

Globale Umweltrisiken herbizidresistenter Pflanzen – Verschlimmerung auch in Europa durch die Hintertür des Freihandelsabkommens?

Zusammenfassung

Der Anbau gentechnisch veränderter herbizidresistenter (HR) Pflanzen, die gegen Breitbandherbizide wie Glyphosat und Glufosinat resistent sind, führt nicht wie vielfach argumentiert zur Umweltentlastung. Der bei den meisten HR-Pflanzen eingesetzte Wirkstoff Glyphosat, sein hauptsächliches Abbauprodukt AMPA und die in fertigen Produkten enthaltenen Hilfsstoffe sind toxisch für eine Vielzahl von Organismen, insbesondere aquatische Organismen. Glyphosat beeinflusst das Bodenleben, fördert bestimmte Krankheitserreger und beeinträchtigt die Aufnahme von Mikronährstoffen, den Ertrag und die Krankheitsabwehr der Pflanzen. Glufosinat wurde als reproduktionstoxisch eingestuft und soll in der EU bis September 2017 aus dem Verkehr gezogen werden. Die durch Breitbandherbizide besonders effiziente Beseitigung der Beikräuter reduziert nicht nur deren Artenvielfalt, sondern auch die der Tierwelt, die von der Beikrautflora abhängt; so wird über einen dramatischen Einbruch der Monarchfalter-Population in den USA berichtet.

Insbesondere der breite und vielfach ausschließliche Einsatz von Glyphosat zur Beikrautbekämpfung beim Anbau von HR-Pflanzen begünstigte die Evolution resistenter Beikrautarten. Mindestens 29 Glyphosat-resistente Arten sind derzeit bekannt, die sich mit zahlreichen Biotypen auf vielen Millionen von Hektar ausgebreitet haben. Auch Beikräuter, die mehr oder weniger tolerant gegen die Breitbandherbizide sind, breiten sich aus.

Zwecks Kontrolle dieser resistenten bzw. toleranten Arten werden in der Regel höhere Glyphosatdosen, Mehrfachapplikationen und Tankmischungen mit anderen, oft alten Herbiziden eingesetzt. In Reaktion auf die Resistenzentwicklung bei Beikräutern entwickelt die Industrie so genannte „stacked traits“, transgene Pflanzen, die nicht mehr nur gegen Glyphosat bzw. Glufosinat resistent sind, sondern Resistenzgene gegen weitere Herbizide aufweisen, die alternativ oder als Tankmischung mit Glyphosat empfohlen werden. Viele Beikrautarten besitzen allerdings bereits auch Resistenzen gegen diese Herbizide.

Die massive Ausdehnung der Anbauflächen transgener HR-Pflanzen, das vermehrte Auftreten herbizidresistenter Beikräuter und die Neigung vieler Farmer, weiterhin ausschließlich auf Herbizide zur Beikrautkontrolle zu setzen, haben zu einem starken Anstieg des Herbizidverbrauchs geführt. Zudem ist mit vermehrtem Einsatz besonders problematischer Alt-Herbizide wie 2,4-D zu rechnen. Die Nutzung des HR-Anbausystems stellt damit kein zukunftsfähiges Modell der Landwirtschaft dar.

Das geplante Freihandelsabkommen zwischen der EU und den USA soll nach den Vorstellungen der Biotech-Industrie den breiten Einsatz der Agrogentechnik auch in Europa ermöglichen. Im Gegensatz zu den USA, wo ca. 90 % der Hauptkulturarten Soja, Mais und Baumwolle gentechnisch verändert sind, werden solche Pflanzen in der EU nur auf vergleichsweise kleinen Flächen angebaut, für den Anbau von HR-Pflanzen gibt es keine Zulassung. Im Zuge der Angleichung von Standards zwischen der

EU und den USA soll sich das verändern. Zu diesem Zweck sollen in der EU die Zulassungsverfahren für gentechnisch veränderte Organismen (GVO) beschleunigt, Kontaminationen durch nicht-zugelassene GVO erlaubt und Gentechnik-Kennzeichnungsregeln zumindest abgeschwächt werden.

