Gen-ethisches Netzwerk e.V.
Brunnenstraße 4
10119 Berlin
Tel: 030 – 685 70 73
Fax: 030 – 684 11 83
www.gen-ethisches-netzwerk.de

Bewertung der 'Farm Scale Evaluations'

Erstellt durch das
Öko-Institut e.V., Freiburg

Katja Moch
Ruth Brauner
Dr. Beatrix Tappeser

Im Auftrag des Gen-ethischen Netzwerkes e.V.

Gefördert durch das Bundesamt für Naturschutz mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Februar 2004

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung 1

Einleitung 2

Vorgeschichte der Farm Scale Evaluations 2

Zusammenfassung der einzelnen Veröffentlichungen 3

Spritzpraxis in den Farm Scale Evaluations 8

Was bleibt von den Farm Scale Evaluations: politisch 10

Was bleibt von den Farm Scale Evaluations: ökologisch 11

Exkurs: Aktuelle Ergebnisse zum Thema Koexistenz über die FSE hinaus 12

Fazit 16

Literatur 17

Zusammenfassung

Von 2000 bis 2002 wurden in Großbritannien drei gentechnisch veränderte herbizidresistente (HR-) Pflanzenlinien in großflächigen Anbauversuchen auf ihre Auswirkungen auf die Vielfalt von Pflanzen und Tieren auf dem Acker und in der unmittelbaren Umgebung untersucht. Diese sogenannten Farm Scale Evaluations auf 192 Flächen waren als Vergleich zwischen einem üblichen konventionellen chemiegestützten Anbau und einem Anbau der HR-Pflanzen mit dem Einsatz des dazugehörigen Herbizids angelegt. Der Anbau von HR-Raps und HR-Zuckerrüben zeigte massive Auswirkungen auf die Vielfalt von Ackerkräutern und in der Folge auf die davon abhängige Insektenfauna. An den HR-Raps–Feldrändern wurden 44 % weniger Blütenpflanzen und 39 % weniger Samen festgestellt, bei Zuckerrüben wurden 34 % weniger Blüten und 39 % weniger Samen gezählt. Beim Anbau von HR-Mais konnte dagegen ein Ansteigen der Vielfalt festgestellt werden. Hierbei beruhen die positiven Vergleichszahlen auf dem Einsatz von Atrazin im konventionellen Maisanbau. Atrazin ist ein persistentes Herbizid, dass Mitte Oktober 2003 EU-weit durch die Kommission verboten wurde. In Deutschland ist Atrazin seit 1991 verboten. Damit sind die Mais-Ergebnisse nicht auf einen möglichen zukünftigen Anbau übertragbar (Philosopical Transactions of the Royal Society London (Biological Sciences) (2003) 358: 1775-1913).

Einleitung

Am 16. Oktober 2003 wurden die Ergebnisse der dreijährigen Feldversuche mit gentechnisch veränderten herbizidresistenten (HR-) Nutzpflanzen in Großbritannien veröffentlicht. Die Studie wurde von der britischen Regierung in Auftrag gegeben, um die ökologischen Auswirkungen des Anbaus von HR-Nutzpflanzen auf die Vielfalt der Ackerwildkräuter und auf die Tierwelt der landwirtschaftlich genutzten Flächen zu untersuchen. Die Feldversuche fanden mit HR-Raps, HR-Mais und HR-Zuckerrüben statt. Diese sogenannten Farm Scale Evaluations (FSE) stellen die weltweit größte Studie zu ökologischen Auswirkungen des Anbaus von HR-Nutzpflanzen dar.

Die insgesamt 192 Versuchsfelder lagen hauptsächlich in England. Aber auch in Wales und Schottland gab es einige Anbauversuche. Auf den Feldern wurden jeweils zur Hälfte HR-Nutzpflanzen und zur Hälfte konventionelle Nutzpflanzen angebaut, damit u.a. hinsichtlich der Bodenqualität möglichst einheitliche Bedingungen gegeben waren. Auf 59 Feldern wurde zur Hälfte HR-Mais und zur Hälfte konventioneller Mais angebaut, auf 67 Feldern wurde das Versuchsdesign mit HR-Raps durchgeführt und auf 66 Feldern mit HR-Rüben. Die Nullhypothese in allen Untersuchungen war, dass bezüglich der Biodiversität auf und am Rande der Äcker keine Unterschiede beim Anbau von HR-Nutzpflanzen im Vergleich zum Anbau mit konventionellen Nutzpflanzen auftreten.

Die Ergebnisse wurden in Form von acht wissenschaftlichen Artikeln in der britischen Fachzeitschrift "The Philosophical Transactions of the Royal Society (Biological Sciences)“ veröffentlicht.

Vorgeschichte der Farm Scale Evaluations

1998 standen in Großbritannien drei HR-Nutzpflanzenlinien kurz vor den Sortenzulassungen. Da sich nicht nur Naturschutzorganisationen aus dem NGO-Bereich, sondern auch die staatliche englische Naturschutzorganisation „English Nature“ dafür aussprachen, HR-Pflanzen und auch gentechnisch veränderte (GV-) insektenresistente Pflanzen mit einem Moratorium zu belegen, bis die Auswirkungen eines Anbaus von GV-Nutzpflanzen geklärt sind, traf die Regierung mit den Unternehmen in Großbritannien, die eine Nutzung von GV-Nutzpflanzen verfolgen, die freiwillige Abmachung, die kommerzielle Einführung auszusetzen, bis

weiterreichende Untersuchungen durchgeführt sind. Im April 1999 wurden die ersten Pilotpflanzungen vorgenommen, zwei mit Sommerraps, vier mit Futtermais, drei mit Winterraps und ein Versuch mit Rüben.

Ab November 1999 wurden Verhandlungen mit der für die FSE gegründeten Industrievereinigung SCIMAC (Supply Chain Initiative on Modified Agricultural Crops) geführt (DEFRA Background Papers; http://www.defra.gov.uk/environment/-gm/fse/background/rationale.htm). SCIMAC war 1998 gegründet worden und stellte in den FSE den Industriepartner dar (http://www.ukasta.org.uk/news/scimac/). Mitglieder der SCIMAC sind Verbände der britischen Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion, u.a. die Britische Gesellschaft der Pflanzenzüchter (British Society of Plant Breeders), die Pflanzenschutz-Assoziation (Crop Protection Association), der Britische Bauernverband (National Farmers Union).

Zusammenfassung der einzelnen Veröffentlichungen

SQUIRE G. R., BROOKS D. R., BOHAN D. A., CHAMPION G. T., DANIELS R. E., HAUGHTON A. J., HWAES C., HEARD M. S. , HILL M. O., MAY M J., OSBORNE J. L., PERRY J. N., ROY D. B., WOIWOOD I. P. & FIRBANK L. G. (2003): On the rationale and interpretation of Farm Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. The Philosophical Transactions of the Royal Society (Biological Sciences) 358: 1779-1799.

