

# Herausforderungen beim Umweltmonitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen

Olivier Sanvido, Jörg Romeis und Franz Bigler

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zürich

Auskünfte: Jörg Romeis, E-Mail: [jörg.romeis@art.admin.ch](mailto:jörg.romeis@art.admin.ch), Tel. +41 44 377 72 99



Tagfalterpopulationen in der Schweiz unterliegen einer grossen zeitlichen und räumlichen Variabilität.  
(Foto: ART)

## Einleitung

Die Zulassung von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP) ist generell strenger reguliert als diejenige von konventionell gezüchteten Sorten. Im Allgemeinen verlangen die gesetzlichen Grundlagen weltweit, dass GVP Sorten speziell geprüft werden müssen. Die Bewilligung basiert auf einer Risikobewertung für Mensch und Umwelt. Auf deren Basis sollen inakzeptable negative Auswirkungen so weit als möglich ausgeschlossen werden. Einige Länder verlangen zudem, dass der Anbau von GVP von einem Umweltmonitoring begleitet sein muss. Mit dessen Hilfe sollen eventuelle negative Auswirkungen auf die Umwelt, die auf Grund der Risikobewertung nicht ausgeschlossen werden können, rechtzeitig erkannt werden. Die Zulassungsbehörden müssen

auf der Basis, der im Umweltmonitoring erhobenen Daten, entscheiden, ob der Anbau von GVP zu Umweltschäden in einem bestimmten Schutzgut führen könnte. Obwohl der Bewertung von Umweltveränderungen wissenschaftliche Kriterien zu Grunde liegen, spielen für die Beurteilung von Schaden oder Nutzen auch subjektive Werte eine wichtige Rolle. In der Praxis basieren Entscheidungsprozesse deshalb niemals nur auf wissenschaftlichen Daten, sondern werden durch ethische Wertvorstellungen sowie politische, soziale und wirtschaftliche Faktoren beeinflusst (Devos *et al.* 2008). Ein Umweltschaden wird gemäss den gängigen Definitionen als eine relevante, negative Umweltveränderung charakterisiert, die ausserhalb der gewöhnlich auftretenden Schwankungen liegt. Im Folgenden analysieren wir wieso es so schwierig ist, negative Umweltverände-

rungen als relevante Umweltschäden zu bewerten. Nach unserer Auffassung stellen sich dem Umweltmonitoring von GVP vier grundsätzliche Herausforderungen. Die in diesem Artikel präsentierten Ideen wurden im Rahmen von mehreren Projekten erarbeitet, die vom Bundesamt für Umwelt BAFU (Forschungsprogramm «Biosicherheit im Bereich der ausserhumanen Gentechnologie») und vom Schweizerischen Nationalfonds (Nationales Forschungsprogramm NFP 59 «Nutzen und Risiken der Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen») finanziert wurden.

#### **Herausforderung Nr. 1: Die Variabilität von Umweltbedingungen ist schwierig zu beurteilen**

«Ungewöhnliche» von «gewöhnlichen» Umweltveränderungen abzugrenzen ist eine grundlegende Herausforderung für die Entscheidungsfindung während des Umweltmonitorings von GVP, insbesondere wenn keine Langzeitbeobachtungen vorliegen, die als Vergleichsbasis herangezogen werden können. Naturwissenschaftliche Methoden sind nur teilweise in der Lage, die Variabilität von Indikatoren, die Umweltveränderungen anzeigen sollen, mit angemessenem Aufwand und genügender Genauigkeit zu erheben. So können ökologische Methoden zwar die Abundanz eines bestimmten Indikators (z. B. von Tagfaltern) in einer Agrarlandschaft erheben. Oft ist es jedoch schwierig zu entscheiden, ob eine beobachtete Veränderung ausserhalb der «gewöhnlichen» Variabilität eines bestimmten Indikators liegt. Bei GVP Anbau müssten die Behörden jedoch kurzfristig entscheiden können, ob es sich bei den beobachteten Umweltveränderungen um ein «ungewöhnliches» Ereignis handelt und Massnahmen (z. B. ein Anbauverbot) zu treffen sind.