Ein anderer Weg der Landwirtschaft, weg vom massiven Pestizideinsatz, von Monokulturen und Einförmigkeit, hin zur Vielfalt und zu gesundheits- und umweltverträglichen Methoden ohne Gentechnik ist dringend geboten, um den mit der Intensiv-Landwirtschaft verbundenen Biodiversitätsverlust wenigstens aufzuhalten. Gentechnisch veränderte HR-Pflanzen hingegen verfestigen den Pfad in die falsche Richtung. Die europäische Öffentlichkeit tut deshalb gut daran, sich gegen das HR-System zu wehren und zu verhindern, dass über den Umweg TTIP der Anbau von HR-Pflanzen in der EU Einzug hielte und die Nutzung dieses Systems global sogar noch verstärkt würde.

Herbizidresistente gentechnisch veränderte Pflanzen

Herbizidresistenz ist **die** gentechnisch erzeugte Eigenschaft schlechthin: Über 80 % der weltweit angebauten GVO¹ sind resistent gegen Herbizide. Der überwiegende Teil trägt eine Resistenz gegen das von Monsanto entwickelte Breitbandherbizid Glyphosat (N-(Phosphonomethyl)Glycin), ein kleinerer Teil gegen Glufosinat (ebenfalls ein Breitbandherbizid, Fa. Bayer). Angesichts des gehäufteten Auftretens von Glyphosat-resistenten Beikräutern sollen künftig vermehrt transgene Pflanzen zum Anbau kommen, die gegen mehrere Herbizide resistent sind, z. B. Glyphosat **und** Glufosinat und sogenannte Alt-Herbizide wie die synthetischen Auxine.

Breitbandherbizide werden auch ohne herbizidresistente (HR) Pflanzen eingesetzt, so sind in Deutschland 92 Glyphosat-haltige Produkte (bekannt als Roundup) zugelassen und 3 Glufosinat-haltige Produkte (bekannt als Basta bzw. Liberty im englischen Sprachraum)². Die HR-Pflanzen werden gerne unter den Bezeichnungen RoundupReady (RR) bzw. LibertyLink (LL) vermarktet. Neben den genannten Unternehmen entwickeln weitere Pestizidhersteller (z. B. Du-Pont Pioneer, Dow und Syngenta) HR-Pflanzen.

Zumeist wurde den HR-Pflanzen ein Bakteriengen, seltener ein Pflanzengen, übertragen, das die Resistenz gegen das jeweilige Herbizid vermittelt. Glyphosat hemmt die Enolpyruvyl-Shikimat-3-Phosphatsynthase (EPSPS), ein wichtiges pflanzliches Enzym im Shikimat-Stoffwechselweg, über den aromatische Aminosäuren gebildet werden, während Glufosinat das Enzym Glutaminsynthetase hemmt, was zur Anreicherung des Zellgiftes Ammoniak führt. In beiden Fällen sterben nicht-resistente Pflanzen nach einigen Tagen ab.

Vor allem in den USA wachsen HR-Pflanzen auf riesigen Flächen (93 % der Sojabohnen, 85 % der Mais- und 82 % der Baumwollflächen in 2013³), aber auch in lateinamerikanischen Ländern wie Brasilien, Argentinien und Paraguay werden Glyphosat-resistente Sojabohnen auf Millionen von Hektar angebaut. In den USA und Kanada wird HR-Raps breit genutzt, RR-Zuckerrüben sollen binnen weniger Jahre einen Anteil von >90 % erreicht haben. Da die weitaus meisten HR-Pflanzen resistent

¹ Laut www.isaaa.org ca. 175 Millionen ha in 2013

² <https://portal.bvl.bund.de/psm/jsp/>

³ <http://www.ers.usda.gov/publications/err-economic-research-report/err162.aspx>

gegen Glyphosat sind, beziehen sich die folgenden Darstellungen vorwiegend auf die Nutzung Glyphosat-resistenter Pflanzen (s.a. Tappeser et al. 2014).