Squire et al. (2003) stellten die Kriterien zusammen, nach denen die Felder für die Feldversuche ausgewählt wurden und lieferten die Hintergrundinformationen für die Interpretation der Ergebnisse. Dazu wurden Daten u.a. zur Form der Landnutzung der vergangenen Jahre, zu Bodentyp und agroklimatischen Eigenschaften und bisher angebauten Nutzpflanzen sowie bisher angebauten Sorten recherchiert. Es wurden zudem floristische Aufnahmen, Aufnahmen zu Populationsgrößen der Pflanzen und der Pflanzengesellschaften, sowie Aufnahmen zu Populationsgröße und Gemeinschaften von Invertebraten zusammengetragen. Daten zur bisherigen Bewirtschaftungsweise (Farm Management), zum bisherigen Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und zur Intensität der Bewirtschaftungsweise wurden ebenfalls als Ausgangsvergleich zusammengestellt. Squire et al. (2003) leiteten daraus ab, welche Parameter für das Versuchdesign der FSE aufgenommen wurden, um gegebenenfalls Änderungen im Vergleich der letzten Jahre betrachten zu können.

CHAMPION G. T., MAY M. J., BENNETT S., BROOKS D. R., CLARK S. J., DANIELS R. E., FIRBANK L. G., HAUGHTON A. J., HAWES C., HEARD M. S., PERRY J. N., RANDLE Z., ROSSALL M. J., ROTHERY P., SKELLERN M. P., SCOTT R. J., SQUIRE G. R. & THOMAS M. R. (2003): Crop management and agronomic context of the Farm Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. The Philosophical Transactions of the Royal Society (Biological Sciences) 358: 1801-1818.

Champion et al. (2003) untersuchten die Bewirtschaftungsweise der Landwirte, die die Feldversuche durchführten. Fokus der Betrachtung der Bewirtschaftungsweise war dabei die Applikation der Pestizide (Zeitpunkt und Häufigkeit, Menge der applizierten aktiven Inhaltsstoffe). Während der Feldversuche erhielten die Flächen mit HR-Nutzplanzen ein bis zwei Herbizidapplikationen, während die konventionell bewirtschafteten Felder bis zu viermal gespritzt wurden. Zuckerrüben, als die Feldfrüchte, die unter den intensivsten Bedingungen angebaut wurden, erhielten unter konventionellen Bedingungen bis zu sechs Spritzungen mit sieben bis acht unterschiedlichen Herbiziden. Zudem wurden von Champion et al. (2003) die Samenbanken der Felder erfasst. Anhand der Ergebnisse wurden die Betriebe in „low-intensity“ und „high-intensity“ Betriebe eingeteilt. Bisher unterschiedlich intensiv bewirtschaftete Flächen sowie unterschiedliche Bearbeitungsmethoden (geringer Pflugeinsatz, unterschiedliche Düngung) wurden gleichermaßen in die Versuche einbezogen.

HEARD M. S., HAWES C., CHAMPION G. T., CLARK S. J., FIRBANK L. G., HAUGHTON A. J., PARISH A. M., PERRY J. N., ROTHERY P., SCOTT R. J., SKELLERN M. P., SQUIRE G. R. & HILL M. O. (2003): Weeds in fields with contrasting conventional and genetically modified herbicide-tolerant crops I. Effects on abundance and diversity. The Philosophical Transactions of the Royal Society (Biological Sciences) 358: 1819-1832.

Heard et al (2003) fanden bei ihren Untersuchungen der Ackerflora beim Einsatz von HR-Raps, HR-Zuckerrüben und HR-Mais jeweils eine signifikante Auswirkung auf die Häufigkeit von Ackerwildkräutern. Dafür wurden die Samenbank, der Samenfall (seed rain), die Pflanzendichte und das Trockengewicht der Ackerflora bestimmt. Zudem wurde der Bestand von Ackerkräutern (nach Mono- und Dikotyledonen differenziert) in verschiedenen Wachstumsstadien aufgenommen.

Die Interpretation der Ergebnisse erfolgte rein agronomisch. Danach sind HR-Raps und HR-Zuckerrüben effektiver in der Kontrolle von Ackerwildkräutern als die entsprechenden konventionellen Pflanzen. HR-Mais ist dagegen weniger effektiv als der konventionell mit Atrazin-Einsatz bewirtschaftete Mais.

HEARD M. S., HAWES C., CHAMPION G. T., CLARK S. J., FIRBANK L. G., HAUGHTON A. J., PARISH A. M., PERRY J. N., ROTHERY P., ROY D. B., SCOTT R. J., SKELLERN M. P., SQUIRE G. R. & HILL M. O. (2003): Weeds in fields with contrasting conventional and genetically modified herbicide-tolerant crops II. Effects on individual species. The Philosophical Transactions of the Royal Society (Biological Sciences) 358: 1819-1832.

In dieser Studie untersuchten Heard et al. (2003) zwölf Ackerkräuterarten eingehender. Die ausgewählten Arten stellen sehr häufige Ackerwildkräuter dar und sind somit explizites Ziel eines Herbizidmanagements. Von diesen Arten wurden Auflauf, Überdauerung, Reproduktion und Änderungen in der Samenbank aufgenommen und berechnet. Trotz großer Schwankungen zwischen den Feldern und auch innerhalb eines Feldes, zeigten sich die untersuchten Arten durch den Anbau von HR-Raps und HR-Zuckerrüben mit Einsatz des entsprechenden Herbizids im Vergleich zu den konventionellen Nutzpflanzen negativ beeinflusst. Heard et al. (2003) prognostizieren aufgrund der Ergebnisse, dass eine Zulassung und der langfristige Einsatz von HR-Pflanzen eine starke Auswirkung auf die Ackerflora nehmen wird, auch wenn kurzfristige Effekte zunächst noch durch die Samenbank im Boden abgepuffert werden.

BROOKS D. R., BOHAN S. J., CHAMPION G. T., HAUGHTON A. J., HAWES C., HEARD M. S., CLARK S. J., DEWAR A. M., FIRBANK L. G., PERRY J. N., ROTHERY P., SCOTT R. J., WOIWOOD I. P., BIRCHALL C., SKELLERN M. P., WALKER J. H., BAKER P., BELL D., BROWNE E. L., DEWAR A. J. G., FAIRFAX C. M., GARNER B. H., HAYLOCK L. A., HORNE S. L., HULMES S. E., MASON N. S., NORTON L. R., NUTTAL P., RANDLE Z., ROSSALL M. J., SANDS R. J. N., SINGER E. J. & WALKER M. J. (2003): Invertebrate responses to the management of the genetically modified herbicide-tolerant crops. I. Soil-surface-active invertebrates. The Philosophical Transactions of the Royal Society (Biological Sciences) 358: 1847-1862.

