

# Mögliche Umweltschäden der Gentechnik bewertbar machen

Olivier Sanvido, Jörg Romeis und Franz Bigler, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zürich  
 Auskünfte: Olivier Sanvido, E-Mail: olivier.sanvido@art.admin.ch, Tel.+41 44 377 73 04



Honigbienen sind wichtige Bestäuber und leisten eine für den Menschen essentielle Ökosystem-Dienstleistung. Sie würden mit Sicherheit als eine zu schützende Gemeinschaft der Bestäuber definiert. (Foto: ART)

## Einleitung

Die Auswirkungen von gentechnisch veränderten (GV) Nutzpflanzen auf die Umwelt werden auch heute noch kontrovers diskutiert. Die Debatte über die Frage, ob der Anbau von GV Pflanzen die Umwelt schädigt, resultiert dabei nicht primär aus einem Mangel an wissenschaftlichen Daten sondern eher aus einem Mangel an Kriterien, wie die Auswirkungen von GV Pflanzen auf die Biodiversität zu bewerten sind. Da exakte Bewertungskriterien

fehlen, sind Regulierungs- und Entscheidungsprozesse heute häufig nicht transparent und oft schwer nachvollziehbar. Jedoch schreiben die gesetzlichen Grundlagen für die Zulassung und den Gebrauch von GV Pflanzen in der Schweiz und in der Europäischen Union vor, dass Zulassungsbehörden zu entscheiden haben, welche Art von Umweltveränderungen relevant sind und einen Umweltschaden darstellen. Gegenwärtig besteht die Gefahr, dass solche Entscheidungen willkürlich erscheinen, da klare Bewertungskriterien fehlen.

## Material und Methoden

Das im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 59 «Nutzen und Risiken der Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen» durchgeführte Projekt VERDI<sup>1</sup> hat zum Ziel, Empfehlungen für Entscheidungsträger und Zulassungsbehörden zu entwickeln, mit deren Hilfe die Regulierung von GV Pflanzen verbessert werden kann. Zu diesem Zweck haben wir Expertinnen und Experten aus Zulassungsbehörden, Industrie und Forschung aus verschiedenen Europäischen Ländern zu zwei Workshops eingeladen. Im ersten Workshop haben wir aktuelle Ansätze und Herausforderungen bei Entscheidungsprozessen zu GV Pflanzen analysiert. Im zweiten Workshop wurde bestimmt, welche Auswirkungen von GV Pflanzen auf die Biodiversität als inakzeptable Schäden zu bewerten sind. Diese Bewertung fand basierend auf einem ökologischen und ethischen Vergleich der Auswirkungen von GV Pflanzen mit der gängigen landwirtschaftlichen Praxis statt. Die Resultate der Diskussionen haben wir verwendet, um Empfehlungen zu erstellen, mit deren Hilfe die relevanten ethischen und ökologischen Kriterien zur Bewertung von Auswirkungen von GV Pflanzen auf die Biodiversität bestimmt werden können. Im Artikel werden im Folgenden nur die ökologischen Aspekte besprochen.

### Bestehende Schadensdefinitionen

Bis heute gibt es keine konsistente und allgemein akzeptierte Definition des Begriffs «Umweltschaden» (Sanvido *et al.* 2011). Dennoch sind allen Definitionen die folgenden drei Punkte gemeinsam:

- (1) Der Schaden entsteht an einer natürlichen Ressource oder Ökosystem-Dienstleistung,
- (2) der Schaden ist messbar und
- (3) der Schaden ist durch eine negative Veränderung charakterisiert.

Diese drei Gemeinsamkeiten führen zu drei Fragen, die es bei einer Definition von Umweltschaden zu beantworten gilt (Abb. 1):

- (1) Was soll geschützt werden?
- (2) Was soll gemessen werden?
- (3) Was ist eine unerwünschte, negative Veränderung? ➤

<sup>1</sup>Valuating environmental impacts of GM crops – ecological and ethical criteria for regulatory decision-making (dt. Bewertung von Umwelteffekten gentechnisch veränderter Pflanzen – ökologische und ethische Entscheidungskriterien für deren Regulierung)

