

Ökologische Wirkungen transgener Eigenschaften

BASISINFORMATION NR. 21

Diese Basisinformation gibt einen Überblick über die Mechanismen der Verbreitung gentechnisch veränderter (gv) Eigenschaften und die dadurch möglichen ökologischen Wirkungen gentechnisch veränderter (gv) Pflanzen). Es werden die Verwilderung von gv Pflanzen sowie die Auskreuzung transgener Eigenschaften auf artverwandte Pflanzen (vertikaler Gentransfer) und auf Mikroorganismen (horizontaler Gentransfer) behandelt. Vertieft betrachtet werden die in Basisinformation Nr. 20 eingeführten Auswirkungen auf die die Anbauflächen umgebenden Ökosysteme und die Effekte auf Nicht-Ziel-Organismen in Flora und Fauna. Die unterschiedlichen und teilweise strittigen Einschätzungen und Bewertungen möglicher ökologischer Folgen transgener Eigenschaften für die komplexen Wirkungsgefüge biologischer Systeme werden dargestellt.

VERWILDERUNG GENTECHNISCH VERÄNDERTER PFLANZEN

Der einfachste vorstellbare Fall der Verbreitung transgener Eigenschaften ist die Verwilderung von gv Kulturpflanzen im Umfeld der Äcker, auf denen sie angebaut werden. Mögliche Quellen für eine Verbreitung stellen dabei die Verschleppung von gv Saatgut und von vegetativen Pflanzenteilen bei Bearbeitung und Ernte dar, die dann wiederum zu gv Pflanzen werden (Tolstrup et al. 2003). So können z.B. Rapssamen im Boden häufig mehr als 15 Jahre überleben und wieder auskeimen, was die Verbreitungswahrscheinlichkeit im Vergleich zu anderen Kulturpflanzen deutlich erhöht (Brauner et al. 2004). Einen Selektionsvorteil hätten verwilderte gv Nutzpflanzen nach aktuellem Kenntnisstand jedoch nur dann, wenn im umgebenden Ökosystem ebenso gute Wachstumsbedingungen für sie bestehen würden wie im intensiv bewirtschafteten Feld. Eine unkontrollierte Verbreitung der meisten gv Nutzpflanzen ist unwahrscheinlich, da die gentechnisch unterstützte Pflanzenzüchtung genauso wie die konventionelle Züchtung auf die Anbaueignung in landwirtschaftlichen Produktionssystemen hin selektiert und diese hohen Ansprüche in naturnahen Ökosystemen in der Regel nicht gegeben sind (Meyer et al. 1998). Viele Kulturpflanzen wie Mais oder Kartoffeln sind aus diesem Grund in freier Natur gar nicht dauerhaft überlebensfähig. Durchsetzungsstärkere Kulturpflanzen wie etwas Raps erfordern in dieser Hinsicht eine größere Aufmerksamkeit bei Anbau und Transport.

AUSKREUZUNG TRANSGENER EIGENSCHAFTEN AUF VERWANDTE WILDPFLANZEN (VERTIKALER GENTRANSFER)

In der Natur findet eine Übertragung genetischen Materials meist als vertikaler Gentransfer intraspezifisch statt, also über sexuelle Fortpflanzungswege zwischen Individuen gleicher oder nah verwandter Arten (Letourneau et al. 2003). Auf diesem Weg können transgene Eigenschaften von gv Kulturpflanzen auf Wildformen der gleichen Art oder nahe verwandter Wildpflanzen übertragen werden. Einfluss auf die Auskreuzungswahrscheinlichkeit haben dabei zahlreiche Faktoren wie Zeitpunkt und Dauer der artspezifischen Blütezeit, die Witterungsbedingungen vor und während der Blüte (Windrichtung, Windstärke, Temperatur, Luftfeuchtigkeit etc.) sowie Vorhandensein und Art bestäubender Insekten. Wichtig vor allem bei windbestäubenden Arten sind neben Pollengewicht, -menge und -größe auch die räumliche Situation, Fläche und Bestandsdichte des Feldes, aus dem die Pollen abgegeben werden, der Abstand zu den Empfängerpflanzen sowie Bewuchs und Topographie des dazwischen liegenden Gebietes (Messeguer et al. 2006).