Brooks et al. (2003) untersuchten unter den bodenlebenden Arthropoden (Gliederfüßler) eingehender die Carabidae (Laufkäfer), Stapylinidae (Kurzflügler) und Araneae (Spinnentiere). Zusätzliche wurden als Detrivoren (Abbauer) die Collembolen (Springschwänze) näher untersucht. Generell wurden in den Feldern mit HR-Raps und HR-Rüben weniger Arthropoden gefangen, während in HR-Mais mehr Arthropoden anzutreffen waren. Bei allen HR-Nutzpflanzen traten mehr Collembolen auf und auch die Zahl ihrer Prädatoren (Räuber) nahm zu.

Brooks et al. (2003) diskutierten diese Verschiebung im Arthropoden-Bestand im Zusammenhang mit den Änderungen in der Ackerwildkrautflora. Ihre Ergebnisse interpretieren sie als indirekten Effekt, da Ackerwildkräuter innerhalb der Felder die Lebensgrundlage für viele bodenlebende Invertebraten darstellen.

HAUGHTON A. J., CHAMPION G. T., HAWES C., HEARD M. S., BROOKS D. R., BOHAN S. J., CLARK S. J., DEWAR A. M., FIRBANK L. G., OSBORNE J. L., PERRY J. N., ROTHERY P., ROY D. B., SCOTT R. J., WOIWOOD I. P., BIRCHALL C., SKELLERN M. P., WALKER J. H., BAKER P., BROWNE E. L., DEWAR A. J. G., GARNER B. H., HAYLOCK L. A., HORNE S. L., MASON N. S., SANDS R. J. N. & WALKER M. J. (2003): Invertebrate responses to the management of the genetically modified herbicide-tolerant crops. II. Within-field epigeal and aerial arthropods. The Philosophical Transactions of the Royal Society (Biological Sciences) 358: 1863-1877.

Haughton et al. (2003) fanden bei epigäischen oder fliegenden Arthropoden, dass sich die meisten Taxa als insensitiv gegenüber den verschiedenen Bewirtschaftungsformen erwiesen. In jedem Taxon gab es allerdings eine Gruppe, die eine signifikant veränderte Häufigkeit zeigte, d.h. von der Bewirtschaftungsform beeinflusst wurde. Schmetterlinge traten in HR-Rüben- und HR-Rapsfeldern über die gesamte Vegetationsperiode hinweg signifikant weniger auf. Bienen waren in HR-Rübenfeldern signifikant seltener. Auch Heteroptera (Wanzen) traten in HR-Rübenfeldern signifikant reduziert auf. Dies ist umso gravierender, als auf landwirtschaftlichen Flächen gerade Rübenfelder als Habitate für Heteroptera wichtig sind. Heteroptera wiederum sind eine wichtige Nahrungsquelle für Prädatoren, insbesondere jagdbare, an Ackerhabitate gebundene Vögel („game birds“, Hühnervögel).

In HR-Rapsfeldern traten weniger Araneae und insbesondere weniger Linyphiidae (Baldachinspinnen) auf. Generell werden Spinnen von einer strukturellen Verarmung der Insektenfauna stark beeinflusst.

Nach Haughton et al. (2003) ist es eher unwahrscheinlich, dass die gefundenen Effekte auf die Toxizität und Persistenz der Pestizide zurückzuführen sind. Vielmehr zeichnen Haughton et al. (2003) auch hier die Änderungen in der Ackerwildkrautflora als ursächlich verantwortlich. Da blühende Ackerwildkräuter essentiell für nektarsaugende Insekten sind, beeinflusst eine veränderte Unkrautbekämpfung diese Insekten messbar.

Die Tendenz, dass Schmetterlinge und Bienen in HR-Raps weniger häufig auftreten als in konventionellem Raps, lässt sich allerdings nur bedingt als indirekten Effekt interpretieren. Als Futterpflanze werden die Rapsblüten direkt angeflogen. Blühende Ackerwildkräuter spielen als Futterpflanze in Rapsfeldern eine geringe Rolle. Fraglich bleibt deshalb, ob die Abnahme in den Beständen der Bienen und Schmetterlinge ein direkter (sub-)toxischer Effekt des Glufosinat ist. Diskutiert wird auch, ob der HR-Raps weniger Nektar produziert oder ob der Nektar für die Insekten weniger attraktiv ist.

ROY D. B., BOHAN S. J., HAUGHTON A. J., HILL M. O., OSBORNE J. L., CLARK S. J., PERRY J. N., ROTHERY P., SCOTT R. J., BROOKS D. R., CHAMPION G. T., HAWES C., HEARD M. S. & FIRBANK L. G. (2003): Invertebrates and vegetation of field margins adjacent to crops subject to contrasting herbicide regimes in the Farm Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. The Philosophical Transactions of the Royal Society (Biological Sciences) 358: 1879-1898.

Roy et al. (2003) untersuchten die Feldränder auf Effekte bei Ackerkräutern und Insekten. Die größten Effekte wurden in dem Feldbereich gefunden, der noch gepflügt aber nicht bepflanzt war. Bei HR-Raps und HR-Rüben war auch in diesem Bereich eine Dezimierung der Ackerwildkräuter festzustellen. Bei HR-Mais waren hier die Bodendeckung durch Wildkräuter dichter und die Pflanzen bildeten mehr Blüten und Samen aus, als am Rande des konventionellen Mais. In weiterer Entfernung von den Feldern wurden dieselben Effekte gefunden. Bei Invertebraten wurden die gleichen Effekte an den Feldrändern wie in den Feldern gemessen. Auch hier wurden signifikant weniger Schmetterlinge an den Feldern von HR-Raps gefunden. Roy et al. (2003) weisen ausdrücklich darauf hin, dass die Effekte auf

Schmetterlinge nicht nur indirekt sein können, sondern dass HR- und konventionelle Nutzpflanzen selbst sich in Punkten unterscheiden können, die für Schmetterlinge wichtig sind.

HAWES C., HAUGHTON A. J., OSBORNE J. L., ROY D. B., CLARK S. J., PERRY J. N., ROTHERY P., BOHAN S. J., BROOKS D. R., CHAMPION G. T., DEWAR A. M., HEARD M. S., WOIWOOD I. P., DANIELS R. E., YOUNG M. W., PARISH A. M., SCOTT R. J., FIRBANK L. G. UND SQUIRE G. R. (2003): Responses of plants and invertebrate trophic groups to contrasting herbicide regime in the Farm Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. The Philosophical Transactions of the Royal Society (Biological Sciences) 358: 1899-1913.

Hawes et al. (2003) untersuchten in dieser Studie folgende trophische Gruppen: Herbivore, Detrivore, Bestäuber, Prädatoren und Parasiten. Dabei stellten sie starke saisonale Schwankungen und Unterschiede je nach Nutzpflanzenart fest. Die sehr späte Herbizidapplikation bei HR-Nutzpflanzen verursachte insgesamt eine Verschiebung des Organismenspektrums von Herbivoren hin zu Detrivoren. Die Auswirkungen des Anbaus mit HR-Nutzpflanzen werden von Hawes et al. (2003) als relativ gering aber als durchgängig feststellbar beschrieben. Hawes et al. (2003) betonen, dass das Nahrungsnetz aus Herbivoren, Detrivoren und vielen Prädatoren und Parasiten sensibel auf Änderungen in der Zusammensetzung und Häufigkeit der Ackerwildkräuter reagiert.