Bei der Nutzung des Systems von transgenen HR-Pflanzen stellen sich neben den Fragen des Gentransfers auf Kulturpflanzen der gleichen Art und/oder auf verwandte Wildpflanzen vor allem Fragen nach den Auswirkungen dieses Systems auf Landwirtschaft, Umwelt und Gesundheit. Den Komplex Gentransfer hier zu behandeln, würde den Rahmen dieses Papiers sprengen, daher die Konzentration auf das HR-System an sich. Es basiert auf dem häufig ausschließlichen Einsatz des entsprechenden Herbizids zur Beikrautkontrolle und führt, wie die Erfahrung zeigt, zu Monokulturen auf riesigen Flächen und zum Verzicht auf alternative Kontrollverfahren wie etwa Fruchtfolgen. Verbunden ist diese Entwicklung mit negativen Effekten auf die Biodiversität und die Gesundheit. Da HR-Saatgut und Herbizid, begünstigt durch Patentrechte, nicht selten als Paket verkauft werden, ergibt sich zudem eine starke Abhängigkeit der Landwirte von den betreffenden Unternehmen.

Risiken des HR-Systems für die Umwelt

Mit dem Anbau Glyphosat-resistenter Pflanzen steigt der Einsatz von Glyphosat dramatisch - Glyphosat ist inzwischen das weltweit am stärksten eingesetzte Herbizid. Damit werden zahlreiche terrestrische und aquatische Organismen mit dem Wirkstoff bzw. seinem Hauptabbauprodukt Aminomethylphosphonsäure (AMPA) konfrontiert, sei es über direkte Applikation, die Aufnahme über Boden und Nahrung oder durch die Haut (z. B. bei aquatischen Organismen). Die im Handel befindlichen Herbizide (wie das bekannte Roundup) enthalten unterschiedliche Mengen an Glyphosat sowie zusätzlich Hilfsstoffe, die die Ausbringung und die Benetzung der Pflanzenoberfläche erleichtern und die Mittel stabilisieren. Art und Zusammensetzung dieser Hilfsstoffe werden von den Firmen als Geschäftsgeheimnis behandelt und nicht veröffentlicht. Insbesondere das häufig in Roundup eingesetzte POEA (polyethoxyliertes Tallowamin) ist aber eigenständig toxisch (Bradberry et al. 2004) und verstärkt die Toxizität von Glyphosat. Eine Erhöhung der Toxizität durch Formulierungsmittel wird auch für Glufosinat berichtet (Cox & Sorgan 2006).

Indirekt gefährden Breitbandherbizide wie Glyphosat und Glufosinat zahlreiche weitere Organismen, da durch die Beseitigung der Wildkrautflora Nahrungsquellen und Lebensräume verloren gehen. Die Ausweitung des Sojaanbaus in naturnahe und natürliche Ökosysteme, wie insbesondere in Lateinamerika zu beobachten, und die damit verbundene Abholzung von Wäldern führt zum weiteren Verlust an Biodiversität.

Direkte Herbizidwirkungen auf Nichtziel-Pflanzen, Mikroorganismen und Tiere

Bei intensivem Anbau von HR-Pflanzen kann es zu hohen Konzentrationen von Glyphosat und AMPA in den Böden kommen, so fanden sich in argentinischen Regionen mit RR-Pflanzenanbau Werte von bis zu 1500 µg/kg Glyphosat bzw. 2250 µg/kg AMPA (Aparicio et al. 2013). Glyphosat und AMPA werden inzwischen auch in zahlreichen Oberflächengewässern nachgewiesen, aus den USA wurden Glyphosat-Werte bis zu 1700 µg/L berichtet (WHO 2005). Im Mississippi-Delta wurden bereits 2007 Glyphosat und AMPA in ≥75% der Luft- und Regenproben gefunden (Majewski et al. 2014). Glyphosat kann auch ins Grundwasser gelangen und dort Konzentrationen über dem EU-Trinkwasser-Grenzwert von 0,1 µg/L erreichen (Sanchis et al. 2011).

Wild- und Nutzpflanzen, die nicht Glyphosat-resistent sind, können durch Abdrift geschädigt werden, Wachstum und Mineralstoffgehalte werden reduziert (Eker et al. 2006). So nahm die Zahl der Entschädigungsforderungen betroffener Landwirte nach Einführung der Glyphosat-resistenten Pflanzen in den USA stark zu (Henry et al. 2007). Appliziertes Glyphosat gelangt zudem rasch in die Wurzeln und wird in die Rhizosphäre abgegeben, von wo es von Nichtzielpflanzen aufgenommen werden kann (Neumann et al. 2006). Insbesondere bei Ausbringung von Herbiziden aus der Luft, wie in den großflächigen HR-Monokulturen der USA und Lateinamerikas nicht selten praktiziert, wird Glyphosat über große Areale verteilt, auf denen nicht-HR-Pflanzen wachsen.

