

Ökologische Wirkungen der durch transgene Pflanzen veränderten Anbausysteme

BASISINFORMATION NR. 22

Die Nutzung gentechnisch veränderter (gv) Pflanzen kann Veränderungen innerhalb des landwirtschaftlichen Anbaus notwendig machen. In dieser Basisinformation werden mögliche ökologische Auswirkungen für Agrarökosysteme behandelt, die sich aus geänderten Anbausystemen ergeben können. Zielsetzung ist es einerseits herauszuarbeiten, wie die Verwendung transgener Pflanzen sich auf die Vielfalt im landwirtschaftlichen Anbau auswirken kann und welche ökologische Bedeutung das hat. Andererseits wird behandelt, welche ökologischen Probleme sich aus den Veränderungen in der Anbaupraxis ergeben können. Abschließend wird die Problematik der Bewertung veränderter Anbausysteme mit gv Pflanzen im Vergleich zu ökologischem oder konventionellem Anbau dargestellt.

VIELFALT INNERHALB DES LANDWIRTSCHAFTLICHEN ANBAUS

Agrarische und agrarassoziierte Ökosysteme sind sehr stark durch den Menschen beeinflusste Lebensräume. Zwischen den Kulturpflanzen, der natürlichen Flora und Fauna sowie innerhalb derselben gibt es hier genauso wie in anderen Biotopen komplexe ökologische Beziehungen. Die Einführung von gv Kulturpflanzen kann daher unterschiedliche ökologische Wirkungen nach sich ziehen. Diese können sich auf dem Gebiet der Vielfalt der genutzten Sorten und Arten von Kulturpflanzen, aber auch der Fruchtfolgen und der Vielfalt der landwirtschaftlichen Flächennutzung manifestieren (Meyer et al. 1998).

Die Vielfalt der im landwirtschaftlichen Anbau genutzten Kulturpflanzensorten ist zum jetzigen Zeitpunkt verglichen mit der Zeit vor der modernen Landwirtschaft schon relativ gering. Durch die Verwendung einer immer geringeren Anzahl ertragsoptimierter Sorten und Hybridsorten, sowie den Verlust durch Nichterhaltung alter Sorten ist der genetische Pool, auf den man bei der Züchtung neuer Sorten zurückgreifen kann, für einzelne Kulturarten bereits relativ klein. Gelegentlich fällt das Argument die Grüne Gentechnik könnte durch Einführung neuer Eigenschaften in die bisher genutzten Kulturpflanzensorten dazu beitragen die genetische Vielfalt wieder zu vergrößern.

Da andererseits in den letzten Jahren bei den Zuchtunternehmen ein starker Konzentrationsprozess stattgefunden hat, werden immer weniger Sorten von wenigen großen Saatgutunternehmen produziert und vertrieben (siehe Basisinformation Nr. 18). Somit führen die sozioökonomischen Rahmenbedingungen in der Pflanzenzucht zu einer Verschärfung der bisherigen Entwicklung, also einer weiteren Minimierung der Sortenvielfalt bei den Hauptkulturarten. Eine besonders problematische Situation kann sich beim Anbau von gv Nutzpflanzen in den Zentren der genetischen Vielfalt ergeben, die meist in Entwicklungsländern mit einer kleinbäuerlichen Landwirtschaft zu finden sind. Die verstärkte Nutzung von gv Hochleistungssorten könnte dort in Kombination mit der damit verbundenen Intensivierung der Landwirtschaft zu einem weiteren Verlust "pflanzengenetischer Ressourcen" durch Verdrängung von Landsorten und ihrer großen genetischen Vielfalt führen.