Spritzpraxis in den Farm Scale Evaluations

Die Spritzpraxis in den FSE kann in einigen Punkten nicht auf eine „normale“ landwirtschaftliche Praxis übertragen werden.

Zum einen ist Atrazin seit Oktober 2003 EU-weit verboten. Damit sind die Mais-Ergebnisse nicht auf einen möglichen zukünftigen Anbau übertragbar. Interpretationen, die einen Anbau von HR-Mais wegen seines positiven Einflusses auf die Biodiversität befürworten, sind voreilig und nicht auf Länder übertragbar, in denen Atrazin seit längerer Zeit verboten ist.

Atrazin wurde in Deutschland 1991, in Dänemark, Finnland, Italien, Schweden und Norwegen ab 1996 verboten. Österreich hatte 1995 die Zulassung aller atrazin-haltiger Präparate aufgehoben. Atrazin ist sehr persistent, d.h. es wird in der Umwelt

nur langsam abgebaut. Atrazin ist für Wasserorganismen, besonders für Amphibien und Fische, giftig. Es wirkt auch als „endocrine disruptor“ und führt bereits bei sehr geringen Konzentrationen zu Geschlechtsumwandlungen u.a. bei Fröschen (Hayes et al. 2002). Für Vögel und Nützlinge (z. B. Bienen), sowie für Bodenlebewesen ist der Wirkstoff weitgehend ungefährlich. Atrazin reichert sich in der Nahrungskette nicht an. Atrazin weist für den Menschen eine geringe akute Giftigkeit auf. Reizungen der Haut, Augen und der Atemwege sind vereinzelt beim Menschen beobachtet worden.

Der HR-Raps und HR-Mais wurden beide mit Glufosinat behandelt. In den Feldversuchen wurde die Glufosinatbehandlung auch für den Zeitraum von September bis März zugelassen. Dies ist eigentlich in der konventionellen Landwirtschaft wegen der Gefahr der Grundwasserkontamination nicht zulässig (http://www.foe.co.uk/resource/press_release/20000803162254.html). Darüber hinaus wurden in den FSE in den HR-Kulturen von Raps und Mais das Herbizid nur einmalig in der Vegetationsperiode angewendet. Es ist jedoch fraglich, ob erwartet werden kann, dass sich Landwirte unter Praxisbedingungen und ohne eine Beobachtung wie unter den Bedingungen der FSE an diese Spritzregimes halten oder nicht doch noch ein zweite Applikation erfolgt, wenn nach der ersten Spritzung erneut Beikräuter aufwachsen. Damit würden die Unterschiede zwischen einem konventionellen Anbau und den transgenen Pflanzen möglicherweise noch größer.

Bei den Versuchen mit Zuckerrüben sind die Unterschiede in den Spritzregimes und die Anzahl der eingesetzten Herbizide zwischen HR-Rüben und konventionellen besonders groß. Konventionell angebaute Zuckerrüben wurden bis zu sechs Mal in der Saison mit sieben bis acht verschiedenen Herbizidwirkstoffen behandelt, während die transgenen RoundupReady-Zuckerrüben der Firma Monsanto maximal zweimal mit Glyphosat gespritzt wurden. Trotzdem sind die Gesamtauswirkungen des Breitbandherbizides Roundup Ready deutlich gravierender als die konventionell eingesetzten sieben bis acht verschiedenen Herbizidwirkstoffe.

Ein wichtiges Ergebnis der FSE als Vergleich der HR- und konventionellen Spritzregimes ist, dass die Menge an eingesetztem aktivem Wirkstoff alleine zur Beurteilung der Umweltbelastung, etwa die mögliche Auswirkungen auf Flora und Fauna, nicht ausreicht. Bei der FSE schneiden die transgenen Sorten deutlich besser ab als die konventionellen Sorten. Trotzdem ist die Auswirkungen auf Flora und Fauna, wenn unterschiedlich wirksame und in ihrem Wirkungsspektrum unterschiedliche Substanzen betrachtet werden.

Die Mengenbetrachtung hat aber keinerlei Aussagekraft für mögliche Auswirkungen auf Flora und Fauna, wenn unterschiedlich wirksame und in ihrem Wirkungsspektrum unterschiedliche Substanzen betrachtet werden.

Was bleibt von den Farm Scale Evaluations: politisch

Der britische Beratungsausschuss für Freisetzungen (Advisory Committee on Releases to the Environment, ACRE) hat zwei Anhörungen zu den Ergebnissen der FSE durchgeführt (http://www.defra.gov.uk/environment/acre/fse/index.htm). Dabei verwies ACRE oft auf die Nullhypothese, die besagte, dass für jede einzelne getestete Nutzpflanze davon ausgegangen wird, dass zwischen einem konventionellem Anbau und einem Anbau mit den transgenen herbizidresistenten Varianten kein Unterschied bezüglich der Häufigkeit und Vielfalt der Ackerbegleitflora und –Fauna erwartet wird („[…] for each crop, the effect on the abundance and diversity of wildlife of the management does not differ from the effect of the management of the conventional equivalent […]“).

Mit dieser Hypothese wurde der Untersuchungshorizont festgelegt. Das heißt, dass beispielsweise Koexistenzfragen, bzw. weitere Sicherheitsforschungsaspekte, die zur Zeit auch umfassend öffentlich diskutiert werden, in den FSE nicht betrachtet wurden. Hinweise auf weiteren Bedarf der Sicherheitsforschung liefern etwa die Ergebnisse von Haughton et al. (2003) und Roy et al. (2003). Danach treten Schmetterlinge und Bienen in und um Felder mit HR-Raps weniger häufig auf als in konventionellem Raps. Dies lässt sich nur bedingt als indirekter Effekt der Dezimierung der Ackerwildkräuter interpretieren, da die Rapsblüten direkt als Futterpflanze angeflogen werden. Fraglich bleibt deshalb, ob die Abnahme in den Beständen der Bienen und Schmetterlinge ein direkter Effekt des Glufosinat ist. Diskutiert wird auch, ob der HR-Raps weniger Nektar produziert oder ob der Nektar für die Insekten weniger attraktiv ist. Roy et al. (2003) weisen selber darauf hin, dass die Effekte auf Schmetterlinge nicht nur indirekt sein können, sondern dass HR- und konventionelle Nutzpflanzen selbst sich in Punkten unterscheiden können, die für Schmetterlinge wichtig sind.