Ob Auskreuzungen von veränderten Genen über Pollen von gv Nutzpflanzen auf verwandte Arten auftreten, ist entscheidend von der jeweiligen Biologie der Pflanzenart abhängig. Bei manchen Pflanzen ist das Risiko gering, weil sie ausschließlich vegetativ vermehrt werden. Bei selbstbestäubenden Arten wie Weizen oder Gerste werden die zunächst geschlossenen Blüten erst nach der Bestäubung geöffnet und erst dann wird Pollen freigesetzt, was die Wahrscheinlichkeit für eine Auskreuzung im Vergleich zu fremdbestäubenden Arten minimiert (Waines und Hedge 2003). Bei fremdbestäubenden Kulturpflanzen ohne nahe verwandte Wildarten innerhalb des Anbaugebietes ist das Auskreuzungsrisiko lediglich zwischen Kulturbeständen der gleichen Art und vor allem bei der Saatgutproduktion relevant (siehe Basisinformation Nr. 13). In Europa trifft dies z.B. für die Soja, Kartoffeln und Mais zu, die ursprünglich aus Nordostasien, Süd- und Mittelamerika stammen. Im letztgenannten Gebiet existieren beispielsweise dem Mais nahe verwandte Wildpflanzen wie Teosinte, die sich mit Kulturmais kreuzen können. Deshalb können dort Gene von gv Mais auch in Wildpflanzenbestände auskreuzen. In Europa sind bei den Kulturpflanzen Raps und Vertretern der Gattung *Beta* (Zuckerrübe, Rote Bete, Futterrüben, Mangold) zahlreiche Wild- und Kulturpflanzen in enger genetischer Verwandtschaft vorhanden. Wildpopulationen der Gattung *Brassica*, die sich mit Raps (*Brassica napus*) kreuzen könnten, existieren in vielen Regionen Deutschlands. Eine gute Kreuzbarkeit konnte bislang allerdings nur mit *Brassica rapa* gezeigt werden (Chèvre et al. 2004, Wilkinson et al. 2003).

Prinzipiell sind Rapsblüten selbstbestäubend, wobei jedoch eine durchschnittliche Fremdbestäubungsrate von 30 % angenommen wird (Brauner et al. 2004). Ein Teil davon kann durch Windbestäubung erfolgen, wobei die Windverbreitung stark witterungsabhängig ist und bei den meisten Wetterlagen bereits in zehn Meter Distanz deutlich abnimmt (Saure

et al. 2003). Bei der ebenfalls möglichen Insektenbestäubung hat die Honigbiene einen Anteil von ca. 90 %. Weil Bienen eine ausgeprägte Tendenz haben, nur jeweils eine bevorzugte Blütenart anzufliegen und deshalb während der Rapsblüte kaum andere Pflanzen besuchen, haben andere Arten wie Wildbienen, Hummeln, Fliegen und Käfer trotz geringerer Individuenzahl ein höheres Potential für einen Pollentransfer auf Wildpflanzen (Saure et al. 2003). Eine Überblicksstudie (Hüsken und Dietz-Pfeilstetter 2007) kommt zum Ergebnis, dass bei den dort untersuchten herbizidtoleranten Rapsorten der Großteil der Auskreuzungen in ein Rezipientenfeld mit nicht gv Raps in den ersten zehn Metern Abstand vom gv Pflanzenbestand vorkommt und danach stark zurückgeht. Von allen gängigen Kulturpflanzen besitzt Raps das höchste Auskreuzungspotenzial, wenn man nur die Situation in Europa betrachtet, und das sowohl innerhalb der Art als auch mit verwandten Wildarten. Kulturformen der Beta-Rübe (Zuckerrübe, Rote Bete, Futterrüben, Mangold) haben demgegenüber eine weit geringere Auskreuzungswahrscheinlichkeit, da sie bereits geerntet werden bevor sie im zweiten Vegetationsjahr zur Blüte kommen (Brauner et al. 2004).