Die immer stärkere Konzentration auf wenige Kulturpflanzenarten in den industrialisierten Ländern stellt bereits ohne gv Pflanzen eine Bedrohung für die Vielfalt der genutzten Kulturarten dar. Die Zahl der innerhalb der europäischen Landwirtschaft genutzten Kulturpflanzenarten hat sich in den letzten Jahrzehnten verringert und der Anbau konzentriert sich auf wenige Hauptkulturpflanzen. Da sich die Anwendung der Grünen Gentechnik mit Ausnahmen bei der Forschung im Wesentlichen auf diese Pflanzenarten beschränkt, kann sie nicht zu einer Verbesserung der Vielfalt beitragen. Andererseits ist zumindest in Ländern mit industrialisierter Landwirtschaft bei der Verwendung von gv Hauptkulturarten auch nicht mit einer wesentlichen Verschärfung der Problematik zu rechnen, sofern durch Genbanken eine breite genetische Vielfalt als Basis für zukünftige Züchtungen gesichert wird.

Die Intensität des Anbaus der transgenen Nutzpflanzen könnte sich aber auch auf anderem Wege auf die Vielfalt von Agrarökosystemen vor allem in Regionen mit kleinbäuerlicher Landwirtschaft und bislang noch größerer Nutzpflanzenvielfalt auswirken. Denkbar wäre eine Verringerung der Vielfalt von Flächennutzung und Fruchtfolgen, falls einzelne gv Nutzpflanzen sich aufgrund ihrer Eigenschaften so erfolgreich durchsetzen, dass andere Sorten nicht mehr bzw. insgesamt weniger Kulturarten angebaut werden. Der damit verbundene Wegfall vor allem mündlich weitergegebener sortenspezifischer Anbaumethoden wäre vor allem von ökologischer Bedeutung, da die Vielfalt der landwirtschaftlichen Flächennutzung (von Sorten bis Fruchtfolgen) die Vielfalt der Agrarökosysteme prägt und damit die Vielfalt der nicht-landwirtschaftlichen Flora und Fauna, von Ackerbegleitflora über Nützlinge bis zu Bodenlebewesen stark beeinflusst (Skorupinski 2004).

ÖKOLOGISCHE FOLGEN VERÄNDERTER ANBAUPRAXIS MIT GV NUTZPFLANZEN

Neben den Auswirkungen auf die Vielfalt in landwirtschaftlichen Anbausystemen können mit dem Anbau von gv Pflanzen Veränderungen in der landwirtschaftlichen Anbaupraxis

verbunden sein. Gv Nutzpflanzen können aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften andere Anforderungen an Bodenbearbeitung und Aussaat haben sowie Anpassungen bei Düngung und Pflanzenschutz oder auch veränderte Erntemethoden oder -zeitpunkte nötig machen. Dadurch kann sich eine Vielzahl möglicher ökologischer Folgen ergeben, wie z.B. eine Verringerung von Schaderregern durch Anbau virus- und krankheitsresistenter Pflanzen. Da momentan vor allem herbizidtolerante oder insektenresistente gv Kulturpflanzen (siehe Basisinformation Nr. 2) angebaut werden, gibt es hier die meisten Erkenntnisse zu möglichen ökologischen Wirkungen durch Veränderungen in der Anbau- praxis. Der Hauptunterschied zum konventionellen Anbau besteht beim Bt-System darin, dass auf die Gabe dieses spezifischen Bt-Insektizids verzichtet werden kann, da es in der gv Pflanze selbst gebildet wird. Bei der Herbizid-Toleranz-Technik wird zwar der angewendete Wirkstoff gewechselt aber weiterhin standardmäßig ein Herbizid zur Unkrautbekämpfung ausgebracht (Schütte et al. 2001). In den folgenden beiden Kapiteln werden diese zwei Anbausysteme und ihre ökologischen Wirkungen differenzierter betrachtet.