Schon länger ist bekannt, dass der Eintrag von Glyphosat in den Boden die Bodenmikroflora beeinflusst, neuere Untersuchungen bestätigen dies (Yamada et al. 2009). Das Zielenzym von Glyphosat, EPSPS, ist nicht nur in Pflanzen, sondern auch in Mikroorganismen an der Bildung aromatischer Aminosäuren beteiligt, doch nicht alle Mikroorganismen besitzen eine gegen Glyphosat unempfindliche EPSPS-Form (Powell et al. 2009). Werden Mikroorganismen durch Glyphosat beeinträchtigt, kann sich das auf die Abbauprozesse im Boden, den Stickstoffhaushalt, die Bereitstellung von Mikronährstoffen sowie das Krankheitsgeschehen der Pflanzen auswirken.

Wurden in manchen Studien keine signifikanten Effekte beobachtet, fanden sich in anderen Veränderungen der Mikroorganismen-Populationen, indem unempfindliche Bakterienarten und manche Pilze gefördert, empfindlichere Organismen aber gehemmt werden. Die Hemmung kann nützliche Bakterien betreffen, beispielsweise Gegenspieler von krankheitserregenden Pilzen, Helfer bei der Bereitstellung von pflanzenverfügbarem Mangan oder die symbiontischen Knöllchenbakterien der Sojabohne (*Bradyrhizobium japonicum*), die Luftstickstoff assimilieren und den Pflanzen zur Verfügung stellen (Kremer & Means 2009). Insbesondere bei jungen Sojapflanzen kann so die Stickstoff-Fixierung verzögert und die Biomasse reduziert werden.

Auch Pilze reagieren unterschiedlich auf Glyphosat, negative Effekte auf nützliche Arten wie Mycorrhiza-Pilze wurden beschrieben (Druille et al. 2013). Andererseits häufen sich die Hinweise, dass Glyphosat bei Nutzpflanzen den Fusarienbefall fördert. Letzterer ist sehr unerwünscht, da diese Pilze häufig toxische Substanzen produzieren. Laut Johal & Huber (2009) legen verschiedene Studien den Schluss nahe, dass die Zunahme von Bakterien- und Pilzkrankheiten, darunter solche, die einst als beherrschbar galten, mit der verbreiteten Unkrautbekämpfung durch Glyphosat zu tun haben.

Aquatische Mikroorganismen weisen enorme Unterschiede in ihrer Empfindlichkeit gegen Glyphosat auf (Giesy et al. 2000). Unempfindlich sind beispielsweise die eher unerwünschten Cyanobakterien, da ihr massives Auftreten mit Algenblüten und der Bildung toxischer Stoffe verbunden ist. Wird der an sich schon häufig hohe Phosphatgehalt von Oberflächengewässern durch den Eintrag von Glyphosat erhöht, würden Algenblüten begünstigt, die sich negativ auf die menschliche und tierische Gesundheit auswirken können (Pérez et al. 2007). Empfindlicher als Bakterien und Einzeller reagieren zumeist Mikroalgen und Krebstiere (Brausch & Smith 2007).

Auch höhere aquatische Organismen sind durch Breitbandherbizide gefährdet, beispielsweise Amphibien. Zum einen können in kleinen, flachen, für die Amphibienentwicklung wichtigen Gewässern der Agrarlandschaft vergleichsweise hohe Glyphosat- bzw. Roundup-Gehalte auftreten, zum anderen scheinen die Wirkstoffe durch die Amphibienhaut besonders gut aufgenommen zu werden. Studien zeigen regelmäßig, dass Hilfsmittel wie POEA und das Handelsprodukt Roundup toxischer sind als Glyphosat allein, Stress verstärkt die Effekte. Dabei variiert die Empfindlichkeit

verschiedener Amphibienarten und Entwicklungsstadien stark, bei Konzentrationen, wie sie in der Praxis auftreten können, starb ein erheblicher Teil der Kaulquappen (Relyea 2011). Für Fische wurde ebenfalls beschrieben, dass Stress die toxischen Effekte von Glyphosat verstärkt (Kelly et al. 2010).

