

Schriftenreihe der FAL 51 / Les cahiers de la FAL 51

UMWELTMONITORING GENTECHNISCH VERÄNDERTER PFLANZEN IN DER SCHWEIZ

Erarbeitung konzeptioneller Grundlagen

Olivier Sanvido, Franz Bigler, Franco Widmer, Michael Winzeler



 agroscope

FAL RECKENHOLZ

Forschung für Landwirtschaft und Natur

Studie im Auftrag des BUWAL präsentiert an einem Workshop
im Oktober 2003.
Das Projekt wurde begleitet durch Andrea Raps und Hans Hosbach.

Impressum

ISSN 1421-4393 Schriftenreihe der FAL
ISBN 3-905608-74-X
Herausgeberin Agroscope FAL Reckenholz
Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau
Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zürich
Tel. +41 (0)1 377 71 11, Fax +41 (0)1 377 72 01
info@fal.admin.ch www.reckenholz.ch
Redaktion Denise Tschamper, FAL
Korrektorat Typoviva, Barbara Bucheli, CH-6030 Ebikon
Gestaltung I.T. Desktop, Iris Turke, CH-9506 Lommis; Ursus Kaufmann, FAL
Preis CHF 30.00 / € 20.00; inkl. MWSt
Copyright by FAL 2004

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Zusammenfassung	4
Résumé	8
Summary	12
1. Einleitung	15
1.1. Ausgangslage	15
1.2. Auftrag und Ziele der Studie	15
1.3. Einschränkungen dieser Studie	16
2. Begriffsdefinitionen	18
3. Gesetzliche Grundlagen für ein GVP-Monitoring	21
3.1. Europa	21
3.2. Schweiz	21
4. Ausländische Monitoringkonzepte	23
4.1. Europa	23
4.2. Deutschland	24
4.2.1. Umweltbundesamt	24
4.2.2. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft	25
4.3. Österreich	26
5. Grundlagen und Ziele eines GVP-Monitoringprogramms	28
5.1. Unterschied Risikoforschung / Monitoring	28
5.2. Allgemeine Zielsetzung des GVP-Monitorings	30
5.3. Unterschied «Fallspezifische Überwachung» und «Allgemeine überwachende Beobachtung»	30
5.4. Welche Erwartungen kann ein Monitoringprogramm erfüllen?	31
5.5. Ablauf und Entscheidungsprozesse des GVP-Monitorings	32
5.5.1. Ablauf und Entscheidungsprozesse der fallspezifischen Überwachung	32
5.5.2. Ablauf und Entscheidungsprozesse der allgemeinen überwachenden Beobachtung	34
6. Struktur zur Entwicklung eines Monitoringprogramms	36
7. Detaillierte Umsetzung des GVP-Monitoringprogramms	38
7.1. Definition der Monitoringziele	38
7.2.1. Voraussetzungen zur Durchführung des GVP-Monitorings	38
7.2.2. Gesellschaftliche Voraussetzungen für ein GVP-Monitoring	38
Definition der ökologischen Schutzgüter	38
Definition von Schutzzielen für ein GVP-Monitoring	40
Definition des Begriffs «Ökologischer Schaden»	42
Bewertungsmassstäbe, «Grenzwerte» und Abbruchkriterien für den GVP-Anbau	44
7.2.3. Methodische Voraussetzungen für ein GVP-Monitoring	45
Statistisch abgesicherte Datenerhebung	46
Ökologische Raumgliederung	46
Standardisierte Methodik	48
Anbauregister	49

7.3. Vorschlag für die durch das GVP-Monitoring zu überwachenden Effekte	49
7.3.1. Definition spezifischer Monitoringziele	49
7.3.2. Fallspezifische Überwachung möglicher Effekte	50
7.3.3. Allgemeine überwachende Beobachtung möglicher Effekte	52
7.4. Indikatoren für ein GVP-Monitoring	52
7.4.1. Begriffsdefinition	52
7.4.2. Modelle zur Entwicklung von Indikatorsystemen	53
7.4.3. Vorgehen zur Entwicklung von Indikatoren für ein GVP-Monitoring	54
7.4.4. Indikatoren für die fallspezifische Überwachung	55
7.4.5. Indikatoren für die allgemeine überwachende Beobachtung	59
7.5. Organisation des GVP-Monitorings	60
7.5.1. Datenorganisation/-verwaltung	60
7.5.2. Organisationsstruktur	61
7.5.3. Datenfluss	62
7.5.4. Finanzierung	63
7.6. Vorschlag für das weitere Vorgehen beim GVP-Monitoring	64
8. Monitoring der Präsenz nicht bewilligter GVP	68
8.1. Begriffsabgrenzung	68
8.2. Konzeptioneller Ansatz für ein Monitoring der Präsenz nicht bewilligter GVP	69
8.3. Auflistung der Eintragspfade	70
8.4. Charakteristiken der Verbreitung	71
8.5. Risikobewertung möglicher Eintragspfade	73
8.6. Vorschlag für das weitere Vorgehen beim Monitoring der Präsenz nicht bewilligter GVP	77
Dank	78
Abkürzungen	79
Tabellen	80
Abbildungen	81
Literatur	82
Anhang 1	88
Auflistung möglicher Auswirkungen, die (basierend auf der Risikobewertung) bei einem GVP-Monitoring in Betracht gezogen werden sollten	

Vorwort

Auf der ganzen Welt werden auf über 67 Mio. Hektaren gentechnisch veränderte Pflanzen (GVP) angebaut. Dieser Anbau nahm vor allem in der Dritten Welt stark zu. In der Schweiz werden zur Zeit keine GVP angebaut, doch schafft das seit Anfang 2004 gültige Gentechnikgesetz die rechtlichen Voraussetzung, um auch in der Schweiz GVP kommerziell anbauen zu können. Umwelt-, Konsumenten- und Bauernverbände haben jedoch die Volksinitiative «für Lebensmittel aus gentechnikfreier Landwirtschaft» eingereicht, die ein Moratorium des kommerziellen Anbaus von GVP erreichen will. Die Diskussion wird heute auf sehr unterschiedlichen Ebenen geführt und beinhaltet ethische, rechtliche, soziale oder wirtschaftliche Fragen, wobei die Gesundheit von Mensch und Tier sowie der Schutz der Umwelt im Mittelpunkt stehen. Agroscope FAL Reckenholz, die Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, liefert für den Bereich Umwelt wissenschaftliche Grundlagen für die Diskussion um den Einsatz der Gentechnik in der Landwirtschaft. Damit unterstützen wir die Entscheidungsträger in ihrer Arbeit und bieten Orientierungshilfe für die Gesellschaft und für landwirtschaftliche Interessensgruppen.

Seit 10 Jahren betreibt die FAL Biosicherheitsforschung mit transgenen Pflanzen und konnte sich dadurch Expertenwissen aneignen. Dieses Wissen wollen wir weiter vertiefen und der Schweiz sowie der internationalen Gemeinschaft zur Verfügung stellen. Diese Forschung bietet zudem der Schweiz eine einmalige Chance, indem die Risiken einer Technologie vor ihrer Anwendung abgeklärt werden können, was bei vergleichbaren neuen Technologien bis jetzt nur ansatzweise gemacht wurde.

Das neue Gentechnikgesetz schreibt vor, dass der kommerzielle Anbau von GVP überwacht werden muss. Dieses sogenannte Umweltmonitoring soll helfen, mögliche schädliche Auswirkungen des kommerziellen Anbaus auf die Umwelt frühzeitig feststellen zu können. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) haben wir konzeptionelle Grundlagen für ein solches Umweltmonitoring erarbeitet. Diese Schriftenreihe soll die Diskussionen über die Gestaltung eines Umweltmonitoring von GVP fördern, bevor der Anbau solcher Pflanzen vor der Tür steht. In dieser Studie zeigen wir, dass sehr viel Vorarbeit geleistet werden muss, bevor ein Umweltmonitoring durchgeführt werden kann.



Paul Steffen

Zusammenfassung

Ausgangslage

Die gesetzlichen Grundlagen der Schweiz schreiben vor, dass ein Gesuch für den kommerziellen Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP) einen Überwachungsplan beinhalten muss, mit dessen Hilfe eventuelle und unerwartete Effekte auf die Umwelt frühzeitig erkannt werden können. Auch wenn der kommerzielle Anbau von GVP in der Schweiz in den nächsten Jahren unwahrscheinlich ist, kann er für die Zukunft nicht ausgeschlossen werden. Mit der Erarbeitung konzeptioneller Grundlagen für die Umsetzung eines Umweltmonitorings von GVP in der Schweiz sollte deshalb so früh wie möglich begonnen werden. Agroscope FAL Reckenholz, die Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau hat vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) den Auftrag erhalten, diese Grundlagen zu erarbeiten. Veröffentlichte ausländische Monitoringkonzepten lieferten hilfreiche Ansätze für diese Studie, jedoch war kein Konzept so weit entwickelt, dass es in der Schweiz umsetzbar gewesen wäre.

Grundlagen und Ziele

Der Ausdruck «GVP-Monitoring» beschränkt sich in dieser Studie auf die Überwachung und Beobachtung von Umwelteffekten, die bei einem kommerziellen GVP-Anbau in Agrar- und Naturräumen eintreten könnten. Im Gegensatz dazu befasst sich die Risikoforschung vor dem Inverkehrbringen damit, möglichst viel Information über kausale Zusammenhänge zwischen der GVP und möglichen Effekten zu erhalten. Im Sinne des Vorsorgeprinzips sollten Sicherheitsfragen von GVP deshalb bereits durch die Risikoforschung abgeklärt worden sein, d.h. einerseits nicht auf das Monitoring verschoben werden und andererseits auch nicht durch ein Monitoring noch einmal abgeklärt werden müssen. Risikoforschung und Monitoring stellen somit zwei unterschiedliche zeitliche Phasen bei der Untersuchung möglicher ökologischer Effekte von GVP dar. Der unterschiedliche Fokus dieser Untersuchungen bedingt auch, dass z.T. nach verschiedenen methodischen Ansätzen vorgegangen wird und bei gewissen Fragestellungen unterschiedliche Indikatoren und Parameter untersucht werden. Mit Hilfe eines GVP-Monitorings soll die zuständige Behörde wissenschaftlich fundierte Daten erhalten, damit sie entscheiden kann, ob der Anbau von GVP zu Umweltschäden geführt hat und sie entsprechende Massnahmen einleiten muss. Das GVP-Monitoring beruht auf zwei Programmen, die von zwei verschiedenen Ansätzen ausgehen:

Fallspezifische Überwachung: Die in der Risikobewertung ermittelte Unbedenklichkeit der GVP soll mit Hilfe spezifischer Untersuchungen an verschiedenen Anbaustandorten und unter diversen Bedingungen (Boden, Klima usw.) überwacht werden. Dabei sollen die in der Risikobewertung vor dem Inverkehrbringen gemachten wissenschaftlichen Annahmen hinsichtlich möglicher schädlicher Effekte der GVP spezifisch überprüft werden. Da die fallspezifische Überwachung auf den Anbau einer spezifischen GV-Sorte ausgerichtet ist, können mögliche Risiken der jeweiligen Pflanze, ihrer gentechnisch veränderten Eigenschaft, des Anbaustandorts sowie Vorkenntnisse aus der Risikoforschung berücksichtigt werden. Mit Hilfe spezifischer Indikatoren und Parameter wird gezielt untersucht, ob nicht tolerierbare Effekte festgestellt werden können und dieser GVP-Anbau von der zuständigen Behörde abgebrochen werden muss. Um die erhaltenen Daten objektiv bewerten und spezifische Effekte des GVP-Anbaus erkennen zu können, muss das transgene Anbausystem parallel über die gleiche Zeitperiode mit der gängigen nicht-transgenen Anbaupraxis verglichen werden. Die Verwendung des Umweltzustandes bei Beginn des Anbaus als Vergleichsbasis für die Bewertung möglicher Effekte ist wissenschaftlich nicht korrekt, da dabei angenommen wird, dass bei einem Vorher-Nachher-Vergleich einzig der Faktor GVP einen Einfluss auf die Umwelt hat. In Wirklichkeit hat jedoch jegliche landwirtschaftliche Nutzung Effekte auf die Umwelt, die bei der

Bewertung berücksichtigt werden müssen. Zudem können eine Reihe weiterer Umwelteinflüsse (wie beispielsweise das Klima) eine entscheidende Rolle spielen.

Allgemeine überwachende Beobachtung: Mit ihrer Hilfe sollen schädliche Effekte auf die Umwelt frühzeitig erkannt werden, die in der Risikobewertung nicht vorausgesehen werden konnten. Da nicht von definierten Risikohypothesen einer bestimmten GV-Sorte oder einem bekannten Anbaustandort ausgegangen werden kann, muss die allgemeine überwachende Beobachtung von den zu schützenden Umweltgütern (Boden, Wasser, Luft und Biodiversität) und definierten Schutzziele (d.h. dem zu erhaltenden Zustand) ausgehen. Zudem müssen Schäden definiert werden, die in den definierten Schutzgütern nicht toleriert würden. Definierte Umweltindikatoren, die von bestehenden (und evtl. um den Faktor GVP erweiterten) Beobachtungsprogrammen erhoben werden, sollen helfen, ein möglichst realistisches Abbild der Umweltsituation in einem grösseren Beobachtungsraum zu gewinnen. Sollten im Verlaufe der Zeit ökologische Effekte in den definierten Schutzgütern festgestellt werden, sollte mit Hilfe des vorhandenen ökologischen Wissens beurteilt werden können, ob diese ausserhalb der zu erwartenden Schwankungen liegen. Dabei kann jedoch kein direkter Zusammenhang zum Anbau von GVP als Ursache der festgestellten Veränderung gezogen werden, da neben GVP auch eine Vielzahl anderer Faktoren Umweltveränderungen auslösen können.

Struktur und Konzept

Die Umsetzung des GVP-Monitorings lässt sich, wie bei jedem Projekt, in «Konzept-», «Projekt-» und «operationelle Phase» unterteilen. In dieser Studie wird vorgeschlagen, bereits für die Konzeptphase eine Projektoberleitung (POL) einzusetzen, die für die strategische Leitung des GVP-Monitorings verantwortlich ist. Zusätzlich sollte eine Projektleitung (PL) ernannt werden, die für die Organisation und das Management des Projekts verantwortlich ist. Der Kostenrahmen des GVP-Monitorings muss unbedingt bereits in der Konzeptphase abgeschätzt werden und die jährlich zur Verfügung stehenden Mittel für die Projektphase und für das operationelle Monitoringprogramm müssen festgelegt werden. Ökologische Monitoringprogramme sind nicht billig! Betrachtet man die Kosten bereits operationeller Programme, ist für ein GVP-Monitoringprogramm mit erheblichen Kosten zu rechnen.

Umsetzung des Programms

In dieser Studie wird vorgeschlagen, das GVP-Monitoringprogramm in sechs Schritten zu entwickeln:

1) Definition der Monitoringziele

In einem ersten Schritt muss definiert werden, welche Zielsetzungen mit Hilfe des Monitorings erreicht werden sollen. Die Qualität der mit Hilfe des Monitorings erhaltenen Aussagen hängt primär von der Umsetzbarkeit der Ziele ab. Da allgemeine Zielsetzungen oft nicht messbar sind, müssen diese zu einem späteren Zeitpunkt (Schritt 3) spezifiziert werden.

2) Voraussetzungen für die Durchführung des Monitorings

Bevor das Monitoringprogramm umgesetzt werden kann, müssen gewisse gesellschaftliche und methodische Voraussetzungen erfüllt sein. Die **gesellschaftlichen** Voraussetzungen beinhalten die Definition von Bewertungsmassstäben für den GVP-Anbau. Die Gesellschaft muss sich darauf einigen, welche Schutzgüter durch den Anbau von GVP nicht beeinträchtigt werden dürfen, respektive welche Veränderungen dieser Schutzgüter als ökologischer Schaden eingestuft werden. Naturwissenschaftliche Methoden können ökologische Veränderungen aufzeigen, deren Bewertung muss jedoch auf einem gesellschaftlichen Konsens basieren. Dieser Konsens sollte sich von ökologischen, sozialen, ethischen und kulturellen Gesichtspunkten ableiten. Die maximal tolerierbaren Veränderungen der Schutzgüter sollten deshalb von einer unabhängigen Wertungskommission definiert werden.

Die **methodischen** Voraussetzungen für ein GVP-Monitoring umfassen (1) die Erhebung statistisch abgesicherter Daten, (2) eine ökologische Raumgliederung, (3) eine standardisierte Methodik sowie (4) ein Anbauregister der GV-Flächen.

3) Definition der Effekte, die durch das Monitoring überwacht bzw. beobachtet werden sollen

In dieser Studie werden Vorschläge gemacht, welche Effekte bei der fallspezifischen Überwachung in Betracht gezogen werden könnten. Bei der Bewilligung jeder GV-Sorte muss die zuständige Behörde festlegen, welche Effekte während des Anbaus dieser Sorte fallspezifisch überwacht werden müssen. Die Definition der zu überwachenden Effekte wird sich an der Risikobewertung für das Inverkehrbringen orientieren, d.h. eine Überwachung wird sinnvollerweise nur dort durchzuführen sein, wo Effekte aufgrund der Eigenschaften der Kulturpflanze und/oder ihrer gentechnischen Veränderung möglich sind. Die fallspezifische Überwachung sollte Effekte auf die Biodiversität, den Boden, das Wasser und die Luft erfassen, da fallspezifische Indikatoren für alle diese Schutzgüter sinnvoll sein können. Bei der allgemeinen überwachenden Beobachtung könnte man sich auf die Beobachtung der Biodiversität konzentrieren, da Effekte in diesem Bereich am plausibelsten sind.

In dieser Phase müssen auch spezifisch messbare Ziele formuliert werden. Basierend auf dem vorab ermittelten gesellschaftlichen Konsens, muss innerhalb der ausgewählten Schutzgüter das Ausmass der tolerierbaren Effekte messbar definiert werden.

4) Auswahl der Indikatoren

Nachdem definiert wurde, welche Effekte zu überwachen bzw. zu beobachten sind, müssen Indikatoren festgelegt werden, die geeignet sind, quantitative Informationen zu den ausgewählten Effekten zu liefern. Während sich die Indikatoren bei der fallspezifischen Überwachung auf die formulierte Hypothese beziehen, gibt es für die allgemeine überwachende Beobachtung keine Indikatoren, die ausschliesslich die Auswirkungen eines Anbaus von GVP auf die Umwelt verfolgen können. Indikatoren für die allgemeine überwachende Beobachtung von GVP werden sich deshalb an ein allgemeines System von Umweltindikatoren anbinden müssen. Die allgemeine überwachende Beobachtung wird sich somit auf bestehende (evtl. an den Faktor GVP angepasste) Umweltbeobachtungsprogramme wie das BDM und auf die Beobachtung auffälliger Schadensereignisse abstützen müssen.

5) Machbarkeitsstudien zur detaillierten Organisation des Monitoringprogramms

Sobald konkrete und in einem fachlichen Konsens erarbeitete Indikatoren definiert sind, kann im nächsten Schritt die Organisation des Monitorings angegangen werden. Für jeden Indikator muss eine Machbarkeitsstudie durchgeführt werden, die detailliert abklärt, wie und durch wen die Erhebung des Indikators konkret umgesetzt werden kann. Dabei müssen Verantwortlichkeiten und Kompetenzen von der Datenerhebung über die Datenauswertung bis zum darauf folgenden Entscheidungsprozess definiert werden. Ausserdem sollte die detaillierte Finanzierung des Programms festgelegt werden.

6) Durchführung des Monitoringprogramms

Falls sich der Anbau von GVP in der Schweiz konkretisieren würde, müsste das Programm so weit organisiert sein, dass bei der Zulassung der ersten GV-Sorte mit der Datenerhebung begonnen werden könnte. Dazu müssten, basierend auf den Machbarkeitsstudien und den für den Anbau angemeldeten GV-Sorten, für jeden einzelnen Indikator die zu messenden Parameter, die zu verwendende Methodik, die Häufigkeit der Probenahmen, die Menge der Proben, die zu überwachenden Räume sowie der Zeitrahmen des Monitorings bestimmt werden.

Die Aufarbeitung der anfallenden Daten kann in fünf Ebenen gegliedert werden (1) regelmässige Datenerhebung, (2) Auswertung der Rohdaten, (3) wissenschaftliche Bewertung

aller teilaggregierten Daten eines Indikators, (4) Interpretation des Indikatorsets und (5) Entscheidung über Massnahmen bezüglich GVP-Anbau.

Die vorliegende Studie zeigt, dass ein GVP-Monitoring eine aufwändige Aufgabe darstellt und eine Anzahl von Voraussetzungen erfüllt sein müssen, damit ein operationelles Programm entwickelt werden kann. Für die Umsetzung der Projektphase und das Funktionieren eines operationellen Programms ist deshalb neben einer klaren Führung, einer definierten Organisationsstruktur und einem grossen Fachwissen nicht zuletzt auch sehr viel Geld nötig. Ein GVP-Monitoring wird nur realisierbar sein, falls sowohl die finanzielle wie auch die wissenschaftliche Machbarkeit jedes einzelnen Entwicklungsschritts jeweils gründlich abgeklärt wird. Der präsentierte Vorschlag ist als Grundlage für die Diskussion mit den involvierten Interessengruppen gedacht, um einen breit abgestützten Konsens bezüglich der Konzeption und der Ziele des GVP-Monitorings in der Schweiz zu erreichen.

Monitoring von nicht bewilligten GVP

Das Monitoring von GVP, deren Anbau in der Schweiz nicht bewilligt wurde, verfolgt ein ähnliches Ziel wie die allgemeine überwachende Beobachtung. Das Monitoring muss ebenfalls auf der Basis der Schutzgüter konzipiert werden, wobei die Biodiversität das primäre Schutzgut darstellt. In einem ersten Schritt sollte definiert werden, in welchen Habitaten nicht bewilligte GVP nicht toleriert werden können. Dabei sollte geklärt werden, ob es sich nur um geschützte Lebensräume handeln soll oder ob beispielsweise auch das Vorkommen entlang von Bahndämmen oder in Ruderalflächen in der Nähe von Umschlagplätzen nicht toleriert würde. Es muss klar und messbar definiert werden, in welchem Ausmass GVP in einem bestimmten Habitat noch toleriert und nicht als Schaden betrachtet werden. In der vorliegenden Studie wurden mögliche Eintragungspfade (z.B. Verluste beim Transport oder bei der Verarbeitung) aufgelistet und nach ihrem Risiko bewertet. Die Autoren kommen dabei zum Schluss, dass zurzeit einzig bei GV-Raps möglicherweise ein Handlungsbedarf bestehen könnte, jedoch weitere Abklärungen nötig sind.

Résumé

Résumé

La législation suisse prescrit que la culture commerciale de plantes génétiquement modifiées (PGM) doit être accompagnée d'un plan de surveillance, afin d'identifier à temps les effets éventuels et inattendus d'une telle culture sur l'environnement. Même si la culture commerciale des PGM est peu probable en Suisse dans les années à venir, on ne peut l'exclure complètement à long terme. C'est pourquoi en Suisse aussi, il est urgent d'élaborer des principes conceptuels pour la mise en oeuvre d'un monitoring environnemental des PGM. Agroscope FAL Reckenholz, la Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture, a été chargée par l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) d'élaborer des principes pour la mise en oeuvre d'un monitoring environnemental des PGM. Des concepts de monitoring publiés à l'étranger ont fourni des points de départ utiles à la réalisation de cette étude. Toutefois, aucun concept n'était développé au point de pouvoir être appliqué en Suisse.

Principes et objectifs

Dans le cadre de cette étude, l'expression «Monitoring des PGM» se limite à la surveillance et l'observation des effets écologiques que pourrait avoir la culture commerciale des PGM. Par contre, l'analyse des risques avant commercialisation consiste, elle, à réunir le plus d'informations possibles sur les relations de causes à effets entre les PGM et les impacts potentiels. C'est pourquoi les questions de sécurité propres aux PGM devraient déjà avoir été réglées par l'analyse de risques, c.-à-d. ne pas être reportées au monitoring, ni être traitées une deuxième fois par le monitoring. L'analyse de risques et le monitoring représentent deux phases différentes de l'étude des effets écologiques potentiels des PGM. Le fait que ces deux phases poursuivent des objectifs différents implique aussi deux approches méthodologiques différentes, ainsi que l'étude de questions et de paramètres distincts. Le monitoring des PGM doit apporter aux autorités compétentes des données scientifiquement fondées leur permettant de décider si la culture de PGM a causé des dommages à l'environnement et de prendre les mesures qui s'imposent. Le monitoring des PGM repose sur deux programmes qui partent de deux approches différentes:

Surveillance spécifique: il s'agit de surveiller les conclusions établies par l'évaluation de risques, selon lesquelles les PGM ne présentent aucun danger injustifiable, en pratiquant des essais spécifiques sur différents sites de culture et dans des conditions diverses (sol, climat, etc.). Sachant que la surveillance spécifique est axée sur la culture d'une variété génétiquement modifiée spécifique, il est possible de tenir compte des risques potentiels de la plante en question, de ses propriétés génétiquement modifiées, du site de culture ainsi que des connaissances préalables tirées de l'évaluation de risques. Des paramètres et des indicateurs spécifiques permettent d'étudier de manière ciblée, si des effets non tolérables peuvent être constatés et si les autorités responsables doivent mettre un terme à la culture des PGM. L'opinion largement répandue, selon laquelle dans le cadre de la surveillance spécifique, l'état de l'environnement au début de la culture sert de base de référence pour évaluer les impacts potentiels n'est pas correcte sur le plan scientifique, car la comparaison avant/après part du principe que seul le facteur PGM exerce une influence sur l'environnement. Or, en réalité, chaque mode d'exploitation agricole a des effets sur l'environnement, effets qui doivent être pris en compte dans l'évaluation. En outre, un grand nombre d'autres facteurs environnementaux (comme les modifications climatiques) peuvent également jouer un rôle décisif. C'est pourquoi le système de culture transgénique doit être mis en parallèle avec la pratique culturelle classique non transgénique sur la même période.

Surveillance générale: elle doit permettre de détecter à temps les effets nocifs sur l'environnement, qui n'ont pas pu être anticipés dans l'évaluation des risques. Comme l'observation environnementale ne peut pas partir d'hypothèses de risques définies, d'une variété spécifique de PGM ou d'un site de culture particulier, elle doit partir des biens environnementaux à protéger (sol, eau, air et biodiversité) et des objectifs de protection définis (c.-à-d. de l'état à préserver). Par ailleurs il s'agit de définir les dommages impossibles à tolérer pour les biens à protéger. Des indicateurs environnementaux définis relevés dans les programmes de surveillance existants (étendus év. au facteur PGM) sont là pour aider à se faire l'idée la plus réaliste possible de la situation environnementale dans un vaste champ d'observation. Si au fil du temps, des effets écologiques venaient à être constatés dans les biens protégés définis, la biologie de la protection de la nature et la recherche écologique des dernières décennies devraient avoir apporté suffisamment de connaissances scientifiques, pour pouvoir déterminer si ces effets sont ou non en dehors des fluctuations attendues. Toutefois, il est impossible d'établir un lien de cause à effet direct entre la culture de PGM et la modification constatée, sachant qu'indépendamment des PGM, de nombreux autres facteurs peuvent être responsables de modifications dans l'environnement.

Structure et concept

La mise en oeuvre du monitoring des PGM peut, comme dans chaque projet, être subdivisée en trois phases: la «phase conceptuelle», la «phase de projet» et la «phase opérationnelle». La présente étude propose de prévoir une direction générale de projet (DGP) dès la phase conceptuelle et de lui confier la direction stratégique du monitoring des PGM. Une direction de projet (DP) doit également être nommée et être chargée de l'organisation et du management du projet. Les coûts approximatifs du monitoring des PGM doivent impérativement être estimés dès la phase conceptuelle. D'autre part, il convient de définir les moyens disponibles chaque année pour la phase de projet et le programme de monitoring, une fois opérationnel. Les programmes de monitoring écologiques ne sont pas bon marché! Si l'on se réfère au coût des programmes déjà opérationnels, il faut s'attendre à des dépenses considérables pour mettre en place un programme de monitoring des PGM.

Mise en oeuvre du programme

La présente étude propose de développer le programme de monitoring des PGM en six étapes:

1) Définition des objectifs du monitoring

Lors d'une première phase, il faut définir quels objectifs doivent être remplis à l'aide du monitoring. La qualité des résultats obtenus à l'aide du monitoring dépend avant tout de la possibilité de réaliser les objectifs. Comme les objectifs généraux ne peuvent bien souvent pas être mesurés, il est recommandé de formuler des objectifs clairement quantifiables, qui englobent la qualité de l'environnement à préserver, l'ampleur des écarts tolérés par rapport à la qualité, ainsi que la référence au temps et à l'espace.

2) Conditions préalables à l'application du monitoring

Avant de pouvoir appliquer le programme de monitoring, certaines conditions sociales et méthodologiques doivent être remplies. Les conditions **sociales** comprennent la définition de critères d'évaluation de la culture des PGM. La société doit se mettre d'accord sur les biens qui doivent être protégés par rapport à la culture des PGM ou plutôt quelles modifications de ces biens doivent être considérées comme des dommages écologiques. Les méthodes propres aux sciences naturelles peuvent certes mettre en évidence des modifications écologiques, mais leur évaluation doit cependant reposer sur un consensus social. Ce consensus devrait être bâti sur des bases scientifiques, politiques, philosophiques, éthiques et économiques. C'est pourquoi les modifications maximales qui peuvent être tolérées sur les biens protégés devraient être définies par une commission d'évaluation indépendante.

Les conditions **méthodologiques** d'un monitoring des PGM comprennent (1) un relevé statistiquement significatif des données, (2) une classification écologique de l'espace, (3) une méthode standardisée, ainsi (4) qu'un registre de culture des surfaces PGM.

3) Définition des effets qui doivent être surveillés par le monitoring

La présente étude propose quels effets pourraient être pris en compte dans la surveillance spécifique. Lors de l'autorisation de chaque variété génétiquement modifiée, les autorités responsables doivent définir sur quels effets axer la surveillance spécifique pour la culture de cette variété. La définition des effets à surveiller repose sur l'analyse de risques avant commercialisation, c.-à-d. qu'une surveillance n'a de sens que là où des effets sont possibles en raison des propriétés de la plante cultivée et/ou de sa modification génétique. La surveillance générale, elle, devrait se concentrer sur la biodiversité des biens environnementaux à protéger, sachant que les effets des PGM sur le sol, l'eau et l'air devraient faire l'objet d'une étude spécifique.

4) Sélection des indicateurs

Après avoir défini quels effets surveiller, il reste à définir des indicateurs permettant de fournir des informations quantitatives concernant les effets sélectionnés. Tandis que pour la surveillance spécifique, les indicateurs se réfèrent à l'hypothèse formulée, pour la surveillance générale, il n'existe aucun indicateur qui puisse suivre les répercussions d'une culture de PGM sur l'environnement. C'est pourquoi pour l'observation environnementale des PGM, les indicateurs vont devoir être rattachés à un système global d'indicateurs environnementaux. La surveillance générale va donc devoir prendre appui sur des programmes d'observation environnementale existants (év. adaptés au facteur PGM), comme le monitoring de la biodiversité en Suisse (MBD), ainsi que sur l'observation des événements dommageables exceptionnels.

5) Etudes de faisabilité portant sur l'organisation détaillée du programme de monitoring

Dès que des indicateurs concrets, faisant l'unanimité sur le plan scientifique, ont été définis, la prochaine étape peut aborder l'organisation du monitoring. Une étude de faisabilité doit être effectuée pour chaque indicateur. Elle doit établir en détails comment et par qui le relevé de l'indicateur peut être réalisé en pratique. Pour ce faire, il est indispensable de définir les responsabilités et les compétences, de la saisie des données au processus de décision final, en passant par la mise en valeur des données. En outre, il est également essentiel de prévoir le financement détaillé du programme.

6) Application du programme de monitoring

Si la culture des PGM venait à se concrétiser en Suisse, le programme devrait être prêt, au point de pouvoir commencer immédiatement à relever les données dès l'autorisation de la première variété PGM. Pour ce faire, il faudrait définir les points suivants pour chaque indicateur, sur la base des études de faisabilité et des variétés PGM inscrites pour la culture: paramètres à mesurer, méthode à appliquer, fréquence des prélèvements, quantité des échantillons, espaces à surveiller et périodes de monitoring.

Le traitement des données relevées peut être décomposé en cinq niveaux (1) relevé régulier des données, (2) mise en valeur des données brutes, (3) évaluation scientifique de toutes les données d'un indicateur, (4) interprétation du set d'indicateurs et (5) décision sur les mesures relatives à la culture de PGM.

La présente étude montre que le monitoring des PGM est une tâche de longue haleine qui suppose un grand nombre de conditions préalables pour qu'un programme opérationnel puisse être mis en place. Pour passer de la phase de projet à la pratique et pour qu'un programme opérationnel puisse fonctionner, il faut donc une direction solide, une structure organisa-

tionnelle bien définie et de vastes connaissances scientifiques dans les domaines de l'environnement et de l'agriculture, mais aussi et surtout, beaucoup d'argent. Un monitoring des PGM ne pourra être envisagé que si chaque étape du développement a été étudiée soigneusement et s'avère faisable tant sur le plan financier que scientifique. La proposition présentée est sensée être un point de départ pour les discussions avec les groupes d'intérêts concernés, afin de déboucher sur le consensus le plus large possible par rapport au concept et aux objectifs du monitoring des PGM en Suisse.

Monitoring de l'apparition involontaire des PGM

Le monitoring environnemental des PGM dont la culture n'a pas été autorisée, poursuit un objectif semblable à l'observation environnementale des PGM autorisés. Le monitoring doit également être conçu sur la base de biens à protéger, la biodiversité étant le bien fondamental. La première étape devrait consister à définir dans quels habitats il est impossible de tolérer l'apparition involontaire des PGM. Il faut savoir s'il doit s'agir uniquement des biotopes protégés ou si l'apparition des PGM ne peut pas non plus être tolérée le long des remblais p. ex. ou dans les surfaces rudérales à proximité des aires de manoeuvre. Il faut également définir dans quelle mesure les PGM peuvent encore être tolérées dans un certain habitat sans être considérées comme un danger. La présente étude répertorie par quelles voies les PGM peuvent apparaître (p. ex. pertes lors du transport ou de la transformation) et les classe par risque. Les auteurs sont arrivés à la conclusion suivante: actuellement, seul le colza génétiquement modifié pourrait éventuellement nécessiter une intervention, mais des recherches plus approfondies sont nécessaires.

Summary

Initial situation

Swiss legislation stipulates that commercial cultivation of genetically modified plants (GMP) has to be accompanied by a monitoring plan in order to detect any unexpected environmental effects at an early stage. While commercial GMP cultivation may be unlikely in Switzerland in the next few years, it cannot be ruled out on the longer term. It is thus essential to develop conceptual bases for implementation of environmental monitoring of GMP in Switzerland. Agroscope FAL Reckenholz, the Swiss Federal Research Station for Agroecology and Agriculture has been mandated by the Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape (SAEFL) to develop these conceptual bases. Monitoring concepts published by other countries provided valuable approaches to this study, but none of the concepts was sufficiently elaborated to allow it to be transposed directly to Switzerland.

Bases and aims

The term «GMP monitoring» as used in this study denotes the monitoring and surveillance of environmental effects that may occur in commercial GMP cultivation. GMP monitoring has to be distinguished from pre-market risk assessment which is concerned with gathering as much information as possible about causal connections between the GMP and possible effects. GMP safety issues should therefore be addressed at the risk assessment stage, i.e. prior to the commercial release of the GMP. Risk assessment and monitoring are two distinct phases of the investigation of the possible environmental impact of GMPs. Given their different focus, the two phases may take different methodical approaches and may examine different questions and parameters. The aim of GMP monitoring is to provide decision-makers with scientifically sound data allowing them to decide whether GMP cultivation has damaged the environment and whether appropriate measures need to be taken. GMP monitoring is based on two programmes, each of which takes a different approach:

Case-specific monitoring aims to confirm the «harmlessness» of GMPs established by the pre-market risk assessment, thereby using specific investigations at different cultivation sites and under various conditions (soil, climate, etc.). As case-specific monitoring relates to the cultivation of a specific GM variety, the potential risks associated with the particular plant, its genetic modification, the cultivation site and knowledge derived from risk assessment can be taken into consideration. Specific parameters and indicators are used to establish whether any intolerable effects occur and whether this particular GMP cultivation has to be discontinued by the competent authority. Taking the state of the environment preceding GMP growing as a basis for identifying possible effects of GMP cultivation is scientifically incorrect, as it assumes that the GMP is the only factor affecting the environment in a before-and-after comparison. In reality, however, any agricultural activity has an impact on the environment that needs to be taken into account. Moreover, a number of other environmental factors, such as climate change, can play a decisive role. The transgenic cultivation system therefore has to be compared in parallel with conventional non-transgenic cultivation practice over the same period of time.

General surveillance is designed for early detection of harmful effects on the environment that could not be foreseen in the pre-market risk assessment. As the general surveillance does not involve a specific risk hypotheses related to a particular GM variety or a specific cultivation site, it has to be based on the safeguard subjects requiring to be protected (soil, water, air and biodiversity) and clear protection aims (i.e. the state to be preserved). Furthermore, intolerable damage to the safeguard subjects has to be defined. Defined environmental indicators (possibly taking into account the GMP factor) measured by existing monitoring pro-

grammes should help to provide a realistic picture of the environmental situation in a larger observation area. If, in the course of time, environmental effects on the safeguard subjects are discovered, conservation biology and environmental research should have produced sufficient scientific knowledge in recent decades to indicate if these effects exceed the expected range of variation. However, a direct link between GMP cultivation and the changes noted cannot be assumed, as a number of other factors besides GMPs can trigger environmental changes.

Structure and concept

Like any project, implementation of GMP monitoring can be divided into a concept, a project and an operational phase. The study proposes that a Steering Committee (SC) be appointed from the concept phase to take responsibility for strategic control of GMP monitoring. A Project Management Board (PMB) should also be appointed with responsibility for project organisation and management. The cost framework of GMP monitoring would need to be estimated at the concept stage. Furthermore, the annual funding available for the project phase and for the operational monitoring programme would need to be established. Environmental monitoring programmes can be expensive. Looking at the cost of existing monitoring programmes, considerable costs must be expected for a GMP monitoring programme.

Implementation of the programme

The study proposes to develop the GMP monitoring programme in six stages:

1) Definition of monitoring aims

The first step includes definition of the objectives to be achieved by monitoring. The quality of the information obtained depends primarily on how readily the aims can be implemented. As general aims often are impossible to measure, clearly quantifiable aims should be formulated. They comprise the environmental quality to be maintained, the extent of quality impairment that will be tolerated plus the spatial and time scale of the programme.

2) Prerequisites of the monitoring

Before the monitoring programme can be implemented, certain social and methodological conditions have to be fulfilled. The social conditions include defining criteria for GMP cultivation. Society has to agree on the safeguard subjects not to be affected by GMP cultivation or what changes to those subjects are to be considered as environmental damage. While scientific methods can indicate environmental changes, any evaluation of those changes has to be based on a social consensus. That consensus should be derived from scientific, political, philosophical, ethical and economic points of view. The maximum changes that will be tolerated in the safeguard subjects should therefore be defined by an independent valuation committee.

The **methodological** conditions for GMP monitoring comprise (1) statistically based data collection, (2) defined ecoregions, (3) standardised methods and (4) a register of GM cultivation sites.

3) Definition of the effects to be monitored or surveilled during monitoring

This study contains proposals as to which effects might be included in case-specific monitoring. For the commercial approval of each GM variety, the competent authority has to decide which effects are to be monitored on a case-specific basis during the cultivation of that variety. The definition of the effects to be monitored will be based on the previous risk assessment for commercial approval. Monitoring will only be carried out where effects are to be expected due to the properties of the plant and/or its genetic modification. General surveillance should focus on the safeguard subject biodiversity, as possible effects of GMPs on soil, water and air should be monitored on a case-specific basis.

4) Selection of indicators

Once the effects to be monitored or surveilled have been defined, indicators need to be established that will deliver quantitative data on the effects selected. The indicators in case-specific monitoring relate to the hypothesis formulated, whereas for general surveillance, there are no general indicators that can solely track environmental effects of GMP cultivation. Indicators for general surveillance will therefore need to be linked to a system of existing environmental indicators. General surveillance will have to be based on existing environmental monitoring programmes (such as the Biodiversity Monitoring Switzerland which could be adapted, if required, to the factor GMP) and on the observation of exceptional damaging events.

5) Feasibility studies on the detailed organisation of the monitoring programme

As soon as indicators have been defined based on a general consensus, the implementation of the monitoring programme has to be organised. For each indicator, a feasibility study will have to be carried out to establish in detail how and by whom that indicator can be monitored in practice. Responsibilities will have to be defined, from data collection to data analysis and to the subsequent decision process. Detailed programme financing will also need to be put in place.

6) Carrying out the monitoring programme

If GMP cultivation were to go ahead in Switzerland, the programme would need to be sufficiently organised to enable data collection as soon as the first GM variety is approved. Based on the feasibility studies and the GM varieties to be grown, the parameters to be measured, the methods to be used, the frequency of sampling, the number of samples, the areas to be monitored and the monitoring timescale would need to be laid down for every single indicator.

Processing of the data collected can be divided into five levels: (1) continuous data collection; (2) analysis of raw data; (3) scientific evaluation of all partially aggregated data for an indicator; (4) interpretation of the indicator set and (5) decision on measures with respect to GMP cultivation.

This study shows that GMP monitoring is no simple task and a number of conditions need to be met to enable an operational programme to be developed. Implementation of the project phase and running an operational programme therefore require not only clear leadership, a well-defined organisation structure and a large amount of specialist environmental and agricultural knowledge but also, without a doubt, a great deal of money. GMP monitoring will only be practicable if both the financial and the scientific feasibility of every single step are evaluated. In order to reach a broad consensus on the design and aims of GMP monitoring in Switzerland, the presented proposal is intended as a basis for discussion with the various interest groups involved.