Als mögliche ökologische Folge einer Auskreuzung wird diskutiert, dass bei den verwandten Wildpflanzen mit der Übertragung von gv Merkmalen Pflanzen mit veränderten Eigenschaften entstehen und sich in agrarassoziierten Ökosystemen etablieren könnten. Denkbar wären daraus resultierende Störungen ökologischer Gleichgewichte von Lebensgemeinschaften, wie die Veränderungen der Artenzusammensetzung, die Verdrängung einzelner Arten und eine Verarmung der Biodiversität. Ein vertikaler Gentransfer von Herbizidresistenz-Genen auf verwandte Wildpflanzen könnte beispielsweise zur Bildung herbizidresistenter Unkräuter führen. Die über die reine Verwilderung der gv Pflanze hinausgehende Brisanz liegt dabei in der Kombination von Eigenschaften, die einerseits die Schädigung als Unkräuter auf den Ackerflächen erhöhen und andererseits die Bekämpfungsmöglichkeiten erschweren würden (vertieft in Basisinformation Nr. 22).

Eine auch über diesen Zusammenhang hinaus denkbare ökologisch relevante Folge von Auskreuzungen von gv Kulturpflanzen auf verwandte Wildarten wäre die Entwicklung so genannter invasiver Arten, die allerdings bei den meisten bekannten gv Pflanzen als eher hypothetisch angesehen wird (Conner et al. 2003). Etwa 1 Prozent von durch den Menschen aus anderen Lebensräumen über weite Distanzen eingeschleppte Tiere oder Pflanzen kann sich aufgrund guter Anpassungsfähigkeit und des Fehlens von Fraßfeinden ungehemmt ausbreiten. Ein Beispiel hierfür ist die kanadische Goldrute, die sich in Europa innerhalb weniger Jahrzehnte stark ausgebreitet hat. Störungen von Ökosystemen könnten etwa durch die Nachkommen von Kreuzungen entstehen, wenn sie durch ihre neuartigen gv Eigenschaften gegenüber der örtlichen Fauna bevorzugt wären, was bislang nicht aufgetreten ist. Ob sich etwa im Fall herbizidresistenter Unkräuter daraus invasive Arten mit möglichen ökologischen Beeinträchtigungen entwickeln können ist jedoch vor allem bei Raps umstritten (vgl. Basisinformation 20 und 22). Die Nachkommen vieler Kreuzungen

zwischen Raps und nahe verwandten Arten aus der Familie der *Brassicaceen* sind allerdings nicht fruchtbar, so dass wohl in vielen Fällen keine weitere Verbreitung neuartiger Wildpflanzenarten mit genetisch veränderten Eigenschaften zu erwarten ist (Chèvre et al. 2004)

AUSKREUZUNG TRANSGENER EIGENSCHAFTEN AUF MIKROORGANISMEN (HORIZONTALER GENTRANSFER)

Über den vertikalen Gentransfer hinaus ist, abhängig von bestimmten Voraussetzungen, auch ein horizontaler Gentransfer über Artgrenzen hinweg grundsätzlich möglich. Es ist bekannt, dass Bakterien die Fähigkeit besitzen, untereinander direkt Erbmaterial auszutauschen und dabei auch die Artgrenze zu überschreiten. Weiterhin ist es unter bestimmten Voraussetzungen prinzipiell möglich, dass Bakterien freie DNA aus dem Boden aufnehmen. Ein solcher horizontaler Gentransfer ist jedoch ein extrem seltenes Ereignis, wie alle in diesem Gebiet getätigten Forschungen übereinstimmend zeigen (Conner et al. 2003). Dazu muss genetisches Material aus einer abgestorbenen Pflanzenzelle unversehrt in den Boden gelangen und dort so lange überdauern, bis ein Bakterium es wiederum unversehrt aufnimmt und dann auch noch erfolgreich in sein genetisches Material integriert, damit die Information abgelesen und umgesetzt werden kann. Nur durch die Verkettung dieser wegen des schnellen DNA-Abbaus im Boden unwahrscheinlichen Schritte wäre eine erfolgreiche Übertragung der in gentechnisch veränderte Pflanzen eingeführten Eigenschaften überhaupt denkbar. Dies gilt ebenfalls für die Aufnahme von Fremdgenen durch Darmbakterien, z.B. bei Nutztieren, die mit gv Pflanzen oder daraus hergestellten Futtermitteln gefüttert wurden. Eine Beeinträchtigung der betreffenden Tiere nicht festgestellt werden (Flachowsky et al. 2005).

