutation und Selektion die Etablierung des GVM in der Umwelt begünstigt werden. Eine Verbreitung kann über Wasser (z.B. Sickerwasser), Luft (z.B. Verwehungen) oder Vektoren (z.B. Tiere, technische Geräte) erfolgen.

Pflanzen

Überleben bzw. Vermehrung kann z.B. über Samen oder vegetative Pflanzenorgane (z.B. Rhizome, Knollen, Rüben) geschehen. Verbreitungsmöglichkeiten sind für Samen und vegetative Einheiten z.B. Wind, Wasser, Tiere oder Geräte. Eine Etablierung in der Umwelt kann zeitlich begrenzt oder dauerhaft sein. Weiterhin zu prüfen ist, ob die Pflanze durch die gentechnische Veränderung ein invasives Potential besitzt. Besitzt schon die Empfängerart ein invasives Potential, so ist auch bei der GVP damit zu rechnen.

Da in den meisten Fällen nur wenig Erfahrung mit GVP vorliegen (Gewächshausversuche, vorausgegangene Freisetzungen), muß für die Beurteilung dieser Fragestellungen überwiegend auf Informationen über das Verhalten des Empfängerorganismus in der Umwelt zurückgegriffen werden. Die Daten stammen, neben den jeweiligen Antragsunterlagen, zum größten Teil aus der Fachliteratur. Darüber hinaus sollten auch unpublizierte Erfahrungen, z.B. von Züchtern, herangezogen werden.

2.2.2 Fähigkeit zum Gentransfer

Mikroorganismen

Ein Gentransfer ist durch Konjugation, Transformation oder Transduktion möglich. Es ist abzuschätzen, ob dieser unter natürlichen Bedingungen, d.h. in der Umwelt, erfolgen kann. Hinweise ergeben sich ggf. aus der Art der gentechnischen Veränderung, z.B. steigt die Wahrscheinlichkeit eines Gentransfers, wenn die Gene nicht ins Chromosom integriert sind, sondern auf Plasmiden oder Transposons vorliegen. Ein Hinweis auf horizontalen Gentransfer unter natürlichen Bedingungen, allerdings unter dem durch den Einsatz von Antibiotika entstandenen Selektionsdruck, ergibt sich aus der Verbreitung der auf Plasmiden lokalisierten Resistenzgene. Bekannt ist ein horizontaler Gentransfer auch bei der Übertragung von T-DNA aus Agrobakterien in Pflanzen (31).

Pflanzen

Bei Pflanzen besteht die Möglichkeit eines Gentransfers über Pollen. Es sind sowohl intra- als auch interspezifische Hybridisierungen mit kultivierten oder wildlebenden Arten möglich. Bei interspezifischen Hybridisierungen ist einzukalkulieren, daß die Hybride, je nach Verwandtschaftsgrad des Genoms, unterschiedlich fertil sein können. Entscheidend ist die Frage, ob potentielle Kreuzungspartner der GVP in der Umgebung des Freisetzungsbereiches vorkommen, so daß die Möglichkeit eines Gentransfers besteht.

2.2.3 Genotypische und phänotypische Stabilität

Mikroorganismen und Pflanzen

Es ist zu klären, ob die gentechnische Veränderung stabil ist, und/oder ob sie zu einer genotypischen (Rekombination) bzw. phänotypischen (Modifikation) Instabilität führen und welche Folgen dies haben kann. Spontan auftretende Mutationen können darüber hinaus zu einer Instabilität führen.

2.2.4 Mutagenität, Toxizität und Allergenität von Gen- und Stoffwechselprodukten

Mikroorganismen und Pflanzen

Es sind die Produkte zu identifizieren, die nachteilige Effekte auch auf Nicht-Zielorganismen haben können. Werden z.B. Toxingene wie das des *Bacillus thuringiensis* in das Pflanzengenom oder das des Skorpions in das Genom von Baculoviren inseriert, ist zu prüfen, ob Nicht-Zielorganismen beeinträchtigt werden können.

2.2.5 Positionseffekte durch Integration der "Fremd"-DNA

Mikroorganismen und Pflanzen

Positionseffekte können durch Integration der "Fremd"-DNA ins Empfänger-genom hervorgerufen werden. Die Integration in Struktur-gene könnte zur Inaktivierung von Genen, die Integration in die Nähe von Regulationselementen könnte z.B. zur Aktivierung oder auch Inaktivierung von Genen führen.

2.2.6 Pathogenität

nur Mikroorganismen

Es ist abzuschätzen, ob es im Ergebnis der gentechnischen Modifikation zu einer Veränderung des Wirtsspektrums kommen kann, z.B. durch Veränderungen der Bindungsproteine an der Oberfläche des GVM, die die Adsorption an die Wirtszelle vermitteln. Auch können Genprodukte z.B. die Virulenz gegenüber einem Zielorganismus erhöhen.

Folgende schädliche Effekte sind (beim Menschen gesondert) zu betrachten:

- pathogene Wirkungen der GVM und/oder ihrer Stoffwechselprodukte,
- Vergleich des GVM mit Spender-, Empfänger- oder (ggf.) Ausgangsorganismus in bezug auf die Pathogenität,
- Kolonisierungsfähigkeit, Invasivität und Virulenz:
 - Infektionsdosis,
 - verursachte Krankheiten und Mechanismen der Pathogenität,
 - Übertragungsfähigkeit,
 - Anwesenheit von Vektoren oder Mitteln zur Verbreitung,
 - biologische Stabilität,
 - Möglichkeit der Änderung des Wirtsbereiches.

2.2.7 Eingriff in bio-geochemische Stoffkreisläufe

Eine Veränderung von Stoff- und Energiekreisläufen kann z.B. der Eingriff in Mineralisierungsprozesse sein. Ein verstärkter Ligninabbau kann die Humusschicht zerstören. Eine weitere Erhöhung des Eintrages atmosphärischen Stickstoffs durch Stickstoff-fixierende Bakterien hat eine unerwünschte Düngewirkung. Eine erhöhte Denitrifikation verstärkt den Treibhauseffekt (NO_x-Abgabe).

2.2.8 Änderung der biologischen Vielfalt

Verdrängung von Arten, einschließlich der assoziierten Flora und Fauna kann zur Minderung der Funktionsfähigkeit von Ökosystemen und zum Verlust genetischer Ressourcen führen.

2.3 und 2.4: Dritter und vierter Schritt: Ermittlung des Risikos schädlicher Wirkungen der beantragten Freisetzung

Die Ermittlung des Risikos schädlicher Wirkungen erfolgt durch Abschätzung der Schadenshöhe und der Eintrittswahrscheinlichkeit.

Das Schutzziel des GenTG und das, was derzeit unter schädlichen Wirkungen verstanden wird, wurde unter Punkt 2.2 dargestellt.

A. Abschätzung der Schadenshöhe

Wenn schädliche Wirkungen zu erwarten sind, wird deren mögliche Höhe ermittelt. Hierbei sind Effekte sowohl auf einzelne Individuen (einschließlich des Menschen) als auch auf Populationen

und Ökosysteme zu berücksichtigen. Dies setzt detaillierte Kenntnisse über die Umwelt, in die die Freisetzung erfolgen soll, sowie über die Bedingungen der Freisetzung³ voraus. Schädliche Effekte sollten anhand der folgenden Kriterien beurteilt werden (34,37,38), wobei im allgemeinen nur eine qualitative Abschätzung der Schadenshöhe möglich ist:

- Reversibilität der Wirkung (zeitliche Begrenzung),
- örtliche Begrenzung der Wirkung,
- Tragweite der Wirkung:
 - Populationsdichte und -zusammensetzung (Gefahr der Ausrottung),
 - natürliches Beziehungsgeflecht in Ökosystemen (Ökosystemstrukturen),
 - Funktionsabläufe in Ökosystemen,
 - Eingriffe in bio-geochemische Stoffkreisläufe und/oder Mineralisierungsprozesse,
 - Pufferkapazität von Ökosystemen.

1. Schwerer Schaden

Ein schwerer Schaden könnte z.B. durch wesentliche Änderungen in der Populationsdichte und -zusammensetzung einer ("Keyspecies") oder mehrerer Arten bedingt sein. Diese Veränderungen schließen die Verdrängung von Arten ein. Die genannten Ereignisse können sich langfristig negativ auf die Funktion des betreffenden Ökosystems und/oder anderer damit verbundener Ökosysteme auswirken (28) und sind nicht ohne weiteres reversibel. Die Ausrottung einer Art ist als ein schwerer Schaden anzusehen. Dies gilt ebenfalls für Eingriffe in ein geschütztes Gebiet.

2. Mittlerer Schaden

Ein mittlerer Schaden könnte eine wesentliche Änderung der Populationsdichte und -zusammensetzung sein, die zwar nicht zur Verdrängung von Arten führt, wohl aber zu negativen Veränderungen in der Funktion des Ökosystems. Die Effekte könnten teilweise reversibel sein.

3. Geringer Schaden

Dieser könnte durch eine Änderung der Populationsdichte oder -zusammensetzung charakterisiert sein, die aber nicht zu einer Verdrängung von Arten und nicht zu negativen Auswirkungen auf die Funktion des Ökosystems führt. Die Effekte sind reversibel.

4. Vernachlässigbarer Schaden

Solch ein Schaden könnte eine nicht wesentliche Änderung innerhalb einer Population (Beeinträchtigung von Individuen) ohne Auswirkungen auf die Funktion des Ökosystems sein. Hierbei handelt es sich um reversible, kurzzeitige Ereignisse.

B. Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit

Bei der Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit sind die Eigenschaften der Umwelt, in die die Freisetzung erfolgen soll, sowie die Freisetzungsbedingungen zu berücksichtigen. Die Eigenschaften der Umwelt umfassen z.B. klimatische, geographische, terrestrische und aquatische Bedingungen, Vorkommen von Flora und Fauna sowie die Nähe zu Wohngebieten oder Naturschutzgebieten.

C. Risikoermittlung

Das Risiko ist für jede schädliche Wirkung und für die Summe aller Wirkungen zu bestimmen. Jedoch ist eine Abschätzung nur qualitativ, z.B. nach folgender Matrix möglich (s.a. Abb. 2):

Schadenshöhe	Eintrittswahrscheinlichkeit			
	hoch	Mittel	gering	vernachlässigbar
hoch	hoch	Hoch	mittel	gering
mittel	hoch	Mittel	mittel	gering/vernachl.
gering	mittel	Gering	gering	vernachlässigbar
vernachlässigbar	vernachlässigbar	vernachlässigbar	vernachlässigbar	vernachlässigbar

2.3 Dritter Schritt: Ermittlung des Risikos schädlicher Wirkungen bei ungehindertem Geschehensverlauf

In diesem Schritt der Risikoermittlung wird das bei ungehindertem Geschehensablauf bestehende Risiko schädlicher Wirkungen des freizusetzenden GVO am konkreten Freisetzungsort ermittelt. Es werden den im vorangegangenen Schritt erkannten möglichen Wirkungen eine auf den Freisetzungsort bezogene Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenshöhe zugeordnet. Dieser Ermittlung liegt eine ex ante Betrachtungsweise zugrunde, mit der die bei Außerachtlassung aller Maßnahmen zur Risikominimierung bestehende Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenshöhe realitätsnah abgeschätzt wird („worst case“-Betrachtung unter realen Bedingungen). Sie bildet die Grundlage für die im nächsten Schritt vorzunehmende Einbeziehung und Bewertung von Maßnahmen.

2.4 Vierter Schritt: Ermittlung des konkreten Risikos des beantragten Freisetzungsvorhabens

In diesem Schritt der Risikoermittlung ist das konkrete Risiko des beantragten Freisetzungsvorhabens unter Berücksichtigung der vom Antragsteller vorgeschlagenen Sicherheitsmaßnahmen zu bestimmen. Sicherheitsmaßnahmen können sowohl die Schadenshöhe als auch die Eintrittswahrscheinlichkeit reduzieren. Als Beispiele sind für den Bereich der Pflanzen Mantelsaaten oder Isolierabstände, für den Bereich der Mikroorganismen die Verwendung von Bodensäulen zur Risikominimierung zu nennen.

2.5 Fünfter Schritt: Risikominimierung durch Auflagen

Wird im vorangegangenen Schritt ein Risiko des Freisetzungsvorhabens festgestellt, so wird geprüft, ob und durch welche anderen oder zusätzlich von behördlicher Seite aufzuerlegende Sicherheitsmaßnahmen (Auflagen) eine ausreichende Risikominimierung erreicht werden kann (§16 Abs. 1 Nr. 2).

Auflagen können auch gerechtfertigt sein in Fällen, in denen Wissenslücken keine ausreichende Sicherheit in der Risikoabschätzung zulassen (siehe 2.2).

2.6 Sechster Schritt: Zweck- und Vertretbarkeitsabwägung

Sollten keine Sicherheitsmaßnahmen möglich sein, durch die ein Risiko reduziert werden kann, oder sind diese nicht ausreichend, so muß das Risiko bewertet und abgewogen werden, ob die erwarteten schädlichen Wirkungen im Verhältnis zum Zweck der beabsichtigten Freisetzung vertretbar sind (§ 16 Abs. 3 GenTG).

Bei den bisherigen Genehmigungsverfahren war dieser Fall noch nicht eingetreten.

Kriterien für die Abwägung, ob bestehende Risiken als sozialadäquat anzusehen sind und somit die Freisetzung genehmigt werden kann, sind noch zu entwickeln.

3. Literatur

- [1]: National Research Council: Field Testing Genetically Modified Organisms: Framework of Decisions, National Academy Press, Washington, 1989
- [2]: G.J. Persley, L.V. Giddings and C. Juma: Biosafety, the Safe Application of Biotechnology in Agriculture and the Environment; The World Bank / International Service for National Agricultural Research, 1992
- [3]: E. Fisher: The management and assessment of risks from recombinant organisms. *J. Hazardous Materials* **10**, 241-261, 1985
- [4]: J.M. Tiedje et al.: The planned introduction of genetically engineered organisms: ecological considerations and recommendations; *Ecology* **70**, 298-315, 1989
- [5]: E. Smit et al.: Risk associated with the application of genetically modified microorganisms in terrestrial ecosystems; *FEMS Microbiol. Rev.* **88**, 263-278, 1992
- [6]: D.R. Orvos: Assessing environmental risk from genetically engineered microorganisms and products containing recombinant DNA. In: *Advances in Modern Environmental Toxicology Vol. XX, Predicting Ecosystem Risk*, J.Cairns Jr. et al. eds., Princeton Scientific Publ. Co., pp 215-235, 1992
- [7]: J. Cairns Jr. and D.R. Orvos: Establishing environmental hazards of genetically engineered microorganisms; *Rev. Environm. Contam. Toxicol.* **124**, 19-39, 1992
- [8]: K. Gustaffson and J.K. Jansson: Ecological risk assessment of the deliberate release of genetically modified microorganisms; *AMBIO* **22**, 236-242, 1993
- [9]: DOE/ACRE Guidance Note 1: The Regulation and Control of the Deliberate Release of Genetically Modified Organisms (GMOs), a Guide to Part VI of the Environmental Protection Act 1990 and the Genetically Modified Organisms (Deliberate Release) Regulations 1992
- [10]: M. Alexander: A microbial ecologist looks once again at risk analysis. In: *Risk assessment for deliberate releases: the possible impact of genetically engineered microorganisms on the environment*, W. Klingmüller ed., Springer Verlag, 1988
- [11]: ACGM/HSE/DOE Note 7: Guidelines for the Risk Assessment of Operations Involving the Contained Use of Genetically Modified Micro-Organisms (GMMs), September 1993
- [12]: M. Mieschendahl, J. Frevert und R. Kaufmann: Aspekte der Sicherheitsproblematik in der Gentechnik. Battelle-Studie im Auftrag des Bundesministers für Forschung und Technologie in Bonn. In: *Biologische Sicherheit im Forschungsprogramm der Biotechnologie*, S. 1-68, Der Bundesminister für Forschung und Technologie, Bonn, 1988
- [13]: A. Kelman, W. Anderson, S. Falkow, N.V. Fedaroff and S. Levin: Introduction of recombinant DNA-engineered organisms into the environment: key issues; *Natl. Acad. of Science, Natl. Acad. Press*, Washington D.C., 1987
- [14]: im OECD Dokument COM/ENV/DSTI(94)36: "Environmental Impacts of Aquaculture Using Aquatic Organisms Derived Through Modern Biotechnology" wird "hazard" auf S. 30 als Auswirkung des entwichenen Organismus auf das Ökosystem ("impact of the escaped organism on the existing ecosystem") definiert.
- [15]: R.J. Seidler: Evaluation of methods for detecting ecological effects from genetically engineered microorganisms and microbial pest control agents in terrestrial systems. In: M.J. Bazin + J.M. Lynch (eds.), *Environmental Gene Release: Models, experiments and risk assessment*, Chapman & Hall, London, 1994
- [16]: W. Eberbach, P. Lange und J. Schaub: Texte zum Umwelt-und Technikrecht. Band 1: Gentechnikrecht und angrenzende Gebiete; Deutscher Fachschriften-Verlag, Wiesbaden, 1993
- [17]: Anlage 3 zu diesem Bericht: Britisch-Niederländische-Tischvorlage für die Sitzung der Working Group "Risk Assessment" der Competent Authorities of Deliberate Release of Genetically Modified Organisms am 26.10.1994 in Brüssel: The deliberate release into the environment of genetically modified organisms: Directive 90/220/EEC. A framework approach to environmental risk assessment for the release of genetically modified organisms

- [18]: F.E. Sharples, in Weverling and Schenkelaars 1992, p. 109-110 (s. Lit. [19])
- [19]: J. Weverling and P. Schenkelaars: Ecological effects of genetically modified organisms. Proceedings of a national symposium organised by the Netherlands Ecological Society in cooperation with provisional Committee of Genetic Modification, Amsterdam 19.09.1991, Netherlands Ecological Society, 1992
- [20]: W. Küng und O. Käppeli: Technikfolgen-Abschätzung der Gentechnologie; GAIA **3-4**, 188-198, 1994
- [21] s. Lit. [6] S. 1 und 2: A **hazard** is "an act or phenomenon posing potential harm to some person(s) or thing(s); the magnitude of the hazard is the amount of harm that might result, including the seriousness and the number of people exposed". In contrast **risk** "adds to the hazard and its magnitude the probability that the potential harm or undesirable consequence will be realized."
- [22] R.H. Reiting, E. Kiani und F.R.J. Schmidt: Möglichkeiten des Biologischen Containments bei der gezielten Freisetzung von gentechnisch veränderten Organismen; Forschungsbericht 108 02 093, UBA 1993
- [23] I. Ahrenholtz, M.G. Lorenz and W. Wackernagel: A conditional suicide system in *Escherichia coli* based on the intracellular degradation of DNA; Appl. Environm. Microbiol. **60**, 3746-3751, 1994
- [24] B. C. Nudel, M. G. Pueyo, N.D. Judewicz and A.M. Guilietti: Stability of *Escherichia coli* strains harboring recombinant plasmids for L-threonin production; Ant. v. Leeuwenhoek **56**, 273-282, 1989
- [25] D. McKenzie: Mutant bacteria may escape from the mail; New Scientist 04.04.1992, p. 6
- [26a] J.T. Carlton and J.B. Geller: Ecological roulette: the global transport of nonindigenous marine organisms; Science **261**, 78-82, 1993
- [26b] D.A. Anderson: Dispersal of microorganisms with emphasis on bacteria; Environm. Managm. **10**, 470-487, 1986
- [27] S.A. Levin: Safety standards for the environmental release of genetically engineered organisms; Special Issue Trends Ecology & Evolution **3**, S47-S 49, 1988; Trends Biotechnol. **6**, S47-S48, 1988
- [28a] Y. Baskin: Ecologists dare to ask: how much does diversity matter?; Science **264**, 202-203, 1994
- [28b] S. Naeem, L.J. Thompson, S.P. Lawler, J.H. Lawton and R.M. Woodfin: Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems; Nature **368**, 734-737, 1994
- [28c] J. Cherfas: How many species do we need? New Scientist 06.08.1994, p 36-40
- [29a] J.W. Gillett: Risk assessment methodologies for biotechnology impact assessment; Environm. Managm. **10**, 515-532, 1986
- [29b] H. Bolton Jr., J.K. Fredrickson, J.M. Thomas, S.M. Li, D.J. Workman, S.A. Bentjen and J.L. Smit: Field calibration of soil-core microcosms: ecosystem structural and functional comparisons; Microb. Ecol. **21**, 175-189, 1991
- [30] H. Heuer und G. Auling: Möglichkeiten der Sicherheitsprüfung von gentechnisch modifizierten Mikroorganismen (GEMMO) in Modell-Ökosystemen; UBA-Texte 4/95, 1995
- [31] C.H. Shaw: New insights in T-DNA transfer; Trends Microbiol. **1**, 325-327, 1993
- [32a] P. Stadler: Verbundprojekt Sicherheitsforschung Gentechnik; BioEngineering **10-6**, 13, 1994
- [32b] C.C. Tebbe, W. Vahjen, J.C. Munch, S.D. Feldmann, U. Ney, H. Sahm, G. Gellissen, R. Amore und C.P. Hollenberg: Überleben der Untersuchungstämmen und Persistenz ihrer rekombinanten DNA; BioEngineering **10-6**, 14-21, 1994
- [32c] C.C. Tebbe, W. Vahjen, J.C. Munch, B. Meier, G. Gellissen, S.D. Feldmann, H. Sahm, R. Amore, C.P. Hollenberg, S. Blum und W. Wackernagel: Mesokosmosuntersuchungen und Einfluß der Habitatbedingungen auf die Expression, Überdauerung und Übertragung des Aprotinin-Gens; BioEngineering **10-6**, 22-26, 1994
- [33]: H. Bergschmidt; Bericht des UBA "Comparative Analysis of Releases of GMO's in different EU Member States"; in press
- [34]: J.T. Trevors and J.D. van Elsas: A review of selected methods in environmental microbial genetics: Can. J. Microbiol. **35**, 895-902, 1989
- [35]: J.L. Ramos, P. Andersson, L.B. Jensen, C. Ramos, M.C. Ronchel, E. Diaz, K.N. Timmis and S. Molin: Suicide microbes on the loose: Bio/Technology **13**, 35-37, 1995
- [36]: M. Gochfeld and J. Burger: Evolutionary consequences for ecological risk assessment and management; Environm. Monit. Assessm. **28**, 161-169, 1993

- [37]: V. Wolters: Bodenökologische Aspekte der Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen; in: Ermittlung und Bewertung des ökologischen Risikos beim Umgang mit GVO's, Dokumentation eines Fachgesprächs vom 14./15.10.1991, UBA Texte **20/93**, 182-196, 1993
- [38]: Anonym: EPA's proposed TSCA biotechnology rule signed by the administrator: Chemicals in Progress **15-2**, 31-32, 1994
- [39]: P. van der Meer: Potential long-term ecological impact of genetically modified organisms: A survey of literature, guidelines and legislation, Nature and environment, **No. 65**, Rat der Europäischen Gemeinschaft, 1993

2.2.1 Risikoforschung und Monitoring im Rahmen von Freisetzungen und Vermarktungen gentechnisch veränderter Organismen (GVO)

Resolution der Gesellschaft für Ökologie

Angenommen und verabschiedet während der Mitgliederversammlung der 29. Jahrestagung der GFÖ in Bayreuth, 15.09.99

Hintergrund

Die Freisetzung und die Vermarktung (Inverkehrbringen) von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) sind ein gesellschaftlich umstrittenes Thema, dessen Behandlung die Beteiligung von Ökologinnen und Ökologen sowie ihren Fachverbänden erfordert. Bereits 1989 benannte die Stellungnahme der *Ecological Society of America* (ESA, Tiedje et al. 1989) unerwünschte Folgen von Freisetzungen gentechnisch veränderter Organismen, z.B. Resistenzbildung bei Schadinsekten gegenüber transgenen Toxinen oder ungewollte Ausbreitung und Einbürgerung von Unkräutern nach Introgression transgener Eigenschaften. Seit 1991 beschäftigt sich die *Gesellschaft für Ökologie* (GFÖ) zusammen mit Vertretern aus Wissenschaft, Industrie und Verwaltung im Rahmen ihrer Jahrestagungen und in einem eigenen Arbeitskreis mit Fragen der Umweltwirkungen durch den Einsatz von GVO und deren Bewertung. Besondere Aufmerksamkeit gilt dabei möglichen, nicht sofort offensichtlichen und unerwünschten Nebeneffekten in ökologischen Systemen.

Die *Gesellschaft für Ökologie* sieht es als notwendig an, den bisherigen Wissensstand und Forschungsumfang bezüglich ökologischer Wirkungen von GVO zusammenzufassen und zu bewerten, um Empfehlungen für weitergehende Forschungen und zum Monitoring von GVO abzuleiten. Dabei soll auch geprüft werden, inwieweit der Einsatz von GVO dem Prinzip der Nachhaltigkeit entspricht. Die GFÖ hat auf ihrer Mitgliederversammlung im September 1995 eine Resolution "Nachhaltige Entwicklung - Aufgabenfelder für die ökologische Forschung" verabschiedet, aus der sich zentrale Fragen zur Nachhaltigkeit der Gentechnologie ableiten lassen.

Sachstand

In Deutschland wurden bisher an 468 Standorten Freisetzungen von GVO zugelassen und in der EU 18 Verfahren zur Vermarktung abgeschlossen (Stand 08/99; <http://www.rki.de>).

GVO stellen durch die artüberschreitende Neukombination isolierter Gene und Genabschnitte eine evolutionär neue Qualität dar (SRU 1998). Darüber hinaus wirft der Übergang von zeitlich und räumlich begrenzten Freisetzungen zum unbegrenzten und großflächigen Anbau quantitativ und qualitativ neue Fragestellungen hinsichtlich ökologischer Folgen auf. Es werden mit dieser Entwicklung andere und weitreichendere ökologische Wechselwirkungen angesprochen als mit regulierten Freisetzungsversuchen (z.B. Resistenzentwicklungen und -durchbrüche, die Entwicklung sekundärer Schaderreger oder das Erreichen von für Verdrängungsprozesse kritischen Populationsgrößen).

Im Gegensatz zur fortschreitenden Entwicklung und Anwendung der Gentechnologie wurden in den letzten Jahren wissenschaftliche Fragestellungen im Rahmen der Risikoforschung nicht immer umfassender bearbeitet und vieles blieb daher weitgehend unbeantwortet. Auch die Begleitforschung bei Freisetzen wurde im Vergleich zur Zunahme der Feldversuche mit GVO vernachlässigt.

Angesichts bestehender Unsicherheiten über die Folgen der Ausbringung von Transgenen in die Umwelt haben mehrere EU-Mitgliedsstaaten (Frankreich, Österreich, Luxemburg, Griechenland, Dänemark) im Rahmen der Vorsorge spezifische Verbote oder Moratorien gegen den kommerziellen Anbau und/oder den Import bestimmter gentechnisch veränderter Pflanzen, Produkte oder Saatgut veranlasst.

In den Verhandlungen des Internationalen Biosafety-Protokolls im Rahmen der UN-Konvention über die biologische Vielfalt wurde wiederholt gefordert, dass GVO nicht in solchen Gegenden freigesetzt werden sollten, in denen die Zentren ihres Ursprungs und ihrer biologischen Vielfalt liegen (UNEP 1999).

Bewertung ökologischer Wirkungen

Die bisherigen Folgenabschätzungen von Freisetzungen von GVO weisen gravierende Defizite auf. Es fehlen beispielsweise Bestandsaufnahmen und Analysen:

- zu Veränderungen in der floristischen und faunistischen Vielfalt,
- zu Veränderungen im Stoffhaushalt,
- zu Rückkopplungseffekten innerhalb der Biozöten und in Ökosystemen,
- zum spezifischen Einfluss gentechnisch vermittelter Eigenschaften, wie z.B. der Resistenz gegen Schädlinge, Krankheiten oder abiotische Faktoren, auf die Wechselwirkungen und Funktionsbeziehungen in Lebensgemeinschaften und Ökosystemen,
- zu Veränderungen der landwirtschaftlichen Praxis durch GVO und damit verbundenen mittelbaren ökologischen Folgen.

Die Risikoabschätzung im Rahmen der behördlichen Genehmigungspraxis wird der neuen Qualität der aufgeworfenen Probleme nicht gerecht. Aufgrund der Vielzahl noch ungeklärter Fragen basiert sie auf einem unscharf definierten Schadens- und Risikobegriff, der dennoch als Grundlage für die gesetzlich geforderten, bewertenden Zweck- und Vertretbarkeitsprüfungen herangezogen wird (GenTG §16; Winter et al. 1998). Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung 'Globale Umweltveränderungen' (WBGU 1999) fordert in diesem Zusammenhang den notwendigen gesellschaftlichen und parlamentarischen Konsens ein.

Bei der Bewertung von Umweltwirkungen durch GVO stellen sich insbesondere folgende Probleme: Während die kurz- bis mittelfristigen, erwünschten Wirkungen der GVO bzw. ihrer Produkte ermittelt werden können, sind längerfristige ökologische Effekte kaum abschätzbar. Letzteres trifft umso mehr für unvermeidbare, nicht vorhersehbare "Nebeneffekte" der gentechnischen Veränderungen zu.

An dieser Stelle fehlen grundlegende Kenntnisse über die Verbreitungsfähigkeit und Persistenz von Organismen allgemein und GVO im Speziellen. Das Vorsorgeprinzip erfordert, dass diese Wissensdefizite durch gezielte Voruntersuchungen und Begleitforschungen wesentlich verringert werden. Vorsorge zielt nicht nur auf die Vermeidung schon bekannter und definierter bzw. mit einiger Sicherheit vorhersehbarer unerwünschter Wirkungen ab. Sie umfasst auch die Entwicklung von Strategien im Umgang mit Unsicherheiten. Dazu bedarf es der Entwicklung von Kriterien, Prüfmethode und -abläufen, die als "Frühwarnsysteme" fungieren können. Wichtige Kriterien sind dabei die für den Umwelt- und Naturschutz formulierten Grundsätze und Ziele (z.B. Schutz der Pflanzen- und Tierwelt, der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes, der Vielfalt; BNatSchG § 1). Die GfÖ sieht deren konsequente Anwendung auf Freisetzungen und den geplanten großflächigen gewerblichen Anbau transgener Pflanzen als dringend geboten an.

Handlungsbedarf

Die Erforschung, Abschätzung und Bewertung von Umweltauswirkungen einerseits sowie die Definition und Bewertung ökologischer Risiken beim Einsatz von GVO andererseits müssen stärker als bisher unter Einbindung von ökologischen Fachdisziplinen stattfinden. Die bisher vernachlässigte ökosystemanalytische, bioökologische und populationsökologische Expertise muss gleichgewichtig mit der molekularbiologischen integriert werden. Entsprechendes gilt für die Integration der Modell- und Theorienentwicklung in die gezielte praktische Risiko- und Begleitforschung. Diese Ansätze sind zugleich essentielle Grundlagen für die Entwicklung langfristiger Beobachtungsprogramme, die eine kommerzielle Anwendung transgener Organismen flankieren müssen. Die Aktivitäten im Rahmen der Risikoforschung und des Monitorings sollten in einer Zentralen Koordinationsstelle für das Monitoring von GVO zusammenfließen, wie sie auch von der Umweltministerkonferenz der Länder und dem Rat von Sachverständigen für Umweltfragen gefordert wurde (SRU 1998).

Als Konsequenz aus den genannten Wissenslücken ergibt sich die Notwendigkeit, Einzelfallprüfungen bei jeder Freisetzung und Inverkehrbringung von GVO durchzuführen, und gleichzeitig nach dem step-by-step-Prinzip vorzugehen, wonach die schrittweise Konfrontation der Umwelt mit transgenen Organismen nur dann fortgesetzt wird, wenn sich keine unerwünschten Wirkungen zeigen. Darüber hinaus sollen z. B. gezielte Risikountersuchungen und Begleitforschungsvorhaben, zeitlich und räumlich begrenzte Zulassungen und ein eingehendes Monitoring als Sicherheitsauflagen eingesetzt werden können. Ökologische, ökotoxikologische und gesundheitliche Kriterien müssen bereits im Labor- und Gewächshaus Grundlage der Risikoprüfung sein. Im Falle unerwünschter Effekte muss bei jedem Evaluationsschritt ein Verbot als Regulierungsmaßnahme möglich sein.

Besonders dringliche Probleme bestehen vor dem Hintergrund gesundheitlicher Risiken bei GVO mit Antibiotikaresistenzgenen, die in der Humanmedizin relevant sind oder in Zukunft werden könnten, und bei GVO, die im Gebiet der intendierten oder nicht intendierten Verbreitung wildlebende Kreuzungspartner haben.

Quellen:

- SRU - Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (1998): Umweltgutachten 1998. Umweltschutz: Erreichtes sichern - Neue Wege gehen. - Verlag Metzler-Poeschel Stgt., 387 S. www.umweltrat.de/gutach98.htm
- Tiedje J.M., Colwell R.K., Grossmann Y.L., Hodson R.E., Lenski R.E., Mack R.N., Regal P.J. (1989): The planned introduction of genetically engineered organisms: Ecological considerations and recommendations. - *Ecology*, 70 (2): 298-315.
- UNEP/CBD/ExCOP/1/L.2/Rev.1, Draft Report of the Extraordinary Meeting of the Conference of the Parties for the Adoption of the Protocol on Biosafety to the Convention on Biological Diversity, 23.02.1999, UNEP, Nairobi, S. 23-53.
- WBGU (1999): Welt im Wandel - Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken. - Jahresgutachten des Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung 'Globale Umweltveränderungen' 1998. Springer Verlag, 383 S. www.wbgu.de/wbgu-jg1998_engl.html
- Winter G., Anker H. T., Fisahn A., Jörgensen M., Macrory R., Purdy R. (1998): Die Prüfung der Freisetzung von gentechnisch veränderten Organismen - Recht und Genehmigungspraxis -. - Umweltbundesamt (Hrsg.) UBA/Berichte 4/98.

2.2.2 Auswirkungen des Inverkehrbringens transgener Nutzpflanzen auf die Biologische Vielfalt – Monitoring von Tieren und Pflanzen

Armin Benzler, Bundesamt für Naturschutz, AG Ökologische Umweltbeobachtung, Konstantinstraße 110, 53179 Bonn; E-Mail: BenzlerA@BfN.de

Einleitung

Potenzielle Auswirkungen auf die Biologische Vielfalt rücken in Deutschland erst seit kurzer Zeit in den Vordergrund bei der Diskussion um die so genannte „Grüne“ Gentechnik. Erst jetzt, da ein großflächiges und unkontrolliertes Ausbringen von gentechnisch veränderten Kulturpflanzen (GVP) bevorsteht, werden vermehrt die ökologischen Wirkungsketten in der Agrarlandschaft wie Nahrungsnetze und Räuber-Beute-Systeme bei der Risikoforschung berücksichtigt. Die möglichen Folgen eines Inverkehrbringens von GVP für die Ökosysteme sind bisher nicht in hinlänglichem Maße abschätzbar. Es liegen bis heute keine ausreichenden Forschungsergebnisse vor, die eine solche Abschätzung ermöglichen würden. Die wenigen bisher publizierten, aussagekräftigen Forschungsergebnisse in diesem Bereich indessen zeigen, dass negative Auswirkungen auf die Biologische Vielfalt durchaus zu befürchten sind (BIRCH et al. 1997, HILBECK et al. 1999, BERGELSON et al. 1997).

Gentechnisch veränderte Pflanzen sind neue, lebendige und reproduktionsfähige Organismen, deren Wechselwirkungen mit der natürlichen Umwelt einer Risikoabschätzung bedürfen. Sie sind nicht rückholbar, dadurch bedingte Schäden mithin irreparabel und auch geographisch kaum einzugrenzen. Das eventuelle Gefährdungspotenzial für die Arten- und Biotopvielfalt sowie für natürliche biologische Prozesse ist zum heutigen Zeitpunkt nicht abschätzbar.

Ziele des Monitorings aus Naturschutzsicht

Die Frage, ob die „Grüne“ Gentechnik eher Gefahren für den Naturhaushalt birgt oder ob sie zur Reduzierung negativer Auswirkungen von land-, forst- und fischereiwirtschaftlichen Intensivnutzungen auf Natur und Landschaft beitragen kann, ist nach heutigem Kenntnisstand noch nicht zu beantworten. Neben einer umfassenden Bewertung der Auswirkungen der Grünen Gentechnik in Agrar- und Waldökosystemen unter Naturschutzaspekten ist daher die sorgfältige Beobachtung der Biologischen Vielfalt notwendig. Ziel ist es, alle Auswirkungen des Anbaus von GVP, frühzeitig zu erkennen, von denen zu erwarten ist, dass die die Vielfalt sowohl innerhalb der Agrarlebensräume als auch im Gesamtökosystem beeinträchtigen können. Da bisher weder ausreichende Erkenntnisse zum ökologischen Beziehungsgefüge in den Ökosystemen vorliegen noch die Funktionalitäten auf molekularer Ebene bei den transgenen Organismen ausreichend bekannt sind, wird eine Vorhersage potenzieller Auswirkungen nur eingeschränkt möglich sein.

Rahmenbedingungen und Voraussetzungen für ein GVP-Monitoring

Die politischen Rahmenbedingungen für das Monitoring sind von der föderalen Staatsstruktur geprägt. Die Zuständigkeiten sowohl für künstliche Veränderungen der Erbinformation als auch für Naturschutz liegen in der Bundesrepublik bei den Bundesländern (Art. 74 GG). Somit sind die Bundesländer letztlich auch für das Monitoring gemäß der Freisetzungsrichtlinie zuständig. Dies bedeutet, dass von den Bundesländern eigenständige und nicht zwingend mit anderen Bundesländern kompatible Monitoringsysteme aufgebaut werden können, sofern der Bund nicht von seiner rechtlichen Zuständigkeit Gebrauch macht und Regelungen für die Standardisierung vorgibt. Da die Landesregierungen die „Grüne“ Gentechnik unterschiedlich bewerten, dürften auch Mittlereinsatz und Schwerpunkte beim GVP-Monitoring stark divergieren. Gegenüber der Europäischen Union ist die Bundesrepublik Deutschland als gesamtstaatliches Gebilde für die Erfüllung der Berichtspflichten, zu denen auch die Ergebnisse des GVP-Monitorings zu zählen sind (Art. 31 Freisetzungs-Richtlinie) verantwortlich. Damit besteht ein dringendes Interesse zur Einrichtung eines deutschlandweit einheitlichen Monitoringsystems, welches durch eine gleichartige Vorgehensweise, methodische Homogenität und funktionierenden Datenaustausch gekennzeichnet ist und mit dessen Konzeptionierung im Rahmen eines Forschungsvorhabens auch bereits begonnen worden ist (ZÜGHART et al. 2001).

Darüber hinaus sollte frühzeitig der organisatorische Rahmen für ein bundesweit homogenes GVP-Monitoring geschaffen werden, um zu gewährleisten, dass die Beobachtung, die Zusammenführung von Monitoringdaten und deren Auswertung den Repräsentativitätskriterien auf Bundesebene genügen.

Ziel des Monitorings ist es, Auswirkungen auf die Biologische Vielfalt zu erkennen. Der auf die Auswertung der Monitoringergebnisse folgende Schritt muss deren Bewertung sein. Hierfür ist eine vorangehende Festlegung von Akzeptanzgrenzen erforderlich. Die Frage, inwieweit negative Einflüsse auf die Biodiversität tolerierbar sind und wo das Ende der Toleranz liegt, muss vor dem Inverkehrbringen von GVP und der Etablierung des Monitorings geklärt sein. Dafür ist es erforderlich, den Begriff des „ökologischen Schadens“ konkret zu fassen und Kriterien für die Rücknahme von Genehmigungen zu erstellen.

Das GVP-Monitoring muss sowohl für die Ausgestaltung der Aufnahmemethodik als auch für die Interpretation der Ergebnisse auf eine Vielzahl von Sekundärdaten zurückgreifen können. Hierzu gehören Verbreitungsdaten von Indikatorarten, Datensätze zur naturräumlichen Charakteristik, landwirtschaftliche Statistiken usw. In diesem Zusammenhang sind schlaggenaue Daten zum Anbau von GVP außerordentlich wichtig. Die Freisetzungsrichtlinie bietet einen ausreichenden Rahmen für die Verpflichtung zur Dokumentation der Anbauflächen (Art. 31). Eine entsprechende rechtliche Regelung in Deutschland steht aber noch aus.

Ein großes Problem für die Ausgestaltung eines GVP-Monitorings stellen die bereits angesprochenen großen Wissensdefizite im Bereich ökologischer Auswirkungen dar. Um die Bandbreite möglicher Effekte auf die Ökosysteme möglichst umfassend berücksichtigen zu können, müssen Fragen zu ökologischen Wirkungen der transgenen Arten bereits in den ersten Stufen des Stepp by step – Verfahrens stärker berücksichtigt und die Versuchsprotokolle offengelegt werden.

Methodische und organisatorische Anforderungen

Die Konzeption eines GVP-Monitorings ist im Bereich der Biologischen Vielfalt mit besonderen methodischen Schwierigkeiten verbunden. Das im englischen Text der Freisetzungsrichtlinie als „general surveillance“ bezeichnete Monitoring soll unerwartete Effekte, insbesondere Langzeiteffekte aufdecken, die weder im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung noch der i.d.R. nur relativ kurze Zeiträume umfassenden freisetzungsbegleitenden Forschung aufgedeckt werden. Zur vollständigen Erfassung und eindeutigen Zuordnung von unerwarteten Effekten müssten theoretisch alle Bezugsgrößen eines Systems beobachtet werden und die weiteren, potenziell effektauslösenden Quellen ausgeschlossen werden. Derartiges ist im Gesamtökosystem unmöglich. Da „unerwartete Wirkungen“ nicht gezielt beobachtet werden können, bleibt für die Entwicklung eines einigermaßen effektiven Beobachtungsinstruments der einzig gangbare Weg, aufgrund des vorhandenen Wissens Wirkungshypothesen zu formulieren, diese zu überprüfen und dabei verschiedene trophischen Ebenen und alle potenziell betroffenen Ökosystemkompartimente zu berücksichtigen. Dennoch bleibt zu befürchten, dass möglicherweise wichtige Wirkungspfade mangels hinreichender Kenntnisse unerkannt bleiben.

Innerhalb komplexer Systeme sind Ursache-Wirkungsbeziehungen bei der Beobachtung von lediglich wenigen Parametern oft nicht eindeutig nachzuweisen. Im Sinne einer wirksamen Vorsorge kann jedoch beim Auftreten von schädlichen Auswirkungen auf die Biologische Vielfalt mit der Ergriffung von Gegenmaßnahmen nicht abgewartet werden, bis endgültige wissenschaftliche Beweise vorliegen.

Für das Monitoring von GVP müssen bereits bestehende Umweltbeobachtungsprogramme, soweit sie hierfür geeignet sind, genutzt werden. Im Bereich der Biologischen Vielfalt herrscht hier jedoch ein viel beklagtes Beobachtungsdefizit. Obwohl entsprechende Konzepte inzwischen vorliegen (BENZLER 2001, BÜRGER & DRÖSCHMEISTER 2001, DRÖSCHMEISTER 2001) und obwohl auf internationaler Ebene an zahlreichen Indikatorensystemen gearbeitet wird, die mit Daten zur Entwicklung der Biologischen Vielfalt hinterfüttet werden müssen (z.B. EU-KOMMISSION 2000; WCMC 2001), konnte man sich weder auf Bundesebene noch auf Länderebene bisher zur Umsetzung eines deutschlandweit einheitlichen Biodiversitätsmonitorings entschließen. Die bestehenden, auf Arten oder Lebensräume bezogene Beobachtungsprogramme der Bundesländer sind meist auf unterschiedliche Fragestellungen fokussiert, methodisch heterogen und genügen den hier geforderten Repräsentativitätsansprüchen nicht. Bundesweit repräsentative Monitoringdaten liegen lediglich für einige Tierarten, meist Großvögel, verstreut bei Verbänden und Vogelschutzwarten vor. Darüber hinaus werden verschiedentlich endemische Pflanzenarten mit kleinem Verbreitungsareal vollständig erfasst. Für die normal genutzte Landschaft werden in Deutschland praktisch keine Monitoringprogramme durchgeführt. Lediglich in Nordrhein-Westfalen wurde inzwischen mit einem Landschaftsmonitoring begonnen, welches zur Lebensraum- und Artenvielfalt Daten liefert (WOLFF-STRAUB et al. 1996, KÖNIG 1999). In anderen europäischen Ländern ist die Situation ähnlich, doch wird in zahlreichen Ländern an Konzeptionen für ein entsprechendes Monitoring gearbeitet. Lediglich die Schweiz hat inzwischen mit einem Biodiversitätsmonitoring begonnen (BUWAL 1998) und in Großbritannien läuft seit 1978 der Countryside Survey (CSS), ein Monitoringprogramm, welches auf nationaler Ebene zahlreiche Daten zur Biologischen Vielfalt liefert

(z.B. HAINES-YOUNG et al. 2000, HAINES-YOUNG 2001) und in Zukunft mit Sicherheit auch für ein GVP-Monitoring wertvolle Beiträge liefern wird.

Aufgrund der langen Laufzeit des CSS dürfte Großbritannien als einziges europäisches Land über eine valide Basis an Referenzdaten vor Einführung transgener Kulturpflanzen verfügen. Die seit über 20 Jahren laufende Vegetationsbeobachtung innerhalb des CSS hat nicht nur die Darstellung der in der britischen Vegetation ablaufenden Veränderungen und deren Ursachen ermöglicht (BUNCE et al. 1999), sondern dürfte auch die Differenzierung der GVP-induzierten Entwicklungen von anderweitig verursachten Veränderungen erleichtern. In Deutschland fehlen derartige Vergleichsdaten. Die Beobachtung von Referenzflächen, die von transgenen Pflanzen unbeeinflusst und von Anbaugebieten mit GVP räumlich getrennt sind (räumliches Nebeneinander), bietet keinen ausreichenden Ersatz für fehlende Zeitreihen, da zum einen die Vergleichbarkeit hinsichtlich der Standorteigenschaften und Nutzung sehr begrenzt ist und zum anderen bei ungebretem Anbau von GVP aufgrund des einsetzenden vertikalen Gentransfers in relativ kurzer Zeit keine gentech-nikfreien Referenzgebiete mehr zu Verfügung stehen dürften.

Der organisatorische und konzeptionelle Rahmen des GVP-Monitorings muss ausreichend flexibel gestaltet werden. Während die transgenen Pflanzen der ersten Generation aufgrund der zu erwartenden Resistenzenentwicklungen o.ä. möglicherweise schnell an Bedeutung verlieren, werden die in Zukunft vermittelten Eigenschaften wie Stresstoleranz oder die Codierung für industriell oder pharmazeutisch genutzte Rohstoffe neue Risiken für die Biologische Vielfalt und damit auch neue Anforderungen an das Monitoring stellen. Die Erarbeitung einer Monitoringkonzeption muss diesen Umständen Rechnung tragen, indem sie ausbaufähig zu gestalten ist.

Fazit

Aus den vorangegangenen Ausführungen sind folgende Schlüsse zu ziehen:

1. Es müssen die rechtlichen Rahmenbedingungen für ein GVP-Monitoring auf Bundesebene geschaffen werden. Um eine Situation, wie sie im Bereich des „konventionellen“ Naturschutzmonitorings leider seit langem besteht, nämlich die Koexistenz zahlreicher methodisch nicht kompatibler Monitoringprogramme mit unterschiedlicher Zielrichtung und Beobachtungsintensität, zu verhindern, sollten die Rahmenbedingungen und Mindeststandards für das gesetzlich vorgeschriebenen Monitoring im GenTG bzw. in einer entsprechenden Rechtsverordnung verankert werden.
2. Es muss ein organisatorischer Rahmen für das GVP-Monitoring geschaffen werden. Hierfür ist die Einrichtung einer zentralen Koordinierungsstelle notwendig, die die Monitoringaktivitäten steuert, den Datenfluss gewährleistet, Auswertungen vornimmt und präsentiert, die Monitoringdaten mit weiteren Datensätzen (Schlagkarteien, Naturschutzdaten) verknüpft und die entsprechenden Berichte erstellt.
3. Das Monitoring der Auswirkungen des Inverkehrbringens von GVP auf die Biologische Vielfalt erfordert deren intensive Beobachtung. Ein bundesweites Monitoring der Veränderungen der Biologischen Vielfalt ist auch über die Fragestellungen zur GVP-Problematik

hinaus zur Überprüfung der Effizienz der Naturschutzpolitik auf Bundesebene und für die Berichterstattung im Rahmen verschiedener Konventionen dringend erforderlich (z.B. SRU 2000, OECD 2000, s.a. BÜRGER & DRÖSCHMEISTER 2001). Um die „baseline“ vor der Verbreitung von Transgenen in der Natur zu dokumentieren, sollte es noch vor Inverkehrbringen transgener Pflanzen eingeführt werden. Im Sinne des vorsorgenden Schutzes der bestehenden natürlichen Vielfalt sollte ohne ein Biodiversitätsmonitoring keine Genehmigung zum Inverkehrbringen von GVP erteilt werden.