#### **Lösung Nr. 1: Definition einer geeigneten Vergleichsbasis**

Die Wahl einer geeigneten Vergleichsbasis ist essenziell, um zu ermitteln, welche Umweltveränderungen einen Schaden darstellen. Ein möglicher Ansatz, der innerhalb der relativ kurzen Zeitspanne, die für die Entscheidungsfindung bei GVP zur Verfügung steht, sinnvoll wäre, ist die Umweltauswirkungen von GVP mit den Auswirkungen bekannter landwirtschaftlicher Praktiken zu vergleichen (ACRE 2007; Sanvido *et al.* 2012). Bei diesem Ansatz wird die GVP in den Kontext ihres jeweiligen Anbausystems gestellt, das heisst das Anbausystem wird beispielsweise mit dem Pestizidverbrauch, der Bodenbearbeitung, der Fruchtfolge und der Sortenwahl der klassischen Landwirtschaft verglichen. Um die Umweltauswirkungen verschiedener landwirtschaftlicher Anbausysteme miteinander vergleichen zu können, benötigt man Methoden wie beispielsweise das Multi-Attribut Modell

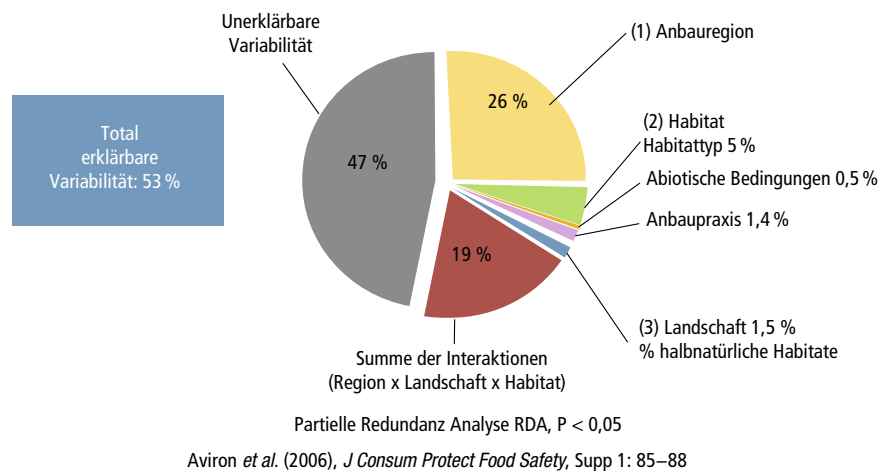
#### **Zusammenfassung**

Der Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP) muss laut Gentechnikgesetz in der Schweiz von einem Umweltmonitoring begleitet werden. Das Umweltmonitoring soll dazu beitragen, mögliche negative Auswirkungen auf die Umwelt möglichst frühzeitig zu erkennen und allfällige Massnahmen zu ergreifen. Entsprechend müssen die Behörden in der Lage sein, Umweltveränderungen zu erkennen und als Umweltschäden einzustufen. Aus unserer Sicht ist ein Umweltmonitoring jedoch nur bedingt geeignet, um Unsicherheiten zu reduzieren, die nach der Risikobewertung von GVP noch existieren könnten. Aus wissenschaftlicher Sicht gibt es vier Schwierigkeiten bei solchen Entscheidungen. Die ersten drei Schwierigkeiten betreffen methodische Einschränkungen bei der wissenschaftlichen Datenerhebung. Die vierte Schwierigkeit resultiert aus der kontroversen Bewertung von Umweltauswirkungen von GVP. So ist heute unklar, welche Umweltveränderungen effektiv als Schaden zu bewerten sind. In diesem Artikel analysieren wir die vier Herausforderungen und schlagen mögliche Strategien vor, wie diesen begegnet werden könnte. Verbleibende Unsicherheiten sollte man besser während der Risikobewertung vor der Zulassung überprüfen. Zulassungsbehörden sollten die Einschränkungen von Umweltmonitoringprogrammen für die Entscheidungsfindung beim Anbau von GVP anerkennen.