In einer Arbeit des „Department for Environment, Food and Rural Affairs“ (DEFRA) wurde in einer Computersimulation errechnet, dass die kommerzielle Einführung von HR-Zuckerrüben innerhalb von zwanzig Jahren zu einem Aussterben der Feldlerche führen könnte, da durch die Breitbandherbizide speziell die Futterpflanzen dieser

Vogelart vernichtet werden (DERFA EPG 1/5/188; http://www.defra.gov.uk/news/latest/2003/fseresults.htm).

Solchen Hinweisen stärker nachzugehen, wurde in den FSE versäumt.

Neben dem Bedauern, dass hier noch viele Fragen offen sind, wurde in den Anhörungen der ACRE vor allem kritisiert:

- Die Vergleichsflächen wurden konventionell bewirtschaftet und damit ebenfalls mit Pestiziden behandelt. Es gab keine Vergleichsflächen, die ökologisch bewirtschaftet wurden. Es wurde somit nicht die Chance genutzt, mehrere sich anbietende Optionen miteinander zu vergleichen.
- Die Nullhypothese in allen Untersuchungen war, dass in bezug auf die Biodiversität beim Anbau mit HR-Nutzpflanzen und beim Anbau mit konventionellen Nutzpflanzen keine Unterschiede auftreten. Aufgrund dieses eingeengten Untersuchungshorizontes ‚Biodiversität' wurden andere Fragen, wie beispielsweise Ernteerträge oder Koexistenzaspekte der verschiedenen Szenarien nicht betrachte. Es ist somit auf dieser Basis keine Kosten-Nutzen-Analyse möglich.

Was bleibt von den Farm Scale Evaluations: ökologisch

Die FSE zeigen unerwartet deutlich, dass in den Fällen, in denen auch in Zukunft zugelassene Herbizide verwendet werden und selbst unter optimal dosierten (minimalem, nur einmal pro Vegetationsperiode) Herbizid-Einsatz die Biodiversität in und um HR-Felder im Vergleich zu konventionell bewirtschafteten Feldern stark abnimmt. Die FSE machen damit deutlich, dass ein Einsatz der HR-Technologie zumindest in England (und damit sehr wahrscheinlich auch in vielen ähnlich geprägten Gebieten des atlantischen Europas) den bisher bereits sehr negativen Einfluss der Landwirtschaft auf den Wildartenbestand noch einmal in hohem Maße verstärken würde.

Wie bereits erwähnt, war Koexistenz und darunter fallend etwa auch Auskreuzung nicht Untersuchungsgegenstand der FSE. Auflagen, um etwa die Auskreuzung zu verhindern wurden der SCIMAC überlassen. Die SCIMAC gab Leitlinien heraus, wie der Anbau der GV-Nutzpflanzen am besten erfolgen sollte. Die Leitlinien enthielten u.a. die Auflagen, die Maschinen nach der Aussaat und Ernte zu reinigen, verschüttetes Saatgut einzusammeln und Durchwuchspflanzen zu überwachen. Die

Leitlinien enthielten auch Abstände, um Auskreuzung einzudämmen (SCIMAC 2002 a,b).

Abstandsauflagen der SCIMAC (http://www.ukasta.org.uk/scimac/guidelines.pdf)

Crop type	Certified Seed Crops (same Species)	Registered organic crops (same species)	Non-GM crops (same species)
Oilseed rape	200m	200m	50m
Sugar/Fodder beet	600m	600m	6m
Forage maize	200m	200m	200m Sweetcorn maize 50m Forage maize

Wie die Abstandsentfernungen der SCIMAC zu bewerten sind, soll der nachfolgende Exkurs zu aktuellen Ergebnisse zum Thema Koexistenz über die FSE hinaus verdeutlichen. Der Exkurs macht deutlich, dass die Feldversuche in Großbritannien noch länger Auswirkungen haben werden. Ob dies wissenschaftlich begeleitet wird, steht noch aus. Ein weiteres Monitoring der Flächen ist bisher nicht vorgesehen.

Exkurs: Aktuelle Ergebnisse zum Thema Koexistenz[1] über die FSE hinaus

Gen-Transfer mittels Pollen kann prinzipiell von jeder Pflanze ausgehen, die blüht und Pollen abgibt. Die Pollenmenge, die manche Pflanzen produzieren, ist äußerst beachtlich. McCartney & Lacey (1991) berichten, dass in Rapsfeldern die durchschnittliche Anzahl von Pollenkörnern pro m^3 Luft bis zu 2.800 und in der Regel 600 bis 1.000 beträgt. Eine einzige Maisblüte entlässt bis zu 10.000 Pollenkörner (Düll &

[1] Die naturwissenschaftlichen Grundlagen zur Koexistenz-Problematik sind umfassend in den Veröffentlichungen
Hermanowski R., Tappeser B., Barth R., Brauner R., Hermann A., Nowack K., Schmidt H. und Meier J. (2003): Grüne Gentechnik und Ökologische Landwirtschaft. UBA-Texte 01/03 (englische Version UBA-Texte 02/03)
und
Brauner R. (2002/2003) Gen-Transfer - na und? / Gene flow - so what? Gentechnik-Nachrichten Spezial 11/12, Dezember 2002/Januar 2003 (englische und deutsche Ausgabe)
(beide verfügbar unter http://www.oeko.de) dargestellt.

Kutzelnigg 1994), so dass ein ganzer Blütenstand einer Pflanze bis zu 50 Millionen Pollenkörner enthalten kann (Feil & Schmid 2001). Je nach den Charakteristika der einzelnen Pflanzenarten kann Pollen von Tieren und/oder Luftbewegungen transportiert werden. Selbst in Luftschichten mitten über dem Atlantik kann man Pollen nachweisen. Faktoren, die Gen-Transfer mittels Pollen beeinflussen, sind äußerst vielfältig und lassen sich den Themengruppen Artspezifika, Feldbeschaffenheit und Anbaumaßnahmen, Umgebungsstrukturen, Witterungs- und Klimabedingungen sowie Insektenbesatz zuordnen (Feil & Schmid 2001, Kwon & Kim 2001, Ingram 2000, Ellstrand et al. 1999).

Die Häufigkeit natürlichen Gen-Transfers variiert sehr stark zwischen Pflanzenfamilien und Arten aber auch zwischen einzelnen Populationen und Individuen sowie sogar zwischen einzelnen Orten und Jahren, da die jeweiligen Umweltbedingungen ein entscheidender Faktor sein können. Das Wissen zu tatsächlich erfolgendem Gen-Transfer ist überwiegend noch sehr unbefriedigend, da bislang nur wenige aussagekräftige Daten vorliegen. Darüber hinaus streuen bisherige Forschungsergebnisse in einem breiten Spektrum. Dies mag einerseits an den jeweils sehr beschränkten Bedingungen, unter denen Feldversuche nur durchgeführt werden können, liegen und andererseits durch die Vielzahl an beeinflussenden Faktoren bedingt sein.