4. Der Begriff des „ökologischen Schadens“ muss aus naturschutzfachlicher Sicht konkretisiert werden. Dies ist die Voraussetzung für die Erarbeitung von Abbruchkriterien und Toleranzgrenzen, ohne die ein GVP-Monitoring keinen Sinn macht.
5. Die vielen bestehenden Wissenslücken zu den ökologischen Folgen einer Verbreitung von Transgenen in der Natur erfordern eine Intensivierung der Forschung auf diesem Gebiet. Viele Fragen zu Auswirkungen auf den Naturhaushalt sollten bereits vor der Freisetzung im Rahmen von Gewächshausversuchen bearbeitet werden. Um das Monitoring fallspezifisch optimal zu gestalten und bereits frühzeitig Hinweise zu potenziellen Wirkungsketten zu erhalten, sollten umfangreiche Untersuchungen bereits im geschlossenen System vorgeschrieben werden und die Untersuchungsprotokolle den Behörden zugänglich gemacht werden.
6. Sowohl für die Rückverfolgbarkeit als auch für die Ausgestaltung des Monitoringdesigns ist die schlaggenaue Dokumentation der Anbauflächen erforderlich. So kann die Dichte und Verteilung von Erhebungen an den jeweiligen Bedarf angepasst werden. Um diese Informationen verfügbar zu machen, sind entsprechende gesetzlichen Regelungen erforderlich.
7. Ebenso sind rechtliche Regelungen erforderlich, damit die Behörden für die Ausgestaltung des Monitorings auf Untersuchungsprotokolle und Forschungsergebnisse der Entwicklungsstufen, die der experimentellen Freisetzung vorgeschaltet sind, zurückgreifen können.

Quellen:

- Benzler, A. (2001): Seltene, bedrohte und endemische Tier- und Pflanzenarten – Auswahl von Artengruppen und Arten für ein bundesweites Naturschutzmonitoring. *Natur und Landschaft* 76 (2), 70 – 87.
- Bergelson, J., Purrington, C.B. & G. Wichmann (1998): Promiscuity in transgenic plants. *Nature* 395 (3), 25.
- Birch, A.N.E., Geoghegan, I.E., Majerus, M.E.N., Hackett, C. & J. Allen (1997): Interactions between plant resistance genes, pest aphid populations and beneficial aphid predators. *Rep. Ann. Scott. Crop Res. Inst.* 1996/1997, 68 – 72.
- Bürger, K. & R. Dröschmeister (2001): Naturschutzorientierte Umweltbeobachtung in Deutschland: ein Überblick. *Natur und Landschaft* 76 (2), 49 – 57.
- Bunce, R.G.H., Smart, S.M., van de Poll, H.M., Watkins, J.W. & W.A. Scott (1999): Measuring change in British vegetation. *ECOFAC* Vol. 2. Institute of Terrestrial Ecology.
- BUWAL (1999): Biodiversitätsmonitoring Schweiz. Bericht über den Stand des Projekts Ende 1998.
- Dröschmeister, R. (2001): Bundesweites Naturschutzmonitoring in der "Normallandschaft" mit der Ökologischen Flächenstichprobe. *Natur und Landschaft* 76 (2), 58-69.
- EU-KOMMISSION (2000): Indikatoren für die Integration von Umweltbelangen in die Gemeinsame Agrarpolitik. Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament. KOM (2000) 20. http://europa.eu.int/eur-lex/de/com/cnc/2000/com2000_0020de.pdf. Letzter Download am 09.04.2001.
- Haines-Young, R.H., Barr, C.J., Black, H.I.J., Briggs, D.J., Bunce, R.G.H., Clarke, R.T., Cooper, A. Dawson, F.H., Firbank, L.G., Fuller, R.M., Furse, M.T., Gillespie, M.K., Hill, R., Hornung, M., Howard, D.C., Mc-

- Cann, T., Morecroft, M.D., Petit, S., Sier, A.R.J., Smart, S.M., Smith, G.M., Stott, A.P., Stuart, R.C. & J.W. Watkins (2000): Accounting for nature: assessing habitats in the UK countryside. DETR. London. 134 p.
- Haines-Young, R.H. (2001): Understanding the big issues. Countryside Survey 2000 News. Issue 6, April 2001,3.
- Hilbeck, A., Moar, W.J., Pusztai-Carey, M., Filippini, A. & Bigler, F. (1999): Prey mediated effects of Cry1Ab toxin and protoxin on the predator *Chrysoperla carnea*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 91, 305-316.
- König, H. (1999): Die Bedeutung der Vögel als Indikatoren in der Ökologischen Flächenstichprobe (ÖFS, Landschaftsmonitoring). *LÖBF-Mitt.* 2/1999, 79-93.
- OECD (2000): Environmental Indicators for Agriculture. Methods and Results. Executive Summary. http://www.oecd.org/agr/env/exsum_e.pdf. Letzter Download am 12.04.01.
- SRU (2000): Umweltgutachten 2000. Schritte ins nächste Jahrtausend. Stuttgart. 685 S.
- WCMC (WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE) (2001): Natural Capital Indicators for OECD countries. Final report. <http://www.unep-wcmc.org/species/reports/oecdreport.pdf>. Letzter Download am 12. 04. 01.
- Wolff-Straub, R., Verbücheln, G., Genßler, L. & H. König (1996): Biomonitoring. Ein neu zu gestaltendes Aufgabengebiet der LÖBF. *LÖBF-Mitt.* 4/1996, 12-18.
- Züghart, W., B. Breckling, R. Mißkamp, K. Schönthaler, S. Balla, G. Wicke, R. Brauner, B. Tappeser (2001): Konzeptionelle Entwicklung eines Langzeitmonitoring von Umweltwirkungen transgener Kulturpflanzen. - Zwischenbericht zum F+E Vorhaben FKZ 29989406 des Umweltbundesamts. Unveröffentlicht.

2.2.3 „Anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen im Agrarökosystem“

Mitteilungen aus der BBA-Arbeitsgruppe

Für die BBA-Arbeitsgruppe: J. Schiemann, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenvirologie, Mikrobiologie und biologische Sicherheit, Messeweg 11-12; 38104 Braunschweig; j.schiemann@bba.de;

Internet: <http://www.bba.de/abm-gvp/abm-start.htm>

Einleitung

In Deutschland werden gegenwärtig Zielstellungen, Kriterien und Methoden des anbaubegleitenden Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen (GVP) auf der Grundlage bereits vorhandener Aktivitäten und Netzwerke erarbeitet (1). Die Notwendigkeit hierfür ergab sich aus der Koalitionsvereinbarung der Bundesregierung, in der der Frage der wissenschaftlichen Begleitung des großflächigen Anbaus transgener Pflanzen große Bedeutung beigemessen wird, und aus der gegenwärtig erfolgenden Novellierung der Richtlinie des Rates über die absichtliche Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen in die Umwelt (90/220/EWG), die ein anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen vorschreiben wird.

Ein anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen in Agrarökosystemen wird Überwachungs- und Kontrollaufgaben mit sich bringen. Vorrangig ist dabei, auf mögliche nachhaltige positive oder negative Wirkungen auf das Agrarökosystem zu achten, die entweder direkt oder indirekt auftreten können. Beispielhaft genannt werden: Auskreuzung in Wild- oder Kulturarten, Wechselwirkungen mit kulturartspezifischen Schaderregern, veränderte Populationsdynamik von Unkräutern sowohl auf der Zielfläche als auch auf Nichtzielflächen.

In Öffentlichkeit und Politik sind nur unzureichende Kenntnisse darüber vorhanden, welche Überwachungssysteme im Bereich Umwelt und Landwirtschaft bereits existieren und wie diese für ein anbaubegleitendes Monitoring genutzt werden könnten. In der öffentlichen Diskussion herrscht die Vorstellung vor, dass Wissenschaft, Wirtschaft, Verwaltung und Politik mit dem Inverkehrbringen transgener Pflanzen vor eine völlig neue Situation gestellt wären und völlig neue Überwachungssysteme etabliert werden müssten. Eine wichtige Aufgabe besteht daher darin, Zielstellungen, Kriterien und Methoden des anbaubegleitenden Monitoring mit den Zielgruppen Wissenschaft, Wirtschaft, Öffentlichkeit und Politik zu diskutieren sowie die bereits vorhandenen Aktivitäten und Netzwerke darzustellen.

Auf der 72. Arbeitssitzung des Deutschen Pflanzenschutzdienstes wurde die Gründung der Arbeitsgruppe „Anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen im Agrarökosystem“ unter Federführung der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) beschlossen, die im April 1999 erfolgte. Der Arbeitsgruppe gehören Vertreter verschiedener BBA-Institute, mehrerer Pflanzenschutzämter, des Robert Koch-Instituts (RKI), des Umweltbundesamtes (UBA), des Bundessortenamtes (BSA), der Sortenüberwachung und Sortenberatung der Länder, des Bundesverbandes Deutscher Pflanzenzüchter (BDP), des Verbandes Deutscher Land-

wirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA), des Instituts für Zuckerrübenforschung (IfZ), der universitären Forschung, des IUCT Schmallenberg der Fraunhofer-Gesellschaft sowie der Europäischen Akademie für Umwelt und Wirtschaft Lüneburg an. Ein Vertreter des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML) nimmt an den Sitzungen teil.

Zu folgenden Schwerpunkten wurden bis zur 73. Arbeitssitzung des Deutschen Pflanzenschutzdienstes im März 2000 Eckpunktepapiere erarbeitet:

- Überwachungs- und Kontrollaufgaben des amtlichen Pflanzenschutzdienstes;
- Überwachungs- und Kontrollmöglichkeiten bei der Sortenprüfung, Saatgutenerkennung und Saatgutverkehrskontrolle;
- Anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Kulturpflanzen – Erfassung von Auswirkungen auf das Agrarökosystem;
- Anbaubegleitendes Monitoring von GVO-Sorten bei Zuckerrüben: Möglichkeiten zur Nutzung von Netzwerken bei Zuckerrüben.

Die Eckpunktepapiere sollen in der hier vorliegenden Mitteilung dargestellt werden.

Im Rahmen der BMBF-Ausschreibung der Förderrichtlinien „Sicherheitsforschung und Monitoring“ im Programm der Bundesregierung „Biotechnologie 2000“ beteiligt sich die BBA-Arbeitsgruppe an dem Verbundprojekt „Methodenentwicklung für ein anbaubegleitendes Monitoring von GVP im Agrarökosystem“. Der Forschungsverbund umfasst 9 Teilprojekte sowie mehrere Unteraufträge. Im Falle einer Förderung durch das BMBF würde sich hier ein Forschungspotential etablieren können, das in der Lage wäre, wesentliche wissenschaftliche Grundlagen für das anbaubegleitende Monitoring im Agrarökosystem zu erarbeiten.

Überwachungs- und Kontrollaufgaben des amtlichen Pflanzenschutzdienstes

In Deutschland liegt die Zuständigkeit zur Überwachung und Kontrolle des Pflanzenschutzes bei den amtlichen Pflanzenschutzdiensten der Länder. Alle Informationen zum Pflanzenschutz laufen in den jährlich stattfindenden Amtsleiterbesprechungen zusammen. Neben den Leitern der Pflanzenschutzdienststellen der Länder sind an diesen Besprechungen der Leiter des Referates Pflanzenschutz des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML) sowie der Präsident und der Leiter der Abteilung für Pflanzenschutzmittel und Anwendungstechnik der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) beteiligt. In Verbindung mit den Amtsleiterbesprechungen finden die Arbeitssitzungen des Deutschen Pflanzenschutzdienstes statt, deren organisatorische Durchführung beim Präsidenten der BBA liegt. Der Teilnehmerkreis ist neben den Amtsleitern, dem Leiter des Referates Pflanzenschutz des BML und Teilnehmern der BBA um Vertreter aus Lehre und Forschung erweitert worden. Darüber hinaus werden auf den Fachreferentsitzungen der Pflanzenschutzdienststellen zusammen mit der BBA jährlich alle wichtigen Ergebnisse ausgetauscht. Dazu gehören laut § 34 Pflanzenschutzgesetz:

1. die Überwachung der Pflanzenbestände sowie der Vorräte von Pflanzen und Pflanzenerzeugnissen auf das Auftreten von Schadorganismen,

2. die Überwachung des Beförderns, des Inverkehrbringens, des Lagerns, der Einfuhr und der Ausfuhr von Pflanzen, Pflanzenerzeugnissen und Kultursubstraten im Rahmen des Pflanzenschutzes sowie die Ausstellung der für diese Tätigkeiten erforderlichen Bescheinigungen,
3. die Beratung, Aufklärung und Schulung auf dem Gebiet des Pflanzenschutzes einschließlich der Durchführung des Warndienstes auch unter Verwendung eigener Untersuchungen und Versuche,
4. die Berichterstattung über das Auftreten und die Verbreitung von Schadorganismen,
5. die Prüfung von Pflanzenschutzmitteln, Pflanzenschutzgeräten, Verfahren des Pflanzenschutzes, der Resistenz von Pflanzenarten sowie die Mitwirkung beim Schließen von Bekämpfungslücken,
6. die Durchführung der für die Aufgaben nach den Nummern 1 bis 5 erforderlichen Untersuchungen und Versuche.

Um insbesondere die unter Punkt 1 und 4 genannten Aufgaben sachgerecht erfüllen zu können, werden von den Pflanzenschutzdienststellen flächendeckend die folgenden Arbeiten erledigt, wobei der Großteil der in den jeweiligen Regionen vorhandenen land- und forstwirtschaftlichen sowie gärtnerischen Kulturen erfasst wird:

- Beobachtungen über das Auftreten wirtschaftlich wichtiger Schadorganismen,
- Beobachtungen über das Auftreten abiotisch bedingter Schädigungen an Kulturpflanzen,
- Beobachtungen über Schäden an Pflanzen und Tieren durch Pflanzenschutzmittel,
- Beobachtungen über unzureichende Wirkungen von Pflanzenschutzmitteln,
- Beobachtung des Witterungsverlaufes und dessen Auswirkungen auf die Kulturpflanzen.

Bei den obengenannten Beobachtungen werden biologische und phänologische Daten über eine Vielzahl von Organismen erhoben (s. Anlage 1).

In Verbindung mit den Überwachungsaufgaben nach Saatgutverkehrsgesetz besteht eine ergänzende Verknüpfung zum Saatgutbereich, z.B. durch stichprobenartige Untersuchungen zugelassener Sorten durch den amtlichen Pflanzenschutzdienst. Es besteht somit bereits ein bundesweites Netzwerk, das - ggf. erweitert - in ein anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen im Agrarökosystem einbezogen werden könnte. Im Rahmen des Versuchswesens des amtlichen Pflanzenschutzdienstes werden seit vielen Jahren umfangreiche Daten erhoben. Diese können vor Beginn eines flächendeckenden Anbaus gentechnisch veränderter Pflanzen zur Ermittlung des Status quo, z.B. hinsichtlich des Vorkommens unterschiedlicher Schaderreger, genutzt werden.

Neben den allgemeinen Überwachungsaufgaben nehmen die Pflanzenschutzdienststellen der Länder eine Reihe von besonderen Aufgaben aufgrund der in Anlage 2 aufgelisteten Gesetze und Verordnungen wahr. Darüber hinaus gibt es auch noch durch länderspezifische Verordnungen bedingte Aufgaben.

Überwachungs- und Kontrollmöglichkeiten bei der Sortenprüfung, Saatgutenerkennung und Saatgutverkehrskontrolle

Im Entwurf der Novelle der Richtlinie 90/220 EWG ist vorgesehen, dass künftig bei der Genehmigung des Inverkehrbringens gentechnisch veränderter Pflanzen geeignete Maßnahmen für ein Monitoring vorgesehen werden müssen. Bei den bisherigen Genehmigungen wurden solche Überwachungs- und Kontrollmaßnahmen nicht vorgeschrieben. In Einzelfällen wurden aber im Rahmen von Forschungsprojekten einige wenige Fragestellungen bearbeitet.

Bisher war die Schnittstelle zwischen Gentechnikrecht sowie Saatgut- und Sortenrecht nicht definiert. Dieses Problem wurde in bezug auf die Sortenzulassung und Saatgutenerkennung gelöst durch die Richtlinie 98/95/EG. Diese Richtlinie wird demnächst auch in deutsches Recht umgesetzt durch eine Novelle des Saatgutverkehrsgesetzes.

Im Rahmen des Saatgutverkehrsgesetzes unterliegen sowohl die Sortenprüfung als auch die Saatgutvermehrung und das Inverkehrbringen von Saatgut einer amtlichen Kontrolle. Diese bereits existierenden Systeme könnten auch genutzt werden, um ein anbaubegleitendes Monitoring von GVP durchzuführen.

Gentechnisch veränderte Pflanzen können nur in Verkehr gebracht und in größerem Maßstab angebaut werden, wenn a) eine Genehmigung zum Inverkehrbringen nach Gentechnikrecht vorliegt und b) die Sorte nach dem Saatgutverkehrsgesetz zugelassen ist. Zuständig für die Zulassung von Sorten ist das Bundessortenamt. Bei der Prüfung, ob eine Sorte die Voraussetzungen nach dem Saatgutverkehrsgesetz erfüllt, baut das Bundessortenamt die Kandidatensorten an 15 bis 30 verschiedenen Standorten in Deutschland über 2 bis 3 Jahre an. Die Versuchsfelder und die Lagepläne der Versuche werden festgehalten und können so über Jahre zurück auch wieder identifiziert werden. Die Versuche werden durchgeführt nach den Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen des Bundessortenamts. Festgestellt werden alle relevanten Anbau-, Resistenz-, Ertrags- und Qualitätseigenschaften von Sorten. Über jeden Versuch erfolgt eine umfangreiche Berichterstattung, die auch um neue Kriterien erweitert werden kann. Nach der Regelprüfzeit entscheidet das Bundessortenamt über die Zulassung der Sorte gemäß § 30 Saatgutverkehrsgesetz.

Erst wenn eine Sorte zugelassen ist, kann Saatgut dieser Sorte vermehrt und anerkannt werden. Die Anerkennung von Saatgut liegt in der Kompetenz der Bundesländer. Die amtlichen Anerkennungsstellen der Länder haben sich zu einer Arbeitsgemeinschaft zusammengeschlossen, um sicherzustellen, dass die in der Saatgutverordnung vorgesehenen Verfahrensabläufe gleichsinnig angewandt werden. Im Rahmen des Anerkennungsverfahrens werden das Flurstück, der Landwirt, der Saatgutlieferant, die verantwortliche Vermehrungsfirma sowie die Saatgutaufbereitung erfasst. Die Saatgutverordnung regelt auch das Anerkennungsverfahren, die Anforderungen an die Vermehrungsfläche sowie den Vermehrungsbetrieb, die Anforderungen an den Feldbestand und an die Beschaffenheit des Saatguts. Der Feldbestand wird während der Vegetation ein bis dreimal hinsichtlich Fremdbesatz, Gesundheitszustand und Mindestentfernung zu anderen Beständen kontrolliert. Nach Ernte und Aufbereitung wird das Saatgut überprüft auf Reinheit, Keimfähigkeit und Besatz sowie auf den Gesundheitszustand. Erst nach erfolgreicher Prüfung wird das Saatgut anerkannt. Danach kann es verpackt und etikettiert werden.

Anerkanntes Saatgut kann vertrieben werden, solange es die Anforderungen, die in der Saatgutverordnung festgelegt sind, erfüllt. Ob dies der Fall ist, wird zumindest stichprobenweise amtlich kontrolliert. Die für die Kontrolle zuständigen Saatgutverkehrskontrollstellen der Länder überprüfen, ob der Vertrieb des Saatguts rechtmäßig ist, d. h. ob die Sorte zugelassen ist und das Saatgut ordnungsgemäß anerkannt ist. In der Arbeitsgemeinschaft der Saatgutverkehrskontrollstellen werden die üblichen Verfahrensschritte abgestimmt. Auf der Basis der Saatgutaufzeichnungsverordnung können die Herkunft und der Vertrieb nachvollzogen werden. Jeder, der Saatgut in den Verkehr bringt, muss nach der Saatgutaufzeichnungsverordnung Aufzeichnungen machen über den Lieferanten, den Tag des Eingangs, den Empfänger des Saatguts, das Gewicht der einzelnen Partien und die Anerkennungsnummer. Damit kann lückenlos nachvollzogen werden, wo das jeweilige Saatgut verblieben ist.

Zum Zwecke der Sortenberatung führen die Dienststellen der Bundesländer so genannte Landessortenversuche durch. Diese Versuche erfolgen in der Regel nach der Zulassung einer Sorte im Hinblick auf die regionale Eignung. Die Sortimente in den Landessortenversuchen werden in der Regel nach fachlichen Gesichtspunkten festgelegt, aber auch mit Vermehrungsorganisationen, Handel- und Verarbeitungsbetrieben abgestimmt. Die Versuchsdurchführung erfolgt nach den gleichen Richtlinien wie die Wertprüfungen des Bundessortenamts. Die Versuchsflächen und Lagepläne werden ebenso festgehalten, so dass auch hier eine Überwachung in den Folgejahren möglich ist.

Für ein anbaubegleitendes Monitoring sind somit in der Sortenzulassung, der Saatguterkennung und der Saatgutverkehrskontrolle alle Voraussetzungen vorhanden. Zurzeit fehlen aber noch die Kriterien, die bei der jeweiligen Überwachung festgestellt werden sollen. Ebenso müssten noch Methoden entwickelt werden zur Feststellung einzelner Kriterien. Zu diskutieren wären auch noch Kriterien über den Stichprobenumfang, da eine flächendeckende Überwachung wenig sinnvoll und kaum finanzierbar ist.

Anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Kulturpflanzen –Erfassung von Auswirkungen auf das Agrarökosystem

Aufgabenstellung

Eine wesentliche Zielstellung ist die Entwicklung eines Konzeptes für die Erfassung von Wirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen (GVP) auf das Agrarökosystem im Rahmen eines anbaubegleitenden Monitoringverfahrens. Ausgeklammert bleibt der Bereich der freisetzungsbegleitenden (Sicherheitsforschung).

Die wesentliche Anforderung an das zu entwickelnde Monitoringverfahren besteht in der Bestimmung und Festlegung von solchen **Parametern** und **Erfassungsmethoden**, die mit vertretbarem Aufwand zu relevanten Monitoringergebnissen führen. Standorte, Design und Parameter entsprechender **Langzeitmonitoringversuche** an Referenzstandorten sind zu definieren. Die erhobenen Befunde sind stets im Vergleich zu den Nicht-GVP der gleichen Art unter möglichst gleichen Bedingungen zu sehen und zu bewerten. Nicht alle Parameter sind für alle GVP mit der gleichen Priorität und Reihenfolge relevant.

Begriffsdefinitionen*Freisetzungsbegleitende Sicherheitsforschung:*

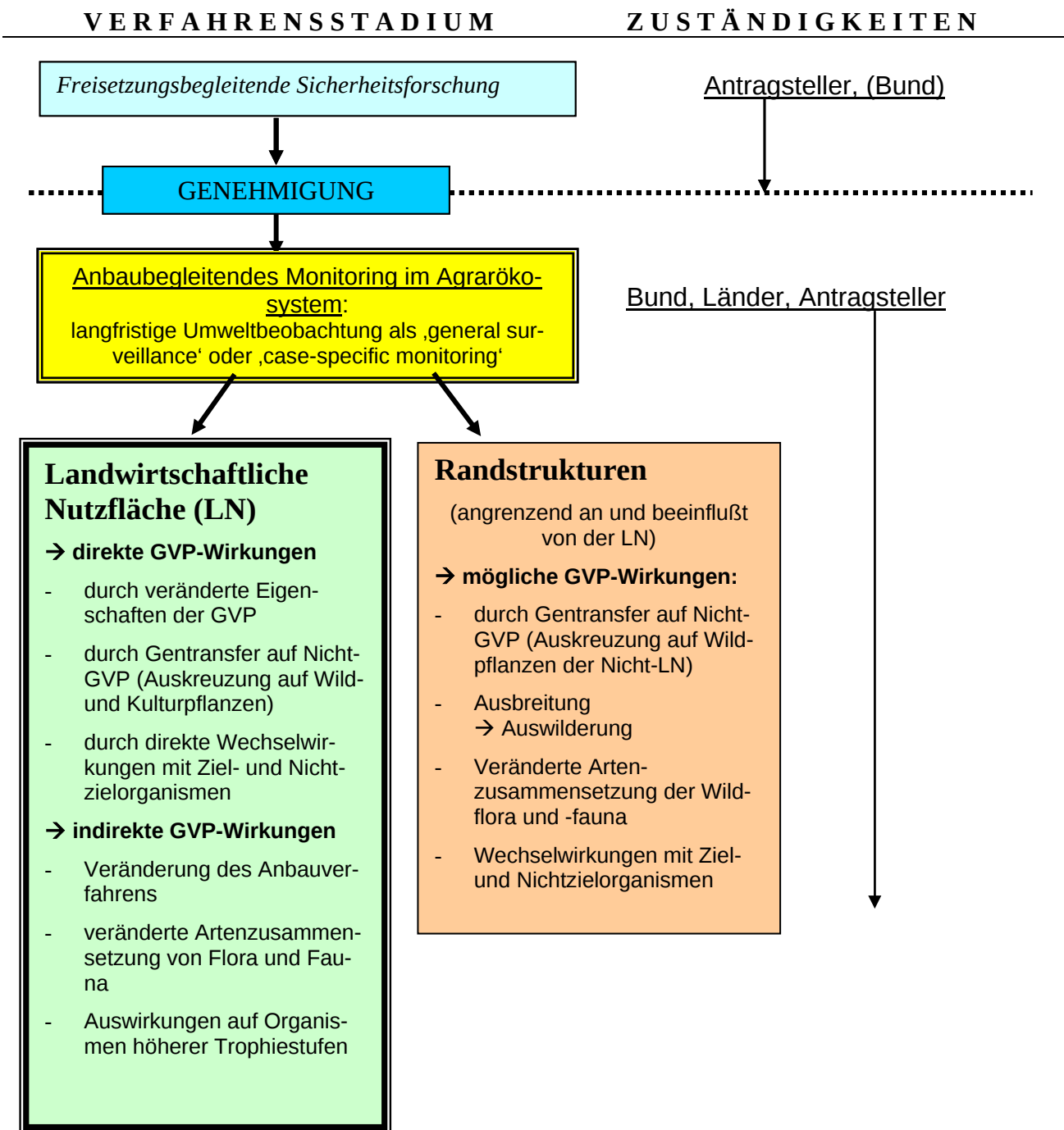
im Rahmen von zeitlich und räumlich begrenzten Freisetzungen von GVP durchgeführte transgen- und kulturpflanzen-spezifische wissenschaftliche Untersuchungen vor Inverkehrbringen der GVP. Den Untersuchungen liegt eine Fall-zu-Fall-Betrachtung zugrunde.

Anbaubegleitendes Monitoring:

beinhaltet sowohl ein allgemeines als auch ein spezifisches, in jedem Fall aber langfristig angelegtes Monitoring von Effekten des Anbaus von GVP. Das anbaubegleitende Monitoring findet nach der Genehmigung zum Inverkehrbringen transgener Pflanzen statt. Dabei erfolgt ein Vergleich mit konventionellen Sorten und Anbausystemen. Beim Erkennen von Effekten (positiver* oder negativer Art) erfolgt eine Analyse, ob diese gentechnikspezifisch sind und deren Bewertung. Unter allgemeinem Monitoring (*general surveillance*) versteht man eine allgemeine überwachende Beobachtung von transgenen Pflanzen in Anbausystemen und der Umwelt. Dazu erfolgt die Nutzung in vielen Bereichen bereits bestehender Prüf- und Kontrollnetze. Die Fragestellungen sind weitgehend offen und werden unabhängig von einer Risikobewertung gestellt (keine direkte Ursache-Wirkungs-Hypothesen). Das allgemeine Monitoring soll das Erkennen unerwarteter Ereignisse ermöglichen. Dagegen werden beim fallspezifischen Monitoring (*case specific monitoring*) konkrete, wissenschaftliche Fragestellungen untersucht, wie sie in einzelnen Fällen bei der vorangegangenen Sicherheitsbewertung im Rahmen des Genehmigungsverfahrens definiert wurden (Fall-zu-Fall-Betrachtung mit Ursache-Wirkungs-Hypothesen). Als Monitoringflächen (im Sinne der Zielstellung der Arbeitsgruppe) sind neben der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LN) die unmittelbar angrenzenden Flächen und Standorte bis zu einer Entfernung von der LN anzusehen, die einem unmittelbaren Einfluss aufgrund der landwirtschaftlichen Nutzung unterliegen.

(* Im Sinne einer Risikovorsorge dient das anbaubegleitende Monitoring in erster Linie dem Erkennen von negativen Effekten. Da die Fragestellungen des allgemeinen anbaubegleitenden Monitoring jedoch weitgehend offen sind, werden auch positive Effekte erkannt und bewertet.)

Abgrenzung von Begriffen, Aufgabenbereichen und Zuständigkeiten



Im Folgenden sollen vor allem die möglichen Auswirkungen des Anbaus von GVP auf die landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) einschließlich der Flächen für Weinbau, Gartenbau u.a. betrachtet werden, die im obigen Schema im Modul links aufgeführt sind. Der Bereich der an die LN angrenzenden Randstrukturen sollte insbesondere wegen des potentiellen Gentransfers durch Auskreuzung und eventuell Auswilderung sowie als Lebensraum für Nützlinge und Pflanzenschädlinge im Rahmen des anbaubegleitenden Monitoring miterfasst werden. Die Aussagen zu den Zuständigkeiten sind als Anregungen zu betrachten: Es sollte darauf geachtet werden, dass eine ausgewogene Aufgabenteilung gefunden wird, die die Konkurrenzfähigkeit der kleinen und mittleren Unternehmen erhält.

Agrarökosystem – direkte GVP-Wirkungen

Potentielle Auswirkungen veränderter Eigenschaften der GVP können in Abhängigkeit vom gentechnisch veränderten Zielgen verschiedene direkte Auswirkungen auf andere Elemente des Agrarökosystems haben, wobei eine Bewertung im Einzelfall erfolgt. Im Einzelnen sind folgende Genwirkungen potentiell möglich und bei einem anbaubegleitenden Monitoring zu berücksichtigen:

Herbizidtoleranz

- Nach Auskreuzung in verwandte Wildkrautarten deren selektive Förderung (nur bei Herbizideinsatz relevant)
- Unerwünschte Herbizidtoleranz bei Durchwuchspflanzen der gleichen Art aus dem Bodensamenvorrat (nach Auskreuzung auf andere Felder)

Insektenresistenz (B.t.-Toxin)

- Resistenzbildungsgefahr bei Zielorganismen (→ weniger eine Frage der Ökosystembeeinflussung als der Durabilität des PS-Verfahrens)
- Veränderte Dynamik der Zersetzung von Pflanzenresten durch die Mikrofauna im Boden
- Verändertes Auftreten kulturpflanzen-spezifischer Schaderreger (Insekten)
- Veränderte Zusammensetzung der Ackerfauna

Bakterienresistenz

- Veränderung der Bakterienpopulation in der Rhizosphäre
- Einfluss auf die Dynamik der Zersetzung von Pflanzenresten durch Bodenbakterien
- Verändertes Auftreten kulturpflanzen-spezifischer Schaderreger

Virusresistenz

- Mögliche Entstehung veränderter Viren durch Rekombinationseignisse zwischen viralen Transgenen und infizierenden Viren, ggf. verändertes Auftreten kulturpflanzen-spezifischer Schaderreger

Fettsäuremuster

- Wahrscheinlichkeit von Auswirkungen auf das Agrarökosystem gering, außer ggf. verändertes Auftreten kulturpflanzen-spezifischer Schaderreger
- ggf. Einfluss auf Dormanz und Überdauerung von Ölsamen im Boden

Amylosegehalt

- Mögliche Auswirkungen auf das Agrarökosystem nicht erkennbar, außer ggfs. verändertes Auftreten kulturpflanzen-spezifischer Schaderreger
- Überdauerungsfähigkeit der GVP

Männliche Sterilität

- ggf. Einfluss auf pollennutzende Insekten

Für ein anbaubegleitendes Monitoring müssen die potentiell von einer gentechnisch veränderten Eigenschaft der Kulturpflanze betroffenen Bereiche und Faktoren des Agrarökosystems differenziert werden, um davon geeignete Überwachungsparameter ableiten zu können.

Gegenwärtig **handlungsrelevante Bereiche** für potentielle Auswirkungen des Anbaus von GVP auf Faktoren des Agrarökosystems, spezifiziert nach Kulturpflanzenart und verändertem Zielgen, können wie folgt angegeben werden:

Kulturpflanze	Zielgene	Potentielle direkte GVP-Wirkungen auf Parameter des Agrarökosystems			
		Veränderte Reaktion d. GVP auf Schaderreger	Resistenzbildung bei Schadorganismen	Veränderter Abbau von Pflanzenresten im Boden	Veränderte PSM-Wirkung auf die GVP
Raps	Männliche Sterilität	+	-	-	-
	Herbizidtoleranz	+	+	-	+
	Fettsäuremuster	+	-	-	-
	Schaderregerresistenz	+	+	+	-
Z-rübe	Herbizidtoleranz	+	+	-	+
	Virusresistenz	+	+	-	-
Kartoffel	Insektenresistenz (B.t.)	+	+	+	-
	Bakterienresistenz	+	+	+	-
	Virusresistenz	+	+	-	-
	Stärkezus.	+	-	-	-
Mais	Herbizidtoleranz	+	+	-	+
	Insektenresistenz (B.t.)	+	+	+	-

Gentransfer auf Nicht-GVP

Gentransfer auf Nicht-GVP (Gentransfer auf artgleiche nicht-transgene Kulturpflanzen und Gentransfer auf Wildpflanzen) kann sowohl auf der LN als auch auf Pflanzen in den angrenzenden Randstrukturen relevant sein. Allerdings setzt Gentransfer auf Wildpflanzen zwei Dinge voraus: erstens muss die GVP innerhalb der Nutzungsdauer zeitgleich mit den Wildpflanzen blühen, und zweitens müssen in der Wildflora kreuzungsfähige verwandte Arten existieren. Nach jetzigem Stand ist dies nur bei Raps und nur in Ausnahmefällen bei der Zuckerrübe der Fall, da Kartoffel und Mais in Europa keine kreuzungsfähigen Verwandten haben.

Durch die Arteninventarisierung hinsichtlich standorttypischer Leitarten auf der LN und der angrenzenden Nicht-LN im Rahmen eines Monitoring auf Referenzstandorten wird neben dem Gentransfer durch **Auskreuzung** auch eine etwaige (allerdings sehr unwahrscheinliche) **Auswilderung** von GVP erfasst.

Folgende **handlungsrelevante Bereiche** für ein anbaubegleitendes Monitoring des Gentransfers auf Nicht-GVP lassen sich angeben:

Kulturpflanze	Gentransfer auf der Landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN)	Gentransfer auf Pflanzen in den Randstrukturen (Nicht-LN)
Raps	Genübertragung auf Wildkraut-Kruzifereen: Einfluß auf die Zusammensetzung der Ackerwildflora; Veränderung von Merkmalen in benachbartem Nicht-GVP-Raps	Genübertragung auf verwandte Wildarten, Einfluß auf die Zusammensetzung der Wildflora
Zuckerrübe	Einfluß auf die Zusammensetzung der Ackerwildflora; Veränderung von Merkmalen in benachbarten Nicht-GVP-Rüben	Genübertragung auf verwandte Wildarten, Einfluß auf die Zusammensetzung der Wildflora

Agrarökosystem – indirekte GVP-Wirkungen

Mit dem Anbau von GVP können auch **Veränderungen des Anbauverfahrens** einhergehen, die auf den besonderen Eigenschaften der GVP beruhen und ihrerseits agrarökosystemare Auswirkungen haben. Von den zurzeit in der Praxis nutzbaren GVP-Merkmalen sind in diesem Zusammenhang folgende indirekte GVP-Wirkungen zu erwarten:

- Durchwuchs (insbesondere Raps); Herbizidtoleranz, veränderte Inhaltsstoffe (wobei Durchwuchs nicht GVP-spezifisch ist)
- Verstärkter pflugloser Anbau durch Einsatz von Herbizidtoleranz + komplementärem Breitbandherbizid (verstärkte Nutzung von Mulchsaatverfahren)
- Änderungen von Dünge- und Pflanzenschutzverfahren.

Die Problematik von herbizidtolerantem **Durchwuchsrap**s muss bedacht werden, ihr kann aber mit einem entsprechenden Herbizidmanagement begegnet werden. Ähnlich muss bei Raps der Durchwuchs von Pflanzen mit unterschiedlichen inhaltsstofflichen Qualitäten bedacht werden. Dieses Problem erscheint aber primär eine Frage der Anbauplanung des Landwirts zu sein. Grundsätzlich sollte bei der Einführung neuer GVP-Merkmale die Möglichkeit einer unmittelbar damit zusammenhängenden Veränderung des Anbauverfahrens erwogen werden. Es muss dann im Einzelfall entschieden werden, ob die sich daraus ergebenden Verfahrensänderungen Gegenstand des anbaubegleitenden Monitoring auf den Referenzstandorten sein sollen oder nicht.

Weitere indirekte GVP-Wirkungen auf der LN bestehen in der möglichen Veränderung der **Artenzusammensetzung** der Ackerwildflora und -fauna. Sie könnte im wesentlichen resultieren aus einem Gentransfer auf die Wildflora, aus einem veränderten Herbizideinsatz durch Anbau herbizidtoleranter Kulturpflanzen oder aus Veränderungen der Anbausysteme.

Anbaubegleitendes Monitoring von GVP auf Referenzstandorten

- Standort- und Flächenauswahl -

Ein anbaubegleitendes Monitoring kann nur durch die Anlage von **Dauersystemversuchen auf Praxisschlägen** (keine Versuchsflächen) die erforderlichen praxisrelevanten Ergebnisse liefern. Gedacht ist deshalb an die Etablierung einer praxisüblichen Rotation, in der die GVP integriert mitgeführt und beobachtet wird. Dies führt zu einem jährlichen Flächenwechsel, der sich allerdings auf dem gleichen Betrieb und damit unter weitgehend konstanten Standortbedingungen vollziehen sollte.

Vorgeschlagen werden die folgenden Kriterien für die Anlage und Durchführung der Monitoringversuche:

- 1) **Standortwahl:** typische (landschaftsräumlich, klima-/bodengeographisch) Anbauregion der in Untersuchung stehenden GVP-Art
- 2) Anbau in einer für die Praxis derzeit typischen **Anbaufolge** mit anderen Fruchtarten und in dem für die GVP-Art typischen **Anbauverfahren**, unter Beachtung der Richtlinien einer ‚guten fachlichen Praxis‘
- 3) **Versuchsanlage:** Anlage des Monitoring-Versuchs in ausreichend dimensionierten Großparzellen (Teilschlägen), jeweils im direkten Vergleich mit den Nicht-GVP-Sorten (Vorschlag: Streifenanlage oder randomisierte Großparzellenanlage).

- Bezugsbasis, Kontrollen, „Status quo“ -

Bezugsbasis der erfassten Parameter des Monitoring muss die in unmittelbarer Nachbarschaft und im gleichen Verfahren zeitgleich angebaute Nicht-GVP sein. Will man streng nur die reine Wirkung des veränderten GVP-Merkmals erfassen - und das sollte das oberste Ziel sein -, muss als Kontrolle eine Nicht-GVP mit dem gleichen Ausgangsgenom wie die GVP verlangt werden. Dies wird in Zukunft auch eine Frage der Verfügbarkeit durch die Erzeuger und Anbieter von GVP sein.

Besonders schwierig wird die Gestaltung einer „scharfen“ Kontrolle bei herbizidtoleranten GVP sein. Die Schwierigkeit besteht darin, dass für ein Agrarökosystem-Monitoring hier korrekterweise auch auf der Kontrollfläche das Komplementärherbizid appliziert werden muss, als zweite Kontrolle aber auch eine Fläche mit konventioneller Herbizidanwendung geführt werden muss (Alternative: Behandlung von GVP und Nicht-GVP mit konventionellen Herbiziden).

Zu Beginn von Langzeitstudien wird merkmalspezifisch zu entscheiden sein, ob eine Bezugsbasis festgelegt wird, oder ein zeitparalleler Ansatz gewählt wird. Es ist davon auszugehen, dass das Festschreiben einer Bezugsbasis in Form eines Status quo zu Beginn einer Langzeitstudie hinsichtlich der meisten Parameter von Agrarökosystemen ungeeignet ist, da letztere sich in einem ständigen Wandel durch den technischen Verfahrensfortschritt, auch unabhängig vom Anbau von GVP, befinden. Daher wird in vielen Fällen nur ein **zeitparalleler und standortidentischer Vergleich** der Agrarökosystemparameter im GVP- gegenüber dem Nicht-GVP-Anbau zu relevanter Information führen.

- Monitoringparameter -

Folgende Parameter für die Erfassung möglicher Langzeitwirkungen von inverkehrgebrachten GVPs auf Agrarökosysteme werden vorgeschlagen:

Parameter des Agrarökosystems	Modellhafte Untersuchung in der Freisetzungsbegleitforschung	Erfassung in den Langzeit-Referenz-versuchen des anbaubegleitenden Monitoring
Schaderregerauftreten	+	+
Unkrautpopulation	+	+
Nützlingspopulation	+	+
Wirkung von PSM	+	+
Mikroflora Phylloplane, Rhizosphäre	+	-
Symbionten	+	-
Saprobier (Abbau von Pflanzenresten im Boden)	+	-
Bodenbiologische Parameter	+	+

Die notwendigen Erhebungen in den Langzeitmonitoringversuchen gehen aus den oben genannten handlungsrelevanten Bereichen hervor. Zuvorderst steht unter agrarökosystemaren Gesichtspunkten das Schaderregerauftreten, da bei der Merkmalsveränderung in GVPs (wie auch in nicht-GVPs) stets auch die Möglichkeit einer physiologisch-biochemischen Veränderung der pflanzlichen Reaktion auf Schaderreger in Frage kommt. Hierzu gehört auch eine Langzeiterfassung der Zusammensetzung der vorherrschenden Unkrautflora.

Ein weiterer Bereich wären die nicht-pathogenen/nicht-phytophagen Biota des Agrarökosystems. Hierzu zählen die Nützlinge (epigäisch, hypogäisch), die kommensale Mikroflora auf der Pflanzenoberfläche (Rhizosphäre, Phylloplane) sowie Symbionten (Mykorrhiza, Rhizobien).

Eine Totalanalyse dieser Organismengruppen im Rahmen eines Routine-Langzeitmonitoring ist weder realisierbar noch gerechtfertigt. Solche Untersuchungen sollten im Rahmen von Freisetzungsversuchen (Begleitforschung) modellhaft durchgeführt werden. Ähnliches gilt auch für Fragen der Zersetzung von Bestandesabfällen aus GVP-Beständen, die den Stoffkreislauf auf dem Feld betreffen.

Vorschlag für die praktische Durchführung und Organisation eines anbaubegleitenden Monitoring transgener Kulturpflanzen

Ein Schwerpunkt des anbaubegleitenden Monitoring sollte im Bereich der Erfassung von potentiellen Veränderungen im Auftreten von Schaderregern einschließlich Unkräutern liegen. Diese Erfassung sollte auch die Entstehung von Resistenzen mit einbeziehen. Die hierzu erforderlichen Parameter werden von amtlichen Pflanzenschutzdiensten schon jetzt - allerdings mit anderer Zielsetzung - relativ intensiv erfasst.

Ebensolches gilt für die routinemäßige Erfassung der Wirkung von gängigen Pflanzenschutzmitteln, sowohl hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Zielorganismen als auch ihrer Pflanzenverträglichkeit. Die hierzu vorhandene Erfahrung und Methodik kann auf den Referenzstandorten routinemäßig genutzt werden.

Um die Belastung der einzelnen Pflanzenschutzdienststellen der Länder in Grenzen zu halten, ist eine Verteilung der mit verschiedenen GVP und Transgenen verbundenen Monitoringaufgaben auf einzelne Länder und Standorte empfehlenswert. Damit könnten die Aufgaben in diesen Ländern auf die jeweils standorttypische Kulturpflanze beschränkt und konzentriert werden. Vorschläge für eine solche Aufgabenteilung im Hinblick auf die zurzeit relevanten Kulturarten Raps, Zuckerrübe, Kartoffel und Mais, einschließlich dafür geeigneter Produktionsbetriebe, sollten von den Pflanzenschutzdiensten der Länder erarbeitet werden. In dieser Phase müssen dann auch die Fragen der spezifischen Zuständigkeiten bei der Anlage, Betreuung und Auswertung der Monitoringversuche, sowie die Frage der Kostenübernahme geklärt werden.

In die Referenzversuche könnten bodenbiologische Langzeitmessungen, wie sie im Rahmen der Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) der Länder zurzeit durchgeführt werden, sinnvoll integriert werden, indem die Referenzstandorte in das BDF-Raster einbezogen werden. Ähnlich kann mit Florenkartierungen insbesondere bezüglich der Artenerfassung im angrenzenden Nicht-LN-Bereich verfahren werden (s.a. „Eckpunkte für ein Monitoring der Umweltwirkungen von gentechnisch veränderten Pflanzen“ der Bund/Länder-AG Monitoring der Umweltwirkungen von GVP).

Das anbaubegleitende Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen im Agrarökosystem ist eine komplexe Aufgabe, die nur in enger Kooperation bewältigt werden kann. Hier sind Forschungseinrichtungen der BML-Ressortforschung, der amtliche Pflanzenschutzdienst, die Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalten, die Arbeitsgemeinschaften der Anerkennungsstellen sowie der Saatgutverkehrskontrollstellen und das Bundessortenamt, die universitäre Forschung sowie weitere Behörden und Forschungseinrichtungen gefragt. Mit der Etablierung der BBA-Arbeitsgruppe wurde ein erster Schritt zum Aufbau eines kompetenten Netzwerkes für das anbaubegleitende Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen im Agrarökosystem getan.

Das vorliegende Eckpunktepapier wurde von der BBA-Arbeitsgruppe „Anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen im Agrarökosystem“ erarbeitet. Einige Aspekte des Eckpunktepapieres wurden bereits auf dem BMBF-Statusseminar „Biologische Sicherheitsforschung bei Freilandversuchen mit transgenen Organismen und anbaubegleitendes Monitoring“ im Juni 1999 diskutiert und in den Proceedings des Statusseminars veröffentlicht (1). In dem gleichen Proceedingsband befinden sich auch das Konzept des Umweltbundesamtes zum Monitoring der Umwelt-

wirkungen von gentechnisch veränderten Pflanzen (2) und das Konzept des Robert Koch-Institutes zum anbaubegleitenden Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen (3).