**Zusammenfassung** Die Debatte über mögliche Auswirkungen gentechnisch veränderter (GV) Nutzpflanzen auf die Biodiversität zeigt, dass es bisher keinen Konsens über allgemein akzeptierte Bewertungskriterien für Umweltschäden gibt. Diese Debatte resultiert nicht primär aus zu wenig Daten, sondern eher aus einem Mangel an Kriterien zur Bewertung der Auswirkungen von GV Pflanzen auf die Biodiversität. Da exakte Bewertungskriterien fehlen, sind Regulierungs- und Entscheidungsprozesse oft nicht transparent und nur schwer nachvollziehbar. Dies verstärkt die Gefahr, dass Entscheide betreffend Umweltrisiken von GV Pflanzen willkürlich erscheinen. Das Projekt VERDI (Bewertung von Umwelteffekten gentechnisch veränderter Pflanzen – ökologische und ethische Entscheidungskriterien für deren Regulierung) hat zum Ziel, Empfehlungen für Entscheidungsträger und Zulassungsbehörden zu entwickeln, mit deren Hilfe die Regulierung von GV Pflanzen verbessert werden kann.

Die Resultate zeigen, dass sowohl die eindeutige Beschreibung von Schutzgütern als auch die Festlegung der Vergleichsbasis zwei essentielle Punkte sind, wenn es um die Definition von Schaden geht. Im Projekt erarbeiten wir Vorschläge, wie diese beiden Punkte verbessert werden können.

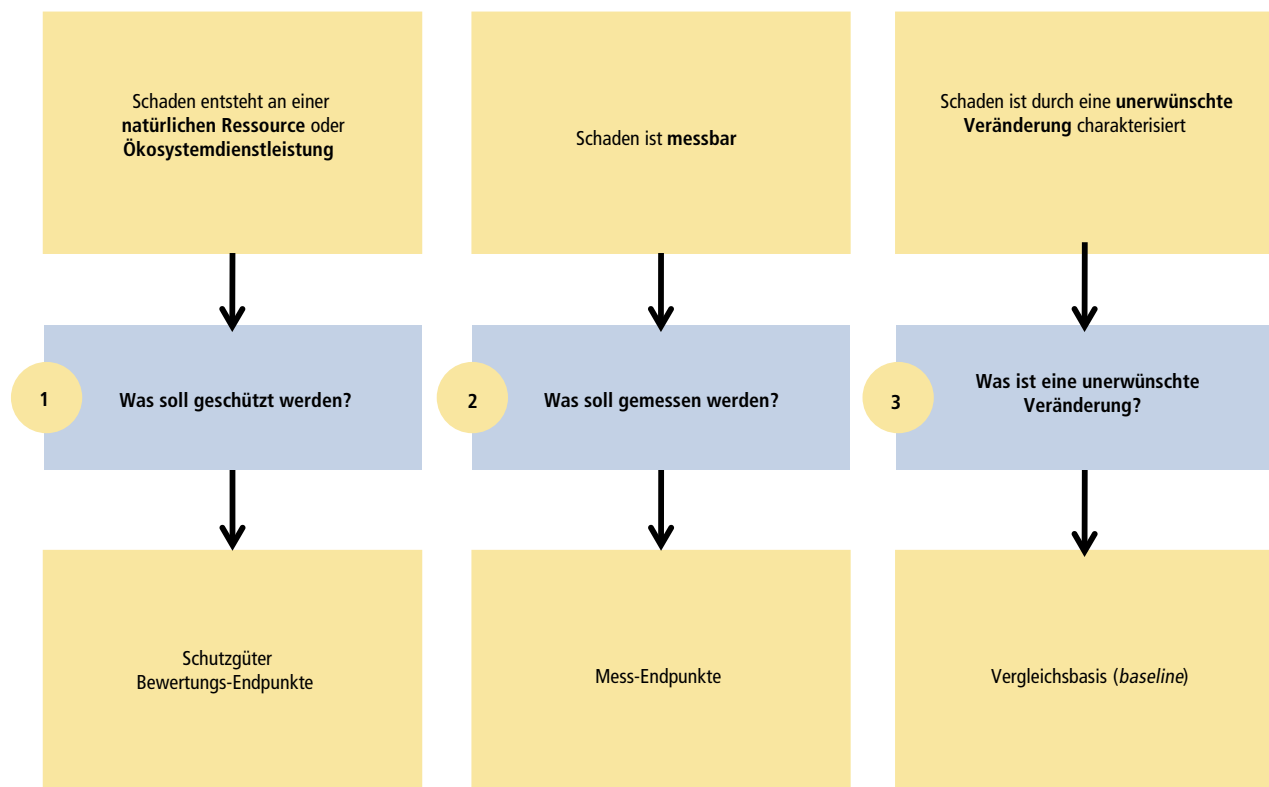


Abb. 1 | Alle Definitionen von «Umweltschaden» haben drei Punkte gemeinsam. Diese drei Punkte führen zu drei Fragen, die es bei der Definition des Begriffs zu beantworten gilt.