Einer der sehr flexiblen Einflussfaktoren des Pollen-getragenen Gen-Transfers ist die Bestäubung durch Insekten. Die Angaben, die zu Flugdistanzen von Insekten in Publikationen gemacht werden, variieren in einem weiten Spektrum. Für Honigbienen liegen sie zwischen ein bis zwei Kilometern und bis zu 14 oder gar 26 km. Waddington et al. (1994) beobachtete Sammelradien der Honigbiene bis über 6 km Entfernung vom Bienenstock, so dass die Bienen um ihren Stock eine Fläche von 100 km^2 mit ihren Flügen abdeckten.

Die Einbeziehung von Honigbienen und damit auch der Imkerei stellt ein sehr komplexes Problem der Koexistenzthematik dar. Die Honigbienen sind essentiell für die Bestäubung einiger Feldfrüchte wie beispielsweise den Raps. Die Landwirte sind auf diese emsigen ‚Bestäubungshelfer' angewiesen, um ihre Erträge zu maximieren.

Für Imker mit ausschließlich feststehenden Bienenstöcken entstehen durch die modernen Landwirtschaftsmethoden sogenannte Trachtlücken, in denen die Bienen bereits angelegte Honigvorräte zum Überbrücken wieder verbrauchen. Durch lange Flugstrecken zu den Trachtpflanzen werden die Honigerträge geringer, da ein Teil des gesammelten Nektars von den Bienen als "Flugbenzin" verwendet werden muss.

Daher ist es bislang eine von den Landwirten und den Berufsimkern sehr geschätzte Praxis, dass die Berufsimker blühende Felder (insbesondere Raps) per LKW mit ihren Völkern anwandern. Dies gilt insbesondere in Norddeutschland. Gegebenenfalls wird mangels Alternativen auch der für Bienen eher unattraktive Mais angeflogen, um Pollen für die Eiweißversorgung der Brut zu erhalten.

Bei den FSE wurden Imker nicht explizit vor den Feldversuchen gewarnt. Friends of the Earth in Großbritannien ließen im Jahre 2000 Honigproben von Bienenstöcken untersuchen, die in einer Entfernung von vier Kilometern von Feldversuchen gestanden hatten. Dabei fanden sie Verunreinigung von Honig durch GV-Pollen (http://www.foe.co.uk/resource/press_release/20000516185212.html). Der britische Berufsimkerverbund empfahl daraufhin den Imkern, Bienenstöcke wenigstens sechs Meilen (9,6 km) vom nächsten Feldversuch entfernt aufzustellen.

Zur Verminderung oder Verhinderung des Gen-Transfers werden verschiedene Möglichkeiten diskutiert. Die Spannbreite reicht von biotechnologischen Optionen bis zu einfachen Abstandsregelungen oder Mantelsaaten zwischen Feldern. Jedoch haben alle bislang diskutierten Methoden Schwachstellen oder sind noch nicht ausgereift. Bislang können alle bisher vorgeschlagenen Maßnahmen eine Auskreuzung und damit den Gen-Transfer nicht sicher verhindern und einige Vorschläge sind auch nicht für alle Nutzpflanzenarten einsetzbar (Hermanowski et al. 2002, Daniell 2002). Nach Müller (2002) und Müller (2003) ist ein biologisches Containment nach dem derzeitigen Forschungsstand noch zu unausgereift, um die Frage der Koexistenz lösen zu können.

Zur Zeit sind zur Verhinderung eines Transgen-Transfers in Flächen, die gentechnikfrei blieben sollen vor allem Abstandsregelungen oder die Ausweisung gentechnikfreier Gebiete im Gespräch. Gentechnikfreie Gebiete können den Schutz sensibler ökologischer Gebiete oder besonderer Gefährdungsbereiche wie beispielsweise Überschwemmungsflächen zum Ziel haben.

Abstandsregelungen sind ein Instrument, dass seit langem für die Saatgutproduktion und zur Sortenreinhaltung genutzt wird. Dabei ist das Ziel, Verunreinigungen so gering wie möglich zu halten (Details zur Saatgutreinheit s. Gentechnik-Nachrichten Spezial 14 unter http://www.oeko.de). Derzeit gebräuchliche Mindestabstände basieren auf den Erfahrungen aus der Saatgutproduktion und können Einkreuzungen nicht zu 100 % verhindern. Dennoch könnte sich das Vorschreiben von Sicherheitsabständen als eine Möglichkeit anbieten, um den Erhalt einer

gentechnikfreien Landwirtschaft anzustreben. Die Umsetzung solcher Vorgaben dürfte jedoch äußerst schwierig sein. Wie Sicherheitsabstände zu wildwachsenden Pflanzen zu realisieren sein sollen, ist noch nicht einmal in der Diskussion. Es bleibt jedoch festzustellen, dass mit Isolationsabständen nur eine Minimierung des Gentransfers erreicht werden kann. 100 %ige Reinheit kann insbesondere aufgrund der Insektenaktivität durch eine geographische Trennung nie erreicht werden (Agriculture and Environment Biotechnology Commission 2003).

Für Österreich stellt Müller (2002) fest, dass gentechnikfreie Gebiete das einzige Instrument sein können, um eine gentechnikfreie landwirtschaftliche Produktion (ökologisch sowie konventionell) vor Einkreuzungen von Transgenen zu schützen. Vor allem zur Saatgutproduktion werden solche gentechnikfreien Anbaugebiete an vielen Stellen diskutiert. Für Deutschland und viele andere europäische Staaten ist die Realisierung von großen GVO-freien Gebieten eher unwahrscheinlich. Voraussichtlich muss eher ein anders System der Koexistenz gefunden werden.

Im Hinblick auf die Auskreuzung bei den FSE begleiteten vier Studien zum Auskreuzungspotential von Raps, Mais und Zuckerrüben des „Department for Environment, Food and Rural Affairs“ (DEFRA) die Anbauversuche. Dabei kommen die Studien zum Ergebnis, dass die Auskreuzungsdistanzen bisher unterschätzt wurden. So wurden Raps-Fangpflanzen selbst in einer Entfernung von 26 km noch mit transgenem Pollen bestäubt. Darüber hinaus tritt Raps über Jahre hinweg als Durchwuchs auf Feldern auf, was zu einer hohen Verunreinigung der Ernte führen kann. Innerhalb von fünf Jahren nach einem Anbau von transgenem Raps kann die Verunreinigung nur dann unter 1 % gedrückt werden, wenn sehr rigorose Bekämpfungsmaßnahmen durchgeführt werden (Squire et al. 2003b). Untersuchungen in Deutschland haben darüber hinaus gezeigt, dass Rapspflanzen eigene Wildpopulationen bildet, d.h. außerhalb von Kulturflächen stark verbreitet ist und auch weit entfernt von Kulturflächen vorkommt (GenEERA – Modellierungen zum Ausbreitungsverhalten von Raps im Landschaftsmaßstab; http://www.biosicherheit.de/projekte/74.proj.html). Eine Persistenz und Weitergabe von transgenen Eigenschaften aus diesen Wildpopulationen ist bei einem Anbau von HR-Raps sehr wahrscheinlich.