ANBAUSYSTEME MIT GV HERBIZIDTOLERANTEN NUTZPFLANZEN

Mit der Einführung gv herbizidtoleranter Pflanzen wird das Unkrautmanagement auf das entsprechende Komplementärherbizid umgestellt, gegen dessen Wirkung die gv Pflanzen tolerant sind. Die konventionelle Praxisvorgabe der so genannten Herbizidrotation, bei der ein ständiger Wechsel der angewendeten Herbizide die Bildung von Resistenzen bei Unkräutern verhindern soll, ist im bisherigen Umfang zumindest in dem Teil der Fruchtfolge nicht mehr möglich, in dem gv Pflanzen angebaut werden. Bei der Anwendung von Totalherbiziden anstelle von selektiven Herbiziden wird die gesamte Bandbreite von Unkräutern bekämpft und dadurch auch die Populationen neutraler oder nützlicher Beikräuter stärker als zuvor verringert (van den Daele et al. 1996). Der Wirkstoffwechsel bei der chemischen Unkrautbekämpfung kann durch diese Effekte auch Änderungen in den ökologischen Wirkungsketten nach sich ziehen, z.B. bei Tieren, die sich von diesen Unkrautpflanzen ernähren. Folglich besteht das Risiko, dass sich sowohl die Artenvielfalt und Zusammensetzung von Ackerbegleitflora als auch die der Fauna verändert (van den Daele et al. 1996). Erste umfangreiche Freilanduntersuchungen in Großbritannien zu ökologischen Wirkungen von Anbausystemen mit verschiedenen herbizidtoleranten gv Pflanzen, die so genannten Farm Scale Evaluations (FSE) (Firbank et al. 2003, DEFRA Link zu FSE), belegen einen Rückgang von Nutzinsekten (Schütte et al. 2004), aber auch Vögeln, die sich normalerweise von den Samen der dezimierten Wildkräuter ernähren.

Der Einsatz von Totalherbiziden fördert ebenso wie eine dauerhafte Gabe konventioneller Herbizide durch den erhöhten Selektionsdruck die Bildung von Unkräutern mit einer höheren Toleranz oder Resistenz gegen den Wirkstoff (siehe Link Biosicherheit). Durch die Vernachlässigung oder Unterlassung eines Resistenzmanagements kann die ursprüngliche Erwartung, die einzusetzende Herbizidmenge zu reduzieren, konterkariert werden (Dale

et al. 2002). Die Erfahrungen aus dem Anbau von gv Pflanzen mit Toleranz gegen das Herbizid Glyphosat (siehe Basisinformation Nr. 2) in den USA seit 1996 zeigen, dass die Bildung unempfindlicherer Unkräuter gefördert wurde, weil Landwirte mehrfach während der Vegetationsperiode und über mehrere Jahre hinweg nur ein einziges Komplementär-Herbizid großflächig einsetzten. Dadurch wurde nach anfänglicher geringfügiger Reduktion die in Anbausystemen mit gv herbizidtoleranten Pflanzen eingesetzte Herbizidmenge nach den ersten fünf Jahren deutlich höher als bei vergleichbaren konventionellen Anbausystemen. Über den Gesamtzeitraum 1996-2004 gemittelt ergibt sich eine Steigerung von 5%, wobei der Mehrbedarf stetig anstieg weil wegen der Resistenzen zusätzlich zum Komplementärherbizid wieder selektive Herbizide gespritzt werden mussten (Benbrook 2004). Eine quantitative Zunahme des Herbizideinsatzes wird allgemein als nachteilig bewertet, obwohl die ökologische Bewertung schwierig ist, da die Wirkungen von der Öko-Toxizität der Wirkstoffe abhängig sind, die bei den neuen Komplementärherbiziden meist niedriger ist. Beim Vergleich von Anbausystemen mit verschiedenen Herbiziden muss neben der Aufwandmenge auch das Umweltbelastungspotential aller Wirkstoffe betrachtet werden.