DEXi (Bohanec *et al.* 2008) oder die Ökobilanzierung (Nemecek *et al.* 2011), mit denen verschiedene Kriterien miteinander verglichen werden können. Solche Methoden sind besonders wichtig, da der Anbau von GVP im Vergleich zur gegenwärtigen Praxis auch positive Umweltauswirkungen haben könnte.

#### **Herausforderung Nr. 2: Umweltveränderungen sind selten einer bestimmten Ursache zuzuschreiben**

Behörden benötigen nicht nur verlässliche Informationen zu Veränderungen des Umweltzustandes, sondern auch zu den Ursachen dieser Veränderungen (Vos *et al.* 2000). In der Regel ist es jedoch schwierig, eine Umweltveränderung einer bestimmten Ursache (wie z. B. dem



**Abb. 1** | Variabilität in Tagfalterpopulationen im Schweizer Mittelland, die durch die Erhebung von 31 Einflussfaktoren erklärt werden konnte (Aviron *et al.* 2009; Aviron *et al.* 2006). Die total erklärbare Variabilität beträgt 53 %, während 19 % der Variabilität sich aus der Summe der Interaktion verschiedener Faktoren erklären. Grösster Einflussfaktor ist mit 26 % die Anbauregion (Ackerbau, Futterbau oder gemischter Anbau).

Anbau von GVP) zuzuschreiben. Dies liegt an der Komplexität der Umwelt und an der hohen Zahl an Faktoren, die einen Einfluss auf die Umwelt haben. Obwohl diese Schwierigkeit für die ökologische Forschung im Allgemeinen gilt, ist sie besonders relevant, wenn man die Veränderung einer bestimmten Ursache zuordnen muss, wie dies beim Umweltmonitoring von GVP der Fall ist. Im Folgenden soll die Schwierigkeit, die Ursachen einer Umweltveränderung zu bestimmen, am Beispiel einer Studie von Aviron und Kollegen illustriert werden (Aviron *et al.* 2009; Aviron *et al.* 2006). In der Studie wurde der Einfluss von diversen Faktoren auf die Variabilität von Tagfaltern in der Schweiz untersucht. Die Studie basierte auf einem umfassenden Datensatz, der sowohl die Präsenz als auch die Abundanz von Tagfaltern in drei Regionen des Schweizer Mittellandes beinhaltete. Zusätzlich zum Vorkommen der Tagfalter wurden auch 31 beschreibende Faktoren erhoben, so beispielsweise die biogeographische Region, Landschaftsmerkmale, Habitattypen und landwirtschaftliche Nutzung. Die Analyse zeigte, dass Tagfalterpopulationen eine grosse zeitliche und räumliche Variabilität aufweisen (Abb. 1). Trotz des ausführlichen Datensets, das verwendet wurde, konnte beinahe die Hälfte der Variabilität (47 %) keinen bekannten Ursachen zugeordnet werden. Auf die einzelnen Faktoren bezogen, erklärte sich der grösste Anteil der Variabilität (26 %) durch die Anbauregion (Ackerbau, Futterbau oder gemischte Nutzung), gefolgt vom Habitattyp (5 %), der Landschaftsstruktur (1,5 %), der landwirtschaftlichen Nutzung (1,4 %) und den Standorteigenschaften (0,5 %). Neunzehn Prozent der Variabilität erklärten sich durch ein Zusammenspiel der einzel-

nen Einflussfaktoren. Abgesehen von der Anbauregion hatten die anderen Faktoren nur einen geringen Einfluss auf die gesamte Variabilität. Dieses Beispiel zeigt, dass ein einzelner Faktor (wie z. B. der Anbau von Bt-Mais) einen erheblichen Effekt auf Tagfalter haben müsste, um von den anderen Einflussfaktoren unterscheidbar zu sein. Aus unserer Sicht ist es jedoch unwahrscheinlich, dass ein so markanter Effekt nicht schon bei der Risikobewertung vor der Zulassung der GVP entdeckt worden wäre (siehe auch Punkt 3) und man die Bt-Sorte deshalb überhaupt für den Anbau bewilligt hätte.