Im Folgenden werden wir auf jede dieser drei Fragen genauer eingehen. Dabei beschränken wir die Analyse auf die Auswirkungen von GV Pflanzen auf die Biodiversität.

## Resultate und Diskussion

### Was soll geschützt werden?

Die vom Gesetz vorgegebenen Schutzgüter stellen für die Zulassungsbehörden den Ausgangspunkt für eine Schadensdefinition dar. Jedoch sind die im Gesetz verwendeten Begriffe für die Beschreibung des Schutzguts «Biodiversität» zu vage formuliert, um wissenschaftlich erfasst und beurteilt zu werden. Um dieses Problem zu beheben, schlagen wir einen Ansatz vor, mit dessen Hilfe eine Definition des Begriffs «Biodiversität» vorgenommen werden kann. In einem ersten Schritt werden die Schutzgüter detaillierter definiert. Aufbauend auf den Schutzgütern können in den darauffolgenden Schritten wissenschaftlich messbare Schutzziele definiert werden, die als Basis für die Entscheidungsfindung dienen. Die Schutzgüter leiten sich aus den relevanten

gesetzlichen Grundlagen ab. In der Schweiz sind dies das Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz sowie die entsprechende Verordnung (NHG, SR 451; NHV, SR 451.1). Die Natur- und Heimatschutz Verordnung bildet einerseits die Basis für die Roten Listen und listet andererseits auch eine Reihe von schützenswerten Lebensräumen auf, die es zu berücksichtigen gilt. Seit kurzem gibt es zudem die vom Bundesamt für Umwelt und dem Bundesamt für Landwirtschaft gemeinsam definierten «Umweltziele Landwirtschaft», die aus den bestehenden rechtlichen Grundlagen hergeleitet wurden (Bafu/BLW 2008). Darin werden Ziel- und Leitarten definiert, die typisch für die landwirtschaftlich genutzte Fläche sind oder von der landwirtschaftlichen Nutzung abhängig sind. 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. Sie dienen damit als Indikatoren für die Qualität des Lebensraums, den sie besiedeln.

### Schutz von Ökosystem-Dienstleistungen

Neben dem Schutz von Arten und Lebensräumen ist im Zusammenhang mit dem Schutz der Biodiversität in den letzten Jahren der Begriff der «Ökosystem-Dienstleistungen» immer wichtiger geworden (Millenium Ecosystem Assessment 2005). Ökosystem-Dienstleistungen bezeichnen sämtliche Leistungen, die die Gesellschaft aus Ökosystemen bezieht, beispielsweise die Bestäubung von Blüten oder die biologische Schädlingsbekämpfung. Diese Dienstleistungen sind essentiell für das Leben auf unserem Planeten, da sie nicht oder nur bedingt durch technische Alternativen ersetzt werden können. Wir schlagen einige Ökosystem-Dienstleistungen vor, die es aus landwirtschaftlicher Sicht besonders zu schützen gilt: Bestäubung, biologische Schädlingsbekämpfung, Zersetzung von organischem Material, Stoffflüsse (N, P), Bodenstruktur, Wasserregulierung und -reinigung. Welche Ökosystem-Dienstleistungen genau geschützt werden sollen, muss von den zuständigen Zulassungsbehörden bestimmt werden. Ganz allgemein müssen die Behörden, die sich mit der Zulassung von GV Pflanzen befassen, auf der Basis der gesetzlichen Grundlagen festlegen, welche Schutzgüter beachtet werden sollen. Idealerweise sollte eine solche Definition in einem transparenten Prozess bestimmt werden, bei dem alle relevanten Akteure (d.h. Regulierer, Antragsteller und wissenschaftliche Expertinnen und Experten) involviert werden. Mit Hilfe des hier vorgestellten Ansatzes können Behörden, die zu beachtenden Schutzgüter mit Hilfe eines systematischen Prozesses bestimmen und allfällige Schäden messbar machen.