¹ Schiemann, J.: Die BBA-Arbeitsgruppe „Anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen im Agrarökosystem“. In: Biologische Sicherheitsforschung bei Freilandversuchen mit transgenen Organismen und anbaubegleitendes Monitoring: Proceedings zum BMBF-Statusseminar, 29.-30.06.1999, Braunschweig/Hrsg.: Joachim Schiemann. – Jülich: Forschungszentrum, Zentralbibliothek, S. 213-225, 2000

² Nöh, I.: Die Bund/Länder-Arbeitsgruppe „Monitoring der Umweltwirkungen von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP)“. In: Biologische Sicherheitsforschung bei Freilandversuchen mit transgenen Organismen und anbaubegleitendes Monitoring: Proceedings zum BMBF-Statusseminar, 29.-30.06.1999, Braunschweig/Hrsg.: Joachim Schiemann. – Jülich: Forschungszentrum, Zentralbibliothek, S. 201-211, 2000

³ Bendiek, J., Buhk, H.-J.: Konzept zum anbaubegleitenden Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen. In: Biologische Sicherheitsforschung bei Freilandversuchen mit transgenen Organismen und anbaubegleitendes Monitoring: Proceedings zum BMBF-Statusseminar, 29.-30.06.1999, Braunschweig/Hrsg.: Joachim Schiemann. – Jülich: Forschungszentrum, Zentralbibliothek, S. 227-233, 2000

Anbaubegleitendes Monitoring von GVO-Sorten bei Zuckerrüben: Möglichkeiten zur Nutzung von Netzwerken bei Zuckerrüben

In dem Gemeinsamen Standpunkt des Rates der Umweltminister vom 25.06.1999 zur Novellierung der Richtlinie 90/220/EWG wird nach Genehmigung des Inverkehrbringens und der Sortenzulassung ein anbaubegleitendes **Monitoring** gefordert. Gefordert werden könnte zukünftig die Erhebung agronomischer und/oder umweltbezogener Parameter. Zur sicheren Erfassung sind dazu überregionale **Netzwerke** mit hoher Repräsentanz erforderlich. Inwieweit Netzwerke für eine umfassende oder stichprobenartige Erhebung genutzt werden sollen, bedarf der weiteren Diskussion.

Der Anbau von Zuckerrüben ist in Deutschland im Gegensatz zu anderen Kulturpflanzen durch betriebsbezogene Lieferverträge (Quoten) mit Zuckerfabriken geregelt. Die Verträge werden von Anbauverbänden und Zuckerindustrie gemeinsam gestaltet und regeln auch Anbaumaßnahmen wie z. B. Sortenwahl. Dazu erfolgt eine regionale Listung der leistungsstärksten Sorten. Voraussetzung dafür ist die Feststellung des landeskulturellen Wertes nach § 34 SaatG (Sortenzulassung) durch das Bundessortenamt (BSA) und die Prüfung im Überregionalen Sortenleistungsvergleich (ÜSV). Die durch das Quotenmanagement bestehende enge Verbindung zwischen Zuckerfabriken und Landwirten ermöglicht auch eine umfassende **bundesweite Dokumentation** anbautechnischer Maßnahmen des Zuckerrübenanbaus. Seit 1994 werden Erhebungen zur Produktionstechnik durch die Zuckerfabriken im 2-(1-)jährlichen Rhythmus durchgeführt. Die Integration eines anbaubegleitenden Monitoring von gentechnisch veränderten Zuckerrübensorten erscheint durch die Abfrage spezifischer Parameter (z. B. *Auftreten von Unkrautrüben*) organisatorisch gut lösbar. Eine Einbindung des amtlichen Pflanzenschutzdienstes ist möglich.

Die **Sortenversuche** sind bei Zuckerrüben nicht regional in Landessortenversuchen, sondern **bundeseinheitlich** organisiert. Die Vorgaben für einheitliche Anlage und Auswertung erfolgen durch den Koordinierungsausschuss (KA) am Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ), dem Vertreter aller regional verantwortlichen Institutionen der Zuckerwirtschaft (Anbauerverbände und Zuckerindustrie) angehören. Die technische Durchführung der Versuche und die Beratung des Landwirts erfolgen differenziert ausschließlich in regionaler Verantwortung.

Die Wertprüfung (WP) des BSA und die Sortenversuche sind Bestandteil des **Integrierten Sortenprüfsystems**. Die technische Organisation der Wertprüfung wird durch das IfZ durchgeführt. Durch identische Standardsorten in allen Prüfungen erfolgt ein **direkter Vergleich** aller Leistungsparameter jeder **Sorte** von der WP bis zum letzten Prüffahr im ÜSV. Die Daten aus der WP fließen in die jährliche Beurteilung der Leistungskonstanz von Sorten ein.

Besondere Bedeutung haben neben dem Ertrag **physiologische Parameter** (Gehalt an Saccharose, Kalium, Natrium, Amino-N), die die technische Qualität des Rohstoffs Zuckerrübe definieren und in allen Prüfungen routinemäßig analysiert werden. Die Integration weiterer chemisch/biologischer Parameter zum Monitoring von gentechnisch veränderten Zuckerrübensorten (z. B. *Expression von Proteinen*) erscheint organisatorisch durchaus lösbar, sofern analytische Routineverfahren (z. B. ELISA) zur Verfügung stehen.

Im IfZ erfolgt die **zentrale Dokumentation** der Erhebung der Zuckerfabriken zum Zuckerrübenanbau sowie aller Daten des Integrierten Sortenprüfwesens.

2.2.4 On Field Monitoring of Genetically Modified Plant Varieties from the Point of View of Plant Breeders and Seed Producing Companies

Beitrag im RKI Internet Forum; Session 2; <http://www.rki.de/GENTEC/FORUM/FORUM.HTM> basierend auf einem gemeinsamen Beitrag von BDP, DIB und IVA

Gisbert Kley, Marion Nölkensmeier, Anja Matzk (a.matzk@kws.de); Ansprechpartner: Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter (BDP) info@bdp-online.de

Although no negative, scientifically proven impacts of genetically modified plant varieties on the environment have been experienced yet and although those potential impacts are not to be expected in virtue of the technical expertise available so far, plant breeding and biotech industry in Germany, gathered in the German Plant Breeders Association BDP (Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter), the German Industrial Biotechnology Association DIB (Deutsche Industrievereinigung Biotechnologie) and the Industrial Agricultural Association IVA (Industrieverband Agrar) jointly decided to set up a monitoring position for registered and approved GM-plant varieties. This bears in mind the precautionary principle and was elaborated to extend our existing experience with the release of ever new varieties to large scale cultivation of GM varieties. Recommendations for the farmers and reliable data for discussions with food processors, traders and the public will be obtained.

When compiling data on genetically modified plants, a fundamental differentiation must be made between research and *on field monitoring*. Research work is carried out during the deliberate release to investigate case specific, scientific questions before approval for market introduction is given. After market approval, *on field monitoring* of genetically modified plants will be carried out. Two segments of *on field monitoring* can be distinguished. *General surveillance* has the aim of detecting any unexpected effects by means of comparison with the experience gained from conventional varieties and cultivation systems. On the other hand further investigations of specific scientific questions (*case-specific monitoring*) can be initiated as a result of the risk evaluation process within the framework of the approval procedure, if necessary.

The plant breeding industry considers and highly appreciates the correspondent article in the "common decision of the Ministers Council of June 25th, 1999" to use "routine procedures for monitoring work", since its majority encompasses small- and mid-sized companies, which in no case can afford high expenses for additional monitoring procedures.

The following principles are important and practice-oriented elements of *on field monitoring*:

- A. Case-by-case observation of genetically modified organisms (GMO).
- B. Utilisation of existing infrastructures in the fields of agriculture, plant breeding and, seed production to ensure the practicability of the observations.
- C. Expert evaluation and communication of the obtained results.

Re A: Case-by-case observation of genetically modified organisms (GMO)

In principle, no obligatory standards should be imposed on monitoring protocols, and it must be possible to modify them to adapt them to the latest scientific knowledge. Discriminatory treatment of already tested and approved GMOs would not be justified, as they have already been judged safe to the environment and to human health in the course of the approval procedure. It is essential that all approved products are treated alike. *On field monitoring* utilising the existing infrastructures in the field of plant breeding will ensure that genetically modified plants are introduced on the market responsibly.

Case-by-case observation is already practised in current research during the deliberate release of transgenic organisms i.e. experience in the environment is gathered in each individual case and the safety-relevant parameters are tested. This principle must also be applied to any case-specific monitoring.

Re B: Utilisation of existing infrastructures in the fields of agriculture and plant breeding to ensure the practicability of the observations.

In plant breeding companies, seed production operations do exist and follow OECD certification rules. The following approaches are embodied and could be adopted for an *on field monitoring*:

- Contractual agreements between plant breeder / seed production company and farmer / seed grower exist which allows both, the plant breeder and the competent authority, to define parameters to be included in a monitoring programme.
- Inspection during seed production in successive generations of seed propagation within the framework of official seed certification. Thus normal agricultural field size trials would be carried out.
- Fields and surrounding areas are inspected routinely by the plant breeders. According to the OECD seed scheme, fields need to be controlled for the presence / absence of volunteer plants and species which allow cross pollination.
- Observation during the normal control cultivation within the framework of variety surveillance. Sequence of several generations of the plant variety which provides for the analysis of the maintenance of the alteration of the genotype or the presence of alien genes by conducting genome / molecular analysis and / or grow-out post-control tests.

Existing seed surveillance systems offer possibilities for *on field monitoring* in the course of seed propagation and inspection in Germany in the following areas:

- Breeders' seed
- Officially certified pre-basic seed
- Officially certified basic seed
- Officially certified seed

These propagation areas are subject to thorough inspection and offer the possibility of systematic surveillance over a period of several years, taking the special characteristics of the various crop varieties into consideration. The following parameters could, for instance, be compared to ascertain whether unexpected effects, i.e. deviations from the norm, occur:

- Volunteer plants in the follower crop and competitive pressure
- Deviant plants (off-types)
- Susceptibility to disease
- General appearance of the crop

These parameters are examples. Adaptations and supplementations can be implemented, if necessary.

It must be noted that *on field monitoring* of genetically modified plants can only be carried out within one's own area of responsibility and jurisdiction. Plant breeders cannot exert any influence on seeds after they have been released to farmers and plants are already available for food production.

At the same time it is essential to ensure that plant breeding companies, which are mainly small or medium-sized enterprises in Germany, can handle the ensuing workload and also have sufficient human resources available.

Therefore, existing systems for monitoring would be advantageous and furthermore satisfy all needs.

Re C: Expert evaluation and communication of the obtained results

On field monitoring is a means of observing the differences between transgenic plants and the experience gained with non-transgenic plants in the environment, as only deviations from what can be defined as being within the range of natural variation. It is a question of detecting unexpected effects and testing whether they are due to genetic modification. As a result of this evaluation, further scientific investigations in the sense of case-specific monitoring can be initiated if necessary.

The results of the investigations should be passed on to the appropriate national authorities. We are in favour of making these results available to the general public.

In parallel to the *on field monitoring*, specific public research projects can be initiated for scientific questions of general interest. Common research programmes carried out by institutes, authorities and industry are conceivable. Such approaches could result in the compilation of scientific data which would provide a basis for the extensive information of the general public.

An example of seed production practice with oil seed rape - steps of *on field monitoring*

1. Monitoring of genetically modified winter oilseed rape varieties in conducting winter oilseed rape seed production	
Criteria for the selection of fields	
Precedent crops	Winter oilseed rape every four years to grow
Information of the seed grower about field, post control by the seed advisor of the plant breeding company	Field will not be deemed suitable for seed growing in case of presence of off-types, presence of weeds or when mustard or fodder radish have been grown prior to seed production of winter oilseed rape
Distance of the seed growing area to other winter oilseed rape areas (pre-conditions of passing field inspection)	Distance defined in official guidelines for field inspection purposes differing for open-pollinating and hybrid varieties
Written confirmation of the distance of other winter oilseed rape fields by the neighbour grower to the field inspecting authority	In case of a lack of sufficient distance the neighbour grower has to grow the same variety which shall be grown on the seed production area
2. Monitoring of genetically modified winter oilseed rape in seed production	
Plant husbandry in autumn	
Proceeding in autumn	Sowing date and rate, fertilising, treatment agreed on between seed grower and field advisor
Control mechanism of the field advisor	Visiting the seed growing area prior to the official field inspection, written notes of visiting results in the files
1 st official field inspection	- Assessment of presence of weeds, distance to neighbour areas, presence of off-types – Statement whether other faults or off-types require an additional control in spring – Discussion of seed grower and field advisor about results
Potential problems	Some of the cruciferous weeds do not present any problem because of lacking winter hardiness in our climate

3. Monitoring of genetically modified winter oilseed rape in seed production	
Plant husbandry in spring	
Applied technology in spring	Fertilizing advice given by the field advisor (notes in the files)
Checks	Check of the growing area by the field advisor
2 nd official field inspection	- Assessment of weeds, early flowering types, off-types - In case of hybrids two field inspections in spring - control of the sterile mother line prior to flowering - cut off of pollinator line
Advice for the tillage of harvest residues	After harvest advises given to the farmer on the removal of harvest residues and potential failing oilseed rape grains to avert contamination and later off-types

As a result of all these assessments in routine procedures every year a full range of data would be collected, which can easily be used for monitoring GM-plant varieties grown under farm conditions.

The data assessment for monitoring oilseed rape using routine tools is one example. For other crop species the same kind of such routine networks are already existing and can be adapted for monitoring those crop species.

2.2.5 „Sicherheitsforschung und Monitoring“ im Programm der Bundesregierung „Biotechnologie 2000“

P.-F. Langenbruch, H. Boermans; Projektträger Jülich (PTJ) des BMBF und BMWi; Forschungszentrum Jülich GmbH; 52425 Jülich*

Internet: http://www.fz-juelich.de/ptj/foe/beobiotechnologie_fr.html

Die Gentechnik stellt eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts dar. Medizin, Landwirtschaft, Lebensmittelproduktion und –verarbeitung, Umweltschutz und Umweltmonitoring sind gegenwärtig weltweit wichtige Anwendungs- und Einsatzgebiete für neue biotechnologische und gentechnische Produkte und Verfahren.

Die große Mehrheit der deutschen Bevölkerung bejaht den Einsatz der Bio- und Gentechnologie in der Grundlagenforschung und in der Medizin. Sie erwartet gleichzeitig vom Staat Gefahrenabwehr und Risikovorsorge, wo dies im Einzelfall erforderlich ist. Die Entwicklung der Bio- und Gentechnologie wirft seit Jahren immer wieder Fragen nach Auswirkungen auf Mensch und Umwelt auf. Aktuelle Entwicklungen im Bereich der „Grünen Gentechnologie“ und die Vorschläge der EU zur Durchführung eines längerfristigen Monitorings bei der Marktzulassung gentechnisch veränderten Saatguts bzw. von gentechnisch veränderten Lebensmitteln unterstreichen die Notwendigkeit der Förderung zur „Biologischen Sicherheitsforschung und Monitoring“.

Die Bundesregierung weist in der Koalitionsvereinbarung vom 20.10.1998 ausdrücklich auf die besondere Bedeutung der biologischen Sicherheitsforschung hin. Eine sachgerechte, vorurteilsfreie Bewertung der Chancen und Risiken gentechnischer Produkte für Mensch und Umwelt ist nur auf der Basis fundierter und umfassender wissenschaftlicher Untersuchungen möglich. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat daher bereits im Jahr 1999 die Forschungsförderung in diesem Bereich von 9,5 Mio. auf 11 Mio. DM und im Jahr 2001 auf 16,5 Mio. DM erhöht.

Um diese Fördermittel möglichst effektiv und bezogen auf aktuelle Fragestellungen einzusetzen, wurde das seit 1997 bestehende Förderprogramm „BioMonitor“ am 7. April 2000 durch die Bekanntmachung „Sicherheitsforschung und Monitoring“ ersetzt.

Ziel des Konzeptes "Sicherheitsforschung und Monitoring" ist die Förderung der Sicherheitsforschung zur Begleitung von Freilandversuchen mit gentechnisch veränderten Pflanzen und zur Methodenentwicklung für ein anbaubegleitendes Monitoring. Es bezieht sich damit ausschließlich auf den Bereich „Grüne Gentechnologie“. Das Förderkonzept sieht vor, Forschungsvorhaben zu folgenden Schwerpunktthemen zu fördern:

Im Schwerpunkt **„Forschungsansätze für die freisetzungsbegleitende Sicherheitsforschung“** sollen begleitend zu Freilandversuchen mit gentechnisch veränderten Pflanzen wissenschaftliche

* Die Texte zu den Verbundvorhaben „Sicherheitsforschung und Monitoringmethoden zum Anbau von Bt-Mais“ und „Methodenentwicklung für ein anbaubegleitendes Monitoring von GVP im Agrarökosystem“ wurden von den Koordinatoren zur Verfügung gestellt

Fragestellungen untersucht werden, die im Zusammenhang mit den gentechnischen Veränderungen oder mit der spezifischen Kulturpflanzenart von Interesse sind.

In bezug auf die gentechnischen Veränderungen geht es u.a. darum, Strategien zu entwickeln, die einen aktiven Beitrag zur Sicherheit gentechnisch veränderter Pflanzen leisten. Dies kann z.B. durch eine möglichst enge Begrenzung der zu übertragenden Gensequenzen geschehen oder durch die Entwicklung von Methoden zur Begrenzung der Ausbreitungsfähigkeit gentechnisch veränderter Pflanzen. Forschungsbedarf besteht auch im Hinblick auf die Entwicklung und Standardisierung von Verfahren zum Nachweis gentechnisch übertragener Gene. Wichtig sind vor allem Nachweisverfahren, die Testungen in großem Umfang erlauben, um das Verhalten dieser Gene und ihren Verbleib in der Umwelt zu verfolgen.

Darüber hinaus werden Forschungsansätze zu kulturpflanzenspezifischen Fragestellungen gefördert. Die Forschungsansätze beziehen sich auf die Pflanzen, die in Deutschland freigesetzt werden bzw. deren Anbau erwartet wird. Hierzu zählen Raps, Kartoffel, Mais und Gehölze (Forstgehölze, Obst- und Ziergehölze und Weinreben). Um die Förderung möglichst gezielt am aktuellen Forschungsbedarf auszurichten wurden im Förderkonzept konkrete Fragestellungen formuliert, an denen sich die Förderung orientiert. Eine sachgerechte Bewertung der Auswirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen erfordert in vielen Fällen den Vergleich mit konventionell gezüchteten Pflanzen und konventionellen Methoden. Die Forschungsvorhaben sollen daher, wo immer dies möglich und relevant ist, den Vergleich von gentechnisch veränderten Pflanzen mit nicht-gentechnisch veränderten Pflanzen und mit traditionellen Agrartechniken einschließen.

Die Entwicklung gentechnisch veränderter Pflanzen ist inzwischen so weit vorangeschritten, dass in naher Zukunft das Inverkehrbringen transgener Pflanzen und der großflächige Anbau in Europa zu erwarten ist. Im Hinblick auf diese Entwicklung sollen im Förderschwerpunkt **„Methodenentwicklung für ein anbaubegleitendes Monitoring“** Projekte gefördert werden, die für das Monitoring nach dem Inverkehrbringen gentechnisch veränderter Pflanzen Vorschläge für optimale Strukturen und Modelle zum Aufbau eines Monitoringnetzwerkes erarbeiten. Außerdem ist die Entwicklung einer zentralen Datendokumentation vorgesehen. Die Versuchs- und Untersuchungsergebnisse mit gentechnisch veränderten Pflanzen sollen im Rahmen einer zu entwickelnden Datenbank kontinuierlich erfasst und zusammengestellt werden.

Die Ergebnisse der biologischen Sicherheitsforschung stellen eine wichtige Grundlage für die Tätigkeit von Genehmigungs- und Vollzugsbehörden dar und sind von großer Bedeutung für eine angemessene und ausgewogene öffentliche Diskussion zum Thema „Grüne Gentechnologie“. Das neue Förderkonzept sieht daher die Förderung eines Projektes **„Kommunikationsmanagement in der biologischen Sicherheitsforschung“** vor, dessen Aufgabe u. a. darin besteht, bisherige und zukünftige Ergebnisse der biologischen Sicherheitsforschung auf dem Gebiet „Grüne Gentechnologie“ in Richtung Politik, Verwaltung und Öffentlichkeit zu vermitteln und die Transparenz und Zugänglichkeit von Daten und Informationen auf diesem Gebiet sicherzustellen. Zu den Aufgaben dieses Projektes zählt außerdem die Unterstützung der Projektkoordinatoren der geförderten Forschungsvorhaben bei der Zusammenfassung und Auswertung der Forschungsergebnisse und die Organisation von Tagungen und Workshops. Die Bundesregierung hofft, damit einen Beitrag zur schnellen Umsetzung der Forschungsergebnisse in der politischen Praxis, zur Transpa-

renz der Ergebnisse für die breite Öffentlichkeit und zur Versachlichung der öffentlichen Diskussion auf diesem Gebiet zu leisten.

Auf der Grundlage des Förderkonzeptes "Sicherheitsforschung und Monitoring" werden seit dem Frühjahr 2001 Verbundvorhaben mit folgender Zielsetzungen gefördert:

Koordinator	Thema
Dr. J. Schiemann, BBA Braunschweig	Gezielte Übertragung minimierter Transgensequenzen mit optimierter Funktion
Dr. A. Dietz-Pfeilstetter, BBA Braunschweig	Potentielle Auswirkungen des Anbaus von transgenem Raps
PD Dr. B. Breckling, UFT Uni Bremen	GenEERA – Generische Erfassungs- und Extrapolationsmethoden der Raps-Ausbreitung
Dr. B. Hommel, BBA Kleinmachnow	Im Kohlenhydratmetabolismus gentechnisch veränderte Kartoffellinien im Freisetzungsversuch
Prof. Dr. I. Schuphan, RWTH Aachen	Sicherheitsforschung und Monitoringmethoden zum Anbau von Bt-Mais
Dr. M. Fladung, BFH, Hamburg	Spezifische Umweltwirkungen transgener Gehölze
Dr. J. Schiemann, BBA Braunschweig	Methodenentwicklung für ein anbaubegleitendes Monitoring von GVP im Agrarökosystem
Dr. K. Sinemus, Genius GmbH Darmstadt Dr. C. Ewen, IFOK GmbH–Institut für Organisationskommunikation Bensheim -	Kommunikationsmanagement in der Biologischen Sicherheitsforschung

Speziell mit Aspekten des anbaubegleitenden Monitorings beschäftigen sich die beiden Verbundvorhaben:

„Sicherheitsforschung und Monitoringmethoden zum Anbau von Bt-Mais“ und „Methodenentwicklung für ein anbaubegleitendes Monitoring von GVP im Agrarökosystem“. Nähere Informationen zu den Förderprogrammen des BMBF können im Internet auf der Homepage des PTJ http://www.fz-juelich.de/ptj/foe/beofoerd_home.html abgerufen werden.

Sicherheitsforschung und Monitoringmethoden zum Anbau von Bt-Mais

Koordinator: Prof. Dr. I. Schuphan, RWTH Aachen

In der biologischen Schädlingsbekämpfung und im integrierten Pflanzenschutz sucht man seit Jahrzehnten nach Kulturpflanzen, die zur Erntesicherung nicht mehr mit toxischen, breit wirksamen chemischen Insektiziden behandelt werden müssen. Einige solcher Kulturpflanzen stehen seit einigen Jahren zur Verfügung. Es gelang, Gene für bakterielle Toxine gegen Schmetterlingslarven (Lepidopteren) in einige Kulturpflanzen zu übertragen und zur Expression zu bringen. Sie entstammen der Gen-Familie von *Bacillus thuringiensis* und codieren für sog. Bt-Endotoxine. Diese

Insektentoxine selber wurden schon seit Jahrzehnten im Biologischen Landbau als nützlings- und umweltschonende Spritzpräparate (Sporensuspensionen) eingesetzt.

Die Übertragung von Bt-Toxingenen auf Kulturpflanzen ist aus zwei Gründen von prinzipieller Bedeutung: Zum einen werden nach heutigem Wissen nur Schmetterlingslarven, die unmittelbar an der „insektengeschützten“ Pflanzen fressen, direkt geschädigt, so dass chemische Insektizidbehandlungen nicht mehr nötig sind. Zum anderen sind heute viele synthetische Insektizid-Wirkstoffe gegen eine Reihe von Schädlingen durch häufige Anwendung wirkungslos geworden (Resistenzentstehung). Bt-Pflanzen könnten daher im Rahmen integrierter Anbauverfahren eine weitere Pflanzenschutzoption darstellen.

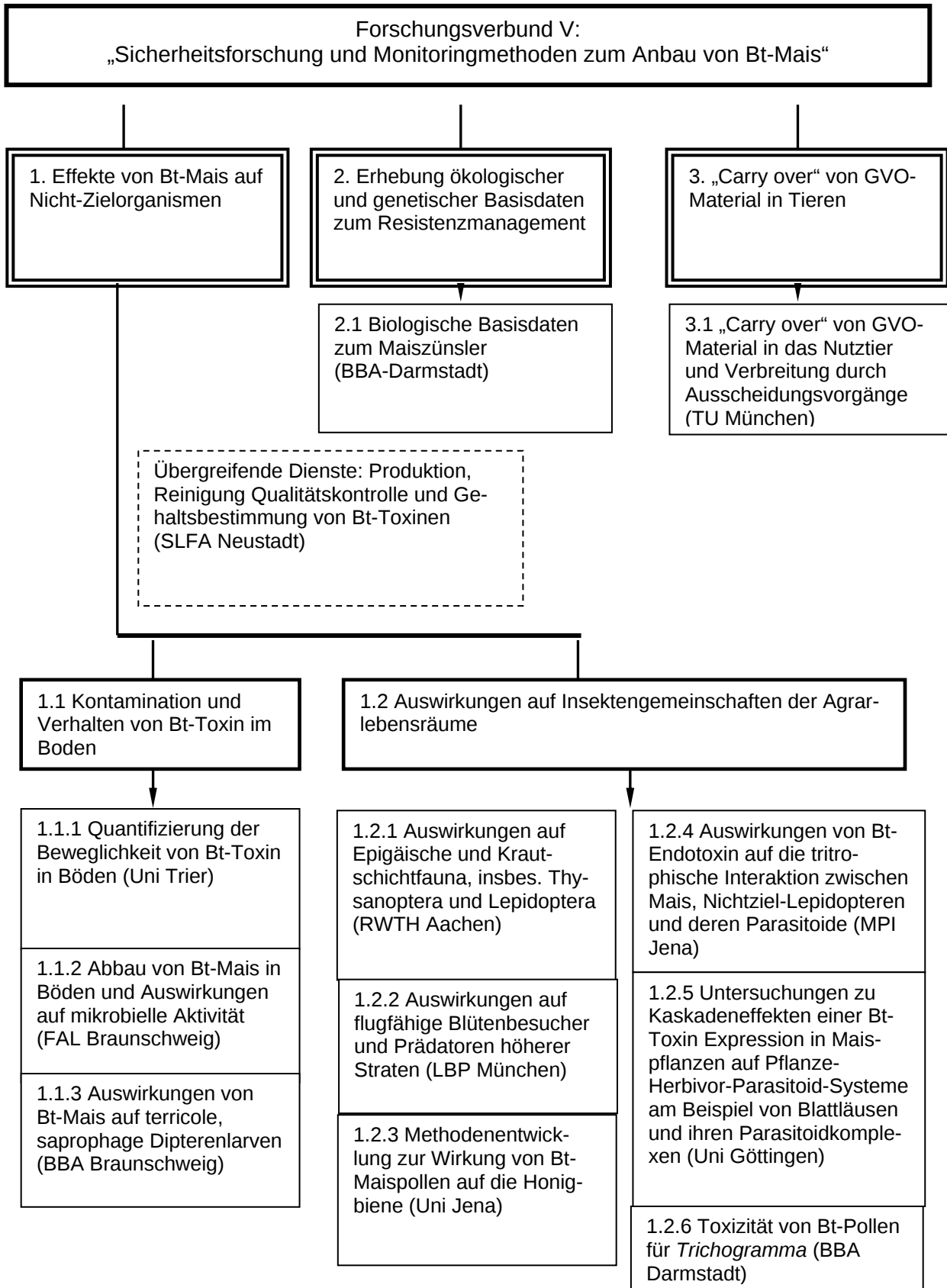
Für Bt-Mais ist das EU-weite Inverkehrbringungsverfahren für zwei Sorten erfolgreich abgeschlossen worden. Bei zukünftig neuem, möglicherweise großflächigem Anbau dieser gentechnisch veränderten Maissorten, ist nun dafür Sorge zu tragen, dass tatsächlich die nützlings- und umweltschonenden Eigenschaften dieses neuen Pflanzenschutzprinzips gegeben sind und auch die nachhaltige und effiziente Nutzung der Bt-Toxingene (d.h. ohne schnelle Resistenzentwicklung) aufrecht erhalten bleibt.

Von wissenschaftlicher Seite sind bei der Nutzung dieser Bt-Maissorten, in Anlehnung an die öffentliche Diskussion, folgende Hypothesen zu beweisen oder zu widerlegen.

1. Der großflächige Einsatz von Bt-Mais in Deutschland wird geringere ökologische Auswirkungen auf Boden und Nicht-Zielorganismen haben, als der herkömmliche Anbau mit Insektizideinsatz.
2. Die Verbreitung von Bt-Toxinen mit dem Pollen wird im Vergleich zu chemischen Insektiziden oder konventionellen Bt-Präparaten im Nicht-Bt-Maisanbau keine neuen Risiken gegenüber Nichtzielorganismen hervorrufen.
3. Bt-Maisbestandsabfall, einschließlich Bt-Toxin enthaltende Wurzeln und aktive Bt-Toxin-Ausscheidungen, durch die Wurzeln werden keine signifikanten Auswirkungen auf die Artenzusammensetzung und Nahrungsketten von Bodenlebewesen ausüben.
4. Einer potentiellen Resistenzenstehung des Maiszünzlers kann durch die Entwicklung eines Resistenzmanagements begegnet werden, welches Daten zu spezifischen Verhaltensmustern des Maiszünzlers umfasst und diese zu Voraussagen zum möglichen Bt-Maisanbaubereich nutzt.

Der Forschungsverbund „Sicherheitsforschung und Monitoring zum Anbau von Bt-Mais“ soll diesen Hypothesen nachgehen. Im Rahmen einer vernetzten ökologischen Sicherheitsforschung sollen Erkenntnisse erzielt werden, die es ermöglichen, eindeutig Vor- und Nachteile des „inneren“ Schutzes von Bt-Mais vor Schadlepidopterenraupen zu beurteilen. Außerdem sollen als Basis für ein zukünftiges, anbaubegleitendes Monitoring für Maiskulturen charakteristische und zugleich empfindliche Organismen („Indikatoren“) mit ihren intra- und interspezifischen Beziehungen oder Funktionen detektiert werden. Mittels der erarbeiteten ökologischen, physiologischen und molekularen Marker würde dann ein Monitoring schematisiert gezielte langfristige Beobachtungen, Untersuchungen und schließlich Bewertungen der Umweltwirkungen von Bt-Mais möglich machen.

Gliederung des Forschungsverbundes „Sicherheitsforschung und Monitoringmethoden zum Anbau von Bt-Mais“



Methodenentwicklung für ein anbaubegleitendes Monitoring von GVP im Agrarökosystem

Koordinator: Dr. J. Schiemann, BBA Braunschweig

Gemeinsame Anstrengungen von Wissenschaft, Industrie, Regulierungsbehörden und Politik sind erforderlich, um ein praktikables Monitoring von GVP in die Praxis umzusetzen. Dieser Forderung wurde durch die BMBF-Bekanntmachung "Sicherheitsforschung und Monitoring" entsprochen. Im Rahmen des Themas "Methodenentwicklung für ein anbaubegleitendes Monitoring" werden wissenschaftliche Untersuchungen gefördert, die sich folgenden Problemfeldern widmen:

- Erarbeitung von Vorschlägen für optimale Strukturen und Modelle zum Aufbau eines Monitoringnetzwerks unter Einbeziehung bestehender Beobachtungssysteme: Darstellung, Diskussion und fachliche Bewertung der Parameter, die derzeit erfasst werden sowie Entwicklung inhaltlicher und organisatorischer Optionen für deren Nutzung und Weiterentwicklung.
- Bewertung des Bedarfs und der Möglichkeiten für die Entwicklung einer zentralen (deutschen oder europäischen) Datendokumentation, die Versuchs- und Untersuchungsergebnisse mit gentechnisch veränderten Pflanzen kontinuierlich erfasst und zusammenführt.

Im Rahmen der BMBF-Ausschreibung wurde Anfang 2001 die Förderung des Verbundvorhabens "Methodenentwicklung für ein anbaubegleitendes Monitoring von GVP im Agrarökosystem" beantragt. Die sechs Teilprojekte werden seit Mitte 2001 für einen Zeitraum von drei Jahren gefördert. Allerdings musste die Bearbeitung der beiden Zuckerrüben-spezifischen Teilprojekte um ein Jahr verschoben werden, da sich der Anbau transgener Zuckerrüben in 2001 schwierig gestaltet. Das Verbundvorhaben wird eng mit dem zu etablierenden Vorhaben "Datenbankentwicklung" kooperieren. Die in den einzelnen Teilprojekten gesammelten Daten sollen nach einer ersten Auswertung auf Auffälligkeiten an eine zentrale Datenbank weitergeleitet werden und stehen dort zur Nutzung zur Verfügung. Die Verbundpartner werden anhand der gewonnenen Erfahrungen Kriterien zur Aus- und Bewertung der Daten erarbeiten. Das Verbundvorhaben wird von Dr. Schiemann (BBA) koordiniert und von einem Steering-Komitee begleitet, das sich im November 2001 konstituieren wird.

Zielsetzung des Verbundvorhabens "Methodenentwicklung für ein anbaubegleitendes Monitoring von GVP im Agrarökosystem" ist die Erarbeitung von Vorschlägen für optimale Strukturen und Modelle zum Aufbau eines Monitoringnetzwerks unter Einbeziehung bestehender Beobachtungssysteme im Agrarökosystem. Geplant sind Darstellung, Diskussion und fachliche Bewertung der Parameter, die derzeit erfasst werden sowie Entwicklung inhaltlicher und organisatorischer Optionen für deren Nutzung und Weiterentwicklung. Das Agrarökosystem umfasst die landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) sowie die Randstrukturen (angrenzend an und beeinflusst von der LN). Es sollen vor allem die möglichen Auswirkungen des Anbaus von GVP auf die landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) betrachtet werden. Der Bereich der an die LN angrenzenden Randstrukturen wird insbesondere wegen des potentiellen Gentransfers durch Auskreuzung und eventuell Auswilderung sowie als Lebensraum für Nützlinge und Pflanzenschädlinge im Rahmen des anbaubegleitenden Monitoring miteinbezogen. Vorrangig ist dabei, auf mögliche nachhaltige positive oder negative Wirkungen auf das Agrarökosystem zu achten, die entweder direkt oder indirekt auftreten können. Eine wesentliche Anforderung an das zu entwickelnde Monitoringverfahren besteht in der Bestimmung und Festlegung von solchen Parametern und Erfassungsmethoden, die mit vertretbarem

Aufwand zu relevanten Monitoringergebnissen führen. Die erhobenen Befunde sind stets im Vergleich zu den Nicht-GVP der gleichen Art unter möglichst gleichen Bedingungen zu sehen und zu bewerten. Nicht alle Parameter sind für alle GVP mit der gleichen Priorität und Reihenfolge relevant.

In Öffentlichkeit und Politik sind nur unzureichende Kenntnisse darüber vorhanden, welche Überwachungssysteme im Bereich Umwelt und Landwirtschaft bereits existieren, die für ein anbaubegleitendes Monitoring genutzt werden können. In der öffentlichen Diskussion herrscht die Vorstellung vor, dass Wissenschaft, Wirtschaft, Verwaltung und Politik mit dem Inverkehrbringen transgener Pflanzen vor eine völlig neue Situation gestellt wären und völlig neue Überwachungssysteme etabliert werden müssten. Eine wichtige Aufgabe des Verbundes besteht daher darin, Zielstellungen, Kriterien und Methoden des anbaubegleitenden Monitoring mit den Zielgruppen Wissenschaft, Wirtschaft, Öffentlichkeit und Politik zu diskutieren sowie die bereits vorhandenen Aktivitäten und Netzwerke darzustellen.

Das Verbundvorhaben besteht aus den folgenden Teilprojekten:

Teilprojekt 1: *Anbaubegleitendes Monitoring im Agrarökosystem: Länder- und Kulturartenübergreifende Fragestellungen*

Projektleiter: Dr. Joachim Schiemann, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA), Institut für Pflanzenvirologie, Mikrobiologie und biologische Sicherheit, Braunschweig, j.schiemann@bba.de

Unterauftrag: Biometrische Begleitung der Methodenentwicklung für ein anbaubegleitendes Monitoring von GVP - Optimales Monitoring und Konstruktion optimaler Messnetze

Unterauftragnehmer: Prof. (em.) Dr. Dieter Rasch, Gesellschaft für Angewandte Mathematische Statistik in Biologie und Medizin mbH (BioMath GmbH), biomath@t-online.de

Teilprojekt 2: *Anbaubegleitendes Monitoring in Zuckerrüben – Entwicklung, Netzwerke, Populationsdynamik bei Unkrautrüben*

Projektleiter: Prof. Dr. Bernward Märlander, Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ), Göttingen, maerlaender@ifz-goettingen.de

Teilprojekt 3: *Monitoring der Schädlings-Nützlingsinteraktionen in Zuckerrübe*

Projektleiter: Prof. Dr. Stefan Vidal, Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz, Abteilung Agrarentomologie, Georg-August-Universität Göttingen, svidal@gwdg.de

Teilprojekt 4: *Analyse der landwirtschaftlichen Nutzung als Grundlage von Konzepten für ein anbaubegleitendes Monitoring*

Projektleiter: Dr. Ulrich Stachow, Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e.V., Institut für Landnutzungssysteme und Landschaftsökologie, Müncheberg, ustachow@zalf.de

Unterauftrag: Evaluierung standörtlicher, zönotischer und landschaftsstruktureller Komponenten zur Entwicklung eines anbaubegleitenden Monitoring

Unterauftragnehmer: Dr. Gerd Neemann, Büro für Landschaftsökologie und Umweltstudien (BLaU-Umweltstudien), Göttingen und Heiligenstadt, blau-umweltstudien@t-online.de

Teilprojekt 5: *Entwicklung molekularer Methoden der Strukturanalyse von Pilzgemeinschaften für ein anbaubegleitendes Monitoring von GVP*

Projektleiter: PD Dr. Kornelia Smalla, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA), Institut für Pflanzenvirologie, Mikrobiologie und biologische Sicherheit, Braunschweig, k.smalla@bba.de

Unterauftrag: Untersuchungen zur Anwendbarkeit, Praktikabilität und Reproduzierbarkeit

Unterauftragnehmer: Dr. Gabriele Wieland, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (NLÖ), Hildesheim, gabriele.wieland@nloe.niedersachsen.de

Unterauftrag: Statistische Auswertung von Fingerprints

Unterauftragnehmer: PD Dr. Siegfried Kropf, Koordinierungszentrum für Klinische Studien (KKSL), Universität Leipzig, kropf@kksl.uni-leipzig.de

Teilprojekt 6: *Entwicklung eines Biomonitoring-Verfahrens zum Nachweis transgener DNA*
Projektleiter: Dr. Johann de Vries, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, AG Genetik, Fachbereich Biologie, Geo- und Umweltwissenschaften, Oldenburg, johann.de.vries@uni-oldenburg.de

Die Teilprojekte 5 und 6 sind ebenfalls Bestandteile des übergeordneten Querschnittsverbundes "Methoden zur Untersuchung von Mikrobengemeinschaften für das anbaubegleitende Monitoring von transgenen Pflanzen".

2.2.6 Zum Monitoring gentechnisch veränderter Organismen – Auswertung des Status Quo mit weiterführenden Vorschlägen

Gutachterliche Stellungnahme für das Umweltbundesamt (April 2001)

P. Rudolf; Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung Brandenburg; Abteilung Verbraucherschutz; Referat 35.

1. Anlass

Die absichtliche Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen (GVO) unterliegt europaweit den rechtlichen Rahmenbedingungen der RL 90/220/EWG. Hierzu liegt der Entwurf einer Änderungsrichtlinie vor, welcher zusätzliche Anforderungen an die Überwachung der Auswirkungen in der Umwelt vorsieht.¹⁾

Die konkreten Folgen dieser neuen Anforderungen für die Genehmigungs- und Überwachungspraxis lassen sich derzeit nur schwer abschätzen. Sicher scheint nur, dass unter dem Primat des Vorsorgeprinzips ein in seiner Quantität wie Qualität neuartiges Beobachten („Monitoring“) von Wirkungen transgener Organismen in der Umwelt notwendig wird. Hierfür sind Untersuchungsprogramme und Bewertungskonzepte zu entwickeln.

Wie diese Beobachtungsprogramme aussehen könnten, ist Gegenstand unterschiedlicher Aktivitäten.

Das Anliegen der folgenden Darstellung besteht insbesondere darin, bestehende Vorschläge auszuwerten und vergleichend zu bewerten, aber auch die erkennbaren Lücken und Defizite zu benennen. Hieraus sollen Schlussfolgerungen für die Zusammenarbeit von Bund und Ländern gezogen, aber auch Einschätzungen der künftigen Probleme bei der Überwachung durch die Länderbehörden vorgenommen werden.

2. Bestehende Aktivitäten und Interessenträger

Im nationalen deutschen Rahmen befasst sich im Auftrag der Umweltminister-Konferenz (UMK) eine Bund-/Länder-AG unter Federführung des Umweltbundesamtes (UBA-AG) mit der Entwicklung von Konzepten zum „Monitoring der Umweltwirkungen von gentechnisch veränderten Pflanzen“.

Diese Konzepte dienen der Umsetzung der EU-rechtlichen Vorgaben zu den geforderten „Überwachungsplänen“, die unterschiedliche Pflichten für Anmelder und nationale Behörden begründen.

Die AG setzt sich zusammen aus Vertretern des BMU, der Bundesoberbehörden UBA, BfN, BBA und RKI, sowie zwölf der sechzehn Bundesländer. Diese Aktivität wird unterstützt durch den Länderausschuss Gentechnik; die Länderarbeitsgemeinschaft Naturschutz ist gesondert durch ein Mitglied vertreten.

Als bisherige Arbeitsergebnisse liegen vor:

1. „Eckpunkte für ein Monitoring der Umweltwirkungen von gentechnisch veränderten Pflanzen“ (aktualisierter Stand für die UMK September 2000)
2. „Monitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen – Prioritätensetzung“ (aktualisierter Stand für die UMK September 2000).

Hierzu hat sich parallel eine Arbeitsgruppe „Anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen im Agrarökosystem“ unter Federführung der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA-AG) etabliert, die auch Vertreter aus der Wissenschaft, der Saatgutüberwachung und der betroffenen Wirtschaft (Pflanzenzüchter) einbezieht.

Diese Arbeitsgruppe hat (Stand vom September 2000) „Arbeitspapiere“ ²⁾ zu folgenden Themen vorgelegt:

1. „Überwachungs- und Kontrollaufgaben des amtlichen Pflanzenschutzdienstes“
2. „Überwachungs- und Kontrollmöglichkeiten bei der Sortenprüfung, Saatgutankennung und Saatgutverkehrskontrolle“
3. „Anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Kulturpflanzen – Erfassung von Auswirkungen auf das Agrarökosystem“
4. „Anbaubegleitendes Monitoring von GVO-Sorten bei Zuckerrüben: Möglichkeiten zur Nutzung von Netzwerken bei Zuckerrüben“.

Bedeutsam in diesem Zusammenhang sind ferner

- die Ausführungen des Sachverständigenrats für Umweltfragen (SRU) in seinem Umweltgutachten 1998 zur Etablierung eines bundesweiten Monitorings mit der Forderung zu einer Integration in die allgemeine ökologische Umweltbeobachtung ³⁾,
- die Modellbetrachtungen zur Risikoklassifizierung des Wissenschaftlichen Beirats Globale Umweltveränderungen (WBGU) in seinem Jahresgutachten 1998 ⁴⁾,
- die Resolution der Gesellschaft für Ökologie (GFÖ) zu „Risikoforschung und Monitoring im Rahmen von Freisetzungen und Vermarktungen gentechnisch veränderter Organismen“ ⁵⁾, sowie
- die Mitteilung der (Europäischen) Kommission an den Rat und das Europäische Parlament zu „Indikatoren für die Integration von Umweltbelangen in die Gemeinsame Agrarpolitik“ ⁶⁾.

Das Büro für Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages (TAB) hat zur Gesamtproblematik eine Reihe von Studien in Auftrag gegeben, deren Ergebnisse in einem Bericht zur „Risikoabschätzung und Nachzulassungs-Monitoring transgener Pflanzen“ zusammengefasst sind ⁷⁾.

Aus diesem Bericht und den weiteren zitierten Quellen ist erkennbar, dass bisher nur beim Umweltbundesamt eine systematische Auseinandersetzung mit dem Thema „Monitoring der Umweltwirkungen“ von gentechnisch veränderten Organismen stattgefunden hat. Dies hat sich seit Jahren in einer Vielzahl von Studien und einschlägigen Fachgesprächen niedergeschlagen.

Einen jahrelangen Vorlauf hat auch die Forschungsförderung des BMBF im Bereich der „Biologischen Sicherheitsforschung“, deren Forschungsziele und –programme jedoch – nicht zuletzt auch

von Länderseite auf der Grundlage ihrer eigenen Begleitforschung zu Freisetzungsvorhaben und ihren Erfahrungen aus der Überwachung – als unzureichend kritisiert werden.

Der TAB-Bericht hat deutlich darauf hingewiesen, dass ein Leitbild der nachhaltigen Landwirtschafts- und Biodiversitätspolitik als „normativer Bezugspunkt“ im Vergleich mit der konventionellen -ertragsorientierten- Landwirtschaftspolitik zu anderen Ergebnissen in der Bewertung möglicher Risiken führen muss. In der bisherigen Entscheidungspraxis der EU-Kommission ist eine Vereinheitlichung der unterschiedlichen Leitbilder in den Mitgliedsstaaten nicht gelungen.

Der vorherrschende (Vollzugs-)Pragmatismus, maßgeblich beeinflusst durch die Wissenschaftlichen Komitees der EU-Kommission, hat zur Nichtberücksichtigung möglicher Risiken und in der Folge zu mangelnder Akzeptanz in der Öffentlichkeit und bei politischen Entscheidungsträgern geführt.

Dieser Fehler sollte in der nationalen Debatte vermieden werden.

Für die Zwecke dieses Gutachtens lassen sich analog zu den Leitbildern zwei unterschiedliche Interessenträger zuordnen:

- Auf der einen Seite die eher naturwissenschaftlich geprägten Vertreter eines „ökologisch begründeten Monitorings“,
- auf der anderen die traditionell mehr an der Erfassung des (wirtschaftlichen) Ertrags ausgerichteten Vertreter der Landwirtschaft, eines „ertragsorientierten Monitorings“.

Beide Interessenlagen haben ihre Berechtigung wie ihre historische Bedeutung, werden sich jedoch in der Praxis dem in der allgemeinen Politik jeweils vorherrschenden Leitbild unterordnen: Hier findet derzeit ein Wandel zu einer neuen „zukunftsfähigen“ Agrarwirtschaft statt, die sich mehr dem Leitbild einer nachhaltigen Naturnutzung und Biodiversitäts-Förderung verpflichtet fühlt als dem betriebswirtschaftlichen Gewinn des Landwirts.

Ein bundeseinheitlicher Ansatz (allgemein als „Monitoring der Umweltwirkungen“) sollte beide Interessen integrieren, vorhandene Erfahrungen und Erkenntnisse kombinieren und einem gemeinsamen System dort unterordnen, wo dies sinnvoll erscheint.

So sollte man nicht vergessen, dass auch die konventionelle Landwirtschaft auf ihren Beitrag zur Nachhaltigkeit verweisen kann, z.B. wenn es um den Erhalt von Kulturlandschaftstypen geht.

3. Differenzen und Gemeinsamkeiten

Eine Auswertung der oben zitierten Papiere und Stellungnahmen lässt Differenzen und Gemeinsamkeiten

- a) bei den Definitionen
- b) beim Handlungsrahmen und den Handlungszielen
- c) bei den handlungsrelevanten Bereichen und zu untersuchenden Parametern

erkennen.

- a) Definitionen

Grundlegende Definitionen, die sich, wie die Gegenüberstellung ergibt, in wesentlichen Punkten unterscheiden, sind von der UBA-AG wie von der BBA-AG vorgelegt worden. Die Definitionen des Sachverständigenrats für Umweltfragen werden hierbei nicht einbezogen, da sie die vorliegende EU-Novelle noch nicht berücksichtigen konnten.