Auch für Mais wurden im Rahmen der FSE deutlich höhere Auskreuzungsdistanzen gemessen. Innerhalb einer 80 m–Zone liegt die durchschnittliche Einkreuzungsrate bei 0,298 %. Henry et al. (2003) betonen, dass der Genfluss bei Mais auch weiter als

bei 200 m auftritt. In einem Einzelfall konnte eine Einkreuzung noch in 650 m Entfernung gemessen werden (Henry et al 2003).

Zusammenfassungen und Studien der DEFRA sind auf folgenden Internetseiten erhältlich (http://www.defra.gov.uk/news/latest/2003/fseresults.htm).

Fazit

Die Farm Scale Evaluations (FSE) haben die Auswirkungen der Bewirtschaftungsform mit HR-Nutzpflanzen untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Bewirtschaftung mit Breitbandherbiziden vor allem die Ackerwildkräuter dezimieren, damit aber auch Auswirkungen auf die Fauna haben. Die Bewirtschaftung mit HR-Pflanzen führt zu einer weiteren Intensivierung der Landwirtschaft und mit der weiteren Intensivierung zu einer Verringerung der Biodiversität.

Besondere Beachtung verdienen die Ergebnisse der Vergleiche bei Zuckerüben, da in diesem Fall die Unterschiede in den Spritzregimes und die Anzahl der eingesetzten Herbizide besonders differieren. Konventionell angebaute Zuckerrüben wurden bis zu sechs Mal in der Saison mit sieben bis acht verschiedenen Herbizidwirkstoffen behandelt, während die transgenen RoundupReady-Zuckerrüben der Firma Monsanto maximal zweimal mit Glyphosat gespritzt wurden. Trotzdem sind die Gesamtauswirkungen des Breitbandherbizides auf die Biodiversität deutlich gravierender als die konventionell eingesetzten sieben bis acht verschiedenen Herbizidwirkstoffe.

Ein weiterer Parameter, der häufig zur Beurteilung der Umweltbelastung des landwirtschaftlichen Anbaus herangezogen wird, ist die Menge an eingesetztem aktivem Wirkstoff. Bei einer rein mengenmäßigen Betrachtung schneiden die transgenen Sorten deutlich besser ab als die konventionellen Sorten. Die Ergebnisse der FSE verdeutlichen aber, dass eine Mengenbetrachtung keinerlei Aussagekraft hat für mögliche Auswirkungen auf Flora und Fauna, wenn unterschiedlich wirksame und in ihrem Wirkungsspektrum unterschiedliche Substanzen betrachtet werden.

Die FSE hatten nur einen sehr begrenzten Untersuchungshorizont – es ging allein um Fragen der möglichen Auswirkungen auf die Ackerbegleitflora und –fauna. Auskreuzungsmöglichkeiten und Distanzen, Verbreitungsverhalten etc. waren nicht Gegenstand der Untersuchungen. Diese Fragestellungen wurden zum Teil in den

DEFRA-Untersuchungen weiterführend bearbeitet, die auf den Ansätzen der FSE aufgebaut haben.

Diese Untersuchungen ergeben, dass bisherige Ergebnisse in Teilen die möglichen Auskreuzungsdistanzen und Überdauerungsmöglichkeiten deutlich unterschätzen. Raps-Fangpflanzen werden selbst in einer Entfernung von 26 km noch mit transgenem Pollen bestäubt. Darüber hinaus tritt Raps über Jahre hinweg als Durchwuchs auf Feldern auf, was zu einer hohen Verunreinigung der Ernte führen kann. Innerhalb von fünf Jahren nach einem Anbau von transgenem Raps kann die Verunreinigung nur dann unter 1 % gedrückt werden, wenn sehr rigorose Bekämpfungsmaßnahmen durchgeführt werden. Alle Daten, die bisher zu Raps erarbeitet worden sind ebenso wie die DEFRA-Studien, lassen nur den einen Schluß zu, dass eine echte Koexistenz, selbst wenn per definitonem eine Verunreinigung unter 0,9 % als Schwellenwert für eine Kennzeichnung als gentechnikfrei angesehen wird, über die Zeit mit dieser Nutzpflanzen nicht zu verwirklichen ist.

Auch für Mais wurden im Rahmen der FSE deutlich höhere Auskreuzungsdistanzen gemessen. Innerhalb einer 80 m–Zone liegt die durchschnittliche Einkreuzungsrate bei 0,298 %. In einem Einzelfall konnte eine Einkreuzung noch in 650 m Entfernung gemessen werden. Damit stellt sich für Mais die Frage, welche Maßnahmen vorgegeben werden müssen, damit eine zuverlässige Minimierung einer Einkreuzung und damit Verunreinigung über die Zeit erzielt werden kann.

Literatur

AGRICULTURE AND ENVIRONMENT BIOTECHNOLOGY COMMISSION (2003): GM Crops? Coexistence and Liability. A report by the Agriculture and Environment Biotechnology Commission, November 2003, UK.

BRAUNER R. (2002/2003): Gen-Transfer - na und? / Gene flow - so what? Gentechnik-Nachrichten Spezial 11/12, Dezember 2002/Januar 2003 (englische und deutsche Ausgabe)

BROOKS D. R., BOHAN S. J., CHAMPION G. T., HAUGHTON A. J., HAWES C., HEARD M. S., CLARK S. J., DEWAR A. M., FIRBANK L. G., PERRY J. N., ROTHERY P., SCOTT R. J., WOIWOOD I. P., BIRCHALL C., SKELLERN M. P., WALKER J. H., BAKER P., BELL D., BROWNE E. L., DEWAR A. J. G., FAIRFAX C. M., GARNER B. H., HAYLOCK L. A., HORNE S. L., HULMES S. E., MASON N. S., NORTON L. R., NUTTAL P., RANDLE Z.,

ROSSALL M. J., SANDS R. J. N., SINGER E. J. & WALKER M. J. (2003): Invertebrate responses to the management of the genetically modified herbicide-tolerant crops. I. Soil-surface-active invertebrates. The Philosophical Transactions of the Royal Society (Biological Sciences) 358: 1847-1862.

CHAMPION G. T., MAY M. J., BENNETT S., BROOKS D. R., CLARK S. J., DANIELS R. E., FIRBANK L. G., HAUGHTON A. J., HAWES C., HEARD M. S., PERRY J. N., RANDLE Z., ROSSALL M. J., ROTHERY P., SKELLERN M. P., SCOTT R. J., SQUIRE G. R. & THOMAS M. R. (2003): Crop management and agronomic context of the Farm Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. The Philosophical Transactions of the Royal Society (Biological Sciences) 358: 1801-1818.

DANIELL H. (2002): Molecular strategies for gene containment in transgenic crops. Nature biotechnology 20: 581-586.

DANISH INSTITUTE OF AGRICULTURAL SCIENCE (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, November 2003, Ministry of Food, Agriculture and Fisheries.