ANBAUSYSTEME MIT GV INSEKTENRESISTENTEN PFLANZEN

Bei der Schädlingsbekämpfung mittels Insektenresistenz ist neben der Selektivität der Bt-Toxine vor allem die dauerhafte Bildung der Wirkstoffe in der gv Pflanze ein entscheidender Unterschied zur punktuellen Gabe von Insektiziden. Die jeweiligen Schädlinge - etwa der Maiszünsler oder der Baumwollkapselwurm - werden dadurch tendenziell stärker bekämpft, Nützlinge dagegen geschont. Allerdings besteht durch den hohen Selektionsdruck die Gefahr, dass sich resistenter Schädlinge bilden, die sich dann schnell vermehren könnten, da sie einen Überlebensvorteil haben. Dieses Risiko wurde in den Debatten vor der Einführung von gv Bt-Toxin-haltigen insektenresistenten Pflanzen (siehe Basisinformation Nr. 2) in den USA als sehr groß eingeschätzt.

Zur Vorbeugung gegen das Aufkommen resistenter Schadinsekten wurde in den USA die Erlaubnis zum Anbau von Bt-Mais an die Bedingung geknüpft, dass mindestens 20 % der Anbaufläche eines Landwirts Refugien ohne gentechnisch veränderten Bt-Mais sein müssen (Link Biosicherheit). In diesen Refugien sollten nicht Bt-resistente Insekten die Chance haben zu überleben und durch Kreuzung mit resistenten Individuen für eine genetische Durchmischung zu sorgen. Dies reduziert die Verbreitung der Bt-Resistenzgene in den Populationen und zwar vor allem dann wenn die Resistenz eine rezessive Eigenschaft ist, die zur Ausprägung von beiden Elternteilen erworben werden muss (siehe Basisinformation 1). Das Refugienkonzept sorgt bei einer korrekten Umsetzung für eine geringere Wahrscheinlichkeit der Entwicklung und Ausbreitung resistenter Arten, seine Anwendbarkeit außerhalb einer intensiven Landwirtschaft und in Entwicklungs- und Schwellenländern wird zuweilen in Frage gestellt.

Die Erfahrungen aus dem bisherigen Anbau zeigen, dass auch aufgrund der angewendeten Maßnahmen die befürchtete massive Bildung von Resistenzen nicht aufgetreten ist (Benbrook 2004). Die Verschärfung der Auflagen der US-Behörden zur Resistenzvermeidung in den ersten Jahren nach Beginn des Anbaus lässt jedoch auf anfängliche Probleme schließen. Nach nunmehr über 15 Jahren gibt es lediglich einen publik gewordenen Fall einer Resistenz gegen ein Bt-Toxin beim Baumwollkapselbohrer (Tabashnik et al. 2008). Die Effizienz der Resistenzmanagement-Strategien bei Anbausystemen mit Bt-Pflanzen war also bis auf diese eine Ausnahme bislang hoch. Der Gesamtbedarf an applizierten Insektiziden konnte bei den entsprechenden Kulturpflanzen durch den Einsatz insektenresistenter gv Pflanzen in den USA von 1996 bis 2004 um durchschnittlich rund 5 % gesenkt werden (Benbrook 2004). Dies stellt einen zwar geringfügigen aber dennoch positiven ökologischen Effekt dar. Die Studie zeigt aber auch, dass nach der anfänglichen Reduktion der Insektizidmengengabe ein ansteigender Trend eingesetzt hat.