Monitoring unintended occurrences

Environmental monitoring of the presence of unapproved GMPs pursues a similar aim as environmental monitoring of approved GMPs. Monitoring must likewise be designed on the basis of safeguard subjects, with biodiversity being at the forefront. The first step would be to define habitats where unplanned occurrence of GMPs will not be tolerated. This includes establishing whether only protected habitats are concerned or whether the scope also extends to plants growing e.g. on railway embankments or in ruderal areas near terminals. The level at which GMPs are tolerated in a given habitat and are not regarded as a damage has to be defined. The study comprises a list of possible entry routes (such as losses in transit or during processing) and an evaluation thereof in terms of risk. The authors conclude that for the time being, GM rape is the only crop where there is perhaps a need for action, but further clarification is necessary.

1. Einleitung

1.1. Ausgangslage

Abgesehen von zwei Freisetzungsversuchen, die in den Jahren 1991 und 1992 an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Pflanzenbau in Changins (RAC) durchgeführt wurden, hat in der Schweiz bis heute keine beabsichtigte Freisetzung von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP) in die Umwelt stattgefunden¹. Auch wenn der kommerzielle Anbau von transgenen Kulturpflanzen in der Schweiz in den nächsten Jahren eher unwahrscheinlich erscheint, kann er für die Zukunft nicht ausgeschlossen werden. Zukünftige transgene Pflanzen, die aufgrund einer besonderen Eigenschaft für Landwirte oder Konsumenten interessant wären, könnten eines Tages auch in der Schweiz angebaut werden. Es ist auch vorstellbar, dass die Schweiz eines Tages durch internationale Übereinkommen (wie z.B. mit der WTO) die Freiheit verliert, den Anbau von GVP unabhängig zu regulieren, da dies ein Handelshemmnis darstellt (NZZ online 2003). Ausserdem wird es aufgrund des internationalen Warenaustausches und der offenen Grenzen sehr schwierig sein, eine gentechnikfreie Schweiz zu bewahren. Diese Situation könnte sich in naher Zukunft verschärfen, da in der Europäischen Union seit Juli 2003 die rechtlichen Grundlagen für die Zulassung gentechnisch veränderter Organismen (GVO) gegeben sind. GVP könnten deshalb über verschiedene Wege bereits heute unbeabsichtigt in die Umwelt gelangen. Es ist unklar, ob und in welchem Mass dies stattfindet.

Die gesetzlichen Grundlagen der Schweiz schreiben in der Freisetzungsverordnung (FrSV SR 814.911) gegenwärtig vor, dass ein Gesuch für den kommerziellen Anbau von GVP von einem Überwachungsplan begleitet sein muss. Mit Hilfe dieses Überwachungsplans sollen mögliche negative Effekte, die sich beim Anbau von transgenen Pflanzen auf die Umwelt oder die menschliche Gesundheit² ergeben könnten, frühzeitig erkannt werden. Der Entwurf des übergeordneten neuen Gentechnikgesetzes (GTG SR 814.91) sieht vor, dass bei Bedarf für den Umgang mit bestimmten GVO Langzeituntersuchungen vorgeschrieben werden können. Im Gegensatz zur europäischen Richtlinie 2001/18/EG bleiben die schweizerischen Gesetze und Verordnungen jedoch relativ lückenhaft im Hinblick auf die Ziele, den Aufbau und die Konzeption einer solchen Überwachung. So geht die Freisetzungsverordnung (FrSV SR 814.911) nicht spezifisch auf die Ziele und den Inhalt der Überwachung ein.

Für die Projektierung und Umsetzung eines Monitoringprogramms müssen realistischerweise einige Jahre gerechnet werden. Die Erarbeitung konzeptioneller Grundlagen für die Umsetzung eines Umweltmonitorings von GVP in der Schweiz sollte deshalb so früh wie möglich initiiert werden.

1.2. Auftrag und Ziele der Studie

Agroscope FAL Reckenholz, die Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau hat vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) den Auftrag erhalten, konzeptionelle Grundlagen für die Umsetzung eines Umweltmonitorings gentechnisch veränderter Pflanzen zu erarbeiten. Die vorliegende Studie analysiert die Voraussetzungen für ein GVP-Monitoring in der Schweiz und stellt ein Konzept vor, wie ein solches Programm anhand eines klar strukturierten Rahmens in mehreren Schritten entwickelt werden könnte. Die Studie berücksichtigt dabei so weit als möglich die Erkenntnisse einer Umfrage, die im Jahre 2001 im Auftrag des BUWAL bei möglichen Partnern eines GVP-Monitorings in der Schweiz durchgeführt wurde (Ammann *et al.* 2002).

¹ Die Studie entspricht dem Wissensstand von Oktober 2003.

² Der Zweck des Monitorings von GVP beinhaltet, laut den relevanten gesetzlichen Grundlagen, den Schutz des Menschen und der Umwelt. Im Folgenden wird die menschliche Gesundheit nicht mehr erwähnt, da dieser Aspekt nicht Teil des Projektauftrags ist.

Das GVP-Monitoring soll die beiden folgenden Aspekte berücksichtigen:

- (1) Erfassung möglicher negativer Umwelteinwirkungen durch den kommerziellen Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen,
- (2) Feststellen von nicht bewilligtem GV-Material (gentechnisch veränderte Pflanzen, vermehrungsfähige Pflanzenteile und Saatgut) in der Umwelt.

Die Studie konkretisiert bereits veröffentlichte Konzepte zum Thema GVP-Monitoring in der Schweiz (Ammann und Vogel 1999, Ammann *et al.* 2000, Raps *et al.* 1998) und berücksichtigt neuere Erkenntnisse und Entwicklungen im europäischen Umfeld. Dabei wurden insbesondere Monitoringkonzepte aus Deutschland (Umweltbundesamt [UBA], Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft [BBA]) und Österreich (Umweltbundesamt, Wien) analysiert und es wurde überprüft, welche Ideen und Konzepte auch auf die Schweiz übertragbar wären.

Schweizerische Beobachtungsnetzwerke (z.B. Biodiversitätsmonitoring Schweiz [BDM], Nationale Bodenbeobachtung [NABO] usw.) sollen so weit wie möglich in das GVP-Monitoringkonzept eingebunden werden, um bereits vorhandenes Wissen und existierende Ressourcen optimal zu nutzen. In diesem Zusammenhang wurde in einer Studie des Ökobüros Hintermann & Weber analysiert, inwieweit das BDM und andere Umweltbeobachtungsprogramme gewisse Aufgaben des GVP-Monitorings übernehmen könnten.

1.3. Einschränkungen dieser Studie

Die Studie beschränkt sich auf GVP, bei denen ein Anbau in der Schweiz heute oder im Laufe der nächsten zehn Jahre denkbar wäre. Dies beinhaltet transgene Pflanzen, die heute bereits kommerziell erhältlich sind oder deren Entwicklung schon so weit fortgeschritten ist, dass diese in den nächsten zehn Jahren auf den Markt kommen könnten. Die gentechnisch modifizierten Eigenschaften der transgenen Pflanzen sollten für die Schweiz aus agronomischer Sicht oder im Hinblick auf Konsumentenbedürfnisse relevant sein. Pflanzen ohne agronomische Relevanz für die Schweiz (z.B. Baumwolle, Papaya, Reis) wurden ausgeschlossen.

Der Begriff «Umwelt» bezeichnet die bei einem Anbau von transgenen Pflanzen in der Schweiz betroffenen Ökosysteme (inkl. Boden, Wasser, Luft) und alle darin vorkommenden Organismen. Die Umwelt umfasst somit sowohl Agrar- wie auch Naturräume. Fragen der direkten Gefährdung der menschlichen Gesundheit (z.B. Allergierisiken) und der Gesundheit von Nutz- und Haustieren wurden in diesem Projekt nicht behandelt. Ebenfalls ausgeschlossen wurden Effekte der transgenen Pflanzen auf die Ressourcen Energie und Rohstoffe.

Die schweizerische Freisetzungsverordnung (FrSV) wie auch die europäische Richtlinie 2001/18/EG verlangen sowohl für Freisetzungsversuche im Rahmen der Risikoforschung wie auch für den landwirtschaftlichen Anbau einen Überwachungsplan zur Ermittlung der Effekte auf die Umwelt. Die Überwachung der Freisetzung soll, in einem kleineren Rahmen, die möglichen schädlichen Einwirkungen des Freisetzungsversuches während und nach dem Versuch frühzeitig feststellen. Der Klarheit halber soll in dieser Studie deutlich zwischen Risikoforschung und Monitoring unterschieden werden, d.h. das erarbeitete Monitoringkonzept befasst sich nur mit der Überwachung des landwirtschaftlichen Anbaus und behandelt nicht die freisetzungsversuchsbegleitende Überwachung, wie sie für Freisetzungen verlangt wird (siehe auch Abbildung 1).

Fragen zur Koexistenz des konventionellen Anbaus mit dem Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen werden in dieser Studie nicht behandelt, da diese nicht Teil eines GVP-Monitorings sind. Aspekte zur Koexistenz betreffen in erster Linie wirtschaftliche Fragestellungen und haben praktisch keine ökologischen Auswirkungen, die durch ein GVP-Monitoring überwacht werden sollten.

2. Begriffsdefinitionen

In Übereinstimmung mit bereits existierenden GVP-Monitoringkonzepten im deutschsprachigen Ausland und im Sinne einer Vereinheitlichung entsprechen die in dieser Studie verwendeten Begriffe grundsätzlich der offiziellen deutschen Übersetzung der EU-Richtlinie 2001/18/EG. Einzig der Begriff «Umweltverträglichkeitsprüfung» wurde in Übereinstimmung zur schweizerischen Gesetzgebung durch den Begriff «Risikobewertung» ersetzt. Zusätzlich wurde spezifisch für die gegenwärtige Situation in der Schweiz der Begriff «Monitoring der Präsenz von nicht bewilligten GVP» eingeführt.

Monitoring = Überwachung und Beobachtung

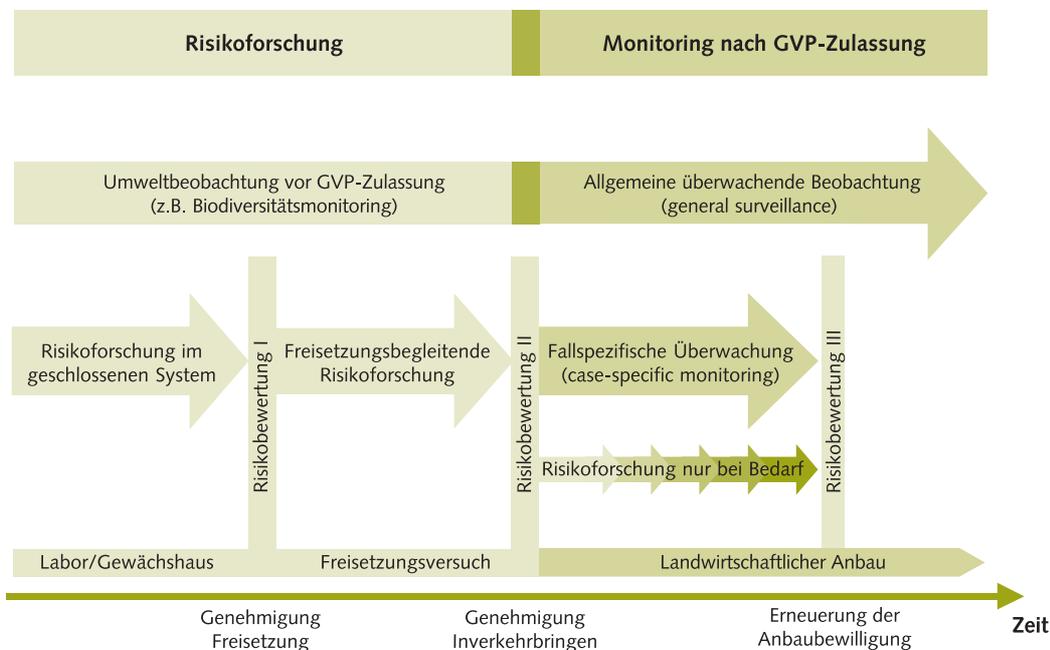
Die EU-Richtlinie 2001/18/EG übersetzt den Begriff «Monitoring» mit dem deutschen Ausdruck «Überwachung» und verwendet für die Übersetzung des Begriffs «general surveillance» das Wort «Beobachtung». Über die Korrektheit der Übersetzungen kann man geteilter Meinung sein, für das Verständnis des Monitoringkonzepts ist eine Unterscheidung der beiden Begriffe jedoch wichtig. Der Begriff «Monitoring» wird im deutschen Sprachgebrauch oft uneinheitlich im Sinne von «Umweltüberwachung», «Dauerbeobachtung» oder «Umweltbeobachtung» gebraucht (Marti und Stutz 1993) und bezeichnet eine wiederholte Beobachtung von Umweltzuständen. Im englischen Sprachraum wird der Ausdruck «Monitoring» in Abgrenzung zum Ausdruck «Surveillance» differenzierter verwendet, wo, basierend auf methodisch unterschiedlichen Ansätzen, zwischen «Beobachtung» und «Überwachung» unterschieden wird (Hellawell 1991, Kjellsson und Strandberg 2001). Die folgenden Definitionen lehnen sich an diejenige von Hellawell (1991) an und werden auch von anderen Autoren übernommen (Kjellsson und Strandberg 2001, Maurer und Marti 1999):

Überwachung = Der Sinn der Überwachung besteht darin, Entwicklungen und Effekte festzustellen, die mit einer spezifischen Ursache (hier dem Anbau von GVP) zusammenhängen (um anschliessend zu überprüfen, ob der «gewünschte» Zustand der Umwelt nicht beeinträchtigt wurde).

Beobachtung = Bei der Beobachtung handelt es sich um ein ausgedehntes Programm von Bestandesaufnahmen, die zum Ziel haben, den über einen längeren Zeitraum auftretenden Schwankungsbereich diverser Umweltindikatoren festzustellen. Der allgemeine Zustand der Umwelt wird unabhängig von bestimmten Ursachen festgestellt (→ ergibt den «gewünschten» Zustand der Umwelt).

Wo eine Differenzierung zwischen Überwachung und Beobachtung nötig ist, werden in dieser Studie die deutschen Begriffe verwendet. Der Ausdruck «(GVP)-Monitoring» bezeichnet in dieser Studie allgemein die Aktivitäten, die sich mit der Überwachung und Beobachtung der Effekte eines Anbaus von GVP auf die Umwelt **nach** der Genehmigung befassen. Der Begriff «Monitoring» deckt somit sowohl die «Fallspezifische Überwachung» wie auch die «Allgemeine überwachende Beobachtung» ab (Abbildung 1). In erster Linie soll sich der Begriff «Monitoring» deutlich vom Begriff «Risikoforschung» abheben, der hier ausschliesslich für die Untersuchung der Umwelteffekte gentechnisch veränderter Pflanzen **vor** der Anbaugenehmigung benutzt wird (siehe auch Kapitel 5.1. «Unterschied Risikoforschung / Monitoring»).

Zum besseren Verständnis der im Zusammenhang mit einem GVP-Monitoring verwendeten Begriffe wurden diese in ihrem zeitlichen Ablauf gegliedert und anschaulich dargestellt (Abbildung 1).



Stufenweises Vorgehen bei der ökologischen Sicherheitsabklärung einer zum Anbau vorgesehenen gentechnisch veränderten Pflanze. Risikoforschung und Monitoring bilden zwei unterschiedliche zeitliche Phasen bei der Untersuchung möglicher ökologischer Effekte einer GVP.
Abbildung 1

Monitoring der Präsenz von nicht bewilligten GVP

Das Monitoring der Präsenz von nicht bewilligten GVP hat zum Ziel, das Vorhandensein von GVP in der Umwelt zu erfassen, die keine Anbaubewilligung besitzen. Ursache für ein Vorkommen von nicht bewilligten GVP in der Umwelt könnte beispielsweise eine Vermischung von importiertem konventionellem Saatgut mit GV-Saatgut sein. Vorstellbar sind auch Verluste von im Ausland produziertem GV-Saatgut respektive GV-Lebens- oder Futtermittel beim Transport durch die Schweiz. Nach der Zulassung bestimmter GV-Sorten beschränkt sich der Begriff auf die Präsenz von nicht bewilligten GV-Sorten in der Umwelt.

Risikobewertung und Umweltverträglichkeitsprüfung

Da der Begriff « Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) » im deutschen Sprachgebrauch bereits im Zusammenhang mit dem Bewilligungsverfahren von technischen Anlagen und Einrichtungen und der damit verbundenen Prüfung der Einhaltung der gesetzlichen Umweltschutzvorschriften gebraucht wird, wird im Gegensatz zur europäischen Richtlinie 2001/18/EG für die Beurteilung der Umweltrisiken von GVP der Begriff « Risikobewertung » verwendet. Dies entspricht auch der in der schweizerischen Gesetzgebung (FrSV SR 814.911) verwendeten Bezeichnung und stimmt am ehesten mit dem im Englischen gebräuchlichen Begriff « Environmental Risk Assessment » überein. Vor einer Freisetzung von GVP muss mittels einer Risikobewertung eine fallweise Beurteilung der potenziellen Risiken der betreffenden GVP für die Umwelt durchgeführt werden. Die Risikobewertung formuliert Hypothesen über mögliche schädliche Effekte der GVP oder deren Anwendung und beurteilt die Wahrscheinlichkeit deren Eintretens sowie die möglicherweise daraus resultierenden Folgen für die Umwelt. Erst wenn man mit Hilfe der Risikobewertung zum Schluss kommt, dass durch die Freisetzung der GVP kein Risiko für die Umwelt zu erwarten ist, darf diese in die Umwelt gebracht werden.

Risikoforschung im geschlossenen System

Die Risikoforschung im geschlossenen System bezeichnet sämtliche wissenschaftlichen Arbeiten, die (im Sinne des Vorsorgeprinzips und im Rahmen der stufenweisen Risikobewertung) zuerst im Labor und/oder im Gewächshaus durchgeführt werden. Die Freisetzung von GVP in die Umwelt sollte aus Sicherheitsgründen nach dem « Stufenprinzip » erfolgen (2001/18/EG). Das Stufenprinzip bedeutet, dass die Einschliessung der GVP nach und nach

stufenweise gelockert und ihre Freisetzung in gleicher Weise ausgeweitet wird. Nachdem die Auswertung der in einem geschlossenen System durchgeführten Risikoforschung (Risikobewertung I) ein tolerierbares Risiko für die Umwelt durch die GVP ergeben hat, kann die GVP unter kontrollierten Bedingungen versuchsweise freigesetzt werden.

Freisetzungsbegleitende Risikoforschung

Versuchsweise Freisetzungen von GVP in die Umwelt unter kontrollierten Bedingungen stellen die nächste Stufe der wissenschaftlichen Risikoforschung dar. Die freisetzungsbegleitende Risikoforschung soll die Unbedenklichkeit der GVP für den grossflächigen kommerziellen Anbau belegen. Mit der Risikobewertung II werden die Risiken abgeklärt, die beim Inverkehrbringen der GVP auftreten könnten. Zeigt diese, dass keine schädlichen Effekte auf die Umwelt zu erwarten sind, erhält die GVP die Genehmigung für das Inverkehrbringen.

Fallspezifische Überwachung (case specific monitoring)

Nach dem Inverkehrbringen einer GVP dient die fallspezifische Überwachung dazu, festzustellen, ob die in der Risikobewertung gemachten Annahmen hinsichtlich der möglichen schädlichen Effekte einer GVP zutreffen. Mit Hilfe der fallspezifischen Überwachung sollen die in der Risikobewertung ermittelten möglichen Effekte auf die Umwelt unter Berücksichtigung der jeweils unterschiedlichen Anbaustandorte, Bodentypen oder Klimabedingungen überwacht und beurteilt werden. Die festgelegten Ziele sollten innerhalb einer vorgesehenen Frist überprüft werden. Aufgrund der Resultate soll entschieden werden, ob die Überwachung weiterzuführen ist oder ob sie abgebrochen werden kann. Am Ende der auf zehn Jahre befristeten Anbaugenehmigung einer GVP muss der Antragsteller die Ergebnisse der fallspezifischen Überwachung sowie sonstige neue Erkenntnisse zu den Gefahren für die Umwelt für eine Erneuerung der Genehmigung in der Risikobewertung III zusammenfassen und den Behörden zur Beurteilung einreichen.

Umweltbeobachtung vor GVP-Zulassung

Mit dem Begriff «Umweltbeobachtung vor GVP-Zulassung» werden sämtliche Überwachungs- und Beobachtungsprogramme bezeichnet, die heute in der Schweiz bereits operationell sind (z.B. Pflanzenschutzdienste, Biodiversitätsmonitoring, Bodenbeobachtung, Überwachung der Wasserqualität usw.). Die bestehenden Routineüberwachungsprogramme liefern Angaben über den jetzigen Umweltzustand. Zu einem späteren Zeitpunkt werden sie einen wichtigen Bestandteil der allgemeinen überwachenden Beobachtung darstellen.

Allgemeine überwachende Beobachtung (general surveillance)

Die allgemeine überwachende Beobachtung beruht weitgehend auf einer Routinebeobachtung und sollte der frühzeitigen Erkennung unvorhergesehener schädlicher Effekte der GVP auf die Umwelt dienen. Im Gegensatz zur fallspezifischen Überwachung sollte die allgemeine überwachende Beobachtung darauf ausgerichtet sein, mögliche spätere und indirekte Effekte festzustellen, die aufgrund der Risikobewertung nicht erwartet wurden. Ausserdem sollte sie über einen längeren Zeitraum und gegebenenfalls auf einem grösseren Gebiet vorgenommen werden. Die allgemeine überwachende Beobachtung soll nach Möglichkeit mit Hilfe bereits bestehender Routineüberwachungsprogramme (siehe Umweltbeobachtung vor GVP-Zulassung) durchgeführt werden.

3. Gesetzliche Grundlagen für ein GVP-Monitoring

Das folgende Kapitel beschränkt sich auf die gesetzlichen Vorschriften, die in der Europäischen Union und in der Schweiz in Zusammenhang mit GVO und deren Umgang in der Umwelt existieren.

3.1. Europa

Die seit Oktober 2002 rechtskräftige Richtlinie 2001/18/EG regelt in der Europäischen Union das Verfahren über die absichtliche Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen in die Umwelt. Die Richtlinie bezieht sich sowohl auf experimentelle Freisetzungsversuche, die unter kontrollierten Bedingungen auf begrenzten Flächen stattfinden, als auch auf das «Inverkehrbringen». Darunter wird die kommerziellen Nutzung von GVO in der Umwelt verstanden, also z.B. der Anbau von GVP, jedoch auch der Import von Ernteprodukten aus GVO, wie sie in Lebens- und Futtermitteln vorkommen können. Die Richtlinie regelt das für experimentelle Freisetzungsversuche und das kommerzielle Inverkehrbringen notwendige Zulassungsverfahren, insbesondere die vorab durchzuführenden Risikobewertungen. Sämtliche Genehmigungen zum Inverkehrbringen von GVO sind zukünftig auf zehn Jahre begrenzt und müssen dann erneuert werden. Zusätzlich schreibt die Richtlinie auch vor, dass Freisetzungsversuche (Teil B Art. 5) und insbesondere der Anbau von GVP (Teil C Art. 13) von einem Überwachungsplan (Monitoringplan) begleitet sein müssen, um mögliche schädliche Effekte der GVO auf den Menschen und die Umwelt frühzeitig feststellen zu können. In den Leitlinien zur Ergänzung des Anhangs VII der Richtlinie 2001/18/EG sowie im Anhang selber werden Ziele, Aufbau und Konzept des Überwachungsplans generell erläutert und die Grundsätze beschrieben, die bei der Erstellung des Überwachungsplans zu befolgen sind (Ergänzung des Anhangs VII der Richtlinie 2001/18/EG). Im Sinne der Transparenz müssen die Mitgliedstaaten ausserdem öffentliche Register anlegen, in denen sowohl die Orte der genehmigten Freisetzungsversuche als auch die Flächen verzeichnet sind, auf denen GVP kommerziell angebaut werden.

3.2. Schweiz

Massgebend für die Regulierung von GVO und deren Freisetzung in die Umwelt ist in der Schweiz die Freisetzungsverordnung (FrSV SR 814.911). Die FrSV regelt die Voraussetzungen und das Bewilligungsverfahren für die beabsichtigte Verwendung von GVO in der Umwelt, sei dies für Freisetzungsversuche oder für das Inverkehrbringen. Der Begriff gilt auch hier sowohl für die kommerzielle Verwendung (z.B. Saatgut für den Anbau) als auch für die Einfuhr von GVO in Lebens- und Futtermitteln. In Übereinstimmung mit dem EU-Recht kann jegliches Einbringen von GVO in die Umwelt erst nach Bewilligung durch die zuständige Behörde stattfinden, wenn der Antragsteller mittels einer Risikobewertung darlegen konnte, dass für den Menschen und die Umwelt keine Gefährdung vorliegt. Die Anbaubewilligung ist wie in der EU auf zehn Jahre befristet, kann aber um weitere zehn Jahre verlängert werden, falls die Behörden zum Schluss kommen, dass die Beurteilung der Risikobewertung unter Einbezug allfälliger neuer Erkenntnisse weiterhin keine Gefährdung für Mensch und Umwelt ergibt. Bei GVO-Erzeugnissen, die als Lebensmittel (inkl. Zusatzstoffe und Verarbeitungshilfsstoffe) angewendet werden, ist die Bewilligung auf fünf Jahre beschränkt (VBGVO SR 817.021.35).

Bewilligungsgesuche für Freisetzungsversuche und das Inverkehrbringen müssen zudem einen Überwachungsplan enthalten, mit dessen Hilfe mögliche schädliche oder lästige Einwirkungen des Inverkehrbringens auf den Menschen und die Umwelt frühzeitig festgestellt werden sollen. Dazu gehören insbesondere auch indirekte und späte Folgen des Inverkehr-

bringens. Im Gegensatz zur EU-Richtlinie 2001/18/EG beschränkt sich die FrSV jedoch auf die blosser Erwähnung eines Überwachungsplans (Art. 9, Abs. 1, Bst. d für Freisetzungsversuche, Art. 14, Abs. 1, Bst. e im Zusammenhang mit dem Inverkehrbringen) und gibt keine näheren Erläuterungen zu Zielen und Grundsätzen des durchzuführenden GVO-Monitorings.

Das neue Gentechnikgesetz (GTG SR 814.91) regelt den Umgang mit gentechnisch veränderten Organismen im Ausserhumanbereich. Gemäss Art. 19, Abs. 2, Bst. e dieses Gesetzes kann der Bundesrat Langzeituntersuchungen für den Umgang mit bestimmten GVO vorschreiben. Nähere Erläuterungen zu Zweck und Umfang dieser Langzeituntersuchungen werden jedoch nicht aufgeführt.

4. Ausländische Monitoringkonzepte

4.1. Europa

Seit 1998 bestand in der Europäischen Union aufgrund fehlender Rechtsvorschriften in den Bereichen Kennzeichnungspflicht, Schwellenwerte, Rückverfolgbarkeit sowie Haftung ein vom Umweltministerrat beschlossenes «de facto»-Moratorium für die Zulassung gentechnisch veränderter Organismen. Das «de facto»-Moratorium hatte zur Folge, dass GVP erst wieder in den Verkehr gebracht werden sollten, wenn neue Rechtsvorschriften zu den oben genannten Themen angenommen wären. Das Europäische Parlament hat im Juli 2003 ein umfassendes Paket von Vorschriften für die Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit von gentechnisch veränderten Lebens- und Futtermitteln beschlossen, womit die Voraussetzungen für die Aufhebung des Moratoriums im Prinzip gegeben sind (bioSicherheit 2003b).

Konkret bedeutete das «de facto»-Moratorium, dass seit 1998 beinahe in der gesamten EU (abgesehen von Spanien, wo jährlich etwa 25 000 ha insektenresistenter Bt-176-Mais angebaut wird (TransGen 2002), keine gentechnisch veränderten Pflanzen grossflächig im kommerziellen Anbau verwendet wurden. Bezogen auf das Thema GVP-Monitoring heisst dies auch, dass im europäischen Umfeld bis heute kein Monitoringprogramm, wie es gemäss der neuen Richtlinie 2001/18/EG vorgesehen wäre, durchgeführt werden musste und Konzepte somit konkret in die Praxis umgesetzt wurden. Zusätzlich kamen zwölf der 15 EU-Mitgliedstaaten der Verpflichtung nicht nach, die neue Richtlinie fristgerecht bis 17. Oktober 2002 in nationales Recht umzusetzen (bioSicherheit 2003a), so dass sich bisher auch nur wenige Länder vertieft mit der Thematik auseinandergesetzt haben und entsprechend ausgearbeitete Konzepte fehlen.

Am gründlichsten dokumentiert sind die Konzepte, die in Deutschland von mehreren Stellen erarbeitet wurden und zurzeit weiterhin entwickelt werden (BBA 2000, UBA 2001, UBA 2003, Wilhelm *et al.* 2002b). In Österreich (Traxler *et al.* 2000) und Dänemark (Kjellsson und Strandberg 2001) wurden ebenfalls Konzepte zum GVO-Monitoring publiziert. Auch in Frankreich und Spanien existieren Aktivitäten im Bereich GVP-Monitoring, doch ist es schwierig, nähere Informationen zu erhalten, da nur vereinzelte oder gar keine Publikationen aus diesen Ländern erhältlich sind (EEP – MON 2002). Viele der in diesem Bericht erwähnten Aktivitäten, speziell diejenigen in Frankreich, sind oftmals Forschungsarbeiten, die noch im Rahmen der Risikobewertung von GVP durchgeführt werden, und sind somit nicht Teil eines GVP-Monitorings im Sinne unserer Definition. In Spanien werden parallel zum erwähnten Anbau von Bt-Mais auch Untersuchungen zur Resistenzentwicklung des Maiszünslers sowie zu den ökologischen Effekten auf Nützlinge durchgeführt (Castanera und Ortego 2000, Gonzales-Nunez *et al.* 2000). Hierbei kann wahrscheinlich vom einzig «echten» GVP-Monitoring in Europa gesprochen werden, da die Untersuchungen in kommerziell angebauten Bt-Maisfeldern, in Feldern der parentalen Linie und in Feldern mit konventionellem Anbau durchgeführt werden.

In England hat das «Advisory Comitee on Releases to the Environment (ACRE)» ebenfalls eine Anleitung publiziert, wie die Einflüsse eines GVP-Anbaus auf die Biodiversität zu bewerten sind (ACRE 2001). Auch die unter dem Titel «Farm-Scale Evaluations» bekannt gewordenen Untersuchungen, die während drei Jahren unter Anbaubedingungen an mehreren Orten durchgeführt wurden, kann man zumindest methodisch als ein GVP-Monitoring bezeichnen (Firbank *et al.* 2003, Norris und Sweet 2002).

Für die restlichen EU-Mitgliedstaaten sind keine Informationen im Bezug auf laufende Monitoringprojekte publiziert. In den folgenden Abschnitten soll eingehender auf die Konzepte aus Deutschland und aus Österreich eingegangen werden.

4.2. Deutschland

In Deutschland laufen schon seit einigen Jahren mehrere interdisziplinäre Programme und Projekte zum Thema GVP-Monitoring. Unter der Federführung des Umweltbundesamtes (UBA) konzentriert sich die Bund/Länder-Arbeitsgruppe «Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen» (BLAG Monitoring) in erster Linie auf Umweltwirkungen und ökosystemare Zusammenhänge, die beim Anbau von GVP beeinträchtigt werden könnten. Die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) entwickelt in der Arbeitsgruppe «Anbaubegleitendes Monitoring im Agrarökosystem» Konzepte, die sich vornehmlich auf mögliche Wirkungen im Agrarökosystem beschränken und befasst sich in erster Linie mit agronomischen Fragestellungen, die beim Anbau von GVP entstehen könnten. Dem Robert-Koch-Institut (RKI) als oberster deutscher Genehmigungsbehörde im Zusammenhang mit Gentechnik obliegt die Verantwortung über die Kontrolle des Risikomanagements von GVO.

Die Verantwortlichkeiten und Kompetenzen im Zusammenhang mit der Regulierung von GVP sind zurzeit im Umbruch. Bei einigen der erwähnten Behörden stehen in nächster Zukunft Umstrukturierungen an. So wurde im Juli 2003 beschlossen, den Bereich Gentechnik des UBA beim Bundesamt für Naturschutz (BfN) in Bonn zu integrieren, und das Zentrum Gentechnologie des RKI wurde dem Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) angegliedert (bioSicherheit 2003c).

Die oben genannten Arbeitsgruppen regen an, das GVP-Monitoring in Deutschland in die drei Module «Umwelt», «Landwirtschaft» sowie «Gesundheit/Verbraucherschutz» zu gliedern und über eine Koordinationsstelle zusammenzuführen. Entsprechend befassen sich die Arbeitsgruppen mit der Konzeption der jeweiligen Module, wobei in jeder Arbeitsgruppe Vertreter verschiedener Institutionen vertreten sind und jeweils eine Behörde die Federführung übernommen hat.

Für das in diesem Auftrag zu entwerfende GVP-Monitoringkonzept sind die beiden folgenden Arbeitsgruppen relevant:

(1) Bund/Länder-Arbeitsgruppe «Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen»

Diese Arbeitsgruppe unter der Leitung des UBA beschäftigt sich in erster Linie mit den Umweltwirkungen von GVP, d.h. möglichen Risiken wie z.B. den unerwünschten Wirkungen auf Ziel- und Nicht-Zielorganismen, Ziel- und Nicht-Zielsysteme oder der Verbreitung von Transgenen in der Umwelt. Zusätzlich sollen für das GVP-Monitoring Programme und Daten der allgemeinen ökologischen Umweltbeobachtung genutzt werden (BLAG 2002).

(2) BBA-Arbeitsgruppe «Anbaubegleitendes Monitoring im Agrarökosystem»

Die BBA-Arbeitsgruppe beschäftigt sich vornehmlich mit den Auswirkungen eines GVP-Anbaus auf das Agrarökosystem und ist auf die landwirtschaftliche Praxis ausgerichtet. Dazu gehören beispielsweise Fragen im Zusammenhang mit der Saatgutqualität oder der Pflanzengesundheit (z.B. Auftreten von resistenten oder neuen Schädlingen oder Krankheitserregern).

Das dritte Modul «Gesundheitliche Wirkungen» wurde bisher noch nicht bearbeitet.

4.2.1. Umweltbundesamt

Das Umweltbundesamt (UBA) beschäftigt sich schon seit 1988 mit den Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen und seit 1995 mit der Konzeption eines entsprechenden

Monitorings. Dementsprechend hat das UBA auch schon eine Vielzahl von Publikationen zum Thema veröffentlicht (BLAG 2002, Brauner und Tappeser 2001, Miklau *et al.* 2001, Neemann und Schwerwass 1999, Umweltbundesamt 1998, Umweltbundesamt 2001, Umweltbundesamt 2003, Züghart und Breckling 2002). Die Publikationen befassen sich mit den theoretischen und fachlichen Grundlagen eines GVP-Monitorings.

Das UBA hat folgenden Ansatz gewählt:

1. Definition von vier Fallbeispielen – Priorisierung von transgenen Kulturpflanzen basierend auf dem Stand der Zulassung und ihrem potenziellen biologischen Risiko:

herbizidtoleranter Raps, insektenresistenter Mais, virusresistente Zuckerrüben und kohlenhydratveränderte Kartoffeln.

2. Ermittlung von Umweltwirkungen der vier gewählten Beispiele. Basierend auf der Literatur, der Risikoforschung und dem bisherigen Wissen wurden mögliche fallspezifische und fallübergreifende Risiken definiert. Daraus entstanden 80 Ursache-Wirkungshypothesen, die für weitere Fallbeispiele fortzuschreiben sind (Züghart und Breckling 2002).

3. Ableitung von Beobachtungsparametern, Methoden und Erhebungsdesign:

Ausgehend von den Ursache-Wirkungshypothesen wurden Beobachtungsparameter abgeleitet, anhand derer die Hypothesen überprüft werden und geeignete Erhebungsmethoden vorgeschlagen werden können. Sowohl die Hypothesen als auch Parameter und Methoden wurden in drei Workshops mit Experten diskutiert und abgestimmt. Das Ergebnis ist ein Katalog mit fachlich gebotenen Erhebungsparametern. Dieser Parameterkatalog diente als fachliche Grundlage für die Erarbeitung eines Monitoringkonzeptes im Rahmen der BLAG Monitoring. Hier wurden Kriterien für eine Priorisierung und Eingrenzung der Parameter sowie für ein stufenweises Vorgehen in der Umsetzung entwickelt und ein Kernparametersatz erarbeitet.

Leider hat das UBA bisher noch keine Arbeiten zu Stichprobenumfang und Stichprobenräumen publiziert. Gegenwärtig laufen in Zusammenarbeit mit den Bundesländern acht Modellprojekte, die zum Ziel haben, Methoden für ein GVP-Monitoring zu entwickeln und deren Praxistauglichkeit zu erproben. Zusätzlich sollen die Kosten für einzelne Methoden erhoben und die Methoden standardisiert werden.

Schwerpunkte der Modellprojekte sind:

- Verbreitung von Pollen in der Umwelt (Methodenentwicklung für ein Monitoring von transgenem Pollen mittels Pollenfallen)
- Floristische und vegetationskundliche Kartierungen sowie molekularbiologische Analysen der Auskreuzung
- Verhalten und Persistenz von gentechnisch veränderten Pflanzen im Boden

4.2.2. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) vertritt in der Frage des GVP-Monitorings einen eher pragmatischen Ansatz, der deutlich von landwirtschaftlichen Fragestellungen dominiert wird, aber Aspekte der allgemeinen Umweltwirkungen nicht ausschliesst. Die Arbeitsgruppe «*Anbaubegleitendes Monitoring im Agrarökosystem*» bearbeitet mehrheitlich Fragen zu Saatgut- und Produktqualität sowie Pflanzen- und Bodenschutz, die bei einem Anbau von transgenen Pflanzen betroffen sein könnten (BBA 2000). Ein besonderes Anliegen der BBA-Arbeitsgruppe liegt in der Vernetzung bestehender Datennetze und Informationsquellen, mit denen vorwiegend agronomische Fragen beantwortet werden könnten (z.B. Sortenzulassung, Sortenüberwachung, Pflanzenzüchtung, Pflanzenschutzdienste). Gemäss laufenden Studien der BBA, wie bestehende Monitoringnetzwerke für ein GVP-Monitoring genutzt werden könnten, erweist sich die Einbindung dieser Netzwerke in

Deutschland als notwendig, bedarf jedoch einer politischen und rechtlichen Klärung (Schiemann, persönliche Mitteilung).

Im Unterschied zum UBA, das als Umweltbehörde dem Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen eher skeptisch gegenübersteht, hat die BBA eine eher pragmatische Einstellung und hält eine allgemeine Umweltbeobachtung im Rahmen des GVP-Monitorings nicht für notwendig. Der von der BBA verfolgte Ansatz zur Entwicklung des GVP-Monitoringkonzepts (Wilhelm *et al.* 2002) definiert in einem ersten Schritt Schutzziele, die mit Hilfe eines GVP-Monitorings überwacht werden sollen. Durch die Konzentration auf den Bereich Agrarökosysteme ergeben sich einige Schutzziele analog zu den Anforderungen aus der landwirtschaftlichen Praxis, so z.B. Produkt- und Saatgutqualität sowie Pflanzen- und Bodenschutz. Darüber hinaus soll auch der Schutz der Biodiversität durch die Landwirtschaft als Schutzziel betrachtet werden.

Die BBA legt Wert auf eine Vereinheitlichung von Bewertungskriterien für die Auswahl von Monitoringparametern auf der Grundlage des Schutzziele-Handlungsfelder-Konzeptes (Wilhelm *et al.* 2002). Einen Schwerpunkt ihrer bisherigen Tätigkeit im Bereich GVP-Monitoring legte die BBA in die Entwicklung eines Fragebogen für die Datenerhebung durch den Landwirt. Der Fragebogen zum Anbau von gentechnisch verändertem Mais soll helfen, wertvolle Informationen, die der Landwirt hinsichtlich der Anbaupraxis und Anbaubesonderheiten besitzt, in organisierter Form ins Monitoring einzubeziehen. Diese Informationen betreffen in erster Linie das Anbauverfahren, das Auftreten von Pflanzenkrankheiten und Schädlingen sowie die Zusammensetzung unerwünschter «Unkrautpopulationen». Ein besonderes Augenmerk wird dabei auf die Resistenzbildung des Maiszünslers gegen den Bt-Mais gelegt (Wilhelm 2002).

Die BBA koordiniert zudem seit 2001 ein Verbundprojekt zum Thema «*Methodenentwicklung für ein anbaubegleitendes Monitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen im Agrarökosystem*», das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird. Es handelt sich um einen Förderschwerpunkt mit 40 Projekten in sieben Verbänden zum Thema *Sicherheitsforschung und Monitoring* (bioSicherheit 2002).

4.3. Österreich

Österreich befindet sich in einer ähnlichen Situation wie die Schweiz, bis heute wurden in Österreich keine Freisetzungsversuche mit gentechnisch veränderten Pflanzen durchgeführt. Dennoch publizierte das österreichische Umweltbundesamt bereits im Jahr 2000 ein entsprechendes Konzept für ein GVO-Monitoring (Traxler *et al.* 2000). Der Begriff *Ökologisches Monitoring* wird in dieser Publikation jedoch für sämtliche Aktivitäten verwendet, die mögliche Umwelteffekte von GVP untersuchen, so z.B. auch für die freisetzungsbegleitende Risikoforschung. Dadurch kommt es insbesondere bei der fallspezifischen Überwachung zu einer Vermischung der Aufgaben, die durch die Risikoforschung untersucht oder durch ein Monitoringprogramm überwacht werden sollten. Gemäss dem österreichischen Konzept können die Begleitforschung und das Monitoring auch z.T. schwer voneinander getrennt werden. Geht man vom im Kapitel 5.1. «Unterschied Risikoforschung / Monitoring» erläuterten Ansatz aus, so ist diese Trennung jedoch möglich.