#### Lösung Nr. 2: Die Ursachen für die Variabilität von ökologischen Indikatoren sollten bestimmt werden

Das Ausmass und die Ursachen der Variabilität von Indikatoren sollten so gut als möglich quantifiziert werden. Statistische Datenanalysen können bei der Bestimmung der Gesamtvariabilität helfen, sowie Trends und Langzeitveränderungen aufzeigen (Ferguson *et al.* 2008). Für das Verständnis der Interaktionen zwischen ökologischen Faktoren und landwirtschaftlichen Anbausystemen sollte ein hierarchischer Ansatz gewählt werden (Baudry *et al.* 2000). Zwei räumliche Massstäbe sind für das Umweltmonitoring von GVP besonders relevant: die Feldebene, welche Landnutzung und landwirtschaftliche Anbaupraxis beschreibt, sowie die Landschaftsebene, welche die regionale landwirtschaftliche Nutzung und das Anbaumuster beschreibt. Landschaften können zudem mit Hilfe von Landschaftsklassifikation und -typisierung (Bailey und Herzog 2004; Groom *et al.* 2006) klassifiziert werden. Stratifizierte Zufallsstichproben, das heisst die Gruppierung von Landschaften und

Habitaten in relativ homogene Untergruppen, können den Vergleich von Monitoringdaten vereinfachen. Sollen die Ursachen von Veränderungen bestimmt werden, so ist es essenziell, nicht nur einen bestimmten Indikator zu erheben (z. B. die Abundanz von Tagfaltern) sondern möglichst viele Faktoren zu erfassen, die zur Erklärung der Variabilität beitragen, wie dies am Beispiel der Tagfalter im Schweizer Mittelland gezeigt wurde.

### **Herausforderung Nr. 3: Lange Zeiträume sind nötig, damit Veränderungen sichtbar werden**

Umweltveränderungen manifestieren sich in der Regel erst nach langen Zeiträumen. Oft ist es schwierig zu entscheiden, ob beobachtete Daten einen Trend, einen Zyklus oder ein Hintergrundrauschen darstellen (Usher 1991). Ein gutes Beispiel für die Interaktion dieser drei Faktoren stellt die Bestandsentwicklung der einheimischen Brutvögel im Landwirtschaftsgebiet dar. Obschon der Bestand der Zielarten<sup>1</sup>, wie sie im Bericht «Umweltziele Landwirtschaft» (BAFU/BLW 2008) definiert werden, einen deutlichen Rückgang von 1990 bis 2009 zeigt, verläuft der Index der Leitarten in diesem Zeitraum ohne langfristigen Trend (Birrer *et al.* 2011). Die Abnahme der einheimischen Brutvogelarten war lange nicht erklärbar, da der Rückgang nicht auf einen einzelnen Faktor zurückzuführen war. Heute weiss man, dass die Veränderung durch das Zusammenspiel einer Reihe von Faktoren ausgelöst wurde, wie beispielsweise durch die Intensivierung der landwirtschaftlichen Praxis und die damit verbundene Reduktion der Habitatsqualität, sowie durch die allgemeine Homogenisierung von Agrarlandschaften (Lachat *et al.* 2010).

### **Lösung Nr. 3: Das Monitoring muss klare Hypothesen adressieren**

Umweltmonitoringdaten sind oftmals wenig aussagekräftig für Entscheidungsfindungen, da lange Zeiträume erforderlich sind, um ökologische Trends sichtbar zu machen. Daher sollte ein Umweltmonitoring nur etabliert werden, wenn es geeignet erscheint, bestimmte Effekte in einer geeigneten Zeitspanne zu detektieren. Die Entscheidung, ein Umweltmonitoring und speziell eine fallspezifische Überwachung<sup>2</sup> durchzuführen, ver-

<sup>1</sup>Zielarten sind lokal bis regional vorkommende, aber national gefährdete Arten, die erhalten und gefördert werden sollten und für welche die Schweiz in Europa eine besondere Verantwortung hat. Leitarten sind charakteristisch für eine Region und repräsentativ für ein bestimmtes Habitat und dienen damit als Indikatoren für die Qualität des Lebensraums, den sie besiedeln.