MÖGLICHE BEEINTRÄCHTIGUNG VON NICHT-ZIEL-ORGANISMEN

Neben der Beeinflussung nahe verwandter Pflanzen durch Auskreuzung sind auch Auswirkungen auf die Biodiversität und die Individuenzahlen im Agrarökosystem lebender Tierpopulationen denkbar (Letourneau et al. 2003). Kritisch gesehen werden in dieser Beziehung vor allem gv Nutzpflanzen, die infolge eines neu eingeführten Gens einen oder mehrere Wirkstoffe (Bt-Toxine) gegen Fraßinsekten produzieren, die z.B. gegen den vor allem in Süd- und Mitteleuropa verbreiteten Schmetterling Maiszünsler Einsatz findet. Eine gewollte ökologische Auswirkung beim Einsatz von Bt-Pflanzen ist die Minimierung der Anzahl von Fraßschädlingen durch die Toxizität der gv Pflanzen. Ungewollt wären nachteilige Effekte auf andere Schmetterlingsarten, falls beispielsweise giftige Bt-Pollen auf die Futterpflanzen der Raupen gelangen oder das Gen für ein Bt-Toxin (siehe Basisinformation Nr. 2) auf deren Futterpflanzen auskreuzen würde. Generell denkbar

wäre auch, dass Wildpflanzen durch Bt-Gene unter einem geringeren Fraßdruck zu leiden hätten und dadurch konkurrenzstärkere Unkräuter werden könnten. Für die einzige in Europa momentan angebaute gv Bt-Pflanze Mais hat diese Annahme aufgrund hier fehlender Kreuzungspartner allerdings keine Relevanz, für Bt-Raps würde sich die Situation anders darstellen.

Laboruntersuchungen, in denen Schmetterlingslarven ausschließlich mit gv Pflanzen gefüttert wurden, zeigen eine Wirkung der in den Pflanzen enthaltenen Bt-Toxine auch auf Nicht-Schadinsekten. Strittig ist, ob diese auch in der Natur bei Vorhandensein alternativer Nahrungsangebote so große Mengen der Bt-haltigen Pflanzenteile fressen würden. Falls Tiere in diesem Fall auf andere Nahrungspflanzen ausweichen würden, könnte dies ihr Überleben sichern aber auch zu Veränderungen in den natürlichen Nahrungsketten führen. Schmetterlingslarven sind allerdings oft auf bestimmte Nahrungspflanzen spezialisiert und nicht mobil. Bezüglich der Artenvielfalt bescheinigt eine aktuelle Vergleichsstudie (Marvier et al. 2007) Bt-Pflanzen in bestimmten Fällen weniger schädliche Auswirkungen als der Einsatz von Insektiziden auf konventionell bewirtschafteten Feldern. Nur bei völligem Verzicht auf Insektizide liegt unter den dort benannten Versuchsbedingungen die biologische Vielfalt der Insektenfauna leicht höher als im Bereich der Felder mit gv Pflanzen. Andererseits wurde in Feldern mit Bt-Mais ein deutlicher Rückgang der Zahl der von Nützlingen, also Freßfeinden von Schädlingen festgestellt (Jasinski et al. 2004). Auch die Anbaubedingungen spielen bei der Bewertung von Bt-Pflanzen eine Rolle, da in der Praxis z.B. oft Bt-Mais angebaut wird, wo vorher keine Insektizide eingesetzt wurden (Felke und Langenbruch 2005), oder Bt-Baumwolle trotz der Insektenresistenz wegen Sekundärschädlingen zusätzlich mit Insektiziden behandelt werden muss. Bisher nicht nachgewiesen werden konnte eine zuweilen diskutierte Beeinträchtigung von Bodenmikroorganismen durch über die Wurzeln von Bt-Pflanzen abgegebenes Bt-Toxin (Saedler und Schuchert 2001), das möglicherweise auch bei der Verrottung von Pflanzenteilen freigesetzt wird und in Grundwasser und Gewässern toxisch wirken könnte.