Gemäss dem österreichischen Konzept dient das GVO-Monitoring demnach (Traxler *et al.* 2000):

- (1) zur empirischen Überprüfung potenzieller Risiken, die in der Risikoabschätzung genannt wurden
- (2) zur Früherkennung möglicher Auswirkungen auf die Umwelt
- (3) zur rechtzeitigen Verhinderung negativer Auswirkungen (Frühwarnsystem)
- (4) zur Sicherung der ökologischen Schutzziele (z.B. Biodiversität, Lebensräume, Artenschutz)
- (5) zur ständigen Neubewertung der ökologischen Risiken von GVO
- (6) zum Wissensgewinn über den Einsatz einer neuen Technologie

Bei den Punkten (3) und (4) ist es fraglich, ob ein Monitoringprogramm diese Aufgabe erfüllen kann (siehe auch Kap. 5.4. «Welche Erwartungen kann ein Monitoringprogramm erfüllen?»). Bei Punkt (5) darf in Frage gestellt werden, ob die ökologischen Risiken von GVO ständig neu bewertet werden müssen, falls sich nach einigen Jahren die zu erwartenden «Unsicherheiten» nur noch in einem zu vernachlässigenden Mass bewegen.

Traxler *et al.* erkennen auch den Bedarf an Präzisierung, was als ökologischer Schaden angesehen werden soll und die damit verbundenen Schwierigkeiten, entsprechende Kriterien für den Abbruch eines GVO-Anbaus festzulegen.

5. Grundlagen und Ziele eines GVP-Monitoringprogramms

5.1. Unterschied Risikoforschung/Monitoring

1. Kernsatz:

Die Risikoforschung und das Monitoring stellen zwei unterschiedliche Phasen bei der Untersuchung möglicher Effekte von gentechnisch veränderten Pflanzen dar

Risikoforschung und Monitoring unterscheiden sich in den folgenden Punkten:

- zeitlich Risikoforschung steht zu Beginn der Untersuchungen möglicher Effekte von GVP – Monitoring kann von den Kenntnissen aus mehreren Jahren Risikoforschung profitieren (erweiterter Wissensstand).
- rechtlich Zwischen Risikoforschung und Monitoring liegt die Genehmigung für das Inverkehrbringen. Basierend auf der Risikobewertung werden die Risiken beim Anbau von GVP als minimal und akzeptabel beurteilt, da sonst keine Genehmigung erteilt worden wäre.
- räumlich GVP dürfen in der Risikoforschung nur unter kontrollierten Bedingungen und an bewilligten Standorten freigesetzt werden. Nach der Anbaugenehmigung gibt es prinzipiell keine räumliche Beschränkung mehr und GVP dürfen großflächig angebaut werden.
- inhaltlich Die Risikoforschung versucht möglichst viele Informationen über kausale Zusammenhänge zwischen GVP und hypothetischen Effekten zu erhalten. Das Monitoring überwacht und beobachtet die Effekte, die bei einem Anbau von GVP eintreten könnten.

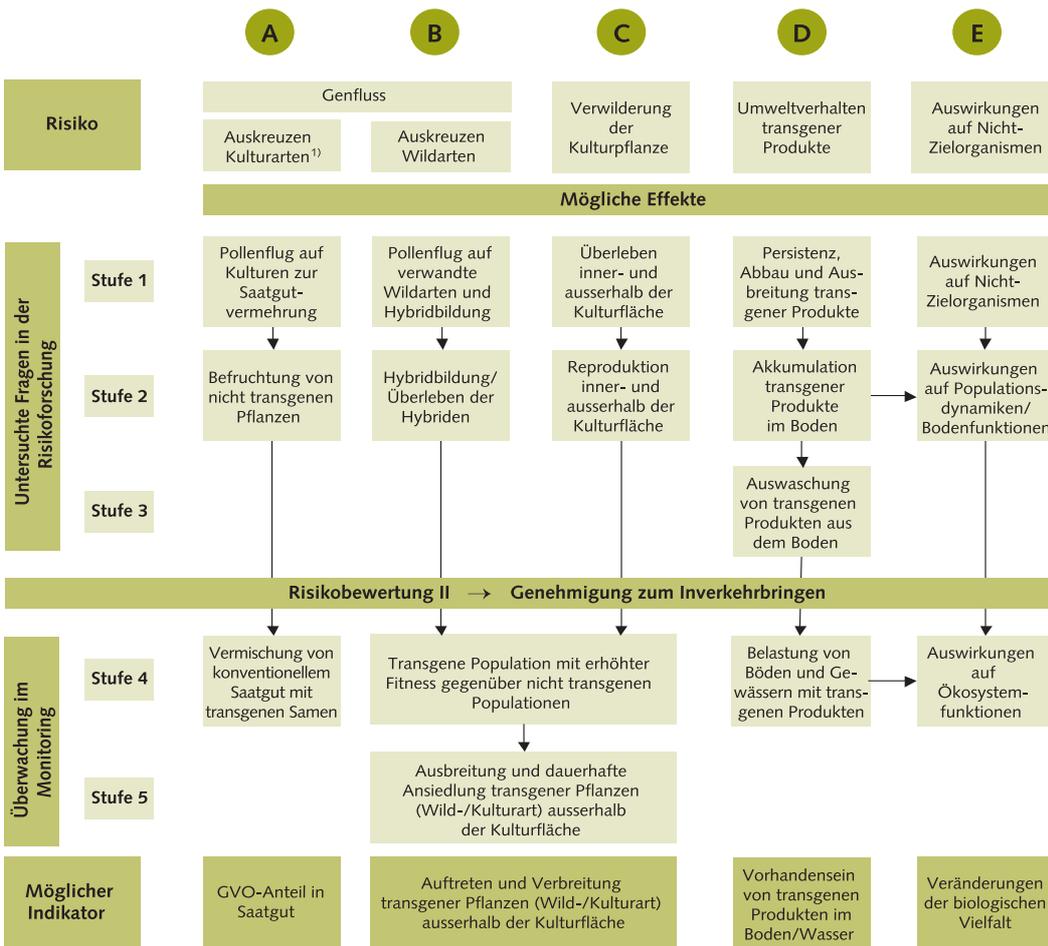
Im Sinne des Vorsorgeprinzips müssen Sicherheitsfragen bereits im Rahmen der Risikoforschung mit Hilfe experimenteller Ansätze abgeklärt werden (Abbildung 1). Es ist anzunehmen, dass GVPs erst eine Bewilligung für den kommerziellen Anbau erhalten, wenn die relevanten Risiken abgeklärt sind und in der Risikobewertung gezeigt werden konnte, dass keine wesentliche Gefährdung für die Umwelt vorliegt. Die Aussagekraft der Ergebnisse aus der Risikoforschung ist aufgrund der räumlichen und zeitlichen Beschränkung der Experimente jedoch mit gewissen Unsicherheiten behaftet, wobei Risikobeurteilungen von neuen Technologien stets mit Unsicherheiten behaftet sind. Das Monitoring hilft die Ergebnisse der Risikoforschung zu überprüfen und unerwartete schädliche Effekte zu erkennen. Die methodischen Ansätze von Risikoforschung und Monitoring sind teilweise unterschiedlich. Risikoforschung steht am Anfang der Untersuchungen, während ein Monitoring spätere Effekte von GVP überwacht (Abbildung 2).

Betrachtet man beispielsweise direkte Effekte wie das «Auskreuzen auf verwandte Wildarten», so wird in der Risikoforschung für die in Frage kommenden Kulturpflanzen gezielt untersucht, ob und wie häufig diese auf verwandte Wildarten auskreuzen und ob die dabei gebildeten Hybriden lebens- und fortpflanzungsfähig sind. Ein GVP-Monitoringprogramm mit dem Ziel, das Auskreuzungsrisiko fallspezifisch zu überwachen, sollte nicht untersuchen, wie hoch die Auskreuzungsrate auf verwandte Wildpflanzen ist, sondern sich mit der Frage befassen, ob es in der Umgebung der Anbaufläche zur unüblichen Ausbreitung und dauerhaften Ansiedlung von verwandten Wildarten gekommen ist, die durch die Aufnahme des veränderten Gens einen Vorteil gegenüber anderen Arten erworben haben könnten.

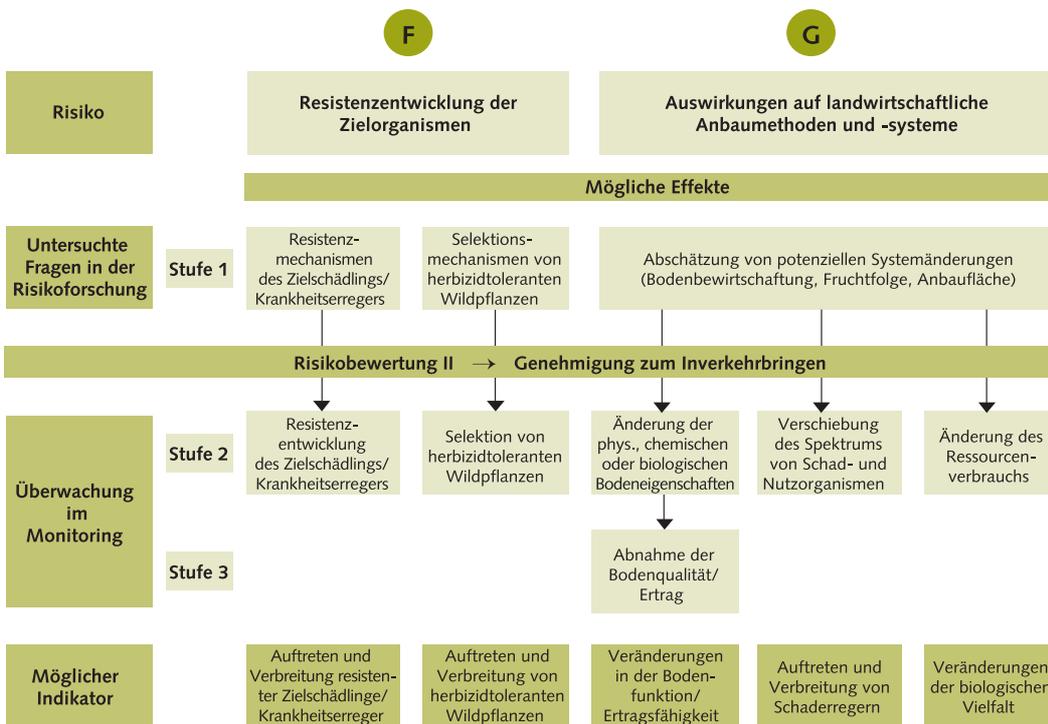
Ähnliches gilt für das Risiko der «unerwünschten Effekte auf Nicht-Zielorganismen». In der Risikoforschung werden vermutete Effekte, die von der GVP oder deren Produkten ausgehen könnten, auf betroffene Nicht-Zielorganismen untersucht. Der experimentelle Ansatz erlaubt

dank der verwendeten Methodik meist sehr genaue Aussagen zu spezifischen Fragestellungen der Wirkungen auf Einzeltiere und möglicherweise auf Populationen. In einem Monitoringprogramm stehen solche Effekte aus Kostengründen nicht im Zentrum der Abklärungen. Vielmehr sollen Effekte auf Ökosystemfunktionen und das Erkennen von signifikanten Veränderungen in der biologischen Vielfalt bestimmter Artengruppen untersucht werden.

Inhaltliche Unterschiede in der Risikoforschung und im Monitoring von direkten Effekten gentechnisch veränderter Pflanzen (A-E). Mögliche direkte Effekte von GVP wurden in fünf Stufen unterteilt, wobei die nachfolgenden Stufen jeweils von der vorhergehenden abhängig sind. Risikoforschung untersucht erste Stufen, während Monitoring spätere Stufen möglicher Effekte von GVP überwacht. *Abbildung 2*



¹⁾ Das Auskreuzen von transgenen Sequenzen via Pollen auf die gleiche Kulturart ist (ausser bei Kulturen zur Saatgutvermehrung) kein ökologisches Risiko.



Inhaltliche Unterschiede in der Risikoforschung und im Monitoring von indirekten Effekten gentechnisch veränderter Pflanzen (F und G). Mögliche indirekte Effekte von GVP wurden in drei Stufen unterteilt, wobei die nachfolgenden Stufen jeweils von der vorhergehenden abhängig sind. Risikoforschung untersucht erste Stufen, während Monitoring spätere Stufen möglicher Effekte von GVP überwacht. *Abbildung 3*

¹ Da in der schweizerischen Freisetzungsvorordnung (FrSV) noch keine eingehenderen Erläuterungen zu den Inhalten und Zielen des durchzuführenden GVO-Monitorings erwähnt werden, entsprechen die im Folgenden verwendeten Definitionen den in der EU-Richtlinie 2001/18/EG erwähnten Zielen.

Schwierig sind indirekte Effekte von GVP zu untersuchen, da sich mögliche Effekte erst nach Abfolge mehrerer Schritte zeigen. Da eventuell lange Zeiträume vergehen, bevor indirekte Effekte sich nachweisen lassen, ist es nicht leicht, indirekte Effekte in der Risikoforschung zu untersuchen. Indirekte Effekte sind deshalb wahrscheinlich am ehesten mit einem Monitoringprogramm nachzuweisen (Abbildung 3).

5.2. Allgemeine Zielsetzung des GVP-Monitorings

Gemäss der EU-Richtlinie 2001/18/EG verfolgt das GVP-Monitoring zwei Zielsetzungen¹:

- (1) Überprüfung der Ergebnisse und Annahmen aus der vor dem Inverkehrbringen durchgeführten Risikobewertung
- (2) Frühzeitige Erkennung von schädlichen Effekten der gentechnisch veränderten Pflanze oder deren Anwendung auf die Umwelt, die in der Risikobewertung nicht vorhergesehen werden konnten

Das erste Ziel sollte mit Hilfe der fallspezifischen Überwachung erreicht werden. Die in der Risikobewertung formulierten möglichen schädlichen Effekte der GVP oder deren Anwendung beziehen sich auf konkrete Hypothesen, die wiederum von den Eigenschaften der GVP und der spezifischen gentechnischen Veränderung abhängen. Innerhalb einer vorgesehenen Frist sollte es möglich sein, diese Hypothesen zu testen. Die Ergebnisse und Annahmen aus der vor dem Inverkehrbringen durchgeführten Risikobewertung sollen mit Hilfe spezifischer Untersuchungen überprüft werden. Die in der Risikobewertung ermittelte Unbedenklichkeit der GVP soll an verschiedenen Anbaustandorten und unter diversen Bedingungen (Boden, Klima usw.) überwacht werden.

Die allgemeine überwachende Beobachtung soll helfen, das zweite Ziel zu erreichen. Bei den schädlichen Effekten der GVP kann es sich um direkte, indirekte, sofortige oder spätere schädliche Effekte handeln. Im Unterschied zur fallspezifischen Überwachung soll die Beobachtung über einen längeren Zeitraum und auf einem grösseren Gebiet vorgenommen werden.

Mit Hilfe eines GVP-Monitoringprogramms soll die zuständige Behörde wissenschaftlich fundierte Daten erhalten, um entscheiden zu können, ob der Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen zu unerwünschten Effekten auf die Umwelt geführt hat und entsprechende Massnahmen eingeleitet werden müssen.

5.3. Unterschied «Fallspezifische Überwachung» und «Allgemeine überwachende Beobachtung»

2. Kernsatz:

Die fallspezifische Überwachung verfolgt nicht das gleiche Ziel wie die allgemeine überwachende Beobachtung und muss deshalb von einem anderen Ansatz ausgehen

Die fallspezifische Überwachung kann direkt auf den GVP-Anbau ausgerichtet werden, da Informationen zu der jeweiligen Pflanze, ihrer gentechnisch veränderten Eigenschaft, dem Anbaustandort sowie Vorkenntnisse aus der Risikobewertung existieren. Die fallspezifische Überwachung kann demnach einen risikobasierten Ansatz verfolgen, der es erlaubt, mit Hilfe der erwähnten Informationen die relevanten Schutzziele einzugrenzen und mögliche Effekte zu definieren (Abbildung 4). Mit Hilfe spezifischer Parameter und Indikatoren wird gezielt untersucht, ob die in der Risikobewertung postulierten Effekte festgestellt werden konnten oder ob sie nach einer festgelegten Zeitdauer ausbleiben. Im Gegensatz zur allgemeinen über-

Fallspezifische Überwachung

Ziel

Überprüfung der Ergebnisse und Annahmen aus der vor dem Inverkehrbringen durchgeführten Risikobewertung

Risikenbasiert

Definierte Risiken basierend auf Eigenschaften der GV-Pflanze, Anbaustandort und bisheriger Risikoforschung (Risikobewertung)

Eingrenzen von relevanten Schutzzielen

Definition möglicher Effekte
Formulierung überprüfbarer Hypothesen

Messung möglicher Effekte mit Hilfe von spezifischen Indikatoren und Parametern

Bestätigung oder Verwerfen der Hypothese

GVP-Monitoring

Allgemeine überwachende Beobachtung

Ziel

Frühzeitige Erkennung von schädlichen Effekten der GVP auf die Umwelt, die in der Risikobewertung nicht vorhergesehen wurden

Schutzgutbasiert

Definierte Schutzgüter und Schutzziele

Definition der maximal tolerierbaren schädlichen Effekte von GVP im ausgewählten Schutzgut

Erhebung von allgemeinen Umweltindikatoren

Feststellen von Veränderungen

Formulierung von Hypothesen zur Herstellung der Kausalität zu GVO

Überprüfung der Hypothesen durch gezielte Risikoforschung

Konzeptionelle Ansätze für die fallspezifische Überwachung und die allgemeine überwachende Beobachtung eines GVP-Monitorings
Abbildung 4

wachenden Beobachtung ist es hier möglich, eventuell festgestellte Veränderungen mit dem Anbau von GVP in Verbindung zu bringen.

Bei der allgemeinen überwachenden Beobachtung besteht die Schwierigkeit, etwas Unvorhersehbares nachweisen zu müssen. Dabei sind die unvorhersehbaren Effekte nicht ausschliesslich auf die Umgebung der Anbaufläche beschränkt. Da im Gegensatz zur fallspezifischen Überwachung somit nicht von definierten Risikohypothesen und einem bekannten Anbaustandort ausgegangen werden kann, muss bei der allgemeinen überwachenden Beobachtung ein anderer Ansatz gewählt werden. Diese muss von den zu schützenden Umweltgütern und -zielen ausgehen (Abbildung 4). Basierend auf definierten Schutzgütern und -zielen müssen Schäden definiert werden, die als relevant betrachtet würden. Durch die Erhebung von Umweltindikatoren im Rahmen bestehender (und evtl. um den Faktor GVP erweiterter) Beobachtungsprogramme sollten sich, falls diese auftreten, im Laufe der Zeit relevante Umweltveränderungen feststellen lassen. Werden solche Veränderungen festgestellt, kann jedoch keine Kausalität zum Anbau von GVP gezogen werden, da neben GVP auch eine Vielzahl von anderen Faktoren Umweltveränderungen auslösen. Durch gezielte experimentelle Untersuchungen muss geklärt werden, ob der Anbau von GVP die Ursache für die festgestellten Veränderungen sein könnte.

5.4. Welche Erwartungen kann ein Monitoringprogramm erfüllen?

Gemäss den ergänzenden Leitlinien des Anhangs VII der Richtlinie 2001/18/EG können Umweltbeobachtungssysteme helfen bei der:

- (1) Bestimmung des Zustands der Umwelt und der Umweltveränderungen
- (2) Bestimmung der Ursachen dieser Veränderungen
- (3) Bestimmung der voraussichtlichen Entwicklung der Umwelt

Die Richtlinie 2001/18/EG gibt unterschiedliche Ziele für die fallspezifische Überwachung und die allgemeine überwachende Beobachtung vor (Tabelle 1). Aufgrund der ungleichen

Vorgaben der europäischen Richtlinie 2001/18/EG für ein GVP-Monitoring sowie Beurteilung der Möglichkeiten eines solchen Programms durch die Autoren

	Fallspezifische Überwachung	Allgemeine überwachende Beobachtung
Vorgabe gemäss 2001/18/EG	<ul style="list-style-type: none"> – Bestätigung der Ergebnisse und Annahmen aus der vor dem Inverkehrbringen durchgeführten Risikobewertung 	<ul style="list-style-type: none"> – Frühzeitige Erkennung von schädlichen Effekten der GVP oder deren Anwendung auf die Umwelt, die in der Risikobewertung nicht vorhergesehen wurden
Ansatz	<ul style="list-style-type: none"> – Überprüfung einer vorher formulierten Hypothese 	<ul style="list-style-type: none"> – Beobachtung der Umweltqualität über längere Zeiträume
Was kann es?	<ul style="list-style-type: none"> – Fallspezifische Bestätigung oder Widerlegung der Unbedenklichkeit des GVP-Anbaus in Bezug auf die formulierten Hypothesen und im Vergleich zu einem Referenzsystem – Aussagen zu den Ursachen von festgestellten Umweltveränderungen machen 	<ul style="list-style-type: none"> – Bestimmung des Zustands der Umwelt und der Umweltveränderungen – Grundlagen liefern für Prognosen der voraussichtlichen Entwicklung der Umwelt (Frühwarnsystem)
Was kann es nicht?	<ul style="list-style-type: none"> – Aussagen über die langfristige Entwicklung der Umwelt machen 	<ul style="list-style-type: none"> – Bestimmung der Ursachen von Umweltveränderungen – Aussagen über die Wirkung eines GVP-Anbaus machen

Tabelle 1

methodischen Ansätze, nach denen die jeweiligen Programme arbeiten, erfüllen diese auch unterschiedliche Funktionen.

Nach Ansicht der Autoren können die von der Richtlinie festgelegten Erwartungen durch ein GVP-Monitoring nur zum Teil erfüllt werden. Die allgemeine überwachende Beobachtung kann nur den Zustand der Umwelt über längere Zeiträume bestimmen und Trends oder signifikante Umweltveränderungen feststellen. Sie kann jedoch keine Information über kausale Zusammenhänge und die Ursachen der Veränderungen liefern. Diese müssen anhand von Hypothesen und anschliessender gezielter experimenteller Überprüfung separat untersucht werden. Mit Hilfe von naturwissenschaftlichen Methoden und Modellen kann die voraussichtliche Entwicklung der Umwelt nur prognostiziert, jedoch nicht mit Sicherheit bestimmt werden.

5.5. Ablauf und Entscheidungsprozesse des GVP-Monitorings

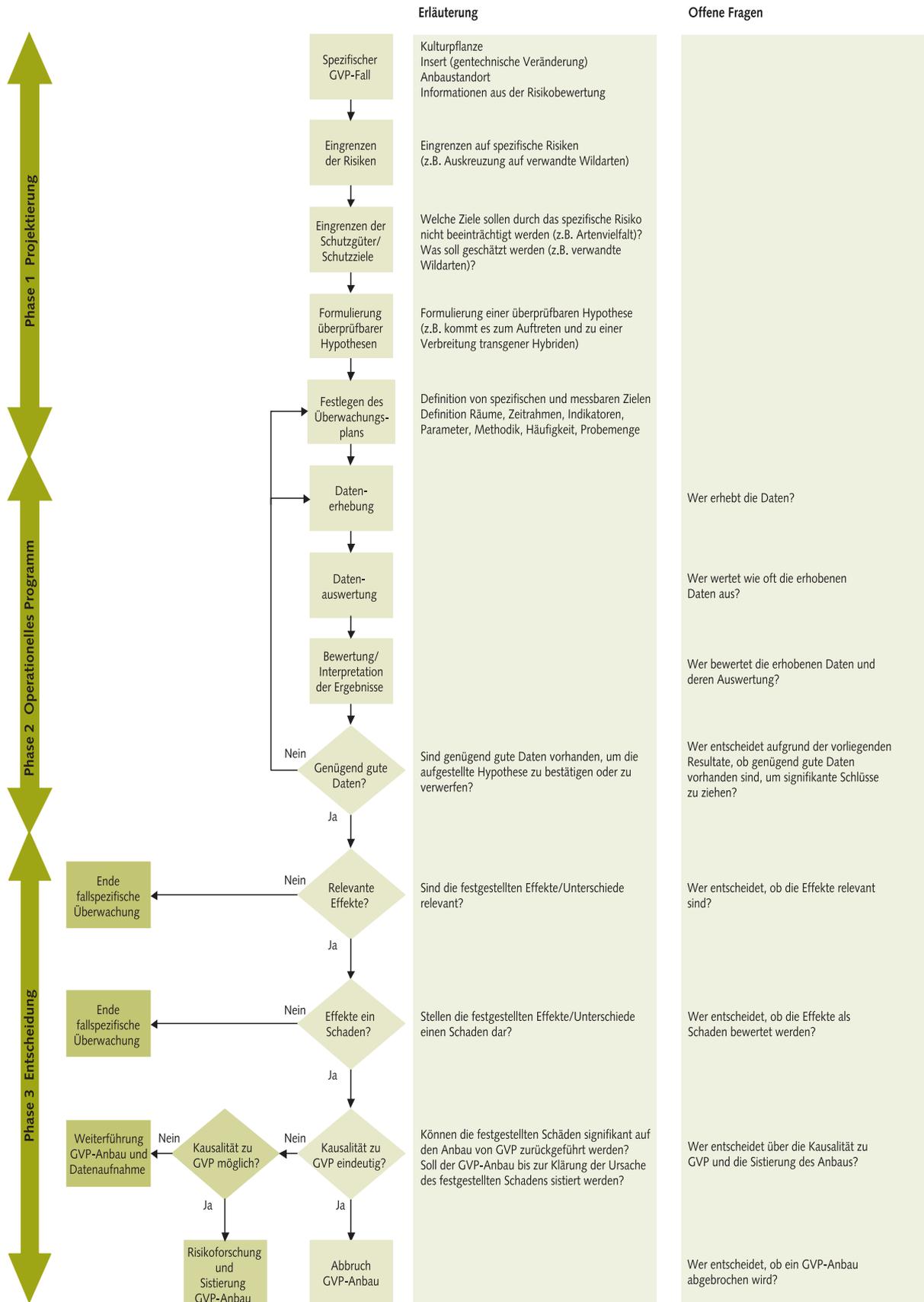
5.5.1. Ablauf und Entscheidungsprozesse der fallspezifischen Überwachung

Gliedert man die fallspezifische Überwachung gemäss des in Abbildung 4 dargestellten Ansatzes in Einzelschritte, so lassen sich deren Ablauf und die involvierten Entscheidungsprozesse grafisch darstellen (Abbildung 5).

Die fallspezifische Überwachung läuft in drei zeitlichen Phasen ab. In der Projektphase wird für jeden einzelnen Fall definiert, welche spezifischen Risiken durch das Monitoring überwacht werden sollen (z.B. das Auskreuzen auf verwandte Wildarten). Im nächsten Schritt wird eine Eingrenzung der Schutzgüter vorgenommen und es werden Schutzziele definiert, die durch die GVP beeinträchtigt werden könnten. Durch die Eingrenzung der spezifischen Schutzgüter kann eine konkrete und überprüfbare Hypothese formuliert werden (z.B. die Frage, ob transgene Hybriden festgestellt werden können). Um die Hypothese zu überprüfen, muss ein spezifischer Überwachungsplan festgelegt werden. Dieser beinhaltet Räume, Zeitrahmen, Methoden und Parameter sowie die Häufigkeit und Menge der zu erhebenden Proben.

Die operationelle Phase beinhaltet die Datenerhebung und -auswertung sowie eine Bewertung und Interpretation der Ergebnisse. Basierend auf dieser Bewertung wird entschieden, ob die erhobenen Daten genügen, um die aufgestellte Hypothese zu bestätigen oder zu verwerfen. Genügen die Daten nicht, so muss die Datenerhebung weitergeführt werden.

Grundlagen und Ziele eines GVP-Monitoringprogramms



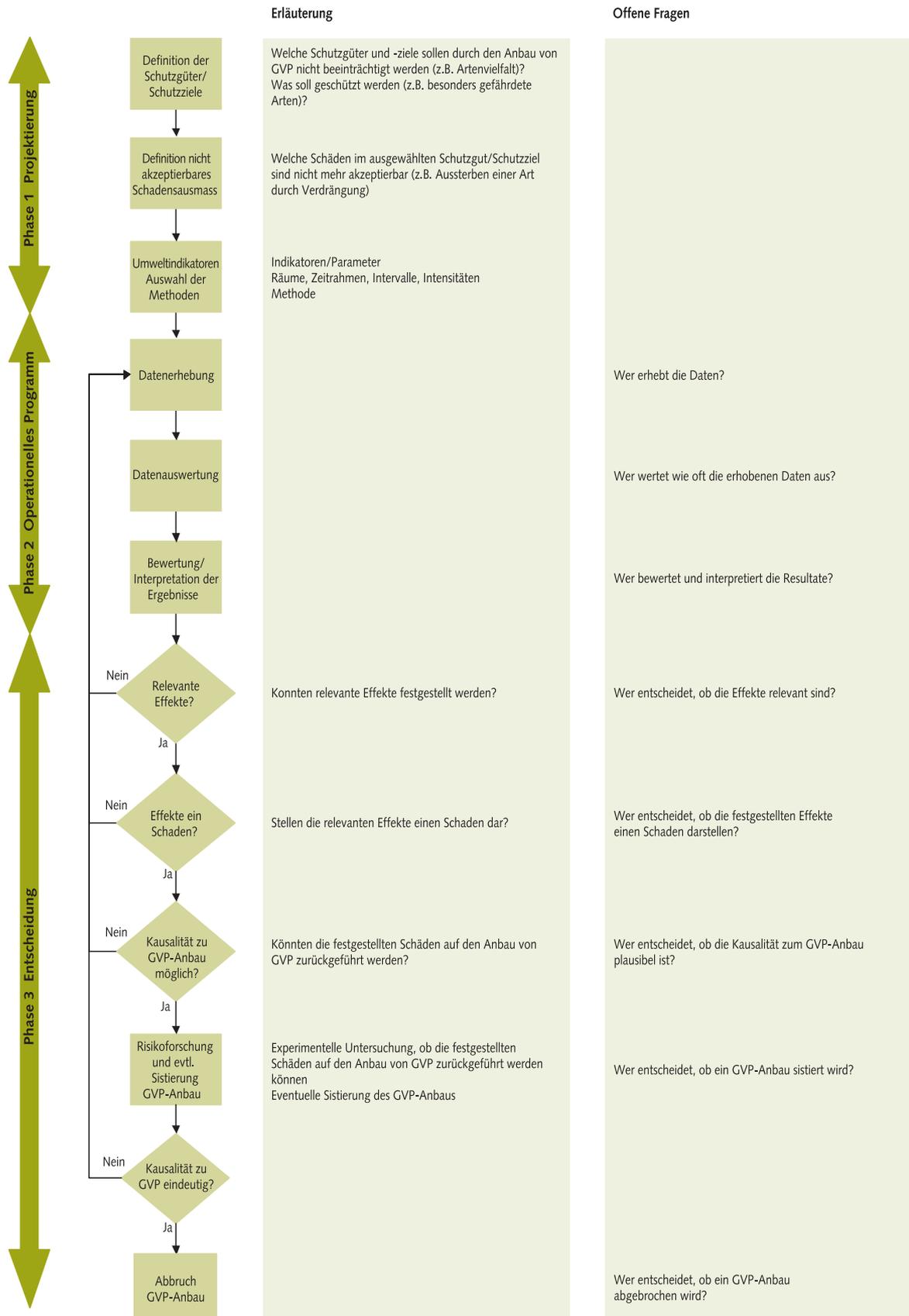
Konzeptioneller Ablauf der fallspezifischen Überwachung und der folgenden Entscheidungsprozesse. Unterteilung in die drei Phasen Projektierung, operationelles Programm und Entscheidung. *Abbildung 5*

In der Entscheidungsphase muss letztlich analysiert werden, ob beim GVP-Anbau für die untersuchte Hypothese im Vergleich zu einem Referenzsystem relevante Effekte festgestellt werden konnten. Falls keine relevanten Effekte festgestellt werden konnten, so kann die aufgestellte Hypothese verworfen und die fallspezifische Überwachung beendet werden. Sollten jedoch relevante Effekte festgestellt worden sein, muss zuerst entschieden werden, ob diese Effekte einen Schaden darstellen. Hier wäre es von Vorteil, wenn bereits relativ früh, jedoch sicher vor Beginn der Datenerhebung, ein allgemeiner Konsens besteht, welche im Rahmen eines GVP-Anbaus zu erwartenden Effekte als Schaden bewertet würden (siehe 7.1. «Definition der Monitoringziele»). Sollten die festgestellten Effekte in einem akzeptierbaren Rahmen liegen, so kann die fallspezifische Überwachung ebenfalls beendet werden. Falls die festgestellten Effekte jedoch einen Schaden darstellen, muss dargelegt werden, ob dieser eindeutig auf den Anbau von GVP zurückzuführen ist. Könnten nicht tolerierbare Schäden eindeutig auf den Anbau von GVP zurückgeführt werden, so müsste der Anbau der gentechnisch veränderten Pflanze abgebrochen werden. Sollte die Kausalität zum GVP-Anbau jedoch nicht eindeutig bestätigt werden können, so muss entschieden werden, ob eine Kausalität zum Anbau von GVP möglich wäre. Falls ein Zusammenhang bestehen könnte, so sollte der GVP-Anbau sistiert werden und mittels experimentellen Ansätzen die Ursachen für die festgestellten Schäden untersucht werden. Falls die Ursache für die festgestellten Schäden nicht auf den Anbau von GVP zurückzuführen ist, so kann der Anbau weitergeführt werden. Zur Sicherheit sollten jedoch weitere Daten erhoben werden, um diese Annahme zu bestätigen.

5.5.2. Ablauf und Entscheidungsprozesse der allgemeinen überwachenden Beobachtung

Die allgemeine überwachende Beobachtung kann ebenfalls in drei zeitliche Phasen gegliedert werden (Abbildung 6). Bei der Konzeption der allgemeinen überwachenden Beobachtung beginnt man in der Projektphase mit der Definition von Schutzgütern und Schutzzielen, die durch den Anbau von GVP nicht beeinträchtigt werden sollten (z.B. die Artenvielfalt auf artenreichen Magerwiesen). Danach werden Schäden definiert, die im ausgewählten Schutzgut nicht toleriert würden (z.B. das Aussterben einer Pflanzenart durch Verdrängung und Ausbreitung einer transgenen Kulturpflanze). Definierte Umweltindikatoren sollen helfen, ein möglichst realistisches Abbild der Umweltsituation in einem grösseren Beobachtungsraum zu gewinnen. Diese werden durch existierende Beobachtungsprogramme erhoben und in regelmässigen Abständen analysiert und beurteilt. Ausserdem ist auch vorstellbar, dass ungewöhnliche Beobachtungen von Landwirten und landwirtschaftlichen Beratern oder beispielsweise Jagd-, Fischerei- oder Imkerverbänden anfallen könnten (z.B. das vermehrte Auftreten eines bestimmten Schaderregers oder auffällig hohe Sterberaten von Bienenvölkern). Da diese Veränderungen unabhängig von einer spezifischen Risikohypothese auftreten, darf man annehmen, dass mittels der allgemeinen überwachenden Beobachtung nur erhebliche Veränderungen auffallen werden, die sich deutlich von den zu erwartenden Schwankungen abheben. Bei der Datenbewertung und anschliessenden Interpretation der Ergebnisse muss zuerst entschieden werden, ob relevante Effekte festgestellt werden konnten, die ausserhalb der Norm liegen. Anschliessend muss beurteilt werden, ob diese relevanten Effekte als Schaden bewertet werden. Falls dies zutrifft, muss entschieden werden, ob die festgestellten Schäden auf den Anbau von GVP zurückgeführt werden könnten. Falls eine Kausalität zum GVP-Anbau plausibel ist, muss mit Hilfe eines experimentellen Ansatzes versucht werden, die Ursache der Schäden möglichst eindeutig zu ermitteln. Sollte der Schaden eindeutig auf den Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen zurückzuführen sein, so muss entschieden werden, ob dieser abgebrochen werden soll. Liegt die Ursache der festgestellten Schäden wahrscheinlich nicht beim Anbau von GVP, so wird die Datenerhebung weitergeführt. Da im Gegensatz zur fallspezifischen Überwachung keine konkrete Hypothese überprüft wird, sollte die allgemeine überwachende Beobachtung im Prinzip zeitlich unbeschränkt sein.

Grundlagen und Ziele eines GVP-Monitoringprogramms



Konzeptioneller Ablauf der allgemeinen überwachenden Beobachtung und der folgenden Entscheidungsprozesse. Unterteilung in die drei Phasen Projektierung, operationelles Programm und Entscheidung.
Abbildung 6

6. Struktur zur Entwicklung eines Monitoringprogramms

Viele Monitoringprogramme kämpfen mit dem Problem, nur eine beschränkte Aussagekraft zu besitzen, da sie ohne klares Konzept aufgebaut wurden (Vos *et al.* 2000). Bei der Entwicklung eines Konzepts möchte man oft zuerst Fragen wie «*Welche Risiken sollen überwacht werden?*», «*Wo sollen diese Risiken überwacht werden?*», «*Mit welchen Methoden sollen sie überwacht werden?*» oder «*Wie lange sollen sie überwacht werden?*» beantworten. Bevor jedoch diese Fragen beantwortet werden können, gilt es zuerst eine Reihe grundlegender Voraussetzungen zu definieren.

Das in dieser Studie erarbeitete Konzept soll anhand von klar strukturierten Schritten aufgebaut werden (Tabelle 2). Bei der Entwicklung des GVP-Monitoringprogramms muss in einem ersten Schritt definiert werden, welche Zielsetzungen mit Hilfe des Monitorings erreicht werden sollen. Zudem müssen gewisse gesellschaftliche und methodische Voraussetzungen erfüllt sein, damit ein Monitoring durchgeführt werden kann. Anschliessend sollte definiert werden, welche Effekte durch das Monitoring überwacht bzw. beobachtet werden sollen. Erst nachdem diese Grundlagen festgelegt worden sind, kann definiert werden, welche Indikatoren am besten geeignet sind, die festgelegten Ziele zu erreichen. Danach muss für jeden Indikator eine Machbarkeitsstudie durchgeführt werden, um die Datenerhebung der einzelnen Indikatoren zu organisieren und die Verantwortlichkeiten und die involvierten Institutionen zu bestimmen. Ausserdem sollte die Finanzierung festgelegt und mögliche Synergien innerhalb der Indikatoren sowie mit externen Programmen analysiert werden. Die ausgewählten Indikatoren beeinflussen den Stichprobenplan, so beispielsweise die zu messenden Parameter, die zu verwendende Methodik, die zu überwachenden Räume sowie den Zeitrahmen des Monitorings. Die darauf folgende Datenerhebung und Datenbewertung bildet die Grundlage für den Entscheidungsprozess, ob durch den GVP-Anbau unerwünschte Effekte festgestellt

Tabelle 2

Schritte und Prozesse für die Entwicklung eines GVP-Monitoringprogramms (verändert nach Vos <i>et al.</i> 2000)	
Schritt ¹	Prozess
1	Definition des Monitorings Definition des Auftrags und der allgemeinen Zielsetzung
2	Erfüllung der Voraussetzungen zur Durchführung des GVP-Monitoringprogramms a) Gesellschaftliche Voraussetzungen: Definition von Schutzgütern und Schutzzielen sowie von Bewertungsmaßstäben für den GVP-Anbau; Definition, welche Effekte als ökologischer Schaden betrachtet werden b) Methodische Voraussetzungen: Statistisch abgesicherte Datenerhebung, ökologische Raumgliederung, standardisierte Methodik, Anbauregister
3	Definition der Effekte, die durch das Monitoring überwacht/beobachtet werden sollen Definition von spezifischen und messbaren Zielen
4	Auswahl der Indikatoren
5	Organisation des Monitoringprogramms (Machbarkeitsstudien) Methodik zur Erhebung des Indikators, Datenmanagement, Festlegen der Verantwortlichkeiten und der durchführenden Institutionen, Aufgabenverteilung, Abklärung von Synergien, Finanzierung, Festlegen des spezifischen Ablaufs des Monitorings
6	Erarbeitung der Stichprobenpläne Parameter, Räume, Zeitrahmen, Häufigkeit, Probemenge, Statistik
7	Datenerhebung
8	Datenverarbeitung Auswertung, Bewertung, Interpretation und Entscheidung
9	Regelmässiges Controlling des Monitoringprogramms Qualitätskontrolle der Datenerhebung und Einleitung von Massnahmen zur Verbesserung des Monitoringprogramms

¹ Schritte 1 bis 6: Projektphase, Schritte 7 bis 9: operationelles Programm

wurden und falls ja, welche Massnahmen einzuleiten sind. Zu einem Monitoringprogramm gehört auch ein regelmässiges Controlling des gesamten Monitoringprogramms, d.h. eine Qualitätskontrolle der einzelnen Stichprobenpläne. Wo nötig, können so Massnahmen zur Verbesserung eingeleitet werden, um beispielsweise Umweltveränderungen oder veränderte Informationsbedürfnisse zu berücksichtigen.