Falls Bt-Mais in Gegenden angebaut wird in denen der Maiszünsler bisher nicht bekämpft wurde ergibt sich beispielsweise gar keine Verringerung von zu applizierenden Insektizidmengen. Die teilweise erreichte Reduktion des Insektizideinsatzes bei der Umstellung auf gv insektenresistente Pflanzen stellt sich häufig nur für eine begrenzte Zeit ein, weil der insektizide Wirkstoff Bt-Toxin in seinem Wirkungsspektrum gegenüber den chemisch-synthetischen Insektiziden deutlich selektiver ist (siehe Basisinformation Nr. 2). Potenzielle Schädlinge, die zuvor bei der chemischen Schädlingsbekämpfung mit erfasst wurden, werden beim Anbau von gv Bt-Pflanzen nicht mehr bekämpft und können sich zu so genannten Sekundärschädlingen entwickeln. Berichtet wurde dies für Anbausysteme mit gentechnisch veränderter Baumwolle in China (Bennett 2005). In diesem Fall müssen zur Bekämpfung der Sekundärschädlinge wiederum Insektizide eingesetzt werden, was erneut zu nachteiligen ökologischen Wirkungen führen kann. Zudem ist die Bt-Baumwolle gegen die in verschiedenen Anbauregionen unterschiedlichen Hauptschädlinge nicht gleich wirksam, so dass häufig ebenfalls zusätzlich Insektizide gespritzt werden müssen. Dies zieht dann auch ökonomische Probleme für die Anwender nach sich (siehe Basisinformation 17).

UNTERSCHIEDLICHER BEWERTUNGSRAHMEN

Ökologische Auswirkungen auf Agrarökosysteme und die sie umgebenden Flächen ergaben sich bisher immer dann, wenn technologische Neuerungen für große Umwälzungen der bisherigen Anbaupraxis sorgten. Die Modernisierung der bäuerlichen Landwirtschaft hatte im 20. Jahrhundert mit der Einführung von mineralischer Düngung und chemischem Pflanzenschutz, durch veränderte Fruchtfolgen sowie in Folge von Flurbereinigungen teils erhebliche ökologische Folgen. Die Intensivierung, Rationalisierung, Spezialisierung und

Konzentration der Produktion haben bereits vor dem Anbau von gv Nutzpflanzen eine erhebliche Reduktion der Vielfalt sowohl von Kultur- als auch von Wildpflanzen bewirkt.

Bei der Bewertung der ökologischen Wirkungen von veränderten Anbausystemen mit gv Pflanzen ist von entscheidender Bedeutung, welche Basis als Grundlage für einen Vergleich herangezogen wird (Dale et al (2002)). Zum einen werden beispielsweise in Deutschland häufig die Folgen des Anbaus transgener Nutzpflanzen mit denen im Ökologischen Landbau bzw. einer anzustrebenden nachhaltigen Landbewirtschaftung verglichen werden. Eine weitere Möglichkeit ist der Vergleich ökologischer Auswirkungen des Anbaus von gv Nutzpflanzen mit den bisher üblichen konventionellen Anbausystemen. Bereits diese Grundentscheidung wird sehr strittig diskutiert, führt doch schon diese Wahl zu ganz unterschiedlichen Bewertungsergebnissen.

Ein weiteres bedeutendes Problem besteht darin, dass in Europa außer den Ergebnissen der britischen Farm Scale Evaluations kaum Erfahrungswerte darüber vorliegen, wie ein großflächiger kommerzieller Anbau von gv Pflanzen die komplexen Wirkungszusammenhänge von Agrarökosystemen langfristig beeinflussen wird. Von Agrarökologen wird in diesem Zusammenhang den Firmen bei der Planung bisheriger Risikoforschungen oftmals eine falsche Auswahl von Fragestellungen und Methodik vorgeworfen. Unter anderem wird die fehlende Definition unerwünschter Effekte und nachfolgender Konsequenzen für das auf diesen Forschungen basierende Zulassungsverfahren kritisiert (siehe Basisinformation 12). Die Fragestellung wie man die Grüne Gentechnik so anwendet, damit sie ökologische Vorteile mit sich bringt oder sich zumindest nicht negativ auswirkt, müsse in den Vordergrund gerückt werden.