Eine unterschiedliche Empfindlichkeit zeigen auch Insekten, wie den im EU-Glyphosat-Report gesammelten Daten zu entnehmen ist (EC 2002). Bei der Ausbringung praxisüblicher Dosen wurden für die Hälfte der getesteten Arten Sterblichkeitsraten von 53 – 100 % gefunden, Larvenstadien sind besonders betroffen. Glyphosat zeigt subletale, negative Effekte auf Entwicklung, Fruchtbarkeit, Lebensdauer und Verhalten von Nützlingen wie Spinnen (Benamú et al. 2010) und Flurfliegen (Schneider et al. 2009).

Aufgrund früher durchgeführter Fütterungsversuche mit Ratten galten Glyphosat und Roundup als nicht sehr toxisch für Säuger (Giesy et al. 2000), signifikante negative Effekte auf Entwicklung, Fortpflanzung oder Hormonsysteme seien nicht erkennbar. Andere Arbeiten zeigen jedoch, dass Glyphosat-haltige Herbizide die Aktivität wichtiger Enzyme in Leber, Herz und Gehirn trächtiger Ratten und deren Nachkommen beeinflussen (Daruich et al. 2001) und zu Zellveränderungen führen (Malatesta et al. 2008). Neuere Studien mit Froschembryonen lassen eine embryotoxische Wirkung von Glyphosat vermuten (Paganelli et al. 2010). Die getesteten Embryonen zeigten eine veränderte Genaktivität in frühen Stadien sowie Missbildungen im Bereich von Kopf und Nervensystem. Aus weiteren Untersuchungen leiteten die Autoren ab, dass Glyphosat in die Steuerung des Gleichgewichts der für die normale Embryonalentwicklung von Wirbeltieren wichtigen Substanz Retinol (Abkömmling von Vitamin A) eingreift.

Während derzeit umstritten ist, wie weit Glyphosat tatsächlich die Embryonalentwicklung von Wirbeltieren stört (im Dossier, das von Deutschland im Rahmen des EU-Wiederzulassungsverfahrens erstellt wurde, wird Glyphosat keine erhöhte Reproduktionstoxizität zugeschrieben, BVL 2014), wird der Wirkstoff Glufosinat als reproduktionstoxisch eingestuft. Glufosinat kann Missbildungen bei Föten verursachen, die Entwicklung des menschlichen Gehirns beeinflussen und Verhaltensstörungen hervorrufen⁴. Laut Durchführungsverordnung (EU) Nr. 365/2013 der EU-Kommission ist vorgesehen, Glufosinat bis zum September 2017 nach und nach aus dem Verkehr zu ziehen: Nur durch Festlegung weiterer Einschränkungen könne ein hohes Risiko für Säugetiere und Nichtzielarthropoden ausgeschlossen werden. Die Firma Bayer CropScience AG kündigte allerdings 2013 an, aufgrund der hohen Nachfrage die Glufosinat-Produktion in den USA auszubauen⁵.

Herbizidrückstände in Lebens- und Futtermitteln können die menschliche und tierische Gesundheit beeinträchtigen. Da Glyphosat in metabolischen Senken wie Samen angereichert wird, können Ernteprodukte hohe Rückstandswerte aufweisen. In der EU gilt für Glyphosat in Sojabohnen ein zulässiger Rückstandswert (maximum residue limit MRL) von 20 mg/kg. Dieser hohe Glyphosat-Wert ist in der EU nur für wenige andere Produkte wie Gerste, Hafer, Sorghum und Sonnenblumenkerne zulässig, für Zuckerrüben bzw. Rapsamen liegt er bei 15 bzw. 10 mg/kg und für die meisten Lebensmittel bei 0,1 mg/kg⁶. Der MRL von 20 mg Glyphosat/kg Sojabohnen wird teilweise in den USA⁷ fast erreicht bzw. in Argentinien⁸ sogar überschritten. Da in Sojapflanzen ein Abbau von