In dieser Studie werden die zwei Punkte «Ziele» und «Voraussetzungen» eingehend bearbeitet. Ausserdem wird ein Vorschlag gemacht, welche Effekte bei einem GVP-Monitoring, basierend auf der Risikobewertung, in Betracht gezogen werden sollten. Der definitive Entscheid, welche Effekte überwacht bzw. beobachtet werden sollen, kann indes nur in einem breiten Konsens wichtiger Interessengruppen festgelegt werden. Zum Thema «Indikatoren» kann diese Studie nur Vorschläge zum Vorgehen bei der Auswahl und Erhebung der Indikatoren machen sowie allgemein zu beachtende Punkte erwähnen. Ausserdem wird in dieser Studie auch ein Vorschlag gemacht, wie das Monitoringprogramm organisiert werden könnte.

7. Detaillierte Umsetzung des GVP-Monitoringprogramms

7.1. Definition der Monitoringziele

Damit ein Monitoringprogramm die erwünschten Aussagen liefert, ist es sehr wichtig, vorab klar definierte Monitoringziele zu formulieren. In einer ersten Phase können übergeordnete allgemeine Zielsetzungen formuliert werden. Im Falle des GVP-Monitorings werden allgemeine Zielsetzungen beispielsweise in der europäischen Richtlinie 2001/18/EG erwähnt (siehe 5.2. «Allgemeine Zielsetzung des GVP-Monitorings»). Für die Umsetzung in der Schweiz muss entschieden werden, ob diese Ziele übernommen oder ergänzt werden sollen.

Da allgemeine Zielsetzungen nicht messbar sind, muss zur konkreten Umsetzung des Monitoringprogramms zu einem späteren Zeitpunkt zusätzlich eine spezifische Zielformulierung durchgeführt werden (siehe Kap. 7.3.1. «Definition spezifischer Monitoringziele»). Damit spezifische Monitoringziele definiert werden können, müssen jedoch vorab gewisse gesellschaftliche Voraussetzungen erfüllt werden. So muss die Gesellschaft sich darauf einigen, welche Schutzgüter durch den Anbau von GVP nicht beeinträchtigt werden dürfen, respektive welche Veränderungen dieser Schutzgüter als ökologischer Schaden eingestuft werden.

7.2.1. Voraussetzungen zur Durchführung des GVP-Monitorings

7.2.2. Gesellschaftliche Voraussetzungen für ein GVP-Monitoring

Definition der ökologischen Schutzgüter

Was in der Umwelt als schützenswert gilt, hängt zu einem grossen Teil von menschlichen Wertvorstellungen und weniger von rein naturwissenschaftlichen Kriterien ab. Der Schutz vieler Ressourcen besteht ganz direkt im Nutzen für den Menschen. So gelten beispielsweise die Qualität der Luft und des Wassers als Lebensgrundlage oder die Fruchtbarkeit des Bodens als Voraussetzung für eine nachhaltige Landwirtschaft. Daraus leiten sich die im Allgemeinen als schützenswert geltenden Ressourcen Biodiversität, Boden, Wasser und Luft ab (BUWAL 2002). In Anlehnung an das Umweltschutzgesetz (USG SR 814.01) und die Freisetzungsverordnung (FrSV SR 814.911) gelten der Mensch und die Umwelt, insbesondere Tiere und Pflanzen sowie ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume, als schützenswert. Zudem soll die biologische Vielfalt und die Fruchtbarkeit des Bodens erhalten werden.

Grenzt man die im Hinblick auf ein GVP-Monitoring relevanten Schutzgüter ein, so werden durch den Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen am ehesten Beeinträchtigungen der Biodiversität und des Bodens erwartet. Dies gründet auf den Erfahrungen aus der Risikoforschung der zurzeit auf dem internationalen Markt erhältlichen GVP und deren Eigenschaften. Beeinträchtigungen des Wassers und der Luft werden in der Risikodiskussion kaum erwähnt (z.B. Conner *et al.* 2003, Dale *et al.* 2002, Pretty 2001, Wolfenbarger und Phifer 2000). Dennoch könnten auch Beeinträchtigungen des Wassers und der Luft durch neue Eigenschaften, die eines Tages kommerziell angebaut werden könnten, wahrscheinlicher werden.

Biodiversität

Gemäss der Konvention von Rio über die biologische Vielfalt (CBD 1992) versteht man unter dem Begriff «Biodiversität» die Vielfalt aller Arten, die in einem bestimmten Lebensraum vorkommen, die genetische Variabilität innerhalb einer bestimmten Art sowie die Vielfalt der existierenden Lebensräume.

Eine grosse Schwierigkeit im Zusammenhang mit dem Schutz der Biodiversität ist, dass man nur zum Teil weiss, was überhaupt geschützt werden soll. Während bei Wasser und Luft Grenzwerte definiert werden können, damit diese Schutzgüter in ihrer Qualität nicht beeinträchtigt werden, ist es bei der Biodiversität, ähnlich wie bei der Bodenfruchtbarkeit, um einiges schwieriger, den zu erhaltenden Status festzulegen. Dies hat zu einem grossen Teil auch damit zu tun, dass die Bewertung der Biodiversität mit naturwissenschaftlichen Methoden nur annäherungsweise möglich ist, da diese einem steten Wandel unterliegt. Ohne Bewertungsgrundlage ist es jedoch auch schwierig festzulegen, was im Zusammenhang mit der Biodiversität konkret geschützt werden soll.

Das Natur- und Heimatschutz-Gesetz (NHG SR 451), die Verordnung über den Natur- und Heimatschutz (NHV SR 451.1) sowie eine Vielzahl von weiteren Verordnungen definieren die in der Schweiz zu schützenden Arten, so genannte Rote-Liste-Arten (Duelli 1994, Keller *et al.* 2001, Moser *et al.* 2002), sowie schützenswerte Lebensräume wie Moore, Auengebiete oder Trockenwiesen. Sobald jedoch die Schutzwürdigkeit von Arten oder Lebensräumen beurteilt werden soll, die vom Gesetz nicht explizit als geschützt betrachtet werden, widersprechen sich im konkreten Fall oftmals die Meinungen. Im Hinblick auf ein GVP-Monitoring ist es deshalb wichtig, neben den gesetzlich geschützten Lebensräumen, den Begriff «Schutzgüter» auch auf Lebensräume und Arten auszudehnen, die vom Gesetz nicht als geschützt betrachtet werden.

Boden

Betrachtet man den Schutz oder Erhalt der im Gesetz erwähnten Bodenfruchtbarkeit, so handelt es sich um einen Begriff, bei dem man bis heute noch nicht genau weiss, welche Faktoren die Bodenfruchtbarkeit beeinflussen.

Nach der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo SR 814.12) gilt Boden als fruchtbar, wenn

- *er eine für seinen Standort typische artenreiche, biologisch aktive Lebensgemeinschaft und typische Bodenstruktur sowie eine ungestörte Abbaufähigkeit aufweist,*
- *natürliche und vom Menschen beeinflusste Pflanzen und Pflanzengesellschaften ungestört wachsen und sich entwickeln können und ihre charakteristischen Eigenschaften nicht beeinträchtigt werden,*
- *die pflanzlichen Erzeugnisse eine gute Qualität aufweisen und die Gesundheit von Menschen und Tieren nicht gefährden,*
- *Menschen und Tiere, die ihn direkt aufnehmen, nicht gefährdet werden.*

Ein Boden wird dann als fruchtbar betrachtet, wenn er die an ihn gestellten Erwartungen bzw. seine Funktionen erfüllt. Diese Funktionen hängen direkt von den jeweiligen Bodeneigenschaften ab, welche physikalischer Art (z.B. Gefügebau, Körnung), biologischer Art (z.B. Menge und Diversität des Bodenlebens) oder chemischer Art (z.B. Speicherkapazität für Stoffe, Nährstoffgehalte, pH) sein können (Candinas *et al.* 2002). Zum Schutz der chemischen Bodeneigenschaften schreibt die VBBo Grenzwerte für Schwermetalle und organische Schadstoffe vor. Die physikalischen Bodeneigenschaften sollen durch die Vermeidung von Bodenverdichtung und Bodenerosion erhalten werden. Im Gegensatz dazu gibt die Verordnung keine Vorgaben, wie die Bodenorganismen zum Schutz der biologischen Bodeneigenschaften konkret geschützt werden sollen. Der Schutz der Funktionen und der Diversität von Bodenorganismen bleibt lediglich allgemein umschrieben, analog zur Erwähnung in der Konvention von Rio über die biologische Vielfalt (CBD 1992).

Im Boden lebt eine Vielzahl von verschiedenen Organismen, deren Aktivität eine wichtige Rolle für die Bodenfunktionen spielt (Kennedy 1999). Dabei kann es sich um Mikroorganismen wie Bakterien, Pilze, Algen und Protozoen oder um grössere Tiere wie z.B. Nematoden, Milben,

Springschwänze, Tausendfüssler und Regenwürmer handeln. Bodenorganismen spielen eine wichtige Rolle für verschiedene Bodenfunktionen, so z.B. bei der Mineralisation von organischem Material oder bei diversen Nährstoffkreisläufen (Black *et al.* 2003, Jones und Bradford 2001). Es ist relativ wenig darüber bekannt, welche Faktoren die Biodiversität der Bodenorganismen bestimmen und welche Beziehungen zwischen der Diversität an Bodenorganismen und den Bodenfunktionen existieren. Die meisten Hinweise, die man heute besitzt, deuten darauf hin, dass keine eindeutige Beziehung zwischen der Diversität der Bodenorganismen und der Funktion von Böden besteht (Bardgett 2002). Es scheint, dass die meisten biologisch bestimmten Bodenfunktionen grundsätzlich von sehr vielen verschiedenen Arten übernommen werden können und eine aussergewöhnliche Komplexität von biotischen Interaktionen zwischen einzelnen Komponenten des Nahrungsnetzes im Boden vorherrscht. Die meisten Hinweise zeigen, dass die Biodiversität des Bodens an sich für dessen Ökosystemfunktionen eine untergeordnete Rolle spielt; man nimmt jedoch an, dass sie einen wichtigen Einfluss auf die Stabilität von Bodenfunktionen bei unterschiedlichen Bedingungen hat und mit zur Fähigkeit eines Bodens beiträgt, sich von Störungen zu erholen (Bardgett 2002).

Wasser/Luft

Die Qualität der Luft und des Wassers definiert sich in erster Linie über Schadstoffgrenzwerte, wie sie in der Luftreinhalteverordnung (LRV SR 814.318.141.1) oder der Gewässerschutzverordnung (GSchV SR 814.201) definiert werden. Bei diesen Schadstoffen handelt es sich um Abgase, Schwermetalle und organische Schadstoffe, die nach dem Stand des Wissens einen bedeutenden Einfluss auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt haben können. Der Schutzstatus der Luft und des Wassers definiert sich demnach rein durch eine chemische Komponente, die mit Hilfe von Grenzwerten quantifiziert wird.

Definition von Schutzziele für ein GVP-Monitoring¹

Da eine praktikable Definition vieler Schutzgüter für ein GVP-Monitoring eher schwierig ist, erscheint es sinnvoll, konkrete Schutzziele zu definieren. Diese Schutzziele beinhalten ökologische Kriterien, wie sie für eine nachhaltige Landwirtschaft gelten. Die Formulierung von Schutzziele gibt konkrete Hinweise, welche Punkte durch den Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen nicht beeinträchtigt werden dürfen. Eine nachhaltige Landwirtschaft soll u.a. die natürlichen Ressourcen Boden, Wasser und Luft schonen und zur Erhaltung und Förderung der Artenvielfalt und der landschaftlichen Vielfalt beitragen.

Um Schutzziele für ein GVP-Monitoring in der Schweiz definieren zu können, sollen im Folgenden die Kriterien des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) und die Schutzzieldefinition der deutschen Bund/Länder-Arbeitsgruppe «Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen» (BLAG) miteinander verglichen werden.

Der Bundesrat hat 1992 mit der Veröffentlichung des Siebten Landwirtschaftsberichts eine Ökologisierung der schweizerischen Landwirtschaft eingeleitet. Mit Hilfe des ÖLN sollen mit wirtschaftlichen Anreizen ökologische Kriterien in der Landwirtschaft gefördert werden. Ein wesentliches rechtliches Instrument bildet die Direktzahlungsverordnung (DZV SR 910.13).

¹ Im folgenden Kapitel werden Schutzziele, die entweder die tierische oder die menschliche Gesundheit betreffen, nicht erwähnt, da diese beiden Aspekte nicht Teil des Projektauftrags sind.

Die Direktzahlungsverordnung legt für den ÖLN die folgenden Kriterien fest:

- Ausgeglichene Düngerbilanz
 - Möglichst geschlossene Nährstoffkreisläufe
 - Kein Ausbringen von überschüssigem Phosphor und Stickstoff
- Angemessener Anteil an ökologischen Ausgleichsflächen (Förderung der Artenvielfalt)
- Geregelte Fruchtfolge
 - Vorbeugen von Schädlingen und Krankheiten

- Vermeidung von Erosion, Bodenverdichtung sowie Versickerung und Abschwemmung von Düngern und von Pflanzenbehandlungsmitteln
- Geeigneter Bodenschutz
 - Vermeidung von Erosion und chemischen Bodenbelastungen
- Auswahl und gezielte Anwendung von Pflanzenbehandlungsmitteln

Die deutsche Bund/Länder-Arbeitsgruppe «Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen» schlägt folgende Schutzziele für ein GVP-Monitoring vor (BLAG 2002):

- Erhalt der Biodiversität
- Erhalt der Bodenfunktion
- Schutz der Gewässer
- Dauerhaft umweltgerechte Landwirtschaft
- Reinheit der landwirtschaftlichen Produktion (Saatgutreinheit)
- Erhalt der Pflanzengesundheit (Kontrolle von Pflanzenkrankheiten)

Nimmt man das DSR-Modell (Driving Force-State-Response) der OECD (1997c, 1999b) als Grundlage und vergleicht die Kriterien für den ÖLN mit den Vorschlägen der BLAG, so fällt auf, dass der ÖLN eher Reaktionen auf den Umweltzustand (responses) vorschreibt, die eine nachhaltige Landwirtschaft garantieren sollen, während die BLAG eher den wünschenswerten Zustand (state) der Umwelt bezeichnet (Tabelle 3).

Beide Programme erwähnen das Wasser, den Boden und die Biodiversität als schützenswerte Ressourcen. Zusätzlich bezeichnen beide die Pflanzengesundheit als einen wichtigen Punkt, da diese in der Landwirtschaft einen grossen Einfluss auf die Umwelt haben kann. Streng genommen handelt es sich bei der Pflanzengesundheit jedoch nicht um ein Schutzgut, da Effekte im Zusammenhang mit der Pflanzengesundheit die Schutzgüter Boden, Wasser und Biodiversität betreffen.

Tabelle 3

Einteilung der Schutzziele des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) und der Bund/Länder-Arbeitsgruppe «Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen» (BLAG) anhand des DSR-(Driving Force-State-Response)-Modells der OECD			
Schutzgut	Driving Force Einfluss der landwirtschaftlichen Praxis	State Zustand der Umwelt	Response Reaktion (technisch oder politisch)
Biodiversität	Potenzielle Effekte der landwirtschaftlichen Tätigkeit auf die Biodiversität	Artenvielfalt ¹ Vielfalt der Lebensräume ¹ Genetische Vielfalt ¹	Angemessener Anteil an ökologischen Ausgleichsflächen ² Auswahl und gezielte Anwendung von PSM ²
Boden	Erosion, Bodenverdichtung, Versickerung und Abschwemmung von Düngern und von Pflanzenschutzmitteln (PSM)	Bodenfruchtbarkeit ¹ Bio-geochemische Stoffkreisläufe ¹ Lebensraumfunktionen des Bodens ¹	Geeigneter Bodenschutz ² Vermeidung von Erosion ²
Wasser	Gebrauch von Dünger und PSM in der Landwirtschaft	Gehalt der Gewässer an bestimmten transgenen Produkten, Dünger und PSM	Ausgeglichene Düngerbilanz ² Auswahl und gezielte Anwendung von PSM ²
Pflanzengesundheit	Auftreten von Pflanzenkrankheiten und tierischen Schädlingen Resistenzbildungen des Zielschädlings oder Krankheitserreger	Kontrolle von Pflanzenkrankheiten ¹	Geregelte Fruchtfolge (Vorbeugen von Schädlingen und Krankheiten) ² Resistenzmanagement zur Verhinderung von Resistenzbildungen

¹ Schutzziel der BLAG

² Schutzziel des ÖLN

Vorschlag für Schutzziele eines GVP-Monitorings in der Schweiz	
Schutzgut	Schutzziel bezüglich:
Biodiversität	<ul style="list-style-type: none"> – Beeinträchtigungen der Biodiversität (Artenvielfalt, Vielfalt der Lebensräume, genetische Vielfalt), die auf den Anbau von GVP zurückzuführen sind, insbesondere: <ul style="list-style-type: none"> – die Verbreitung von transgenen Kulturpflanzen in Habitaten, wo ein Vorkommen unüblich wäre – die Verdrängung von Wildarten durch einen Selektionsvorteil transgener Hybriden – der Anstieg von Pflanzenkrankheiten aufgrund einer veränderten Fruchtfolge oder von Resistenzbildungen aufgrund eines ungenügenden Resistenzmanagements – die Selektion und Verbreitung von herbizidtoleranten Wildpflanzen
Boden	<ul style="list-style-type: none"> – Effekten auf die Bodenfunktionen durch umweltchemisch und/oder ökotoxikologisch relevante transgene Produkte – Beeinträchtigungen der Bodenfruchtbarkeit und der Bodenfunktionen aufgrund erhöhter Erosion und Bodenverdichtung, die auf den Anbau von GVP zurückzuführen ist
Wasser	<ul style="list-style-type: none"> – Belastungen von Wasser durch umweltchemisch und/oder ökotoxikologisch relevante transgene Produkte – Belastungen von Wasser durch Dünger oder PSM aufgrund einer erhöhten Anwendung, die auf den Anbau von GVP zurückzuführen ist
Luft/Klima	<ul style="list-style-type: none"> – Anstiegs von klimarelevanten Gasen und volatile organic compounds (Flüchtige organische Verbindungen), die auf den Anbau von GVP zurückzuführen sind

Tabelle 4

Die BLAG erwähnt zusätzlich auch die Saatgutreinheit als ein Schutzgut, obwohl es sich hier ebenfalls nicht um ein explizit ökologisches Schutzgut handelt. Die möglichen Effekte einer Vermischung von transgenem mit konventionellem Saatgut wären in erster Linie wirtschaftlicher Art und könnten höchstens als eine Quelle einer möglichen Verbreitung von GVP betrachtet werden. Ausserdem wird von der BLAG auch eine dauerhaft umweltgerechte Landwirtschaft als Schutzziel bezeichnet. Im Grunde genommen handelt es sich dabei nicht um ein Schutzziel, sondern eher um eine Vision oder Strategie, da die anderen Schutzziele die Basis für eine umweltgerechte und nachhaltige Landwirtschaft bilden. Zudem fällt auf, dass die Luft weder bei den Kriterien für den ÖLN noch bei den Schutzzielen der BLAG als zu schützende Ressource erwähnt wird.

Kombiniert und ergänzt man die von der Bund/Länder-Arbeitsgruppe «Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen» und von der Direktzahlungsverordnung formulierten Punkte, so kann man für ein GVP-Monitoring in der Schweiz folgende Schutzziele definieren (Tabelle 4).

Definition des Begriffs «Ökologischer Schaden»

3. Kernsatz:

Naturwissenschaftliche Methoden können ökologische Veränderungen aufzeigen. Bei der Bewertung, ob diese Veränderungen einen ökologischen Schaden darstellen, muss ein gesellschaftlicher Konsens als Basis genommen werden.

Das digitale Wörterbuch der deutschen Sprache (DWDS) definiert den Begriff «Schaden» wie folgt:

Schaden = durch ein Ereignis, einen Umstand verursachte Beeinträchtigung eines Gutes oder Wertminderung des ursprünglichen Zustandes einer Sache

Ein Schaden beinhaltet somit stets eine Beeinträchtigung oder eine Wertminderung eines Gutes oder einer Sache. Damit unterscheidet sich der Schaden von der Veränderung, die an sich wertneutral ist. Der Schaden bedingt, um als solcher wahrgenommen zu werden, einer Bewertung nach einem definierten Massstab. Die Veränderung alleine stellt noch keinen Schaden dar, da eine entsprechende Wertung fehlt. Jede wissenschaftliche oder umweltpolitische Diskussion über ökologische Risiken muss deshalb auf einem Konsens aufbauen, was

von der Gesellschaft als Schaden wahrgenommen wird. Die Schadenswertung hängt vom gesellschaftlichen oder kulturellen Hintergrund ab und sie kann sich im Laufe der Zeit ändern. So unterscheidet sich bekanntlich die Wahrnehmung von Risiken von gentechnisch veränderten Pflanzen zwischen der EU und den USA grundlegend. Die EU folgt in der Risiko- beurteilung dem Vorsorgeprinzip, während die USA das Prinzip der substanziellen Äquivalenz verfolgen (Abbildung 7). Das Prinzip der substanziellen Äquivalenz besagt, dass für die Beurteilung der Sicherheit bewertet wird, ob eine GV-Pflanze für die Umwelt gleich sicher oder gleich unsicher wie eine entsprechende herkömmliche Pflanze ist (EKAH 2003). In Europa hingegen beruft man sich auf das Vorsorgeprinzip. Um langfristig drohende, schwer wiegende und/oder irreversible Schäden zu vermeiden, legitimiert dieses die öffentliche Hand, in die Freiheitsrechte von Einzelpersonen und Unternehmen einzugreifen. Mit dem Vorsorgeprinzip ist auch der Aspekt der Beweislastumkehr verbunden, d.h. solange die Unschädlichkeit einer GV-Pflanze nicht bewiesen ist, gilt diese als schädlich. Die Eidgenössische Ethikkommission für die Gentechnik im ausserhumanen Bereich (EKAH 2003) sagt in diesem Zusammenhang, dass es keinen wissenschaftlichen Beweis gibt, der die mögliche Schädlichkeit vollständig ausschliessen könnte. Dies würde bedeuten, dass praktisch jedes neue Produkt und jede neue Technik verboten werden müsste. Es ist deshalb angemessener, die Beweislastumkehr an die Bedingung zu knüpfen, dass das Schadensausmass eines Produkts oder einer Technik nicht nur sehr hoch sein muss, sondern hierfür auch empirische, wissenschaftlich nachprüfbare Anhaltspunkte existieren müssen. Wo diese Anhaltspunkte fehlen, bedarf es zur Rechtfertigung einer Beweislastumkehr wenigstens wohl begründeter Hypothesen und Modelle.

Im Hinblick auf die Risikodiskussion bei GVP ist eine auch in der Praxis anwendbare Definition für ökologische Schäden noch nicht gefunden. So ist die häufig zitierte Definition für ökologischen Schaden des deutschen Sachverständigenrates für Umweltfragen in der Praxis schwierig umzusetzen (SRU 1988):

«Veränderungen, die über das normale Schwankungsmass der betroffenen Population oder Ökosysteme hinausgehen und sich oft nur über grosse Zeiträume manifestieren. Weiterhin sind solche Veränderungen als Schäden zu klassifizieren, die entweder überhaupt nicht oder erst Jahrzehnte nach der menschlichen Einwirkung und mit hohem Aufwand rückgängig gemacht werden können.»

**US-amerikanischer Ansatz:
Prinzip der substanziellen Äquivalenz**
Solange kein Schaden ersichtlich oder nachweisbar ist → unschädlich



**Europäischer Ansatz:
Vorsorgeprinzip**
Solange nicht bewiesen ist, dass etwas unschädlich ist → schädlich

Unterschiedliche Wahrnehmung und Beurteilung möglicher Schäden durch GVP in den USA und in Europa
Abbildung 7

Auch die Definitionen von Ammann *et al.* (2000) und Nöh (2002), die zusätzlich eine Wertung des Schadens anhand von Kriterien, wie dem Ausmass der Veränderung und der Zeitdauer der Reversibilität vorschlagen, sind in einer konkreten Situation schwierig anzuwenden. Dies liegt an der Problematik, das Ausmass der Veränderung zu werten. Es fehlen oft naturwissenschaftliche Methoden, um diese Zusammenhänge zu untersuchen und es vergehen lange Zeiträume, bis solche Veränderungen auftreten. Zusätzlich bestehen, aufgrund der Komplexität der Interaktionen, generelle Wissenslücken über die in Ökosystemen vorhandenen Zusammenhänge.

Hilfreicher ist da der Ansatz von Kowarik (1996), der sagt: *«Schaden ist ein anthropozentrischer Terminus. Ökologie als Naturwissenschaft kann die ökologischen Veränderungen beschreiben, sie jedoch nicht in Schadwert-Bemessungszahlen fassen, weil ein ökologischer Schaden wissenschaftlich nicht zu begründen ist.»* Bartsch und Schuphan (1998) gehen so-

gar noch weiter, indem sie behaupten, dass der Begriff «Ökologischer Schaden» nicht zu definieren sei, da von der wissenschaftlichen Beobachtung der Welt «wie sie ist» keine Ableitung darauf getroffen werden kann, «wie sie sein sollte». Dies führt in der Folge zur Forderung von Kleihauer (1998), die beiden Bereiche der Ermittlung von Veränderungen und der anschliessenden Schadensbewertung zu trennen und den Naturwissenschaften nur den Teil der Ermittlung zu überlassen und die Bewertung auf anderen Ebenen mit Hilfe zusätzlicher Kriterien durchzuführen.

Trotz der skizzierten Schwierigkeiten lassen sich Umweltveränderungen belegen, die von der Gesellschaft mehrheitlich als ökologischer Schaden bewertet wurden. Denkt man an Umweltkatastrophen, die in der Öffentlichkeit innerhalb der letzten zwanzig Jahre bewusst negativ wahrgenommen wurden, so kommen einem in erster Linie das Reaktorunglück in Tschernobyl, die Chemiekatastrophe von Schweizerhalle, Tankerunglücke sowie das Waldsterben und der Treibhauseffekt in den Sinn. Betrachtet man nur Schäden, die nicht direkt durch technische Anlagen oder Maschinen ausgelöst wurden, bleiben noch das Waldsterben und der Treibhauseffekt als von der Öffentlichkeit wahrgenommene Umweltschäden übrig. Das Verschwinden einzelner Arten, ausser es handelt sich um eine besonders populäre Art, wird jedoch von einer Mehrheit der Bevölkerung kaum mehr als Schaden wahrgenommen. Betrachtet man die Roten Listen, so wissen wahrscheinlich nur die mit der Thematik vertrauten Personen, dass in der Schweiz die Hälfte der Tierarten (52%) auf der Roten Liste sind, ein Drittel (32%) der Blütenpflanzen und Farne bedroht oder verschwunden sind sowie zwei Fünftel (39%) der Moose gefährdet oder bereits ausgestorben sind (BUWAL 2002).

Zur Bestimmung, was als «ökologischer Schaden» wahrgenommen wird, ist folglich ein Ansatz notwendig, dem ein gesellschaftlicher Konsens zu Grunde liegt. Dieser Konsens sollte sich von ökologischen, sozialen, ethischen und kulturellen Gesichtspunkten ableiten. Nur in einem interdisziplinären Dialog wird es gelingen, eine Bewertung zu finden, die auch im Alltag verwendbar sein wird.

Bewertungsmassstäbe, «Grenzwerte» und Abbruchkriterien für den GVP-Anbau

Eine zentrale Rolle in jedem Monitoringprogramm spielt die zuständige Behörde, die in letzter Instanz die Entscheidungen zu fällen hat (Vos *et al.* 2000). Für das GVP-Monitoring wird noch festzulegen sein, welche Behörde diese Aufgabe übernimmt und welche Vollmachten sie haben wird (siehe Kap. 7.5.2. «Organisationsstruktur»). Im Sinne des Vorsorgeprinzips wird die zuständige Behörde anhand von wissenschaftlich fundierten Anhaltspunkten zu entscheiden haben, wann sie präventiv eingreifen hat, um Schäden durch den Anbau von GVP zu vermeiden. Dabei wird festzulegen sein, worauf die zuständige Behörde ihre Entscheidungen abstützen wird. Um diesem Anspruch gerecht zu werden, müssen Kriterien definiert werden, die festlegen, welcher Schaden nicht mehr tolerierbar ist und einen Abbruch des GVP-Anbaus zur Folge hat.

Eine Möglichkeit für die Definition von Abbruchkriterien wäre die Einführung von Grenzwerten, deren Überschreiten die Einleitung weiterer Massnahmen anzeigen würde. Ähnlich wie in der Umweltchemie könnten Grenzwerte für den Gehalt des transgenen Produkts im Boden, im Wasser und in der Luft definiert werden, die nicht überschritten werden sollten. Dabei ist fallweise zu entscheiden, ob das transgene Produkt ökotoxikologisch relevant ist und ob es Sinn macht, den Stoff in ein Monitoringprogramm aufzunehmen. Anhand von existierenden oder noch zu entwickelnden standardisierten Methoden wäre ein Nachweis mit einem vertretbaren Aufwand durchführbar. Schwieriger wird es bei der biologischen Komponente und dem Versuch, Grenzwerte für Effekte auf die Biodiversität festzulegen.

Fallspezifische Überwachung

4. Kernsatz:

Bei der fallspezifischen Überwachung werden die Umwelteffekte von zwei Anbausystemen (mit und ohne GVP) über den gleichen Zeitraum und unter ähnlichen Bedingungen verglichen

Um in der fallspezifischen Überwachung eventuelle Effekte objektiv bewerten zu können, braucht es ein Vergleichssystem, das zeigt, welche Umwelteffekte auch ohne den Anbau von GVP stattfinden. Dazu gehören insbesondere Effekte, die durch den Anbau neuer Sorten, veränderte Pflanzenschutzmassnahmen sowie Änderungen in der Bodenbearbeitung oder der Fruchtfolge entstehen können. Das GVP-Anbausystem muss deshalb mit der heutigen Anbau-praxis nach den Kriterien des ÖLN verglichen werden. Zudem muss vor Beginn der fallspezi-fischen Überwachung für jede zu bewilligende GV-Sorte ein allgemeiner Konsens bestehen, welche Effekte als Schaden bewertet würden. Für jedes Risiko müssen eventuelle Effekte zu-sammengestellt werden und die Grenzen der tolerierbaren Effekte bestimmt werden. Basierend auf den noch tolerierbaren Effekten können anschliessend spezifische Monitoringziele for-muliert werden (siehe Kap. 7.3.1.).

Allgemeine überwachende Beobachtung

5. Kernsatz:

Bei der allgemeinen überwachenden Beobachtung werden Effekte im Vergleich zu frühe-ren Umweltbeobachtungen (baseline) beurteilt

Es ist schwierig, Grenzwerte für die Bewertung von Effekten auf die Biodiversität festzule-gen. Die Naturschutzbiologie und die bisherige ökologische Forschung sollten jedoch wis-senschaftliche Erkenntnisse geliefert haben, um beurteilen zu können, ob erhebliche Verände-rungen der Biodiversität ausserhalb der zu erwartenden Schwankungen liegen. Die oft zitierte «baseline» muss nicht, wie vielfach gesagt wird, bei Beginn des GVP-Anbaus bei null erho-ben werden, sondern es kann auf bestehende Daten zurückgegriffen werden, die laufend aus-gebaut werden können. Es besteht dabei eher die Schwierigkeit, innerhalb welcher Zeiträume relevante Veränderungen mit Hilfe der vorhandenen Methoden festgestellt werden können. Die «baseline» beinhaltet alle Umwelteffekte, inklusive diejenigen der bisherigen Landwirt-schaft. Auch ohne den Anbau von GVP finden Beeinträchtigungen und Umweltveränderungen statt, die es bei der allgemeinen überwachenden Beobachtung zu berücksichtigen gilt.

7.2.3. Methodische Voraussetzungen für ein GVP-Monitoring

Um mit dem GVP-Monitoring aussagekräftige Resultate zu erhalten, sind primär vier Punkte wesentlich:

(1) Erhebung statistisch abgesicherter Daten

Jede ökologische Studie hat mit dem Problem zu kämpfen, dass relevante Trends vom «Hintergrundrauschen» zufälliger Schwankungen überlagert werden. Mit der Erhebung statistisch abgesicherter Daten (d.h. vielfach der Erhebung einer grossen Anzahl Stich-proben) kann es gelingen, signifikante von zufälligen Schwankungen zu unterscheiden und aussagekräftige Resultate zu erhalten.

(2) Ökologische Raumlagerung

Da umweltrelevante Einflüsse vom Standort abhängig sind, müssen ökologische Raum-lassen definiert werden, welche Standorte nach dem Grad der Ähnlichkeit (Vegetation, Boden, Höhe, Klima) zusammenfassen.

(3) *Standardisierte Methodik*

Für den Vergleich von Daten verschiedener Anbaustandorte und aus grossräumigen Erhebungen sind standardisierte und wenn möglich in Ringversuchen validierte Mess- und Erhebungsmethoden nötig.

(4) *Anbauregister*

Für die Kontrolle der fallspezifischen Überwachung durch die zuständige Behörde sind Kenntnisse über die räumliche Anordnung der GV-Anbauflächen nötig. Die möglichst präzisen Angaben müssten in einem zentral organisierten Anbauregisters erfasst werden.

Statistisch abgesicherte Datenerhebung

Das Ziel eines Umweltbeobachtungsprogramms ist das Feststellen von Trends. Gemäss dem digitalen Wörterbuch der deutschen Sprache bezeichnet ein Trend *«eine Richtung in einer Entwicklung, deren Anzeichen über einen längeren Zeitraum in gleicher oder zunehmender Stärke zu beobachten und statistisch erfassbar sind.»* (DWDS).

Gemäss Usher (1991) lassen sich Monitoringdaten im Allgemeinen in drei Kategorien aufteilen: Trends, Zyklen und Hintergrundrauschen. Mit Hilfe der Datenbewertung muss es gelingen, diese drei Aspekte voneinander zu unterscheiden, da sonst nicht feststellbar ist, welche Daten wirklich einen Trend darstellen und welche nur Teil eines natürlichen Zyklus oder des unvermeidlichen Rauschens sind.

Hier beginnt die Aufgabe der Statistik, die Menge der Proben und die Häufigkeiten der Probenahmen so festzulegen, dass es gelingt, mit Hilfe der gesammelten Daten signifikante Aussagen zu erhalten. Auf die Statistik bei ökologischen Untersuchungen kann im Rahmen dieser Studie nicht im Detail eingegangen werden, doch haben sich viele Autoren mit den Schwierigkeiten der statistisch abgesicherten Datenerhebung bei ökologischen Untersuchungen befasst (u.a. Fairweather 1991, Kjellsson und Strandberg 2001, Perry *et al.* 2003, Peterman 1990, Steidl *et al.* 1997).

Mit Hilfe von statistischen Methoden (wie z.B. der Power-Analyse) kann vor Beginn der Untersuchung festgelegt werden, welche Probenmengen für jeden einzelnen Fall nötig sind, damit die Wahrscheinlichkeit erhöht wird, ökologische Veränderungen festzustellen (Fairweather 1991). Dabei ist es unbedingt notwendig, vorab das Ausmass der ökologischen Veränderung, die durch das Monitoring festgestellt werden soll (den so genannten «effect size»), zu definieren. Man muss sich im Klaren sein, welches Ausmass an Effekten mit Hilfe des Monitorings bemerkt werden soll (z.B. 10% oder 100% Unterschied in der Populationsgrösse einer Art). Da die Variabilität des Datensets bei ökologischen Untersuchungen erfahrungsgemäss relativ hoch ist, wird, um die Variabilität auszugleichen, in vielen Fällen eine grosse Stichprobe benötigt (Marvier 2002). Beispielsweise ergab die für die Farm-Scale Evaluations (FSE) durchgeführte Power-Analyse, dass ein Total von 60 Felder nötig ist, um einen eineinhalbfachen Unterschied zwischen transgen und nicht transgen feststellen zu können (Perry *et al.* 2003).

Zur Abschätzung der ungefähren Kosten des GVP-Monitoringprogramms in der Schweiz ist eine Vorstudie anhand einiger ausgewählter Modellbeispiele durch qualifizierte Statistiker und Ökologen durchzuführen. Besonderer Wert sollte dabei auf den für das GVP-Monitoring notwendigen Probenumfang gelegt werden.

Ökologische Raumgliederung

Beim fallspezifischen Monitoring können nicht in jedem Fall Standorte, auf denen eine bestimmte gentechnisch veränderte Sorte angebaut wird, automatisch mit Standorten, auf denen eine äquivalente nicht transgene Sorte angebaut wird, verglichen werden, da sich Klima,

Bodeneigenschaften oder die Höhe ü. M. der Anbaustandorte stark unterscheiden können. Diese Unterschiede können auch einen grossen Einfluss auf ökologische Faktoren haben, die im Rahmen des GVP-Monitorings überwacht werden sollen. Im Prinzip sollten nur ökologische Daten aus Standorten verglichen werden, die in Klima, Bodeneigenschaften und Höhe miteinander vergleichbar sind. Um dies in einem empirisch unüberschaubaren Raum wie der Schweiz in der Praxis anwenden zu können, ist eine ökologische Raumgliederung nötig, d.h. eine Unterteilung in Landschaftsräume mit vergleichbarem Klima, ähnlichen Bodeneigenschaften sowie einer definierten Höhenstufe.

Für die ökologische Raumgliederung der Schweiz kann die Einteilung in biogeographische Regionen nach Gonseth *et al.* (2001) als Grundlage genommen werden (Abbildung 8a). Die Abgrenzungen unterliegen einem statistischen Gliederungsansatz auf der Basis von floristischen und faunistischen Verbreitungsmustern und sind auf die Gemeindegrenzen aggregiert. Diese Abgrenzungen teilen die Schweiz in sechs Hauptregionen auf: Jura, Mittelland, Alpennordflanke, westliche Zentralalpen, östliche Zentralalpen und Alpensüdflanke. Diese Grundeinteilung in sechs Regionen bildet die vom BUWAL vorgegebene Basis für gesamtschweizerische Projekte im Bereich Naturschutz.

Zusätzlich haben Gonseth *et al.* eine noch feinere Unterteilung in zehn Unterregionen erarbeitet, wobei die Ergebnisse von Flora und Fauna genauer ausgewertet und die geologischen und floristischen Eigenschaften der jeweiligen Region berücksichtigt wurden (Abbildung 8b). Dabei wird das Mittelland zusätzlich in die Regionen Hochrhein und Genferseegebiet, westliches Mittelland und östliches Mittelland unterteilt. Ausserdem wird die Alpennordflanke in die zwei Unterregionen Voralpen und Nordalpen unterteilt und die Alpensüdflanke wird in die Südalpen und in das südliche Tessin aufgeteilt.

Eine Einteilung der Schweiz in sechs Hauptregionen erscheint auf den ersten Blick zu wenig genau, um die in der Schweiz existierende Landschaftsvielfalt zu beschreiben. Die Einteilung der biogeographischen Regionen in zehn Unterregionen scheint nach Meinung der Autoren für die Bedürfnisse eines GVP-Monitorings ein geeignetes Hilfsmittel zu sein.

Sollten die zehn Unterregionen aufgrund der stark von kleinräumigen Strukturen beherrschten schweizerischen Landschaft für ein GVP-Monitoring zu ungenau sein, könnte man, ähnlich einem in Deutschland angewandten Verfahren (siehe unten), eine noch feinere

a) links: die sechs biogeographischen Regionen der Schweiz (Gonseth *et al.* 2001) (1 = Jura, 2 = Mittelland, 3 = Alpennordflanke, 4 = westliche Zentralalpen, 5 = östliche Zentralalpen, 6 = Alpensüdflanke)

b) rechts: genauere Einteilung in zehn Unterregionen – Aufteilung des Mittellandes in die Regionen (21) Hochrhein und Genferseegebiet, (22) westliches Mittelland und (23) östliches Mittelland – Aufteilung der Alpennordflanke in die zwei Unterregionen (31) Voralpen und (32) Nordalpen und Aufteilung der Alpensüdflanke in die (61) Südalpen und in das (62) südliche Tessin
Abbildung 8



Unterteilung vornehmen. In der Praxis können jedoch wahrscheinlich maximal etwa 20 Raumklassen vernünftig gehandhabt werden, da eine zu hohe Anzahl Klassen den Arbeitsaufwand enorm erhöht.

In Deutschland wurde im Rahmen eines Konzepts für eine bundesweite ökologische Umweltbeobachtung eine ökologische Raumgliederung durchgeführt (Schröder und Schmidt 2000, Schröder und Schmidt 2001).

Die Zielvariable «Potenzielle natürliche Vegetation» wurde anhand der folgenden Variablen beschrieben:

- Monatsmittelwerte der Klimavariablen Niederschlag und Temperatur für die Monate Januar bis Dezember
- Sonnenscheindauer für die Monate März bis November
- Höhe ü. M.
- Bodentyp

Mit Hilfe einer CART-(classification and regression trees)-Analyse wurden die Variablen statistisch ausgewertet und für die BRD zwanzig ökologische Raumklassen mit einer Auflösung von 2 x 2 km definiert. Die verwendete Methode erlaubt es jedoch auch, die Raumklassen noch genauer zu unterscheiden und so eine genauere Klassifikation vorzunehmen. So liegt den zwanzig erwähnten Raumklassen ursprünglich eine Einteilung in 84 Klassen zugrunde, die anschliessend für die einfachere Handhabung in eine geringere Anzahl Klassen zusammengefasst wurden.

Bei der Einteilung der biogeographischen Regionen der Schweiz wurde die Höhe ü. M. nicht berücksichtigt. Im Hinblick auf ein GVP-Monitoring muss durch Experten entschieden werden, ob eine zusätzliche Höhenunterteilung für die ökologische Raumgliederung relevant ist und ebenfalls berücksichtigt werden sollte. Als Grundlage für die Abgrenzung der Höhenstufen könnte die «Wärmegliederung der Schweiz» (Schreiber *et al.* 1977) verwendet werden. Die dort benutzten Kategorien könnten analog dem Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM) in die drei Höhenstufen kollin, montan und subalpin zusammengefasst werden.