Tabelle 1 Vergleich der Definitionen der Arbeitsgruppen BBA vs. UBA

BBA-AG	UBA-AG
Freisetzungsbegleitende Sicherheitsforschung Inhaltlich, zeitlich und räumlich begrenzte Untersuchung im Rahmen von Freisetzungen vor dem Inverkehrbringen, Fall-zu-Fall-Betrachtung	Begleitforschung Inhaltlich, zeitlich und räumliche begrenzte Untersuchung im Rahmen von Freisetzungen
Anbaubegleitendes Monitoring Langfristige Beobachtung nach der Genehmigung eines Produkts auf der Grundlage - allgemeiner (von einer Risikobewertung unabhängigen, offenen) - wie spezifischer (Fall-zu-Fall-) Fragestellungen im Vergleich mit konventionellen Sorten und Anbausystemen	Nachgenehmigungsmonitoring Beobachtung nach der Genehmigung eines Produkts auf der Grundlage spezifischer Fragestellungen über einen begrenzten Zeitraum (Fall-zu-Fall-Betrachtung)
	Monitoring der Umweltwirkungen Langfristige Beobachtung allgemeiner und spezieller (Ursache-Wirkungs-Hypothesen-geleiteter) Umweltwirkungen im Rahmen einer ökologischen Dauerbeobachtung/allgemeinen Umweltbeobachtung Unterfall „anbaubegleitendes Monitoring“ Beobachtung von Effekten von Produkten oder Produktgruppen auf die landwirtschaftliche Praxis und das Agrarsystem

Die Unterschiede betreffen weniger die (freisetzungsbegleitende) Forschung als vielmehr die Interpretation der von der EU-Novelle vorgegebenen Begriffe der „fallspezifischen Überwachung“ und der „allgemeinen überwachenden Beobachtung“. (Tabelle 1)

Soweit es sich um gentechnisch veränderte Pflanzen (GVP) handelt, werden diese üblicherweise „angebaut“. Der Terminus „anbaubegleitendes Monitoring“ stellt bei GVP somit eher eine Tautologie dar und ist unglücklich gewählt. Die unterschiedlichen Ansätze dürften daher eher in der Auslegung des Monitoring-Begriffs und unterschiedlichen Zielvorstellungen liegen.

Dies ist näher zu untersuchen.

b) Handlungsrahmen und -ziele

Zum Handlungsrahmen und zu den Handlungszielen lassen sich die Stellungnahmen der verschiedenen Institutionen gegenüberstellen, um die Unterschiede in den vorgestellten Ansätzen zu verdeutlichen. (Tabelle 2)

Tabelle 2 Vergleich der vorliegenden Stellungnahmen zu Handlungsrahmen und Zielen

SRU Einrichtung einer ökologischen Dauerbeobachtung als breit angelegtes Programm für transgene Kulturpflanzen und ihre Wildverwandten: „Ein solches Monitoring sollte vorrangig den Zielen der biologischen Sicherheit und des Naturschutzes dienen und die ökologischen Auswirkungen untersuchen, die sich aus einer möglichen Ausbreitung transgener Pflanzen bzw. der eingesetzten Fremdgene ergeben.“ „Weiterhin muss die Dauerbeobachtung stets auf ganzheitliche Untersuchungsansätze aufgebaut werden und dem Beziehungs- und Wirkungsgeflecht aller Organismen, der Ökosysteme und damit der biologischen Vielfalt gerecht werden.“	GfÖ „Die Erforschung, Abschätzung und Bewertung von Umweltauswirkungen einerseits sowie die Definition und Bewertung ökologischer Risiken beim Einsatz von GVO andererseits müssen stärker als bisher unter Einbindung von ökologischen Fachdisziplinen stattfinden. Die bisher vernachlässigte ökosystemanalytische, bioökologische und populationsökologische Expertise muss gleichgewichtig mit der molekularbiologischen integriert werden.“ „Diese Ansätze sind zugleich essentielle Grundlagen für die Entwicklung langfristiger Beobachtungsprogramme, die eine kommerzielle Anwendung transgener Organismen flankieren müssen.“
UBA-AG „Ein Monitoring von GVP hat die Aufgabe, Veränderungen der Umwelt durch gentechnisch veränderte Pflanzen zu ermitteln, auszuwerten und zu bewerten. Das Monitoring von GVP muss in der Lage ein, Wissenslücken über Umweltwirkungen, insbesondere hinsichtlich Langzeitwirkungen, zu schließen sowie einmal getroffene Entscheidungen im Rahmen des Vollzugs GenTG an der Realität zu überprüfen.“ „Es ist darüber hinaus die Aufgabe eines Monitoring, Wirkungshypothesen im Sinne der Vorsorge zu überprüfen sowie nicht vorhersehbare Effekte zu ermitteln.“ „Ein Monitoring soll Verteilungen und Wege der Verbreitung von Genen und Organismen in der Umwelt erfassen, Häufigkeiten ermitteln, bestehende Trendaussagen und Prognosen überprüfen oder zur Klärung von Wirkungshypothesen und von Wirkungsfragen im Rahmen einer großflächigen Anwendung beitragen.“ „Daraus ergibt sich, dass Monitoring der Umweltwirkungen von GVP einerseits hypothesengeleitet erfolgt, die auf Hinweisen aus der Wirkungsfor-schung beruhen, andererseits auch Ursachenforschung einschließt.“	BBA-AG „Die wesentliche Anforderung an das zu entwickelnde Monitoringverfahren besteht in der Bestimmung und Festlegung von solchen Parametern und Erfassungsmethoden, die mit vertretbarem Aufwand zu relevanten Monitoringergebnissen führen. Standorte, Design und Parameter entsprechender Langzeitmonitoringversuche an Referenzstandorten sind zu definieren. Die erhobenen Befunde sind stets im Vergleich zu den Nicht-GVP der gleichen Art unter möglichst gleichen Bedingungen zu sehen und zu bewerten.“ „Ein Schwerpunkt des anbaubegleitenden Monitorings sollte im Bereich der Erfassung von potentiellen Veränderungen im Auftreten von Schaderegern einschließlich Unkräutern liegen. Diese Erfassung sollte auch die Entstehung von Resistenzen mit einbeziehen.“

Erwähnt werden soll auch die Forderung des WBGU: „Bei Inverkehrbringen der transgenen Pflanzen sollte die Forschung zudem durch ein langfristiges und ökosystemorientiertes Nachzulasungsmonitoring ergänzt werden.“⁸⁾

Die oben postulierten Unterschiede zwischen einem „ökologisch begründeten“ und einem „ertragsorientierten“ Monitoring sind deshalb von Interesse, weil es bei den in der Folge zu untersuchenden Parametern Differenzen hinsichtlich des Umfangs und der Dauer gibt.

c) handlungsrelevante Bereiche und zu untersuchende Parameter

Aufbauend auf den Vorschlägen des SRU haben die Arbeitsgruppen beim UBA und der BBA Konkretisierungen der handlungsrelevanten Bereiche bzw. der zu untersuchenden Parameter vorgenommen:

Tabelle 3 Vergleich der Untersuchungsparameter von SRU, UBA-AG und BBA-AG *)

SRU	UBA-AG	BBA-AG
Ableitung von Risikokategorien für landwirtschaftlich genutzte transgene und nichttransgene Kulturpflanzen: - Ökologische Ausbreitungsindizes: Hybridisierung/ Pollenausbreitung Diasporenausbreitung Verbreitungshäufigkeit - Klassifizierung von Fremden Ökologische Konsequenzen der vermittelten Eigenschaft - Erhebung von Referenzdaten für den jetzigen, von gentechnisch veränderten Organismen noch unbeeinflussten Zustand	Beobachtungsparameter: - Überdauerung, Ausbreitung, Etablierung und Einwanderung in Nichtzielbiotopen - Auskreuzung, Vorkommen und Verteilung von Kreuzungspartnern und Hybriden - Beobachtung von Nichtziel-Biotopen - Erhebung von Fitnessparametern - Erfassung von strukturellen und funktionellen Veränderungen - Änderungen der Biodiversität - Änderungen evolutiver Prozesse	a) Monitoring landwirtschaftlicher Nutzflächen: Direkte GVP-Wirkungen: - durch veränderte Eigenschaften der GVP - durch Gentransfer auf Nicht-GVP - durch direkte Wechselwirkungen mit Ziel- und Nichtzielorganismen indirekte GVP-Wirkungen: - Veränderung des Anbauverfahrens - veränderte Artenzusammensetzung von Flora und Fauna - Auswirkung auf Organismen höherer Trophiestufen
1. Initiierung von Fallstudien zur Ermittlung, welche Detailfragen in Dauerbeobachtungsprogrammen bearbeitet werden sollen 2. Integration in die allgemeine Ökologische Dauerbeobachtung 3. Einrichtung einer zentralen Koordinierungsstelle	1. Festlegung von geeigneten Beobachtungsparametern und Indikatoren 2. Dokumentation des Status quo (Ist-Zustand vor Eintrag gentechnisch veränderter Organismen in die Umwelt) 3. Ermittlung und Dokumentation der Exposition der Umwelt (kontinuierliche Umweltzustandserhebung) 4. Schaffung der Grundlagen für die Abschätzung zukünftiger Entwicklungen (z.B. Veränderungen der Biodiversität und deren Bewertung)	b) Monitoring von Randstrukturen (angrenzend an und beeinflusst von landwirtschaftlichen Nutzflächen) mögliche GVP-Wirkungen: - durch Gentransfer auf Nicht-GVP - Ausbreitung Auswilderung - Veränderte Artenzusammensetzung der Wildflora und -fauna - Wechselwirkungen mit Ziel- und Nichtzielorganismen

*) Anmerkung: Die Systematik der Vorlagen wurde beibehalten

Diese Gegenüberstellung (Tabelle 3) spiegelt die Unterschiede in den Ansätzen wider, wobei die BBA-AG eine weitgehende Einengung des Untersuchungsansatzes auf die landwirtschaftliche Praxis vornimmt und z.B. die Erfassung der Mikroflora auf der Pflanzenoberfläche und im Wurzelbereich, von Symbionten und Saprobiern nicht für Langzeituntersuchungen vorsieht.

Während in der Stellungnahme des SRU bereits ein Konzept für die Auswertung (Ausbreitungsindex/Klassifizierung von Fremdgenen) vorgeschlagen wird, verweist die UBA-AG bisher nur auf die Notwendigkeit der Entwicklung von Bewertungsmodellen, ohne auf diesen Vorschlag konkret einzugehen. *)

Die BBA-AG kommt offensichtlich ohne ein entsprechendes Konzept aus, da sich die vorgeschlagenen Untersuchungen in dem (methodischen und Auswertungs-) Rahmen bewegen, der traditionell zur Bewertung von Erträgen verwendet wird.

Die Vorschläge beider Arbeitsgruppen, welche Kulturpflanzen und welche Arten der gentechnischen Veränderungen prioritär untersucht werden sollten, unterscheiden sich nur geringfügig, da die verwendeten Kriterien weitgehend identisch sind : Man hat sich jeweils auf die für eine Vermarktung relevanten GVP beschränkt.

Was entspricht hiervon den Zielvorstellungen der novellierten Freisetzungsrichtlinie der EU ?

Der Anhang VII der Novelle trifft konkrete Festlegungen zu den Inhalten des „Überwachungsplans“:

„ Der Überwachungsplan sollte ...

3. eine allgemeine überwachende Beobachtung auf unerwartete schädliche Auswirkungen und erforderlichenfalls eine (fall-)spezifische Überwachung vorsehen, in deren Mittelpunkt die in der Umweltverträglichkeitsprüfung ermittelten schädlichen Auswirkungen stehen.
- 3.1 Die fallspezifische Überwachung sollte über einen ausreichend langen Zeitraum erfolgen, damit sofortige und direkte Wirkungen sowie gegebenenfalls auch spätere oder indirekte Auswirkungen, die bei der Umweltverträglichkeitsprüfung ermittelt wurden, erfasst werden können.
- 3.2 Bei der beobachtenden Überwachung könnte gegebenenfalls von bereits bestehenden routinemäßigen Überwachungspraktiken wie z.B. der Überwachung landwirtschaftlicher Kulturformen, des Pflanzenschutzes, oder der Tier- und Humanarzneimittel Gebrauch gemacht werden. ...
4. die systematische Beobachtung der Freisetzung eines GVO in das Aufnahmemilieu und die Auswertung dieser Beobachtungen im Hinblick auf den Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt erleichtern; ...“

Die Richtlinie unterscheidet die *fallspezifische* Beobachtung ermittelter oder prognostizierter schädlicher Auswirkungen von der *allgemeinen* Beobachtung auf unerwartete schädliche Auswirkungen, macht jedoch *beides* zum Gegenstand des Überwachungsplans. Dem entspricht die Definition der BBA-AG (Tabelle1) zum „anbaubegleitenden“ Monitoring – jedoch mit der wesentlichen Einschränkung, dass es nur um einen Vergleich mit den konventionellen Sorten und Anbausysteme-

men gehe. Die Definition der UBA-AG füllt die Anforderungen der EU-Novelle gleichfalls aus, jedoch ohne einschränkende Bedingungen: Die eingeschränkte Zielsetzung der BBA-AG wird hier nur als *ein* möglicher Teilaspekt der Beobachtung gesehen – offensichtlich zu Recht, wenn man Wortlaut und Zielsetzung des Anhang VII im Kontext der Novelle interpretiert.

^{*)} Anmerkung: Das allgemeine Bewertungskonzept des UBA (TEXTE-Band 58/96) wird derzeit aktualisiert.

Bezieht man das in Ziffer 4. noch einmal festgeschriebene Vorsorgeprinzip in den Vergleich mit ein, wird die Differenz zwischen den beiden Ansätzen noch offensichtlicher.

Damit sind weitere Problemfelder, die sich aus den unterschiedlichen Leitbildern ergeben können, jedoch noch nicht geklärt:

- Was wird - vor dem jeweiligen Hintergrund - unter „schädlichen“ Auswirkungen verstanden?
- Welches Risiko wird jeweils als „sozialadäquat“ angesehen?

Die Antworten hierauf sind überwiegend politisch determiniert. Sie können nicht in fachlich orientierten Arbeitsgruppen des Bundes und der Länder in jedem Einzelfall entschieden werden. Eine eindeutige Positionierung der zuständigen Bundesministerien für Umwelt, Gesundheit und Landwirtschaft/Verbraucherschutz ist dringend gefordert.

4. Bewertungen und Lösungsansätze

Der in Kapitel 3. vorgenommene Vergleich der programmatischen Ansätze führt zu einer ersten differenzierten Bewertung:

Der „ökologisch begründete“ Ansatz weist nicht nur ein Defizit an Theorie auf, welches den Erkenntnisstand in der experimentellen und theoretischen Ökologie widerspiegelt, sondern auch an konkreten Bewertungsmaßstäben und Erfahrungen aus der Praxis: Eine ökologische Dauerbeobachtung steht erst am Anfang, verglichen mit den Erfahrungswerten der Landwirtschaft.

Der „ertragsorientierte“ Ansatz vermeidet diese Probleme, indem er sich auf das in der konventionellen landwirtschaftlichen Praxis Erprobte beschränkt. Dieser – unstrittige – Vorteil wird jedoch dadurch relativiert, dass auf diejenigen Instrumente zurückgegriffen werden soll, die im Rahmen der Überwachung durch den amtlichen Pflanzenschutzdienst und die Saatgutverkehrskontrolle bereits etabliert sind. Die Reduzierung der Überwachung auf Pflanzenkrankheiten, Schaderreger, Kennzeichnung und Verpackung von Saatgut mögen für die tägliche Praxis des Pflanzen- und Sortenschutzes ausreichend sein, eine *systematische* Beobachtung der Freisetzung in das Aufnahmемilieu, insbesondere die Berücksichtigung umfassenderer ökologischer Kriterien ist damit noch nicht verbunden.

Positiv hervorzuheben ist, dass dieser Ansatz von konkreten Erfahrungen und Randbedingungen ausgeht, die kurzfristig ein pragmatisches Herangehen ermöglichen.

Demgegenüber steht der „ökologisch begründete“ Ansatz im Rechtfertigungszwang, die Erkenntnislücken der Ökologie als die eigenen ausgeben zu müssen.

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen hat zusätzlich darauf aufmerksam gemacht: „Im Hinblick auf den möglichen massenweisen Einsatz eines gentechnisch veränderten Organismus ist es denkbar, dass die Auswirkungen nicht mehr mit natürlichen Prozessen vergleichbar sind. Die Problematik solcher Bewertungen liegt in dem weiten, zu beurteilenden Zeithorizont“. ⁹⁾

Dies Argument trifft beide Ansätze gleichermaßen, dürfte aber im „ökologisch begründeten“ Ansatz eher aufgenommen werden können, da hier das methodische Vorgehen grundsätzlich auch auf das Erfassen langfristiger Effekte ausgerichtet ist.

Der vom SRU empfohlenen „Beschränkung auf wesentliche Organismen und wesentliche Umweltfaktoren“ kommen beide Ansätze nach. Strittig dürfte hierbei das Kriterium „wesentlich“ sein, da z.B. eine Ertragsminderung oder zu geringe Wirkung eines Pflanzenschutzmittels eine Erhöhung der Artenvielfalt bedingen kann.

Wie kommt man bei der Entwicklung von Konzepten für den Überwachungsplan der EU-Novelle weiter, solange die grundsätzlichen politischen Entscheidungen für ein Leitbild nicht hinreichend klar sind?

Ich verweise auf die kürzlich veröffentlichten „Indikatoren für die Integration von Umweltbelangen in die Gemeinsame Agrarpolitik“ der EU-Kommission¹⁰⁾, die von einem Wandel des agrarpolitischen Leitbildes auf Kommissionsebene ausgehen. Hier wird, abhängig von der Bedeutung der jeweiligen Standorte, dem Nutzungsgrad, ihrer unterschiedlichen Bedrohung und Empfindlichkeit, eine Charakterisierung von Landschaftstypen vorgeschlagen, die sich für unsere Fragestellung nutzen ließe:

- Kulturlandschaften mit hohem ökologischen Wert, die von der Intensivierung der Landwirtschaft bedroht sind und in denen die Umweltqualität in hohem Maße davon abhängt, dass die landwirtschaftliche Tätigkeit strengen Auflagen unterworfen wird,
- Von der Landwirtschaft abhängige Kulturlandschaften mit hohem ökologischen Wert, die von der Marginalisierung der Landwirtschaft bedroht sind und in denen die Landwirtschaft für die Umweltqualität von besonderer Bedeutung ist,
- Landschaften, die durch eine Landwirtschaft mit geringem Betriebsmittelaufwand, durch geringen Ressourcenverbrauch sowie durch Verbesserung der Habitate und der Biodiversität gekennzeichnet sind,
- Landschaften, die durch intensive oder extensive gute landwirtschaftliche Praxis gekennzeichnet sind, die mit der bewirtschafteten Fläche harmoniert und die Erhaltung der natürlichen Ressourcen, der Biodiversität und der naturnahen Ökosysteme ermöglicht,
- Landschaften, die durch Raubbau, Verschmutzung und Ressourcenerschöpfung gekennzeichnet sind, was zur Schädigung der natürlichen Ressourcen, der Biodiversität und der naturnahen Ökosysteme führt.

Diese Typisierung von Landschaften harmonisiert mit der im Gentechnikrecht geforderten Berücksichtigung der Standortabhängigkeit bei der Beurteilung der Auswirkungen von gentechnisch veränderten Organismen in der Umwelt. Sie bietet zugleich eine Grundlage, landwirtschaftliche und ökologische Kriterien durch gemeinsame Kategorisierung zu erfassen, da auch in der landwirt-

schaftlichen Praxis die regionalspezifische Betrachtung (wie bei der Sortenempfehlung) eine wesentliche Rolle spielt.

Die Probleme in der theoretischen Risikobewertung, wie sie der Wissenschaftliche Beirat Globale Umweltveränderungen für die Gentechnik beispielhaft skizziert hat ¹¹⁾, lassen sich hierdurch möglicherweise verringern.

Die Bewertung der Funktion eines speziellen Standortes innerhalb eines gegebenen Landschaftstyps nach Kriterien des Naturschutzes erleichtert die Festlegung von „Schadenskategorien“, auch wenn es die bisher ergebnislose Debatte um eine Definition des „ökologischen Schadens“ nicht vermeiden hilft und die naturschutzfachliche Diskussion vor vergleichbaren Bewertungsproblemen steht.

Die Aktualisierung des Naturschutzrechts verdeutlicht den sich abzeichnenden Trend zur Verdrängung des traditionellen Leitbilds der konventionellen Landwirtschaft :

Mit der Novelle zum Bundesnaturschutzgesetz ¹²⁾ werden Nachhaltigkeits-Aspekte mit dem neu formulierten § 1 ebenso verstärkt wie mit § 5 Abs. 3 und der Forderung nach einer standortangepassten Bewirtschaftung, die den interessanten Topos des „nachhaltigen Ertrags“ einbezieht. Der § 12 versteht unter Umweltbeobachtung ausschließlich eine „ökologische Umweltbeobachtung“, deren Zweck u.a. darin besteht, „den Zustand des Naturhaushalts und seine Veränderungen, die Folgen solcher Veränderungen, die Einwirkungen auf den Naturhaushalt, ... zu ermitteln, auszuwerten und zu bewerten“.

Neben dem von der Landwirtschaft (durch die BBA-AG) bereits angebotenen Beitrag, vorhandene Überwachungssysteme für ein „anbaubegleitendes Monitoring“ zur Verfügung zu stellen, erschließt sich somit ein weiterer möglicher Kooperationspartner, der mit einem dem „ökologischen“ Monitoring ähnlichen Methodeninventar eine vergleichbare Aufgabe verfolgt.

Was könnte die naturschutzfachliche Praxis für die Konzeptentwicklung von Überwachungsplänen im Sinne der EU –Novelle beitragen?

- Der Naturschutz betrachtet im Rahmen seiner landschaftsplanerischen Gestaltung übergeordnete räumliche und funktionelle Zusammenhänge und kompensiert so ein wesentliches Manko der bestehenden landwirtschaftlichen Überwachungssysteme.
- Der Naturschutz entwickelt Zielhierarchien der Naturnutzung, die wesentlich längere Zeiträume als eine oder mehrere Vegetationsperioden umfassen.
- Der Naturschutz umfasst selbsterhaltungsfähige („natürliche“) Systeme genauso wie agrarisch geprägte Systeme bzw. Kulturlandschaften.
- Der Naturschutz erfasst neben dem raumbezogenen Arteninventar abiotische Parameter der Standortqualität und entwickelt hieraus Kriterien für die Zuordnung von Lebensraumtypen.

Für ein künftiges Monitoring zugelassener gentechnisch veränderter Pflanzen ließen sich so - idealtypisch - zwei Bausteine des Systems bereits beschreiben:

Baustein Landwirtschaft

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Untersuchung der Auswirkungen des Einsatzes von GVP im Vergleich zu konventionellen Sorten und Anbausystemen - Beobachtung landwirtschaftlicher Nutzflächen und hiervon beeinflusster Randstrukturen - kurz- und mittelfristig, vegetationsperiodenorientiert - Bewertungsziel: Vor- und Nachteile für die landwirtschaftliche Praxis |
|--|

Baustein Naturschutz

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Untersuchung der Auswirkungen von GVP-Sorten und Anbausystemen - Beobachtung von Landschafts- und Lebensraumtypen - mittel- und langfristig, jahreszeitenorientiert - Bewertungsziel: Vor- und Nachteile für die Entwicklung des Naturhaushalts |
|--|

Ein erster praktischer Ansatz könnte z.B. darin bestehen, bei der Erfassung und luftbild-gestützten Zuordnung von Lebensraumtypen Anbauflächen von GVP im Rahmen ihrer Einbettung in vorhandene räumliche und funktionelle Zusammenhänge zu kartieren.

Da die EU-Novelle ohnedies eine Art „Anbauregister“ vorsieht, wären neben geografischen auch ökologische Kriterien anwendbar, die zu einer vorläufigen Kategorisierung im Sinne der von der EU vorgeschlagenen Landschaftstypen führen würden.

Dies hätte auch den Vorteil, dass der bestehende Grad der Naturnutzung und möglichen Vorschädigung ein höheres Gewicht erhält, wenn es um die Bewertung der möglichen Auswirkungen geht: Ein abgestuftes System erwünschter, geduldeter bis zu nicht erwünschten oder auch nicht beeinflussbaren Parametern für die Naturnutzung sollte aus naturschutzfachlicher wie aus landwirtschaftlicher Sicht gegenübergestellt werden, um Zielkonflikte erkennen und politisch entscheiden zu können.

Dass Theorie und Praxis beim Naturschutz noch weit auseinanderliegen, soll dabei nicht unterschlagen werden.¹³⁾

Der Einsatz gentechnisch veränderter Pflanzen in der Landwirtschaft stellt in dieser Diskussion nur einen Randaspekt dar. In der gesellschaftspolitischen Auseinandersetzung um die Priorität der verschiedenen Leitbilder könnte ihm jedoch eine stärkere Bedeutung zukommen, da die Folgen der Gentechnik stellvertretend für Prognose- und Risikomodelle mit einem hohen Ungewissheitsgrad behandelt werden.

Risikomodelle erfordern Bewertungskonzepte. In der Toxikologie wie in der Ökotoxikologie gibt es Erfahrungen und konkrete Vorschläge, die es erlauben, Konzentrationsbereiche (hier: von chemischen Stoffen) abzuleiten, die z.B. in einem Umweltmedium oder Zielorganismus nicht erreicht werden sollen. Zu fragen ist, ob sich erfolgreiche Lösungsansätze zu den wissenschaftstheoretischen und experimentellen Problemen der Ökotoxikologie nutzen lassen, da der Erkenntnisgegenstand, nämlich die Umwelt, die Lebewesen und ihre Beziehungen untereinander, identisch ist.

¹⁴⁾

Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass im Unterschied zu „klassischen“ Bewertungsverfahren zu den Auswirkungen von Stoffen und Zubereitungen in der Umwelt eine neue Qualität hinzukommt.

Eine wesentliche Eigenschaft der Lebewesen besteht in ihrem Informationsgehalt und dem Vermögen, Informationen auszutauschen und auf ihre Nachkommen weiterzugeben. Gegenstand der Gentechnik ist die gezielte Manipulation dieser Informationen. Gegenstand der Untersuchung gentechnisch veränderter Organismen ist somit eine von anderen Faktoren unabhängige Eigenschaft der Objekte (ihr Informationsgehalt), der zum einen nur in einem raumzeitlichen Kontext als phänotypische Ausprägung zugänglich und zum anderen nur unter hohem Aufwand mit der zugrundeliegenden molekularbiologischen Veränderung korrelierbar ist.

Bei der Bewertung von Stoffen werden im Labor unter genau definierten Umweltbedingungen die Antworten der biologischen Testsysteme auf den Stoff im Vergleich zu einer Kontrolle ermittelt. Auch unter Berücksichtigung der vorhandenen genetischen Variabilität und der Schwankungsbreiten des Testdesigns lassen sich biologische Reaktionen in der Regel statistisch absichern.

Für Untersuchungen von Stoffen im Freiland gibt es dagegen noch keine anerkannten methodischen Standards, da die natürlichen Schwankungen der Umweltbedingungen häufig stoffinduzierte Effekte überlagern.

Freilandversuche mit gentechnisch veränderten Pflanzen haben bisher zu keinen absicherbaren schädigenden Effekten geführt – was vor diesem Hintergrund, wie auch vor dem des bisher verwendeten Leitbildes, nicht verwundert: Ein Großteil der begleitenden Sicherheitsforschung hat sich auf das Problem des Ausbreitungsverhaltens konzentriert und den Vergleichsmaßstab im konventionellen, zudem kleinflächigen Anbau gesucht .

Hieraus die Forderung nach einem Verzicht auf Freilandversuche abzuleiten, wäre nicht sachgerecht. Es geht vielmehr darum, Fallstudien, wie sie auch der SRU für notwendig hält, zu intensivieren. In der Praxis bedeutet dies die Entwicklung einer Hierarchie von Testverfahren unter experimentell einstellbaren Bedingungen, d.h.

- als (artifizieller) Labortest,
- im Labor bzw. Gewächshaus unter seminatürlichen Bedingungen,
- in Modellökosystemen.

Diese Verfahren dienen der Ermittlung derjenigen Parameter, die im Rahmen von Überwachungsplänen für gentechnisch veränderte Organismen sinnvoll, d.h. ihrer biologischen Bedeutung entsprechend, untersucht und bewertet werden sollen.

Damit bietet sich ein weiterer Baustein eines künftigen Monitoring an, der sich die Erfahrungen aus der Entwicklung ökotoxikologischer Test- und entsprechender Bewertungsverfahren zunutze machen kann:

Baustein Ökotoxikologie

- Entwicklung von Test- und Bewertungsverfahren, einschließlich Rückverfolgbarkeit
- Evaluierung von Labor- und Freilanduntersuchungen
- modell- und nachweisorientiert
- Bewertungsziel: Ermittlung von Parametern, die in der Überwachungspraxis als nachteilig zu beurteilen sind

Dieser Baustein ist nicht nur für den künftigen Vollzug des Gentechnikrechts durch die Länderbehörden zwingende Voraussetzung. Auch für den Anmelder/Genehmigungsinhaber muss der Aufwand für die neuen Überwachungssysteme hinreichend einschätzbar sein.

Mit der Genehmigung des Überwachungsplans durch die zuständige Behörde muss für alle Beteiligten klar sein,

- welche Parameter können/müssen überprüft werden
- mit welchem methodischen Instrumenten
- mit welcher zeitlicher Intensität
- mit welchem Aufwand an Personal
- mit welchen Folgen bei bestimmten Ergebnissen ?

Zu Recht kommentiert das Scientific Steering Committee: „As in other cases, post marketing surveillance is no substitute for proper pre-marketing evaluation. Both approaches are needed in an integrated manner to encompass the effects of gene interactions and the long-term impact of their extensive use, e.g. in GMPs.“¹⁵⁾

Einen - nicht nur in diesem Zusammenhang wichtigen – Faktor stellt die „Rückverfolgbarkeit“ der gentechnischen Veränderung von der Erzeugung bis zum Endverbraucher bzw. aufnehmenden Medium dar. Wie die EU-Kommission die Begriffe „surveillance“ und „traceability“ in vergleichbarem Zusammenhang verwendet, ist im Anhang kurz dargestellt.

Ein vierter Baustein sollte sich aus den Vorhaben zur „ökologischen“/Umwelt-Dauerbeobachtung und vergleichbaren Ansätzen ableiten lassen. Die UBA-AG hat die vorliegenden Programme, die sich in unterschiedlichen Anwendungsstadien befinden, untersucht und auf ihre Eignung hin bewertet. Dies braucht an dieser Stelle nicht wiederholt zu werden.

Erforderlich ist jedoch m.E. eine stärkere Verknüpfung mit den drei übrigen Bausteinen, um eine Reduzierung der möglichen Beobachtungsparameter auf relevante Fragestellungen und Bewertungsverfahren zu erreichen.

Baustein Ökologische Beobachtungsprogramme

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Einbeziehung vorhandener Programme der Umweltbeobachtung - Definition und Einrichtung von Referenzflächen (mit/ohne Gentechnik) - langfristig, ökosystemorientiert - Bewertungsziel: Analyse von Umweltveränderungen |
|---|

Die in diesem Beitrag entwickelten vier Bausteine zur Konzipierung künftiger Überwachungspläne für zugelassene gentechnisch veränderte Pflanzen sehen ein arbeitsteiliges Vorgehen vor, welches eine angemessene Beteiligung der unterschiedlichen gesellschaftlichen Interessengruppen ermöglicht.

Dies bedarf eines organisatorischen Rahmens und bestimmter politischer Entscheidungen, welche die künftigen Aufgaben der Anmelder/Genemigungsinhaber ebenso definieren müssen wie die konkrete Rolle der Länderbehörden beim Vollzug der novellierten Freisetzung-Richtlinie.

5. Exkurs: Ökologische Modelle und ihr Nutzen

Vor einem abschließenden Vorschlag zum weiteren Vorgehen soll kurz auf einige Modelle in der Ökologie und ihren möglichen Nutzen für unsere Fragestellung eingegangen werden. Dies geschieht, um die - oben als idealtypisch charakterisierten – Aufgaben für die einzelnen Bausteine in einen realistischen Kontext zu rücken.

Die Invasion fremder Arten („exotic species“) ist ein beliebtes Beispiel zur Veranschaulichung ökologischer wie ökonomischer Risiken.

Inwieweit dies Beispiel analog bei der Beurteilung von Risiken gentechnisch veränderter Organismen angewendet werden darf, ist strittig im Hinblick auf

- die Prognostizierbarkeit schädigender Effekte,
- den zu betrachtenden Zeitrahmen,
- die möglichen Gegenmaßnahmen.

Unstrittig ist, dass es eine Vielzahl von Beispielen gibt, in denen die Verdrängung einheimischer Arten bis hin zur Ausrottung erfolgte oder der ökonomische Schaden so groß wurde, dass Gegenmaßnahmen erforderlich wurden.

Unabhängig davon, ob man die Verdrängung/das Ausrotten einer einheimischen Art als ökologische Katastrophe oder normalen evolutiven Prozess wertet, lässt sich zumindest das Ausmaß quantifizieren und das Ergebnis eindeutig beschreiben.

Höhere Aufmerksamkeit als bisher sollte man dabei den durch Allelopathie verursachten Verdrängungsmechanismen widmen, die die Bedeutung bodenbiologischer Untersuchungen verstärken. ¹⁶⁾

Sollte eine durch die Gentechnik verursachte vergleichbare Veränderung auftreten, stellt sich eher die Frage nach der rechtzeitigen Erkennbarkeit und den Möglichkeiten der Vermeidung dieses Prozesses als nach dem Ausmaß des Schadens.

Die künftige Genehmigungspraxis bei Inverkehrbringens-Anträgen muss dem Rechnung tragen durch Beschränkung

- der Vertriebswege,
- des Anwendungsspektrums und
- der zulässigen Ausbreitungswege in die Umwelt.

Möglich wird eine Überwachung dieser Maßnahmen nur durch die strikte Anwendung des Prinzips der Rückverfolgbarkeit.

Ein künftiges Monitoring muss, hierin stimmen die Vorschläge vom SRU bis zur BBA-AG offensichtlich überein, in der Lage sein, rechtzeitig Veränderungen durch inverkehrgebrachte Organismen und Produkte erkennen und adäquat bewerten zu können.

Die erforderlichen Ressourcen und die für die ökologische Nische bestimmenden Faktoren stellen geeignete Parameter zur Charakterisierung der Ansprüche von Populationen an ihre Umwelt dar. Beim zwischenartlichen Vergleich führt dies zur Zuordnung von ökologischen Äquivalenten, die sich ggf. als „exotic species“ (s.o.) unangenehm bemerkbar machen können.

Ob die in diesem Zusammenhang bestehenden ökologischen Modelle auf die Fragestellung „gentechnisch veränderte Pflanze vs. Ausgangssorte“ angewandt werden können, wäre zu untersuchen. Die genotypischen Unterschiede bedingen bisher noch nicht solche phänotypisch erkennbaren Folgen, dass deutliche Veränderungen als Auswirkungen auf den Standort oder als Inanspruchnahme von Ressourcen erkannt werden konnten.

Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass eine Reihe bodenbiologisch bedeutsamer Prozesse (wie die Rolle assoziierter Mikroorganismen) nicht entsprechend untersucht wurden.

Interessant sind aktuelle Befunde, die auf eine obligate Standortabhängigkeit bei Wildkräutern als Ergebnis von Anpassungsmechanismen hinweisen.¹⁷⁾ Ob dies auf Kulturpflanzensorten übertragbar ist, wäre zu untersuchen.

So ist auch die „Erholungsrate“, erfasst durch bodenbiologische Summenparameter, nach einer erfolgten Belastung z.B. durch Pflanzenschutzmittel zwar ein geeignetes Maß für eine Beurteilung der möglichen kurz- und mittelfristigen Ertragsreduktion. Welche Konsequenzen durch Verschiebungen des Artenspektrums langfristig hervorgerufen werden, entzieht sich aber bisher mangels ausreichender Erhebungen der Prognose.

Für das ökologisch begründete Monitoring dürfte sich jedoch gerade hier ein für experimentelle Fragestellungen bedeutsames Forschungsfeld für Fallstudien auftun, um - wie oben gefordert - die denkbare Vielzahl der Objekte und Methoden sinnvoll zu beschränken und einer Bewertung zugänglich zu machen.

Bei der Beurteilung der Wechselwirkung von Populationen unter realen Bedingungen ist es nicht vertretbar, die zahlenmäßig dominierenden und funktionell bedeutsamen Mikroorganismen des Bodens nicht angemessen zu berücksichtigen.

Diese Forderung steht in deutlichem Gegensatz zu einem pragmatischen Ansatz, der sich auf die leichte Erkennbarkeit und Verfolgbarkeit im makroskopischen Bereich beschränkt.

Das (kombinierte) Konzept der limitierenden Faktoren (nach ODUM) verweist auf die Bedeutung von „Randeffekten“, die sich experimentell erschließen lassen sollten. Beim Vergleich etablierter Kulturpflanzen mit ihren gentechnisch veränderten Varianten stehen dabei weniger Verbreitungsgrenzen im Vordergrund als vielmehr die Suche nach Unterschieden in der biochemischen Adaptation an gegebene Standorte. Veränderungen im Stoffwechsel einer Pflanze können zu unerwarteten Änderungen der Anpassungsfähigkeit führen, wenn die betreffenden Enzym-Substrat-Affinitäten beeinflusst werden.

Die Standortabhängigkeit von Pflanzen, die in normalen landwirtschaftlichen Sortenversuchen nur am Ertrag gemessen wird, gewinnt bei gentechnischen Veränderungen erhebliche Bedeutung, da in der Regel vor dem Inverkehrbringen eine umfassende Charakterisierung möglicher Änderungen im Stoffwechsel nicht erfolgt und derzeit bei Freisetzungen auch nicht berücksichtigt wird.

Dieser kurze Exkurs veranlasst mich zu der Feststellung, dass vermeidbare Defizite in der jetzigen Genehmigungspraxis wahrnehmbar sind, welche die ohnedies vorhandenen Probleme bei der Entwicklung von Überwachungskonzepten für die Novelle der RL 90/220/EWG verstärken werden.

6. Schlussfolgerungen und Vorschläge

1. Die künftige Praxis der Genehmigung von Freisetzungen und Inverkehrbringen gentechnisch veränderter Organismen und Produkte wird überlagert durch einen Wechsel des Leitbildes in der Landwirtschaftspolitik: Dieses neue Leitbild einer nachhaltigen Landwirtschafts- und Biodiversitätspolitik ist in Ansätzen auf EU-Ebene erkennbar, stärker ausgeprägt in der nationalen deutschen Diskussion um die Folgen des Versagens von Kontrollmaßnahmen bei der Bekämpfung von BSE.
2. Mit der Novellierung der RL 90/220/EWG und deren Umsetzung in deutsches Recht muss eine klare Zuordnung von Aufgaben und Adressaten bei der Erstellung und Durchführung von Überwachungsplänen erfolgen.

Die Vorgaben müssen – schon aus rechtlichen Gründen – hinreichend konkret und einer Überprüfung durch Dritte zugänglich sein.

Die fallspezifische Überwachung („case-by-case-study“) als Unterfall der allgemeinen Überwachung („general surveillance“) ist dabei an spezifische Kriterien zu knüpfen, die sich auf die Ergebnisse einer der Zulassung vorausgehenden Datenerhebung stützen.

Hier bestehen in der aktuellen Genehmigungspraxis bei Freisetzungen deutliche Defizite.

3. Die Genehmigungsverfahren sind bereits jetzt den gewonnenen Erkenntnissen und künftigen Anforderungen anzupassen.

So sollte bei Freisetzungen die Standortabhängigkeit ihre - naturwissenschaftlich gebotene - Berücksichtigung erfahren, um die erforderlichen Kriterien für ein späteres Inverkehrbringen entwickeln, bzw. Kriterien für einen Ausschluss vom Inverkehrbringen frühzeitig anwenden zu können.

Genehmigungsverfahren zum Inverkehrbringen stehen künftig unter der Prämisse, bei erkennbaren Schäden eine rechtzeitige Schadensbegrenzung zu ermöglichen. Dementspre-

chend sind die Auflagen so zu gestalten, dass das Inverkehrbringen auf kontrollierbaren, d.h. auch: rückverfolgbaren Wegen erfolgt.

Dies bedeutet eine zusätzliche Aufgabe für die Überwachungsbehörden der Länder, die bei der Formulierung der Auflagen für ein Inverkehrbringen nicht beteiligt werden. In der Vergangenheit hat dies dazu geführt, dass Anforderungen aus der praktischen Überwachungstätigkeit mangels eigener Praxis der Genehmigungsbehörde nicht oder nur unzureichend berücksichtigt wurden.

4. Die künftige Rolle der Länderbehörden ist bisher nicht geklärt.

Sind Auflagen zur Durchführung von Monitoringprogrammen (gleich welcher Art) Bestandteil des Genehmigungsbescheids, ist die jeweilige Länderbehörde für die Überwachung dieser Auflagen nach Gentechnikrecht zuständig. Die durchzuführenden Programme müssen daher so gestaltet sein, dass ihre Umsetzung auch kontrollierbar bleibt. Qualitätssicherungssysteme können zwar den hierfür erforderlichen formalen Rahmen liefern, die Überwachung konkreter Fragen des Testdesigns oder einer adäquaten Auswertungsmethodik sind im Einzelfall durch die Überwachungsbehörde nicht leistbar und sollten einer Bewertung durch eine zentrale Stelle des Bundes vorbehalten bleiben.

5. Die künftige Aufgabenteilung der bisher beteiligten Bundesoberbehörden bedarf einer baldigen Klärung. Für die Festlegung und Auswertung von Monitoringprogrammen ist der erforderliche Sachverstand aufgrund der geleisteten Vorarbeiten nur beim Umweltbundesamt erkennbar. Dies würde auch der bisherigen fachlichen Aufgabenteilung zwischen Genehmigungs- und Einvernehmensbehörden entsprechen, sollte jedoch als ggf. finanzmittelwirksame Folge im novellierten Gentechnikgesetz berücksichtigt werden.

6. Auf einem abstrakten Niveau lassen sich vier Bausteine (Module)

- Landwirtschaft
- Naturschutz
- Ökotoxikologie
- Beobachtungsprogramme

voneinander abgrenzen, deren Ergebnisse arbeitsteilig in ein gemeinsames Konzept für die Entwicklung von Überwachungsplänen integriert werden können.

7. Die Entwicklung eines gemeinsamen Konzepts bedarf der Beteiligung der Betroffenen. Im Hinblick auf die zuständigen Behörden der Länder wird dies in der UBA-AG, im Hinblick auf die betroffene Wirtschaft in der BBA-AG bereits gewährleistet. Nicht einbezogen wurden bisher Verbraucher, Vertreter einer alternativen Landbewirtschaftung und Umweltverbände.

8. Zum weiteren Vorgehen wird der folgende Vorschlag unterbreitet:

- 8.1 Wie auch vom SRU gefordert, sollte eine zentrale Koordinierungsstelle eingerichtet werden. Diese hätte die folgenden Aufgaben:

- Konzeption beispielhafter Überwachungspläne auf der Grundlage von Vorschlägen, die aus den zu entwickelnden vier Bausteinen (s.o. Ziffer 6.) resultieren,

- Einbeziehung der Öffentlichkeit und Diskussion der Vorschläge mit den Interessenträgern,
- Konkretisierung der Aufgaben von Anmeldern/Genehmigungsinhabern und Überwachungsbehörden,
- Koordination und Auswertung von Forschungs- und Vollzugsaktivitäten des Bundes und der Länder.

Als Träger dieser Koordinierungsstelle scheint einzig das Umweltbundesamt geeignet. Es sollte sich nach Abschluss der Arbeiten der UBA-AG von einem entsprechenden Beirat unterstützen lassen.

8.2 Die Zusammenarbeit von Naturschutzbehörden und Gentechnikbehörden sollte intensiviert werden. Dies könnte beispielsweise durch eine gemeinsame Arbeitsgruppe des Länderausschuss Gentechnik und der Länderarbeitsgemeinschaft Naturschutz erreicht werden, in der die gemeinsamen Ziele einer künftigen Umweltbeobachtung und die hierfür notwendigen Instrumente erörtert werden.

8.3 Die aktuelle Genehmigungspraxis bei Freisetzungen und Inverkehrbringensanträgen sollte die künftigen Anforderungen der EU-Novelle im Hinblick auf

- Standortabhängigkeit,
- Rückverfolgbarkeit,
- Erfassung umweltrelevanter Auswirkungen

berücksichtigen. Das geltende Gentechnikrecht liefert bereits die erforderliche Rechtsgrundlage. Zu ändern ist lediglich die Verwaltungspraxis.

8.4 Die zuständigen Bundesministerien für Umweltschutz, Gesundheitsschutz und Verbraucherschutz/Landwirtschaft bleiben aufgefordert, die Richtlinien ihrer Politik einem gemeinsamen Leitbild unterzuordnen und das Verwaltungshandeln ihrer nachgeordneten Behörden entsprechend zu vereinheitlichen.

7. Anhang: Zu den Begriffen „traceability“ , „surveillance“ und „monitoring“

Die EU-Kommission verwendet auch an anderer Stelle diese Begriffe, so z.B. im „Weißbuch zur Lebensmittelsicherheit“ vom 12.01.2000, KOM (1999) 719 endgültig :

Traceability (= Rückverfolgbarkeit) erfordert die Einführung von Verfahren, die die Rückverfolgung erleichtern: „Die Unternehmen sollten Aufzeichnungen über die Lieferanten der Ausgangsstoffe und Zutaten führen, damit festgestellt werden kann, wo ein gegebenes Problem seinen Ursprung hat.“

Surveillance (= Überwachung) und Monitoring werden als Bestandteile eines Informations- und Risikomanagements verstanden: „Das erste Ziel sollte in einem kontinuierlichen, täglich geleisteten Management der Informationen bestehen, damit eine Realzeit-Reaktion auf potentielle Gefährdungen möglich ist. Zweitens würde ein derartiges System die Kommission in den Stand versetzen, eine aktivere und vorausschauendere Position zu beziehen. Es sollte auf die Früherkennung po-

tentieller Gefährdungen gerichtet sein, damit Krisen erst gar nicht auftreten und Abhilfemaßnahmen überflüssig werden.“

In diesem Zusammenhang wird auf die „allgemein anerkannte Notwendigkeit“ verwiesen, „die Funktionen „Risikobewertung“ und „Risikomanagement“ voneinander zu trennen.“

Beide Begriffe werden wie folgt unterschieden:

„Das Risikomanagement zerfällt in die beiden Teile Rechtsetzung und Überwachung.“

„Zweck der Risikobewertung ist die wissenschaftliche Beratung. Fundierte und aktuelle Gutachten setzen wiederum eine umfangreiche Informationserhebung und –analyse voraus. Netze für Überwachung und Monitoring ..., Informationssysteme ..., Schnellwarnsysteme sowie FuE-Programme spielen eine wichtige Rolle bei der Gewinnung wissenschaftlicher Erkenntnisse.“

Zu den Folgen fehlender Rückverfolgbarkeit verweist das Weißbuch auf die Dioxinkontaminationen in Futtermitteln:

„Da nun die Ursachen und Folgen der Dioxinkrise klarer werden, ist deutlich geworden, dass die Futtermittelindustrie den gleichen strengen Bestimmungen und Kontrollen unterzogen werden sollte wie die Lebensmittelhersteller. Die Dioxinkrise konnte entstehen und sich über die gesamte Lebensmittelkette ausbreiten, weil interne Kontrollen (gute Herstellungspraxis, Eigenkontrollen, Krisenpläne) und Möglichkeiten zur Rückverfolgung der Lebensmittel fehlten.“

Für die Novelle der Richtlinie 90/220/EWG liegt bisher nur ein „Arbeitspapier der Kommissionsdienststellen über Rückverfolgbarkeit und Kennzeichnung von GVO und aus GVO hergestellten Produkten“ (ENV/620/2000) vor, welches unterschiedliche Optionen vergleicht, ohne eigene Vorschläge zu unterbreiten.