Auch die Pollen und Antherenbruchstücke der gv Bt-Pflanzen enthalten Bt-Toxine und sind somit potenziell giftig für Insekten, die sie fressen. Sie können durch den Wind in kurzen Distanzen von bis zu mehreren 100 Metern in größeren Mengen auf Futterpflanzen anderer Tiere verfrachtet werden, weshalb Naturschutzverbände die Einhaltung großzügiger Abstände zu Schutzgebieten fordern (Menzel et al. 2005). Begründet wird diese Vorsorgemaßnahme vor allem mit der Tatsache, dass giftige Pollen bislang natürlicherweise nicht existieren und deshalb mögliche ökologische Folgen nicht auszuschließen sind. Für Pollen von Bt-Mais wurde eine Toxizität auf Schmetterlingslarven nachgewiesen, die ja auch unter natürlichen Bedingungen vom Wind auf Pflanzen verwehte Pollen als Beifraß aufnehmen. Diese wirkte sich jedoch auf verschiedene Schmetterlingsarten sehr unterschiedlich aus und war abhängig vom Bt-Toxin-Gehalt der gv Pflanzen (Felke und Langenbruch 2005). Die Versuchstiere hatten aber auch hier keine Auswahlmöglich-

keit und erhielten nur mit gv Pollen von Mais der Sorte Bt176 behaftete Nahrung, der einen höheren Toxingehalt aufweist als aktuell angebaute Sorten. Bis jetzt wurden unter natürlichen Bedingungen noch keine negativen Auswirkungen von gv Maispollen nachgewiesen aber auch noch nicht widerlegt. Wegen der kurzen Blütedauer des Maises von zwei bis drei Wochen können seine Pollen nur in dieser Zeit von Tieren aufgenommen werden. Blühende Maisfelder sind in dieser Zeitspanne häufig aufgesuchte Nahrungsquellen für Honigbienen. Bei Bienen und ihren Larven bewirkt das Bt-Toxin in Pollen offensichtlich keine negativen Effekte für die Überlebensraten. Dies belegen aktuelle Laborstudien, die die Ergebnisse früherer Feldstudien bestätigen, (Duan et al. 2008). Noch nicht durch Wiederholung bestätigte Laborversuche, in denen die Bienen über mehrere Wochen mit einer hohen Konzentration von gv Pollen von Bt-Pflanzen gefüttert wurden, deuten hingegen auf eine in dem Fall höhere Anfälligkeit für Krankheitserreger hin (Kaatz 2007).

PROBLEMATIK VON RISIKOABSCHÄTZUNG UND BEWERTUNG

Wie bereits in der Basisinformation Nr. 20 eingeführt, herrscht in der Gesellschaft ein Dissens über die Breite des Ansatzes, die Zielsetzung und die Bewertung der Ergebnisse der Sicherheitsforschung und die daraus zu ziehenden Schlüsse zur Vermeidung unerwünschter negativer Folgen in Ökosystemen. Dies beginnt bereits bei der Einschätzung der Wahrscheinlichkeit, dass eine verwilderte oder durch Auskreuzung indirekt gentechnisch veränderte Pflanze sich langfristig in der Natur etablieren kann, und setzt sich bei der Bewertung der Relevanz dieses Ereignisses für eine Umweltschädigung fort. Strittig ist aber auch das System der Sicherheitsbewertung durch die Hersteller von gv Pflanzen selbst, die allerdings durch die Genehmigungsbehörde einer wissenschaftlichen Prüfung unterzogen wird. Diese erlaubt eine Zulassung von gv Pflanzen nur wenn sowohl ökologische als auch gesundheitliche Bedenken für Mensch und Tier ausgeschlossen werden können (siehe Basisinformation 12).