In diesem Zusammenhang muss auch entschieden werden, ob die grossräumige allgemeine überwachende Beobachtung sich auf die Kulturlandschaft beschränken soll. Dies würde heissen, sich auf Regionen mit Acker- und Wiesland zu konzentrieren und höher gelegene Regionen (ab ungefähr 1000 m ü. M.) nicht zu beobachten.

Standardisierte Methodik

Jedes grossräumig durchgeführte Monitoringprogramm wird ohne vereinheitlichte Projektierung, Datenerhebung und Datenauswertung schon nach kurzer Zeit keine verwertbaren Aussagen mehr liefern können, da eine Unmenge der erhobenen Daten nicht miteinander verglichen werden können. Ein gutes Vorbild für ein aussagekräftiges Monitoringprogramm bietet das Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM), dessen Daten konsequent nach festgelegten Methoden erhoben und analysiert werden (Hintermann *et al.* 2002).

Eine der wichtigsten Voraussetzungen für den direkten Vergleich von Monitoringdaten bildet das Vorhandensein von standardisierten Mess- und Erhebungsmethoden. Auch bei der fall-spezifischen Überwachung sollten die jeweils anzuwendenden Methoden und die zu erhebenden Parameter durch die zuständige Behörde vorgegeben werden und nicht durch den Antragsteller ausgewählt werden dürfen. Da heute besonders bei ökologischen Erhebungsmethoden noch keine einheitliche Methodik existiert, sollte eine Standardisierung der Methoden in den nächsten Jahren aktiv gefördert werden. Dabei sollten auch Entwicklungen

von internationalen Organisationen wie z.B. der OECD oder der ISO beobachtet werden. Neben der Datenerhebung sollte auch die Datenauswertung, d.h. insbesondere die statistische Auswertung, mit den gleichen Verfahren durchgeführt werden.

Anbauregister

Die europäische Richtlinie 2001/18/EG sieht die Einrichtung eines Registers vor, in dem der Standort der angebauten GVP festgehalten werden soll und mit dessen Hilfe die Überwachung ermöglicht werden soll. Der Aspekt der Registrierung der GVP-Anbauflächen wird in der schweizerischen Gesetzgebung bis jetzt noch nicht erwähnt. Es empfiehlt sich, die Einrichtung von Anbauregistern auch in der schweizerischen Gesetzgebung vorzuschreiben, da eine Kontrolle der fallspezifischen Überwachung durch die zuständige Behörde ohne Kenntnisse der genauen Anbaustandorte kaum zu organisieren wäre. Die Kombination des Anbauregisters mit einem Kataster mit einer möglichst hohen räumlichen Auflösung (am besten bis auf Stufe Parzelle) wäre auch für die Projektierung der fallspezifischen Überwachung von grossem Vorteil. Zudem müsste das Register im Hinblick auf die Bewertung der beim Monitoring aufgenommenen Daten für jedes Anbaujahr auch Angaben zur jeweils angebauten GV-Sorte sowie zum zugehörigen transformierten Event enthalten. Am sinnvollsten wäre ein zentraler Zugriff auf das Anbauregister durch die für das GVP-Monitoring zuständige Behörde.

In der Schweiz existiert im Prinzip bereits ein so genanntes «Anbauregister», das wahrscheinlich relativ einfach auch für ein GVP-Anbauregister benutzt werden könnte. Im Zusammenhang mit der Berechnung der vom Bund ausgerichteten Direktzahlungen (DZV SR 910.13) und einer Reihe von weiteren Aufgaben (Anbauprämien, statistische Erhebungen des BFS) sind alle Landwirte schon heute verpflichtet, die Nutzung ihrer Flächen den kantonalen Landwirtschaftsämtern zu melden. Die Angaben werden im Rahmen der landwirtschaftlichen Betriebsdatenerhebung erhoben, d.h., jeder Bewirtschafter muss jährlich auf einen vom BLW festgelegten Stichtag Anfang Mai ein Formular zur Flächenerhebung ausfüllen. Für jede Parzelle muss u.a. die genaue Lage (Parzellennummer) und die darauf angebaute Kultur sowie die Lage und Grösse der ökologischen Ausgleichsflächen gemeldet werden. Die Angaben werden von Bund und Kantonen überprüft und in einer zentralen Datenbank des BLW (AGIS) verwaltet. Zusammen mit den jeweiligen Gemeindekatastern im Massstab 1:5000 (die vielfach bereits in digitalisierter Form vorhanden sind) lassen sich einzelne Parzellen somit sehr genau lokalisieren.

7.3. Vorschlag für die durch das GVP-Monitoring zu überwachenden Effekte

7.3.1. Definition spezifischer Monitoringziele

Für die konkrete Umsetzung des Monitoringprogramms müssen sowohl für die fallspezifische Überwachung wie für die allgemeine überwachende Beobachtung spezifisch messbare Ziele formuliert werden. Die Qualität des Monitorings hängt dabei primär davon ab, wie genau die Ziele umgesetzt und quantifiziert werden können. Eine spezifische Zielformulierung muss die in Tabelle 5 aufgeführten Kriterien berücksichtigen (verändert nach Heitzer 2000, Marti *et al.* 2000).

Bei der fallspezifischen Überwachung muss das Ausmass der innerhalb der eingegrenzten Schutzgüter noch tolerierten Effekte in einer messbaren Form quantifiziert werden (so könnte beispielsweise definiert werden, dass im schweizerischen Mittelland innerhalb der nächsten fünf Jahre maximal 2% transgene Hybriden in der Gesamtpopulation einer verwandten Wildart auftreten dürfen). Analog sollten bei der allgemeinen überwachenden Beobachtung das Ausmass der nicht tolerierten Schäden in den definierten Schutzgütern und -zielen möglichst konkret definiert werden.

Kriterien, die bei der Formulierung von spezifischen und messbaren Zielen berücksichtigt werden müssen (nach Heitzer 2000, Marti et al. 2000). Anpassung an das GVP-Monitoring durch die Autoren. Das aufgeführte Beispiel bezieht sich auf die fallspezifische Überwachung möglicher Effekte durch Auskreuzen auf Wildarten.

Kriterium	Zu beantwortende Frage	Beispiel
Zielobjekt	Was soll überwacht/beobachtet werden?	Alle verwandten Wildarten einer bestimmten Kulturpflanze
Eigenschaft	Welche Qualität soll erhalten werden?	Genetische Integrität der Wildart (transgenfreier Genotyp)
Ausmass	Wie stark darf die Qualität beeinträchtigt werden?	Maximal 2% transgene Hybriden in der Gesamtpopulation einer verwandten Wildart
Raumbezug	Wo soll die Qualität nicht beeinträchtigt werden?	Im schweizerischen Mittelland
Zeitbezug	Wie lange soll die Qualität nicht beeinträchtigt werden?	Keine Überschreitung der 2%-Grenze innerhalb der nächsten fünf Jahre

Tabelle 5

7.3.2. Fallspezifische Überwachung möglicher Effekte

Die fallspezifische Überwachung wird in dieser Studie in Anlehnung an Kjellsson und Strandberg (2001) zusätzlich in zwei Bereiche unterteilt:

- (a) Überwachung der Präsenz und Verbreitung des Transgens und der transgenen Produkte
- (b) Überwachung unerwünschter Effekte, die durch die Eigenschaften der Kulturpflanze, ihre gentechnische Veränderung und/oder ihren Anbau ausgelöst werden könnten.

Im Folgenden werden für beide Bereiche Vorschläge gemacht, welche Effekte bei der fallspezifischen Überwachung in Betracht gezogen werden sollen (Tabelle 6 und 7). Hierbei ist es wichtig zu beachten, dass von der zuständigen Behörde für jede GV-Sorte bei der Bewilligung festgelegt werden muss, ob, wie und in welchem Ausmass diese Sorte konkret überwacht werden muss. Die Definition der zu überwachenden Effekte wird sich an der Risikobewertung für das Inverkehrbringen orientieren, d.h. eine Überwachung wird grundsätzlich nur durchgeführt werden müssen, falls Effekte aufgrund der Eigenschaften der Kulturpflanze und/oder der gentechnischen Veränderung zu erwarten wären (beispielsweise wird die Ausbreitung transgener Hybride nicht überwacht werden müssen, falls es in der Schweiz keine verwandten Wildarten der angebauten Kulturart gibt).

Die bisherige Risikoforschung hat gezeigt, dass der «Horizontale Gentransfer» von der transgenen Pflanze auf Mikroorganismen ein sehr seltenes Ereignis ist (u.a. Conner *et al.* 2003, De Vries *et al.* 2001, De Vries und Wackernagel 1998, Nielsen *et al.* 1998, Schlüter *et al.* 1995, Thomson 2001). Die Wahrscheinlichkeit, einen direkten «Horizontalen Gentransfer» zu erfassen, liegt bei rund 10–17 (Schlüter *et al.* 1995), so dass dessen Feststellung im Rahmen eines Monitorings mit den zur Verfügung stehenden Methoden mit einem unverhältnismässigen Aufwand verbunden wäre und deshalb nicht Teil eines GVP-Monitorings sein kann.

Schlussendlich wird es nötig sein, die in dieser Studie präsentierten Vorschläge mit den involvierten Interessengruppen zu diskutieren, um anschliessend einen breit abgestützten Konsens darüber zu erreichen, welche Effekte durch das GVP-Monitoring abgedeckt werden sollen. Erst danach können Indikatoren definiert werden, mit deren Hilfe die zu überwachenden Effekte abgebildet werden sollen.

Vorschlag für die fallspezifische Überwachung zur Präsenz und Verbreitung

Die Kulturarten, bei denen die Auskreuzung auf verwandte Wildarten überwacht werden sollte, sind für die Schweiz im Allgemeinen bekannt (Ammann *et al.* 1996, Hütter *et al.* 2000, Jacot und Ammann 1999, Jacot und Jacot 1994). Demnach besteht bei den schweizerischen

Vorschlag für die fallspezifische Überwachung zur Präsenz und Verbreitung des Transgens und des transgenen Produkts sowie entsprechende Kriterien für eine Überwachung (siehe auch Anhang 1)	
Präsenz und Verbreitung	Kriterium
– Ausbreitung transgener Hybride aufgrund von Auskreuzung auf verwandte Wildarten	– Kulturarten, die verwandte Wildarten in der Schweiz besitzen
– Ausbreitung der transgenen Kulturpflanze (Verwilderung)	– Kulturarten, deren Samen den Winter überdauern können
– Präsenz und Verbreitung von transgenen Produkten in Böden, im Wasser und in der Luft	– Kulturarten, bei denen die Risikobewertung gezeigt hat, dass deren transgene Produkte relevante umweltchemische und/oder ökotoxikologische Effekte haben könnten

Tabelle 6

Vorschlag, welche direkten und indirekten Effekte bei der fallspezifischen Überwachung, basierend auf der Risikobewertung, in Betracht gezogen werden sollten (siehe auch Anhang 1 sowie Abbildungen 2 und 3)	
Effekte	Kriterium
– Effekte durch das transgene Produkt oder durch die transgene Pflanze auf Nicht-Zielorganismen	– Arten, bei denen die Risikobewertung gezeigt hat, dass relevante umweltchemische und/oder ökotoxikologische Effekte auftreten könnten
– Resistenzentwicklung des Zielschädlings/Krankheitserregers	– Kulturen mit Schädlings- oder Krankheitsresistenzen
– Selektion von herbizidtoleranten Wildpflanzen	– Folgekulturen von herbizidtoleranten GV-Sorten
– Verschiebung des Spektrums von Schad- und Nutzorganismen aufgrund veränderter Anbaumethoden	– Angebaute und Folgekulturen bestimmter GV-Sorten mit geänderten Anbaumethoden
– Änderung des Ressourcenverbrauchs (z.B. Wasser) aufgrund geänderter Anbaumethoden	– GV-Sorten mit geänderten Anbaumethoden
– Änderung der physikalischen, chemischen oder biologischen Bodeneigenschaften aufgrund veränderter Anbaumethoden	– GV-Sorten mit veränderter Bodenbewirtschaftung

Tabelle 7

Nutzpflanzen ein beträchtliches und weit verbreitetes Auskreuzungsrisiko bei sämtlichen Futtergräsern (*u.a. Festuca sp. und Lolium sp.*) und bei der Luzerne (*Medicago sativa*); ein beträchtliches, jedoch lokales Risiko bei Karotten und beim Kopfsalat, während bei Raps, Rüben, Radieschen und Chicorée ein geringes sowie lokal begrenztes Risiko besteht (Ammann *et al.* 1996, Jacot und Ammann 1999).

Die Kriterien für eine Überwachung der Verwilderung der transgenen Kulturpflanze müssen durch Experten festgelegt werden. Es ist zu entscheiden, ob die Überwachung, zumindest in einer Anfangsphase, auch bei Kulturarten in Betracht gezogen werden soll, bei denen eine Ausbreitung aufgrund ihrer biologischen Eigenschaften sehr unwahrscheinlich ist (wie z.B. Mais oder Kartoffeln). Kritisch sind Kulturarten wie beispielsweise Raps, deren Samen ein hohes Überdauerungspotenzial besitzen und somit eine Ausbreitung fördern.

Insbesondere Fragen zur Umweltchemie der transgenen Produkte im Boden und im Wasser (Persistenz, Abbau- und Ausbreitungsverhalten) müssten unter Berücksichtigung ihres ökotoxikologischen Potenzials bereits vor Genehmigung zum Inverkehrbringen abgeklärt werden. Die schweizerische Freisetzungsverordnung (FrSV SR 814.911) ist betreffend dem Inhalt der Risikobewertung leider noch zu ungenau. Speziell der Aspekt des Umweltverhaltens transgener Produkte und die Abklärung ihres umweltchemischen und/oder ökotoxikologischen Potenzials sollten explizit in die Risikobewertung vor dem Inverkehrbringen aufgenommen werden. Nur transgene Produkte, bei denen die Risikobewertung ein gewisses umweltchemisches und/oder ökotoxikologisches Risiko gezeigt hat, sollten ins Monitoringprogramm aufgenommen werden. Transgene Produkte ohne umweltchemische und/oder ökotoxikologische Relevanz würden demnach nicht überwacht werden.

Vorschlag für die bei der allgemeinen überwachenden Beobachtung zu beobachtenden Effekte (siehe auch Anhang 1)		
Schutzgut	Schutzziel	Auswirkung
– Biodiversität (Artenvielfalt und Vielfalt der Lebensräume)	– Besonders betroffene Arten und Lebensräume	– Grossräumige Effekte auf die Biodiversität (Artenvielfalt und Lebensräume), die ausserhalb der zu erwartenden Schwankungen liegen
		– Ausbreitung transgener Kulturpflanzen in Habitats, wo ein Vorkommen unüblich wäre

Tabelle 8

Vorschlag für die fallspezifische Überwachung der unerwünschten Effekte

Bei der fallspezifischen Überwachung der Effekte, die durch die Eigenschaften der Kulturpflanze, ihre gentechnische Veränderung und/oder ihren Anbau ausgelöst werden könnten, ist zum Beispiel vorstellbar, dass auf eine Überwachung der Effekte innerhalb der Anbaufläche verzichtet werden könnte, falls gemäss Risikobewertung dort keine relevanten Effekte zu erwarten sind. Eine mehrjährige Überwachung der Biodiversität in naturnahen Flächen in der Umgebung der Anbaufläche könnte im Hinblick auf längerfristige Aussagen über mögliche Effekte sinnvoll sein, da die Biodiversität in Agrarlandschaften zu einem grossen Teil von naturnahen Biotopinseln in der Kulturlandschaft abhängig ist (Duelli und Obrist 2003b, Duelli *et al.* 1999).

7.3.3. Allgemeine überwachende Beobachtung möglicher Effekte

Aufgrund der Zielsetzungen der allgemeinen überwachenden Beobachtung wird diese möglichst flächendeckend durchgeführt werden müssen. Die allgemeine überwachende Beobachtung sollte sich deshalb bei den zu schützenden Umweltgütern und -zielen auf die Biodiversität beschränken (Tabelle 8). Das Monitoring von Boden, Wasser und Luft ist Bestandteil der fallspezifischen Überwachung und wird sich auf die Anbauregionen von gentechnisch veränderten Pflanzen beschränken.

Eine flächendeckende allgemeine überwachende Beobachtung der Biodiversität einzig unter dem Aspekt eines GVP-Monitorings durchzuführen, ist höchstwahrscheinlich nur sehr schwer machbar, weshalb ein Grossteil der allgemeinen überwachenden Beobachtung sich auf bestehende Beobachtungsprogramme wie das BDM und auf die Beobachtung von auffälligen Schadensereignissen abstützen muss (siehe auch 5.5.2. «Ablauf und Entscheidungsprozesse der allgemeinen überwachenden Beobachtung»). Aus diesem Grund wird es wahrscheinlich nur möglich sein, Effekte auf die Biodiversität festzustellen, falls diese ausserhalb der zu erwartenden Schwankungen liegen und sowohl grossräumig wie gehäuft auftreten werden. Sollten sich transgene Kulturpflanzen in Habitats ausbreiten, wo sie aufgrund der landwirtschaftlichen Praxis üblicherweise nicht vorkommen, so würde dies wahrscheinlich ebenfalls durch existierende Beobachtungsprogramme festgestellt werden.

7.4. Indikatoren für ein GVP-Monitoring

7.4.1. Begriffsdefinition

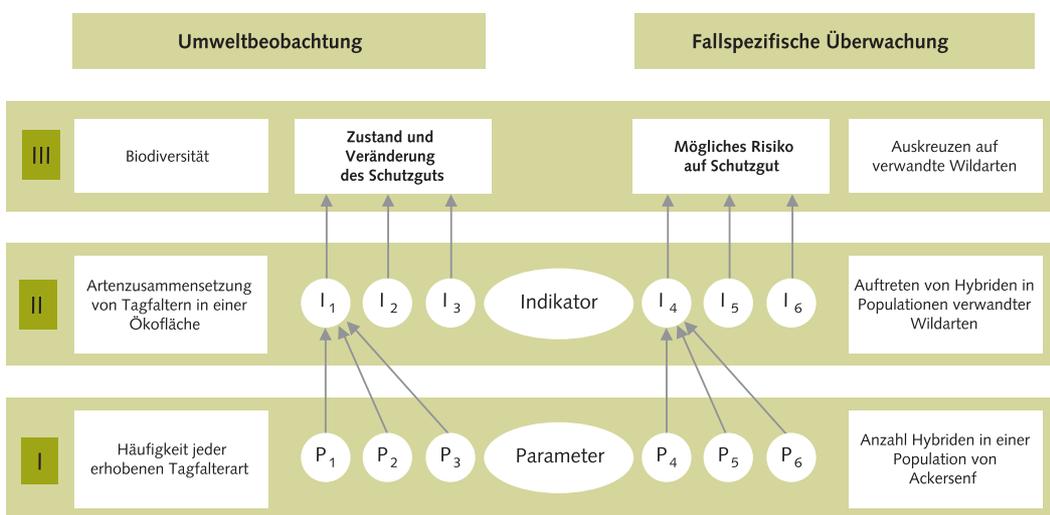
Im Zusammenhang mit dem Begriff Monitoring werden vielfach auch die Begriffe «Indikator» und «Parameter» verwendet, wobei diese jedoch oft vermischt oder nicht entsprechend ihrer eigentlichen Bedeutung verwendet werden.

Der Duden definiert die Begriffe «Indikator» und «Parameter» wie folgt:

Indikator = Umstand, Merkmal, das als (statistisch verwertbares) Anzeichen für eine bestimmte Entwicklung, einen eingetretenen Zustand o.Ä. dient

Parameter = (veränderliche) Grösse, durch die ein (...) Prozess beeinflusst wird

Die beiden Begriffe befinden sich somit auf zwei verschiedenen Ebenen. Mit Hilfe von Indikatoren (wie z.B. der Artenzusammensetzung von Tagfaltern auf einer Ökofläche) soll der Zustand eines komplexen, übergeordneten und ansonsten nicht bestimmbar Systems (wie z.B. der Biodiversität in der schweizerischen Agrarlandschaft) abgeschätzt werden. Der Indikator wiederum, lässt sich durch die direkte Messung einer Vielzahl von untergeordneten Parametern (wie z.B. der relativen Häufigkeit einer bestimmten Tagfalterart) erheben (Abbildung 9).



Unterscheidung der Begriffe «Parameter» und «Indikator»: Mit Hilfe von Indikatoren (I₁ – I₆) wird der Zustand eines komplexen Systems abgeschätzt. Ein Indikator lässt sich durch die direkte Messung einer Vielzahl von untergeordneten Parametern (P₁ – P₆) bestimmen. Die Beispiele beziehen sich auf ein Monitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen. *Abbildung 9*

7.4.2. Modelle zur Entwicklung von Indikatorsystemen

Indikatoren sollen Informationen über ein System liefern, die den Nutzern zur Bewertung, Kontrolle und Steuerung des Systems dienen sollen. Zur Strukturierung von möglichen Umweltindikatoren und zur Konzeption eines Indikatorsystems wurde von der OECD das DSR-Modell (Driving force-State-Response) entwickelt (OECD 1997c, OECD 1999b). Dabei werden Indikatoren, die den Zustand der Umwelt charakterisieren, als State-Indikatoren bezeichnet und Indikatoren, die den Einfluss der landwirtschaftlichen Praxis darstellen, werden als Driving-Force-Indikatoren bezeichnet. Indikatoren, die technische oder politische Reaktionen auf den Umweltzustand abbilden, werden als Response-Indikatoren bezeichnet.

Die EU hat das DSR-Modell der OECD im Zusammenhang mit der Erarbeitung von Indikatoren für die Integration von Umweltbelangen in ihre Agrarpolitik zum DPSIR-Modell weiterentwickelt (Driving Force-Pressure-State-Impact-Response) (KOM [2000] 20). Das EU-Modell definiert zwei zusätzliche Indikatorarten. Die Pressure-Indikatoren ermitteln negative Belastungen und positive Nutzen, die zu Veränderungen der Umweltbedingungen geführt haben. Die Impact-Indikatoren bestimmen Auswirkungen auf die gesamte Umwelt, beispielsweise auf Habitate, die Artenvielfalt oder auf natürliche Ressourcen.

Die beiden Modelle bilden die Grundlagen eines Indikatorrahmens für die Landwirtschaft und sind somit auch bei der Definition von Indikatoren für ein Umweltmonitoring gentechnisch veränderter Pflanzen von Bedeutung.

7.4.3. Vorgehen zur Entwicklung von Indikatoren für ein GVP-Monitoring

Bei der Definition von Indikatoren für ein Umweltmonitoring gentechnisch veränderter Pflanzen ist, analog zur Konzeption des GVP-Monitorings, ein strukturiertes Vorgehen notwendig. Das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) hat bei der Entwicklung von Agrar-Umweltindikatoren (Gaillard *et al.* 2003) das in Tabelle 9 skizzierte Vorgehen gewählt, welches auch bei der Entwicklung von (zusätzlichen) Indikatoren für ein GVP-Monitoring befolgt werden sollte.

In der vorliegenden Studie werden in einer Vorphase (Phase 0) Effekte sowie entsprechende Indikatoren für die fallspezifische Überwachung und die allgemeine überwachende Beobachtung vorgeschlagen. In Phase I sind die in dieser Studie präsentierten Vorschläge mit den involvierten Interessengruppen zu diskutieren, um einen breit abgestützten Konsens darüber zu erreichen, welche Indikatoren für die fallspezifische Überwachung wie auch für die allgemeine überwachende Beobachtung nötig sind.

Erst wenn konkrete und im fachlichen Konsens erarbeitete Indikatoren definiert sind, kann in Phase II für jeden einzelnen Indikator durch Experten eine Machbarkeitsstudie durchgeführt werden. Die Machbarkeitsstudie hat zum Ziel, detailliert abzuklären, wie die Erhebung jedes einzelnen Indikators konkret umgesetzt werden könnte. Dazu gehören Abklärungen zur Methodik, zur Datenerhebung und zur fachlichen Umsetzung. Zusätzlich sollten in dieser Phase auch ein Datenkonzept und eine Organisationsstruktur erstellt sowie mögliche Synergien und der Ressourcenbedarf ermittelt werden. Der Aufwand für diese wichtige zweite Phase von der Definition eines Indikators bis zu seiner effektiven Messung darf nicht unterschätzt werden, da für jeden einzelnen Indikator umfangreiche Abklärungen durch eine Vielzahl von Experten durchgeführt werden müssen. Sämtliche Abklärungen müssen wiederum so weit als

Tabelle 9

Konzeptioneller Ablauf, der für die Entwicklung von Agrar-Umweltindikatoren des Bundesamtes für Landwirtschaft gewählt wurde und sich auch für die Entwicklung von Indikatoren für ein GVP-Monitoring eignen würde. Anpassung an das GVP-Monitoring durch die Autoren (angelehnt an Gaillard <i>et al.</i> 2003)	
Ablauf	Beschreibung
Phase 0	<ul style="list-style-type: none"> – Vorschlag zum Inhalt eines GVP-Monitorings in der Schweiz sowie zu entsprechenden möglichen Indikatoren – Fallspezifische Überwachung (Verbreitung/Präsenz und Effekte) – Allgemeine überwachende Beobachtung
Phase I	<ul style="list-style-type: none"> – Bestimmung der definitiven Indikatoren (mit breiter Abstützung bei allen involvierten Interessengruppen)
Phase II / Machbarkeitsstudie	<ul style="list-style-type: none"> – Detaillierte Abklärung durch Experten für jeden Indikator: <ul style="list-style-type: none"> – Methodik (Konzept, Mess-/Berechnungsmethode, Beurteilungsschema usw.) – Datenerhebung (Periodizität, benötigte Daten, Herkunft und Verfügbarkeit der Daten, Datenverwaltung) – Fachliche Umsetzung (Vorstudien, Methodenentwicklung, Implementierung, Erhebung) – Erstellung eines Datenkonzepts für sämtliche Indikatoren (Datenorganisation und -verwaltung, Datenfluss, Qualitätssicherung der Daten usw.) – Ermittlung von Synergien für die Datenerhebung – Erstellung einer Organisationsstruktur – Ermittlung des Ressourcenbedarfs (Kosten)
Phase III	<ul style="list-style-type: none"> – Entwicklung der Methoden für die Bestimmung einzelner Indikatoren (wo erforderlich) – Realisierung des Monitorings für die definierten Indikatoren (falls sich der GVP-Anbau in der Schweiz konkretisiert)

möglich in einem gemeinsamen fachlichen Konsens erarbeitet werden. In Phase III werden einzelne Indikatoren noch methodisch weiterentwickelt, während für die bereits definierten Indikatoren die Umsetzung des Monitorings realisiert werden kann.

7.4.4. Indikatoren für die fallspezifische Überwachung

Indikatoren zur fallspezifischen Überwachung beziehen sich auf die bei der Projektierung der fallspezifischen Überwachung formulierten Hypothesen (Tabelle 10 und 11). Der Aufwand für die fachliche Umsetzung der einzelnen Indikatoren und die dabei durchzuführenden detaillierten Abklärungen sollen in dieser Studie anhand eines Fallbeispiels näher erläutert werden. Am Beispiel der für die fallspezifische Überwachung vorgeschlagenen Indikatorgruppe «Artenvielfalt ausgewählter Artengruppen» sollen Kriterien erwähnt werden, die bei der fachlichen Umsetzung eines bestimmten Indikators zu beachten sind.

Die erwähnten Überlegungen stammen aus dem Projektkonzept zur Evaluation der Biodiversität in der schweizerischen Agrarlandschaft (Bigler *et al.* 1997). Das Projekt ist ein Teil der Erfolgskontrolle (BLW 1998) der durch die Direktzahlungsverordnung geförderten Ökomassnahmen des Bundes (DZV SR 910.13). Da das Projekt noch bis Ende 2005 läuft, ist zum jetzigen Zeitpunkt leider noch keine definitive Auswertung des Konzepts vorhanden. Die Auswertung wird zeigen, ob das Konzept Erfolg hatte und die definierten Ziele erreicht wurden. Die Ergebnisse der Auswertung bilden eine gute Diskussionsbasis, um zu entscheiden, ob Teile oder Ideen aus dem Konzept «Evaluation der Ökomassnahmen» auch für das Projekt «GVP-Monitoring» berücksichtigt werden sollten.

Tabelle 10

Vorschlag für Indikatoren für die fallspezifische Überwachung zur Präsenz und Verbreitung des Transgens und der transgenen Produkte (siehe auch Anhang 1)	
Präsenz und Verbreitung	Fragestellung/Indikator
– Ausbreitung transgener Hybride aufgrund von Auskreuzung auf verwandte Wildarten	– Verbreitung und Persistenz von Hybriden in Populationen verwandter Wildarten
– Ausbreitung der transgenen Kulturpflanze	– Vorkommen von transgenen Kulturpflanzen in Habitaten, in denen sie aufgrund der landwirtschaftlichen Praxis üblicherweise nicht vorkommen
– Präsenz und Verbreitung von transgenen Produkten in Böden, im Wasser und in der Luft	– Vorhandensein bestimmter transgener Produkte in Böden, im Wasser und in der Luft

Tabelle 11

Vorschlag für Indikatoren für die fallspezifische Überwachung von direkten und indirekten Effekten von transgenen Produkten (siehe auch Anhang 1)	
Effekte	Fragestellung/Indikator
– Effekte durch das transgene Produkt oder durch die transgene Pflanze auf Nicht-Zielorganismen	– Artenvielfalt ausgewählter Artengruppen im Vergleich zum gängigen Anbausystem (Kriterien ÖLN)
– Resistenzentwicklung des Zielschädlings/Krankheitserregers	– Auftreten und Verbreitung der Zielschädlinge/Krankheitserreger (speziell der resistenten)
– Selektion von herbizidtoleranten Wildpflanzen	– Auftreten und Verbreitung herbizidresistenter Wildpflanzen
– Verschiebung des Spektrums von Schad- und Nutzorganismen aufgrund veränderter Anbaumethoden	– Auftreten und Verbreitung von Schaderregern
– Änderung des Ressourcenverbrauchs (z.B. Wasser) aufgrund geänderter Anbaumethoden	– Artenvielfalt ausgewählter Artengruppen im Vergleich zum gängigen Anbausystem (Kriterien ÖLN)
– Änderung der physikalischen, chemischen oder biologischen Bodeneigenschaften aufgrund veränderter Anbaumethoden	– Indikatoren für die Bodenfunktion und evtl. die Ertragsfähigkeit

Fallbeispiel: Evaluation der Biodiversität im Zusammenhang mit möglichen Effekten durch das transgene Produkt oder durch die transgene Pflanze auf Nicht-Zielorganismen

Um die Biodiversität in der Agrarlandschaft messen zu können, ist es wichtig, sich auch auf der Ebene der Landschaft zu bewegen und sich nicht nur auf die Ebene der Parzelle zu konzentrieren (z.B. Duelli und Obrist 2003b, Jeanneret *et al.* 2003, Wagner und Edwards 2001, Wagner *et al.* 2000). Die Artenvielfalt in grösseren Räumen (beispielsweise der schweizerischen Kulturlandschaft) korreliert gemäss dem Mosaikkonzept mit der Anzahl und der Vielfalt unterschiedlicher Habitats und deren Grad der Vermischung (Duelli 1997). Das Mosaikkonzept besagt vereinfacht, dass die Biodiversität in einer Kulturlandschaft mit zunehmender Vielfalt der Habitats ansteigt. Zusätzlich steigt die Biodiversität mit zunehmender Heterogenität der Landschaft, d.h., je kleiner und häufiger die einzelnen Habitats verteilt sind, umso mehr Grenzflächen (z.B. Waldränder, Hecken, Bachläufe) mit besonders vielen spezialisierten Arten entstehen. Schliesslich hat auch das Flächenverhältnis zwischen natürlichen, halbnatürlichen und intensiv kultivierten Flächen einen Einfluss auf die Biodiversität.

Pflanzen- oder Arthropodengemeinschaften einer Agrarlandschaft werden durch (interne und externe) biotische und abiotische ökologische Faktoren beeinflusst (Bigler *et al.* 1997) (Abbildung 10). Will man z.B. die Artenvielfalt zweier Parzellen in der Agrarlandschaft (z.B. GVP versus nicht GVP) miteinander vergleichen, so sind sowohl die internen wie auch die externen Faktoren zu berücksichtigen.

Interne Faktoren (1, 2, 3) wirken innerhalb der Parzelle und beinhalten:

- (1) die lokale Situation (Boden, Exposition usw.)
- (2) die Bewirtschaftung (angebaute Kultur, Erntetermin, Düngung usw.)
- (3) die Geschichte (Intensität der Bewirtschaftung, Fruchtfolge usw.)

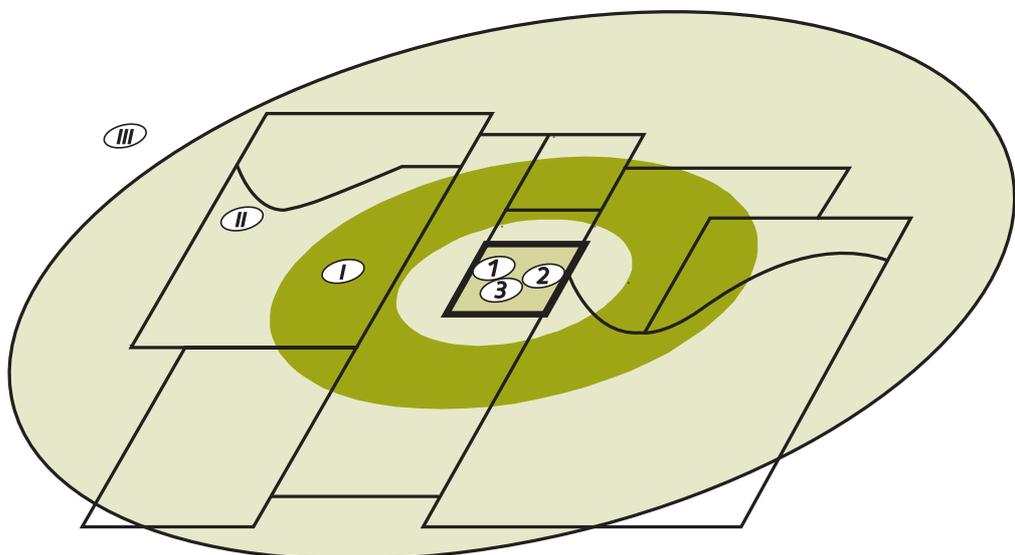
Externe Faktoren (I, II, III) wirken ausserhalb der Parzelle und beinhalten:

- (I) die Landschaftssituation auf tieferer Ebene (Ökosystemtypen in der Umgebung)
- (II) die Landschaftssituation auf höherer Ebene (Vernetzung der Lebensraumtypen)
- (III) die biogeographische Situation (siehe «Ökologische Raumgliederung»)

Da die Biodiversität in der Agrarlandschaft in ihrer Gesamtheit nicht erfasst werden kann, werden messbare Indikatoren gesucht, die eine statistisch signifikante Korrelation mit dem gesamten Artenspektrum der untersuchten Habitats haben sollten (u.a. Di Giulio *et al.* 2001,

Faktoren, die auf Organismen-Gemeinschaften in Kulturlandschaften wirken. Unterteilung der Faktoren in intern (= innerhalb der Parzelle) wirkende Faktoren (1, 2, 3) und in extern (= ausserhalb der Parzelle) wirkende Faktoren (I, II, III) (angepasst nach Bigler *et al.* 1997)

Abbildung 10



Kriterien, die für die Auswahl der Biodiversitäts-Indikatoren für die Evaluation der Ökomassnahmen in der schweizerischen Agrarlandschaft angewendet wurden (BLW 1998)

Biologische Kriterien	
1	die Taxonomie der Artengruppe ist genau bekannt und stabil
2	die Biologie und die Funktion der Artengruppe in den Ökosystemen wird verstanden
3	die höheren taxonomischen Ebenen (Familie, Ordnung) besetzen ein breites Spektrum an Habitaten und geographischen Räumen
4	die einzelnen Arten besetzen eine enge Nische eines Habitats
5	die Populationen sind einfach zu überwachen
6	zur gewählten Artengruppe gehören «keystone species», d.h. vom Wirken dieser Arten hängen andere Arten des Ökosystems ab
7	eine breite und zufällige Probenahme erlaubt, die gesamte Variation der Artengruppe zu erfassen
8	die Artengruppe reagiert schnell, sensitiv, vorhersehbar, analysierbar und linear auf Veränderungen
9	die Bestimmung der Artengruppe ist einfach
10	die taxonomische und ökologische Diversität der Artengruppe ist hoch
11	das trophische Niveau der Artengruppe ist bekannt
Zusätzliche Kriterien	
12	in der Schweiz sind ein oder mehrere Spezialisten für die Artengruppe vorhanden
13	ein wichtiger Teil der Arten einer Gruppe hat einen Bezug zu den verschiedenen Typen von ökologischen Ausgleichsflächen (öAF) (= extensive Wiesen, Hecken usw.)
14	das Vorhandensein von überflüssigen, für die Information nicht notwendigen Elementen (Redundanz), die durch die Indikatoren geliefert werden, sind gering
15	hohe Verteilung der Artengruppe in der Agrarlandschaft
16	geringe Globalkosten (Personal/Zeit)

Tabelle 12a

Duelli und Obrist 2003a, Duelli *et al.* 1999). Bei der Evaluation der Ökomassnahmen wurde entschieden, die Biodiversität mit Hilfe von Artengruppen darzustellen (BLW 1998). Diverse Kriterien sollten helfen, diejenigen Artengruppen auszuwählen, die sich am besten als Indikatoren für die Biodiversität der Agrarlandschaft eignen würden (Tabelle 12a). Es war klar, dass keine Artengruppe sämtliche Kriterien perfekt erfüllen würde. Indem mit einer Gruppe von Indikatoren gearbeitet wird, wurde jedoch versucht, alle oder zumindest einen grossen Teil der Kriterien zu erfüllen. Zudem sollten sich die gewählten Indikatoren ergänzen, d.h. beispielsweise möglichst viele trophische Ebenen abdecken. Um die Artenvielfalt in der schweizerischen Agrarlandschaft repräsentieren zu können, musste die Arthropodenfauna berücksichtigt werden, die einen wichtigen Bestandteil der Artenvielfalt terrestrischer Ökosysteme bildet.

Für die Auswahl der definitiven Indikatoren wurden die in Tabelle 12a aufgeführten Kriterien daraufhin auf eine Anzahl von Artengruppen angewendet (Tabelle 12b). Bei den aufgeführten Angaben handelt es sich um allgemeine Angaben, die im Prinzip für die gesamte Artengruppe gelten, jedoch nicht auf sämtliche Arten eines Taxons zutreffen müssen.

Die Analyse der in Tabelle 12b zusammengefassten Kriterien zeigte, dass sich die Artengruppen der Blütenpflanzen, der Vögel und der Spinnen besonders für das Projekt «Evaluation der Ökomassnahmen» eigneten. Obschon diese Artengruppen nicht alle Kriterien optimal erfüllten, entsprachen diese Artengruppen am ehesten den aufgestellten Kriterien. Um die trophischen Ebenen und die Sensitivität auf Veränderungen zu vervollständigen, wurden auch Tagfalter und Laufkäfer als zusätzliche Indikatoren ausgewählt. Im Allgemeinen war es wichtig, dass die Artengruppen verschiedene trophische Ebenen abdeckten, da das trophische Niveau einen wichtigen Aspekt der Funktion der Artengruppe im Ökosystem festlegt.

Anwendung der Kriterien (siehe Tabelle 12a) zur Auswahl von Biodiversität-Indikatoren auf diverse Artengruppen (redundante Gruppen sind mit der gleichen Ziffer bezeichnet) (angepasst nach BLW 1998)

	Taxonomie 1	Ökologie 2	Verbreitung 3	Habitat 4	Überwachung 5	Repräsentativität 6	Probenahme 7	Reaktion 8	Bestimmung 9	Diversität 10	Trophisches Niveau 11	Spezialisten 12	Bezug 13	Redundanz 14	Kulturlandschaft 15	Kosten 16
INDIKATOREN																
Pflanzen und Flechten																
Blütenpflanzen (Spermatophyten)	x	x	x	v	x	x	x	n	x	x	pr	x	x	1	x	v
Flechten	x	v	x	v	x	n	n	n	n	n	pr	x	n	2	x	n
Moose	x	v	x	v	x	n	n	n	n	n	pr	x	n	3	x	n
Ackerbegleitflora	x	x	x	v	x	n	n	n	x	n	pr	x	x	4	x	v
Tiere																
Vögel	x	x	x	v	x	x	x	n	x	x	v	x	x	5	n	n
Klein-Säugetiere	x	x	x	v	n	n	x	n	n	n	v	x	?	6	x	n
Regenwürmer	x	x	x	v	n	n	x	x	x	n	d	x	?	7	x	n
Spinnen	x	x	x	v	n	x	x	x	n	x	p	x	x	8	x	n
Ameisen	x	x	x	v	n	n	n	x	n	n	p	x	x	9	x	n
Laufkäfer (Carabiden)	x	x	x	v	n	n	x	x	n	x	p	x	x	10	x	n
Zweiflügler (Dipteren)	n	n	x	v	n	?	x	x	n	x	v	x	x	11	x	n
Tagfalter (Rhopalocera)	x	x	x	x	x	n	n	n	x	n	h	x	x	12	n	n
Solitäre Bienen (Aculeata)	x	x	x	x	n	n	n	n	n	n	h	x	x	13	n	n
Wespen	x	x	x	x	n	n	n	n	n	n	v	x	x	13	n	n
Heuschrecken (Orthoptera)	x	x	n	x	n	n	n	n	x	n	h	x	x	14	n	n
Reptilien	x	x	n	x	x	n	n	n	x	n	v	x	x	15	n	n
Mollusken	x	x	n	v	x	n	x	x	x	n	v	x	x	16	x	n
Amphibien	x	x	n	x	x	n	n	n	x	n	p	x	n	17	n	n
<i>x = Kriterium ist erfüllt</i> <i>n = Kriterium ist nicht erfüllt</i> <i>h = Herbivoren</i>																
<i>pr = Primärproduzenten</i> <i>p = Prädatoren</i> <i>d = Detritivoren</i>																
<i>v = variabel</i> <i>? = nur wenig Informationen vorhanden</i>																

Tabelle 12b

Die nicht berücksichtigten Artengruppen waren entweder zu eng mit Habitaten verbunden, die in der Kulturlandschaft eher selten sind (Reptilien, Amphibien), schwierig zu beobachten und/oder zu fangen (solitäre Bienen, Wespen) oder das Grundwissen über die Biologie und Ökologie der Artengruppe war zu lückenhaft (Dipteren).