8. Quellenverzeichnis

- 1) Nach Erstellung des Gutachtens veröffentlicht als: Richtlinie 2001/18/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt und zur Aufhebung der Richtlinie 90/220/EWG des Rates vom 12. März 2001, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L106/1 vom 17.04.2001
- 2) BBA-AG, Stichwort „Gentechnik“ unter www.bba.de
- 3) SRU, Sachverständigenrat für Umweltfragen, Kurzfassung des Jahresgutachtens 1998, Kapitel 3.2, unter www.umweltrat.de
- 4) WBGU, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, Jahresgutachten 1998, Kapitel D 4, unter www.wgbu.de/wgbu_jg1998.html
- 5) GfÖ, Gesellschaft für Ökologie, Resolution vom 15.09.1999
- 6) EU, Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament vom 21.01.2000, Indikatoren für die Integration von Umweltbelangen in die Gemeinsame Agrarpolitik, KOM (2000)20 endgültig
- 7) Sauter, A./Meyer, R.: Risikoabschätzung und Nachzulassungsmonitoring transgener Pflanzen, Sachstandsbericht, November 2000, Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag, Arbeitsbericht Nr.68
- 8) WBGU a.a.O., S.323
- 9) SRU a.a.O., Ziffer 97

- 10) EU, a.a.O., S.29; in die gleiche Richtung zielt die Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament vom 27.03.2001, Aktionspläne zur Erhaltung der biologischen Vielfalt für die Gebiete Erhaltung der natürlichen Ressourcen, Landwirtschaft, Fischerei sowie Entwicklung und wirtschaftliche Zusammenarbeit, KOM (2001) 162 endgültig
- 11) WBGU, a.a.O.: Freisetzen von GVO als Beispiel für den Risikotyp „Pythia“
- 12) Entwurf eines Gesetzes zur Neuregelung des Rechts des Naturschutzes und der Landschaftspflege und zur Anpassung der Rechtsvorschriften (BNatSchGNeuregG) Stand: 2. Februar 2001, unter www.bmu.de/fset800.htm
- 13) Dierßen, K. Erkennen und Bewerten aus landschaftsökologischer und –planerischer Sicht, in: Czybulka, D. (Hrsgb.), Erkennen, Bewerten, Abwägen und Entscheiden, Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden, 2000, S.25ff
- 14) Rudolph, P., Entwicklungen in der Ökotoxikologie, Umweltwissenschaften und Schad-stoffforschung 4 (5) 1992, S.290ff und
Rudolph, P., Bewertung des ökologischen Risikos (Ökotoxikologie),
in: V. Mersch-Sundermann (Hrsgb.), Umweltmedizin, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1999. S.609ff
- 15) European Commission, Health and Consumer Protection Directorate-General, Scientific Steering Committee, Risk assessment in a rapidly evolving field: The case of genetically modified plants (GMP), Scientific Opinion of the Scientific Steering Committee, Expressed on 26/27 October 2000, unter: www.europa.eu.int/comm/food/fs/sc/ssc/out148_en.pdf
- 16) Brennicke, A., Unterirdischer Kampf der Pflanzen, Biologie in unserer Zeit (2), 2001, S.77, mit Verweis auf das Originalzitat in Science 2000, 290, S.521-523
- 17) Hachtel, W./Berger, S.: Fragwürdige Sämereien, Biologie in unserer Zeit (2), 2001. S.124f

2.2.7 Aktivitäten des ad hoc Unterausschuss Methodenentwicklung – Überlegungen für ein Saatgut-Monitoring auf GVO-Bestandteile

Für den UA: T. Richter, Berliner Betrieb für zentrale gesundheitliche Aufgaben, Institut für Lebensmittel, Arzneimittel und Tierseuchen, Invalidenstrasse 60, 10557 Berlin, E-mail: thomas-richter.ilat@bbges.de.

Internet: <http://www.rki.de/GENTEC/UAM/UAM.HTM>

A. Allgemeines

Der Länderausschuss Gentechnik (LAG) hat für die Entwicklung von Untersuchungsmethoden im Rahmen der Überwachung nach § 25 GenTG einen ad hoc Unterausschuss mit der Entwicklung von Methoden für die experimentelle Überwachung von gentechnisch veränderten Organismen beauftragt (LAG Beschluss der 19. Sitzung)

In diesem Gremium sind die Laborleiter der amtlichen Überwachungslaboratorien, Vertreter der Vollzugsbehörden der Länder und das Robert-Koch-Institut mit der Entwicklung und Validierung entsprechender Methoden befasst.

Um einen bundeseinheitlichen Vollzug sicherzustellen, ist es geboten in allen Bundesländern einheitliche validierte Untersuchungsverfahren zu anzuwenden (Beschluss des LAG).

Die Methodenentwicklung umfasst den gesamten Gentechnikbereich mit Ausnahme der Lebens- und Arzneimittel.

Durch die Etablierung dieses UA werden die Methoden in den amtlichen Überwachungslaboratorien arbeitsteilig von den Ländern entwickelt; kostenintensive Parallelentwicklungen entfallen.

Um einen bundeseinheitlichen Vollzug sicherzustellen und mehr Rechtssicherheit zu erreichen, sollen - nach einstimmigem Votum des LAG (18.Sitzung) - die hier entwickelten Methoden von den Ländern bei der experimentellen Überwachung zu Grunde gelegt werden und, sobald eine entsprechende Rechtsgrundlage vorhanden ist, in eine amtliche Methodensammlung überführt werden.

Eine Reihe von Untersuchungsmethoden sind im ad hoc UA Methodenentwicklung erstellt und geprüft worden, wobei auf die Durchführbarkeit in allen Überwachungslaboratorien besonderer Wert gelegt wurde. Weitere noch nicht aufgeführte Methoden sind in der Bearbeitung; die Methodensammlung wird ständig fortgeschrieben und im Internet (<http://www.rki.de/GENTEC/UAM/UAM.HTM>) veröffentlicht.

Im Zusammenhang mit dem in der Freisetzungsrichtlinie festgeschriebenen Monitoring besteht ein dringender Bedarf an validierten Nachweismethoden für gentechnisch veränderte Pflanzen.

Das nachstehende Konzept für die Überwachung von GVO Anteilen in konventionellem Saatgut enthält Methoden, die auch zum Nachweis gentechnisch veränderter Pflanzen (GVP) geeignet sind. Zur Probennahme zu Identifizierung von GVP wird im UA Methodenentwicklung zurzeit eine Standardarbeitsanweisung entwickelt.

B. Konzept für ein einheitliches Vorgehen bei der experimentellen gentechnischen Überwachung von GVO-Anteilen in konventionellem Saatgut

1. Grundsätze

Der ad-hoc-Unterausschuss "Methodenentwicklung" des LAG hält ein einheitliches Vorgehen bei der experimentellen gentechnischen Überwachung von GVO- Anteilen in konventionellem Saatgut für unverzichtbar und beschließt, die methodische Vorgehensweise der Bundesländer untereinander abzustimmen, um möglichst vergleichbare Ergebnisse zu erzielen.

Auf Grundlage der bisher vorliegenden Daten zu weltweit zugelassenen transgenen Kulturpflanzen (siehe Anlage 1) wird folgendes Handlungskonzept empfohlen:

- Vorrangig sollte Saatgut von **Mais und Raps** analysiert werden. (Einige Länder beproben zusätzlich Zuckerrüben- und Soja- Saatgut sowie Kartoffeln.)
- Die Saatgutanalytik sollte stets **im Vorfeld der Aussaat** erfolgen.
- Die Probenahme sollte nach den anerkannten Grundsätzen des Saatgutwesens erfolgen.
- Es erfolgt eine in allen Bundesländern **einheitliche Durchführung qualitativer PCR-Nachweise** von in der EU zugelassenen GVO:
 - Anwendung von Screeningverfahren bei Mais, Soja und Kartoffeln und Nachweis spezifischer Konstrukte bei positivem Screening- Ergebnis
 - Nachweis spezifischer Konstrukte bei Raps und Zuckerrüben (ohne Screening)
- Eine in allen Bundesländern einheitliche Durchführung der quantitativen PCR- Analytik wird angestrebt.

2. Probenahme und Probenvorbereitung

Die Auswahl der Saatgut- Stichproben sollte sich auf folgende Herkünfte konzentrieren:

- aus Übersee: **Mais** und **Sommerraps** (USA, Kanada und Argentinien)
- aus der EU: **Winterraps** und Zuckerrüben aus Frankreich und Italien
- aus dem osteuropäischen Ausland: **Winterraps**, Zuckerrüben und Kartoffeln aus der Türkei, Rumänien und Bulgarien (u.a.)

Die Probennahme erfolgt gemäß Praxis der Saatgutverkehrskontrolle **[1]**. Gegen- und Rückstellproben werden nach den Grundsätzen der amtlichen Probenahme gehandhabt.

Da von Inhomogenität des Materials auszugehen ist und GVO- Verunreinigungen im Saatgut nur in Spuren ($\geq 0,1\%$) erwartet werden, sollten die Einzelprobenmengen *mindestens das 10-fache des Tausendkorn- Gewichts* betragen. Zum Erreichen einer möglichst hohen Signifikanz der Messergebnisse wird empfohlen, pro Einzelprobe

- ca. **3 kg Mais** bzw.
- mindestens **40 g Raps** zu entnehmen [2].

Die Probenbearbeitung erfolgt mit besonderer Aufmerksamkeit auf die gründliche Homogenisierung des Saatgutes.

Die DNA- Gewinnung aus dem Saatgut- Homogenat kann nach verschiedenen, in den Laboratorien etablierten Methoden erfolgen. Die Einhaltung der Guten Laborpraxis, auch hinsichtlich von Duplikat/Triplikat- Untersuchungen, wird vorausgesetzt.

3. Qualitative PCR-Analytik

Die folgenden vorgeschlagenen PCR- Methoden zum Nachweis von GVO sind, sofern nicht anders angegeben, bereits durch amtliche Ringversuche validiert oder werden zurzeit validiert.

Zur Auswertung der Untersuchungen und zur übersichtlichen Darstellung der Ergebnisse der einzelnen Bundesländer wird eine Tabellenform vorgeschlagen (Anlage 2).

3.1. Screeningmethoden

3.1.1 Mais und Soja

Ein Screening nach dem 35S-CaMV-Promotor mit den Primern 35S-1 und 35S-2 [3] erfasst 16 von 20 bisher möglichen Mais- Linien sowie alle 5 Soja-Linien:

35S-1	5'-GCT CCT ACA AAT GCC ATC A -3'
35S-2	5'-GAT AGT GGG ATT GTG CGT CA -3'
Annealing:	54°C Produkt: 195 bp
Restriktionsanalyse:	Xmn I: 115 bp + 80 bp

Zwei der vier verbleibenden Mais- Linien können mit einem zusätzlichen Screening nach dem Nos-Terminator erfasst werden (Primer NOS-1 und NOS-3, [3]).

NOS-1	5'-GAA TCC TGT TGC CGG TCT TG -3'
NOS-3	5'-TTA TCC TAG TTT GCG CGC TA -3'
Annealing:	54°C Produkt: 180 bp
Restriktionsanalyse:	Nsi I: 96 bp + 84 bp

3.1.2 Raps

Ein Screening nach dem 35S- CaMV- Promotor erweist sich bei Raps als ungünstig, da mehr als die Hälfte der transgenen Sorten nicht erfasst werden und das Cauliflower Mosaik Virus (CaMV) Raps befallen kann, wodurch die Wahrscheinlichkeit von falsch- positiven Proben erhöht wird.

Um 13 von 14 möglichen Raps- Linien zu erfassen, müssen je Einzelprobe drei konstruktsspezifische Nachweise und zusätzlich eine Screeningmethode (npt II) durchgeführt werden (siehe 4.).

3.1.3 Zuckerrüben

Ein Screening ist hier vom Aufwand her nicht sinnvoll. Um die 7 möglichen Zuckerrüben- Linien zu erfassen, müssen je Probe zwei konstruktsspezifische Nachweise durchgeführt werden (siehe 4.)

3.1.4 Kartoffel

Die sieben dokumentierten transgenen Kartoffel- Sorten (insg. 17 Transformations- Events) können zuverlässig mit einem Screening nach dem nptII- Gen erfasst werden [4]:

(Diese Methode ist noch nicht validiert.)

NPT a 5´-GTC CCT TCC CGC TTC AGT GAC AAC GTC -3´

NPT b 5´-CAA CAG ACA ATC GGC TGC TCT GAT GCC -3´

Annealing: ohne (1 min. 95°C + 1 Min. 72°C = 40 Zyklen) Produkt: 195 bp

Restriktionsanalyse: Pst I: 103 bp + 92 bp

(Diese Methode ist für Tomate beim BgVV validiert, aber noch nicht veröffentlicht.)

TN5-1 5´-GGA TCT CCT GTC ATC T -3´

TN5-2 5´-GAT CAT CCT GAT CGA C -3´

Annealing: 50°C Produkt: 173 bp

Restriktionsanalyse: Rsa I: 136 bp + 37 bp

3.1.5 Kontrolle der Amplifizierbarkeit der DNA (bei negativem Screening- Ergebnis)

Für die Kontroll-PCR wird die Verwendung der **Primer A1/A2** (konservierte Chloroplasten-Leu-tRNA, [3]) vorgeschlagen, die bei Mais ein Amplifikat von ca. 550 bp und bei Raps ein Amplifikat von 384 bp liefern.

A1 5´CGA AAT CGG TAG ACG CTA CG 3´

A2 5´GGG GAT AGA GGG ACT TGA AC 3´

Annealing: 60°C

Alternativ können für die Kontroll- PCR die **EU- Primer** (hochkonservierte 18S- rRNA) verwendet werden [5], die bei allen Pflanzen [und anderen Eukaryonten (Tiere, Hefen)] ein 136 bp- Amplifikat liefern. Dazu muss jedoch, aufgrund der hohen Kopienzahl, die Probe stark verdünnt werden (Vorschlag: 1 : 25).

(Diese Methode ist noch nicht validiert.)

EU -- 5´-TCT GCC CTA TCA ACT TTC GAT GGT A -3´

EU + 5´-AAT TTG CGC GCC TGC TGC CTT CCT T -3´

Annealing: 60°C

3.2 Spezifische Nachweise

3.2.1 Mais

Bei positiven Screening-Proben besteht die Notwendigkeit der Differenzierung zwischen in der EU zugelassenen und nicht zugelassenen transgenen Maissorten. Spezifische Nachweise werden anhand der aktuellen, bzw. zur Veröffentlichung anstehenden, LMBG- §35 - Methoden (BgVV) durchgeführt (s.u.). Zu berücksichtigen ist, dass der Import von Bt11 zu Anbauzwecken ausdrücklich ausgeschlossen ist. Die weitere Spezifizierung von nicht in der EU zugelassenen Maissorten ist nur dann möglich, wenn zertifiziertes Referenzmaterial zur Verfügung steht.

- **Bt 176 (Novartis, jetzt Syngenta), [3]**

CR03 5´-CTC TCG CCG TTC ATG TCC GT -3´ (CDPK- Promotor)

CR04 5´-GGT CAG GCT CAG GCT GAT GT -3´ (*cryIA* (b)- Gen)

Annealing: 63°C Produkt: 211 bp

Hybridisierungs-Sonde: DIG- ATGGACAACAACCCCAACATC

Restriktionsanalyse: *Taq* I : 168 + 22 + 21 bp

- **Bt 11 (Northrup King), [3]**

IVS2-2 5´-CTG GGA GGC CAA GGT ATC TAA T -3´ (*IVS2* intron)

PAT-B 5´-GCT GCT GTA GCT GGC CTA ATC T -3´ (*pat*- Gen)

Annealing: 64°C Produkt:189 bp

Hybridisierungs-Sonde: DIG- TATCTGTCTCAGGGGCAGACTC

Restriktionsanalyse: *Hinf* I: 73 + 115 bp

- **T14 / T 25 (AgrEvo, jetzt Aventis)**

T25-F7: 5´- ATG GTG GAT GGC ATG ATG TTG -3´

T25-R3: 5´- TGA GCG AAA CCC TAT AAG AAC CC -3´

Annealing: 64°C Produkt: 209 bp

Restriktionsanalyse: Hinf I: 121 und 88 bp

Mwo I: 141 und 68 bp [3]

oder: CaMV-F 5´-ATC CTT CGC AAG ACC CTT CCT C -3´ (35S- Promotor)

pac3-R5´-CCC AAC CTT TGA TGC CTA TGT G -3´ (*pat*- Gen)

Annealing: 60°C Produkt: 370 bp

Restriktionsanalyse: EcoRV: 140 bp + 230 bp

Sal I: 60 bp + 310 bp [6]

Bei Positiv- Proben erfolgt eine Unterscheidung von T14 und T25 mit Hilfe einer Integrationsort- spezifischen PCR:

(Diese Methode ist noch nicht validiert.)

T25int2.f 5´-CGA ATG TTG TTC TTC CAC CAC G -3´

T25int2.r 5´-TCA CCG TCA TCA CCG AAA CG -3´

Annealing: 60°C Produkt: 278 bp

- **MON 810 (Monsanto), [3]**

VW01: 5´- TCG AAG GAC GAA GGA CTC TAA CG -3´

VW03: 5´- TCC ATC TTT GGG ACC ACT GTC G -3´

Annealing: 64°C Produkt: 170 bp

Restriktionsanalyse: Mwo I: 109 und 61 bp

Hae III: 126 und 44 bp

3.2.2 Raps und Zuckerrüben

Der qualitative Nachweis der drei verschiedenen zu berücksichtigenden Firmen-spezifischen Genkonstrukte in transgenem Raps erfolgt mit Hilfe von Methoden aus dem ad-hoc-UA "Methodenentwicklung" des LAG [6]. Bei transgenen Zuckerrüben können mit zwei dieser Nachweismethoden 6 von 7 Sorten ebenfalls erfasst werden:

- **Topas 19/2, Falcon GS40/90, Liberator pHoe6/Ac (Raps, Aventis) und T120-7 (Zuckerrüben, Aventis), [6]**

CaMV-F 5'-ATC CTT CGC AAG ACC CTT CCT C -3' (35S- Promotor)

pac3-R5'-CCC AAC CTT TGA TGC CTA TGT G -3' (*pat*- Gen)

Annealing: 60°C Produkt: 370 bp

Restriktionsanalyse: EcoRV: 140 bp + 230 bp

Sal I: 60 bp + 310 bp

- **GT73 (Raps, Monsanto) sowie H7-1 und #77 (Zuckerrüben, Monsanto bzw. Syngenta)**

(Diese Methode ist noch nicht validiert.)

CP1 5'-GAC TTA CGA GCA GTT GCT GGA CGG CTG C -3'

PFMV2 5'-CCT GAC AGC CCA CTC ACT AAT GCG TAT G -3'

Annealing: 58°C Produkt: 494 bp

Restriktionsanalyse: Bgl II: 131 bp + 363 bp

Alternativ wird folgende Methode vorgeschlagen

(für Real- Time- PCR geeignet):

(Diese Methode ist noch nicht validiert.)

FP: eps336 5'-CCA ATG GGT CGT GTG TTG AA -3'

RP: eps444 5'-TTG GCG TTG GAG TCT TTG GT -3'

Sonde: eps392T: FAM-5'-AGACGGTGATCGTCTTCCAGTTACCTTGC -3'

Annealing: 60°C Produkt: 128bp

- **MS1/RF1+2 bzw. MS8/RF3 (Raps, PGS), [6]**

PGS-bar-A2 5'-GAA GTT GAC CGT GCT TGT CT -3' (SSUAra- Promotor)

PGS-bar-B2 5'-CAA GTC CAC CAG GCA AGT AA -3' (*bar*- Gen)

Annealing: 54°C Produkt: 624 bp bzw. 454 bp

Restriktionsanalyse: Hind III: 357bp bzw. 187 bp + 267 bp

- **Laurical- Raps (Calgene)** lässt sich allein mit dem *nptII*- Nachweis (siehe unter 3.1.4) erfassen.

Außerdem kann mit dem *npt II*- Nachweis eine Unterscheidung des in der EU zugelassenen **Topas 19/2- Raps (Aventis)** von nicht zugelassenen Aventis- Raps- Sorten im Anschluss an die p35S- *pat*- PCR (s.o.) erfolgen.

3.2.3 Soja

Mit folgenden Primern wird die in der EU bisher zugelassene transgene Soja- Linie

GTS 40-3-2 (Monsanto) nachgewiesen [3]:

p35s-f2 5´-TGA TGT GAT ATC TCC ACT GAC G -3´ (CaMV- Promotor)

petu-r21 5´-TGT ATC CCT TGA GCC ATG TTG T -3´ (*Petunia*- CTP1)

Annealing: 62°C Produkt: 172 bp

Hybridisierungs- Sonde: FI- 5´-GGG TCT TGC GAA GGA TAG TG -3´

4. PCR- Quantifizierung und Bestimmung von Nachweisgrenzen

Besonders aus Sicht der Vollzugsbehörden besteht die Notwendigkeit, positive Ergebnisse bei der Saatgut-Überwachung zu quantifizieren. Ein Großteil der gentechnischen Überwachungslaboratorien arbeitet bereits mit entsprechenden Geräten (real-time-PCR) oder plant deren Anschaffung.

Für eine zuverlässige quantitative PCR- Analytik sind folgende Voraussetzungen unbedingt erforderlich:

- verbindliche und detaillierte Informationen über die Kopienzahl der Referenzgene und der gentechnischen Konstrukte sowie die Integrationsorte in den verschiedenen auf dem Markt befindlichen transgenen Sorten
- Informationen zu den verwendeten Sequenzen
- zertifiziertes Referenzmaterial für alle auf dem Markt befindlichen transgenen Sorten und Linien (besonders für Raps)

Der ad-hoc-Unterausschuss "Methodenentwicklung" setzt es sich zum Ziel, die theoretischen Voraussetzungen zu erarbeiten, die zur PCR- Quantifizierung von Verunreinigungen durch transgene Samen in Saatgut erforderlich sind. Er strebt an, die methodischen Grundlagen für die statistisch abgesicherte Bestimmung von Nachweisgrenzen zu erarbeiten, vor allem, was die Mindestmenge des zu untersuchenden Probenmaterials betrifft. Des weiteren sollen Anforderungen an das Referenzmaterial geklärt werden. Diese Vorarbeiten sollen in entsprechende Ringversuche zur quantitativen PCR- Analytik münden. Von allen Beteiligten wird übereinstimmend eingeschätzt, dass für die genannten Aufgaben ein hoher Zeit- und Investitionsaufwand erforderlich ist.

Derzeit werden quantitative PCR- Analysen in den Überwachungslaboratorien mit den bisher zur Verfügung stehenden Methoden, Materialien und Geräten *nach dem derzeitigen Stand der Technik* durchgeführt. Das heißt konkret:

- Mit kommerziell erhältlichen Kits ist bisher nur eine Quantifizierung der in der EU zugelassenen Maissorten Bt176, Bt11, T25 und MON810 möglich, wobei es sich bei den drei erstgenannten um konstruktsspezifische Nachweise handelt, so dass die Linien T25 und T14 nicht unterschieden werden können (siehe auch 4.). Der MON810- Quantifizierungskit ist dagegen eventspezifisch.

Mit diesen Systemen liegen besonders im Bereich der Lebensmittelüberwachung positive Erfahrungen und z.T. Ringversuchsergebnisse (bisher für Bt176) vor.

- Für alle anderen in Frage kommenden Linien und Pflanzenarten (siehe Anlage 1) können bei PCR- Quantifizierungen vorerst nur Aussagen zu *Kopienverhältnissen* zwischen Referenzgen und Konstrukt in der Probe gemacht werden.
- Für die Kalibrierung der quantitativen PCR muss, wenn erforderlich, auf nicht zertifiziertes, aber gut charakterisiertes Pflanzenmaterial (z. B. aus Freisetzung) zurückgegriffen werden.
- Angaben über Nachweisgrenzen sollten immer Fehlerkalkulationen, die z. B. durch die Körnerzahl verursacht werden, mit einschließen.
- **Bei der Angabe und Diskussion von quantitativen PCR- Ergebnissen, Grenzwerten und Nachweisgrenzen muss stets auf die oben genannten klärungsbedürftigen Sachverhalte hingewiesen werden.**

5. Schlussvereinbarung

In begründeten Einzelfällen können Nachweise von GVO in Saatgut mit anderen als den hier angegebenen PCR- Methoden vorgenommen werden, sofern die Gleichwertigkeit nachgewiesen werden kann.

Der ad-hoc-Unterausschuss "Methodenentwicklung" schlägt dem Länderausschuss Gentechnik (LAG) vor, die vorliegende *Vereinbarung über die experimentelle gentechnische Überwachung von GVO- Anteilen in konventionellem Saatgut* den Ländern als Handlungskonzept zu empfehlen.

Im Laufe der nächsten sechs Monate wird dieses Handlungskonzept von den beteiligten Überwachungslaboratorien umgesetzt werden. Danach erfolgt eine gemeinsame Evaluierung der Vorgehensweise anhand der Ergebnisberichte der Länder.

6. Quellenangaben

- [1] Probenehmer- Richtlinie der Arbeitsgemeinschaft der Anerkennungsstellen für landwirtschaftliches Saat- und Pflanzgut (1999; Neufassung erscheint 2001); Hrsg.: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
- [2] Hübner, P., Waiblinger, H.-U., Pietsch, K. and P. Brodmann (2001) Journal AOAC, in press
- [3] Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG; Verfahren zur Probenahme und Untersuchung von Lebensmitteln, Tabakerzeugnissen, kosmetischen Mitteln und Bedarfsgegenständen / BgVV. Loseblattsammlung (Beuth Verlag GmbH, Berlin, Köln)
- [4] Vollenhofer et al.; In: BgVV- Hefte 05/1999: 55 - 59
- [5] Allmann et al. (1993), Z. Lebensm. Unters. u. Forsch. 196: 248 - 251

- [6] Methodensammlung des ad-hoc- Unterausschusses "Methodenentwicklung" des Länderausschuss Gentechnik (LAG) auf dem Server des Robert- Koch- Institut (RKI); www.rki.de/GENTEC/UAM/UAM/HTM.

Der LAG hat im Sinne eines einheitlichen Vollzuges des Gentechnikrechts das Konzept zustimmend zur Kenntnis genommen und empfiehlt den Bundesländern im Sinne dieses Konzeptes zu verfahren (LAG Beschluss der 21. Sitzung).

2.2.8 Monitoring nach dem Inverkehrbringen

Auszug aus TAB-Arbeitsbericht Nr. 68 (2000) „Risikoabschätzung und Nachzulassungs-Monitoring transgener Pflanzen – Sachstandsbericht“, S. 123-150

A. Sauter, R. Meyer, Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag; buero@tab.fzk.de

Die Erkenntnis, dass die bislang verfolgte Sicherheitsstrategie im Umgang mit transgenen Pflanzen (Kap. II.1), also die Risikoabschätzung von Fall zu Fall und die stufenweise Entlassung in die Umwelt, nicht garantieren kann, dass keine langfristigen, möglicherweise indirekten und unerwarteten negativen Auswirkungen auf Menschen und Umwelt auftreten, setzt sich in jüngster Zeit zunehmend durch. Deshalb wird nun in der Novellierung der Freisetzungsrichtlinie 90/220/EWG vorgesehen, dass im Zuge einer umfassenden Markteinführung und dem damit verbundenen großflächigen Anbau von GVO solche Auswirkungen gezielt untersucht und längerfristig beobachtet werden sollten. Das folgende Kapitel gibt einen Überblick über den Stand der Diskussion insbesondere in Deutschland zu einem solchen Monitoring nach Inverkehrbringen; es basiert zum Großteil auf dem Gutachten von Elisabeth Schulte "Vergleich vorliegender Konzepte und Vorschläge zum Monitoring nach Inverkehrbringen transgener Pflanzen" (Schulte 2000)¹. **Zu beachten ist, dass sich die Diskussion während der Erstellung des vorliegenden Berichts in heftigem Fluss befand, so dass die Diskutanten mittlerweile in einigen Punkten zu geänderten Auffassungen gelangt sein können. Die formulierten Handlungsmöglichkeiten (Kap. IV.5) sollten davon allerdings weitgehend unberührt bleiben.**

1. Hintergrund und Ziele

Die Diskussion um die Notwendigkeit und Einrichtung einer längerfristigen Beobachtung gentechnisch veränderter Pflanzen in Begleitung des freien landwirtschaftlichen Anbaus wurde schon früh vom Umweltbundesamt (UBA 1996) eingeleitet und im Laufe der Jahre in Arbeitstagungen mit Wissenschaftlern und Vertretern der Länderüberwachungsbehörden fortgesetzt. Im Frühjahr 1999 wurde eine gemeinsame Bund/Länder-Arbeitsgruppe (BLAG) zum "Monitoring der Umweltwirkungen von GVP" gegründet. Grundlage bildeten die Beschlüsse der 50. Umweltministerkonferenz 1998, die feststellte, dass eine Umweltbeobachtung zur Abschätzung von etwaigen Langzeiteffekten gentechnisch veränderter Pflanzen notwendig sei. Mit dem Beschluss wurden die diesbezüglichen Empfehlungen des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU 1998) unterstützt, der in seinem Jahresgutachten von 1998 die Einrichtung einer "ökologischen Dauerbeobachtung" von gentechnisch veränderten Pflanzen nach Inverkehrbringen empfahl. Im Frühjahr 1999 wurde außerdem die Arbeitsgruppe "Anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter

¹ Quellenangaben aus dem Gutachten wurden entsprechend wiedergegeben, die Literaturstellen ins Literaturverzeichnis übernommen.

Pflanzen im Agrarökosystem" unter Federführung der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) gegründet (Schulte 2000, S. 4).

Eine aktuelle Notwendigkeit für die Entwicklung eines Monitoring, das den landwirtschaftlichen Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen begleitet, stellt die gegenwärtig erfolgende **Novellierung der Freisetzungsrichtlinie 90/220/EWG** dar (Kap. III.4). Die novellierte Richtlinie wird aller Voraussicht nach ein Monitoring vorschreiben. Schließlich sieht die Koalitionsvereinbarung zwischen SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN im Bereich Biotechnologie ebenfalls die Entwicklung und Einführung eines Monitoring vor (Schulte 2000, S. 4).

Monitoring soll also **Bestandteil der gesetzlichen Regelungen** im Umgang mit gentechnisch veränderten Pflanzen werden. Gemäß dem Gemeinsamen Standpunkt zur Novellierung der Freisetzungsrichtlinie 90/220/EWG soll, nachdem die Zustimmung zum Inverkehrbringen erteilt wurde, eine "Überwachung" des gentechnisch veränderten Organismus (GVO) stattfinden. Diese Überwachung soll dazu dienen (Rat der Europäischen Union 1999, Anhang VII)

- "zu bestätigen, dass eine Annahme über das Auftreten und die Wirkung einer etwaigen schädlichen Auswirkung eines GVO oder dessen Verwendung in der Umweltverträglichkeitsprüfung zutrifft und
- das Auftreten schädlicher Auswirkungen des GVO oder dessen Verwendung auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt zu ermitteln, die in der Umweltverträglichkeitsprüfung nicht vorhergesehen wurden."

Mit dem Monitoring sollen somit folgende **Ziele** erreicht werden (Schulte 2000, S. 5):

- Zum einen soll es dem **Erkenntnisgewinn** dienen, um Prognosen und Wirkungshypothesen zu etwaigen nachteiligen Effekten zu klären. Insbesondere sollen Annahmen über etwaige direkte und indirekte sowie sofortige und späte Folgen, die im Rahmen der Risikobewertung vor Inverkehrbringen getroffen wurden, überprüft werden.
- Zum anderen soll es die Funktion eines **Frühwarnsystems** erfüllen. Es wird erhofft, etwaige nachteilige gentechnikspezifische Effekte, die infolge des zeitlich und räumlich unbegrenzten Anbaus beim Inverkehrbringen entstehen können, rechtzeitig zu erkennen. Es handelt sich dabei insbesondere um Effekte, die unvorhergesehen ("unerwartet") eintreten und die in der Risikobewertung auf der Basis der räumlich und zeitlich begrenzten Freisetzungsversuche nicht offensichtlich werden konnten.

In der Vergangenheit wurde oftmals unterstellt, dass mit dem Inverkehrbringen die Sicherheitsforschung und schrittweise Risikoabschätzung abgeschlossen sei. Ein Monitoring soll nun dabei helfen, Ungewissheiten über langfristige Auswirkungen, die trotz experimenteller Sicherheitsforschung (im Labor bzw. Gewächshaus) und freisetzungsbegleitender Sicherheitsforschung noch vorhanden sind (Abb. 1), abzubauen. Monitoring ist somit ein **neues Element der Sicherheitsbewertung transgener Pflanzen** und stellt eine Änderung und Erweiterung der schrittweisen Sicherheitsbewertung im Umgang mit gentechnisch veränderten Organismen dar.

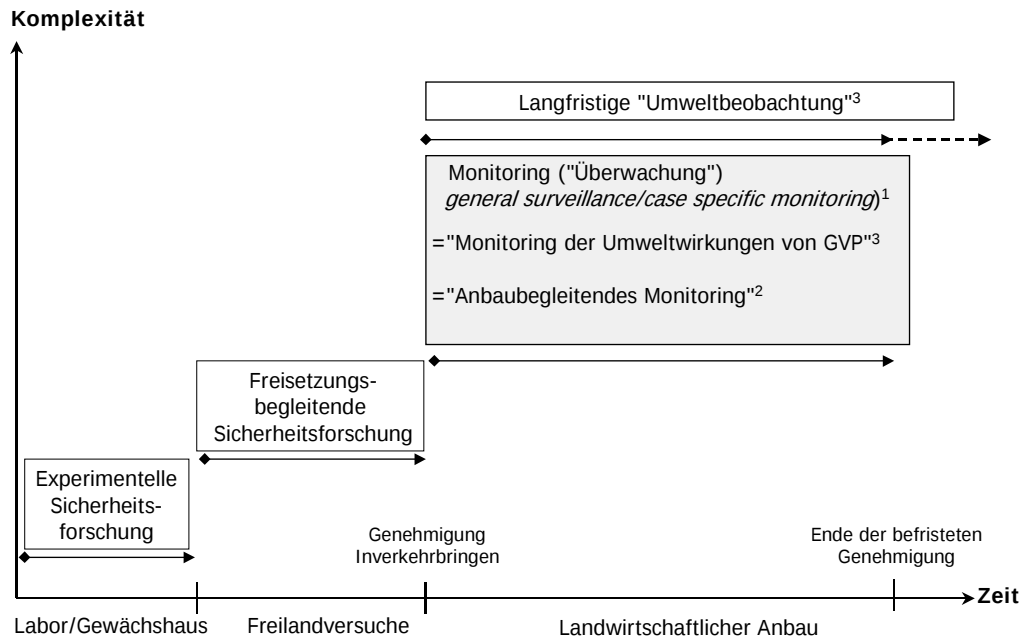
2. Begriffe und Definitionen

Für ein Monitoring nach Inverkehrbringen werden zum gegenwärtigen Stand der Diskussion unterschiedliche Begriffe und Definitionen verwendet, die im Folgenden vorgestellt werden (Abb. 1).

Im gemeinsamen Standpunkt zur Novellierung der Freisetzungsrichtlinie 90/220/EWG sind sowohl eine "allgemeine überwachenden Beobachtung" ("**general surveillance**") als auch eine "fallspezifische Überwachung" ("**case specific monitoring**") vorgesehen (Schulte 2000, S. 5). In Deutschland haben sich die nicht deckungsgleichen Begriffe anbaubegleitendes Monitoring und allgemeine Umweltbeobachtung transgener Pflanzen herausgebildet (vgl. Anhang 6).

Von verschiedenen Arbeitsgruppen und Autoren wird vorgeschlagen, den Begriff **anbaubegleitendes Monitoring** als Überbegriff bzw. als Synonym für "Monitoring nach Inverkehrbringen" bzw. "Überwachung" bzw. "Nachgenehmigungs-Monitoring" einzuführen (u.a.: BBA 1999; BDP-DIB-IVA 1999; Bendiek/Buhk 2000; Schiemann 2000; Schulte 1998). Damit soll verdeutlicht werden, dass es sich hier in Analogie zur freisetzungsbegleitenden Sicherheitsforschung um den landwirtschaftlichen Anbau begleitende Untersuchungen handelt. Das anbaubegleitende Monitoring soll sowohl allgemeine als auch fallspezifische Wirkungen von gentechnisch veränderten Pflanzen auf die Umwelt überprüfen (Schiemann 2000). In der **BBA-Arbeitsgruppe** werden landwirtschaftliche Fragen im Agrarökosystem (z.B. hinsichtlich des Schaderregerbefalls, der Resistenzentwicklung, der Unkrautpopulationen sowie des Pflanzenschutzmitteleinsatzes) bearbeitet. Das anbaubegleitende Monitoring wird hier auf die **landwirtschaftliche Nutzfläche** (einschließlich der Flächen für Weinbau, Gartenbau u.a.) sowie die **angrenzenden Randstrukturen** bezogen (Schulte 2000, S. 6).

Abb. 1: Verhältnis von Sicherheitsforschung, Monitoring und langfristiger Umweltbeobachtung (Schulte 2000, S. 29)



1) nach Vorschlag zur Novellierung RL 90/220/EWG; 2) nach u.a. Schiemann 2000, RKI 2000, BDP-DIB-IVA 1999; 3) nach BLAG 1999

Das UBA bzw. die Bund/Länder-Arbeitsgruppe (BLAG) verwenden den Begriff des anbaubegleitenden Monitoring dagegen in einer eingeschränkten Weise. Gemäß ihres Vorschlags soll das anbaubegleitende Monitoring lediglich das **landwirtschaftliche Modul** innerhalb des von ihnen zu entwickelnden "Monitoring der Umweltwirkungen von GVP" darstellen (Schulte 2000, S. 7).

Klärungsbedarf besteht insbesondere bei der Definition und inhaltlichen Ausgestaltung des Begriffs "**general surveillance**". Nach UBA/BLAG wird der Begriff "general surveillance" gegenüber dem Vorschlag der BBA-Arbeitsgruppe (Beobachtung unerwarteter Ereignisse im Agrarökosystem und angrenzenden Naturräumen) sowohl räumlich und zeitlich als auch inhaltlich weiter gefasst. Das von der BLAG erarbeitete Konzept für eine **Umweltbeobachtung von gentechnisch veränderten Pflanzen** soll einerseits die rechtlichen Anforderungen der "general surveillance" gemäß Novellierung der Richtlinie 90/220/EWG ausfüllen und andererseits langfristig ein Bestandteil der "Umweltbeobachtung" des Bundes und der Länder werden (BLAG 1999 u. 2000; Nöh 2000). Mit der allgemeinen Umweltbeobachtung sollen die Wirkungen auf die Umwelt, d.h. auf Umweltmedien (z.B. Boden) oder auf die Biodiversität, beobachtet werden. Es soll sich nicht um eine zeitlich begrenzte, sondern um eine langfristige bzw. sogar zeitlich unbegrenzte Beobachtung handeln.

Vom Begriff des Monitoring ist schließlich der Begriff **Sicherheitsforschung** abzugrenzen (Abb. 1). Unter Sicherheitsforschung werden zeitlich und räumlich begrenzte Untersuchungen mit klaren wissenschaftlichen Fragestellungen (Ursache-Wirkungs-Hypothese) mit Fall-zu-Fall-Betrachtung verstanden. Insbesondere sind hier zu nennen:

- die **experimentelle Sicherheitsforschung** auf der Ebene von Labor- und Gewächshaus und
- die **freisetzungsbegleitende Sicherheitsforschung** auf Ebene von Freilandversuchen (auch Begleitforschung zu Freisetzungen genannt).

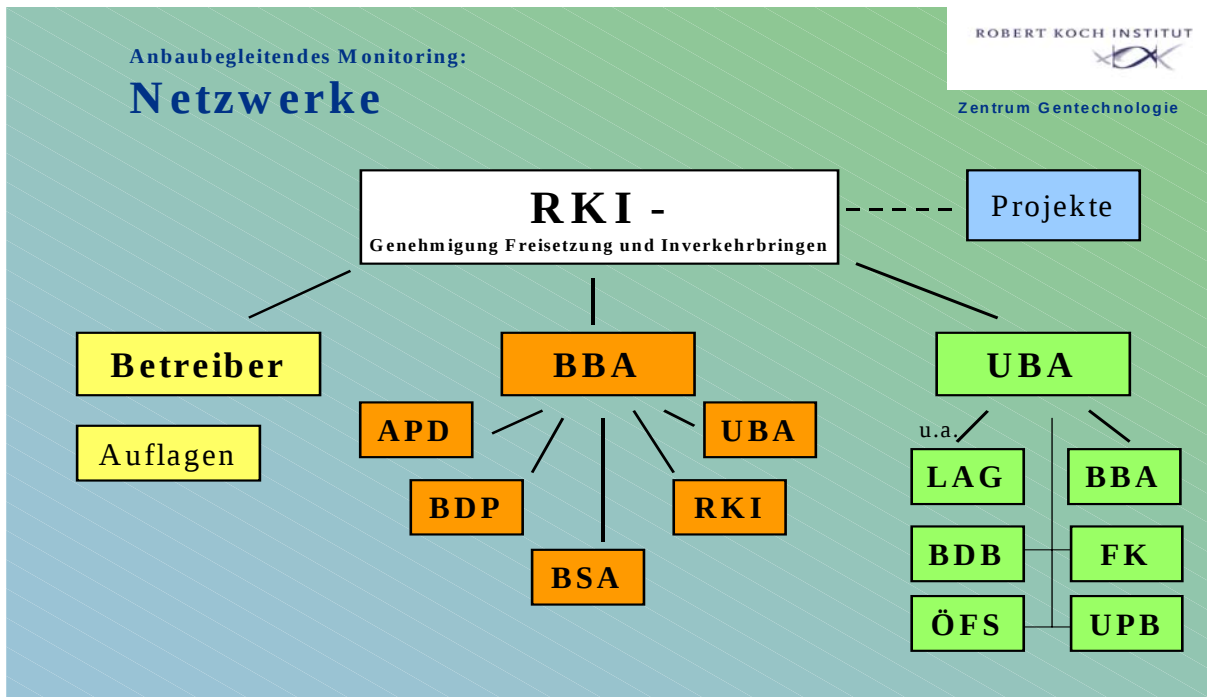
3. Konzepte und Vorschläge

In diesem Kapitel wird der Stand der Konzeptionsentwicklung und Forschung zu einem Monitoring nach Inverkehrbringen vorgestellt. Dabei wird auf die Arbeiten und Positionen von obersten Bundesbehörden, wissenschaftlichen Einrichtungen und Interessenverbänden eingegangen. Die Zusammenfassung des Diskussionsstandes und die Benennung offener Fragen erfolgt im Kapitel IV.4.

Robert-Koch-Institut

Das RKI befindet als Genehmigungsbehörde über Anträge auf Freisetzung und Inverkehrbringen von gentechnisch veränderten Pflanzen. Das RKI benötigt in seiner Funktion als Genehmigungsbehörde für die Prüfung der Anträge Zugang zu den genehmigungsrelevanten Informationen. Nach Ansicht des RKI würde es sich deshalb als zentrale Anlaufstelle im Rahmen des Monitoring anbieten (Bendiek/Buhk 2000). Derzeit wird diskutiert, die Datenerhebungen auf ein Netzwerk verschiedener Institutionen, beispielsweise die der Pflanzenzüchtung, des Sortenwesens, des amtlichen Pflanzenschutzdienstes, des landwirtschaftlichen Beratungswesens und der Umweltbeobachtung auf Bund-Länderebene zu verteilen. Die Fülle des anfallenden Datenmaterials soll in (vor-)ausgewerteter Form anschließend einer zentralen Dokumentationsstelle, ggf. dem RKI, übermittelt werden (Abb. 2) (Schulte 2000, S. 9).

Abb. 2: Vorschlag des RKI zur möglichen Verknüpfung bestehender oder aufzubauen-der Netzwerke für ein koordiniertes anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen



RKI: Robert Koch-Institut; BBA: Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft; APD: Amtlicher Pflanzenschutzdienst; BDP: Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter; BSA: Bundessortenamt; LAG: Länderausschuss Gentechnik; BDB: Bodendauerbeobachtung; FK: Florenkartierung; ÖFS: Ökologische Flächenstichprobe; UPB: Umweltprobenbank

Quelle: Schulte 2000, S. 9, verändert nach Bendiek/Buhk 2000

Daten, die der zentralen Dokumentationsstelle übermittelt werden und die auf Auffälligkeiten hinweisen, könnten dann gemeinsam von den Einvernehmungsbehörden (RKI, BBA, UBA) im Hinblick auf ihre Relevanz für die Schutzgüter des GenTG bewertet werden. Anschließend wäre ggf. über die erteilte Genehmigung erneut zu entscheiden (Schulte 2000, S. 10).

Bund/Länder-Arbeitsgruppe "Monitoring der Umweltwirkungen von GVP" unter Federführung des UBA

Unter Federführung des Umweltbundesamtes (UBA) wurde im Frühjahr 1999 die Bund/Länder-Arbeitsgruppe (BLAG) "Monitoring der Umweltwirkungen von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP)" gegründet (Nöh 2000). Ziel der Arbeitsgruppe ist die Entwicklung eines Konzeptes zur Umsetzung der Anforderungen der novellierten Richtlinie 90/220/EWG sowie zur Ausgestaltung und Durchführung einer langfristigen Umweltbeobachtung zur Abschätzung von Langzeiteffekten gentechnisch veränderter Pflanzen. Mitglieder der BLAG sind die Bundesländer, Vertreter des Bundesministeriums für Umwelt (BMU) sowie der Bundesoberbehörden Bundesamt für Naturschutz (BfN), Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) und RKI sowie ein Vertreter der Länder-Arbeitsgemeinschaft Naturschutz (LANA) (Schulte 2000, S. 11).

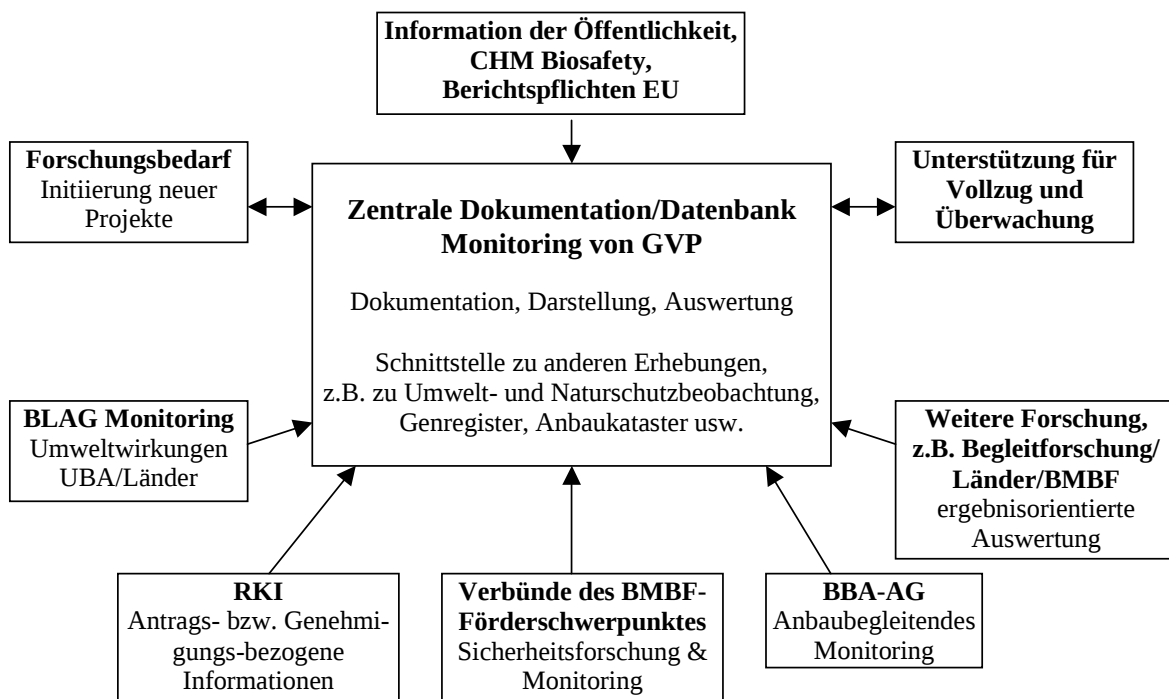
Erste Vorstellungen zur Umsetzung des Konzeptes sind in den "Eckpunkten zum Monitoring von GVP" niedergelegt (BLAG 1999). Wichtige Arbeitsunterlagen stellen die vom UBA geleisteten Vorarbeiten dar. Auf einige Punkte in diesen Unterlagen wird im Folgenden genauer eingegangen (Schulte 2000, S. 11):

- **Zielsetzungen und Vorgehen:** Das Monitoring-Konzept der BLAG sieht in Ergänzung zu einem befristeten Nachgenehmigungs-Monitoring eine langfristige Beobachtung von GVP vor. Die rechtlichen Anforderungen der "general surveillance" sollen dabei erfüllt werden. Das "Monitoring von Umweltwirkungen von GVP" soll als Beobachtungsinstrument verstanden werden, das u.a. den Zustand des Naturhaushaltes und seine Veränderungen, die Ursachen der Veränderungen sowie die Wirksamkeit staatlicher Umweltschutzmaßnahmen auf den Zustand des Naturhaushaltes erfassen und bewerten soll. Wert wird auf die Beobachtung von etwaigen Wirkungen auf die Biodiversität gelegt. Die Umweltbeobachtung soll auf mehreren Ebenen, der ökosystemaren, der Art- und der molekulargenetischen Ebene durchgeführt werden. Das vorgesehene Monitoring ist langfristig angelegt. Es sollen möglichst bestehende Instrumente der Umweltbeobachtung genutzt werden (Schulte 2000, S. 11 f.).
- **Anknüpfungspunkte zu bestehenden und geplanten Umweltbeobachtungsprogrammen:** Die BLAG sieht für ihr Monitoring-Konzept z.B. folgende Anknüpfungspunkte:
 - Nutzung der Anbauflächen von GVP (z.B. von Freisetzungen, der Begleitforschung, der Sortenprüfung, Anbauflächen nach § 3 Abs. 2 Saatgutverkehrsgesetz - beschränkter Anbau - und von inverkehrgebrachten GVO, Flächen von BMBF-Forschungsprojekten),
 - Vernetzung u.a. mit Beobachtungsprogrammen wie Florenkartierungen, Ackerrandstreifen- und Grünlandprogrammen, der geplanten ökologischen Flächenstichprobe (ÖFS), Bodendauerbeobachtungsflächen der Länder und
 - Einbeziehung von Gentechniküberwachungslaboren der Länder, Umweltprobenbank (UPB), Datenbank FLOKART des Bundesamtes für Naturschutz (BfN).