DÜLL R. & KUTZELNIGG H. (1994): Botanisch-ökologisches Exkursionstaschenbuch. Quelle & Meyer, Heidelberg, Wiesbaden: 590.

ELLSTRAND N.C., PRENTICE H.C. & HANCOCK J.F. (1999): Gene flow and introgression from domesticated plants into their wild relatives. Annu. Rev. Ecol. Syst 30: 539-563.

FEIL B. & SCHMID J.E. (2001): Pollenflug bei Mais, Weizen und Roggen – ein Beitrag zur Frage der beim Aufbau von transgenen Kulturpflanzen erforderlichen Isolierabstäne. Shaker Verlag, Aachen: 69.

HAUGHTON A. J., CHAMPION G. T., HAWES C., HEARD M. S., BROOKS D. R., BOHAN S. J., CLARK S. J., DEWAR A. M., FIRBANK L. G., OSBORNE J. L., PERRY J. N., ROTHERY P., ROY D. B., SCOTT R. J., WOIWOOD I. P., BIRCHALL C., SKELLERN M. P., WALKER J. H., BAKER P., BROWNE E. L., DEWAR A. J. G., GARNER B. H., HAYLOCK L. A., HORNE S. L., MASON N. S., SANDS R. J. N. & WALKER M. J. (2003): Invertebrate responses to the management of the genetically modified herbicide-tolerant crops. II. Within-field epigeal and aerial arthropods. The Philosophical Transactions of the Royal Society (Biological Sciences) 358: 1863-1877.

HAWES C., HAUGHTON A. J., OSBORNE J. L., ROY D. B., CLARK S. J., PERRY J. N., ROTHERY P., BOHAN S. J., BROOKS D. R., CHAMPION G. T., DEWAR A. M., HEARD M. S., WOIWOOD I. P., DANIELS R. E., YOUNG M. W., PARISH A. M., SCOTT R. J., FIRBANK L. G. UND SQUIRE G. R. (2003): Responses of plants and invertebrate trophic groups to contrasting herbicide regime in the Farm Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. The Philosophical Transactions of the Royal Society (Biological Sciences) 358: 1899-1913.

HAYES T.B., COLLINS A., LEE M., MENDOZA M., NORIEGA N., STUART A.A., VONK A. (2002): Hermaphroditic, demasculinized frogs after exposure to the herbicide atrazine at low ecologically relevant doses. Proc Natl Acad Sci U S A 99:5476-5480.

HEARD M. S., HAWES C., CHAMPION G. T., CLARK S. J., FIRBANK L. G., HAUGHTON A. J., PARISH A. M., PERRY J. N., ROTHERY P., SCOTT R. J., SKELLERN M. P., SQUIRE G. R. & HILL M. O. (2003): Weeds in fields with contrasting conventional and genetically modified herbicide-tolerant crops I. Effects on abundance and diversity. The Philosophical Transactions of the Royal Society (Biological Sciences) 358: 1819-1832.

HEARD M. S., HAWES C., CHAMPION G. T., CLARK S. J., FIRBANK L. G., HAUGHTON A. J., PARISH A. M., PERRY J. N., ROTHERY P., ROY D. B., SCOTT R. J., SKELLERN M. P., SQUIRE G. R. & HILL M. O. (2003): Weeds in fields with contrasting conventional and genetically modified herbicide-tolerant crops II. Effects on individual species. The Philosophical Transactions of the Royal Society (Biological Sciences) 358: 1819-1832.

HENRY C., MORGAN D. & WEEKES R. (2003): Farm scale evaluations of GM crops: monitoring gene flow from GM crops to non-GM equivalent crops in the vicinity (contract reference EPG 1/5/138). Part I: Forage maize. Final Report 2000/2003, September 2003.

HERMANOWSKI R., TAPPESER B., BARTH R., BRAUNER R., HERMANN A., NOWACK K., SCHMIDT H. & MEIER J. (2003): Grüne Gentechnik und Ökologische Landwirtschaft. UBA-Texte 01/03 (englische Version UBA-Texte 02/03).

INGRAM J. (2000): Report on the separation distances required to ensure cross-pollination in below specified limits in non-seed crops of sugar beet, maize and oilseed rape. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (eds.), Cambridge, UK.

KWON Y.W. & KIM D.-S. (2001): Herbicide-resitant genetically-modified crop: its risks with an emphasis on gene flow. Weed Biology and Management 2001;1: 42-52.

MCCARTNEY H.A. & LACEY M.E. (1991): Wind dispersal of pollen from crops of oilseed rape (*Brassica napus* L.). J. Aerosol Sci. 22: 467-477.

MÜLLER W. (2002): GVO freie Bewirtschaftungsgebiete: Konzeption und Analyse von Szenarien und Umsetzungsschritten. Hrsg.: Bundesministerium für Soziale Sicherheit und Generationen. Forschungsbericht 8/02 (http://www.gentechnik.gv.at/gentechnik/B1_orientierung/B1_einfuehr_10436_set.html).

MÜLLER W. (2003): Concepts for Coexistence. Final report commissioned by the Federal Ministry of Health and Women, Wien.

ROY D. B., BOHAN S. J., HAUGHTON A. J., HILL M. O., OSBORNE J. L., CLARK S. J., PERRY J. N., ROTHERY P., SCOTT R. J., BROOKS D. R., CHAMPION G. T., HAWES C., HEARD M. S. & FIRBANK L. G. (2003): Invertebrates and vegetation of field margins adjacent to crops subject to contrasting herbicide regimes in the Farm Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. The Philosophical Transactions of the Royal Society (Biological Sciences) 358: 1879-1898.

SCIMAC (2002a): Code of practice on the introduction of genetically modified crops. http://ukasta.org.uk/scimac/old/gui1.html.

SCIMAC (2002b): Guidelines for the growing newly developed herbicide resistant crops. http://ukasta.org.uk/scimac/old/gui1.html.

SQUIRE G. R., BROOKS D. R., BOHAN D. A., CHAMPION G. T., DANIELS R. E., HAUGHTON A. J., HWAES C., HEARD M. S. , HILL M. O., MAY M J., OSBORNE J. L., PERRY J. N., ROY D. B., WOIWOOD I. P. & FIRBANK L. G. (2003a): On the rationale and interpretation of Farm Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. The Philosophical Transactions of the Royal Society (Biological Sciences) 358: 1779-1799.

SQUIRE G.R. & BEGG G.S. (2003b): The potential for oilseed rape feral (volunteer) weeds to cause impurities in later oilseed rape crops. Final report of the DEFRA project: Consequences for Agriculture of the Introduction of Genetically Modified Crops. RG0114, August 2003.

WADDINGTON K.D., VISSCHER P.K., HERBERT T.J. & RICHTER M.R. (1994): Comparison of forager distributions from matched honey bee colonies in suburban environments: Behavioral Ecology and Sociobiology 35: 423-429.