Auch im Rahmen der Vorbereitungsarbeiten des BDM Schweiz wurden über ein Dutzend Artengruppen auf ihre methodische, ökologische und ökonomische Eignung als Indikator für die Erhebung der Artenvielfalt in Lebensräumen (Indikator Z9) überprüft (Hintermann *et al.* 2002). Die Abklärungen zu allen geprüften Taxa sind detailliert in technischen Berichten festgehalten, die u.a. beim BUWAL deponiert sind. Bei der Umsetzung des GVP-Monitoringprogramms sollten diese technischen Berichte unbedingt berücksichtigt werden.

Für die Qualitätsbeurteilung von ökologischen Ausgleichsflächen (öAF) in der schweizerischen Landwirtschaft gilt die Öko-Qualitätsverordnung (ÖQV SR 910.14). Die technischen Ausführungsbestimmungen zum Anhang 1 (BLW 2001) beschreiben eine Methode, die mit Hilfe des Vernetzungsgrades und der Vegetation das regionale biologische Potenzial bestimmter Parzellen bestimmt. Die verwendete Methode stellt eine einfache Möglichkeit dar,

die Qualität der ökologischen Ausgleichsflächen in einer landwirtschaftlich genutzten Landschaft mit relativ geringem Aufwand zu bestimmen und wird heute in der Praxis bereits angewendet. Der Erfolg dieser Methode wird zeigen, ob diese Methode auch bei der Entwicklung des GVP-Monitorings berücksichtigt werden könnte.

7.4.5. Indikatoren für die allgemeine überwachende Beobachtung

Noch schwieriger wird es, Indikatoren zu bestimmen, die Auswirkungen des Anbaus von gentechnisch veränderten Pflanzen auf die Umwelt im Allgemeinen abbilden sollen. Eine Studie des deutschen Umweltbundesamtes (Brauner und Tappeser 2001) mit dem Ziel, bestehende internationale Umweltindikatoren auf ihre Tauglichkeit für ein GVP-Monitoring zu analysieren, kommt zum Schluss, dass sämtliche der 130 betrachteten Indikatoren nicht direkt als Indikatoren für den Kontext Gentechnologie nutzbar sind. Zudem lassen keiner der ausgewählten Indikatoren einen Rückschluss auf einen direkten Zusammenhang zwischen einer zu beobachtenden Änderung des Indikatorwerts und dem Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen als allein mögliche Ursache zu. Die zweite Schlussfolgerung deckt sich auch mit dem in Kapitel 5.3. «Unterschied «Fallspezifische Überwachung» und «Allgemeine überwachende Beobachtung» für die allgemeine überwachende Beobachtung dargelegten Ansatz, der besagt, dass diese (1) von den zu schützenden Umweltgütern und -zielen ausgehen muss und (2) die Kausalität zum GVP-Anbau zuerst mit Hilfe gezielter Hypothesen und deren experimenteller Überprüfung nachgewiesen werden muss.

Es ist klar, dass ein Indikatorensystem nur ein relativ grober Filter sein kann, mit dem sich wahrscheinlich nur Effekte feststellen lassen werden, die ausserhalb der zu erwartenden Schwankungen sein werden. Mit der Erhebung allgemeiner Indikatoren werden sich auch eher längerfristige Veränderungen im regionalen bis nationalen Massstab feststellen lassen, da mögliche direkte und indirekte Auswirkungen von GVP sich beispielsweise erst über Veränderungen in der Artenvielfalt zeigen werden. Wie die Erfahrung zeigt, wird die Umwelt laufend durch die sich ändernde landwirtschaftliche Praxis beeinflusst und der Anbau von GVP ist nur eine von vielen Einflussgrössen. Die Erhebung von allgemeinen Indikatoren wird deshalb nie ausschliesslich dazu dienen, die Auswirkungen eines Anbaus von GVP auf die Umwelt zu verfolgen, sondern muss in einem grösseren Gesamtzusammenhang (wie z.B. den Auswirkungen der gesamten landwirtschaftlichen Tätigkeiten auf die Umwelt) gesehen werden. Umweltindikatoren für die Beobachtung von gentechnisch veränderten Pflanzen werden sich deshalb an ein allgemeines System von Umweltindikatoren anbinden müssen.

Weltweit werden oder wurden eine Vielzahl von Indikatorensystemen entwickelt, die helfen sollen, die Auswirkungen der Landwirtschaft auf die Umwelt anhand von wissenschaftlich fundierten Angaben beurteilen zu können, so z.B.:

- Agrar-Umweltindikatoren der OECD (1997c, 1999b, 2001b)
- Agrar-Umweltindikatoren der EU (KOM [2000] 20)
- Agrar-Umweltindikatoren des BLW (2002b)

Zusätzlich beinhaltet beispielsweise auch das schweizerische Monitoringsystem zur Messung der nachhaltigen Entwicklung MONET Indikatoren für die beiden Bereiche Landwirtschaft und Umwelt (BFS *et al.* 2002).

In der Schweiz existiert eine relativ grosse Anzahl an Überwachungs- und Beobachtungsprogrammen, die bereits heute operationell sind und den Zustand der Umwelt erheben. Dazu gehören nationale Programme wie z.B. das Biodiversitätsmonitoring (BDM), die nationale Bodenbeobachtung (NABO) oder die Überwachung der Luft- (NABEL) und Wasserqualität (NAQUA, NADUF). Zusätzlich existieren auch viele Programme, wie z.B. die Pflanzenschutz-

dienste, die auf kantonaler Ebene organisiert sind. Nachdem Indikatoren für die allgemeine überwachende Beobachtung definiert wurden, wäre es im Hinblick auf eine Nutzung dieser bestehenden Beobachtungsprogramme für eine allgemeine überwachende Beobachtung sinnvoll, eine eingehende Analyse der existierenden Datenlage durchzuführen.

Die Analyse müsste für jedes Beobachtungsprogramm folgende Punkte enthalten:

- Erhobene Parameter
- Periodizität der Erhebung
- Anzahl Standorte, Verteilung der Standorte
- Verwendete Methodik
- Vorhandene Datenreihen (seit wann werden die Daten erhoben?)

Eine erste Studie zu möglichen Synergien zwischen einem GVP-Monitoringprogramm und anderen Monitoringprogrammen in der Schweiz wurde durch das Ökobüro Hintermann & Weber AG durchgeführt.

7.5. Organisation des GVP-Monitorings

Die Autoren des Biodiversitätsmonitorings Schweiz erwähnen in ihrem Zwischenbericht vier Anforderungen, die von grösster Bedeutung für die Realisierung eines langfristig funktionierenden Monitoringsprogramms sind (Hintermann *et al.* 2002):

- (1) Gesicherte Kontinuität in der Finanzierung und in der verwendeten Methodik
- (2) Standardisierung und wiederholte Qualitätskontrolle der Methodik zur Reproduzierbarkeit der Ergebnisse
- (3) Reduktion der Kosten, dank Nutzung von Synergien und Vermeidung von Doppelspurigkeiten
- (4) Produktion praxisnaher Ergebnisse

Die Anforderungen (1) und (2) wurden in dieser Studie z.T. bereits erwähnt (u.a. Kapitel 7.2.2. «Methodische Voraussetzungen für ein GVP-Monitoring»), die übrigen Anforderungen sollen in diesem Kapitel erörtert werden. Gemäss den in Kapitel 6. vorgeschlagenen Schritten zur Entwicklung des GVP-Monitorings kann die Organisation des Monitorings erst durchgeführt werden, wenn definiert ist, welche Effekte überwacht bzw. beobachtet werden sollen und entsprechende Indikatoren für das Monitoring festgelegt wurden. So können beispielsweise Synergien zu bestehenden Umweltbeobachtungsprogrammen erst analysiert werden, wenn genau definiert ist, welche Indikatoren im Rahmen des GVP-Monitorings erhoben werden sollen. In diesem Kapitel sollen Überlegungen zum Datenmanagement und zur Organisationsstruktur des GVP-Monitorings gemacht werden, welche bereits in der Konzeptphase beachtet werden können. Die fallspezifische Überwachung und die allgemeine überwachende Beobachtung unterscheiden sich, zumindest in der jetzigen Konzeptphase, nicht grundlegend in ihrer Organisationsstruktur, weshalb in diesem Kapitel keine Unterscheidung zwischen den beiden Programmen gemacht wird.

7.5.1. Datenorganisation/-verwaltung

Im Rahmen des GVP-Monitorings werden eine grosse Menge an Daten anfallen, die von verschiedenen Institutionen erhoben werden. Eine effiziente und gut strukturierte Verwaltung und Organisation der Daten bilden dabei eine wichtige Voraussetzung für einen optimalen Datenfluss. Ein optimaler Datenfluss erleichtert die Nutzung des GVP-Monitorings als ein Mittel, um letztlich politische Entscheidungen, basierend auf konkreten wissenschaftlichen Fakten, fällen zu können. Die Datenverwaltung kann entweder in einer zentralen oder einer dezentralen Datenbank organisiert werden. Die Abklärungen, die im Rahmen der Machbar-

keitsstudie für die Umsetzung der Agrar-Umweltindikatoren (AUI) (Gaillard *et al.* 2003) gemacht wurden, haben gezeigt, dass die Entwicklung einer zentralen Datenbank zur Verwaltung und Archivierung sämtlicher Daten (inkl. Rohdaten), die in einem komplex strukturierten Projekt mit einer Vielzahl an datenlieferenden Institutionen anfallen, vom Aufwand her kaum realisierbar ist. Obwohl eine zentrale Datenbank einen grossen Vorteil in Bezug auf Übersicht und Kontrollmöglichkeiten aufweist, scheint diese bei komplex strukturierten Projekten in der Praxis nicht mehr handhabbar. Da bei einem solchen Projekt viele verschiedene Datentypen existieren und viele der Datenlieferanten bereits über bestehende Datenbanken verfügen, eignet sich eine dezentrale Verwaltung von unabhängigen Datenbanken besser. Um zu einem späteren Zeitpunkt gegebenenfalls auf die erhobenen Originaldaten zurückgreifen zu können, ist es zudem wichtig, sämtliche Daten auch als Rohdaten zu archivieren. Auch dies ist aufgrund der zu erwartenden Datenmenge nur mit Hilfe einer dezentralen Datenverwaltung möglich.

Die Machbarkeitsstudie für die Umsetzung der Agrar-Umweltindikatoren ergab, dass im Projekt insgesamt drei Datenbanksysteme erforderlich sind (Gaillard *et al.* 2003):

- ein verteiltes Datenbanksystem, welches sämtliche Rohdaten und teilaggregierten Daten beinhaltet,
- eine zentrale Datenbank mit den ausgewerteten Daten für sämtliche Indikatoren inklusive anderer für die Interpretation notwendiger aggregierter Daten,
- eine zentral organisierte Metadatenbank zur Datendokumentation.

7.5.2. Organisationsstruktur

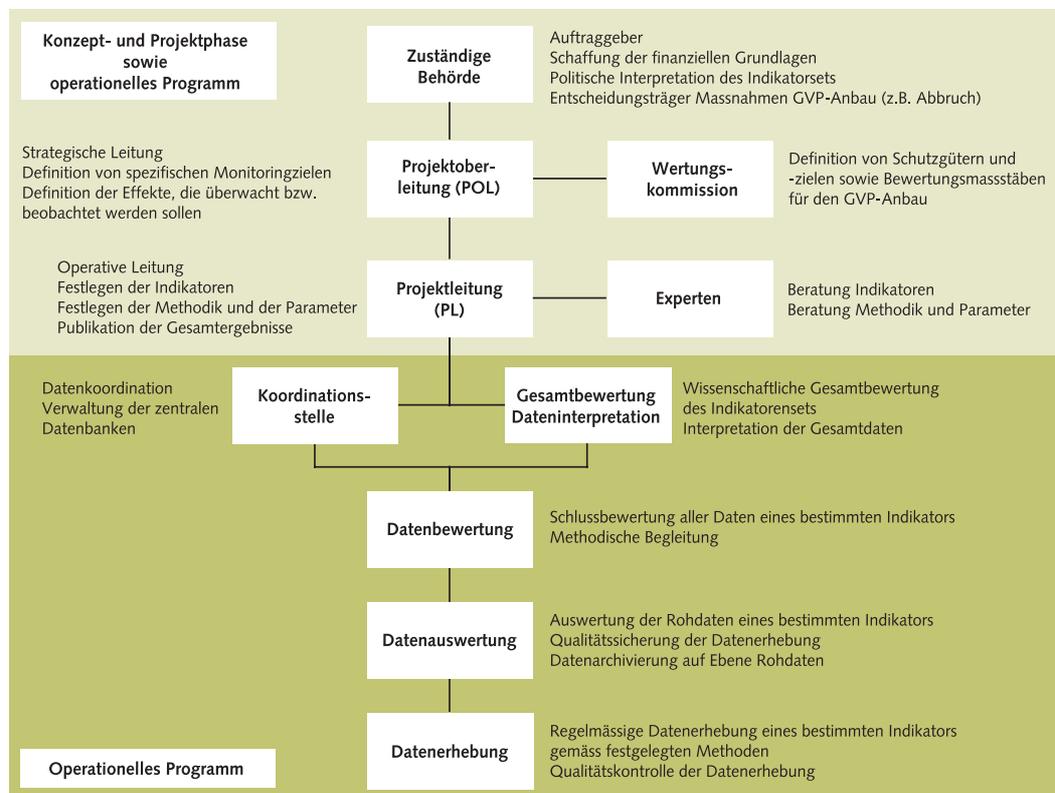
In diesem Abschnitt soll ein Vorschlag diskutiert werden, wie das GVP-Monitoring in der Schweiz organisiert werden könnte (Abbildung 11). Der Vorschlag benennt die nach Ansicht der Autoren nötigen Strukturen und macht Empfehlungen, welche Institutionen in das GVP-Monitoring involviert sein könnten. Zusätzlich werden die Aufgaben und Verantwortlichkeiten der jeweiligen Organisationsebenen erklärt.

Das GVP-Monitoring kann nur funktionieren, wenn die Verantwortlichkeiten klar geregelt sind und eine Behörde die Gesamtverantwortung und Entscheidungskompetenz besitzt. Zum jetzigen Zeitpunkt ist in den gesetzlichen Grundlagen der Schweiz (FrSV SR 814.911, Saatgutverordnung SR 916.151) nicht eindeutig definiert, welches Bundesamt in Bezug auf den Anbau von GVP Entscheidungsbefugnis besitzt. Zurzeit erteilt das BLW die Bewilligung für den kommerziellen Anbau von GV-Sorten, muss jedoch für ökologische Aspekte das BUWAL anhören. Das BUWAL entscheidet indessen über Gesuche für Freisetzungsversuche. Bis zur definitiven politischen Entscheidung, welche politische Behörde die Verantwortung für das GVP-Monitoring besitzt, wird in der vorliegenden Studie der Begriff «zuständige Behörde» verwendet.

Die strategische Leitung des GVP-Monitorings sollte von einer Projektoberleitung (POL) übernommen werden, die direkt der zuständigen Behörde rapportiert. Die POL sollte aus Experten aus allen involvierten Interessengruppen (Bundesämter, Forschungsanstalten, Hochschulen, Industrie, Landwirtschaft, NGO) zusammengesetzt sein. Zu den Aufgaben der POL gehört die Definition der Effekte, die durch das GVP-Monitoring überwacht bzw. beobachtet werden sollen, sowie die Definition von spezifischen Monitoringzielen. Eine Wertungskommission, die sich aus Vertretern aus Ethik, Politik, Wirtschaft, Sozialem und Ökologie zusammensetzt, steht der POL beratend zur Seite. Die Aufgabe der Wertungskommission besteht in der Definition von Schutzgütern und -zielen sowie von Bewertungsmaassstäben für den Anbau von GVP.

Die Projektleitung (PL) ist für die operative Umsetzung des GVP-Monitorings verantwortlich. Zusätzlich legt die Projektleitung die im GVP-Monitoring zu erhebenden Indikatoren fest und bestimmt die zu verwendenden Methoden und Parameter. Die PL bezieht sich bei Ihren

Mögliche Organisationsstruktur eines GVP-Monitoringprogramms in der Schweiz sowie Aufgaben und Kompetenzen der einzelnen Ebenen (angelehnt an Gaillard *et al.* 2003)
Abbildung 11



Entscheidungen auf die Empfehlungen der jeweiligen Experten. Die PL könnte auch die Öffentlichkeitsarbeit und die Publikation der Gesamtergebnisse des GVP-Monitorings koordinieren.

Als Unterstützung für die Projektleitung und zur Koordination des Monitorings empfiehlt es sich, zwei separate Stellen zu schaffen. Dabei handelt es sich einerseits um eine für die wissenschaftliche Gesamtauswertung verantwortliche Stelle, der die Interpretation der gesamten Monitoringdaten zukommt. Zusätzlich sollte eine für das Datenmanagement verantwortliche Koordinationsstelle geschaffen werden, deren Aufgabe es ist, die erhobenen Daten zu koordinieren und die zentralen Datenbanken zu verwalten.

7.5.3 Datenfluss

Betrachtet man den Fluss der in einem Monitoringprogramm erhobenen Daten, so kann dieser in fünf Ebenen gegliedert werden (Tabelle 13) (angelehnt an Gaillard *et al.* 2003). Auf der ersten Ebene steht die regelmässige und standardisierte Erhebung verschiedenster Parameter für jeden einzelnen Indikator. Die Erhebung der Rohdaten erfolgt gemäss den von der Projektleitung festgelegten Methoden und beinhaltet auch eine Qualitätskontrolle der erhobenen Daten.

Auf der zweiten Ebene steht die Auswertung der Rohdaten. Es ist anzunehmen, dass in den meisten Fällen die Auswertung der Rohdaten ebenfalls durch die datenerhebende Stelle durchgeführt werden wird. Es ist jedoch auch vorstellbar, dass aufgrund mangelnder Ressourcen der datenerhebenden Institution gewisse Forschungsinstitutionen eine teilweise Auswertung der Rohdaten übernehmen werden. Als primäre Datenlieferanten werden wahrscheinlich eine grosse Anzahl Institutionen in Frage kommen, so beispielsweise Bundesämter, kantonale Stellen, landwirtschaftliche Beratungen, Forschungsanstalten, Hochschulen, private Ökobüros oder die Industrie. Die für die Auswertung verantwortlichen Institutionen übernehmen zudem die Archivierung der Rohdaten und müssen garantieren, dass die Daten mit gleich bleibender Qualität erhoben werden.

Auf der dritten Ebene werden die teilaggregierten Daten jedes Indikators von einer unabhängigen Institution nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten bewertet. Zusätzlich wird kontrolliert, ob die Daten gemäss den vorgeschriebenen Methoden erhoben wurden. Die Schlussbewertung liefert für jeden Indikator ein definitives Datenset. Neben der endgültigen Bewertung der jeweiligen Indikatoren ist diese Ebene auch für die methodische Begleitung der Datenlieferanten und -auswerter verantwortlich.

Die Gesamtbewertung und Dateninterpretation wird durch eine zentrale Stelle durchgeführt. Diese Stelle erarbeitet in enger Zusammenarbeit mit der PL ein wissenschaftlich fundiertes Indikatorenset, in dem die Resultate der einzelnen Indikatoren interpretiert und miteinander vernetzt werden. Um von der zuständigen Behörde als Entscheidungshilfe benutzt werden zu können, müssen die Ergebnisse in einer gekürzten, klar verständlichen und zusammengefassten Form präsentiert werden. Das wissenschaftlich interpretierte Indikatorenset dient letztlich der übergeordneten zuständigen Behörde als Hilfsmittel zur Beurteilung der Effekte, die sich durch den Anbau von GVP ergeben haben. Zudem bildet es die Grundlage, um über möglicherweise notwendige Massnahmen (wie beispielsweise den Abbruch eines bestimmten GVP-Anbaus) entscheiden zu können.

Datenfluss der bei einem Monitoringprogramm anfallenden Daten inklusive Beschreibung der einzelnen Prozessschritte der dabei produzierten Datenform und möglicher involvierter Institutionen (angelehnt an Gaillard et al. 2003)		
Prozess	Produzierte Datenform	Mögliche involvierte Institutionen
1 Datenerhebung	Rohdaten pro Indikator	Bundesämter, Kantonale Ämter, landwirtschaftliche Beratungen, Forschungsanstalten, Hochschulen, Ökobüros, Industrie
2 Datenauswertung	Teilaggregierte Daten pro Indikator	Bundesämter, Kantonale Ämter, landwirtschaftliche Beratungen, Forschungsanstalten, Hochschulen, Ökobüros, Industrie
3 Datenbewertung	Wissenschaftlich bewertetes Datenset pro Indikator	Bundesämter, Forschungsinstitutionen
4 Dateninterpretation	Interpretiertes Indikatorenset (Gesamtbild)	Bundesämter, Forschungsinstitutionen
5 Entscheidung	–	Zuständige Behörde

Tabelle 13

Aufgrund der Komplexität eines Monitoringprogramms ist es sinnvoll, die Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten grundsätzlich nach dem Subsidiaritätsprinzip zu handhaben. Dies bedeutet, dass sämtliche Aktivitäten, die nicht zentral geregelt werden müssen, auf untere Ebenen delegiert werden können.

7.5.4. Finanzierung

Ökologische Monitoringprogramme sind nicht billig. Betrachtet man die Kosten bereits operationeller Monitoringprogramme, ist grundsätzlich auch mit erheblichen Kosten für ein GVP-Monitoringprogramm zu rechnen. Das Biodiversitätsmonitoring Schweiz kostet pro Jahr 3 Mio. CHF (Hintermann *et al.* 2002). Die Kosten für die Evaluation der Biodiversität im Rahmen des Projekts «Evaluation der Ökomassnahmen» des BLW (1998) betragen pro Fallstudie und Jahr grob geschätzt rund 350 000 CHF (Jeanneret, persönliche Mitteilung). Dies beinhaltet die unregelmässige Erhebung der Indikatoren Blütenpflanzen, Vögel, Spinnen, Laufkäfer und Tagfalter in einem Zeitraum von sechs Jahren in einer Region von 6–8 km².

Vor Beginn des Projekts ist es unbedingt notwendig, den ungefähren Kostenrahmen des GVP-Monitorings abzuschätzen und die jährlich zur Verfügung stehenden Mittel zu definieren. Dazu muss einerseits festgelegt werden, wie viel Geld für das operationelle Monitoring-

Vergleich der Anbauflächen (in 1000 ha) einiger ausgewählter Kulturen in der Schweiz (SBV 2001) und in der EU (2003). Die Zahlen beziehen sich auf das Jahr 2001.		
Ackerkultur	Anbaufläche Schweiz ¹	Anbaufläche EU ¹
Weizen	90	13 050
Gerste	44	10 759
Mais	66	4 513
Raps	12	2 957
Kartoffel	14	1 251
Zuckerrübe	18	1 836
¹ in 1000 ha (Zahlen 2001)		

Tabelle 14

programm zur Verfügung stehen wird, andererseits müssen auch die Kosten für die Projektphase (Schritte 1–6 gemäss Tabelle 2) berücksichtigt werden.

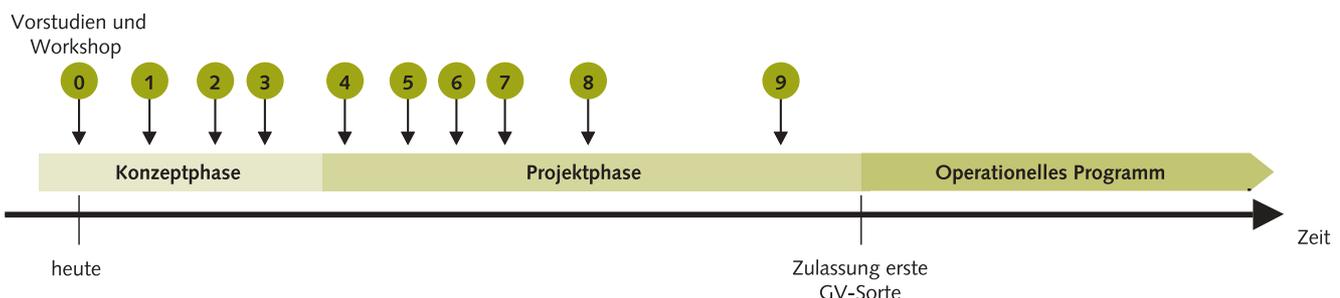
Bei der Finanzierung des operationellen GVP-Monitoringprogramms ist zwischen der fall-spezifischen Überwachung und der allgemeinen überwachenden Beobachtung zu unterscheiden. In der EU wird diskutiert, die Kosten der fallspezifischen Überwachung allenfalls dem Antragsteller zu belasten, während die allgemeine überwachende Beobachtung wahrscheinlich durch die öffentliche Hand finanziert werden wird. Eine juristische und ökonomische Analyse der Finanzierungsmöglichkeiten für die fallspezifische Überwachung und die allgemeine überwachende Beobachtung wäre hilfreich. Hierbei interessiert besonders die Frage, ob und wie die Kosten der fallspezifischen Überwachung überhaupt dem Antragsteller überantwortet werden könnten, da diese Praxis eventuell ein Verstoß gegen internationale Übereinkommen (z.B. WTO) darstellt und ein Handelshemmnis sein könnte.

Bei der Beteiligung des Antragstellers an den Kosten für die fallspezifische Überwachung ist jedoch auch zu beachten, dass die Fläche der jährlich in der Schweiz angebauten Ackerkulturen um ein Vielfaches geringer ist als in der EU (Tabelle 14). Die jährlichen Gewinne, die eine Saatgutfirma mit einer häufig angebauten Kultur wie Weizen, Gerste oder Mais in der Schweiz erzielen kann, sind dementsprechend geringer. Bei Kulturen mit noch geringerer Anbaufläche wie beispielsweise Raps, Kartoffeln und Zuckerrüben verringern sich die Einnahmen entsprechend. Führt man, basierend auf diesen Zahlen, eine Kosten-Nutzen-Rechnung durch, so muss man annehmen, dass keine Firma die Kosten für eine fallspezifische Überwachung der von ihr verkauften GV-Sorte vollständig übernehmen kann oder bereit sein wird, mehr Geld in ein GVP-Monitoring zu investieren, als sie mit dem Verkauf des Saatguts einnimmt.

Schematische Unterteilung des GVP-Monitorings in drei Phasen – die Zahlen bezeichnen die in diesem Kapitel vorgeschlagenen Schritte zur Entwicklung eines GVP-Monitoringprogramms in der Schweiz
Abbildung 12

7.6. Vorschlag für das weitere Vorgehen beim GVP-Monitoring

In diesem Abschnitt sollen Empfehlungen für das weitere Vorgehen skizziert werden, die einen optimalen Ablauf für die Entwicklung eines GVP-Monitoringprogramms in der Schweiz gewährleisten sollen. Das GVP-Monitoring lässt sich in die drei Phasen «Konzept», «Projekt» und «operationelles Programm» unterteilen (Abbildung 12). Die in diesem Kapitel gemach-



ten Vorschläge gliedern sich in neun Schritte, wovon Schritt 1 bis 3 noch in der Konzeptphase erledigt werden sollten und die Schritte 4 bis 9 in die Projektphase fallen. Die fallspezifische Überwachung und die allgemeine überwachende Beobachtung unterscheiden sich, zumindest in der jetzigen Konzeptphase, nicht grundlegend, weshalb in diesem Kapitel vorerst keine Unterscheidung zwischen den beiden Programmen gemacht wird.

1. Schritt (durch die zuständige Behörde):

- Ernennen einer Projektoberleitung (POL) für die strategische Leitung des GVP-Monitorings
- Ernennen einer Projektleitung für das Projektmanagement und die Koordination der Entwicklung des GVP-Monitorings

In einem ersten Schritt sollte die zuständige Behörde eine Projektoberleitung (POL) ernennen, die für die strategischen Entscheidungen zum weiteren Vorgehen bei der Entwicklung eines GVP-Monitoringprogramms verantwortlich ist. Die POL sollte aus den wichtigsten Interessengruppen zusammengesetzt sein (Bundesämtern, Forschungsanstalten, Hochschulen, Industrie, Landwirtschaft, NGO). Im Hinblick auf die Effizienz der POL wäre es von Vorteil, wenn die Grösse der Gruppe ein gewisses Mass nicht überschreitet. Zusätzlich sollte eine Projektleitung (PL) ernannt werden, die für die Organisation und das Management des Projekts verantwortlich ist. Die Projektleitung ist für die Umsetzung der in Tabelle 2 vorgeschlagenen Schritte zur Entwicklung des Monitoringprogramms verantwortlich. Der PL stehen Experten zur Seite, die für die fachliche Begleitung des Projekts verantwortlich sind. Zu den Aufgaben der Projektleitung gehört auch die Koordination und Dokumentation der einzelnen Schritte sowie der Kontakt zu allen involvierten Stellen.

2. Schritt (durch die zuständige Behörde):

- Abschätzung des Kostenrahmens
- Studie für ein «Finanzierungsmodell»

Bereits während der Konzeptphase ist es unbedingt notwendig, den Kostenrahmen des GVP-Monitorings ungefähr abzuschätzen und die jährlich zur Verfügung stehenden Mittel für die Projektphase und für das operationelle Monitoringprogramm zu definieren. Zudem sollte eine juristische und ökonomische Analyse der Finanzierungsmöglichkeiten für die fallspezifische Überwachung und die allgemeine überwachende Beobachtung durchgeführt werden (siehe Kapitel 7.5.4. «Finanzierung»).

3. Schritt (durch die POL):

- Einigung über allgemeine Ziele und Konzeption des GVP-Monitorings

Die POL sollte sich anschliessend auf die allgemeinen Ziele, die Konzeption und die Struktur zur Entwicklung des GVP-Monitoringprogramms einigen (siehe Kapitel 6.). Das in dieser Studie vorgeschlagene Konzept liefert eine Basis, wie ein solches Programm entwickelt werden könnte.

4. Schritt (durch die POL und eine unabhängige Wertungskommission):

- Definition von Schutzgütern und -zielen, von Bewertungsmassstäben, «Grenzwerten» und von Abbruchkriterien für den Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen

Für die Umsetzung des vierten Schritts sollte die POL eine Wertungskommission einsetzen, die helfen soll, Schutzgüter und -ziele zu definieren, die durch den Anbau von GVP nicht beeinträchtigt werden sollten. Die Wertungskommission sollte sich aus Vertretern aus Wissenschaft, Politik, Philosophie, Ethik und Industrie zusammensetzen und einen gesellschaftlichen Konsens erzielen, was im Zusammenhang mit einem GVP-Anbau als ökologi-

scher Schaden betrachtet werden wird (siehe auch Kapitel 7.2.1. «Gesellschaftliche Voraussetzungen»). Ohne klar definierte Bewertungsmaßstäbe wird es der zuständigen Behörde nicht möglich sein, die Ergebnisse des GVP-Monitorings zu bewerten, um anschließend Entscheidungen zu fällen, die auf wissenschaftlich fundierten Fakten beruhen.

5. Schritt (durch die PL und Experten):

- Einigung in Bezug auf die methodischen Voraussetzungen für ein GVP-Monitoring

In Kapitel 7.2.2. werden vier methodische Voraussetzungen genannt, die nötig sind, damit das GVP-Monitoring aussagekräftige Ergebnisse liefert:

- (1) Erhebung statistisch abgesicherter Daten
- (2) Ökologische Raumgliederung
- (3) Standardisierte Methodik
- (4) Anbauregister

Die Projektleitung muss sich mit den Experten auf die methodischen Voraussetzungen für ein GVP-Monitoring einigen. Danach sollte für die als notwendig erachteten methodischen Voraussetzungen jeweils eine Machbarkeitsstudie durch Experten durchgeführt werden. Speziell beim Punkt *Statistisch abgesicherte Datenerhebung* wäre eine Vorstudie ein wichtiges Mittel, die ungefähren Kosten eines Monitoringprogramms aufgrund der notwendigen Stichprobengrößen abzuschätzen. Die Studie sollte analysieren, welche statistischen Methoden für ein GVP-Monitoring geeignet wären und für einige ausgewählte Fallbeispiele mögliche Überwachungspläne erarbeiten. Bei der *ökologischen Raumgliederung* muss entschieden werden, ob die existierende Einteilung in die biogeographischen Regionen der Schweiz für ein GVP-Monitoring genügt oder ob eine genauere Einteilung notwendig ist. Da sowohl bei der fallspezifischen Überwachung wie auch bei der allgemeinen überwachenden Beobachtung die Methodik durch die zuständige Behörde vorgegeben werden sollte, sollte eine *Standardisierung der Monitoringmethoden* aktiv gefördert werden und Entwicklungen im internationalen Umfeld (wie z.B. OECD, ISO) aufmerksam verfolgt werden. Beim *Anbauregister* zur Dokumentation der Standorte mit GVP-Anbau müsste abgeklärt werden, ob dieses in die landwirtschaftliche Betriebsdatenerhebung integriert werden könnte.

6. Schritt (durch die POL):

- Definition der Effekte, die durch das Monitoring überwacht oder beobachtet werden sollen

Basierend auf den in dieser Studie vorgeschlagenen Effekten, die durch das Monitoring überwacht bzw. beobachtet werden sollten (siehe Kapitel 7.3. sowie Anhang 1), muss die POL entscheiden, welche möglichen Effekte fallspezifisch überwacht oder allgemein beobachtet werden sollen. Im Hinblick auf die konkrete Umsetzung müssen für jeden ausgewählten Effekt spezifische Ziele anhand der in Tabelle 5 aufgeführten Kriterien (Zielobjekt, Eigenschaft, Ausmass, Raumbezug und Zeitbezug) definiert werden. Anhand von Fallbeispielen sollte zudem für einige Hypothesen das maximal tolerierbare Ausmass möglicher Effekte konkret definiert werden. Ausserdem müssen Kriterien definiert werden, anhand derer die zuständige Behörde bei der Bewilligung von gentechnisch veränderten Sorten entscheiden wird, ob ein Effekt fallspezifisch überwacht werden muss oder nicht. Der Prozess, wie die zuständige Behörde anhand der Risikobewertung die möglichen Effekte einer bestimmten GV-Sorte jeweils abschätzt, muss genau festgelegt werden.

7. Schritt (durch die PL):

- Auswahl von Indikatoren zur Überwachung oder Beobachtung der ausgewählten Effekte

Aufbauend auf den in Schritt 6 definierten Effekten, die durch das GVP-Monitoring überwacht bzw. beobachtet werden sollen, muss die Projektleitung in diesem Schritt unter Mithilfe von Experten Indikatoren festlegen, die geeignet sind, Informationen zu den ausgewählten Effekten zu liefern. Basierend auf den vorgeschlagenen Effekten der fallspezifischen Überwachung und der allgemeinen überwachenden Beobachtung liefert diese Studie erste Vorschläge für mögliche Indikatoren (siehe Kapitel 7.4. «Indikatoren für ein GVP-Monitoring»).

8. Schritt (durch die PL, die jeweiligen Experten und durch weitere Wissenschaftler):

- Realisierung einer Machbarkeitsstudie für jeden einzelnen Indikator

Sobald konkrete und in einem fachlichen Konsens erarbeitete Indikatoren definiert sind, kann im nächsten Schritt für jeden einzelnen Indikator durch Experten eine Machbarkeitsstudie durchgeführt werden. Die Machbarkeitsstudie muss dabei unbedingt das in Schritt 2 von der zuständigen Behörde festgelegte Kostendach für das GVP-Monitoring beachten. Die Machbarkeitsstudie hat zum Ziel, detailliert abzuklären, wie und durch wen die Erhebung jedes einzelnen Indikators konkret umgesetzt werden kann. Dazu gehören Abklärungen zur Methodik, zur Datenerhebung und zur fachlichen Umsetzung. Zusätzlich sollten in dieser Phase auch ein Datenkonzept und eine detaillierte Organisationsstruktur erstellt werden sowie mögliche Synergien und der Ressourcenbedarf (Kosten und Personal) ermittelt werden. Im Hinblick auf eine Nutzung bestehender Beobachtungsprogramme für eine allgemeine überwachende Beobachtung wäre es sinnvoll, eine eingehende Analyse der existierenden Datenlage durchzuführen, d.h., zusammenzustellen, welche Daten heute bereits von bestehenden Umweltbeobachtungsprogrammen erhoben werden (siehe Kapitel 7.4.5. «Indikatoren für die allgemeine überwachende Beobachtung»). Der Aufwand für diese wichtige Phase von der Definition eines Indikators bis zu seiner effektiven Messung darf nicht unterschätzt werden. Sämtliche Abklärungen müssen wiederum so weit als möglich in einem fachlichen Konsens erarbeitet werden. Dieser Schritt muss zum definitiven und finanzierbaren Indikatorset für das GVP-Monitoring führen.

9. Schritt (durch die jeweiligen Experten):

- Erarbeitung der Stichprobenpläne für jeden einzelnen Indikator

Der nächste Schritt würde die Erarbeitung von konkreten Stichprobenplänen für jeden einzelnen Indikator beinhalten. Dazu gehört die Festlegung der zu erhebenden Parameter, der überwachten Räume, des Zeitrahmens, der Häufigkeit, der Probemenge und der notwendigen Statistik. Die Erarbeitung von konkreten Überwachungsplänen für die fallspezifische Überwachung kann erst angegangen werden, wenn sich der Anbau von GVP in der Schweiz konkretisieren würde. GVP-spezifische Indikatoren könnten neben bestehenden Umweltbeobachtungsprogrammen im Rahmen der Umweltbeobachtung vor GVP-Zulassung zu diesem Zeitpunkt bereits erhoben werden. Wir sind jedoch der Meinung (siehe Kapitel 7.4.5. «Indikatoren für die allgemeine überwachende Beobachtung»), dass, wie bei allen allgemeinen Umweltbeobachtungsprogrammen, keine Kausalität zwischen Ursache und Wirkung festgestellt werden könnte. Es existieren keine Indikatoren, die ausschliesslich den Kontext Gentechnologie abdecken, d.h., allgemeine Auswirkungen eines Anbaus von GVP auf die Umwelt können nicht mit Hilfe von allgemeinen Indikatoren erhoben werden. Umweltindikatoren für die allgemeine überwachende Beobachtung von GVP müssen in einem grösseren Gesamtzusammenhang (wie z.B. den Auswirkungen der gesamten landwirtschaftlichen Tätigkeiten auf die Umwelt) gesehen werden und sich an ein allgemeines System von Umweltindikatoren anbinden.

8. Monitoring der Präsenz nicht bewilligter GVP

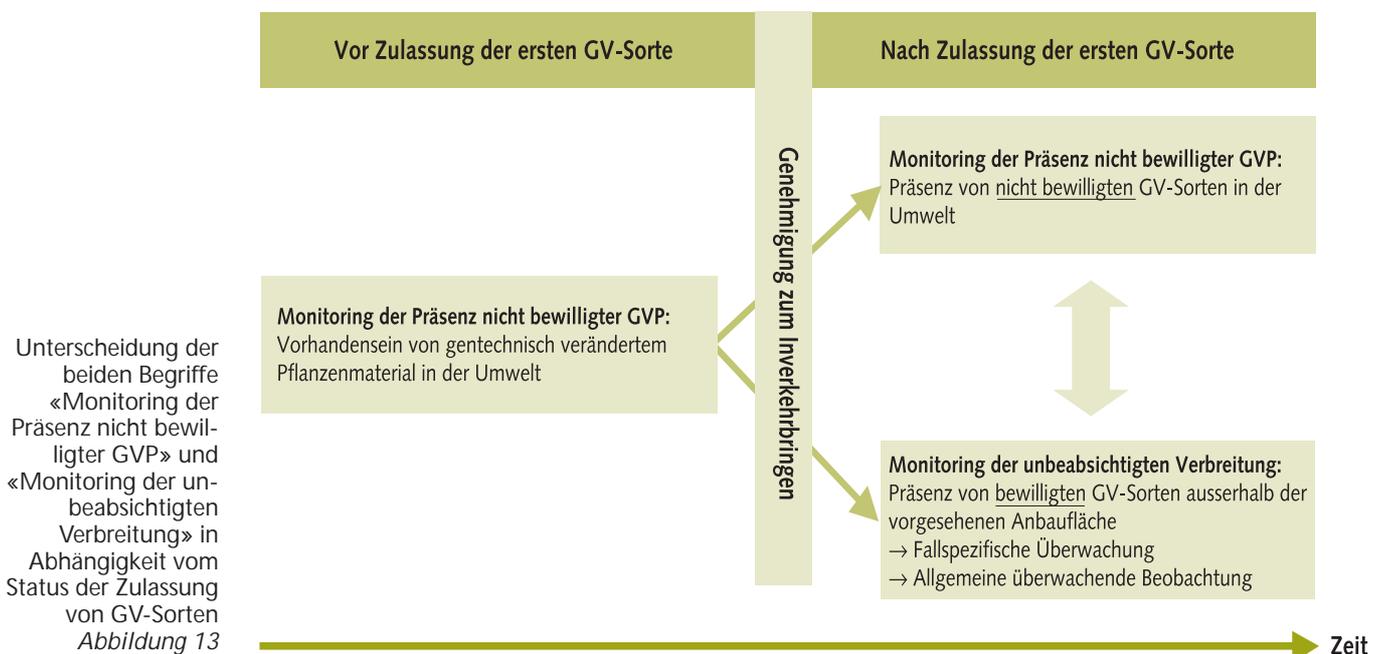
8.1. Begriffsabgrenzung

Für das Verständnis des Monitorings nicht bewilligter GVP ist es wichtig, den Begriff «*Monitoring der Präsenz nicht bewilligter GVP*» klar vom Begriff «*Monitoring der unbeabsichtigten Verbreitung*» zu unterscheiden (Abbildung 13 und Kapitel 2. «Begriffsdefinitionen»). Das Monitoring eines nicht bewilligten GVP in der Umwelt betrifft GVP, deren Anbau von den verantwortlichen Zulassungsbehörden nicht bewilligt wurde. Ursache für ein Vorkommen von nicht bewilligten GVP in der Umwelt könnte beispielsweise eine Vermischung von importiertem konventionellem Saatgut mit GV-Saatgut sein. Vorstellbar sind auch Verluste von im Ausland produziertem GV-Saatgut respektive GV-Lebens- oder -Futtermittel beim Transport durch die Schweiz. Nach der Zulassung der ersten GV-Sorte für den kommerziellen Anbau bezieht sich der Begriff nur noch auf die Präsenz von nicht bewilligten GV-Sorten in der Umwelt.