Listen mit ökologischen Schutzgütern stellen einen ersten Anhaltspunkt dar, was es zu schützen gilt. Die ausgewiesenen Schutzgüter haben jedoch den Nachteil, dass sie in der Regel nur schwer bewertbar sind, da sie wissenschaftlich nicht klar messbar sind (Marti *et al.* 2000). In einem zweiten Schritt sollten deshalb sogenannte Bewertungs-Endpunkte anhand definierter Kriterien spezifiziert werden. Ein Bewertungs-Endpunkt (engl. assessment endpoint) wird hierbei als eine klar spezifizierte ökologische Einheit definiert, die es laut den gesetzlichen Grundlagen zu schützen gilt (Suter 2000). Es ist wichtig zu beachten, dass ein Bewertungs-Endpunkt kein Indikator ist, d.h. es ist kein Zeigerwert, der einen Hinweis auf bestimmte Umweltbedingungen liefert.

### Bewertungs-Endpunkte

Bei der Definition von Bewertungs-Endpunkten gilt es zuerst, die zu schützenden ökologischen Einheiten basierend auf den im Voraus definierten Schutzgütern zu präzisieren. Bei den zu schützenden Artengruppen sind dies

in Bezug auf den Anbau von GV Pflanzen speziell Säugtiere, Vögel, Amphibien, Insekten und Pflanzen. Ähnlich muss für den Schutz von Ökosystem-Dienstleistungen eine ökologische Einheit bestimmt werden, die für eine Dienstleistung jeweils charakteristisch ist. Bei der Bestäubung sind dies beispielsweise bestäubende Insekten während Bodenorganismen für die Zersetzung von organischem Material nötig sind.

Die Beschreibung von Bewertungs-Endpunkten zeichnet sich zusätzlich durch die genaue Definition von fünf messbaren Faktoren aus, die eine wissenschaftliche Überprüfung des Schutzstatus der definierten ökologischen Einheiten zulassen:

- (1) **Zu schützende Eigenschaft beziehungsweise Einheit:** Beim Schutz der Biodiversität gilt es in der Regel, die Populationsdichte einer geschützten Art zu erhalten, während es beim Schutz von Ökosystem-Dienstleistungen darum geht, die ökologische Funktion zu erhalten.
- (2) **Zu schützende Elemente:** Es gilt zu entscheiden, ob der Schutz für das Individuum, die Population oder die Organismen-Gemeinschaft gilt. So kann es gut sein, dass grössere Säugetiere wie beispielsweise Rehe als einzelnes Individuum geschützt werden könnten, während andere Arten auf der Ebene der Population geschützt werden (GTG, SR 814.91).
- (3) **Die Definition der Räume, in denen die ökologischen Einheiten zu schützen sind:** Der Schutz kann sich auf das Feld mit GV Pflanzen, auf andere landwirtschaftliche Flächen oder auch auf nicht-landwirtschaftliche Flächen beziehen. Auf landwirtschaftlichen Flächen befinden sich in der Regel wenige Wirtspflanzen, die Tagfalterlarven als Nahrungsgrundlage dienen. Bei Tagfaltern könnte der Schutz deshalb explizit nur auf nicht-landwirtschaftlichen Flächen vorgeschrieben werden.
- (4) **Zu schützenden Zeiteinheit:** Es ist festzulegen, wie lange die definierten ökologischen Einheiten zu schützen sind. Obwohl beispielsweise das Gentechnikgesetz einen dauerhaften Erhalt der biologischen Vielfalt und der Fruchtbarkeit des Bodens verlangt, ist Dauerhaftigkeit keine wissenschaftlich messbare Zeiteinheit. Wir schlagen daher vor, den Schutz auf eine überschaubare Zeiteinheit wie die gegenwärtige oder die folgende Anbausaison zu beschränken. Sollte dies zu kurz sein, könnte der Schutz auch auf zehn Jahre ausgeweitet werden. Dies entspricht dem Zeitraum, für den heute eine GV Pflanze eine Bewilligung erhält (VGVL, SR 817.022.51). ➤

(5) **Schädlicher Effekt definieren:** Beim Schutz der Biodiversität betrachtet man normalerweise eine «relevante» Abnahme der Populationsdichte als Schaden, während beim Schutz von Ökosystem-Dienstleistungen eine «relevante» Störung der ökologischen Funktion einen Schaden darstellt. Wie gross eine solche «relevante» Abnahme der Populationsdichte oder eine Störung der ökologischen Funktion im Detail sein darf, muss von den Zulassungsbehörden definiert werden.