Alle vorgestellten Umweltbeobachtungsprogramme sowie Datenbanken eignen sich nicht direkt für die vollständige Integration des "Monitoring der Umweltwirkungen von GVP", könnten jedoch um Teilaspekte ergänzt werden (Nöh 2000). Das heißt, es muss ein eigenes Beobachtungssystem aufgebaut werden, das z.T. an Anbauflächen von GVP, an geeignete Referenzflächen sowie an bestehende Umweltbeobachtungsprogramme angebunden werden soll. Um Flächen der inverkehrgebrachten GVP für ein Monitoring nutzen zu können, diskutiert die BLAG die Notwendigkeit eines Genregisters (Dokumentation der Inserts der inverkehrgebrachten GVP) und ggf. eines Anbaukatasters (über die Anzeige der Anbaustandorte nach § 3 Abs. 2 Saatgutverkehrsgesetz hinaus), das entweder auf Basis einer gesetzlichen Regelung oder in Vereinbarung mit den betroffenen Genehmigungsinhabern aufzubauen wäre (Schulte 2000, S. 12 f.).

- **Erhebungsbereiche und Prioritäten:** Für die im Rahmen eines Monitoring zu beobachtenden Wirkungen und Parameter liegt eine umfangreiche Materialiensammlung vor (u.a. Neemann et al. 1999). Auf dieser Grundlage hat das UBA in einem ersten Schritt eine Prioritätensetzung durchgeführt und Erhebungsbereiche ausgewählt. Kriterien für die Einstufung sind der Stand der Marktzulassung und das Potenzial der jeweiligen Kulturarten für etwaige ökologische Wirkungen (BLAG 1999; UBA 1999). Derzeit wird ein Grundlagenpapier erarbeitet, das auf der Basis der Prioritätenliste für ausgewählte Kulturarten und Eigenschaften die zu beobachtenden Parameter für verschiedene Ursache-Wirkungs-Hypothesen spezifiziert (Schulte 2000, S. 13).

Abb. 3: Vorschlag des UBA zur möglichen Verknüpfung bestehender und aufzubauen-der Netzwerke für ein Monitoring transgener Pflanzen



Quelle: UBA 2000

- **Erste Schritte zu einer Umsetzung:**

Anhand von Modellprojekten soll das Konzept evaluiert werden. Vorschläge zu möglichen Standorten und Kulturarten liegen von einzelnen Bundesländern vor. Eine Finanzierung findet über den Umweltforschungsplan (UFOPLAN 2000 und 2001) des BMU und über die Länder statt. Weitere Schritte der BLAG sind u.a., mögliche Schnittstellen zu bestehenden Beobachtungsprogrammen weiter zu konkretisieren und Abstimmungen vorzunehmen, Beobachtungsparameter, Erfassungsmethoden, Datenverwaltung- und -koordination zu konkretisieren sowie ein Bewertungskonzept für die Ergebnisse zu entwickeln. Bezüglich der Datenverwaltung wird vorgeschlagen, die in den Bundesländern erhobenen Daten dort nach einer einheitlichen Methodik aufzubereiten und zusammen mit den Daten aus der Begleitforschung und dem an-

baubegleitenden Monitoring einschließlich der fallspezifischen Erhebungen der Antragsteller zusammenzuführen und bei der zentralen Auswertung einzubinden (Schulte 2000, S. 15). Das UBA sieht sich aufgrund seiner Kompetenz und Vorarbeiten im Bereich Monitoring und Bewertung von Umweltwirkungen von GVO und Umweltbeobachtung sowie aufgrund seiner Zuständigkeit als geeignete Behörde für eine solche zentrale federführende Funktion (Abb. 3).

Arbeitsgruppe "Anbaubegleitendes Monitoring" unter Federführung der BBA

Unter Federführung der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) wurde 1999 die Arbeitsgruppe "Anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen im Agrarökosystem" gegründet (BBA 1999). Mitglieder sind Vertreter des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML), verschiedener BBA-Institute, mehrerer Pflanzenschutzämter, des Robert-Koch-Institutes, des Umweltbundesamtes, des Bundessortenamtes, der Sortenüberwachung und -beratung der Länder, des Bundesverbandes Deutscher Pflanzenzüchter, des Institutes für Zuckerrübenforschung, der universitären Forschung sowie der Europäischen Akademie für Umwelt und Wirtschaft. Zu folgenden Schwerpunkten wurden bisher Arbeitspapiere erarbeitet (Schulte 2000, S. 15 f.):

- Anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Kulturpflanzen - Erfassung von Auswirkungen auf das Agrarökosystem
- Überwachungs- und Kontrollaufgaben des amtlichen Pflanzenschutzdienstes, die um das anbaubegleitende Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen erweitert werden könnten
- Monitoring-Aufgaben im Bereich der Sortenzulassung, Sortenprüfung und Sortenberatung

Als wesentliche Anforderung an das zu entwickelnde Monitoring wird die Bestimmung von solchen Parametern und Erfassungsmethoden gesehen, die mit vertretbarem Aufwand zu relevanten Ergebnissen führen. Standorte, Design und Parameter entsprechender Langzeit-Versuche sollen definiert werden. Die erhobenen Befunde sollen stets im Vergleich zu den Nicht-GVP der gleichen Art betrachtet und bewertet werden. Nicht alle Parameter sind für alle GVP mit der gleichen Priorität relevant. Unter anderem zu folgenden Aspekten wurden Vorschläge erarbeitet (Schulte 2000, S. 16):

- **Zu beobachtende direkte und indirekte Wirkungen:** Bei der Erfassung von Auswirkungen auf das Agrarökosystem werden die landwirtschaftliche Nutzfläche sowie angrenzende und beeinflusste Randstrukturen berücksichtigt. Diese sollten insbesondere wegen des potenziellen Gentransfers durch Auskreuzung und Auswilderung sowie als Lebensraum für Nützlinge und Pflanzenschädlinge miterfasst werden. Für die GVP-Eigenschaften Herbizidtoleranz, Insektenresistenz (B.t.-Toxin), Bakterienresistenz, Virusresistenz, Fettsäuremuster, Amylosegehalt und männliche Sterilität werden Vorschläge für zu beobachtende **direkte Wirkungen** auf Elemente des Agrarökosystems entwickelt (Schiemann 2000).

Mit dem Anbau von GVP können als **indirekte Wirkungen** auch Veränderungen des Anbauverfahrens einhergehen. Von den zurzeit in der Praxis nutzbaren GVP-Merkmalen sind in diesem Zusammenhang folgende indirekte Wirkungen zu erwarten: Durchwuchs (insbesondere Raps), Herbizidtoleranz, veränderte Inhaltsstoffe, verstärkter pflugloser Anbau (bei Einsatz von Herbizidtoleranz und komplementärem Breitbandherbizid), Änderung von Dünge- und Pflanzenschutzverfahren. Die erwähnten Veränderungen, insbesondere im Zusammenhang mit Durchwuchs, scheinen aber primär eine Frage der Anbauplanung zu sein. Es soll im Einzelfall entschieden werden, welche Änderungen im Anbauverfahren Gegenstand des anbaubegleitenden Monitoring sein sollen. Weitere indirekte Wirkungen bestehen in möglichen Veränderungen der Artenzusammensetzung der Ackerflora- und -fauna. Diese könnten im Wesentlichen aus einem Gentransfer auf die Wildflora, aus einem veränderten Herbizideinsatz durch Anbau herbizidtoleranter Kulturpflanzen oder aus Veränderungen der Anbausysteme resultieren (Schiemann 2000).

- **Parameter für die Erfassung möglicher Langzeitwirkungen:** Um Wirkungen von gentechnisch veränderten Pflanzen erfassen zu können, sind Beobachtungsparameter festzulegen. Hier gibt die AG eine vorläufige Prioritätenliste an. Wichtig erscheint der AG die Beobachtung des Schaderregerauftretens bei gentechnisch veränderten Pflanzen. Eine verändertes Schaderregerauftreten kann unter anderem in einer (unerwünschten) physiologisch-biochemischen Veränderung der GVP begründet sein. Des Weiteren wird die Erfassung der Zusammensetzung der Unkrautflora als wichtiger Monitoring-Parameter aufgeführt. In Bezug auf die Beobachtung nützlicher bzw. nicht schädlicher Organismen des Agrarökosystems möchte die AG Beobachtungsschwerpunkte gesetzt sehen. Eine Totalanalyse aller Organismengruppen sei weder realisierbar noch gerechtfertigt. Hier sollten in der freisetzungsbegleitenden Forschung modellhafte Untersuchungen durchgeführt werden.
- **Vernetzung mit vorhandenen Beobachtungsprogrammen, speziell zu Hoheitsaufgaben des amtlichen Pflanzenschutzdienstes und zu Überwachungs- und Kontrollaufgaben im Bereich Saatgut und Sorten:** Der amtliche Pflanzenschutzdienst nimmt umfangreiche Überwachungs- und Kontrollaufgaben wahr, die um Beobachtungsparameter des anbaubegleitenden Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen erweitert werden könnten (Schiemann 2000). Um seine Aufgaben sachgerecht erfüllen zu können, werden von den Pflanzenschutzdienststellen flächendeckend bei den vorhandenen land- und forstwirtschaftlichen sowie gärtnerischen Kulturen u.a. folgende Parameter beobachtet:
 - das Auftreten wirtschaftlich wichtiger Schadorganismen
 - das Auftreten abiotisch bedingter Schädigungen an Kulturpflanzen
 - Schäden an Pflanzen und Tieren durch Pflanzenschutzmittel
 - unzureichende Wirkungen von Pflanzenschutzmitteln
 - Witterungsverlauf und dessen Auswirkungen auf die Kulturpflanzen

Die vorliegende, sehr umfangreiche Datendokumentation, die zusätzlich aus dem Versuchswesen gespeist wird, würde sich für die Status-Quo-Ermittlung vor Einführung von GVP sehr gut eignen. Weitere Verknüpfungen bestehen zu den Überwachungsaufgaben nach Saatgutrecht. Insgesamt liegt damit bereits ein bundesweites Netzwerk vor, um die möglicherweise notwendigen Überwachungs- und Kontrollaufgaben im Bereich Pflanzenschutz im Rahmen eines anbaubegleitenden Monitoring von GVP vollziehen zu können. Die Überwachungs- und Kontrollaufgaben im Bereich Saatgut und Sortenwesen könnten ebenfalls um das anbaubegleitende Monitoring von GVP erweitert werden. Beispielsweise sind für die Saatguterkennung Feld- und Qualitätskontrollen nötig. Diese könnten um weitere Kriterien ergänzt werden.

- **Nutzung von Netzwerken bei der Zuckerrübe:** Der Anbau der Zuckerrüben ist in Deutschland im Gegensatz zu anderen Kulturarten durch betriebsbezogene Lieferverträge (Quoten) mit Zuckerfabriken geregelt. Die Verträge werden von Anbauverbänden und der Zuckerindustrie gemeinsam gestaltet und regeln auch Anbaumaßnahmen wie z.B. die Sortenwahl. Die durch das Quoten-Management bestehende enge Verbindung zwischen Zuckerfabriken und Landwirten ermöglicht eine umfassende bundesweite Dokumentation anbautechnischer Maßnahmen des Zuckerrübenanbaus. Die Integration eines anbaubegleitenden Monitoring von gentechnisch veränderten Zuckerrübensorten erscheint durch die Abfrage spezifischer Parameter (z.B. Auftreten von Unkrautrüben) organisatorisch gut lösbar. Zudem erfolgt im Institut für Zuckerrübenforschung (IFZ) die zentrale Dokumentation der Erhebung der Zuckerfabriken zum Zuckerrübenanbau sowie alle Daten des Sortenprüfwesens. Neben zahlreichen Parametern (Ertrag und physiologische Parameter), die routinemäßig analysiert werden, erscheint die Integration biochemisch/biologischer Parameter zum Monitoring gentechnisch veränderter Zuckerrüben (z. B. Expression von Proteinen) organisatorisch lösbar (Schiemann 2000).

BMBF-Förderschwerpunkt "Sicherheitsforschung und Monitoring"

Seit 1993 fördert das BMBF die biologische Sicherheitsforschung. Ein wichtiges Ziel der Sicherheitsforschung soll - aus Sicht des BMBF - sein, mittels verlässlicher Daten und Forschungsergebnisse Entscheidungsgrundlagen für Politik und Genehmigungsbehörden zu liefern. Bei der Auswahl der Fragestellungen sollen die in der öffentlichen Debatte um die Grüne Gentechnik vorgebrachten und wissenschaftlich begründeten Einwände und Befürchtungen berücksichtigt werden (Schulte 2000, S. 19).

Im April 2000 wurde ein **neuer Förderschwerpunkt im Rahmen des Programms "Biotechnologie 2000"** ausgeschrieben. Ziel ist u.a. die Förderung der freisetzungsbegleitenden Sicherheitsforschung und der Methodenentwicklung zum anbaubegleitenden Monitoring (BMBF 2000). Die Analyse des Forschungsbedarfs und die Erarbeitung von Vorschlägen zu den Ausschreibungsschwerpunkten des neuen Förderschwerpunktes erfolgte durch fünf vom BMBF eingesetzte Arbeitsgruppen. Für die Kulturarten Raps, Zuckerrübe, Kartoffel, Mais und Getreide sowie Gehölze wurden Vorschläge zur freisetzungsbegleitenden Sicherheitsforschung und zum anbaubegleitenden Monitoring erarbeitet (Matzk

2000). Für den Bereich **Methodenentwicklung für ein anbaubegleitendes Monitoring** wird Forschungsbedarf zu folgenden Punkten festgestellt (Schulte 2000, S. 20):

- **Monitoring-Netzwerk:** Erarbeitung von Vorschlägen für optimale Strukturen und Modelle zum Aufbau eines Monitoring-Netzwerkes unter Einbeziehung bestehender Beobachtungssysteme,
- **Datendokumentation:** Bewertung des Bedarfs und der Möglichkeiten für die Entwicklung einer zentralen (deutschen oder europäischen) Datendokumentation, die Versuchs- und Untersuchungsergebnisse mit gentechnisch veränderten Pflanzen kontinuierlich erfasst und zusammenführt.

Forschungsprojekt "Monitoring Zuckerrübe" der RWTH Aachen

An der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Lehrstuhl für Biologie V, werden unter anderem wissenschaftliche Fragestellungen zur Sicherheit und zum Monitoring gentechnisch veränderter Organismen, insbesondere der Kulturart Zuckerrübe, bearbeitet. Langjährige Untersuchungen wurden zum Auskreuzungs- und Ausbreitungsverhalten von Wild- und Unkrautrübenpopulation u.a. in Deutschland, Italien und den Niederlanden durchgeführt.

Im Rahmen eines geplanten mehrjährigen Forschungsprojektes unter Leitung der Arbeitsgruppe von Bartsch (2000) soll ein Konzept zu einem Langzeit-Monitoring für Kulturrüben entwickelt werden. Unter Einbezug von Länderüberwachungsbehörden und weiteren Arbeitsgruppen sollen praktische Handlungsanweisungen erarbeitet werden. Das Konzept sieht die Erarbeitung von Methodik und Erfassungsparametern auf den Ebenen Landschaft und Populationen, Organismus und Gen vor. Ziele des Monitoring sind u.a. die Erfassung der natürlichen Dynamik von Wild- und Unkrautpopulationen, phänotypische Verwandtschaftsanalysen und die Beobachtung der Ausbreitung von Transgenen in Wildrübenpopulationen. Insbesondere sollen mögliche Folgen einer Auskreuzung von transgenen Eigenschaften wie Herbizidtoleranz oder Resistenz gegenüber dem Erreger der viralen Wurzelbärtigkeit nachgegangen werden (Schulte 2000, S. 21).

Monitoring "B.t.-Resistenz"

Mit dem Inverkehrbringen von gentechnisch veränderten insektenresistenten Maissorten in der EU wurde im Herbst 1997 eine Expertenkommission beauftragt, ein **Monitoring-Protokoll zur Beobachtung der Resistenzentwicklung von Zielorganismen gegenüber B.t.-Mais** zu entwickeln (Kap. II.1.3.2). Ziel war und ist es, auf der Basis der Monitoring-Erkenntnisse ein gezieltes Resistenzmanagement zu erarbeiten. Der Protokoll-Entwurf liegt seit April 1998 den einzelnen Mitgliedstaaten und der Industrie zur Prüfung vor (Document XI/157/98). Eine Stellungnahme des europäischen Scientific Committee on Plants (SCP) ging im März 1999 ein. Demnach ist der Protokoll-Entwurf in wesentlichen Punkten zu ergänzen, insbesondere in Bezug auf konkrete Vorgaben für das Resistenzmanagement. Eine Einigung über das genaue Prozedere und die rechtliche Implementierung ist bisher nicht erfolgt (Schulte 2000, S. 21).

In einem **Gemeinschaftsprojekt** wird derzeit in Deutschland die **Basisempfindlichkeit von Maiszünsler-Populationen gegenüber B.t.-Proteinen** ermittelt. Entsprechend der räumlichen Verteilung der Befallsgebiete werden hierzu Daten von mehreren Instituten erhoben (Bartsch 2000; Bartsch/Schuphan 2000; Langenbruch et al. 2000):

- Rheingraben (Köln-Bonn): RWTH-Aachen (Projektleiter: Dr. D. Bartsch und Prof. Dr. I. Schuphan),
- Ostdeutschland: Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Kleinmachnow (Projektleiter: Dr. B. Hommel),
- Südlicher Rheingraben: Institut für Biologische Schädlingsbekämpfung, Darmstadt (Projektleiter: Dr. G.-A. Langenbruch).

Des Weiteren sind an verschiedenen Einrichtungen Beobachtungen zur Resistenzentwicklung im Praxisanbau vorgesehen.

Diskussionsbeitrag des Öko-Instituts

Zum Thema Monitoring hat das Öko-Institut einen Diskussionsbeitrag veröffentlicht, in dem ein Katalog an Forderungen zur Gestaltung vorgestellt wird (Öko-Institut 1999). Darin wird festgehalten, dass die Aufgabe des Monitoring sein sollte, nur langfristig festzustellende Wirkungen zu erfassen, um dann rechtzeitig schon bei Anzeichen möglicher ökologischer Schäden eingreifen zu können. Dass Auswirkungen eines Anbaus gentechnisch veränderter Pflanzen im Vorfeld der Vermarktung (Inverkehrbringen) nicht vollständig abgeschätzt werden können, wird zum Teil für unvermeidlich gehalten. Es wird jedoch die Gefahr gesehen, dass ein Monitoring nach Inverkehrbringen zu einer Schwächung des Vorsorgeprinzips führen kann, wenn die nötige Abschätzung zu etwaigen Risiken im Vorfeld zu Gunsten der Beobachtung in der Praxis vernachlässigt wird. Untersuchungen im Rahmen der Sicherheitsforschung vor der Genehmigung beispielsweise auf der Basis experimenteller und Modellierungs-Ansätze sollten danach weiter forciert werden. Folgende Punkte werden bei der Etablierung eines Nachgenehmigungs-Monitoring als dringlich angesehen (Schulte 2000, S. 22 f.):

- Die Risikovorsorge sollte Vorrang vor einem Nachgenehmigungs-Monitoring haben, d.h. etwaige Risiken sollten im Vorfeld der Genehmigung so gut wie möglich abgeschätzt werden.
- Die Entwicklung eines Nachgenehmigungs-Monitoring sollte frühzeitig vor der Vermarktung erfolgen.
- Gesucht werden sollte nicht nur nach erwarteten, sondern auch nach unerwarteten und indirekten Effekten, die nicht aufgrund von Ursache-Wirkungs-Hypothesen vermutet werden.
- Es sollten Abbruchkriterien (Entzug der Genehmigung) entwickelt werden.
- Schließlich werden eine lückenlose Dokumentation, Überwachung und Kontrolle, d.h. die Erfassung aller Flächen und Orte, an denen transgene Organismen eingesetzt

werden (Gen- und Anbaukataster), einschließlich zentraler Datenerfassung und -auswertung gefordert.

Gemeinsames Positionspapier von Pflanzenzuchtunternehmen und Industrie

In einem **gemeinsamen Positionspapier des Bundesverbandes Deutscher Pflanzenzüchter (BDP), der Deutschen Industrievereinigung Biotechnologie (DIB) und des Industrieverbandes Agrar (IVA)** haben die mittelständischen Pflanzenzuchtunternehmen und die Saatgutsparte der Agro-Industrie ihren Beitrag zum Aufbau eines anbaubegleitenden Monitoring vorgestellt (BDP-DIB-IVA 1999). Die Überlegungen beruhen vor allem auf der Nutzung der bereits bestehenden Infrastruktur. Besonderer Wert wird auf die **Praktikabilität** und die **Nutzung von Anknüpfungspunkten zu bestehenden Beobachtungsprogrammen** gelegt (Schulte 2000, S. 23).

Tab. 5: Amtliche Überwachung von Züchtung und Saatgutvermehrung

<i>von Züchtung bis Anbau</i>	<i>Amtliche Überwachung</i>
Züchtung: Züchtersaatgut, Vorstufen- und Basissaatgut	Sortenüberwachung durch das Bundessortenamt
Vermehrung von Basissaatgut zu zertifiziertem Saatgut	Amtliche Anerkennung
Verkauf von zertifiziertem Saatgut	Überwachung des Saatgutverkehrs
Anbau von zertifiziertem Saatgut	-

Quelle: Schulte 2000, S. 24

Vorgeschlagen wird, die im Zuge der Saatgutvermehrung und -überwachung gegebenen gesetzlichen und praktischen Möglichkeiten auszunutzen. Saatgut-Vermehrungsflächen werden bereits einer genauen - auch amtlichen - Untersuchung unterzogen und bieten die Möglichkeit einer mehrjährigen systematischen Beobachtung (Tab. 5).

Insbesondere könnte angeknüpft werden an **Beobachtungen während der Saatgutproduktion** in der Generationenfolge der Saatgutvermehrung und im Rahmen der offiziellen Saatgutenerkennung sowie **während des üblichen Nachkontrollanbaus** im Rahmen der Sortenüberwachung. Auf diese Weise könnten die private und die öffentlich-rechtliche Infrastruktur zur Saatgutenerkennung (insbesondere diejenige der privaten Anbaubera- tung der Zuchtunternehmen, der Saatgutenerkennungsbehörden, des Bundessortenamtes [Nachkontrollanbau] sowie fallweise die der Pflanzenschutzämter) genutzt und vorhandene Erfahrungen, das Datenmaterial sowie die Flächen in einem Monitoring-Programm zur Verfügung gestellt werden (Schulte 2000, S. 24).

Es wird davon ausgegangen, dass das zukünftige Monitoring zahlreiche Fragestellungen wird berücksichtigen müssen, vor allem zu indirekten und unerwarteten Auswirkungen eines Anbaus von gentechnisch veränderten Pflanzen. Die bestehende Infrastruktur auf- seiten der Saatgutproduktion und -anerkennung könnte in Bezug auf die Feststellung et-

waiger unerwarteter Veränderungen beim Anbau - insbesondere im Erscheinungsbild der GVP - einen wichtigen Beitrag leisten. Als Grundlage sollen die im Rahmen der konventionellen Züchtungs- und Vermehrungsprogramme erhobenen Beobachtungen genutzt werden. Die Ergebnisse der Untersuchungen sollen an die zuständigen Behörden weitergeleitet werden, wo ggf. Anregungen für weitere Untersuchungen im Sinne von spezifischen wissenschaftlichen Fragestellungen (case specific monitoring) gegeben werden. Die Ergebnisse sollen anschließend öffentlich zugänglich gemacht werden (Schulte 2000, S. 24 f.).

Das Positionspapier von BDP, DIP und IVA aus dem Jahr 1999 stellt den "Status quo" bestehender Beobachtungsstrukturen vonseiten der Pflanzenzuchtunternehmen und der Industrie dar und soll als Basis für die Entwicklung des Monitoring-Konzeptes dienen. Weitere konkretere Vorschläge werden derzeit erarbeitet (Schulte 2000, S. 26).

4. Stand der Diskussion und offene Fragen

Im Folgenden wird der derzeitige Stand der Diskussion um das Monitoring nach Inverkehrbringen zusammengefasst, wie er sich aus den vorliegenden Eckpunkte- und Positionspapieren (Kap. IV.3) ergibt. Dabei werden die zahlreichen zu berücksichtigenden Aspekte untergliedert in die Bereiche

- übergeordnete rechtliche/politische Anforderungen,
- fachliche/inhaltliche Anforderungen und
- technische/organisatorische Anforderungen

und der jeweilige Stand ihrer Bearbeitung dargestellt (Tab. 6). Diese Zusammenstellung kann nicht den Anspruch auf Vollständigkeit erheben, sie soll aber die wichtigsten Aspekte bei der Etablierung eines Monitoring abbilden. Der Prozess der Konzeptionsentwicklung wird in drei Phasen unterteilt (Schulte 2000, S. 27):

- die Thematisierung des Problembereiches ist erfolgt bzw. eine Status-quo-Analyse ist durchgeführt worden (Phase I),
- der Aspekt wird in den Arbeitsgruppen konkretisiert (Phase II) sowie
- eine weitgehende Übereinstimmung zwischen den Arbeitsgruppen ist erzielt (Phase III).

Begriffsdefinitionen und Konkretisierung der Zielsetzungen

Derzeit werden von den beteiligten Arbeitsgruppen und Institutionen die Begriffe zum Thema Monitoring und seinen Teilbereichen noch unterschiedlich verwendet (Kap. IV.2). Beim Monitoring nach Inverkehrbringen sind drei Dimensionen bzw. Unterscheidungen von besonderer Relevanz:

- Beobachtungen auf der Basis von (wenn auch z.T. ungeklärten bzw. unsicheren) Ursache-Wirkungs-Hypothesen versus von unerwarteten bzw. seltenen Ereignissen,

- Erhebungen im Agrarökosystem (und angrenzenden Randstrukturen) versus Erhebungen in der allgemeinen Umwelt,
- zeitlich begrenztes versus langfristiges bzw. zeitlich unbegrenztes Monitoring.

Von verschiedenen Arbeitsgruppen und Autoren wird vorgeschlagen, für das Monitoring nach Inverkehrbringen den Begriff **anbaubegleitendes Monitoring** einzuführen. Damit soll verdeutlicht werden, dass es sich bei dem geplanten Monitoring in Analogie zur freisetzungsbegleitenden Sicherheitsforschung um "den landwirtschaftlichen Anbau begleitende" Untersuchungen handelt (Kap. IV.2, Abb. 1).

Tab. 6: Stand der Konzeptionsentwicklung für ein Monitoring nach Inverkehrbringen

<i>ausgewählte Aspekte zur Etablierung eines Monitoring nach Inverkehrbringen</i>		<i>Phase I</i>	<i>Phase II</i>	<i>Phase III</i>
rechtliche/ politische Aspekte	Zielsetzung/Begriffe/Definitionen		X	
	Auslegung des Begriffes "general surveillance"		X	
	Abgrenzung zur Sicherheitsforschung vor Genehmigung	(X)		
fachliche/ inhaltliche Aspekte	Festlegung der zu beobachtenden Wirkungen - Prioritätenliste für Kulturpflanzen und Konstrukte		X	
	Festlegung/Standardisierung der Beobachtungsparameter und Erfassungsmethoden		X	
	Festlegung der Kontrollen und Referenzstandorte		X	
	Aus- und Bewertung des Datenmaterials	X		
technische/ organisatori- sche Aspekte	Informations- und Entscheidungsverlauf/Vernetzung/Datenverwaltung/Zuständigkeiten/Öffentlichkeitsarbeit	X		

Basis: Auswertung der derzeit veröffentlichten Vorschläge der Arbeitsgruppen unter Federführung jeweils der BBA, des UBA (BLAG), des RKI und von BDP-DIB-IVA

Phase I: Thematisierung bzw. Status-Quo-Analyse

Phase II: Konkretisierung in den Arbeitsgruppen

Phase III: weitgehende Übereinstimmung zwischen den Arbeitsgruppen

Quelle: Schulte 2000, S. 27

Das Umweltbundesamt und die Bund/Länderarbeitsgruppe (BLAG) verwenden den Begriff des anbaubegleitenden Monitoring dagegen in einer eingeschränkten Weise, indem sie darunter nur die Beobachtung der landwirtschaftlichen Aspekte verstehen (Schulte 2000, S. 28). **Auf der einen Seite wird also anbaubegleitendes Monitoring als ein Oberbegriff verwendet, auf der anderen Seite als Begriff für einen Teilaspekt des Monitoring.**

Nach Vorstellung der BBA-Arbeitsgruppe soll das **allgemeine Monitoring** ("general surveillance") das Erkennen seltener und unerwarteter Ereignisse ermöglichen. Die Fragestellungen sollen dementsprechend weitgehend offen und unabhängig von einer Risikobewertung gestellt werden. Direkte Ursache-Wirkungs-Hypothesen müssen nicht vorliegen. Nach Auffassung des UBA ist dies auszudehnen. Es sollen nicht nur "unvorhergesehene" Effekte berücksichtigt werden, sondern auch anhand von Ursache-Wirkungs-Hypothesen solche Effekte, die bei der Bewertung zur Genehmigungserteilung zum Inver-

kehrbringen z.B. mit geringer Eintrittswahrscheinlichkeit oder ungeklärtem Schadensverdacht eingestuft wurden (Schulte 2000, S. 29). **Beim allgemeinen Monitoring ist also zunächst strittig, ob es nur auf unerwartete schädliche Auswirkungen oder auch auf ungeklärte Wirkungszusammenhänge ausgerichtet werden soll.**

Die BBA-Arbeitsgruppe will des Weiteren die Beobachtungen auf Auffälligkeiten auszurichten, die den Geno- bzw. Phänotyp der GVP oder das GVP-Anbauverfahren betreffen, wie beispielsweise veränderte Dünge- und Pflanzenschutzverfahren, veränderte Bodenbearbeitung, Durchwuchs in der Fruchtfolge aufgrund veränderter Konkurrenzfähigkeit und veränderte Unkrautpopulationen. Die an die landwirtschaftliche Nutzfläche angrenzenden Randstrukturen sollen dabei wegen des potenziellen Gentransfers durch Auskreuzung und eventuell Auswilderungen sowie als Lebensraum für Nützlinge und Pflanzenschädlinge miterfasst werden. Das UBA will "general surveillance" darüber hinaus als Modul für die allgemeine Umweltbeobachtung verstanden wissen, mit dem über die landwirtschaftlichen Randflächen hinaus weitere Naturräume erfasst werden (Schulte 2000, S. 28 f.). **Hier gehen also die Vorstellungen auseinander, ob die allgemeine überwachende Beobachtung auf die Agrarökosysteme konzentriert oder als allgemeine Umweltbeobachtung auch auf andere Ökosysteme ausgerichtet werden soll.**

Schließlich ist zu klären, ob das Monitoring **zeitlich** auf die zukünftig voraussichtlich befristete Genehmigung zum Inverkehrbringen beschränkt oder auch darüber hinaus fortgeführt werden soll, z.B. als langfristige Umweltbeobachtung.

Von der Klärung der Begriffsdefinitionen und Zielsetzungen wird die weitere Konkretisierung und Vorgehensweise beim Monitoring nach Inverkehrbringen entscheidend geprägt werden. Die Verständigung in diesen Grundsatzfragen ist auch eine politische Entscheidung.

Abgrenzung des Monitoring nach Inverkehrbringen zur Sicherheitsforschung und zur Risikobewertung vor Inverkehrbringen

Eine Prüfung und Bewertung etwaiger nachteiliger Auswirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen finden im Rahmen der Risikobewertung vor Freisetzung und Inverkehrbringen statt. Eine Genehmigung wird dann ausgesprochen, wenn die Prüfung der vorliegenden Daten ergibt, dass Mensch und Umwelt nach dem Stand des Wissens mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht geschädigt bzw. nachteilige Auswirkungen als vertretbar erachtet werden. **Eine ausreichende Datengrundlage muss daher vor der Genehmigung zum Inverkehrbringen zur Verfügung stehen** (Schulte 2000, S. 30).

Während direkte Wirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen, beispielsweise die Toxizität der neuen Genprodukte, relativ gut überprüfbar sind, bereitet die Beurteilung ökologischer Zusammenhänge aufgrund ihrer Komplexität größere Schwierigkeiten (Kap. II). Auf Basis der zeitlich und räumlich begrenzten Freisetzungsversuche können nur bedingt Aussagen zu möglichen langfristigen Auswirkungen eines großflächigen landwirtschaftlichen Anbaus getroffen werden. Ein wichtiges Argument für die Beobachtung gentechnisch veränderter Pflanzen auch nach der Genehmigung zum Inverkehrbringen ist daher - auf lange Sicht - die Verbesserung der Prognosesicherheit und das möglichst frühzeitige

Erkennen verzögert auftretender und indirekter Effekte. Monitoring soll damit ein **weitere Element der Schadensvorsorge** darstellen, um Wissenslücken über Umweltwirkungen von GVP bei großflächigem und langfristigem Anbau zu schließen (Schulte 2000, S. 30). **BLAG (1999) und Öko-Institut (1999) warnen allerdings davor, das Schließen von Erkenntnislücken in der Wirkungsforschung**, insbesondere bei etwaigen direkten Wirkungen, **auf das Monitoring nach dem Inverkehrbringen zu verschieben**. Vielmehr wird eine **Verstärkung der Sicherheitsforschung** im Labor und während der Freisetzungen gefordert, um die Fragestellungen für das Monitoring frühzeitig einengen zu können (Schulte 2000, S. 30 f.).

Sehr wahrscheinlich wird sich ein Konfliktfeld um die Frage entwickeln, welche Wissenslücken und Bewertungsunsicherheiten im Rahmen der Sicherheitsforschung und Risikobewertung vor dem Inverkehrbringen zu klären sind und welche Fragestellungen zukünftig auf das Monitoring nach Inverkehrbringen verschoben werden dürfen. Eine möglichst klare und eindeutige Abgrenzung zwischen diesen beiden Bereichen ist daher wünschenswert, wenn sie auch äußerst schwierig herbeizuführen sein wird.

Aus- und Bewertung von Monitoring-Ergebnissen

Relativ ausführlich werden in den Vorschlägen der Arbeitsgruppen mögliche Erhebungsgebiete und zu prüfende Wirkungen vorgestellt. Vorschläge zu konkreten Beobachtungsparametern, der Datenerhebung, den Erfassungsmethoden, Versuchsdesign, Kontrollen und Referenzstandorten einschließlich der Datenbewertung stehen noch aus. Insbesondere wird zu klären sein, wie weit der **Parameter-Katalog** ausgedehnt werden soll, wenn es um das Erkennen unerwarteter Effekte im Rahmen der "general surveillance" geht. Vorgeschlagen wird, u.a. solche Parameter zu nutzen, die bereits routinemäßig im Rahmen der Beobachtungen zu phäno- und genotypischen Abweichungen bei der Sortenerkennung oder im Rahmen der Kontrollaufgaben des amtlichen Pflanzenschutzdienstes erhoben werden (Schulte 2000, S. 31 f.). Ergänzend zu den agronomischen Parametern sollen solche Parameter hinzugezogen werden, die bereits in bestehenden Beobachtungsprogrammen erhoben werden und die gezielt auf ökologische und ökosystemare Wirkungen fokussiert sind (Umweltbeobachtung).

Im Verlauf des Monitoring werden große **Datenmengen** anfallen, die es im Vergleich zur Kontrolle auf Auffälligkeiten hin auszuwerten gilt, um sie anschließend im Sinne der Risikobewertung nach dem Gentechnikgesetz (GenTG) zu beurteilen. Diskutiert wird, auf der Stufe der Datenerhebung den Fachpersonen in den jeweiligen erhebenden Institutionen die erste Auswertung nach eigenen, aber transparenten und nachvollziehbaren Kriterien zu überlassen, um die Daten anschließend zur abschließenden Bewertung einer zentralen Stelle weiterzuleiten (Schulte 2000, S. 32).

Auswertung und Bewertungen wären damit auf **zwei verschiedenen Stufen** durchzuführen. Auf der **1. Stufe** würden die Felddaten durch den Vergleich mit der Kontrolle auf **Auffälligkeiten** geprüft. Zur Feststellung **phäno- und genotypischer Abweichungen** gentechnisch veränderter Sorten bietet sich der Vergleich mit der nicht-transgenen Ausgangssorte an, wobei aufgrund des ständigen Sortenwechsels in der Praxis mit Schwierigkeiten zu rechnen ist.

rigkeiten in Bezug auf die langfristige Verfügbarkeit von entsprechendem Saatgut zu rechnen ist. Zur Überprüfung insbesondere **indirekter Wirkungen ist das GVP-Anbauverfahren** zu vergleichen mit konventionellen Anbauverfahren ohne GVP. Dies ist jedoch nicht einfach, da Bewirtschaftungspraktiken dem technischen Fortschritt unterliegen und je nach Standort variieren. In den Arbeitsgruppen wurde diskutiert, die Regeln der "guten landwirtschaftlichen Praxis" als Standard zu wählen (Schulte 2000, S. 33). Das Ergebnis dieser Diskussionen ist derzeit noch offen.

Nicht einfach gestaltet sich des Weiteren die Überprüfung und vor allem Bewertung von **Wirkungen auf benachbarte Naturräume**. Auch die naturnahen Ökosysteme sind nicht statisch, sie unterliegen einer fortwährenden Veränderung. Wenn Monitoring mögliche nachteilige Auswirkungen des Anbaus gentechnisch veränderter Nutzpflanzen für benachbarte Naturräume erkennen lassen soll, so ist auch hier der Bezug zu einem Referenzzustand nötig, der die Situation ohne die Wirkung gentechnisch veränderter Organismen dokumentiert - wiederum im Vergleich mit den Wirkungen nicht-transgener Sorten. Im Rahmen von Modellprojekten, die in enger Bund/Länder-Kooperation entwickelt wurden, werden derzeit methodische Untersuchungsansätze entwickelt, die in den Gesamtprozess einfließen sollen. Der SRU (1998) stellt in seinem Umweltgutachten fest, dass als Richtschnur grundsätzlich die Maßstäbe des Naturschutzrechtes herangezogen werden sollten (Schulte 2000, S. 33). In Zukunft könnten hier eventuell auch Aspekte der Konvention über die Biologische Vielfalt eine Rolle spielen.

Auf der **2. Stufe** sollen die beobachteten Auffälligkeiten in Bezug auf die Schutzgüter des GenTG einer **Bewertung** unterzogen werden, um über den weiteren Anbau bzw. die Genehmigung zum Inverkehrbringen zu entscheiden. Die Diskussion um die konkrete Auslegung des Begriffes Frühwarnsystem und der zu treffenden Maßnahmen befindet sich derzeit in der Anfangsphase. Ammann und Vogel (1999) fordern die Erarbeitung von **Abbruchkriterien**. Sie sprechen sich für einen frühzeitigen Entzug der Genehmigung (Abbruch des Inverkehrbringens) bereits bei Verdachtsmomenten aus. Sie befürworten außerdem, neben der naturwissenschaftlichen Expertise den in der Gesellschaft diskutierten Bedenken eine stärkere Bedeutung beizumessen.

Nach Einschätzung des UBA (1999) wird es insbesondere bei der Beurteilung indirekter Effekte schwierig werden, innerhalb des von der novellierten Richtlinie 90/220/EWG vorgesehenen Monitoring-Zeitraums zu einer abschließenden Beurteilung zu gelangen. Monitoring sollte daher dazu dienen, bei ersten Hinweisen (Verdachtsmomenten) den Anstoß für weitere gezielte Maßnahmen (Forschung, Anbauauflagen oder ggf. Abbruch) zu geben.

Es ist zu erwarten, dass nicht unerhebliche Meinungsverschiedenheiten - wie sie bereits aus den Diskussionen zu den jetzigen Genehmigungsverfahren zum Inverkehrbringen bekannt sind (Kap. II.2) - auch **bei der Bewertung der Daten aus dem Monitoring auftreten werden**. Die Entwicklung eines von den verschiedenen Gruppen getragenen Bewertungskonzeptes stellt damit eine Aufgabe von nicht zu unterschätzender Bedeutung und Schwierigkeit dar (Schulte 2000, S. 33 f.).

Vernetzung, Zuständigkeiten und Finanzierung

Bei dem geplanten Monitoring soll möglichst eine **Vernetzung** mit bestehenden Beobachtungsprogrammen und vorhandenen Erhebungen erfolgen. Hier bietet sich an, bestehende und bewährte Strukturen, wie z.B. auf den Gebieten der Pflanzenzüchtung sowie der Sortenprüfung- und -anerkennung, des amtlichen Pflanzenschutzdienstes, des landwirtschaftlichen Beratungswesens sowie der Umweltbeobachtung, zu einem Netzwerk zu verknüpfen. Vorliegende Erfahrungen könnten so genutzt und Kosten gespart werden. Bisher wurde in den Arbeitsgruppen der jeweilige "Status quo" bestehender Beobachtungsstrukturen aufseiten der Landwirtschaft und der Umweltbeobachtung ermittelt. Verknüpfungsmöglichkeiten sowie der interne Informationsverlauf einschließlich der Datenverwaltung und die Zuständigkeiten sind noch zu klären (Schulte 2000, S. 34).

In den jeweiligen Arbeitsgruppen werden Vorschläge gemacht, welche Infrastrukturen genutzt werden könnten. Sowohl seitens der Landwirtschaft wie der Umweltbeobachtung bieten sich zahlreiche Einrichtungen und Programme für den Aufbau eines Netzwerkes an. Erhobene Beobachtungsparameter eignen sich z.T. bereits für das Monitoring. So existiert beispielsweise für alle Kulturarten einschließlich der Gehölze auf Ebene der **Sortenprüfungen, Saatgutenerkennung und -vermehrung** ein sehr gutes überregionales Beobachtungsnetzwerk, das genetische Abweichungen ("off-types") berücksichtigt. Für die Kulturart Zuckerrübe gibt es darüber hinaus ein flächendeckendes Netz an amtlicher und privater Beratung durch die Zuckerindustrie. Das Netzwerk des **amtlichen Pflanzenschutzdienstes** bietet ebenfalls eine flächendeckende Infrastruktur und Dokumentation. Flächen, auf denen diese Daten erhoben werden, sind gut beschrieben, häufig existieren Schlagkarteien, die Auskunft über die in den vergangenen Jahren vorgenommenen Arbeiten auf dem Schlag (Feld) geben. Weitere anzusprechende Gruppierungen sind die landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalten, die Landwirtschaftskammern und das landwirtschaftliche Beratungswesen wie beispielsweise die Futtermittelberatung. Hier wurden erste Kontakte aufgenommen (Schulte 2000, S. 35).

Seitens der ökologischen Umweltbeobachtung könnten Programme wie **Floren- und Faunenkartierungen**, die **ökologische Flächenstichprobe** (ÖFS), **Bodendauerbeobachtungsflächen** (BDF) oder die **Umweltprobenbank** (UPB) genutzt werden. Darüber hinaus sollen in das Monitoring Fragestellungen integriert werden, die bislang noch nicht von geeigneten Beobachtungsprogrammen abgedeckt sind. In diesem Zusammenhang sollten ermittelt werden:

- Verbleib und Ausbreitung der GVP und
- der transgenen Eigenschaften sowie
- die Wirkungen von GVP in der Umwelt, aber auch als Nahrungs- und Futtermittel in den verschiedenen Ebenen der Nahrungskette bis hin zum Menschen oder die Beobachtung von Klär- und Kompostieranlagen.

Langfristig gesehen bietet sich hier eine Verknüpfung mit den Bausteinen der gesundheitsbezogenen Umweltbeobachtung an (Schulte 2000, S. 35).

Weiterhin wird vorgeschlagen, dass das vorausgewertete Datenmaterial an eine **zentrale Koordinationsstelle** weitergeleitet und dort bewertet wird. Sowohl das RKI als auch das UBA sehen sich als geeignete zentrale Anlaufstelle. Als Kompromiss wäre auch eine gemeinsame Geschäftsstelle der beteiligten Behörden (BBA, RKI, UBA, Länder) denkbar, die zusätzlich externen Sachverstand (z.B. SRU und Wissenschaftler) einbindet. Weiterhin sind noch die genaue Verteilung der Aufgaben und Kompetenzen zwischen den beteiligten Ressorts und Behörden sowie die notwendige Datenstruktur und -übermittlung zu klären.

Schließlich ist die **Finanzierung** des Monitoring zu klären. Vor allem ein Teil der fallspezifischen Überwachung ("case specific monitoring") wird voraussichtlich als Auflage an eine befristete Genehmigung gekoppelt sein. Die Kosten - so wird diskutiert - soll der Antragsteller übernehmen. Überwachungsaufgaben, die im Rahmen der allgemeinen Beobachtung ("general surveillance") durchzuführen sind, werden voraussichtlich vom Staat zu übernehmen sein. Hier wird noch genau zu klären sein, welche Monitoring-Aufgaben von den unterschiedlichen Ministerien zu finanzieren sind und wie die Kostenverteilung zwischen Bund und Ländern zu gestalten ist. Einen Konsens gibt es noch nicht. Der SRU stellt in seinem Umweltgutachten 1998 fest, dass eine generelle Pflicht des Betreibers und Herstellers zur Begleitforschung und zum Monitoring unverhältnismäßig wäre und Wettbewerbsverzerrungen schüfe (Schulte 2000, S. 35).

Information und Beteiligung der Öffentlichkeit

Die Diskussion um das Monitoring beschränkt sich bisher im wesentlichen auf die entsprechende Fachöffentlichkeit. Es wird allerdings als wichtig erachtet, dass die zukünftigen Ergebnisse des Monitoring der Öffentlichkeit allgemein zur Verfügung stehen. Es wird erwarten, dass aus der Öffentlichkeit Anfragen eingehen werden, die es zu beantworten gilt. Die Informationen sollen daher nachvollziehbar und plausibel aufbereitet und über adäquate Medien zugänglich gemacht werden (Schulte 2000, S. 36).