Die unbeabsichtigte Verbreitung bezeichnet hingegen die unerwünschte Präsenz von zugelassenem gentechnisch verändertem Material ausserhalb der vorgesehenen Anbaufläche und sollte durch die fallspezifische Überwachung oder die allgemeine überwachende Beobachtung festgestellt werden.

Für bestimmte Bereiche existieren in der Schweiz bereits heute Toleranzgrenzen für das Vorhandensein von gentechnisch verändertem Material. So existieren Grenzwerte für Lebensmittel (1%, [LMV SR 817.02]), für Futtermittel (2% für Mischfutter bzw. 3% für Einzelfuttermittel, [Futtermittel-Verordnung SR 916.307]) und für Saatgut (0,5%, [Saatgut-Verordnung SR 916.151]). Toleranzgrenzen für das Vorkommen von gentechnisch verändertem Pflanzenmaterial in der Umwelt sind hingegen nicht definiert. Ohne klar definierte Toleranzgrenzen wird ein Monitoring der Präsenz nicht bewilligter GVP jedoch nicht durchführbar sein.

Fragen zur Koexistenz des konventionellen Anbaus mit dem Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen werden in dieser Studie nicht behandelt, da diese nicht Teil eines GVP-Monitorings sind. Aspekte zur Koexistenz betreffen in erster Linie wirtschaftliche Fragestel-



lungen und haben praktisch keine ökologischen Auswirkungen, die durch ein GVP-Monitoring überwacht werden sollten. Zusätzlich wurde dieser Aspekt für die Schweiz unter dem spezifischen Gesichtspunkt der Sicherung der gentechnikfreien Bioproduktion bereits in einer separaten Studie behandelt (Nowack *et al.* 2002). Zusätzliche Studien untersuchen die Frage der Koexistenz in Europa (Bock *et al.* 2002) und Neuseeland (Christey und Woodfield 2001).

Folgende Aspekte der Koexistenz werden in der vorliegenden Studie somit nicht behandelt:

- Notwendige Sicherheitsabstände, um ein Auskreuzen von einer GVP-Sorte auf eine konventionelle Sorte zu verhindern,
- Fragen zur Vermischung der gewonnenen Samen während der Ernte mit transgenen Samen, die aus Durchwuchs stammen,
- Fragen zur Vermischung während der Saat oder der Ernte durch mit GVP verunreinigte Maschinen,
- Fragen zur Vermischung bei Verarbeitung, Transport, Verpackung und Lagerung des Saatguts.

8.2. Konzeptioneller Ansatz für ein Monitoring der Präsenz nicht bewilligter GVP

Bei der Konzeption des Monitorings der Präsenz nicht bewilligter GVP soll analog Kapitel 6. «Struktur zur Entwicklung eines Monitoringprogramms» vorgegangen werden (Tabelle 15). Diese Studie kann nur einen Rahmen vorschlagen, der bei der Entwicklung des Monitorings befolgt werden könnte. Ein weiter gehendes Konzept eines Monitorings der Präsenz nicht bewilligter GVP muss, analog dem GVP-Monitoring beim absichtlichen Inverkehrbringen, durch ein separates Projekt ausgearbeitet werden. In einem ersten Schritt wird in dieser Studie eine Risikobewertung möglicher Eintragungspfade durchgeführt und eine Empfehlung abgegeben, bei welchen Eintragungspfaden ein Monitoring der Präsenz nicht bewilligter GVP nach Ansicht der Autoren Sinn machen würde.

Die allgemeinen Ziele des Monitorings der Präsenz nicht bewilligter GVP sind:

- das Feststellen von nicht bewilligten gentechnisch veränderten Pflanzen oder vermehrungsfähigen Pflanzenteilen in der Schweiz,
- das Feststellen von nicht bewilligten gentechnisch veränderten Sequenzen in Saatgut (sowohl in inländischem wie auch importiertem)

Das Monitoring der Präsenz nicht bewilligter GVP verfolgt ein ähnliches Ziel wie die allgemeine überwachende Beobachtung und muss entsprechend auf der Basis der Schutzgüter konzipiert werden (siehe Kapitel 5.3. «Unterschied «Fallspezifische Überwachung» und «Allgemeine überwachende Beobachtung»»). Das primäre Schutzgut ist die Biodiversität. Es muss definiert werden, ob für nicht bewilligte GVP eine Nulltoleranz gelten soll oder ob ein gewisser Prozentsatz nicht bewilligter GVP in der Umwelt toleriert wird. Falls ein gewisser Prozentsatz toleriert würde, ist zu definieren, wo und in welchem Ausmass dieser toleriert würde. Dies bedeutet, dass einerseits definiert werden muss, in welchen Habitaten ein Auftreten von GVP nicht akzeptiert würde. Dabei sollte geklärt werden, ob es sich nur um geschützte Lebensräume handeln soll oder ob beispielsweise auch das Vorkommen entlang von Bahndämmen oder in Ruderalflächen in der Nähe von Umschlagplätzen nicht akzeptiert würde. Andererseits muss auch definiert werden, in welchem Ausmass GVP in bestimmten Habitaten noch toleriert und nicht als Schaden betrachtet werden. Die Schadens- und Toleranzdefinitionen bilden eine wichtige Voraussetzung für die Interpretation und Beurteilung der Resultate, die man durch das Monitoring der Präsenz nicht bewilligter GVP erhalten wird. Ohne Toleranzgrenzen können keine sinnvollen Beurteilungen vorgenommen werden und angepasste Massnahmen beschlossen werden.

Methodisches Vorgehen bei der Entwicklung des Monitorings der Präsenz nicht bewilligter GVP

	Prozess
1	Definition der Monitoringziele
2	Definition von Schutzgütern (z.B. Habitate, in denen möglichst keine GV-Pflanzen auftreten sollen)
3	Definition möglicher Schäden und Toleranzgrenzen
4	Priorisierung der Eintragspfade, die überwacht werden sollen
5	Definition von Indikatoren für jeden Eintragspfad
6	Erarbeitung von Stichprobenplänen für jeden einzelnen Indikator
7	Datenerhebung und Datenverarbeitung
8	Entscheid Handlungsbedarf und Massnahmen

Tabelle 15

8.3. Auflistung der Eintragspfade

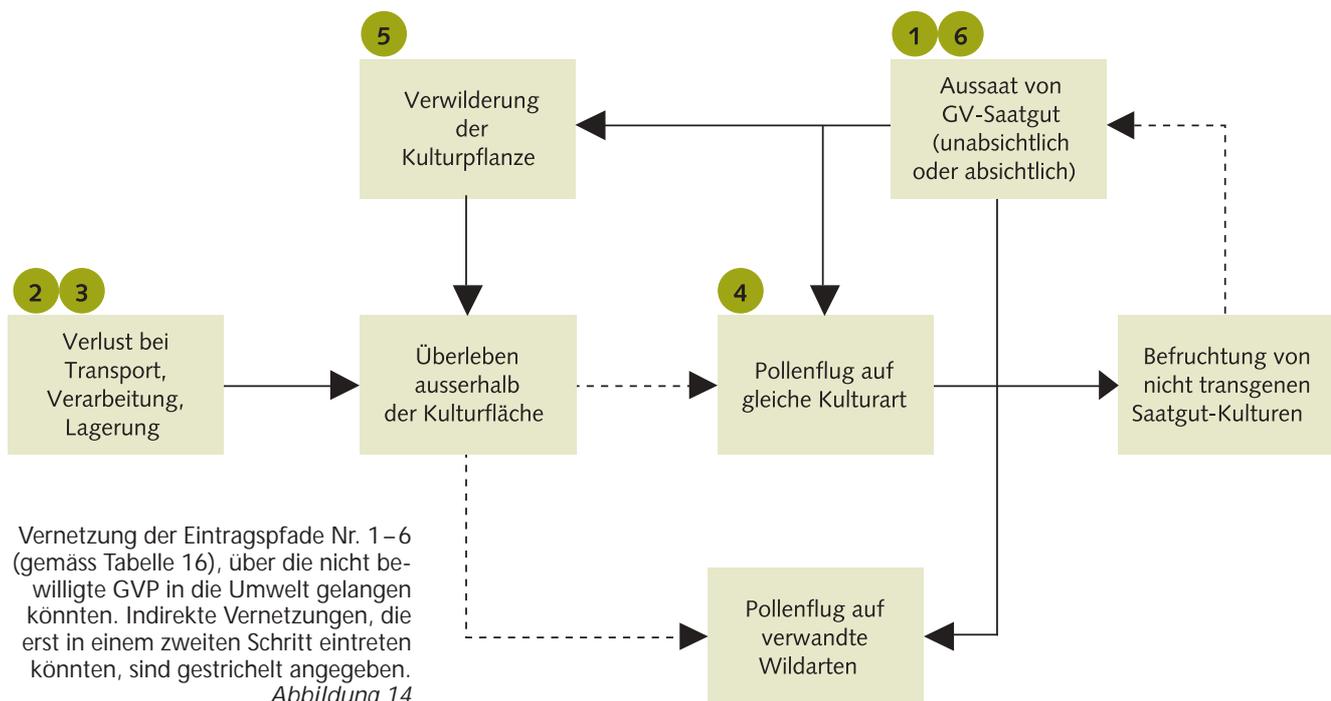
¹ das Auskreuzen von transgenen Sequenzen via Pollen auf die gleiche Kulturart stellt nur bei Kulturen zur Saatgutvermehrung ein ökologisches Risiko dar, da dies zur unbeabsichtigten Aussaat von GVP führen kann. Das Auskreuzen von einer GVP-Sorte auf eine konventionelle Sorte stellt nach Ansicht der Autoren einen wirtschaftlichen Schaden dar.

In diesem Abschnitt sollen Eintragspfade aufgelistet werden, über die nicht bewilligte GVP in die Umwelt gelangen könnten (Tabelle 16), wobei die Vernetzung der jeweiligen Eintragspfade zum besseren Verständnis zusätzlich grafisch dargestellt werden (Abbildung 13).

Eintragspfade, über die nicht bewilligte GVP in die Umwelt gelangen könnten

	Eintragspfad
1	Import von mit GV-Saatgut vermishtem konventionellem Saatgut
2	Verluste von ausländischem (vermehrungsfähigem) GV-Pflanzenmaterial beim Transport durch die Schweiz
3	Verluste von ausländischem GV-Pflanzenmaterial bei der Verwendung (Verarbeitung, Lagerung, Fütterung) in der Schweiz
4	Befruchtung von konventionellen Kulturen zur Saatgutvermehrung im Grenzgebiet durch transgenen Pollenflug über die Grenze ¹
5	Verwilderung von im Ausland angebauten gentechnisch veränderten Pflanzen über die Grenze
6	Illegale Aussaat gentechnisch veränderter Sorten

Tabelle 16



8.4. Charakteristiken der Verbreitung

Je nach Eigenschaften der jeweiligen Kulturpflanze kann die Eintretenswahrscheinlichkeit gewisser Eintragungspfade beträchtlich variieren. Das Risiko, dass nicht bewilligtes GV-Pflanzenmaterial in die Umwelt gelangt, ist je nach Kulturpflanze unterschiedlich gross. Die Europäische Umweltagentur EEA (Eastham und Sweet 2002) hat die Bedeutung der Auskreuzung via Pollenflug wichtiger europäischer Kulturpflanzen analysiert. Eine ähnliche Studie befasst sich für Raps, Zuckerrübe, Mais, Kartoffel und Weizen zusätzlich noch mit deren Verwildерungspotenzial, d.h. der Fähigkeit der Samen zu überdauern sowie der Fähigkeit der Pflanze, sich ausserhalb der Anbaufläche auszubreiten und sich dauerhaft anzusiedeln (Treu und Emberlin 2000). Die Ergebnisse dieser Studien können auch auf die Schweiz übertragen werden, wobei sie z. T. noch präzisiert werden können (Tabelle 17). Zusätzlich analysieren auch eine Reihe von Publikationen die spezifische Situation in der Schweiz (Ammann *et al.* 1996, Hütter *et al.* 2000, Jacot und Ammann 1999, Jacot und Jacot 1994).

Gemäss der EEA besteht für Raps ein hohes Risiko sowohl für einen Genfluss auf andere Rapskulturen wie auch auf verwandte Wildarten. In der Praxis kann es zu einem geringen Prozentsatz auch zu Auskreuzungen über grössere Distanzen kommen, weshalb eine Übertragung von gentechnisch veränderten Sequenzen nicht vollständig verhindert werden kann. Das Überdauerungspotenzial von Raps ist ebenfalls sehr gross. Rapssamen sind sehr klein und werden in sehr grossen Mengen produziert, weshalb sie sich während der Ernte oder beim Transport relativ leicht verbreiten (CFIA 1994b, OECD 1997a, Treu und Emberlin 2000). Die Persistenz von Rapssamen im Boden ist gross, weshalb es bei Raps zu einer relativ grossen räumlichen wie zeitlichen Verbreitung kommen kann. Hundert Populationen verwilderter Rapspflanzen wurden in Schottland innerhalb einer Fläche von 70 km² gefunden, wobei diese durchschnittlich einen Abstand von 700 m zur nächsten Anbaufläche hatten (Timmons *et al.* 1995). In Bezug auf die zeitliche Verbreitung wurde mit Hilfe von sortenspezifischen Markern nachgewiesen, dass Rapspflanzen an Strassenrändern auch noch acht Jahre nach ihrer Aussaat auskeimen und persistieren konnten (Pessel *et al.* 2001).

Bei Zuckerrüben wird das Auskreuzungsrisiko in Europa als mittel bis hoch eingeschätzt. Dies liegt daran, dass Zuckerrüben bi-annual sind, d.h. sie blühen in der Regel nicht im Zeitraum von der Aussaat bis zu ihrer Ernte, sondern würden erst im zweiten Jahr ihres Anbaus blühen. Trotzdem können auf einer grösseren Anbaufläche einige Pflanzen bereits im ersten Jahr blü-

Tabelle 17

Charakteristiken einiger wichtiger europäischer Kulturpflanzen: Verwildерungspotenzial (nach Treu und Emberlin 2000) sowie Auskreuzungsfrequenzen (nach Eastham und Sweet 2002). Anpassungen der Autoren an die Situation in der Schweiz sind kursiv wiedergegeben (nach Ammann <i>et al.</i> 1996, Hütter <i>et al.</i> 2000, Jacot und Ammann 1999, Jacot und Jacot 1994).			
Kulturpflanze	Verwildерungspotenzial Überdauerung und Persistenz	Frequenz für Auskreuzen via Pollenflug	
		Auskreuzen auf Kulturart	Auskreuzen auf Wildarten
Raps	hoch	hoch (<i>keine Saatgutproduktion in der CH</i>)	hoch (<i>niedrig und lokal</i>)
Zuckerrübe	gering	mittel bis hoch (<i>keine Saatgutproduktion in der CH</i>)	mittel bis hoch (<i>null, da keine Wildarten in der CH</i>)
Mais	unwahrscheinlich	mittel bis hoch	keine Wildarten in Europa
Kartoffel	gering	gering (<i>keine Saatgutproduktion in der CH</i>)	gering (<i>null, da keine lebensfähigen Nachkommen</i>)
Weizen	gering	gering	gering (<i>minimal, da keine spontane Hybridisierung bekannt</i>)
Gerste	k.a. ¹	gering	gering (<i>null</i>)

¹ k.a. = keine Angaben

hen (Treu und Emberlin 2000). Diese Tatsache ist für die Schweiz jedoch vernachlässigbar, da in der Schweiz kein Zuckerrüben-Saatgut produziert wird. Für die Schweiz besteht demnach bei Zuckerrüben kein Risiko, da zudem auch keine verwandten Wildarten der Zuckerrübe in der Schweiz vorkommen (Jacot und Ammann 1999). Hingegen können Samen der Zuckerrübe bis zu zehn Jahre im Boden überdauern (Nowack *et al.* 2002). Da die Samen jedoch nur sehr wenig Nährgewebe besitzen, sind diese während der frühen Wachstumsphase sehr empfindlich gegenüber Konkurrenzdruck durch andere Pflanzen und gegenüber Befall durch Krankheiten (OECD 2001a) und besitzen deswegen nur ein beschränktes Verwilderungspotenzial.

Bei Mais besteht ein mittleres bis hohes Risiko für eine Auskreuzung auf andere Maiskulturen. Gemäss Eastham und Sweet (2002) gibt es Hinweise, dass eine Übertragung von gentechnisch veränderten Sequenzen über die empfohlene Isolationsdistanz von 200 m stattfinden könnte. Die Verwilderung von Mais ist hingegen unwahrscheinlich, da die Maiskörner ihre Keimfähigkeit schon nach kurzer Zeit verlieren und die Körner nicht als Saatgut verwendet werden (Hütter *et al.* 2000, Jacot und Jacot 1994). Da sich moderne Maishybriden ausserhalb der Anbaufläche langfristig nicht vermehren können, sind sie auch nicht fähig, sich in natürlichen Habitaten auszubreiten (CFIA 1994a).

Die Kartoffel kann als Kulturpflanze mit einem geringen Risiko bezeichnet werden, da Kartoffeln praktisch weltweit vegetativ vermehrt und keine Samen als Saatgut verwendet werden (Hütter *et al.* 2000). Auskreuzungen auf verwandte Wildarten führen unter natürlichen Bedingungen zu keinen lebensfähigen Nachkommen (Jacot und Jacot 1994). Bei der Kartoffel ist Durchwuchs in der Anbaufläche möglich, da eine geringe Anzahl Knollen, trotz relativer Frostempfindlichkeit, den Winter überdauern und im Frühling auskeimen können. Eine vegetative Verbreitung durch Transport und Lagerung ist ebenfalls möglich, doch werden sich diese Pflanzen aufgrund ungünstiger Umweltbedingungen in der Regel nicht dauerhaft ansiedeln und ausbreiten können. Ausserhalb der Anbaufläche können sich Kartoffelpflanzen praktisch nicht ausbreiten, da die Keimlinge Schwierigkeiten haben, sich gegenüber anderen Wildpflanzen durchzusetzen (CFIA 1996, OECD 1997b).

Weizen und Gerste haben ein geringes Auskreuzungsrisiko auf Kultur- wie auf Wildarten. Da Weizen und Gerste sich in der Regel selbst befruchten, wird nur eine geringe Menge Pollen produziert. Bei Weizen werden unter Feldbedingungen nur maximal 2% der Pflanzen von unmittelbar angrenzenden Pflanzen fremdbefruchtet (Eastham und Sweet 2002). Unter gewissen Umweltbedingungen kann die Auskreuzungsrate jedoch bis zu 9,7% betragen (OECD 1999a). Hybride zwischen Weizen und verwandten Wildarten beschränken sich in der Regel auf die erste Generation und besitzen aufgrund ihrer Sterilität nur ein geringes Potenzial zur Introgression. In Europa gibt es bis jetzt noch keine Angaben über natürlich vorkommende Hybriden von Gerste und verwandten Wildarten (Eastham und Sweet 2002). Die moderne Züchtung hat viele Eigenschaften weggezüchtet, die ein Überleben in natürlichen Habitaten fördern würden (z.B. lösen sich die Körner bei heutigen Sorten nicht von selbst von der Ähre). Trotz diesen neuen Eigenschaften ist bei Weizen und Gerste ein Überdauern der Samen im Boden mit anschliessendem Wachstum im nächsten Frühjahr möglich. Dies ist meist auf Verluste bei der Ernte (Durchwuchs) oder beim Transport zurückzuführen (CFIA 1999a). Weizenpflanzen können in Habitaten mit einem geringen Konkurrenzdruck (z.B. Ruderalflächen oder Strassenränder) auftreten. Für eine Ausbreitung und dauerhafte Ansiedlung von Weizen ausserhalb der Kulturfläche gibt es jedoch keine Hinweise, da das Überleben in solchen Habitaten auf einen kurzen Zeitraum beschränkt ist (OECD 1999a).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass nur Raps ein hohes Potenzial für Verwilderung wie auch für Auskreuzung (Kultur- und Wildarten) besitzt. Das Risiko der Befruchtung von konventionellen Kulturen zur Saatgutvermehrung (Eintragspfad 4) fällt jedoch weg, da in der

Schweiz kein Raps-Saatgut vermehrt wird. Bei Mais existiert ein mittleres bis hohes Potenzial für Auskreuzung auf konventionelle Mais-Saatgutkulturen. Bei den übrigen Kulturen (Kartoffel, Weizen und Gerste) ist das Potenzial entweder gering oder reduziert sich, wie bei der Zuckerrübe, zusätzlich aufgrund fehlender Saatgutvermehrung oder fehlender verwandter Wildarten in der Schweiz.

8.5. Risikobewertung möglicher Eintragspfade

Um zu bestimmen, welche Eintragspfade prioritär überwacht werden sollen, wird ein System vorgeschlagen, wie das potenzielle Risiko für jeden Eintragspfad abgeschätzt werden könnte (Tabelle 18). Das Risiko, dass nicht bewilligte GVP in die Umwelt gelangen könnten, wird dabei durch Abschätzung der Eintretenswahrscheinlichkeit sowie des möglichen Schadensausmasses beurteilt. Das Schadensausmass wird hierbei in fünf Kategorien unterteilt, wobei die Definition der einzelnen Kategorien nur über einen breit abgestützten Konsens aller beteiligter Gruppen erreicht werden kann. Zusätzlich werden für die zu überwachenden Eintragspfade mögliche Überwachungsräume, Indikatoren für die Überwachung sowie Kontrollmethoden zur Feststellung nicht bewilligter GVP vorgeschlagen.

Die Risikobewertung der Eintragspfade wird beispielhaft für jene sechs Kulturarten durchgeführt, die in Kapitel 8.4 «Charakteristiken der Verbreitung» erwähnt wurden. Zudem wird auch Soja berücksichtigt, da es ein wichtiger Bestandteil von Lebens- und Futtermitteln ist und ein beträchtlicher Teil des weltweit angebauten Sojas gentechnisch verändert ist.

Die Risikobewertung nach Hickson *et al.* (2000) erhält eine zusätzliche Sicherheit, da dem Schadensausmass ein grösseres Gewicht als der Eintretenswahrscheinlichkeit beigemessen wird.

Tabelle 18

Vorschlag zur Risikobewertung der Eintragspfade nicht bewilligter GVP (nach Hickson et al. 2000)					
Eintretenswahrscheinlichkeit	Schadensausmass				
	minimal	gering	mässig	erheblich	massiv
sehr unwahrscheinlich	unwesentlich				
unwahrscheinlich		gering			
möglich			mittel		
wahrscheinlich				gross	
sehr wahrscheinlich	mittel				

Eintragspfad 1:**Import von vermischtem konventionellem und gentechnisch verändertem Saatgut**

Aktualität/Priorität	aktuell, da Saatgutimport stattfindet
Fragestellung/Parameter	Vorhandensein des Transgens in Saatgut-Stichproben (Grenzwert CH 0,5%)
Eintretenswahrscheinlichkeit	möglich für Kulturen, bei denen Saatgut importiert wird und transgene Sorten auf dem Markt erhältlich sind (Raps, Mais, Zuckerrüben, Soja)
Schadensausmass	minimal (Mais, Zuckerrüben und Soja) mässig (Raps)
Risiko	gering (Mais, Zuckerrüben und Soja) mittel (Raps)
Schutzgut	Biodiversität (Artenvielfalt und Vielfalt der Lebensräume)
Überwachungsraum	ganze Schweiz
Überwachte Objekte	Chargen importierten Saatguts bei Verdacht oder auf Routinebasis
Methode	Nachweis transgener Sequenzen in Samen

Gegenwärtige Praxis:

Importiertes Saatgut wird heute je nach Kulturart und Herkunftsland auf Verdachtsbasis auf GVP-Anteile analysiert. Die Importeure von Saatgut von Tomaten, Zuckerrüben, Chicorée, Soja, Mais und Raps benötigen eine Generaleinfuhrbewilligung des BLW. Sie sind verpflichtet, alle eingeführten Saatgutposten der oben genannten Arten beim BLW zu melden. Das Amt entscheidet dann aufgrund dieser Meldungen, von welchen Saatgutposten Proben genommen und auf gentechnische Verunreinigungen analysiert werden. Während der Anbausaison 2000/2001 wurden total 31 Proben auf gentechnisch veränderte Organismen untersucht (BLW 2002a).

Offene Fragen:

- Welche Methoden werden verwendet, um transgene Sequenzen in Samen nachzuweisen?
- Wie spezifisch ist die verwendete Nachweismethode?
- Welche Events können bisher nachgewiesen werden?

Empfehlung:

System zur Kontrolle ist implementiert, weshalb keine weiteren Aktivitäten nötig sind.

Eintragspfad 2:**Verluste von ausländischem, gentechnisch verändertem vermehrungsfähigem Pflanzenmaterial beim Transport durch die Schweiz**

Aktualität/Priorität	möglicherweise aktuell, falls GV-Material durch Schweiz transportiert wird
Fragestellung/Parameter	Vorhandensein von transgenen Kulturpflanzen in unüblichen Habitaten (wo sie aufgrund der landwirtschaftlichen Praxis nicht vorkommen sollten)
Eintretenswahrscheinlichkeit	möglich, falls Transport stattfindet (Abklärung nötig)
Schadensausmass	minimal (Mais, Zuckerrüben und Soja) mässig (Raps)
Risiko	gering (Mais, Zuckerrüben und Soja) mittel (Raps)
Schutzgut	Biodiversität (Artenvielfalt und Vielfalt der Lebensräume)
Überwachungsraum	Transportwege für transgenes Material durch die Schweiz (z.B. Bahnlinien, Autobahnen)
Überwachte Objekte	unübliche Habitats für verwilderte (transgene) Kulturpflanzen (z.B. Ruderalflächen, Bahndämme, Strassenränder)
Methode	visuelles Screening nach verwilderten Kulturpflanzen entlang von Transportwegen und Nachweis transgener Sequenzen im Pflanzenmaterial

Offene Fragen:

- Wird gentechnisch verändertes Pflanzenmaterial in keimungsfähigem Zustand durch die Schweiz transportiert und evtl. umgeladen? Wenn ja, wo, in welchen Mengen?

Empfehlung:

Abklärung, ob gentechnisch veränderter Raps durch die Schweiz transportiert wird. Falls ja, Überlegungen nötig, ob und wie ein Monitoring von Transportwegen organisiert werden sollte.

Eintragspfad 3:**Verluste von ausländischem, gentechnisch verändertem Pflanzenmaterial bei der Verwendung (Verarbeitung, Lagerung, Fütterung)**

Aktualität/Priorität	möglicherweise aktuell, falls GV-Material in der Schweiz verwendet wird
Fragestellung/Parameter	Vorhandensein von transgenen Kulturpflanzen in unüblichen Habitaten (wo sie aufgrund der landwirtschaftlichen Praxis nicht vorkommen sollten)
Eintretenswahrscheinlichkeit	möglich, falls Verwendung stattfindet (Abklärung nötig)
Schadensausmass	minimal (Mais, Zuckerrüben und Soja) mässig (Raps)
Risiko	gering (Mais, Zuckerrüben und Soja) mittel (Raps)
Schutzgut	Biodiversität (Artenvielfalt und Vielfalt der Lebensräume)
Überwachungsraum	Umschlagplätze für transgenes Material (z.B. Häfen, Bahnhöfe) und wichtige Verarbeitungsstandorte
Überwachte Objekte	unübliche Habitats für verwilderte (transgene) Kulturpflanzen (z.B. Ruderalflächen) in der Nähe von Umschlagplätzen und Verarbeitungsstandorten
Methode	visuelles Screening und Nachweis transgener Sequenzen im Pflanzenmaterial

Offene Fragen:

- Wird gentechnisch verändertes Pflanzenmaterial in keimungsfähigem Zustand in der Schweiz weiterverarbeitet? Wenn ja, wo, in welchen Mengen?
- Werden gentechnisch veränderte Futtermittel in keimungsfähigem Zustand in der Schweiz verwendet? Wenn ja, welche Kulturen?

Empfehlung:

Abklärung, ob gentechnisch veränderter Raps in der Schweiz verarbeitet oder als Futtermittel verwendet wird. Falls ja, Überlegungen nötig, ob und wie ein Monitoring von Umschlagplätzen organisiert werden sollte.

Eintragspfad 4:**Befruchtung von nicht transgenen Kulturen zur Saatgutvermehrung im Grenzgebiet durch transgenen Pollenflug über die Grenze**

Aktualität/Priorität	möglich, sobald Anbau in grenznahen Gebieten stattfindet
Fragestellung/Parameter	Vorhandensein von transgenen Sequenzen in Saatgut-Stichproben von konventionellen Kulturen
Eintretenswahrscheinlichkeit	unwahrscheinlich (Mais) sehr unwahrscheinlich (restliche Kulturen)
Schadensausmass	gering (Mais) minimal (restliche Kulturen)
Risiko	gering (Mais) unwesentlich (restliche Kulturen)
Schutzgut	Biodiversität (Artenvielfalt und Vielfalt der Lebensräume)
Überwachungsraum	entlang der Schweizer Grenze, wo ausländische Anbauregionen vorkommen
Überwachte Objekte	im Ausland zugelassene transgene Kulturpflanzen, bei denen eine Saatgutvermehrung in der Schweiz stattfindet
Methode	Nachweis transgener Sequenzen im Saatgut

Gegenwärtige Situation:

Mais ist die einzige Kultur, bei der ein Teil (ca. 25%) des Saatguts in der Schweiz vermehrt wird und die aufgrund ihrer biologischen Eigenschaften betroffen sein könnte (in der Schweiz wird kein Raps-Saatgut vermehrt). Mais-Saatgut wird in der Schweiz jedoch lokal sehr begrenzt vermehrt (im Tessin [Magadinoebene, südlich von Biasca und nördlich von Lugano], in der Region zwischen Nyon und Morges sowie im St. Galler Rheintal in der Region Sargans/Buchs).

Offene Fragen:

- Wo werden im grenznahen Ausland GVP-Kulturen angebaut? Welche GVP-Kulturen werden angebaut?
- In welchen Regionen grenzen schweizerische Anbaugelände zur Saatgutvermehrung an ausländische Anbaugelände?

Empfehlung:

Saatgut von Mais wird z.T. in grenznahen Regionen vermehrt, jedoch existieren geographische Barrieren, die Pollenflug erschweren (Genfersee, Gebirge). Auch wenn im benachbarten Ausland GV-Mais angebaut würde, wäre eine Befruchtung mit transgenem Pollen unwahrscheinlich. Monitoringaktivitäten für diesen Eintragspfad lohnen sich deshalb nicht.

Eintragungspfad 5:**Verwilderung von im Ausland angebaute gentechnisch veränderte Pflanzen über die Grenze**

Aktualität/Priorität	möglich, sobald Anbau in grenznahen Gebieten stattfindet
Fragestellung/Parameter	Vorhandensein von transgenen Kulturpflanzen in unüblichen Habitaten (wo sie aufgrund der landwirtschaftlichen Praxis nicht vorkommen sollten)
Eintretenswahrscheinlichkeit	unwahrscheinlich (Raps) sehr unwahrscheinlich (restliche Kulturen)
Schadensausmass	gering (Raps) minimal (restliche Kulturen)
Risiko	gering (Raps) unwesentlich (restliche Kulturen)
Schutzgut	Biodiversität (Artenvielfalt und Vielfalt der Lebensräume)
Überwachungsraum	grenznahe Regionen, die an ausländische Anbauregionen grenzen
Überwachte Objekte	unübliche Habitats für verwilderte (transgene) Kulturpflanzen (z.B. Ruderalflächen)
Methode	visuelles Screening und Nachweis transgener Sequenzen im Pflanzenmaterial

Offene Fragen:

- Wo werden im grenznahen Ausland GVP-Kulturen angebaut? Welche GVP-Kulturen werden angebaut?
- Existieren an ausländische GVP-Anbauregionen angrenzende Habitats in der Schweiz, in die eine Verwilderung stattfinden könnte?

Empfehlung:

Falls in grenznahen Regionen transgener Raps angebaut wird, besteht ein geringes Risiko, dass dieser in die Schweiz verwildern könnte (falls dort Habitats vorkommen, wo Kulturpflanzen verwildern könnten). Da eine Verwilderung von im Ausland angebaute GVP über die Grenze jedoch unwahrscheinlich erscheint, lohnen sich Monitoringaktivitäten für diesen Eintragungspfad nicht.

Eintragungspfad 6:**Illegale Aussaat gentechnisch veränderter Sorten**

Aktualität/Priorität	möglich, falls im Ausland gentechnisch verändertes Saatgut gekauft werden kann
Fragestellung/Parameter	Vorhandensein von transgenen Sequenzen in Erntegut-Stichproben von konventionellen Kulturen
Eintretenswahrscheinlichkeit	unwahrscheinlich
Schadensausmass	gering
Risiko	gering
Schutzgut	Biodiversität (Artenvielfalt und Vielfalt der Lebensräume)
Überwachungsraum	grenznahe Anbauregionen
Überwachte Objekte	Kulturen von im angrenzenden Ausland zugelassenen transgenen Kulturpflanzen
Methode	Nachweis transgener Sequenzen im Erntegut

Offene Fragen:

- Von welchen Kulturen ist im angrenzenden Ausland gentechnisch verändertes Saatgut erhältlich?
- Brächte die Aussaat von transgenen Sorten dem Bauern oder dem Produzenten einen Vorteil? Falls ja, bei welchen Kulturen und Sorten?
- Soll der private Anbau (z.B. in Gärten) auch überwacht werden?

Empfehlung:

Da eine Kontrolle des Ernteguts aufgrund der grossen Mengen relativ schnell sehr aufwändig werden kann und die illegale Aussaat gentechnisch veränderter Sorten eher unwahrscheinlich ist, lohnen sich Aktivitäten für diesen Eintragungspfad nicht.

8.6. Vorschlag für das weitere Vorgehen beim Monitoring der Präsenz nicht bewilligter GVP

Im Unterschied zur Risikoforschung zu möglichen Effekten von GVP gibt es in der Schweiz keine Forschung und keine Daten zur Präsenz von nicht bewilligten GVP in der Umwelt. Um erste Erfahrungen zu sammeln und über das weitere Vorgehen entscheiden zu können, wäre eine experimentelle Pilotphase ein erster Schritt auf dem Weg zur Entwicklung eines entsprechenden Monitoringprogramms. In der Pilotphase könnten mit einem experimentellen Ansatz mögliche Probenräume und Methoden untersucht werden, die geeignet wären, erste Aussagen zu liefern, ob heute bereits nicht bewilligte GVP in der Schweiz vorhanden sind. Basierend auf diesen ersten Daten könnte anschliessend über das weitere Vorgehen entschieden werden.

Für die effektive Umsetzung des Monitoringprogramms könnte der in Tabelle 15 erläuterte Ablauf gewählt werden. In einem ersten Schritt sollte die POL die allgemeinen Ziele des Monitorings der Präsenz nicht bewilligter GVP definieren. Im Hinblick auf die Nutzung des Monitorings als Vollzugsinstrument sollte definiert werden, ob für nicht bewilligte GVP eine Nulltoleranz gelten soll oder ob ein gewisser Prozentsatz nicht bewilligter GVP in der Umwelt toleriert wird. Falls ein gewisser Prozentsatz toleriert würde, wären in einer spezifischen Zielformulierung Schutzgüter zu definieren, in denen möglichst keine GVP auftreten sollten. Zudem müsste die POL zusammen mit der Wertungskommission mögliche Schäden und Toleranzgrenzen festlegen, beispielsweise in welchem Ausmass das Vorkommen von GVP in bestimmten Habitaten noch toleriert würde.

Anschliessend müsste eine Priorisierung der zu überwachenden Eintragungspfade durchgeführt werden. Die vorliegende Studie hat mögliche Eintragungspfade evaluiert (siehe Tabelle 16) und die Autoren kommen zum Schluss, dass zurzeit einzig GV-Raps durch Verluste beim Transport oder bei der Verarbeitung unbeabsichtigt in der Umwelt auftreten und sich eventuell ausbreiten könnte. Es empfiehlt sich abzuklären, ob GV-Raps durch die Schweiz transportiert oder in der Schweiz verarbeitet bzw. als Futtermittel verwendet wird. Sollte dies der Fall sein, so sind für diese beiden Eintragungspfade Überlegungen nötig, ob und wie ein Monitoring organisiert werden sollte. Für die Überwachung von importiertem Saatgut ist bereits ein Überwachungssystem implementiert, weshalb für diesen Eintragungspfad kein weiterer Handlungsbedarf besteht.

Bei folgenden drei Eintragungspfaden kann nach Ansicht der Autoren das Risiko, dass nicht bewilligte GVP in die Umwelt gelangen, als unwesentlich bezeichnet werden, weshalb sich eine Überwachung nicht lohnt:

- *GV-Fremdbefruchtung der Saatgutvermehrung im schweizerischen Grenzgebiet (transgener Pollenflug über die Grenze)*
- *Verwilderung von im Ausland angebauten GVP über die Grenze*
- *Illegale Aussaat von GV-Sorten*

Auf der Basis dieser Empfehlungen kann die POL beurteilen und entscheiden, welche Eintragungspfade überwacht werden sollen. Mit Hilfe von Experten könnten anschliessend Indikatoren festgelegt werden, die für die ausgewählten Eintragungspfade die Präsenz von nicht bewilligten GVP anzeigen könnten. Danach müsste für jeden Indikator eine Machbarkeitsstudie durch Experten erstellt werden, welche detaillierte Abklärungen zu den involvierten Institutionen, zur Methodik, zur Datenerhebung und zur fachlichen Umsetzung des jeweiligen Indikators beinhaltet (siehe auch Tabelle 9).

Dank

Ganz besonders danken möchten die Autoren allen Gesprächspartnern, die uns einen Einblick in den Stand der Entwicklung zum Thema GVP-Monitoring in Deutschland gegeben haben und das Thema mit uns diskutiert haben sowie z.T. Teile des Manuskripts korrigiert haben: Detlef Bartsch, Simone Jung, Ulrich Ehlers und Joachim Bendiek vom Robert Koch Institut in Berlin, Joachim Schiemann, Ralf Wilhelm und Lutz Beissner von der Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) in Braunschweig sowie Ingrid Nöh, Wiebke Züghart, Anne Miehe und Mathias Otto vom Umweltbundesamt (UBA) in Berlin.

Innerhalb der Agroscope FAL Reckenholz danken wir Suzanne Dreier, Gabriela Hofer, Hansruedi Oberholzer, Peter Weisskopf und Philippe Jeanneret für interessante Anregungen und die kritische Durchsicht von Teilen des Manuskripts.

Unser Dank geht auch an Andrea Raps und Hans Hosbach, die diese Studie ermöglicht und mit wertvollen Kommentaren begleitet haben.

Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
BDM	Biodiversitätsmonitoring Schweiz
BFS	Bundesamt für Statistik
BLW	Bundesamt für Landwirtschaft
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
DPSIR	Driving Force-Pressure-State-Impact-Response- (Einfluss – Belastungen – Zustand – Auswirkungen – Reaktion)-Modell
DSR	Driving force-state-response-(Einfluss – Zustand – Reaktion)-Modell
GV	Gentechnisch verändert
GVP	Gentechnisch veränderte Pflanzen
GVO	Gentechnisch veränderte Organismen
ISO	International Organisation for Standardisation
NGO	Non-governmental organisation (Nichtregierungsorganisation)
ÖAF	Ökologische Ausgleichsfläche
OECD	Organisation for Economic Co-Operation and Development
ÖLN	Ökologischer Leistungsnachweis
PSM	Pflanzenschutzmittel
WTO	World Trade Organisation

Tabellen

Tabelle	Titel	Seite
1	Vorgaben der europäischen Richtlinie 2001/18/EG für ein GVP-Monitoring sowie Beurteilung der Möglichkeiten eines solchen Programms durch die Autoren	32
2	Schritte und Prozesse für die Entwicklung eines GVP-Monitoringprogramms	36
3	Einteilung der Schutzziele des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) und der Bund/Länder-Arbeitsgruppe «Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen» (BLAG) anhand des DSR-(Driving Force-State-Response)-Modells der OECD	41
4	Vorschlag für Schutzziele eines GVP-Monitorings in der Schweiz	42
5	Kriterien, die bei der Formulierung von spezifischen und messbaren Zielen berücksichtigt werden müssen	50
6	Vorschlag für die fallspezifische Überwachung zur Präsenz und Verbreitung des Transgens und der transgenen Produkte	51
7	Vorschlag, welche direkten und indirekten Effekte bei der fallspezifischen Überwachung basierend auf der Risikobewertung in Betracht gezogen werden sollten	51
8	Vorschlag für die bei der allgemeinen überwachenden Beobachtung zu beobachtenden Effekte	52
9	Konzeptioneller Ablauf für die Entwicklung von Agrar-Umweltindikatoren	54
10	Vorschlag für Indikatoren für die fallspezifische Überwachung zur Präsenz und Verbreitung des Transgens und der transgenen Produkte	55
11	Vorschlag für Indikatoren für die fallspezifische Überwachung von direkten und indirekten Effekten von transgenen Produkten	55
12a	Kriterien für die Auswahl von Artengruppen als Indikatoren für die Biodiversität	57
12b	Anwendung der Kriterien zur Auswahl von Indikatoren zur Evaluation der Biodiversität auf diverse Artengruppen	58
13	Datenfluss der bei einem Monitoringprogramm anfallenden Daten	63
14	Vergleich der Anbauflächen einiger ausgewählter Kulturen in der Schweiz und in der EU	64
15	Methodisches Vorgehen bei der Entwicklung des Monitorings der Präsenz nicht bewilligter GVP	70
16	Eintragungspfade, über die nicht bewilligte GVP in die Umwelt gelangen könnten	70
17	Charakteristiken einiger wichtiger europäischer Kulturpflanzen	71
18	Vorschlag zur Risikobewertung der Eintragungspfade nicht bewilligter GVP	73
Anhang 1	Auflistung möglicher Auswirkungen, die (basierend auf der Risikobewertung) bei einem GVP-Monitoring in Betracht gezogen werden sollten	88

Abbildungen

Abbildung	Titel	Seite
1	Stufenweises Vorgehen bei der ökologischen Sicherheitsabklärung einer zum Anbau vorgesehenen gentechnisch veränderten Pflanze	19
2	Inhaltliche Unterschiede in der Risikoforschung und im Monitoring von direkten Effekten gentechnisch veränderter Pflanzen	29
3	Inhaltliche Unterschiede in der Risikoforschung und im Monitoring von indirekten Effekten gentechnisch veränderter Pflanzen	29
4	Konzeptionelle Ansätze für die fallspezifische Überwachung und die allgemeine überwachende Beobachtung eines GVP-Monitorings	31
5	Konzeptioneller Ablauf der fallspezifischen Überwachung und der folgenden Entscheidungsprozesse	33
6	Konzeptioneller Ablauf der allgemeinen überwachenden Beobachtung und der folgenden Entscheidungsprozesse	35
7	Unterschiedliche Wahrnehmung und Beurteilung von Schäden in den USA und in Europa	43
8	Die biogeographischen Regionen der Schweiz	47
9	Unterscheidung der Begriffe Parameter und Indikator	53
10	Faktoren, die auf Organismen-Gemeinschaften in Kulturlandschaften wirken	56
11	Mögliche Organisationsstruktur eines GVP-Monitoringprogramms in der Schweiz	62
12	Schematische Unterteilung des GVP-Monitorings in drei Phasen	64
13	Unterscheidung der Begriffe «Monitoring der Präsenz nicht bewilligter GVP» und «Monitoring der unbeabsichtigten Verbreitung»	68
14	Vernetzung der Eintragspfade, über die nicht bewilligte GVP in die Umwelt gelangen könnten	70

Literatur

- 2001/18/EG (2001) Richtlinie 2001/18/EG über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt und zur Aufhebung der Richtlinie 90/220/EWG des Rates. Europäisches Parlament und der Rat, Brüssel, 18 S.
- ACRE (2001) Guidance on the assessment of the impact on wider biodiversity from proposed cultivation of GM crops. Department for Environment, Food and Rural Affairs – Advisory Committee on Releases to the Environment, London, 18 S.
www.defra.gov.uk/environment/acre/biodiversity/guidance/pdf/assess-guide.pdf
- Ammann D. und Vogel B. (1999) Langzeitmonitoring gentechnisch veränderter Organismen. Kantonales Laboratorium Basel-Stadt, Basel, 70 S.
- Ammann D., Vogel B., Hilbeck A. und Meier M. (2002) Bereitstellen von Grundlagen für ein Langzeitmonitoring von GVO in der Schweiz. Büro für Umweltchemie, EcoStrat GmbH, Zürich, 21 S.
- Ammann K., Jacot Y. und Rufener Al Mazyad P. (1996) Field releases of transgenic crops in Switzerland – an ecological risk assessment of vertical gene flow. In: Gentechnisch veränderte krankheits- und schädlingsresistente Nutzpflanzen – eine Option für die Landwirtschaft? Vol. Band 1 – Materialien. Herausgegeben von E. Schulte und O. Käppeli. BATS – Fachstelle für Biosicherheitsforschung und Abschätzung von Technikfolgen, Basel, S. 101-157
- Ammann K., Rufener Al Mazyad P. und Jacot Y. (2000) Konzept und praktische Lösungsansätze zur ökologischen Begleitforschung. In: Nachhaltige Landwirtschaft und grüne Gentechnik. Herausgegeben von E. Schulte und O. Käppeli. BATS – Fachstelle für Biosicherheitsforschung und Abschätzung von Technikfolgen, Basel, S. 97-114
- Bardgett R.D. (2002) Causes and consequences of biological diversity in soil. *Zoology* 105:367-374.
- Bartsch D. und Schuphan I. (1998) Gentechnische Eingriffe an Kulturpflanzen. Bewertung und Einschätzung möglicher Probleme für Mensch und Umwelt aus ökologischer und pflanzenphysiologischer Sicht. In: Zu Umweltproblemen der Freisetzung und des Inverkehrbringens gentechnisch veränderter Pflanzen. Vol. 2. Herausgegeben. Sachverständigenrat für Umweltfragen, Stuttgart, S. 140
- BBA (2000) Mitteilungen aus der BBA-Arbeitsgruppe «Anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen im Agrarökosystem». Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. www.bba.de/abm-gvp/abm-mitteil1.pdf.
- BFS, BUWAL und ARE (2002) Nachhaltige Entwicklung messen – Einblick in MONET – das Schweizer Monitoringsystem. Bundesamt für Statistik, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bundesamt für Raumentwicklung, Neuchâtel, 25 S.
- Bigler F., Jeanneret P., Lips A. und Waldburger M. (1997) Projektkonzept Evaluation der Ökomassnahmen in der Landwirtschaft auf die Biodiversität. Entwurf. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landschaft, Zürich, 44 S.
- bioSicherheit (2002) Biologische Sicherheitsforschung. Projektverbund Kommunikationsmanagement in der Biologischen Sicherheitsforschung im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), 3. Juli 2002.
www.biosicherheit.de/aktuell/132.doku.html.
- bioSicherheit (2003a) Einigung bei GVO-Kennzeichnung. Projektverbund Kommunikationsmanagement in der Biologischen Sicherheitsforschung im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), 2. Juli 2003.
www.biosicherheit.de/aktuell/214.doku.html.
- bioSicherheit (2003b) Blauer Brief für Deutschland. Projektverbund Kommunikationsmanagement in der Biologischen Sicherheitsforschung im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), 10. April 2003.
www.biosicherheit.de/aktuell/200.doku.html.
- bioSicherheit (2003c) Neue Zuständigkeiten für die Grüne Gentechnik. Projektverbund Kommunikationsmanagement in der Biologischen Sicherheitsforschung im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), 12. Mai 2003.
www.biosicherheit.de/aktuell/203.doku.html.
- Black H.I.J., Parekh N.R., Chaplow J.S., Monson F., Watkins J. et al. (2003) Assessing soil biodiversity across Great Britain: national trends in the occurrence of heterothrophic bacteria and invertebrates in soil. *Journal of Environmental Management* 67:255-266.

- BLAG (2002) Entwurf eines Konzepts für das Monitoring von gentechnisch veränderten Organismen (GVO). Bund/Länder-Arbeitsgruppe «Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen», Deutschland, 41 S.
- BLW (1998) Evaluation der Ökomassnahmen und Tierhaltungsprogramme. Erster Zwischenbericht. Bundesamt für Landwirtschaft, Bern, 140 S.
- BLW (2001) Technische Ausführungsbestimmungen zum Anhang 1 der ÖQV. Bundesamt für Landwirtschaft, Bern, 14 S. www.blw.admin.ch/nuetzlich/form/d/oeqvausfuhr.pdf
- BLW (2002a) Projekt Entwicklung von Agrar-Umweltindikatoren und Monitoring, Teil I: Rahmen und Konzept für Agrar-Umweltindikatoren. Bundesamt für Landwirtschaft, Bern, 14 S.
- BLW (2002b) Agrarbericht 2002. Bundesamt für Landwirtschaft, Bern, 284 S.
- Bock A.K., Lheureux K., Libeau-Dulos M., Nilsagård H. und Rodriguez-Cerezo E. (2002) Scenarios for co-existence of genetically modified, conventional and organic crops in European agriculture. Institute for prospective technological studies, Sevilla, 133 S.
- Brauner R. und Tappeser B. (2001) Entwicklung von Umweltindikatoren beim Monitoring im Zusammenhang mit gentechnisch veränderten Pflanzen. UBA-Texte. 63/01, Umweltbundesamt, Berlin, 225 S.
- BUWAL (2002) UMWELT SCHWEIZ 2002 – Politik und Perspektiven. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 356 S.
- Candinas T., Neyroud J.-A., Oberholzer H.R. und Weisskopf P. (2002) Ein Bodenkonzept als Basis für Politik, Forschung, Beratung und Vollzug. Bundesamt für Landwirtschaft, Bern, 14 S. www.blw.admin.ch/nuetzlich/publikat/d/bodenkonzept.pdf
- Castanera P. und Ortego F. (2000) Environmental implications of Bt-maize in Spain: monitoring corn borers resistance and nontarget impacts. Robert Koch Institut – Internetforum zum Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen. www.rki.de/GENTEC/FORUM/FORUM.HTM?FS3_1E.HTM&1.
- CBD (1992) Convention on Biological Diversity. United Nations Environment Programme, Rio de Janeiro, 31 S.
- CFIA (1994a) Regulatory Directive Dir94-11: The biology of Zea mays L. (corn/maize). Canadian Food Inspection Agency, Ottawa, 13 S.
- CFIA (1994b) Regulatory Directive Dir94-09: The biology of Brassica napus L. (canola/rapeseed). Canadian Food Inspection Agency, Ottawa, 18 S.
- CFIA (1996) Regulatory Directive T-1-09-96: The biology of Solanum tuberosum L. (potato). Canadian Food Inspection Agency, Ottawa, 14 S.
- CFIA (1999a) Regulatory Directive Dir1999-01: The biology of Triticum aestivum L. (wheat). Canadian Food Inspection Agency, Ottawa, 14 S.
- Christey M. und Woodfield D. (2001) Coexistence of genetically modified and non-genetically modified crops. Ministry for the Environment, Wellington, 67 S.
- Conner A.J., Glare T.R. und Nap J.-P. (2003) The release of genetically modified crops into the environment. Part II. Overview of ecological risk assessment. *Plant Journal* 33:19-46.
- Dale P.J., Clarke B. und Fontes E.M.G. (2002) Potential for the environmental impact of transgenic crops. *Nature Biotechnology* 20:567-574.
- de Vries J. und Wackernagel W. (1998) Detection of nptII (kanamycin resistance) genes in genomes of transgenic plants by marker-rescue transformation. *Molecular and General Genetics* 257 (6):606-613.
- de Vries J., Meier P. und Wackernagel W. (2001) The natural transformation of the soil bacteria *Pseudomonas Stutzeri* and *Acinetobacter* sp by transgenic plant DNA strictly depends on homologous sequences in the recipient cells. *FEMS Microbiology Letters* 195 (2):211-215.
- Di Giulio M., Edwards P.J. und Meister E. (2001) Enhancing insect diversity in agricultural grasslands: the roles of management and landscape structure. *Journal of Applied Ecology* 38:310-319.
- Duelli P. (1994) Rote Liste der gefährdeten Tierarten in der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 97 S.
- Duelli P. (1997) Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: an approach at two different scales. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 62:81-91.
- Duelli P. und Obrist M.K. (2003a) Biodiversity indicators: the choice of values and measures. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98:87-98.
- Duelli P. und Obrist M.K. (2003b) Regional biodiversity in agricultural landscape: the contribution of seminatural habitat islands. *Basic and Applied Ecology* 4:129-138.
- Duelli P., Obrist M.K. und Schmatz D.R. (1999) Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: above-ground insects. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74:33 – 64.

- DWDS Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache – Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften. www.dwds.de/cgi-bin/dwds/test/query.cgi?wdg=1.
- DZV (SR 910.13) Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft (Direktzahlungsverordnung). Systematische Sammlung des Bundesrechts, Bern, 44 S.
- Eastham K. und Sweet J. (2002) Genetically modified organisms (GMOs): The significance of gene flow through pollen transfer. Environmental Issue Report No. 28. European Environment Agency, Kopenhagen, 75 S.
- EEP – MON (2002) Final Project Report Part 2 – Action results. European Enforcement Project «Monitoring the environmental effects of genetically modified plants» 29 S.
- EKAH (2003) Gentechnik fürs Essen. Eidgenössische Ethikkommission für die Gentechnik im ausserhumanen Bereich, Bern, 19 S.
- Ergänzung des Anhangs VII der Richtlinie 2001/18/EG (2002) Entscheidung des Rates vom 3. Oktober 2002 über Leitlinien zur Ergänzung des Anhangs VII der 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 90/20/EWG des Rates. Europäischer Rat, 10 S.
- EU (2003) Agriculture in the European Union – Statistical and economic information 2002. European Union – Directorate General for Agriculture, Brüssel, http://europa.eu.int/comm/agriculture/agrista/2002/table_en/index.htm
- Fairweather P.G. (1991) Statistical Power and Design Requirements for Environmental Monitoring. Australian Journal of Marine Freshwater Research 42:555-567.
- Firbank L.G., Heard M.S., Woiwod I.P., Hawes C., Houghton A.J. et al. (2003) An introduction to the Farm-Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. Journal of Applied Ecology 40:2-16.
- FrSV (SR 814.911) Verordnung über den Umgang mit Organismen in der Umwelt (Freisetzungsverordnung). Systematische Sammlung des Bundesrechts, Bern, 32 S.
- Futtermittel-Verordnung (SR 916.307) Verordnung über die Produktion und das Inverkehrbringen von Futtermitteln. Systematische Sammlung des Bundesrechts, Bern, 18 S.
- Gaillard G., Ramsauer M., Vonarburg U.P., Daniel O., Desales A. et al. (2003) Agrar-Umweltindikatoren: Machbarkeitsstudie für die Umsetzung in der Schweiz. Schriftenreihe FAL Nr. 47. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich, 68 S.
- Gonseth Y., Wohlgemuth T., Sannsonens B. und Buttler A. (2001) Die biogeographischen Regionen der Schweiz – Erläuterungen und Einteilungsstandard. Umwelt-Materialien Nr. 137. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 47 S.
- Gonzales-Nunez M., Ortego F. und Castanera P. (2000) Susceptibility of Spanish populations of the Corn Borers *Sesamia nonagrioides* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae) to a *Bacillus thuringiensis* endotoxin. Journal of Economic Entomology 93 (2):459-436.
- GSchV (SR 814.201) Gewässerschutzverordnung. Systematische Sammlung des Bundesrechts, Bern, 58 S.
- GTG (SR 814.91) Bundesgesetz über die Gentechnik im Ausserhumanbereich (Gentechnikgesetz). Systematische Sammlung des Bundesrechts, Bern, 14 S.
- Heitzer A. (2000) Strategien und Konzepte der Erfolgskontrolle. In: Erfolgskontrolle von Umweltmassnahmen – Perspektiven für ein integratives Umweltmanagement. Herausgegeben von R. W. Scholz. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, S. 27-43
- Hellawell J.M. (1991) Development of a rationale for monitoring. In: Monitoring for Conservation and Ecology. Herausgegeben von B. Goldsmith. Chapman and Hall, London, S. 1-14
- Hickson R., Moeed A. und Hannath D. (2000) HSNO, ERMA and risk management. New Zealand Science Review 57 (3-4):72-77.
- Hintermann U., Weber D., Zangger A. und Schmill J. (2002) Biodiversitäts-Monitoring Schweiz BDM – Zwischenbericht. Schriftenreihe Umwelt. Nr. 342, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 88 S.
- Hütter E., Bigler F. und Fried P.M. (2000) Verwendung transgener schädlingsresistenter Nutzpflanzen in der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 317. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 161 S.
- Jacot Y. und Jacot P. (1994) Application du génie génétique à l'agriculture: Evaluation des dangers potentiels pour la flore suisse. Cahier de l'Environnement No. 235. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 77 S.

- Jacot Y. und Ammann K. (1999) Gene flow between selected Swiss crops and related weeds: risk assessment for the field releases of GMO's in Switzerland. In: *Methods for Risk Assessment of Transgenic Plants III. Ecological risks and prospects of transgenic plants*. Vol. 3. Herausgegeben von K. Ammann, Y. Jacot, V. Simonsen und G. Kjellson. Birkhäuser Verlag, Basel, S. 99-108
- Jeanneret P., Schüpbach B. und Luka H. (2003) Quantifying the impact of landscape and habitat features on biodiversity in cultivated landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98:311-320.
- Jones T. und Bradford M. (2001) Assessing the functional implications of soil biodiversity in ecosystems. *Ecological Research* 16:845-858.
- Keller V., Zbinden N., Schmid H. und Volet B. (2001) Rote Liste der gefährdeten Brutvogelarten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern; Schweizerische Vogelwarte, Sempach 57 S.
- Kennedy A.C. (1999) Bacterial diversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74:65-76.
- Kjellsson G. und Strandberg M. (2001) *Monitoring and surveillance of genetically modified higher plants*. Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin, 119 S.
- Kleihauer S. (1998) *Umweltfolgenabschätzung bei der Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen – Ermittlung und Bewertung der Auswirkungen im internationalen Vergleich*. Dissertation, Universität Tübingen
- KOM (2000) 20 (2000) Indikatoren für die Integration von Umweltbelangen in die gemeinsame Agrarpolitik. Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Brüssel, 31 S.
- Kowarik I. (1996) *Ökologische Auswirkungen von Neophyten und deren Bewertung*. In: *Langzeitmonitoring von Umwelteffekten transgener Organismen*. Herausgegeben. Umweltbundesamt, Berlin, S. 119-155
- LMV (SR 817.02) *Lebensmittel-Verordnung*. Systematische Sammlung des Bundesrechts, Bern, 210 S.
- LRV (SR 814.318.142.1) *Luftreinhalte-Verordnung*. SR 814.318.142.1, Systematische Sammlung des Bundesrechts, Bern, 88 S.
- Marti F. und Stutz H.-P.B. (1993) *Zur Erfolgskontrolle im Naturschutz – Literaturgrundlagen und Vorschläge für ein Rahmenkonzept*. Bericht. Nr. 336, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf, 171 S.
- Marti F., Maurer R. und Stapfer A. (2000) *Erfolgskontrollen von Naturschutzmassnahmen*. In: *Erfolgskontrolle von Umweltmassnahmen – Perspektiven für ein integratives Umweltmanagement*. Herausgegeben von R. W. Scholz. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, S. 65-91
- Marvier M. (2002) Improving risk assessment for nontarget safety of transgenic crops. *Ecological Applications* 12 (4):1119-1124.
- Maurer R. und Marti F. (1999) *Begriffsbildung zur Erfolgskontrolle im Natur- und Landschaftsschutz. Empfehlungen – Reihe Vollzug*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 31 S.
- Miklau M., Gaugitsch H. und Heissenberger A. (2001) *EU-Workshop: Monitoring of environmental impacts of genetically modified plants*. UBA-Texte. 45/01, Umweltbundesamt, Berlin, 218 S.
- Moser D., Gygax A., Bäumler B., Wyler N. und Palese R. (2002) *Rote Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern; Zentrum des Datenverbundnetzes der Schweizer Flora, Chambésy; Conservatoire et Jardin botanique de la Ville de Genève, Chambésy 118 S.
- Neemann G. und Schwerwäss R. (1999) *Materialien für ein Konzept zum Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen*. UBA Texte. 52/99, Umweltbundesamt, Berlin, 256 S.
- NHG (SR 451) *Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz*. Systematische Sammlung des Bundesrechts, Bern, 18 S.
- NHV (SR 451.1) *Verordnung über den Natur- und Heimatschutz*. Systematische Sammlung des Bundesrechts, Bern, 28 S.
- Nielsen K.M., Atle A.M., Smalla K. und van Elsas J.D. (1998) Horizontal gene transfer from transgenic plants to terrestrial bacteria – a rare event? *FEMS Microbiology Review* 22:79-103.
- Nöh I. (2002) *Bewertung von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Organismen (GVO)*. UWSF – Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 14 (3):155-163.

- Norris C. und Sweet J. (2002) Monitoring large scale releases of genetically modified crops. NIAB – National Institute of Agricultural Botany, Cambridge, England, 119 S. www.defra.gov.uk/environment/gm/research/pdf/epg_1-5-84_print.pdf
- Nowack K., Bickel R., Pushparajah Lorenzen R. und Wyss E. (2002) Sicherung der gentechnik-freien Bioproduktion. Schriftenreihe Umwelt Nr. 340. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 90 S.
- NZZ online (2003) USA verklagen die EU wegen Gentech-Zulassungsstopp. Neue Zürcher Zeitung, 18. August 2003. www.nzz.ch/2003/08/18/wi/page-newzzDJHN3M6-12.html.
- OECD (1997a) Consensus document on the biology of *Brassica napus* L. (oilseed rape). Organisation for Economic Co-Operation and Development, Paris, 31 S.
- OECD (1997b) Consensus document on the biology of *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* (potato). Organisation for Economic Co-Operation and Development, Paris, 37 S.
- OECD (1997c) Environmental Indicators for Agriculture, Volume 1: Concepts and Framework. Organisation for Economic Co-Operation and Development, Paris, 45 S.
- OECD (1999a) Consensus document on the biology of *Triticum aestivum* (bread wheat). Organisation for Economic Co-Operation and Development, Paris, 47 S.
- OECD (1999b) Environmental Indicators for Agriculture, Volume 2: Issues and Design – The York workshop. Organisation for Economic Co-Operation and Development, Paris, 216 S.
- OECD (2001a) Consensus document on the biology of *Beta vulgaris* L. (sugar beet). Organisation for Economic Co-Operation and Development, Paris, 39 S.
- OECD (2001b) Environmental Indicators for Agriculture, Volume 3: Methods and Results. Organisation for Economic Co-Operation and Development, Paris, 409 S.
- ÖQV (SR 910.14) Verordnung über die regionale Förderung der Qualität und der Vernetzung von ökologischen Ausgleichsflächen in der Landwirtschaft (Öko-Qualitätsverordnung). Systematische Sammlung des Bundesrechts, Bern, 10 S.
- Perry J.N., Rothery P., Clark S.J., Heard M.S. und Hawes C. (2003) Design, analysis and statistical power of the Farm-Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. *Journal of Applied Ecology* 40:17-31.
- Pessel F.D., Lecomte J., Emeriau V., Krouti M., Messean A. et al. (2001) Persistence of oilseed rape (*Brassica napus* L.) outside of cultivated fields. *Theoretical and Applied Genetics* 102:841-846.
- Peterman R.M. (1990) Statistical Power Analysis can improve fisheries research and management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 47:2-15.
- Pretty J. (2001) The rapid emergence of genetic modification in world agriculture: contested risks and benefits. *Environmental Conservation* 28 (3):248-262.
- Raps A., Hilbeck A., Bigler F., Fried P. und Messmer M. (1998) Konzept und praktische Lösungsansätze zur anbaubegleitenden Forschung beim Einsatz transgener Kulturarten. Arbeitspapier im Rahmen des Projekts «Nachhaltige Landwirtschaft und grüne Gentechnik» der BATS (Fachstelle für Biosicherheitsforschung und Abschätzung von Technikfolgen). Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich, 94 S.
- Saatgut-Verordnung (SR 916.151) Verordnung über die Produktion und das Inverkehrbringen von pflanzlichem Vermehrungsmaterial. Systematische Sammlung des Bundesrechts, Bern, 12 S.
- SBV (2001) Landwirtschaftliche Betriebsstrukturerhebung 2001. Schweizerischer Bauernverband. www.bauernverband.ch/de/markt_preise_statistik/pflanzen/default.htm.
- Schlüter K., Fütterer J. und Potrykus I. (1995) «Horizontal» gene transfer from a transgenic potato line to a bacterial pathogen (*Erwinia chrysantemi*) occurs – it at all – at an extremely low frequency. *Biotechnology* 13:1094-1098.
- Schreiber K., Kuhn N., Hug C., Häberli R. und Schreiber C. (1977) Wärmegliederung der Schweiz. 4 Karten 1:200'000. Bundesamt für Raumplanung, Bern
- Schröder W. und Schmidt G. (2000) Raumgliederung für die ökologische Umweltbeobachtung des Bundes und der Länder. *Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung – Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie* 12 (4):236-243.
- Schröder W. und Schmidt G. (2001) Defining Ecoregions as frameworks for the assessment of ecological monitoring networks in Germany by means of GIS and Classification and Regression Trees (CART). *Gate to Environmental and Health Science* 3: 1-9.
- SRU (1988) Umweltgutachten 1987. Sachverständigenrat für Umweltfragen, Stuttgart, 674 S.
- Steidl R.J., Hayes J.P. und Schaubert E. (1997) Statistical Power Analysis in wildlife research. *Journal of Wildlife Management* 61 (2):270-279.

- Thomson J.A. (2001) Horizontal transfer of DNA from GM crops to bacteria and to mammalian cells. *Journal of Food Science* 66 (2):188-193.
- Timmons A.M., O'Brien E.T., Charters Y.M., Dubbels S.J. und Wilkinson M.J. (1995) Assessing the risks of wind pollination from field of genetically modified *Brassica napus* ssp. *oleifera*. *Euphytica* 85:417-423.
- TransGen (2002) 25 000 ha Anbau seit 1998. TransGen – Bundesverband Verbraucher Initiative e.V., 31. Oktober 2002. www.transgen.de/?link=/Anwendung/pflanzen/anbau_spanien.html.
- Traxler A., Heissenberger A., Frank G., Lethmayer C. und Gaugitsch H. (2000) Ökologisches Monitoring von gentechnisch veränderten Organismen. Monographien. Band 126, Umweltbundesamt, Wien, 259 S.
- Treu R. und 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, Bristol, 54 S.
[www.soilassociation.org/web/sa/saweb.nsf/848d689047cb466780256a6b00298980/80256ad800554549802568660075e5b4/\\$FILE/Pollen%20Dispersal%20Report.pdf](http://www.soilassociation.org/web/sa/saweb.nsf/848d689047cb466780256a6b00298980/80256ad800554549802568660075e5b4/$FILE/Pollen%20Dispersal%20Report.pdf)
- UBA (2001) Stand der Entwicklung des Monitoring von gentechnisch veränderten Organismen – Materialiensammlung. UBA-Texte. 60/01, Umweltbundesamt, Berlin, 228 S.
- UBA (2003) Monitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen: Instrument einer vorsorgenden Umweltpolitik – Symposium vom 13. Juni 2001 in Berlin. UBA-Texte. 23/03, Umweltbundesamt, Berlin
- Umweltbundesamt (1998) Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen (GVP). UBA-Texte. 77/98, Umweltbundesamt, Berlin, 179 S.
- Umweltbundesamt (2001) Stand der Entwicklung des Monitoring von gentechnisch veränderten Organismen – Materialiensammlung. UBA-Texte. 60/01, Umweltbundesamt, Berlin, 228 S.
- Umweltbundesamt (2003) Monitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen: Instrument einer vorsorgenden Umweltpolitik – Symposium vom 13. Juni 2001 in Berlin. UBA-Texte. 23/03, Umweltbundesamt, Berlin,
- USG (SR 814.01) Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz). Systematische Sammlung des Bundesrechts, Bern, 38 S.
- Usher M.B. (1991) Scientific requirements of a monitoring programme. In: *Monitoring for Conservation and Ecology*. Herausgegeben von B. Goldsmith. Chapman and Hall, London, S. 15-32
- VBBö (SR 814.12) Verordnung über Belastungen des Bodens. Systematische Sammlung des Bundesrechts, Bern, 12 S.
- VBGVO (SR 817.021.35) Verordnung über das Bewilligungsverfahren für GVO-Lebensmittel, GVO-Zusatzstoffe und GVO-Verarbeitungshilfsstoffe. Systematische Sammlung des Bundesrechts, Bern, 6 S.
- Vos P., Meelis E. und Ter Keurs W.J. (2000) A framework for the design of ecological monitoring programs as a tool for environmental and nature management. *Environmental Monitoring and Assessments* 61:317-344.
- Wagner H.H. und Edwards P.J. (2001) Quantifying habitat specificity to assess the contribution of a patch to species richness at a landscape scale. *Landscape Ecology* 16:121-131.
- Wagner H.H., Wildi O. und Ewald K. (2000) Additive partitioning of plant species diversity in an agricultural mosaic landscape. *Landscape Ecology* 15:219-227.
- Wilhelm R. (2002) Möglichkeiten zur Datenerhebung durch den Landwirt. Referat an der Konferenz Parameter für ein Monitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen, 23./24. September 2002, in Braunschweig.
- Wilhelm R., Beissner L. und Schiemann J. (2002) Gestaltung des Monitoring der Auswirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen im Agrarökosystem. *Gesunde Pflanzen* 54 (6):194-206.
- Wilhelm R., Beissner L. und Schiemann J. (2002b) Gestaltung des Monitoring der Auswirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen im Agrarökosystem. *Gesunde Pflanzen* 54 (6):194-206.
- Wolfenbarger L.L. und Phifer P. (2000) The ecological risks and benefits of genetically engineered plants. *Science* 290:2088-2093.
- Züghart W. und Breckling B. (2002) Konzeptionelle Entwicklung eines Langzeitmonitorings von Umweltwirkungen transgener Kulturpflanzen. F&E Vorhaben Umweltbundesamt. Universität Bremen, Zentrum für Umweltforschung und Umwelttechnologie, Bremen, 61 S.

Anhang 1

Auflistung möglicher Auswirkungen, die (basierend auf der Risikobewertung) bei einem GVP-Monitoring in Betracht gezogen werden sollten

Fallspezifische Überwachung zur Präsenz und Verbreitung des Transgens und des transgenen Produkts

Auswirkung	Fragestellung/Indikator	Schutzgut	Schutzziel	Überwachungsraum	Überwachungsobjekt	Methode
Was könnte passieren?	Was wird untersucht?	Welche Ressource ist betroffen?	Was soll nicht beeinträchtigt werden?	Wo wird überwacht?	Was wird überwacht?	Wie wird überwacht?
Ausbreitung transgener Hybriden	Verbreitung und Persistenz von Hybriden in Populationen verwandter Wildarten	Biodiversität (Artenvielfalt und Vielfalt der Lebensräume)	Besonders betroffene Arten (speziell Flora) Besonders wertvolle Lebensräume	Naturnahe Lebensräume in der Umgebung der Anbaufläche (abhängig von der angebauten Kultur, deren spezifischer Eigenschaft und des jeweiligen Standorts)	Populationen verwandter Wildarten in Habitaten, wo transgene Hybriden sich ausbreiten könnten	Visuelles Screening und Nachweis transgener Sequenzen in auffälligen Hybriden
Ausbreitung der transgenen Kulturpflanze	Vorkommen von transgenen Kulturpflanzen ausserhalb der Anbaufläche				Unübliche Habitate für verwilderte (transgene) Kulturpflanzen, wo sie aufgrund der landwirtschaftlichen Praxis üblicherweise nicht vorkommen	Visuelles Screening und Nachweis transgener Sequenzen in auffälligen Kulturpflanzen
Präsenz und Verbreitung von transgenen Produkten in Böden, im Wasser und in der Luft	Vorhandensein bestimmter transgener Produkte in Böden, im Wasser und in der Luft	Boden	Bodenfunktion und Bodenfruchtbarkeit	Anbaufläche	GV-Kulturen, bei denen die Risikobewertung gezeigt hat, dass deren transgene Produkte relevante umweltchemische und/oder ökotoxikologische Effekte haben könnten	Nachweismethoden für transgene Produkte im Boden
		Wasser	Oberflächengewässer (Flüsse, Seen) und Grundwasser	Wasser in der Umgebung der Anbauflächen		Nachweismethoden für transgene Produkte im Wasser
		Luft/Klima	Luftqualität	Anbaufläche		Methoden zur Messung bestimmter flüchtiger transgener Produkte

Fallspezifische Überwachung der unerwünschten Effekte von transgenen Produkten

Auswirkung	Fragestellung/Indikator	Schutzgut	Schutzziel	Überwachungsraum	Überwachungsobjekt	Methode
Was könnte passieren?	Was wird untersucht?	Welche Ressource ist betroffen?	Was soll nicht beeinträchtigt werden?	Wo wird überwacht?	Was wird überwacht?	Wie wird überwacht?
Effekte durch das transgene Produkt oder durch die transgene Pflanze auf Nicht-Zielorganismen	Vergleich der Artenvielfalt ausgewählter Artengruppen mit der Artenvielfalt eines gängigen Anbausystems (ÖLN)	Biodiversität (Artenvielfalt)	Besonders betroffene Arten (Fauna und Flora) Funktionelle Gruppen (Nützlinge und Bestäuber) Ökosystemfunktionen	Anbauflächen und/oder naturnahe Flächen in der Umgebung der GV-Anbaufläche sowie Anbauflächen nach Kriterien des ÖLN im gleichen Landschaftsraum	Durch toxische Effekte von transgenen Produkten oder von transgenen Pflanzen möglicherweise betroffene Artengruppen in und über dem Boden	Jeweils geeignete ökologische Erhebungsmethode
Resistenzentwicklung des Zielschädlings/ Krankheitserregers	Auftreten und Verbreitung der Zielschädlinge/ Krankheitserreger (speziell der resistenten)			Anbauflächen	Kulturen bestimmter (schädlings- und krankheitsresistenter) GV-Sorten im Anbaujahr	Im Rahmen der Pflanzenschutzmassnahmen
Selektion von herbizidtoleranten Wildpflanzen	Auftreten und Verbreitung herbizid-resistenter Wildpflanzen				Folgekulturen bestimmter (herbizidtoleranter) GV-Sorten	
Verschiebung des Spektrums von Schad- und Nutzorganismen aufgrund veränderter Anbaumethoden	Auftreten und Verbreitung von Schaderregern				Angebaute und Folgekulturen bestimmter GV-Sorten mit geänderten Anbaumethoden	
Änderung des Ressourcenverbrauchs (z.B. Wasser) aufgrund geänderter Anbaumethoden	Vergleich der Artenvielfalt ausgewählter Artengruppen mit der Artenvielfalt eines gängigen Anbausystems (ÖLN)				Anbauflächen und/oder naturnahe Flächen in der Umgebung der GV-Anbaufläche sowie Anbauflächen nach Kriterien des ÖLN im gleichen Landschaftsraum	Durch eine Änderung der Ressourcen (z.B. Wasser) möglicherweise betroffene Artengruppen
Änderung der physikalischen, chemischen oder biologischen Bodeneigenschaften aufgrund veränderter Anbaumethoden	Veränderungen der Bodenfunktion und evtl. der Ertragsfähigkeit	Boden	Bodenfunktion und Bodenfruchtbarkeit	Anbauflächen	Böden von GV-Kulturen mit veränderter Bodenbewirtschaftung	Parameter zur Messung der Bodenfunktion (evtl. Ertragsfähigkeit)

Allgemeine überwachende Beobachtung (general surveillance)

Schutzgut	Schutzziel	Auswirkung	Überwachungsraum	Indikatoren	Methode
Was soll geschützt werden?	Was soll nicht beeinträchtigt werden?	Was könnte passieren?	Wo wird überwacht?	Was wird überwacht?	Wie wird überwacht?
Biodiversität (Artenvielfalt und Vielfalt der Lebensräume)	Besonders betroffene Arten Besonders wertvolle Lebensräume	Grossräumige Effekte auf die Biodiversität (Artenvielfalt und Lebensräume), die ausserhalb der zu erwartenden Schwankungen liegen	Gesamte Anbauregionen (z.B. östliches Mittelland) oder ganze Schweiz	Verschiedene Artengruppen, die als Biodiversitäts-Indikatoren ausgewählt wurden Indikatoren für Lebensraumvielfalt	Ergänzung bestehender Beobachtungsprogramme um den Faktor GVP
		Ausbreitung transgener Kulturpflanzen aufgrund erhöhter Fitness und dauerhafte Ansiedlung in kritischen Habitaten		Kulturpflanzen in Habitaten, die für Verwilderung in Frage kommen, ein Vorkommen jedoch unüblich wäre	Visuelles Screening im Rahmen bestehender Beobachtungsprogramme Nachweis transgener Sequenzen in Pflanzenmaterial

Schriftenreihe der FAL Les cahiers de la FAL

22–31	siehe im Internet unter www.reckenholz.ch >Publikationen >Schriftenreihe der FAL voir à l'internet sous www.reckenholz.ch >Publications >Les cahiers de la FAL		
32	Arsen in Böden der Schweiz L'arsenic dans les sols en Suisse 2000 <i>Kajsa Knecht, Thomas Keller und André Desaulles</i>	D	CHF 20.–
33	Lachgasemissionen aus der Schweizer Landwirtschaft Emissions de protoxyde d'azote de l'agriculture suisse 2000 <i>Martin Schmid, Albrecht Neftel und Jürg Fuhrer</i>	D	CHF 30.–
34	Ökologische Ausgleichsflächen in der Landwirtschaft: Ergebnisse mehrjähriger Versuche zur Anlage und Pflege blütenreicher Buntbrachen Surfaces de compensation écologique dans l'agriculture: résultats de plusieurs années d'essais relatifs à la mise en place et à l'entretien des jachères florales 2000 <i>Daniel Schaffner, Markus Günter, Fritz Häni und Michael Keller</i>	D	CHF 30.–
35	GIS-gestützte Abschätzung der Phosphor- und Stickstoffeinträge aus diffusen Quellen in die Gewässer des Kantons Zürich Estimation basée sur le SIG des apports en phosphore et en azote dans les eaux du canton de Zurich en provenance de sources diffuses 2001 <i>Cornelia Schmid und Volker Prasuhn</i>	D	CHF 30.–
36	Ertrags- und Umweltleistungen integrierter und biologischer Anbausysteme des Ackerbaus Rendements et prestations environnementales des systèmes de production intégré et biologique en grandes cultures 2001 FAL-Tagung vom 26. Januar 2001 / Journée FAL du 26 janvier 2001	D F	vergriffen CHF 20.–
37	Evaluation der Ökomassnahmen – Phosphorbelastung der Oberflächengewässer durch Bodenerosion Evaluation des mesures écologiques – La charge des eaux de surface en phosphore liée à l'érosion des sols 2001 <i>Volker Prasuhn und Kaspar Grünig</i>	D	CHF 30.–
38	Ökobilanzen – Beitrag zu einer nachhaltigen Landwirtschaft Bilans écologiques: Contribution à une agriculture durable 2002 FAL-Tagung vom 18. Januar 2002 / Journée FAL du 18 janvier 2002	D F	CHF 30.–
39	Artenreiche Wiesen Prairies à haute diversité biologique 2002 <i>Thomas Walter et al.</i>	D	CHF 30.–
40	Ausmass und mögliche Auswirkungen der Abdrift von Pflanzenschutzmitteln auf ökologische Ausgleichsflächen Dimension et possible effets de la dérive des produits phytosanitaires sur des surfaces de compensation écologiques 2002 <i>Rudolf Büchi und Franz Bigler</i>	D	CHF 20.–
41	Bodengefüge – Ansprechen und Beurteilen mit visuellen Mitteln Structure du sol – classification et évaluation visuelle 2002 <i>Jakob Nievergelt, Milan Petrusek und Peter Weisskopf</i>	D	CHF 40.–
42	Biogene VOC und Aerosole – Bedeutung der biogenen flüchtigen organischen Verbindungen für die Aerosolbildung COV biogènes et aérosols – Les composés organiques volatils biogènes et leur contribution aux aérosols 2002 <i>Christoph Spirig und Albrecht Neftel</i>	D	CHF 20.–
43	Stickstoff in Landwirtschaft und Umwelt – Probleme, Lösungswege und Perspektiven im internationalen, nationalen und lokalen Umfeld L'azote dans l'agriculture et l'environnement – Problèmes, voies de solution et perspectives à l'échelon international, national et local 2003 FAL-Tagung vom 24. Januar 2003 / Journée FAL du 24 janvier 2003	D	CHF 30.–
44	Carbon stocks and carbon sequestration potentials in agricultural soils in Switzerland 2003 <i>Jens Leifeld, Seraina Bassin und Jürg Fuhrer</i>	E	CHF 30.–
45	Forschung für den biologischen Landbau Recherche en agriculture biologique 2003 <i>Beat Boller et al.</i>	D F	CHF 30.–
46	Von der Kontrollstation zum Nationalen Zentrum für Agrarökologie Zur Geschichte der landwirtschaftlichen Forschungsanstalt Zürich-Reckenholz 1878–2003 2003 <i>Josef Lehmann</i>	D	CHF 30.–
47	Agrar-Umweltindikatoren – Machbarkeitsstudie für die Umsetzung in der Schweiz Indicateurs agro-environnementaux – Etude de faisabilité pour la réalisation en Suisse 2003 <i>Gérard Gaillard et al.</i>	D	CHF 30.–
48	Risikoabschätzung zur landwirtschaftlichen Abfalldüngerverwertung Estimation des risques liés à l'utilisation agricole des engrais de recyclage 2003 <i>Ulrich Herter, Thomas Kupper und David Külling</i>	D	CHF 25.–
49	Forschung für die Agrarlandschaft Recherche pour les paysages agricoles 2004 FAL-Tagung vom 23. Januar 2004 / Journée FAL du 23 janvier 2004	D/E/F	CHF 30.–