Zusätzlich zur schwierigen Bewertung ökologischer Auswirkungen von Anbausystemen mit gv Pflanzen kommt erschwerend die unterschiedliche ökonomische Interessenslage beim Resistenzmanagement von Herbizidtoleranz und Insektenresistenz hinzu. Im Fall einer Resistenzbildung bei Verwendung der Herbizid-Toleranz-Technik tragen die Anbieter des gv Saatgutes und der Komplementärherbizide ein großes Risiko, während die anwendenden Landwirte in gewissen Grenzen noch auf alternative Techniken umsteigen könnten. Beim Anbau insektenresistenter gv Kulturpflanzen sind darüber hinaus vor allem die ökologisch wirtschaftenden Landwirte wirtschaftlich betroffen, die Bt-Präparate als biologisches Schädlingsbekämpfungsmittel einsetzen. Sie profitieren nicht von der gentechnischen Nutzung der Insektenresistenz, tragen aber einen Teil des Risikos mit, da ihre Ausweichmöglichkeiten auf Alternativstrategien begrenzt sind (Schütte et al. 2001).

LINKS ZU VERTIEFENDEN INFORMATIONEN

Biosicherheit: Ökologische Auswirkungen von Anbausystemen mit herbizidresistenten gv Pflanzen: <http://www.biosicherheit.de/de/archiv/2003/235.doku.html>

Biosicherheit: Refugienkonzept: www.biosicherheit.de/de/lexikon/141.refugien_konzept.html

DEFRA: Zusammenfassung der Ergebnisse der Farm Scale Evaluations (FSE) von 2005: <http://www.defra.gov.uk/environment/gm/fse/results/fse-summary-05.pdf>

LITERATUR

- Benbrook, C. (2004): Genetically Engineered Crops and Pesticide Use in the United States: The First Nine Years. BioTech Infonet, Technical Paper Number 7, Oktober 2004, http://www.biotechinfo.net/Full_version_first_nine.pdf
- Bennett, D. (2005): Plant Bugs Increasing Nuisance in Cotton. In: Delta Farm Press 24.2.2005.
- van den Daele, W. (1996): Grüne Gentechnik im Widerstreit : Modell einer partizipativen Technikfolgenabschätzung zum Einsatz transgener herbizidresistenter Pflanzen. VCH, Weinheim.
- Dale, P. J.; Clarke, B.; Fontes, E. (2002): Potential for the environmental impact of transgenic crops. *Nature Biotechnology* 20 (6), S. 567-574.
- Firbank, L.; Heard, M.; Woiwod, I.; Hawes, C.; Haughton, A.; Champion, G. ; Scott, R. ; Hill, M.; Dewar, A.; Squire, G.; May, M.; Brooks, D.; Bohan, D.; Daniels, R.; Osborne, J.; Roy, D.; Black, H.; Rothery, P.; Perry, J. (2003):. An introduction to the Farm-Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. *Journal of Applied Ecology*, 40, 2-16
- 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.
- Schütte, G.; Stachow, U.; Werner, A. (2004): Agronomic and environmental aspects of the cultivation of transgenic herbicide resistant plants. UBA Texte 11/04. Umweltbundesamt, Berlin.
- Schütte, G.; Stirn, S.; Beusmann, V. (Hrsg.) (2001): Transgene Nutzpflanzen: Sicherheitsforschung, Risikoabschätzung und Nachgenehmigungs-Monitoring. Birkhäuser, Basel.
- Skorupinski, B. (2004): Gentechnik und ökologische Schäden als Gegenstand der Risikoforschung und partizipativer Technikfolgenabschätzung – Stand und Perspektiven. In: Thomas Potthast (Hrsg.): Ökologische Schäden – Begriffliche, methodologische und ethische Aspekte. Peter Lang, Europäischer Verlag der Wissenschaften, Frankfurt / Main.
- Tabashnik, B.; Gassmann, A.; Crowder D.; Carrière, Y. (2008): Insect resistance to Bt crops: evidence versus theory. *Nature Biotechnology* 26, 199-202.

veröffentlicht am 13.08.2008

Autoren:

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

Diskursprojekt durchgeführt von



Gefördert durch