<sup>2</sup>Das Umweltmonitoring von GVP wird in der Regel in eine fallspezifische Überwachung und in eine allgemeine Umweltbeobachtung unterteilt.

langt offene Fragen aus der Risikobewertung, die einer wissenschaftlichen Unsicherheit unterliegen (Europäische Gemeinschaft 2001; FrSV SR 814.911). Es muss eine logische Risikohypothese formuliert werden können, wie eine spezifische GVP ein bestimmtes Schutzgut beeinträchtigen könnte (Sanvido *et al.* 2004). Doch kann auch die beste Hypothese zu unsicheren Schlüssen führen, wenn sie nicht rigoros getestet wird (Romeis *et al.* 2011). Um als Grundlage für behördliche Entscheidungen zu dienen, müssen die Tests so durchgeführt werden, dass die definierte Risikohypothese mit der grösstmöglichen Sicherheit bestätigt wird. Dies führt zur Frage, unter welchen Bedingungen das Vorhandensein der vermuteten Effekte mit der grösstmöglichen Wahrscheinlichkeit nachgewiesen werden können. Wie das Beispiel über die Variabilität der Tagfalter im Schweizer Mittelland gezeigt hat, werden Umwelteffekte durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Sofern ein bestimmter Stressor (z. B. das Bt-Toxin) nicht einen relativ grossen Effekt verursacht, erzeugen eine Anzahl von Einflussfaktoren wahrscheinlich verschiedene sich überlappende Effekte. Der Einfluss der einzelnen Faktoren wird nur schwer zu unterscheiden sein. Es könnte daher sehr schwierig werden, die Kausalität zwischen einem bestimmten Effekt und dem Faktor, der ihn ausgelöst hat, zu bestimmen. Ein relevanter Effekt wird deshalb viel eher in einer kontrollierten Umgebung entdeckt, in der nur ein paar wenige Faktoren variieren, als in einer multifaktoriellen Umgebung, wie sie typisch für ein Monitoringprogramm ist. Je nach Risikohypothese kann das Testen der Hypothese unter kontrollierten Bedingungen (wie dem Labor oder dem Halbfreiland) deshalb aufschlussreicher sein, als das Testen unter realistischen Bedingungen im Freiland.

### **Herausforderung Nr. 4: Schutzgüter werden unterschiedlich gewichtet**

Die unterschiedliche Bewertung von wissenschaftlichen Daten beeinflusst die Entscheidungsfindung durch Behörden. Umweltauswirkungen von GVP werden unterschiedlich bewertet, da die zu schützenden ökologischen Einheiten im Gesetz relativ vage formuliert sind. So sind beispielsweise die im Gentechnikgesetz (GTG SR 814.91) verankerten Schutzziele wie «Schutz der Umwelt» oder «Erhalt der biologischen Vielfalt» so breit gefasst, dass sie zu viel Raum für Interpretationen zulassen und deshalb operationalisiert werden müssen. Verschiedene Interessengruppen interpretieren unscharf formulierte Schutzziele unterschiedlich mit dem Resultat, dass die Vorstellungen, was durch den Anbau von GVP nicht beeinträchtigt werden sollte, weit auseinander liegen. Ein gutes Beispiel für solche Kontroversen stellt die