Eine neutrale Bewertung und Risikoabschätzung möglicher ökologischer Auswirkungen transgener Eigenschaften von gv Pflanzen ist aufgrund des komplexen ökologischen Wirkungsgefüges aber auch wegen der der ideologisch aufgeheizten und kontrovers geführten gesellschaftlichen Diskussion äußerst schwierig. Sind bei der Anwendung Grüner Gentechnik ökologische Beeinträchtigungen in keinem Fall tolerabel weil eine Rückholbarkeit von durch diese Technologie veränderten Genen nicht mehr gewährleistet werden kann? Sind Veränderungen innerhalb der Ökosysteme tolerierbar, solange sie keine Schäden verursachen, ein Nutzen zu erkennen ist und mögliche Auswirkungen vergleichbar sind mit denen konventioneller Technologien? Wie können mögliche positive Auswirkungen wie die Chance auf verringerten Einsatz von Pestiziden in Relation zu möglicherweise auftretende Veränderungen in Ökosystemen gesetzt werden?

Die Frage, wie durch den Anbau von gv Pflanzen bedingte Umweltveränderungen gewichtet und eingestuft werden sollen erfordert auch eine Festlegung, welche Maßnahmen zur Eindämmung ökologischer Folgen notwendig sind. Wie die unterschiedlichen Ergebnisse von Sicherheitsstudien zeigen, lässt sich die Notwendigkeit und Intensität von Schutzmaßnahmen für jede gv Pflanzenart und Sorte nur von Fall zu Fall entscheiden. Auch scheint generell eine wünschenswerte Einigung auf einen von allen anerkannten klar definierten Schadensbegriff kaum möglich, da hierbei kulturelle Grundüberzeugungen eine wesentliche Rolle spielen (Sawicka 2005) (vgl. Basisinformation Nr.9). Im Umweltrecht ist der Schadensbegriff deshalb bewusst offen formuliert und wird erst durch Verordnungen konkretisiert oder durch Gerichte festgelegt.

LINKS ZU VERTIEFENDEN INFORMATIONEN

Biosicherheit – Horizontaler Gentransfer www.biosicherheit.de/de/fokus/gentransfer/

Transgen - Transparenznetzwerk Gentechnik: Kompakt 4: Gentechnisch veränderte Pflanzen in der Umwelt. Ein „unkalkulierbares Risiko“? www.transgen.de/pdf/kompakt/freisetzung.pdf

LITERATUR

- Brauner, R.; Moch, K.; Christ, H. (2004): Aufbereitung des Wissenstandes zu Auskreuzungsdistanzen. Öko-Institut e.V., Freiburg. www.oeko.de/oekodoc/225/2004-018-de.pdf
- Chèvre, A.-M.; Ammitzbøll, H.; Breckling, B.; Dietz-Pfeilstetter, A.; Eber, F.; Fargue, A.; Gomez-Campo, C.; Jenczewski, E.; Jørgensen, R.; Lavigne, C.; Meier, M.; den Nijs, H.; Pascher, K.; Seguin-Swartz, G.; Sweet, J.; Stewart, C.; Warwick, S. (2004): A review on interspecific gene flow from oilseed rape to wild relatives. In: Introgression from genetically modified plants into wild relatives (Hrsg.. H.C.M den Nijs, D. Bartsch and J. Sweet) CAB International, S. 235-251.
- Conner, A.J.; Glare, T.R.; Nap, J.-P. (2003): The release of genetically modified crops into the environment. Part II: Overview of ecological risk assessment. In: *The plant Journal* 33, S. 19-46
- Duan, J.; Marvier M.; Huesing, J.; Dively, G.; Huang, Z. (2008) A Meta-Analysis of Effects of Bt Crops on Honey bees (Hymenoptera: Apidae). *PLoS ONE* 3(1): e1415. doi:10.1371/journal.pone.0001415.
- Felke, M.; Langenbruch G.-A. (2005): Auswirkungen des Pollens von transgenem Bt-Mais auf ausgewählte Schmetterlingslarven. *BfN-Skripten* 157, Bundesamt für Naturschutz (BfN), Bonn-Bad Godesberg.
- Flachowsky, G.; Chesso, A.; Aulrich K. (2005): Animal nutrition with feeds from genetically modified plants. *Archives of Animal Nutrition*, 59 (1), 1-40.
- Hüsken A.; Dietz-Pfeilstetter, A (2007): Pollen-mediated intraspecific gene flow from herbicide resistant oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Transgenic Research* 16, 557-569.