#### Was soll gemessen werden?

Nach der Definition von Bewertungs-Endpunkten gilt es in einem nächsten Schritt Mess-Endpunkte zu definieren. Mess-Endpunkte (engl. *measurement endpoints*) sind messbare biologische Eigenschaften, die in Beziehung zu einem bestimmten Bewertungs-Endpunkt gestellt werden können (Suter 2000). Sie erlauben zu bestimmen, ob es zu Effekten auf die vorab definierten zu schützenden ökologischen Einheiten gekommen ist. Da es unmöglich ist, den Zustand eines bestimmten Schutzguts (z.B. die Artenvielfalt von Tagfaltern) als Ganzes zu bestimmen, gilt es zunächst, geeignete Indikatoren zu definieren. In der Regel wählt man hierzu Arten aus, die besonders repräsentativ für eine bestimmte Artengruppe sind (Reid *et al.* 1993). Anschliessend werden Parameter bestimmt, die Aussagen über unerwünschte Veränderungen des gewählten Indikators erlauben.

Diese Parameter können je nach Testumgebung variieren. Parameter für Laboruntersuchungen decken in der Regel letale (z.B. Tod) oder subletale Effekte (z.B. Fortpflanzungsfähigkeit) ab, während für Felduntersuchungen Parameter wie Populationsdichte oder Diversität charakteristisch sind (Duelli 1997; Romeis *et al.* 2011).

#### Was ist eine unerwünschte Veränderung?

Die Vergleichsbasis zeigt an, welche Veränderungen unerwünscht sind und somit einen Schaden darstellen. Da meist unklar ist, was als Vergleichsbasis dienen soll, benötigt sie eine genauere Charakterisierung. Aus rechtlicher Sicht sollte bei der Schadensbewertung von GV Pflanzen theoretisch nur das als Schaden bewertet werden, was man bereits heute im Zusammenhang mit anderen Technologien als Schaden betrachtet. Es wäre aus unserer Sicht inkonsistent, an den Anbau von GV Pflanzen höhere Schutzansprüche zu stellen als an die übrigen Technologien der konventionellen Landwirtschaft.

Im Fall der heute kommerzialisierten GV Pflanzen stellt sich jedoch das Problem, dass deren Anwendung im Vergleich beispielsweise zu Pestiziden unterschiedlich

gesetzlich geregelt ist. Häufig wird dies von Zulassungsbehörden als Argument herangezogen, warum kein direkter Vergleich zwischen GV-Anbausystemen und der gängigen Anbaupraxis gezogen wird. Dennoch sollte ein solcher Vergleich möglich sein. Die beabsichtigte Wirkung eines Pflanzenschutzmittels auf bestimmte Schädlinge ist das Ziel der Anwendung und wird ausdrücklich nicht als Schaden gewertet, selbst wenn die effektive Kontrolle des Schadorganismus Auswirkungen auf die spezifisch von ihm abhängigen Nützlinge hat. Hingegen werden unbeabsichtigte Auswirkungen auf Nichtziel-Organismen als unerwünscht bewertet, wenn sie ein gewisses Mass übersteigen und nicht reversibel sind (Candolfi *et al.* 2000; European Commission 2002). Es ist nicht nachvollziehbar, warum dieses Prinzip nicht auch bei GV Pflanzen als Basis für die Bewertung von Umweltauswirkungen genommen werden kann. Die Anwendung des gleichen Prinzips würde einen Vergleich zwischen den beiden Verfahren ermöglichen.

## Schlussfolgerungen

Die hier präsentierten Überlegungen können zu einem besseren Verständnis des Schadensbegriffs beitragen und damit eine allgemein akzeptierte Schadensbewertung erleichtern. Sie können zudem helfen, dass Entscheide der Behörden über Umweltrisiken gentechnisch veränderter Nutzpflanzen transparent und nachvollziehbar sind und nicht den Eindruck erwecken, willkürlich gefällt worden zu sein. Damit kann sichergestellt werden, dass alle Technologien, die die Umwelt potenziell schädigen könnten, nach den gleichen gesetzlichen Kriterien bewertet werden. ■