Interpretation der Resultate der UK Farm Scale Evaluations (FSE) dar. In den FSE wurden konventionelle und gentechnisch veränderte herbizidtolerante (GVHT) Kulturen von Zuckerrübe, Raps und Mais hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Biodiversität von Unkräutern und Arthropoden verglichen. In GVHT Zuckerrübe und in GVHT Raps fanden die Forschenden geringere Mengen an Schmetterlingen und Bienen. Im Gegensatz dazu wurden in GVHT Mais, aufgrund der grösseren Anzahl an Unkräutern im Feld, generell grössere Populationen bei Schmetterlingen und Bienen gefunden als in der nicht-GVHT Kultur (Haughton *et al.* 2003). Die britischen Behörden schlossen aus diesen Ergebnissen, dass der Anbau von konventionellem, nicht GVHT Raps und konventioneller Zuckerrübe besser für eine Vielzahl von Artengruppen ist (DEFRA 2005). In ihrer Bewertung der FSE Resultate beurteilten die englischen Behörden das Vorhandensein von Unkräutern im Feld als ein Schutzgut, da Unkräuter als wichtiger Bestandteil von Agrarökosystemen betrachtet wurden (Marshall *et al.* 2003). Im Gegensatz zur Interpretation der englischen Behörden argumentierten die australischen Behörden in einem Bericht, dass sie den Erhalt von Unkräutern auf landwirtschaftlichen Feldern nicht als Ziel ihrer nationalen Biodiversitätsstrategie betrachten (CSIRO 2003). Dieses Beispiel zeigt, dass, je nach Wertvorstellungen, Behörden unterschiedliche Ansichten über die Frage haben können, ob Unkräuter in landwirtschaftlichen Feldern geschützt werden sollen, um als Nahrungsgrundlage für Wirbellose und Vögel zu dienen.

#### Lösung Nr. 4: Schutzgüter für landwirtschaftliche Anbausysteme definieren und operationalisieren

Um Daten aus dem Umweltmonitoring eindeutig interpretieren zu können, benötigen Behörden klare Vorgaben, welche Schutzgüter durch den Anbau von GVP nicht beeinträchtigt werden sollen und welche Beeinträchtigung einen Schaden darstellt. Gegenwärtig bieten die gesetzlichen Vorgaben, die den Schutz der Biodiversität vor Auswirkungen durch GVP regeln, zu viel Interpretationsspielraum. So entstehen Unklarheiten, wie zum Beispiel die Frage, ob und in welchem Grade man Unkräuter in landwirtschaftlichen Feldern schützen soll. Zukünftige Entscheidungsprozesse könnten intransparent und nur schwer nachvollziehbar erscheinen, da exakte Vorgaben zur Bewertung der Auswirkungen von GVP fehlen. Um dieses Problem zu beheben, schlagen wir einen Ansatz vor, mit dessen Hilfe die Behörden, die sich mit der Zulassung von GVP befassen, eine Definition der Begriffe «Umwelt» und «Biologische Vielfalt» vornehmen können (Sanvido *et al.* 2011). Idealerweise sollte eine Bestimmung der Umweltgüter, die konkret zu

schützen sind, in einem transparenten Prozess bestimmt werden, bei dem alle relevanten Akteure (d. h. Regulierer, Antragstellende und wissenschaftliche Expertinnen und Experten) involviert werden.