- Jasinski, J.; Eisley, B.; Young, C. (2004): Beneficial arthropod survey in transgenic and non-transgenic fields in Ohio. Ohio State University Extension. <http://www.ag.ohio-state.edu/~swest/ipm/GMOtransstudy.htm>
- Kaatz, H.H. (2007): Gentechnisch veränderter Mais — Gefahr für Bienen? *Deutsches Bienen-Journal* 4, S. 14-16.
- Letourneau, D.K.; Robinson, G.S.; Hagen, J. A. (2003): Bt crops: Predicting effects of escaped transgenes on the fitness of wild plants and their herbivores. *Environmental Biosafety Research* 2, 219-246.
- Marvier, M.; McCreedy, C.; Regetz, J. Kareiva, P. (2007): A Meta-Analysis of Effects of Bt Cotton and Maize on Nontarget Invertebrates. *Science* 316, 1475 – 1477.
- Menzel, G.; Lünsmann, I.; Middelhoff, U., Breckling, B., Schmidt, G., Tillmann, J., Schröder, W., Filser, J., Reuter, H. (2005) Gentechnisch veränderte Pflanzen und Schutzgebiete - Wirksamkeit von Abstandsregelungen. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 10, 1-164.
- Messeguer, J.; Peñas, G.; Ballester, J.; Bas, M.; Serra, J.; Salvia, J.; Palau-delmas, M.; Melé, E. (2006) Pollen-mediated gene flow in maize in real situations of coexistence. *Plant Biotechnology Journal* 4, 633–645.
- Meyer, R.; Revermann, C.; Sauter, A. (1998): Biologische Vielfalt in Gefahr? Gentechnik in der Pflanzenzüchtung. Studien des Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag Nr. 6. Edition Sigma, Berlin.
- Saedler, H.; Schuchert, W. (2001) Biotechnologie in der Pflanzenproduktion. In: Biotechnologie als interdisziplinäre Herausforderung. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Saure, C.; Kühne, S.; Hommel, B.; Bellin, U. (2003): Transgener, herbizidresistenter Raps – Blütenbesuchende Insekten, Pollenausbreitung und Auskreuzung. *Agrarökologie* 44.
- Tolstrup, K.; Andersen, S. B.; Boelt, B.; Buus, M.; Gylling, M.; Holm, P. B.; Kjellsson, G.; Pedersen, S.; Ostergard, H.; Mikkelsen, S. A. (2003): Report from the Danish working group on the co-existence of genetically modified crops with conventional and organic crops. DIAS Report, Plant Production, No. 94, Danish Institute of Agricultural Sciences, Ministry of Food, Agriculture and Fisheries, Tjele, Dänemark.
- Waines, J.; Hegde, S. (2003): Intraspecific Gene Flow in Bread Wheat as Affected by Reproductive Biology and Pollination Ecology of Wheat Flowers. *Crop Science* 43, 451-463.
- Wilkinson, M.; Elliott, L.; Allainguillaume, J.; Shaw, M.; Norris, C.; Welters, R.; Alexander, M.; Sweet, J.; Mason, D. (2003): Hybridization between *Brassica napus* and *B. rapa* on a National Scale in the United Kingdom. *Science* 302: 457-459
-

Autoren:

KNAPP, MARTIN; MEYER, ROLF; SAUTER, ARNOLD; BOYSEN, MATHIAS;
SCHULZE, NICOLE

Diskursprojekt durchgeführt von



Gefördert durch