Im Rahmen des vom Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) ausgeschriebenen Programms "Biotechnologie 2000" wurde unter den Förderrichtlinien "Sicherheitsforschung und Monitoring" auch ein Modul Kommunikation ausgeschrieben (BMBF 2000). Dessen Ziel ist es, Ergebnisse der biologischen Sicherheitsforschung für die Öffentlichkeit transparent aufzuarbeiten und zugänglich zu machen. Weiterhin hat das RKI im Sommer 2000 ein Internet-Forum zum Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen eingerichtet, womit ein öffentlicher Dialog zum Monitoring in Gang gesetzt und der Zugang zu wissenschaftlich fundierten Informationen ermöglicht werden soll (Pressemitteilung des RKI vom 14.08.2000).

Ausgehend von diesen Ansätzen sind folgende Aspekte der Öffentlichkeitsbeteiligung weiter zu verfolgen:

- Information und Diskussion über die Konzeption des Monitoring,
- Aufbereitung und Bereitstellung der Ergebnisse aus der Sicherheitsforschung und dem Monitoring sowie

- Information und Diskussion über die Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen von Sicherheitsforschung und Monitoring.

5. Handlungsmöglichkeiten

Aus dem Stand der Konzeptionsentwicklung, der entsprechenden Forschungsarbeiten und den offenen Fragen ergeben sich kurz- und längerfristiger Handlungsbedarf bzw. Handlungsmöglichkeiten. **Relativ bald** sollten folgende **politische Festlegungen** getroffen werden:

- **Definition von Begriffen und Konkretisierung von Zielsetzungen:** Zwischen den Arbeitsgruppen und beteiligten Institutionen besteht derzeit noch kein Konsens über die Definition und die Zielsetzungen eines Monitoring nach Inverkehrbringen. Die unterschiedlich verwendeten Begriffe zum Thema Monitoring und seinen Teilbereichen müssen klar und einheitlich definiert werden. Auf der Basis der Vorarbeiten sollten Definition, Umfang und Zielsetzungen des Monitoring auch politisch festgelegt werden.
- **Festlegung von Zuständigkeiten und Finanzierung:** Die Zuständigkeiten für die Datenerhebung, die Auswertung der Daten, die Datenzusammenführung und -dokumentation sowie die Datenbewertung sind zu klären. Insbesondere ist festzulegen, wo die zentrale Koordinationsstelle anzusiedeln und mit welchen Kompetenzen sie zu versehen ist. Im Hinblick auf die Finanzierung ist zu regeln, welche Kosten (bzw. welcher Teil) des Monitoring von den Antragstellern und welche von den Bundes- und Landesbehörden zu tragen sind.
- **Information und Beteiligung der Öffentlichkeit:** Es ist zu erwarten, dass das Interesse der Öffentlichkeit an der Konzeption, der Ausgestaltung und den Ergebnissen eines Monitoring nach Inverkehrbringen zunehmen wird. Ausgehend von ersten Ansätzen sollte die Öffentlichkeitsbeteiligung bei der Information und Diskussion über die Konzeption des Monitoring, bei der Aufbereitung und Bereitstellung der Ergebnisse aus dem Monitoring sowie bei der Information und Diskussion über die Schlussfolgerungen aus den Monitoring-Ergebnissen ausgestaltet werden.

Als **längerfristige Problem- und Gestaltungsbereiche** sollten bearbeitet werden:

- **Abgrenzung des Monitoring nach Inverkehrbringen zur Sicherheitsforschung und zur Risikobewertung vor Inverkehrbringen:** Eine Prüfung und Bewertung etwaiger nachteiliger Auswirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen finden im Rahmen des Zulassungsverfahrens vor Freisetzung und Inverkehrbringen statt. Das Monitoring soll das schon im Zulassungsverfahren vorgesehene Vorsorgeprinzip ergänzen, indem nicht erwartete und indirekte Wirkungen erfasst werden. Eine wichtige Kontroverse wird sich zur Frage entwickeln, welche Wissenslücken und Bewertungsunsicherheiten im Rahmen der Sicherheitsforschung und Risikobewertung vor dem Inverkehrbringen zu klären sind und welche Fragestellungen zukünftig auf das Monitoring

nach Inverkehrbringen verschoben werden dürfen. Eine möglichst eindeutige Abgrenzung zwischen diesen beiden Bereichen sollte erarbeitet werden.

- **Kriterien für die Berücksichtigung von Erkenntnissen aus dem Monitoring in Genehmigungsverfahren:** Wenn nachteilige gentechnikspezifische Effekte im Rahmen des Monitoring beobachtet werden, soll dies zu Handlungen im Rahmen des Anbauprozesses führen. Diese Handlungen können auch ggf. zu einer Änderung oder Aufhebung der Genehmigung zum Inverkehrbringen führen. Es ist zu erwarten, dass die Bewertung der Monitoring-Daten ein hochumstrittenes, zukünftiges Konfliktfeld wird. Um Auffälligkeiten hinsichtlich ihrer Sicherheitsrelevanz für die Schutzgüter des Gentechnikgesetzes bewerten zu können, müssen entsprechende Beurteilungskriterien entwickelt werden. Die Entwicklung eines **von verschiedenen Gruppen getragenen Bewertungskonzeptes** stellt eine höchst bedeutende, allerdings äußerst anspruchsvolle und schwierig zu bewältigende Aufgabe dar.

Im Rahmen der bestehenden Arbeitsgruppen ist die Erarbeitung von **fachlichen und inhaltlichen sowie technischen und organisatorischen Aspekten** fortzuführen. Insbesondere sind Vorschläge für konkrete Erhebungsbereiche, Beobachtungsparameter, Versuchsdesign, Probenraster und Datenerhebung, Erfassungsmethoden, Kontrollen und Referenzstandorte, Datendokumentation u.a. zu arbeiten. Außerdem sollte die Zusammenarbeit mit anderen europäischen Staaten gesucht werden, um Doppelarbeiten zu vermeiden, um von den Erfahrungen in anderen Ländern zu profitieren und um zu einer möglichst abgestimmten Vorgehensweise in den EU-Ländern zu kommen. Mit dem EU-Workshop des Umweltbundesamtes am 9. und 10. November 2000 in Berlin ist hierzu ein erster Schritt getan worden.

Literatur

1. In Auftrag gegebene Gutachten

SCHULTE, E. (2000): Vergleich vorliegender Konzepte und Vorschläge zum Monitoring nach Inverkehrbringen transgener Pflanzen. Genius GmbH, Darmstadt

2. Weitere Literatur

AMMANN, D., VOGEL, B. (1999): Langzeitmonitoring gentechnisch veränderter Organismen. Kantonales Laboratorium Basel-Stadt (KCB), Basel

BARTSCH, D. (2000): Konzeptpapier "Langzeitmonitoring von gentechnisch veränderten Eigenschaften in Unkraut- und Wildrübenpopulationen". BMBF-Ausschreibung "Biomonitor" im Programm "Biotechnologie 2000"

BARTSCH, D., SCHUPHAN, I. (2000): Monitoring der ökologischen Auswirkungen insektenresistenter Kulturpflanzen mit rekombinanten *Bacillus thuringiensis* Toxin-Genen - Vorstellung eines geplanten BMBF-Forschungsvorhabens. In: Schiemann, J. (Hg.): Biologische Sicherheit - Proceedings zum BMBF-Statusseminar 29.-30. Juni 1999. Braunschweig

BBA (Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft) (1999): Protokoll 3. Sitzung der Arbeitsgruppe "Anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen im Agrar-ökosystem" am 22. September 1999 in Braunschweig

- BDP-DIB-IVA (Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter - Deutsche Industrievereinigung Biotechnologie - Industrieverband Agrar) (1999): Gemeinsame Position zu anbaubegleitendem Monitoring bei gentechnisch veränderten Pflanzensorten - Konzeption für ein praktikables anbaubegleitendes Monitoring. Bonn
- BENDIEK, J., BUHK, H.-J. (2000): Konzept zum anbaubegleitenden Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen. In: Schiemann, J. (Hg.): Biologische Sicherheit - Proceedings zum BMBF-Statusseminar 29.-30. Juni 1999, Braunschweig
- BLAG (Bund/Länder-Arbeitsgruppe "Monitoring der Umweltwirkungen von GVP") (1999): Eckpunkte für ein Monitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP). September 1999, Umweltbundesamt, Berlin
- BLAG (Bund/Länder-Arbeitsgruppe "Monitoring der Umweltwirkungen von GVP") (2000): Monitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen - Prioritätensetzung. März 2000, Umweltbundesamt, Berlin
- BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2000): Bekanntmachung der Förderrichtlinien "Sicherheitsforschung und Monitoring" im Programm der Bundesregierung "Biotechnologie 2000". Bonn, 21.03.
- LANGENBRUCH, G.-A., HOMMEL, D., BURGERMEISTER, W. (2000): Monitoring der Anpassung des Maiszünslers an transgenen *Bacillus thuringiensis*-Mais - Populationsgenetische Untersuchungen in ausgewählten Anbauregionen Deutschlands. In: Schiemann, J. (Hg.): Biologische Sicherheit - Proceedings zum BMBF-Statusseminar 29.-30. Juni 1999, Braunschweig
- MATZK, A. (2000): Erarbeitung von möglichen Forschungsansätzen für ein anbaubegleitendes Monitoring. In: Schiemann J. (Hg.): Biologische Sicherheit - Proceedings zum BMBF-Statusseminar 29.-30. Juni 1999, Braunschweig
- NEEMANN, G., SCHERWAß, R., BRAUN, P., HEIMANN, R., VAHABZADEH, A. (1999): Materialien für ein Konzept zum Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen. Umweltbundesamt, UBA Texte 52/99, Berlin
- NÖH, I. (2000): Die Bund/Länder-Arbeitsgruppe "Monitoring der Umweltwirkungen von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP)". In: Schiemann, J. (Hg.): Biologische Sicherheit - Proceedings zum BMBF-Statusseminar 29.-30. Juni 1999, Braunschweig
- ÖKO-INSTITUT (1999): Effektives Warnsystem oder ergebnislose Beobachtung? In: GID Nr. 135/136, S. 15-19
- RAT DER EUROPÄISCHEN UNION (1999): Gemeinsamer Standpunkt des Rates im Hinblick auf den Erlaß des Europäischen Parlamentes und des Rates über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt und zur Aufhebung der Richtlinie 90/220/EWG des Rates. Interinstitutionelles Dossier 98/0072 (COD), Brüssel, 26. November
- SCHIEMANN, J. (2000): Die BBA-Arbeitsgruppe "Anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen im Agrarökosystem". In: Schiemann, J. (Hg.): Biologische Sicherheit - Proceedings zum BMBF-Statusseminar 29.-30. Juni 1999, Braunschweig
- SCHULTE, E. (1998): Zielsetzungen für die Entwicklung eines anbaubegleitenden Monitorings bei Einsatz gentechnisch veränderter Sorten. In: UBA 1998, S. 97-100
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (1998): Umweltgutachten 1998 - Umweltschutz: Erreichtes sichern - Neue Wege gehen. Deutscher Bundestag, Drucksache 13/10195, Berlin
- UBA (Umweltbundesamt) (1996): Langzeitmonitoring von Umwelteffekten transgener Organismen - Arbeitstagung am 5./6. Oktober 1995 in Berlin. UBA-Texte 58/96, Berlin
- UBA (Umweltbundesamt) (1998): Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen (GVP). UBA-Texte 77/98, Berlin
- UBA (Umweltbundesamt) (1999): "Was, Wo, Wann und Wie" - Tabellen zu Vorschlägen für ein Monitoring ausgewählter Kulturarten. Berlin (Arbeitspapier)
- UBA (Umweltbundesamt) (2000): Pers. Mitteilung I. Nöh. November

Anhang

6. Zum Begriff "Monitoring nach Inverkehrbringen gentechnisch veränderter Pflanzen"

Die schwer überschaubare Begriffs- und Definitionslage (Kap. IV.2), insbesondere bezüglich der Unterschiede im Verständnis zwischen dem Vorschlag der Arbeitsgruppe unter Federführung der BBA und dem Vorschlag von UBA bzw. der BLAG, wird in der folgenden Übersicht zusammengefasst, die dem Gutachten von E. Schulte (Schulte 2000, S. 8) entnommen wurde:

Erläuterung zum Begriff Monitoring nach Inverkehrbringen gentechnisch veränderter Pflanzen (GVP)

Begriffe und Erläuterungen zum Begriff Monitoring GVP		
		Langfristige "Umweltbeobachtung" Parallel zur befristeten Genehmigung, aber langfristig darüber hinaus. Setzt sich aus vielen bereits existierenden Bund-Länder-Programmen zusammen. Soll die rechtliche Anforderung der "general surveillance" ausfüllen.
"Überwachung" gemäß Vorschlag zur Novellierung der RL 90/220/EWG	"Anbaubegleitendes Monitoring" gemäß Vorschlag der Arbeitsgruppe unter Federführung der BBA ¹	"Monitoring der Umweltwirkungen von GVP" gemäß Vorschlag UBA und Bund/Länder-Arbeitsgruppe (BLAG)
	Beinhaltet allgemeines und spezifisches Monitoring von Effekten des Anbaus von GVP auf die Umwelt. Dabei erfolgt ein Vergleich mit konventionellen Sorten und Anbausystemen. Als Monitoringflächen sind anzusehen - die landwirtschaftlich genutzte Fläche (LN) und - die unmittelbar angrenzenden Flächen, die einem unmittelbaren Einfluss aufgrund der landwirtschaftlichen Nutzung unterliegen. Soll dem Erkennen seltener und unerwarteter Ereignisse dienen. Fragestellungen sind weitgehend offen und werden unabhängig von einer Risikobewertung gestellt (keine direkten Ursache-Wirkungs-Hypothesen). Zielt auf die allgemeine Beobachtung von GVP in Anbausystemen und der Umwelt ab. Für einige GVP können weitere konkrete, wissenschaftliche Fragestellungen untersucht werden, wie sie bei der Sicherheitsbewertung im Rahmen des Genehmigungsverfahrens definiert wurden (Fall-zu-Fall-Betrachtung mit Ursache-Wirkungs-Hypothesen).	Umfasst die Beobachtung der Wirkungen auf die Umwelt, d.h. auf Umweltmedien (z.B. den Boden) und auf die Biodiversität einschließlich der Wirkungen, die den Umweltschutz, Natur- und Artenschutz betreffen. (Ökologische Dauerbeobachtung im Sinne des UMK-Beschlusses) Soll nicht nur unvorhergesehene, sondern auch anhand von Ursache-Wirkungs-Hypothesen solche Effekte berücksichtigen, die im Rahmen der Bewertung zur Genehmigungserteilung (Inverkehrbringen) z.B. mit "geringer Eintrittswahrscheinlichkeit" oder "ungeklärtem Schadensverdacht" eingestuft wurden Setzt mit gezielten Fragestellungen (Ursache-Wirkungs-Hypothesen) dort an, wo sich bei der Bewertung zur Genehmigungserteilung (Inverkehrbringen) konkrete Verdachtsmomente infolge des veränderten zeitlich und räumlichen Maßstabs ergeben (z.B. Wirkungen auf Nichtzielorganismen, auf die Nahrungskette u.ä.). In dem Zusammenhang stellen die landwirtschaftlichen Aspekte ein Modul dar (als <i>anbaubegleitendes Monitoring</i> bezeichnet).
Zeitraum auf befristete Genehmigung zum Inverkehrbringen beschränkt		
1. weitgehende Übereinstimmung mit RKI und BDP-DIB-IVA		

¹ weitgehende Übereinstimmung mit RKI und BDP-DIB-IVA

3 Monitoring gentechnisch veränderter Organismen in der EU

3.1 Anhang VII der neuen Freisetzungsrichtlinie 2001/18/EG

RICHTLINIE 2001/18/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 12. März 2001 über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt – Anhang VII Überwachungsplan –

Internet: <http://europa.eu.int/eur-lex/de>

In diesem Anhang werden generell das gesetzte Ziel und die allgemeinen Grundsätze beschrieben, die bei der Erstellung des Überwachungsplans, auf den in Artikel 13 Absatz 2, Artikel 19 Absatz 3 und Artikel 20 Bezug genommen wird, zu befolgen sind. Der Anhang wird durch Leitlinien ergänzt, die nach dem Verfahren des Artikels 30 Absatz 2 festzulegen sind.

Diese Leitlinien sind bis zum 17. Oktober 2002 fertigzustellen.

A. Ziel

Ziel des Überwachungsplans ist es:

- zu bestätigen, dass eine Annahme über das Auftreten und die Wirkung einer etwaigen schädlichen Auswirkung eines GVO oder dessen Verwendung in der Umweltverträglichkeitsprüfung zutrifft, und
- das Auftreten schädlicher Auswirkungen des GVO oder dessen Verwendung auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt zu ermitteln, die in der Umweltverträglichkeitsprüfung nicht vorhergesehen wurden.

B. Allgemeine Prinzipien

Die Überwachung gemäß den Artikeln 13, 19 und 20 findet statt, nachdem die Zustimmung zum Inverkehrbringen des GVO erteilt wurde.

Bei der Auswertung der bei der Überwachung gesammelten Daten sollten andere bestehende Umweltbedingungen und -maßnahmen in Betracht gezogen werden. Werden Veränderungen in der Umwelt beobachtet, sollte eine weitere Bewertung in Betracht gezogen werden, damit festgestellt werden kann, ob diese Veränderungen eine Folge der GVO oder deren Verwendung sind, da Veränderungen auch durch andere Umweltfaktoren als das Inverkehrbringen der GVO hervorgerufen werden können. Die bei der Überwachung experimenteller Freisetzungen von GVO gewonnenen Erkenntnisse und Daten können bei der Erstellung des Überwachungsplans für die Zeit nach dem Inverkehrbringen hilfreich sein, der für das Inverkehrbringen von GVO als Produkt oder in Produkten verlangt wird.

C. Erstellung des Überwachungsplans

Der Überwachungsplan sollte:

1. auf jeden einzelnen Fall zugeschnitten sein und die Umweltverträglichkeitsprüfung berücksichtigen;
2. den Merkmalen der GVO, den Merkmalen und dem Ausmaß ihrer vorgesehenen Verwendung und dem Bereich der relevanten Bedingungen des Milieus, in das der GVO freigesetzt werden soll, Rechnung tragen;
3. eine allgemeine überwachende Beobachtung auf unerwartete schädliche Auswirkungen und erforderlichenfalls eine (fall-)spezifische Überwachung vorsehen, in deren Mittelpunkt die in der Umweltverträglichkeitsprüfung ermittelten schädlichen Auswirkungen stehen.
 - 3.1. Die fallspezifische Überwachung sollte über einen ausreichend langen Zeitraum hinweg erfolgen, damit sofortige und direkte sowie gegebenenfalls auch spätere oder indirekte Auswirkungen, die bei der Umweltverträglichkeitsprüfung ermittelt wurden, erfasst werden können.
 - 3.2. Bei der überwachenden Beobachtung könnte gegebenenfalls von bereits bestehenden routinemäßigen Überwachungspraktiken wie z. B. der Überwachung landwirtschaftlicher Kulturformen, des Pflanzenschutzes, oder der Tier- und Humanarzneimittel Gebrauch gemacht werden. Es sollte erläutert werden, wie die relevanten Informationen, die durch bestehende routinemäßige Überwachungspraktiken gewonnen wurden, dem Inhaber der Zustimmung zugänglich gemacht werden;
4. die systematische Beobachtung der Freisetzung eines GVO in das Aufnahmemilieu und die Auswertung dieser Beobachtungen im Hinblick auf den Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt erleichtern;
5. festlegen, wer (Anmelder, Verwender) die verschiedenen im Überwachungsplan vorgeschriebenen Aufgaben übernimmt und wer verantwortlich dafür ist, dass der Überwachungsplan eingerichtet und ordnungsgemäß durchgeführt wird, sowie den Informationsweg sicherstellen, wie der Inhaber der Zustimmung und die zuständige Behörde über alle ermittelten schädlichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt unterrichtet werden (Termine und Frequenz der Berichte über das Ergebnis der Überwachung sind anzugeben);
6. die Mechanismen zur Ermittlung und Bestätigung aller beobachteten schädlichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt berücksichtigen und den Inhaber der Zustimmung oder gegebenenfalls die zuständige Behörde in die Lage versetzen, die zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt notwendigen Maßnahmen zu ergreifen.

3.2 EU-Workshop des deutschen Umweltbundesamtes am 9./10. November 2000 in Berlin - Monitoring of Environmental Impacts of Genetically Modified Plants - Zusammenfassung

EU-Workshop, 9. und 10. November 2000, Berlin; UBA-Texte 45/01

M. Miklau, H. Gaugitsch, A. Heissenberger, Umweltbundesamt GmbH, Wien

Das Umweltbundesamt Berlin beauftragte die Umweltbundesamt GmbH Österreich mit der Organisation des EU-Workshops „Monitoring of Environmental Impacts of Genetically Modified Plants“ anlässlich der Überarbeitung der EU Richtlinie 90/220/EWG. In der mittlerweile vom EU Parlament und vom EU Rat beschlossenen Richtlinie 2001/18/EWG, in der die absichtliche Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen geregelt ist, sind in Anhang VII verpflichtende Bestimmungen für ein Monitoring bei Anträgen zum Inverkehrbringen von GVO enthalten. Damit wird den Grenzen der Risikoabschätzung vor Marktzulassung Rechnung getragen. Da die Mitgliedstaaten die neue Richtlinie bis zum Sommer 2002 auf nationaler Ebene umsetzen müssen, gewinnt der Beitrag dieses Workshops zur Diskussion über „Monitoring“ zusätzlich an Bedeutung. Finanziell unterstützt wurde der Workshop, der am 9. und 10. November 2000 in Berlin stattfand, von der Europäischen Kommission (DG Umwelt) und dem Deutschen Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Ziel des Workshops war es, mit all jenen, die sich mit der Zulassung von GVO befassen, eine Diskussion darüber zu beginnen, wie das „Monitoring“ von GVO umgesetzt werden kann bzw. soll. Obwohl klar ist, warum in die neue Richtlinie eine Verpflichtung zum Monitoring eines GVO nach Erteilung der Marktzulassung aufgenommen wurde, wird unter dem Begriff „Monitoring“ nicht immer das selbe verstanden. Ein „Monitoring“ soll dazu dienen, mögliche direkte, indirekte, unmittelbare und verzögerte Effekte, die sich aus der Freisetzung von GVO in die Umwelt ergeben könnten, so früh wie möglich zu erfassen. Über den Umfang, die Methoden und die Dauer solcher Monitoring Programme besteht allerdings noch weitgehend Uneinigkeit. Da aber einzelne Mitgliedsstaaten oder Beteiligte den Begriff „Monitoring“ - aber auch andere Begriffe in diesem Zusammenhang, wie zum Beispiel „general surveillance“ – unterschiedlich auffassen, war es notwendig sich mit der Klärung dieser und anderer Begriffe zu beschäftigen. Darüber hinaus war beabsichtigt, einen Erfahrungsaustausch über in einzelnen Mitgliedstaaten bereits existierende Monitoring Projekte und einen Meinungsaustausch über bereits entwickelte Monitoring Konzepte zu ermöglichen. Daher wurde das Programm des Workshops folgendermaßen gegliedert:

- Begrüßung
- Informationen seitens der Europäischen Union
- Monitoring Konzepte von Beitrittskandidaten- und Mitgliedsländern
- Monitoring Konzepte wissenschaftlicher und privater Institutionen
- Fallbeispiel Bt-Mais und erste Studien zu Wirkungen auf Nichtziel Organismen

- Fallbeispiel herbizidresistenter Raps und kritische Analyse des „Farm Scale Evaluation“ Programms in England
- Erfahrung mit einem nicht-GVO Monitoring Konzept

1 Begrüßung

Staatssekretär Rainer Baake vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und Dr. Klaus-G. Steinhäuser vom Umweltbundesamt Berlin eröffneten den Workshop. Herr Baake betonte die Bedeutung der neuen Sicherheitselemente in der überarbeiteten Richtlinie, die der wachsenden Skepsis des Großteils der deutschen Bevölkerung der so genannten „grünen Gentechnik“ gegenüber Rechnung trägt, und die Notwendigkeit weiterer Forschungsanstrengungen in Bezug auf ökologische Risiken. Dies sei v.a. deshalb notwendig, weil mögliche Langzeitwirkungen transgener Pflanzen im Falle einzelner Freisetzungen unbedeutend sein könnten, bei großflächigem langjährigen Anbau aber ernsthafte Risiken auftreten könnten (z.B. Resistenzentwicklung). „Monitoring“ soll deshalb helfen, direkte, indirekte, unmittelbare und verzögerte Effekte zu identifizieren, um so rechtzeitig geeignete Maßnahmen ergreifen zu können - wie zum Beispiel den Entzug der Zulassung im Fall negativer Entwicklungen. Darüber hinaus legte Herr Baake das Ziel der Deutschen Bundesregierung dar: eine vorsorgeorientierte Umweltpolitik. Er sagte: „Im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung wird Umweltschutz weniger zu einer Begrenzung für soziale Entwicklung als vielmehr zu ihrem Ziel“. Für den Einsatz neuer Technologien, wie beispielsweise der Gentechnologie, bedeutet das nicht, die Möglichkeiten, die diese eröffnet, zurückzuweisen, sondern ihr Potential weise und nachhaltig für Innovationen zu nutzen. Dr. Steinhäuser eröffnete den Workshop formell, bedanke sich bei den Organisatoren und wünschte allen Teilnehmern, dass sie von interessanten Diskussionen profitieren mögen.

2 Informationen seitens der Europäischen Union

Der erste Vortrag wurde von Dr. Réne Von Schomberg gehalten, der für die Europäische Kommission, DG Forschung, arbeitet. Er sagte, dass im Rahmen des Fünften Rahmenprogrammes - genauer in der „Key action“ „Global Change, Climate and Biodiversity“ - eine beträchtliche Menge Geld zur Erforschung möglicher Bedrohungen der Biodiversität - auch seitens der Freisetzungen von GVO – zur Verfügung steht. In der Vergangenheit lag der Schwerpunkt bei der Förderung von Projekten im Bereich der Biotechnologie auf Aspekten der Biosicherheit, trotzdem besteht noch immer große wissenschaftliche Unsicherheit bezüglich möglicher ökologischer Auswirkungen von GVO. Die Förderung von Forschungsvorhaben, die zur Entwicklung von Methoden zur Risikoabschätzung von Umweltwirkungen und zur Schließung existierender Wissenslücken beitragen können, hat daher größte Priorität. Auch die neuen Bestimmungen in der überarbeiteten EU Richtlinie 90/220/EWG, wie zum Beispiel die Verpflichtung zum Monitoring nach Inverkehrbringen von GVO, erfordern die Weiterentwicklung von Richtlinien zur Risikoabschätzung. Forschungsschwerpunkte sollten daher auf die neuen gesetzlichen Bestimmungen abgestimmt werden.

Dr. Volker Matzeit von der Europäischen Kommission, DG Umwelt, präsentierte den Stand der Überarbeitung der Richtlinie 90/220/EWG. Die Europäische Kommission beabsichtigt mit der neu-

en Richtlinie einen gesetzlichen Rahmen zu schaffen, der ein hohes Maß an Sicherheit für Mensch und Umwelt gewährt und gleichzeitig den Bedenken der Öffentlichkeit Rechnung trägt. Außerdem soll der Forderung der Industrie nach ausreichender Planungssicherheit damit Rechnung getragen werden. Die Gesetzgebung muss also flexibel genug sein, sowohl die Entwicklung der Technologie zu sichern, als auch mögliche nachteilige Effekte zu berücksichtigen.

Danach stellte Dr. Thomas Engelke das Europäische „Enforcement“ Projekt vor, dessen Hauptaufgabe es ist für Freisetzen von GVO, EU weit ein Inspektionsnetzwerk zu initiieren, den Informationsaustausch zu erleichtern und die Harmonisierung der Inspektion in Europa voran zu treiben. Er stellte auch eine vorläufige Definition des Begriffes „Monitoring“ seitens der Inspektoren vor, wobei deutlich wurde, dass diese den Begriff nicht nur im Rahmen von Marktzulassungen von GVO gemäß Teil C der Richtlinie verwenden, sondern auch im Rahmen von absichtlichen Freisetzen gemäß Teil B.

3 Monitoring Konzepte der Beitrittskandidaten- und Mitgliedsländer

Polen und Ungarn vertraten jene Länder, deren politisches Ziel die Aufnahme in die Europäischen Union ist und die daher bereits an der Anpassung ihrer nationalen Gesetze an die EU Gesetzgebung arbeiten. Prof. Tomasz Twardowski gab einen Überblick über Polens Strategie im Bereich Biotechnologie in Hinblick auf Anwendungen in Landwirtschaft und Nahrungsmittelindustrie. Zurzeit wird in Polen gerade an einem Gentechnikgesetz gearbeitet, das schon auf die entsprechenden EU Richtlinien Rücksicht nehmen soll. Prof. Twardowski behandelte in seinem Vortrag auch Fragen nach der Wahrnehmung und der Akzeptanz solcher Anwendungen in der Öffentlichkeit, denn nach einer Meinungsumfrage ist die Akzeptanz der Gentechnik in der polnischen Bevölkerung weitaus größer als in den meisten EU Staaten. Prof. Ervin Balázs präsentierte ausführlich den momentanen Stand der Gesetzgebung im Bereich Gentechnik in Ungarn und erwähnte, dass die Einsetzung eines wissenschaftlichen Komitees geplant ist, dessen Aufgabe „Monitoring“ sein soll. Ein Gentechnikgesetz, welches allerdings breiter gefasst ist als die entsprechenden EU Richtlinien 90/219/EWG und 90/220/EWG, ist seit Jänner 1999 in Kraft. Außerdem wurden in Ungarn während einiger experimenteller Freisetzen bereits Untersuchungen zur Verbreitung von Transgenen durchgeführt.

Marc Delos vom französischen Landwirtschaftsministerium stellte das Monitoring Konzept Frankreichs vor. Im Jahr 1998 wurde ein Monitoring Komitee eingerichtet („Comité de Biovigilance“), das sowohl dem Landwirtschafts- als auch dem Umweltministerium unterstellt ist. Das Komitee setzt sich aus Vertretern verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen und anderer Beteiligter zusammen. Zu den Hauptaufgaben dieses Komitees zählen die Erstellung der Monitoring Pläne, die Auswertung der Ergebnisse, aber auch die Auswahl und Überprüfung der verwendeten Methoden und Richtlinien. Bisher werden schon zahlreiche Untersuchungen unter der Leitung des Monitoring Komitees durchgeführt, wie beispielsweise die Studie zu unerwarteten Effekten von Bt-Mais auf Nicht-Ziel-Insekten (siehe Vortrag von Dr. Riba).

Prof. Noberto Pogna aus Italien betonte in seinem Vortrag die Bedeutung eines Monitoring für transgene Kulturpflanzen auf kommerzieller Ebene, weil man nicht von Untersuchungen im kleinen Rahmen auf mögliche Wirkungen bei großflächigem Anbau schließen könne. Seiner Meinung nach

werden mögliche Umweltrisiken transgener Kulturpflanzen in erster Linie von vier Faktoren bestimmt: den Eigenheiten der Kultursorte, den Eigenschaften des Transgens, der Agrarökosysteme und der landwirtschaftlichen Praxis. Darüberhinaus berichtete Prof. Pogna von den Erfahrungen mit satRNA-transgenen Tomaten und Bt-Mais in Italien. In Feldversuchen mit den transgenen Tomaten konnte kein Hinweis auf mögliche Mobilität, Mutation oder Rekombination der satRNA (CARN-5) gefunden werden. Im Fall des Bt-176 Mais wurden sowohl unerwünschte Effekte auf Nicht-Ziel-Organismen untersucht, als auch der Status quo der Empfindlichkeit des Maiszünslers (*Ostrinia nubilalis* Hb.) dem Bt-Toxin gegenüber erhoben.

Danach erläuterte Dr. Adrian Butt von Großbritannien, warum sich die zuständigen Behörden in Großbritannien schon lange vor der Verabschiedung der überarbeiteten Richtlinie an die in den neuen Anforderungen für Risikoabschätzungen und Monitoring nach Marktzulassung enthaltenen Prinzipien halten. In den letzten fünfzig Jahren kam es zu einer deutlichen Reduktion wildlebender Arten, v.a. bei Vögeln, in den landwirtschaftlichen Lebensräumen Großbritanniens, der zweifelsfrei auf die zunehmende Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion zurückzuführen ist. Da ein Bremsen bzw. eine Umkehr dieser Entwicklung mittlerweile zu einem klaren nationalen politischen Ziel im Zusammenhang mit einer nachhaltigen Entwicklung in der Landwirtschaft geworden ist, sind die Bedenken in Großbritannien groß, dass der kommerzielle Anbau gentechnisch veränderter Kulturpflanzen diese Entwicklung weiter beschleunigen könnte. So wurde als erste Maßnahme das Komitee (Advisory Committee on Release to the Environment ACRE), das die zuständige Behörde berät, neu zusammengesetzt - wobei größere ökologische Expertise eingebracht wurde - und Arbeitsgruppen zu verschiedenen Themenbereichen eingerichtet. So soll zum Beispiel in einer solchen Gruppe erarbeitet werden, wie das Risiko für die Biodiversität in landwirtschaftlichen Lebensräumen, das sich direkt oder indirekt aus dem Anbau Management gentechnisch veränderter Kulturpflanzen ergibt, abgeschätzt werden könnte.

In Deutschland beschäftigen sich zwei Arbeitsgruppen mit der Entwicklung von Monitoring Konzepten zur Abschätzung möglicher Langzeitwirkungen von für den Markt zugelassenen GVP. Ingrid Nöh vom Umweltbundesamt Berlin präsentierte die Eckpunkte für ein Monitoring von Umweltwirkungen von GVP, die vom Umweltbundesamt Berlin, Leiter einer der beiden Arbeitsgruppen, ausgearbeitet worden waren. Die andere Arbeitsgruppe, unter der Leitung der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA), setzt den Schwerpunkt auf anbaubegleitendes Monitoring, um mögliche direkt und indirekt Effekte auf das Agrarökosystem entdecken zu können. Frau Nöh betonte die Bedeutung der Prioritätenliste, in der alle transgenen Pflanzen nach dem Stand ihrer Zulassung und nach dem Potential ihrer ökologischen Auswirkungen gereiht sind, für die gezielte Umsetzung von Monitoring Programmen. In jedem Fall sollte aber bei der Errichtung von Monitoring Programmen auf bestehende Instrumente der Umweltbeobachtung aufgebaut werden, um einerseits die Ausgaben in Grenzen zu halten und um andererseits die Vergleichbarkeit von Daten zu sichern.

4 Monitoring-Konzepte wissenschaftlicher und privater Institutionen

Dr. Klaus-G. Steinhäuser vom Umweltbundesamt Berlin widmete sich ausführlich dem Bereich der Begriffsdefinitionen im Zusammenhang mit dem Monitoring von GVP. Bisher wurde der Begriff „Monitoring“ unterschiedlich gebraucht, je nach Einstellung und Ziel des Betrachters, was leicht zu

Missverständnissen führen kann. Um ein allgemein anerkanntes Monitoring Konzept entwickeln zu können, sind einheitliche Definitionen der relevanten Begriffe notwendig. Dr. Steinhäuser schlug daher Definitionen für die Begriffe „Biosicherheitsforschung“ und „freisetzungsbezogene Biosicherheitsforschung“ für spezielle Freisetzungen von GVO und Definitionen für die Begriffe „fallspezifische Beobachtung“ und „allgemeines Monitoring“ für die Marktzulassung von GVO nach Annex VII, Teil C der Richtlinie vor. Für ihn sind klare Definitionen die Voraussetzung für die Klärung von Zuständigkeiten und der finanziellen Aspekte in Zusammenhang mit einem allgemein anerkannten Monitoring Programm.

Dr. Daniel Ammann aus der Schweiz lenkte die Aufmerksamkeit auf die normative Ebene von Langzeit-Beobachtungen und vertrat die Meinung, dass es die Hauptaufgabe eines solchen Monitoring Programms sein muss, Schäden möglichst früh zu erkennen und entsprechende Maßnahmen basierend auf Abbruchkriterien zu setzen. Außerdem zeigte er auf, dass viele Voraussetzungen für ein wirksames Langzeit-Monitoring zurzeit noch fehlen, u.a. weil Leitlinien (wie zum Beispiel „Nachhaltigkeit“) und Schutzziele, die aber für die Definition ökologischer Schäden benötigt werden, nicht die notwendige Bedeutung beigemessen wird oder sie noch nicht ausreichend klar definiert sind. Ohne diese Definitionen ist eine Festlegung von Abbruchkriterien aber nicht möglich. Daher trat Dr. Ammann für eine Verlängerung des Moratoriums über die Zulassung von GVO in der EU ein.

Dr. Andreas Traxler, einer der Autoren einer im Auftrag der österreichischen Umweltbundesamt GmbH erstellten Studie präsentierte die Ergebnisse über ökologisches Monitoring von GVO. Auch er wies darauf hin, dass vor der Einführung eines Monitoring Programms Klarheit über den normativen Hintergrund und darüber, wie die Ergebnisse zu bewerten sind, herrschen muss. Interdisziplinäre Diskussionen und Verhandlungen sowie klare politische Entscheidungen sind ebenfalls von grundlegende Bedeutung. Wenngleich es sicherlich schwieriger wird, geeignete Grenzwerte für durch GVO verursachte ökologische Schäden zu finden, als beispielsweise bei der Überwachung öko-toxischer Substanzen, so muss eine Diskussion darüber jedenfalls vor Beginn des Monitorings geführt werden. Eine Übersicht möglicher ökologischer Schutzziele in Österreich befindet sich in der Studie. Darüber hinaus werden in dem in der Studie vorgeschlagenen Konzept neben Definitionen für die Begriffe „fallspezifische Beobachtung“ (case specific monitoring) und „allgemeines Monitoring“ (general surveillance) noch Vorschläge für zwei weitere Beobachtungsprogramme gemacht: Ein „Monitoring des aktuellen Wissensstandes“, bei dem alle internationalen Ergebnisse von Monitoring Programmen gesammelt werden, soll der Evaluierung laufender Programme dienen. In einer so genannten „ökosystemaren Überwachung“ sollen neue wissenschaftliche Erkenntnisse über die Umweltwirkungen von GVO gewonnen werden, die im Rahmen einer fallspezifischen Überwachung und einer überwachenden Beobachtung nicht möglich sind.

Dr. Simon Barber von EuropaBio, einem Verband der europäischer Biotechnologieindustrie, legte in seinem Vortrag den Schwerpunkt auf die Frage nach der Bezugsebene beim Vergleich von gentechnisch veränderten Kultursorten mit herkömmlichen Kulturpflanzen. Er warnte davor, alle negativen Veränderungen in Populationen von Arten dem Anbau von GVP anzulasten. Vielmehr sind viele der heute beobachteten negativen Auswirkungen auf Flora und Fauna auf andere Faktoren zurückzuführen, wie beispielsweise auf die Intensivierung der Landwirtschaft in den letzten Jahrzehnten. Solche Entwicklungen aber auch die Dynamik von Ökosystemen müssen bei der Bewer-

tung der Ergebnisse von Monitoring Programmen berücksichtigt werden. Dr. Barber zeigt auch auf, dass die Frage, wie man die Daten aus Monitoring Programmen vergleichen soll, mit der Frage, wie unsere Umwelt und unsere Landwirtschaft ausschauen soll, verknüpft ist. Seiner Meinung nach sollte man die verschiedenen Formen der Landwirtschaft (Biologische Landwirtschaft, konventionelle Landwirtschaft und Landwirtschaft unter Einbeziehung von GVO) nicht streng voneinander trennen, sondern das beste allen verfügbaren Wissens dazu verwenden, die landwirtschaftliche Umwelt zu erzielen, die man will.

Dr. Gösta Kjellsson aus Dänemark schlug für Monitoring Programme eine dreiteilige Struktur gemäß der drei Hauptziele vor: 1) Beobachtung der Verbreitung von Transgenen, Hybridisierung und Invasion, 2) Erfassung von Umweltwirkungen und 3) Erfassung von unvorhergesehenen nachteiligen Effekten in naturnahen Habitaten („general surveillance“). Er empfahl, das Hauptaugenmerk bei Monitoring-Programmen auf das zu legen, was wirklich unerlässlich ist („need-to know“) und schlug einen zyklischen Ablauf für Monitoring Programme vor, um sie laufend verbessern zu können. Außerdem wies er auf das Problem der Ansammlung verschiedener Transgene als Folge des vermehrten Anbaus von GVP hin. Dr. Kjellsson zeigte anhand von Populationswachstumsmodellen (exponentiell und linear), dass für eine invasive GVO Population mit natürlichen Schwankungen der Populationsdichte die Wahrscheinlichkeit ein signifikantes Populationswachstum zu entdecken nur mit der Dauer der Beobachtung zunimmt. Demnach ist für die Entdeckung von Auswirkungen von GVP ein Monitoring von bis zu mindestens zehn Jahren notwendig.

5 Fallbeispiel Bt-Mais und erste Studien zu Wirkungen auf Nicht-Ziel-Organismen

Ausführlich wurden ein spanisches und ein französisches Monitoring Programm, die beide in erster Linie die Resistenzentwicklung auf Bt in Maiszünslerpopulationen (*Ostrinia nubilalis* und *Sesamia nonagrioides*) sowie mögliche Wirkungen auf Nichtziel Insekten beobachten, vorgestellt. Die Resistenzentwicklung hängt v.a. von der ursprünglich in der Population vorhandenen Menge an Bt-Resistenzallelen, von der Anzahl der Generationen pro Jahr (im Süden Frankreichs kann der Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*) zum Beispiel zwei bis drei Generationen pro Jahr entwickeln, was die Resistenzentwicklung beschleunigt), von der Durchsetzungstärke der resistenten Individuen und vom Genfluss innerhalb einer Population und zwischen den Populationen ab. Die am meisten anerkannte Resistenz Management Strategie ist das so genannte „high dose/refuge“ Modell. Dabei dienen konventionelle Pflanzen in der Nähe von Bt-Pflanzen den dem Toxin gegenüber empfindlichen Insekten als Refugien, und durch die Paarung mit nicht-resistenten Tieren wird der Selektion auf Bt-Resistenzallele entgegengewirkt. Weder in Frankreich (1998) noch in Spanien (2000) konnten signifikante Änderungen in den Populationen von Nichtziel Insekten auf den Feldern festgestellt werden. Nichtsdestoweniger wies Dr. Pedro Castanera darauf hin, dass mehr Daten notwendig sind, um die genauen Wirkungen von Bt-Mais auf Nutzinsekten zu erkennen. Dr. Guy Riba aus Frankreich vertrat die Ansicht, dass es für den Fall einer einzigen Ggeneration pro Jahr möglich ist, die Resistenzentwicklung genau zu verfolgen und somit die Umweltrisiken unter Kontrolle zu halten. Unter der Bedingung, dass Grenzwerte und Verantwortlichkeiten definiert sind, stellt Bt-Mais seiner Meinung nach eine ergänzende Strategie neben traditionellen Methoden der Schädlingsbekämpfung dar.

Dr. Angelika Hilbeck präsentierte Daten eines mehrjährigen Forschungsprojektes über die Auswirkungen transgener Bt-Pflanzen und mikrobieller Bt-Präparate auf Florfliegen-Larven (*Chrysoperla carnea*). Zwei- und dreistufige Fütterungsversuche wurden durchgeführt. In letzteren wurde den Beutetieren Bt-Mais und mit Bt versetzte Nahrung gefüttert, um Effekte, die bei der Verdauung der Nahrung durch Pflanzenfresser entstehen, zu ermitteln. Als Beutetiere wurden einerseits der Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*) und andererseits - als Vertreter der Nichtziel Organismen - die Ägyptische Baumwollerieule (*Spodoptera littoralis*) ausgewählt. Die Frage, die mit dieser Untersuchung beantwortet werden sollte, war, ob Bt natürliche Gegenspieler wirklich nicht beeinträchtigt. Es wurde also vielmehr ein Modellsystem verwendet als die spezifische Situation in Bt-Mais untersucht. Die Ergebnisse zeigten deutlich, dass beispielsweise die Sterblichkeit bei unreifen Florfliegen-Larven (*Chrysoperla carnea*), die Bt über ihre Beute aufgenommen hatten, deutlich höher war als in der Kontrollgruppe. Dr. Hilbeck zog aus den Ergebnissen den Schluss, dass Interaktionen auf drei Ebenen - zwischen der Pflanze selbst, dem Bt-Protein und den überlebenden Herbivoren - statt finden, die allesamt zu der in *Chrysoperla carnea* beobachteten Toxizität beitragen. Für Organismen auf höheren trophischen Niveaus können daher keine gültigen Aussagen aus direkten Fütterungsversuchen wie für Herbivore getroffen werden, weil die Wirkungen der Prozesse im Verdauungstrakt der Herbivoren vernachlässigt werden. Für die Erfassung ökologisch wichtiger Interaktionen zwischen Pflanzen, Herbivoren und natürlichen Gegenspielern schlug Dr. Hilbeck vor, Testprotokolle um mehrstufige Fütterungsversuche zu erweitern.

6 Fallbeispiel herbizidresistenter Raps und kritische Analyse des „Farm Scale Evaluation“ Programms in Großbritannien

In Großbritannien wurde ein dreijähriges Beobachtungsprogramm zur Erfassung von Auswirkungen des veränderten Herbizidmanagements bei gentechnisch veränderten herbizidresistenten Kultursorten auf Tiere und Pflanzen im Agrarökosystem ins Leben gerufen. Neben Raps stehen in Großbritannien auch ein paar andere herbizidresistente Kultursorten wie zum Beispiel Mais sowie Zucker- und Futterrüben vor der Markteinführung. Wenngleich diese GVP nicht direkt ein Risiko für Mensch und Umwelt darstellen, so sind doch durch den gegenüber traditionellen Sorten veränderten Herbizideinsatz Auswirkungen möglich. Es wird vermutet, dass insbesondere die erhöhte Effizienz und Wirksamkeit des Herbizids zu einer Intensivierung führen und so weiter zu einer Verringerung wildlebender Arten in Agrarökosystemen beitragen. Im so genannten „Farm Scale Evaluation“ Programm sollen nun genau diese indirekten Wirkungen auf bis zu 60 Standorten praxisbezogen, d.h. auf landwirtschaftlichen Betrieben, untersucht werden. Jeder Standort besteht aus zwei Feldern - auf einem wird z.B. gentechnisch veränderter Raps (Glufosinat tolerant) angebaut und auf dem anderen die traditionelle Sorte, die jeweils entsprechend behandelt werden. Schlüsselindikatoren für Biodiversität werden auf beiden Feldern erhoben und die Daten aus dem Anbausystem der glufosinat-toleranten Rapssorte mit denen aus dem konventionellen Anbausystem verglichen.

Trotz allem sind auch diesem Forschungsprogramm Grenzen gesetzt, wie Dr. Brian Johnson von English Nature erläuterte. So entspricht beispielsweise die Anzahl der Versuchsflächen dem absoluten Minimum für eine statistisch sinnvolle Auswertung. Gehen unter Umständen Daten verloren - sei es durch Schlechtwetter oder Vandalismus - ist die Auswertung und Interpretation der Daten

gefährdet, und das Projekt muss vielleicht verlängert werden. Außerdem ist es aufgrund der geringen Zahl und Größe der Versuchsfelder eher unwahrscheinlich, statistisch brauchbare Daten auf höherem trophischen Niveau, für Vögel und Säugetiere beispielsweise, erhalten zu können. Die Daten dieses Projektes sollten aber wesentlich zur Verbesserung von Modellen über Agrarökosysteme beitragen können. Aufgrund des kurzen Beobachtungszeitraumes bleiben Langzeitwirkungen, wie zum Beispiel die Resistenzentwicklung bei Beikräutern oder Änderungen im Herbizideinsatz, die sich aus der wachsenden Erfahrung der Landwirte mit diesem Anbausystem ergeben, unberücksichtigt. Die Versuchsanordnung erlaubt darüber hinaus auch keine Vergleiche mit anderen Anbauformen (z.B. Biologische Landwirtschaft).