## Schlussfolgerungen

Die in diesem Artikel erwähnten Schwierigkeiten zeigen eine Reihe von Herausforderungen bei der Analyse von Umweltmonitoringdaten für regulatorische Entscheidungsprozesse beim Anbau von GVP. Das Monitoring von GVP könnte sowohl vom Zeitaufwand wie auch von den Kosten her eine enorm anspruchsvolle Aufgabe werden, die unter Umständen wenig Daten liefert, die bei behördlichen Entscheidungen verwendet werden können. Die Zulassungsbehörden sollten sich der Limiten von Umweltmonitoringprogrammen für behördliche Entscheidungen bewusst sein. Aus unserer Sicht wäre es oftmals effizienter und aussagekräftiger, verbleibende Unsicherheiten zu den Umweltauswirkungen von GVP während der Risikobewertung vor der Zulassung zu untersuchen. Beim Monitoring beobachtete Umweltveränderungen können zudem meist nicht einer einzigen Ursache, wie beispielsweise dem Anbau von GVP, zugeordnet werden, da langjährige Messungen nötig sind, um Trends zu eruieren und oft zwischen den Jahren grosse natürliche Schwankungen auftreten. Um erhobene Monitoringdaten nutzen zu können, benötigen die Behörden eine Vergleichsbasis, die Daten aus bestehenden Beobachtungen berücksichtigt. Leider gibt es in der Schweiz kaum langjährige Datensätze zur Biodiversität in Agrarräumen, die man für ein Umweltmonitoring eines kommerziellen GVP Anbaus beziehen könnte. Da Entscheidungen oftmals relativ kurzfristig gefällt werden müssen, könnte man statt dessen die Umweltauswirkungen von GVP mit Hilfe von Ökobilanzen und Multi-Attribut Verfahren (ACRE 2007; Sanvido *et al.* 2011b) mit den Auswirkungen bekannter landwirtschaftlicher Praktiken vergleichen. Dabei würde der Anbau von GVP in den Kontext des jeweiligen Anbausystems gestellt und die Vor- und Nachteile des jeweiligen Systems würden aus der Sicht der Nachhaltigkeit beurteilt. Dieser Ansatz berücksichtigt, dass Technologien, die ähnliche Umweltauswirkungen haben, nach demselben regulatorischen Ansatz reguliert werden sollten. Es gibt keine überzeugenden Argumente, eine strengere Regulierung für eine bestimmte Technologie anzuwenden, falls eine andere Technologie zu ähnlichen Umweltauswirkungen führt. ■

**Riassunto****Sfide nel monitoraggio ambientale di piante geneticamente modificate**

In virtù della legge sull'ingegneria genetica, in Svizzera la coltivazione di piante geneticamente modificate (PGM) deve essere abbinata a un monitoraggio ambientale al fine di individuare per tempo eventuali effetti negativi sull'ambiente e adottare i provvedimenti del caso. Le autorità devono essere in grado di riconoscere delle variazioni ambientali e di classificarle come danno ambientale. Noi riteniamo che un monitoraggio ambientale è adatto solo in parte per ridurre le incertezze che potrebbero ancora sussistere dopo la valutazione del rischio delle PGM. Dal profilo scientifico, simili decisioni presentano quattro difficoltà: le prime tre riguardano restrizioni metodologiche nella rilevazione scientifica dei dati, la quarta risulta dalla valutazione controversa sugli effetti ambientali delle PGM. A oggi non è quindi ancora stato chiarito quali variazioni ambientali debbano essere effettivamente considerate come danni. Nel presente articolo analizziamo le quattro difficoltà che si pongono, proponendo possibili strategie per affrontarle. Sarebbe opportuno verificare le rimanenti incertezze durante l'analisi del rischio prima dell'omologazione. Le autorità preposte all'omologazione dovrebbero riconoscere le restrizioni dei programmi di monitoraggio ambientale nel processo decisionale in vista della coltivazione di PGM.

**Summary****Challenges in the environmental monitoring of genetically modified plants**

According to genetic engineering legislation in Switzerland, the cultivation of genetically modified plants (GMPs) must be accompanied by environmental monitoring. This environmental monitoring is intended to identify any negative effects on the environment as early as possible so that necessary remedial measures can be taken. Accordingly, the authorities must be in a position to recognise changes in the environment and classify them as environmental harm. In our opinion, however, environmental monitoring is only partially suitable for reducing uncertainties which might still exist after the risk assessment of GMPs. From a scientific point of view, there are four difficulties with such decisions. The first three difficulties concern methodological limitations in scientific data collection. The fourth difficulty stems from the controversial assessment of the environmental effects of GMPs. Thus, it is nowadays unclear just which environmental changes are effectively to be evaluated as constituting harm. In this article, we analyse the four challenges and suggest possible strategies for countering them. Any remaining uncertainties should ideally be investigated during risk assessment before approval is granted. Regulatory authorities should recognise the limitations of environmental-monitoring programs for decision-making during cultivation of GMPs.

**Key words:** regulatory decision-making, biodiversity, environmental monitoring, genetically modified plants, environmental harm.

**Literatur**

Das Literaturverzeichnis kann beim Autor bezogen werden.