**Riassunto****Modalità di valutare i potenziali danni ambientali dell'ingegneria genetica**

Il dibattito sui possibili effetti delle colture geneticamente modificate (OGM) sulla biodiversità mostra che finora non è stato raggiunto un consenso su criteri di valutazione dei danni ambientali generalmente accettati. Se il dibattito è ancora in corso, non è a causa di una carenza di dati, bensì dell'assenza di criteri per la valutazione delle conseguenze delle piante OGM sulla biodiversità. Mancando precisi criteri di valutazione, i processi regolatori e decisionali spesso non sono trasparenti e nemmeno facilmente comprensibili. Ciò accresce il pericolo che le decisioni in materia di rischi ambientali correlati alle piante OGM vengano prese in maniera arbitraria. Il progetto VERDI (Valutazione degli effetti ambientali delle piante geneticamente modificate – criteri decisionali ecologici ed etici per la loro regolamentazione) è finalizzato a mettere a punto raccomandazioni per gli organi decisori e le autorità preposte all'omologazione, attraverso le quali è possibile migliorare la regolamentazione delle piante OGM. Dai risultati emerge che la chiara descrizione dei beni da proteggere e la determinazione della base di confronto costituiscono due punti essenziali quando si tratta di definire danni. Nel quadro del progetto si elaborano proposte per perfezionare questi due aspetti.

**Literatur**

- Bafu/BLW, 2008. Umweltziele Landwirtschaft - hergeleitet aus bestehenden rechtlichen Grundlagen, Umwelt-Wissen Nr. 0820. Bundesamt für Umwelt, Bern. 221 S.
- Candolfi M., Bigler F., Campbell P., Heimbach U., Schmuck R., Angeli G., Bakker F., Brown K., Carli G., Dinter A., Forti D., Forster R., Gathmann A., Hassan S., Mead-Briggs M., Melandri M., Neumann P., Pasqualini E., Powell W., Reboulet J.N., Romijn K., Sechser B., Thieme T., Ufer A., Vergnet C. & Vogt H., 2000. Principles for regulatory testing and interpretation of semi-field and field studies with non-target arthropods. *Anzeiger für Schädlingskunde - Journal of Pest Science* 73 (6), 141–147.
- Duelli P., 1997. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: an approach at two different scales. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 62, 81–91.
- European Commission, 2002. Guidance document on terrestrial ecotoxicology under Council Directive 91/414/EEC, Directorate E - Food Safety: plant health, animal health and welfare, international questions, Brussels. 39 S.
- Marti F., Maurer R. & Stapfer A., 2000. Erfolgskontrollen von Naturschutzmassnahmen. In: Erfolgskontrolle von Umweltmassnahmen - Perspektiven für ein integratives Umweltmanagement (Ed. R.W. Scholz), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 65–91.

**Summary****Facilitating the evaluation of possible environmental harm from genetic engineering**

The debate on the possible impact of genetically modified (GM) crops on biodiversity shows that so far there is no consensus on generally accepted assessment criteria for environmental harm. This debate stems primarily not from a shortage of data, but rather from the absence of criteria for assessing the effects of GM plants on biodiversity. Since there are no exact assessment criteria, regulatory decision-making processes are often not transparent and can be difficult to understand. This increases the danger that decisions on environmental risks from GM plants may appear arbitrary. The aim of the VERDI Project (Valuating environmental effects of genetically modified crops – ecological and ethical criteria for regulatory decision-making) is to develop recommendations for decision makers and licensing authorities, thus helping to improve the regulation of GM plants. The results show that both the unambiguous description of protection goals and the establishment of a basis of comparison are two essential criteria when defining harm. In the project we are working on suggestions for improving these two criteria.

**Key words:** environmental harm, regulatory decision-making, biodiversity, protection goals, genetically modified crops.

- Millenium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and human well-being: Synthesis. Island Press, Washington DC. 137 S.
- Reid W.V., Mc Neely J.A., Tunstall D.B., Bryant D.A. & Winograd M., 1993. Biodiversity indicators for policy-makers. World Resources Institute, New York. 42 S.
- Romeis J., Hellmich R.L., Candolfi M.P., Carstens K.D.S., Gatehouse A.M.R., Herman R.A., Huesing J.E., McLean M.A., Raybould A., Shelton A.M. & Waggoner A., 2011. Recommendations for the design of laboratory studies on non-target arthropods for risk assessment of genetically engineered plants. *Transgenic Research* 20, 1–22.
- Sanvido O., Romeis J. & Bigler F., 2011. Environmental change challenges decision-making during post-market environmental monitoring of transgenic crops. *Transgenic Research*, DOI 10.1007/s11248–011–9524–8.
- Suter G.W., 2000. Generic assessment endpoints are needed for ecological risk assessment. *Risk Analysis* 20 (2), 173–178.