In diesem Beobachtungsprogramm sind verschiedene relevante Punkte, wie zum Beispiel die Frage nach der Vergleichsbasis und nach passenden Parametern enthalten. Diese Versuche sind auch ein hervorragendes Beispiel dafür, wie das Vorsorgeprinzip in die Praxis umgesetzt werden kann. Die Tatsache, dass mögliche gefährliche Wirkungen identifiziert wurden, eine wissenschaftliche Bewertung aber das Risiko nicht mit ausreichender Sicherheit abzuschätzen vermag, führt unter Anwendung des Vorsorgeprinzips zur Entwicklung eines Aktionsplanes (in diesem Fall das „Farm Scale Evaluation“ Programm). Die Definition von ökologischem Schaden ist die Voraussetzung für alle Entscheidungen, bei denen der Grad der Unsicherheit eine politische Beurteilung und nicht eine wissenschaftliche erfordert. Wenn also genug Fakten gesammelt wurden, wird eine Risikoabschätzung gemacht und eine Entscheidung getroffen, ob und unter welchen Bedingungen der GVO freigesetzt werden darf.

7 Erfahrung mit einem nicht-GVO Monitoring-Konzept

Eine wichtige Frage in Zusammenhang mit den möglichen Wirkungen von GVO ist, wie mögliche Änderungen der Biodiversität erfasst werden. In der Schweiz wurde ein großes nicht GVO-spezifisches Biodiversitäts Monitoring Programm eingerichtet, dessen Konzept sowie Empfehlungen für andere Monitoring Programme von Urs Hintermann vorgestellt wurden. Aufgrund finanzieller und methodischer Beschränkungen wird in dem Schweizer Biodiversitäts Monitoring Programm (BDM) nur die Artenvielfalt berücksichtigt. Veränderungen in der Artenvielfalt werden auf drei Ebene erfasst, um ein möglichst umfassendes Bild zu erhalten: α -Diversität (Diversität innerhalb eines Habitats), β -Diversität (Diversität innerhalb eines Mosaiks von Habitaten, inklusive Grenzeffekten) und γ -Diversität (Diversität einer bio-geographischen Region oder eines Landes). Es werden also nicht nur seltene und gefährdete, sondern auch häufige und weit verbreitete Arten erfasst. Urs Hintermann hielt die Entscheidung, nicht einzelne Indikator-Arten zu beobachten sondern alle Arten einer Artengruppe, für richtig. Außerdem gibt es gemäß des „pressure-state-response“ Modells Indikatoren, die wichtige Einflussfaktoren auf die Biodiversität („pressure indicator“: Veränderung des Stickstoffangebots im Boden) und gesetzte Maßnahmen („state-indicators“: Veränderung in der Fläche geschützter Landschaftsteile) abbilden. So können auch Hypothesen über mögliche Ursache-Wirkungsbeziehungen entwickelt werden.

Urs Hintermann betonte den Unterschied zwischen Beobachtungsprogrammen, die der Überprüfung der Wirkung einzelner Maßnahmen dienen (d.h. für GVO beispielsweise abklären, dass eine befürchtete Veränderung nicht eingetreten ist) und Umweltbeobachtungsprogrammen, die aus-

schließlich der Dokumentation von Veränderungen von Umweltparametern unabhängig von einzelnen Projekten und Maßnahmen dienen. Er wies auch auf die Notwendigkeit hin, beide deutlich voneinander abzugrenzen, was sich auch in der Diskussion über eine fallspezifische Beobachtung und ein allgemeines Monitoring widerspiegelt. Zusätzlich empfahl er, klare Ziele und Fragestellungen im Vorhinein zu definieren, eine ergebnisorientierte Herangehensweise zu wählen und die Vergleichbarkeit mit soviel existierenden Beobachtungsprogrammen wie möglich zu gewährleisten. Außerdem schlug er vor, unbedingt statistisch die Verlässlichkeit der Ergebnisse zu überprüfen.

Erik Framstad aus Norwegen unterzog das Schweizer Biodiversitäts Monitoring Programm einer kritischen Analyse und lieferte Basisinformation über das Design von Monitoring Programmen. Er betonte, wie wichtig es sei, Monitoring mit strategischen Zielen in Beziehung zu setzen und diese, weil sie meistens zu allgemein und unspezifisch formuliert sind, für Monitoringzwecke weiter zu spezifischen Indikatoren oder Standards zu entwickeln. Er empfahl das „pressure-state-response“ Modell, wobei besonders auf die Verknüpfung der einzelnen Indikatoren untereinander geachtet werden sollte. In Bezug auf das Schweizer BDM stellte er Lücken in der Abdeckung einiger „pressure“-Indikatoren (z.B. Klimawandel, Verschmutzung) fest und sieht Schwierigkeiten darin, Veränderungen in „state“-Indikatoren mit „pressure“- und „response“-Indikatoren in Beziehung zu setzen. Im Allgemeinen sieht er die Schlüsselbedingungen Kontinuität, Qualitätssicherung (statistischer Aspekte), Kosteneffizienz und praktische Handhabung im Schweizer BDM ausreichend berücksichtigt. Seiner Meinung nach ist bei solchen Programmen der Mangel an entsprechenden Ressourcen, alle Parameter mit der notwendigen statistischen Genauigkeit abdecken zu können, ein allgemeines Problem.

8 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Am Ende des Workshops präsentierten die Veranstalter folgende Schlussfolgerungen und Empfehlungen, die allerdings am Workshop selbst nicht weiter diskutiert wurden, sondern als Ausgangspunkt für weitere Diskussionen bei anderen Gelegenheiten gedacht sind.

1. Einige EU-Mitgliedstaaten haben schon Erfahrungen in der Umsetzung von Monitoring Programmen, einige haben sogar schon welche eingeführt. Einige EU Mitgliedsstaaten haben schon ökologisches Monitoring in Agrarökosystemen durchgeführt.
2. Die Ergebnisse dieses Workshops sollen in die Entwicklung von Leitlinien (guidance notes), wie im Anhang VII des Gemeinsamen Standpunktes zur Änderung der Richtlinie 90/220/EWG vorgesehen, einfließen. Dies sollte von der Europäischen Kommission und den Mitgliedsländern dringend in Angriff genommen werden, weil diese Leitlinien zur Vervollständigung des Annex VII nötig sind und innerhalb von 18 Monaten nach in Kraft treten der Richtlinie entwickelt werden müssen.
3. Der Schwerpunkt bei der Diskussion über Monitoring sollte auf dem Monitoring von für den Markt zugelassenen Produkten, gemäß Teil C der Richtlinie, liegen. Nichtsdestoweniger ist eine allgemeine Verständigung über Begriffe und Konzepte, wie beispielsweise über das Monitoring bei absichtlicher Freisetzung gemäß Teil B und über Biosicherheitsforschung notwendig. Allgemeine Prinzipien für Monitoring Programme sollten entwickelt werden und spezifische

Monitoring-Protokolle sollten den jeweiligen lokalen Umweltbedingungen angepasst werden können.

4. Voraussetzungen für die Umsetzung von Monitoring-Konzepten und -Programmen, die weiter entwickelt und harmonisiert werden müssen, sind:

- Definitionen
- Parameter
- Monitoring Richtlinien und Methoden

5. In Bezug auf Definitionen von Monitoring nach Inverkehrbringen gemäß Teil C der überarbeiteten Richtlinie 90/220/EWG wird folgendes vorgeschlagen:

Das **Fallspezifisches Monitoring** („case specific monitoring“) dient dazu, jede Vermutung aus der Risikoabschätzung, die mögliche nachteilige Effekte des GVO oder seiner Verwendung auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt betrifft, zu überprüfen. Es beschäftigt sich über einen begrenzten Zeitraum mit einzelnen Anträgen auf Inverkehrbringung und mit der Beobachtung gewisser nachteiliger Effekte, z.B. unmittelbarer und direkter, verzögerter oder indirekter Effekte, die in der Risikoabschätzung aufgezeigt wurden.

Das **allgemeine Monitoring** („general surveillance“) dient der Beobachtung von Langzeiteffekten von GVO und deckt die Beobachtung jener nachteiligen Effekte für die menschliche Gesundheit und die Umwelt ab, die in der Risikoabschätzung für ein bestimmtes Produkt nicht vorhergesehen wurden. Um nachteilige Wirkungen erfassen zu können, soll das allgemeine Monitoring sowohl aus Elementen bestehen, die auf Ursache-Wirkungshypothesen aufbauen, als auch aus Elementen, die nicht auf klar definierten Hypothesen beruhen. Sobald Veränderungen in der Umwelt festgestellt werden, sind weitere Untersuchungen notwendig.

Einen weiteren Bestandteil könnten bereits existierende Beobachtungsprogramme darstellen, die entsprechend an die Bedürfnisse des GVO-Monitorings angepasst werden könnten. Das könnten beispielsweise Umweltbeobachtungsprogramme, Programme im landwirtschaftlichen Bereich, Ernährungsstudien, Naturschutz Programme, Bodenbeobachtungsprogramme und veterinärmedizinische Erhebungen sein.

6. Folgende Bereiche bedürfen bezüglich Monitoring noch einer Klärung:

a) Planung und Design von Monitoring-Programmen

- Vergleichsbasis
- Klärung der zeitlichen und räumlichen Ausdehnung von Monitoring Programmen
- Klärung der relevanten Indikatoren

b) Anerkannte Methodik für die Datenerhebung

- Kriterien zur Erfassung der Ergebnisse (inklusive Definitionen nachteiliger Effekte, ökologischer Schäden, Verknüpfung zum Entscheidungsfindungsprozess, Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips)

- Schutzziele
- c) Daten
- Sammlung und Verteilung der Daten aus Monitoring Programmen (Datenbanken) auf nationaler und EU Ebene
- d) Verbindung mit anderen relevanten Themen, wie z.B. Risikoabschätzung, „farm-scale-evaluation“, Rückverfolgbarkeit etc.
- e) Forderung nach weiterer Forschung bezüglich Monitoring und der Phase vor dem Monitoring
- f) Finanzielle Mittel und Zuständigkeiten
- g) Vermittlung der Ergebnisse
7. Follow-up: Arbeitsgruppen zur Entwicklung der „guidance notes“ (siehe oben) bezüglich der oben angeführten Fragen sind einzurichten. Diese sollten unter der Führung der Europäischen Kommission und /oder einzelner Mitgliedsstaaten, die bereit und interessiert an der Übernahme einzelner Aufgaben sind, arbeiten.

9 Daten und Fakten

In Summe nahmen 103 Personen aus 17 verschiedenen Ländern an dem Workshop teil. Darunter waren Vertreter der zuständigen Behörden der Mitgliedsstaaten, Vertreter der Europäischen Kommission und der Industrie, aber auch Wissenschaftler unterschiedlichster Disziplinen. Neben den meisten EU Staaten waren auch Polen, Ungarn, die Tschechische Republik, die Schweiz und Norwegen vertreten (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Teilnehmer des Workshops nach Ländern.

Land	Anzahl der Teilnehmer
Belgien	6
Dänemark	3
Deutschland	41
Europäische Union	3
Finnland	3
Frankreich	5
Großbritannien	2
Holland	3
Italien	6
Irland	1
Norwegen	2
Österreich	10
Polen	5
Schweden	3
Schweiz	6
Spanien	1
Tschechische Republik	2
Ungarn	1

3.3 Erste Vorstellungen für Leitlinien zum Anhang VII der neuen Freisetzungsrichtlinie 2001/18/EG zum Monitoring von GVO

Angelehnt an Pfanzagl (1999) und Traxler et al. (2000); siehe Text

H. Gaugitsch, Umweltbundesamt GmbH, Wien; gaugitsch@ubavie.gv.at

Sicherheitsforschung:

Vorschlag für eine Definition: „Untersuchung möglicher Auswirkungen gentechnisch veränderter Organismen in geschlossenen Systemen (Labor, Klimakammer, Gewächshaus, ...) und bei Freisetzungen sowie die Entwicklung von Techniken zur Erhöhung der Sicherheit gentechnisch veränderter Organismen.“

Ergänzende Erklärungen Sicherheitsforschung beschränkt sich verstärkt auf Untersuchungen in geschlossenen Systemen (aber teilweise auch auf Freisetzungen) und konzentriert sich auf Schadensvermeidung durch Erhöhung der Sicherheitsstandards. In geschlossenen Systemen wird experimentell geklärt, welche Risiken theoretisch eintreten könnten. Die Untersuchungen dazu werden unter standardisierten ökologischen Bedingungen durchgeführt. Die Ergebnisse müssen daher nicht zwingend freilandrelevant sein. Die Sicherheitsforschung liefert Grundlagen für die Risikoabschätzung und Konzepte zur Rückholung von GVO im Falle einer ernsten Gefahr.

Monitoring:

Vorschlag für eine Definition: „Zeitlich begrenzte Untersuchungen mit bestimmten Fragestellungen zu den Auswirkungen gentechnisch veränderter Organismen auf Ökosysteme (fallspezifisches oder case-specific Monitoring) oder langfristig angelegte Beobachtung von Ökosystemen, die durch das Inverkehrbringen gentechnisch veränderter Organismen beeinflusst werden könnten (allgemeines Monitoring oder general surveillance).“

Ergänzende Erklärungen: **Monitoring** ist ein Überbegriff für Überwachungs- und Beobachtungssysteme und kann unterschiedlichste Ziele verfolgen (Frühwarnsystem, Erfolgskontrolle, Kontrolle der gesetzlichen Regelungen). Bei der Überwachung von GVO handelt es sich einerseits um ein „regulatorisches Monitoring“, das gesetzlich festgelegte Zielparameter beobachtet (Umwelteffekte von GVO nach der Richtlinie 90/220/EWG) und gegebenenfalls einen steuernden Eingriff veranlassen kann. Andererseits soll auch neues Wissen über die Effekte von GVO gewonnen werden, welches in die Risikoabschätzung der GVO einfließen kann.

Das **fallspezifische (case specific) Monitoring** soll über einen ausreichend langen Zeitraum hinweg erfolgen, um unmittelbare und direkte aber auch spätere oder indirekte Auswirkungen im Sinne der Risikoabschätzung erfassen zu können. Das fallspezifische Monitoring ist streng hypothesengestützt und orientiert sich an den potentiellen Risiken, die in der Risikoabschätzung formuliert werden. Die Hypothesen werden im zielgerichteten Experiment bestätigt oder verworfen. Typische Fragestellungen für das fallspezifische Monitoring sind beispielsweise die Kontrolle der Aus-

breitung von GVO, der Genfluß in Flächen des biologischen Landbaus oder die Überwachung der Wildkrautdiversität in einem Freisetzungsfeld. Das fallspezifische Monitoring sollte schwerpunktmäßig so ausgerichtet sein, dass direkte und unmittelbare Effekte erkannt werden. Damit wird das fallspezifische Monitoring schwerpunktmäßig (aber nicht ausschließlich) bei Freisetzungen und in den ersten Jahrzehnten nach dem Inverkehrbringen eingesetzt.

Das **allgemeine Monitoring (general surveillance)** sollte als interdisziplinär angelegtes, ökologisches Langzeitmonitoring verstanden werden, das schwerpunktmäßig indirekte, verspätete und unerwartete Umwelteffekte von GVO überwachen soll. Der Einsatzbereich beschränkt sich daher weitgehend auf die Phase nach dem Inverkehrbringen von GVO. Dabei könnte von bereits bestehenden routinemäßigen Überwachungspraktiken Gebrauch gemacht werden. Beim allgemeinen Monitoring zur Erkennung unvorhergesehener Effekte weiß man zu Versuchsbeginn nicht, welche Effekte wann und wo auftreten werden. Das Versuchsdesign muss daher auf eine für möglichst große Flächen repräsentative Erhebung geeigneter Parameter abzielen. Die Chance, unvorhergesehene Effekte zu erkennen, ist allgemein eher gering und erfordert eine lange Beobachtungsperiode.

PFANZAGL, B. (1999): Begleituntersuchungen bei gentechnisch veränderten Pflanzen. Sicherheitsforschung, Ökologische Begleitforschung und Monitoring. Monographie des Umweltbundesamtes, Band M-114, Wien, 1999.

TRAXLER, A., HEISSENBERGER, A., FRANK, G., LETHMAYER, C. und GAUGITSCH, H. (2000): Ökologisches Monitoring von gentechnisch veränderten Organismen. Monographien des Umweltbundesamtes, Band M-126, Wien, 2000.

1. Vorschlag für ein Rahmenkonzept für ein Monitoring von gentechnisch veränderten Organismen (zum Großteil entnommen aus TRAXLER et al., 2000)

Ein Rahmenkonzept für das Monitoring von GVO bzw. zusammenfassende Leitlinien sollen es ermöglichen,

- ökologische Monitoringpläne für GVO zu erstellen
- Monitoringpläne im Rahmen von Anträgen zur Freisetzung oder zum Inverkehrbringen auf ihre Eignung für ökologisches Monitoring zu überprüfen.

Monitoringpläne sollen einen fall-spezifischen (case-specific) und einen allgemeinen (general surveillance) Teil beinhalten. Die generellen Leitlinien für Monitoringkonzepte sind Empfehlungen und sollen möglichst fallunabhängig sein und für die Zulassung von gentechnisch veränderten Pflanzen gelten. Es handelt sich um eine Diskussionsgrundlage für Leitlinien, die nach dem Inkrafttreten der novellierten Richtlinie 90/220/EWG erstellt werden müssen.

A. Leitlinien für ökologisches Monitoring bei Freisetzen

1. Notwendige Angaben zum ökologischen Umfeld des Freisetzenstandortes

- Sind detaillierte Angaben über das floristische und faunistische Artenspektrum und über die Lebensraumausstattung am und im Nahbereich des Freisetzenstandortes vorhanden (aus Datenbanken, Biotopkartierungen, floristischer Kartierung und ergänzenden Freilandkartierungen)?
- Sind den aufgelisteten Arten und Lebensräumen die Gefährdungs- bzw. Schutzgrade nach den Roten Listen, diversen Richtlinien und dem jeweiligen Landes-Naturschutzgesetz zugewiesen?
- Ist der Freisetzenstandort der betreffenden biogeographischen Region Österreichs zugeordnet? Werden Angaben gemacht, ob durchgeführte Voruntersuchungen mit der Situation der biogeographischen Region des Freisetzenstandortes grob vergleichbar sind?

2. Methode und Design

- Sind ökologisch relevante Fragestellungen von landwirtschaftlichen und molekularbiologischen Fragestellungen klar abgetrennt? Gibt es ein eigenes Modul „ökologisches Monitoring“?
- Ist das Monitoringkonzept methodisch an die speziellen Risiken des Lebensraumes angepasst, in dem der GVO freigesetzt wird?
- Entspricht das Versuchsdesign nachvollziehbaren Kriterien der „schließenden“ Statistik, und wird sowohl in der Auswertung als auch im Bewertungsprozess die subjektive Komponente möglichst gering gehalten?
- Entspricht die Größe und das Versuchsdesign des Freisetzenstandortes den speziellen Anforderungen der zu untersuchenden ökologischen Fachbereiche? Besonders zoologische Untersuchungen benötigen aufgrund der Mobilität der Tiere genügend große Flächen und ausreichend Abstand zur Referenzfläche mit der konventionellen Vergleichssorte .
- Ist die Dauer des Monitorings so angesetzt, dass (zumindest) Kurzzeitveränderungen erkannt werden können?
- Sind die Untersuchungsparameter so ausgewählt, dass im Sinne der Frühwarnfunktion Umwelteffekte rasch erkannt werden können?
- Enthält die Freisetzenanlage und ihr Umfeld überhaupt Lebensräume, die für ein ökologisches Monitoring relevanter Organismengruppen überwacht werden können oder sind diese aus sicherheitstechnischen Aspekten gänzlich ausgeschlossen? Wird bei der Wahl des Freisetzenstandortes ein Mittelweg gefunden, um ökologische Fragestellungen nicht nur auf die Zeit nach dem Inverkehrbringen zu verschieben, aber trotzdem ein hoher Sicherheitsstandard im Falle unerwarteter Umweltschäden eingehalten?
- Wird zumindest ein Teil der ökologischen Untersuchungen von unabhängigen Instituten und nicht vom Antragsteller selbst durchgeführt, um die Objektivität und Akzeptanz des Monitorings zu erhöhen?

3. Bewertungskriterien

- Sind für das fallspezifische Monitoring klar formulierte und messbare Zielwerte, Schwellenwerte und Abbruchkriterien festgelegt? Sind Aktionspläne und Handlungsabläufe festgelegt, wenn einer dieser Werte überschritten wird?
- Sind Angaben enthalten, welche ökologischen Schutzziele Österreichs vom GVO am ehesten beeinflusst werden könnten (nach dem aktuellen Wissensstand)?

4. Aktueller Wissensstand

- Sind die Monitoringuntersuchungen an den aktuellen Wissensstand über Risikobewertung und Umwelteffekte von GVO angepasst („need to know – nice to know“) ?

5. Erhöhte Sicherheitsvorkehrungen

Besonders **hohe Sicherheitsbestimmungen** beim Monitoring sind erforderlich bei :

- erhöhter Streßtoleranz des GVO (Trockenheit, Kälte oder salzhaltige Böden),
- Freisetzungen in Lebensräumen außerhalb der Ackerstandorte (z. B. Grünland, naturnahe Lebensräume),
- Introgressionspotential in nah verwandte Wildarten,
- erhöhter Invasionsfähigkeit des GVO.

6. Öffentlichkeitsarbeit

Wurde die Öffentlichkeit bei der Erstellung der Monitoringpläne eingebunden und gibt es detaillierte Angaben, in welcher Form und zu welchem Zeitplan der Öffentlichkeit die (Zwischen-) Ergebnisse zugänglich gemacht werden?

B. Leitlinien für ökologisches Monitoring zum Inverkehrbringen

Im Wesentlichen können die Leitlinien für Monitoring bei Freisetzungsanträgen auch für die Evaluierung des fallspezifischen Monitorings nach dem Inverkehrbringen der GVO herangezogen werden. Das allgemeine Monitoring sollte von der zuständigen Behörde zentral verwaltet werden, wobei vom Antragsteller Untersuchungsparameter vorgeschlagen werden, die in diese nationale Umweltbeobachtung einfließen sollen. Im Antrag soll klar getrennt sein, welche Aufgabe das fallspezifische Monitoring auf Versuchsfeldern, und welche das allgemeine Monitoring in einem landesweiten Kontrollsystem zu leisten hat. Die geplante Dauer des fallspezifischen Monitorings auf Versuchsfeldern ist anzugeben.

C. Weitere Punkte, die in einem Rahmenkonzept für ein Monitoring von GVO enthalten sein sollten:

- Finanzierung
- Organisation, Durchführung und Zuständigkeit für das Monitoring
- Zeithorizont der Untersuchungen
- Messbarkeit von Parametern
- Bei Pflanzen: Vergleich der transgenen Kulturpflanze mit der konventionellen Kultursorte
- Ökologischen Schutzziele, Abbruchkriterien
- Auswertung und Interpretation der Ergebnisse
- Erhebungsparameter und Untersuchungsmethoden
- Interdisziplinarität und Flächenauswahl
- Etwaige internationale Kooperation

3.4 Etablierung eines europäischen Genregisters zur Erfassung gentechnisch veränderter Organismen

M. Röver und R. Lorberth; Robert Koch-Institut (RKI), Zentrum Gentechnologie, Wollankstraße 15-17, 13187 Berlin; e-mail: gentechnik@rki.de

In der EU-Richtlinie 97/35/EG zur zweiten Anpassung der Richtlinie 90/220/EWG des Rates über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt an den technischen Fortschritt wird durch den geänderten Anhang III A. 5. der politische Wille zur Einrichtung eines Genregisters deutlich. Demnach muss ein Antragsteller, der gentechnisch veränderte Organismen in Verkehr bringen möchte, im Rahmen der Antragsunterlagen „Informationen über die genetische Veränderung, die für ein eventuell angelegtes Register der an Organismen (Arten) vorgenommenen Veränderungen relevant sein könnten“ vorlegen.

Im Zuge der Novellierung dieser so genannten Freisetzungsrichtlinie (RL 2001/18/EG vom 12.03.2001) wurde diese Zielvorgabe weiter konkretisiert: „Die Kommission richtet ein oder mehrere Register ein, um Informationen über genetische Veränderungen bei [...] gentechnisch veränderten Organismen (GVO) festzuhalten.“ (Art. 31, 2).

Anhang IV A. 7. benennt die Informationen, die zu diesem Zweck in einer „Anmeldung des Inverkehrbringens von GVO als Produkte oder in Produkten“ enthalten sein müssen. Hierunter fallen Informationen, „die zum Nachweis und zur Identifizierung bestimmter GVO-Produkte verwendet werden können, um die Überwachung nach dem Inverkehrbringen zu erleichtern. Dazu gehören gegebenenfalls die Hinterlegung von Proben des GVO oder seines genetischen Materials bei der zuständigen Behörde und Einzelheiten zu DNA-Sequenzen oder sonstige für die Identifizierung des GVO-Produkts und nachfolgender Produkte relevante Informationen, z. B. die Methoden zur Erkennung und Identifizierung des GVO-Produkts, einschließlich Daten aus Versuchen zum Nachweis der Spezifität der Methoden.“

Durch die Ansiedlung der Erfordernis für ein Genregister in der Freisetzungsrichtlinie lassen sich allgemeine Anforderungen an eine zu erstellende Datenbank formulieren, die sich aus den Grundsätzen der Richtlinie ergeben. Demnach muss sich das Register dafür eignen, Informationen zur Charakterisierung von in Verkehr gebrachten GVO systematisch zu erfassen und darzustellen. Im Vordergrund stehen dabei Informationen, die für die Entwicklung von Nachweisverfahren herangezogen werden können, z. B. DNA-Sequenzen der in den GVO vorhandenen Insertionen oder Daten zur Expression von Fremdproteinen. Darüber hinaus sollen bereits vorhandene Nachweisverfahren gesammelt und ggf. Referenzmaterial verwaltet werden. Diese Daten bilden die Grundlage für die Rückverfolgbarkeit des GVO und ermöglichen im Zuge des Monitorings seine Identifizierung. Des weiteren stellt das Genregister ein Instrument zur Veröffentlichung von Informationen zu in Verkehr gebrachten GVO dar.

Im Hinblick auf den Erwägungsgrund 13 der Richtlinie¹ lassen sich mit dem Genregister Anknüpfungspunkte zum *Cartagena Protocol on Biosafety* (www.biodiv.org/biosafety) im Rahmen der *Convention on Biological Diversity* darstellen. In diesem Zusammenhang ist eine Anbindung an das so genannte *Biosafety Clearing House* (www.biodiv.org/bch) geplant, dessen Sekretariat zurzeit ebenfalls ein komplexes Datenbanksystem zur Erfassung von GVO entwickelt.

Neben der rechtlichen Erfordernis liegt seit der ersten Zusammenkunft des neu etablierten *European Network of GMO Laboratories* (EN-GMO) ein Auftrag dieses Gremiums vor, ein Genregister, das alle molekularen Details der in der EU zugelassenen GVO nebst geeigneter Computerprogramme zur Analyse von Nukleinsäuresequenzen umfasst, zu etablieren (<http://food.jrc.it/gmo/index.htm>).

Auf dieser Basis wurde die Planung und Entwicklung des Genregisters begonnen. Das Joint Research Center der Europäischen Kommission, Institute for Health and Consumer Protection (JRC-IHCP) in Ispra, Italien, koordiniert das Projekt: „Development of a GMO register consisting of a database and accompanying bioinformatic tool designed for detection and monitoring purposes in support of the activities of the European Network of GMO Laboratories (EN-GMO).“ Weiter beteiligt sind Wissenschaftler der Area di Ricerca di Bari, Consiglio Nazionale delle Ricerche (AREA-BA/CNR, Bari, Italien), die durch langjährige Erfahrungen in der Informationstechnik und Bioinformatik die technische Umsetzung gewährleisten sowie das Zentrum Gentechnologie des Robert Koch-Instituts (RKI), das einen Genregister-Prototypen zur Verfügung gestellt hat und seine nationalen und internationalen Erfahrungen als zuständige Behörde (Competent Authority) von Deutschland für die weitere Entwicklung und Umsetzung des Projektes einbringt.

Konzept für das Genregister

Es ist davon auszugehen, dass das Genregister in erster Linie zur Informationsbeschaffung und -verwaltung für die mit der Überwachung von Massengütern, Lebensmitteln, Futtermitteln, Saatgut und ggf. Freisetzungsversuchen betrauten nationalen Überwachungsbehörden dienen wird. In diesem Zusammenhang kann das Genregister durch die Dokumentation von aktuellen, allgemein anerkannten, standardisierten und validierten Nachweismethoden einen Beitrag zur Rechtssicherheit von Untersuchungsergebnissen liefern und durch die Bereitstellung von computergestützten Werkzeugen (Entwicklung von PCR-Primern, Sequenzvergleiche und -analysen, Restriktionsverdau-Simulationen, etc.) die Entwicklung neuer Nachweismethoden unterstützen.

Die Competent Authorities der EU-Mitgliedstaaten erhalten über das Genregister einen direkten Zugriff auf Daten zur molekularbiologischen Charakterisierung, zu den phänotypischen Eigenschaften einzelner GVO sowie über den Stand und weitere Modalitäten des Zulassungsverfahrens.

Nicht vertrauliche Teile des Genregisters werden durch eine Darstellung im Internet der interessierten Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

¹ Die Richtlinie „sollte die Anforderungen des Protokolls von Cartagena über die biologische Sicherheit zum Übereinkommen über die biologische Vielfalt beachten. Die Kommission sollte [...] im Zusammenhang mit der Ratifizierung des Protokolls geeignete Vorschläge zu seiner Durchführung vorlegen.“

Unter Einbeziehung des o. g. Genregister-Prototypen, der vom Robert Koch-Institut als Arbeitsmodell für die Entwicklung eines EU-weiten Genregisters erstellt wurde, ist von den Kooperationspartnern (JRC-IHCP, AREABA/CNR, RKI) ein erstes Konzept für die Struktur des Genregisters erarbeitet worden, das grundlegend aus den drei Bausteinen Administration, GVO-Charakterisierung und Nachweisverfahren besteht (Abb. 1).

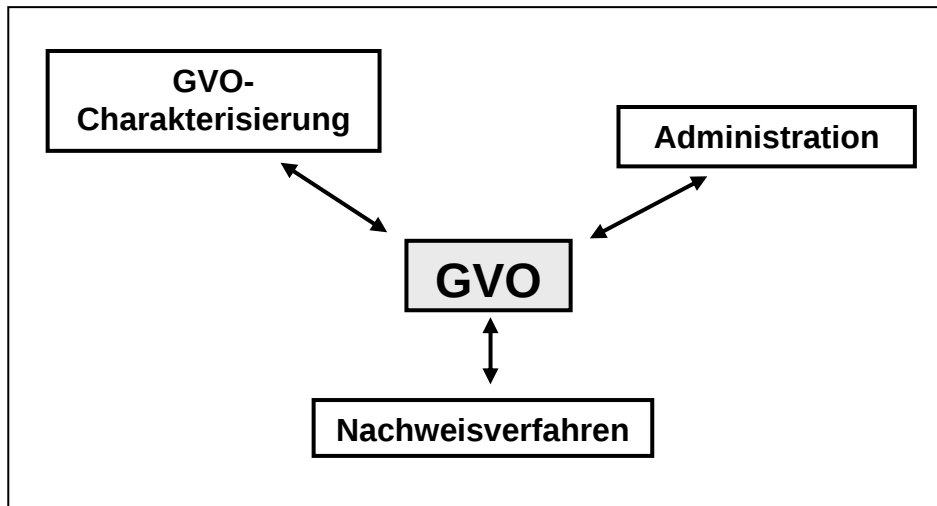


Abb.1: Schematische Darstellung des modularen Aufbaus des Genregisters

GVO:

Zur eindeutigen Identifizierung der GVO ist geplant, einen *unique identifier* zu verwenden. Handelsnamen von GVO und Produkten, die GVO enthalten oder aus ihnen bestehen, lassen sich diesem zuordnen. Eine weltweit einheitliche Handhabung bei der Vergabe von unique identifizern wird angestrebt und vom RKI im Rahmen seiner internationalen Aktivitäten durch eigene Vorschläge für ein Kennzeichnungssystem unterstützt.

Administration:

Dieser Bereich des Genregisters beinhaltet Informationen über Antragsteller, den Status des Verfahrens und die beteiligten Behörden. Informationen über die Art bzw. den Umfang der Genehmigung (GVO, Saatgut, Futtermittel, Lebensmittel), den Verwendungszweck (Anbau, Verarbeitung, Import, etc.), den Zeitraum der Zulassung und Kennzeichnungsvorgaben sollen ebenfalls in diesem Bereich erfasst werden. Es ist vorgesehen, über dieses Modul eine direkte Verknüpfung zum o. g. Biosafety Clearing House zu etablieren.

GVO-Charakterisierung:

Dieses Modul wird Informationen zur Taxonomie und Biologie der Empfängerpflanze (ggf. Verknüpfung zu *OECD consensus documents*: www.oecd.org/ehs/cd.htm), zur Transformationstechnik, zu den verwendeten Vektoren (genetische Elemente und DNA-Sequenzen), zur gentechnischen Veränderung (Insertstruktur, Kopienzahl, Anzahl der Integrationsorte, etc.) sowie zu den neuen Eigenschaften der GVO (Expression, Resistenz, etc.) enthalten.

Insbesondere durch die Daten dieses Bereiches wird die Entwicklung neuer Nachweisverfahren unter Verwendung der genannten computergestützten Werkzeuge unterstützt.

Nachweisverfahren:

Die Sammlung von Methoden zum Nachweis und zur Identifizierung der GVO soll neben detaillierten Angaben zu PCR-basierte Methoden und immunologischen Verfahren auch Informationen zur Aufarbeitung verschiedener Matrices (u. a. verarbeitete Produkte aus GVO) und Angaben zur Güte der dokumentierten Verfahren beinhalten. Hierunter fallen beispielsweise Angaben zu den folgenden Parametern: Validität, Aktualität, Spezifität, Sensitivität, Nachweisgrenzen, Quantifizierungsgrenzen, Robustheit, linearer Arbeitsbereich, Status des Referenzmaterials, verfügbare Standards.

Technische Umsetzung

Als technische Lösung ist eine ORACLE-Datenbank mit einer möglichst großen Kompatibilität zu weiteren Datenbanksystemen und der Möglichkeit zur Präsentation von Daten im Internet vorgesehen. Ein Extranet wird den Competent Authorities und Überwachungsbehörden durch die Vergabe von definierten Zugriffsrechten einen Zugang zu den Daten des Genregisters ermöglichen. Antragsteller und die Öffentlichkeit erhalten einen begrenzten Zugang zu den teilweise vertraulichen Daten über ein Internet-Portal.

Über angebundene computergestützte Werkzeuge soll eine Bearbeitung und Auswertung der (Sequenz-) Informationen wie z. B. Sequenzvergleiche und Recherchen in Internet-verfügbaren Datenbanken ermöglicht werden. Zur Unterstützung bei der Einarbeitung in das System werden Trainingsprogramme entwickelt und angeboten.

Ausblick

Das Genregister soll künftig nicht auf die Sammlung von Informationen und Daten, die von Antragstellern zu einzelnen GVO im Rahmen der Antragsunterlagen von Anmeldungen für das Inverkehrbringen gemäß Freisetzungsrichtlinie geliefert wurden, begrenzt bleiben. Es ist darüber hinaus vorgesehen, die Datenbasis dahingehend zu erweitern, dass auch die Bereiche Lebensmittel-, Futtermittel- und Saatgutüberwachung abgedeckt werden können. In diesem Sinne ist auch eine Anbindung an weitere Aktivitäten zur Erfassung von GVO geplant (OECD, Biosafety Clearing House, etc.).

3.5 Die “European Enforcement Group of Deliberate Release of GMOs” – Überblick und erste Ergebnisse

T. Engelke, Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten des Landes Schleswig-Holstein, Referat Biotechnologie/Gentechnik, Mercatorstr. 3, 24106 Kiel;

1. Allgemeines

Die “European Enforcement Group of Deliberate Release of Genetically Modified Organisms (GMOs)” (EEG-DR) ist ein Netzwerk von Inspektoren in Europa, die für die Überwachung der Freisetzung und des Inverkehrbringens (IVB) von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) zuständig sind.

Das erste Projekt “European Enforcement Project on Deliberate Release of Genetically Modified Organisms (EEP-DR)” begann im September 1999 und wurde im Februar 2001 beendet. Ein zweites Projekt “European Enforcement Project “Monitoring the Environmental Effects of Genetically Modified Plants (EEP-MON)” begann im März 2001 und wird im April 2002 beendet werden. Die Projekte wurden von der zuständigen Überwachungsbehörde Schleswig-Holsteins initiiert und werden von der Europäischen Kommission finanziell unterstützt. 12 EU Mitgliedsstaaten (Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Irland, Italien, die Niederlande, Österreich, Schweden, Spanien, Vereinigtes Königreich) und zusätzlich Island, Norwegen und die Schweiz sowie die Europäische Kommission nahmen aktiv an den Projekten teil.

Ein Hauptziel der Projekte lag in dem Zusammenführen der Inspektoren einschließlich ihrer Expertise im Bereich der Überwachung von Freisetzung und IVB von GVO. Inspektoren von 15 Staaten trafen sich in der EEG-DR, um ihre Erfahrungen zu teilen und voneinander zu lernen. Ein zweites Hauptziel war, die Überwachung der Freisetzung von GVO in Europa zu verbessern, zu intensivieren und falls möglich, zu harmonisieren. Schwerpunkte liegen in den Bereichen Monitoring von GVO und Probenahme von GVO.

Die Hauptidegebnisse des EEP-DR Projektes wurden im Februar 2001 präsentiert:

- ein Leitfaden für die grundsätzliche Durchführung der Überwachung einschließlich genereller Kriterien für Inspektoren,
- ein Überblick über spezifische Anforderungen an Aufzeichnungen des Betreibers,
- ein Überblick über Genehmigungsbestimmungen in verschiedenen Staaten,
- ein Überblick über nationale Verwaltungen, die über Informationen zu inverkehrgebrachten GVO verfügen,
- ein Überblick über Isolierungsmaßnahmen für die wichtigsten Kulturpflanzen,
- eine Liste über Aktivitäten der öffentlichen Risikoforschung und Monitoring einschließlich einer Klassifizierung der Monitoring Aktivitäten,

- drei Standard-Durchführungsbestimmungen (SOPs) für die Probennahme von transgenen Pflanzen (-teilen),
- eine Liste von öffentlichen Überwachungslabors und der dort möglichen Untersuchungsmethoden
- ein Bericht über die Verfügbarkeit von Referenzmaterialien,
- eine wer-ist-wer Liste der Inspektoren und
- Berichte von 5 gemeinsamen Überwachungen mit 21 Teilnehmern in 10 Staaten.

Einige dieser Ergebnisse werden weiter aktualisiert oder auch weiter bearbeitet.

Es ist geplant, die Ergebnisse in einem Thematischen Netzwerk (Extranet) zu präsentieren. Ein erster Prototyp wurde im März 2001 für eine Pilotphase eingerichtet und umfasst 16 thematische Cluster in drei Themengruppen:

- interne Kommunikation und Datenbanken
- Werkzeuge der Überwachung
- externe Kommunikation und Datenbanken

Ein Schnell-Informationssystem innerhalb des Thematischen Netzwerkes soll zukünftig noch erarbeitet werden. Weiter ist eine Öffnung des Netzes für alle zuständigen Gentechnikbehörden unter der Richtlinie 90/220/EWG geplant.

Auf der Abschlusskonferenz des ersten Projektes (EEP-DR) haben die Teilnehmer folgendes Fazit gezogen:

- Alle Teilnehmer haben ihr Wissen über den Überwachungsvollzug für die Freisetzung von GVO erweitert. Die meisten Teilnehmer benutzen die Ergebnisse für den Vollzug in ihrer Behörde.
- Für 80 % der Teilnehmer hat das Projekt eine Intensivierung ihres Vollzuges ergeben.
- Das Projekt hat die Harmonisierung des Vollzugs in diesem Bereich innerhalb Europas vorangebracht.
- Ein wichtiges Werkzeug für die Zukunft des Inspektoren Netzwerkes stellt das Thematische Netzwerk dar.

2. Monitoring von GVO

Zuerst stellt sich die Frage nach der Definition. Es stellte sich in dem Projekt heraus, dass eine Fülle von Definitionen über Monitoring verwendet wird. Nach und nach kristallisierte sich heraus, dass es am sinnvollsten ist, die in der novellierten Fassung der Freisetzungsrichtlinie 2001/18/EWG verwendeten Definitionen als Grundlage zu benutzen. Angeschlossen an den Komplex wurde die Sicherheitsforschung, die an sich kein Monitoring darstellt, diesem aber häufig vo-

rausgeht und teilweise zum Monitoring schwer abgrenzbar ist. Folgende Klassifizierung wurde gewählt (Abb. 1):

- Klasse I: Risikoforschung (kein Monitoring)
- Klasse II: Fallspezifisches Monitoring im Rahmen der Freisetzung von GVO (part B)
- Klasse III: Fallspezifisches Monitoring im Rahmen des IVB von GVO (part C)
- Klasse IV: Generelle Umweltüberwachung (general surveillance)

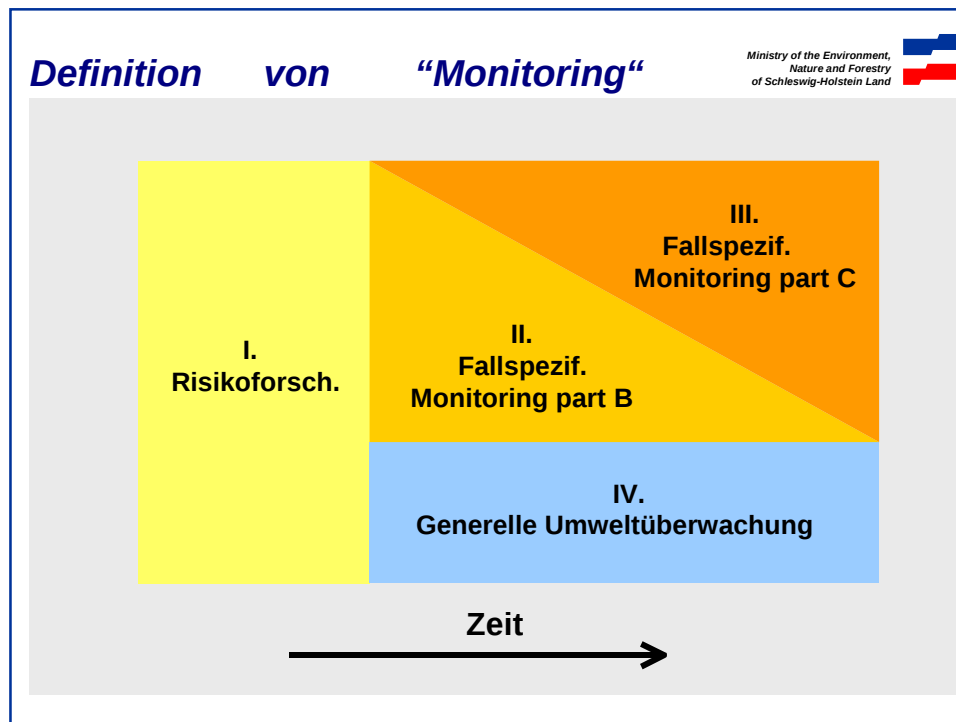


Abbildung 1: Definition von "Monitoring"

Als nächster Schritt wurde eine Sammlung von in der EU öffentlich geförderten Projekten im Bereich Risikoforschung/Monitoring zusammengestellt und entsprechend des o. a. Schemas klassifiziert (Abb. 2). Es wird deutlich, dass die Studien den Bereichen Forschung und Fallspezifischem Monitoring zugeordnet wurden und dass Untersuchungen zur generellen Umweltüberwachung nicht dabei waren. Die Studien zum fallspezifischen Monitoring verteilten sich im wesentlichen auf die Hauptanbaukulturen (Abb. 3).

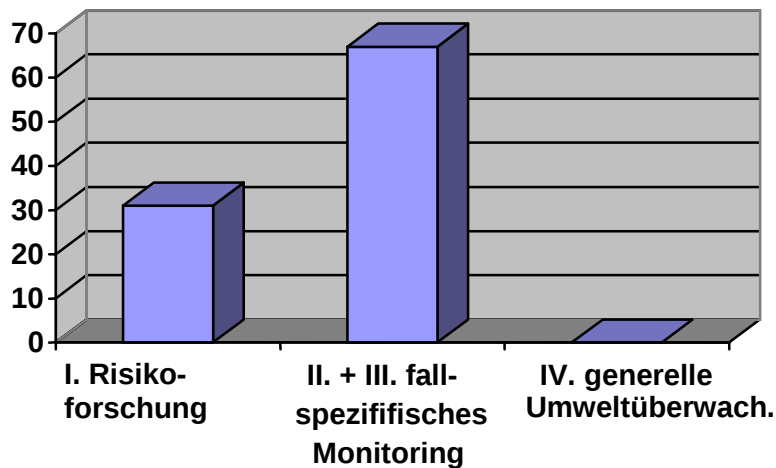


Abbildung 2: „Monitoring“ Projekte

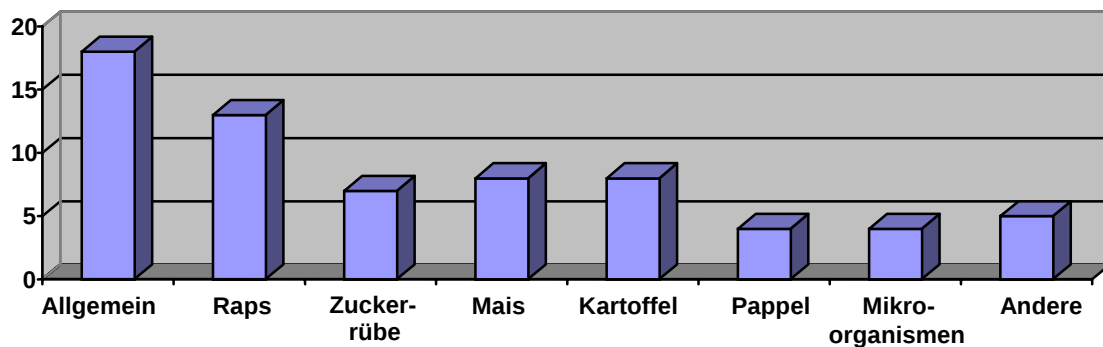


Abbildung 3: Projekte zu fallspezifischem Monitoring

Im zweiten Projekt EEP-MON der Enforcement Gruppe ist das Thema Monitoring ein Arbeitsschwerpunkt. Einige der prioritären Aktivitäten sind auf das Monitoring von GVO bezogen:

- Erstellen von drei individuellen Vorschlägen für Monitoring Pläne
 - Raps (Herbizidresistenz)
 - Futterrübe
 - Mais (Bt-Resistenz)
- Überblick über existierende nationale Programme für die generelle Umweltbeobachtung (general surveillance)
- eine Karte, auf der am Beispiel Raps die vorhandenen Daten der Hauptanbaugebiete und der Regionen für mögliche Hybridisierungspartner eingetragen werden.

Darüber hinaus wurde diskutiert, dass die vorhandenen Monitoringaktivitäten noch keine Monitoringpläne einschließen. Schwierig ist es auch, Definitionen von Überwachung und Monitoring voneinander zu trennen. Diese Schwierigkeit wird auch in der deutschen Übersetzung des englischen

Richtlinientextes 2001/18/EWG deutlich. Neben der Abgrenzung von Überwachung und Monitoring wurde erörtert, wer das Monitoring festlegen, durchführen und überwachen soll. Es wird als wahrscheinlich angesehen, dass die Genehmigungsbehörden das fallspezifische Monitoring in den Bescheiden festlegen werden, die Betreiber für die Durchführung verantwortlich sind und die Inspektorate die Überwachung übernehmen werden.

Auch die Abgrenzungen von fallspezifischem Monitoring (case specific monitoring) von genereller Umweltbeobachtung (general surveillance) sowie der Feed-back Mechanismus auf die Risikobewertung und auf die Genehmigung wurden intensiv diskutiert. Es stellte sich heraus, dass die generelle Umweltbeobachtung eher unabhängig von einzelnen Vorkommnissen oder auch von GVO ist. Voraussichtlich wird daher die generelle Umweltbeobachtung vorrangig in der Verantwortung der öffentlichen Hand liegen. Führt die Umweltbeobachtung zu unvorhergesehenen Effekten, können ein fallspezifisches Monitoring oder andere spezifische Maßnahmen erforderlich werden.

Diese und andere Themen werden derzeit von den Inspektoren bearbeitet. Mit dem Ende des Projektes im April 2002 wird ein Abschlussbericht vorgelegt werden.