⁴ <http://www.pananz.net/wp-content/uploads/2013/04/Glufosinate-monograph-12-Dec-2008.pdf>

⁵ <http://www.monheim.bayer.de/de-DE/Pressemeldungen/2013/Bayer-CropScience-plant-Bau-einer-hochmodernen-Produktionsanlage-Herbizid-Glufosinat-Ammonium.aspx?overviewId=9DE549D4-40A7-4B45-8120-C8649BC9D91B>

⁶ http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=substance.resultat&s=1

⁷ <http://www.whatsonmyfood.org/food.jsp?food=SY>

Glyphosat zu AMPA stattfindet, sind auch die teilweise hohen AMPA-Werte zu berücksichtigen (Bohn et al. 2014). Für Glufosinat liegt der zulässige EU-Rückstandswert für Sojabohnen bei 2 mg/kg und für Rapssamen bei 5 mg/kg, auch dies Glufosinat-Werte, die deutlich von den üblichen 0,1 bzw. 0,5 mg/kg für fast alle Produkte abweichen⁹. Laut Bundesregierung „sind Änderungen an Rückstandshöchstgehalten bei Glyphosat i.d.R. durch die landwirtschaftliche Praxis bedingt“¹⁰ – übersetzt mag das heißen, werden höhere Rückstände in Lebensmitteln gefunden, lassen sich die zulässigen Rückstandswerte nach oben anpassen.

Ein wissenschaftlicher Konsens bezüglich der akuten und chronischen Toxizität von Glyphosat bzw. Roundup existiert nicht: während das BVL (2014) von keiner besonderen Humantoxizität von Glyphosat ausgeht, beobachteten andere Wissenschaftler toxische und tumorfördernde Wirkungen von Glyphosat bzw. Roundup auf tierische und menschliche Zellen (Malatesta et al. 2008, Gasnier et al. 2009, Seralini et al. 2014) bzw. embryotoxische Effekte auf Versuchstiere (Antoniou et al. 2012). Aus Lateinamerika wird über erhöhte Fehlbildungs- und Fehlgeburtsraten in Regionen mit intensivem RR-Sojaanbau berichtet¹¹.

Glyphosatwirkungen auf HR-Pflanzen

Glyphosat ist bekannt dafür, dass es mit Mineralien wie Calcium, Magnesium, Mangan und Eisen sehr stabile Komplexe bildet. Gelangt es in den Boden, können die Wurzeln behandelter Pflanzen unter Umständen nicht ausreichend dieser notwendigen Spurenelemente aufnehmen, eine Unterversorgung der Pflanzen, verbunden mit reduziertem Ertrag, ist nicht ausgeschlossen (Johal & Huber 2009). Mangan aktiviert mehr als 35 Enzyme in Pflanzen und spielt eine wichtige Rolle bei der Photosynthese, dem Stickstoff- und Kohlenhydratstoffwechsel und der Krankheitsabwehr. Sind Pflanzen mit Mangan unterversorgt, erhöht sich die Anfälligkeit für Krankheitserreger (Neumann et al. 2006).

Glyphosat wird in der Pflanze rasch verbreitet (systemische Wirkung) und nur bedingt abgebaut. Der Großteil gelangt von den behandelten Geweben in metabolische Senken wie Wurzeln, Blüten und Samen und reichert sich dort an. Wird die Glyphosat-Resistenz nicht ausreichend ausgeprägt, kann Glyphosat auch RR-Pflanzen schädigen und, da auch Abwehrstoffe wie Lignine und Phytoalexine über den Shikimatstoffwechsel gebildet werden, ihre Abwehr beeinträchtigen (Johal & Huber 2009, Powell & Swanton 2008). Abwehrgeschwächte Pflanzen sind jedoch leichtere „Opfer“ für Schädlinge und Krankheitserreger. So wurde über eine Zunahme von Schädlingsbefall und Pflanzenkrankheiten bei RR-Sojabohnen in Argentinien berichtet (Benbrook 2005). Ein besserer Schutz pflanzlicher Gewebe vor der Schädwirkung von Glyphosat und eine erhoffte Ertragssteigerung um bis zu 11 % (RR-Pflanzen haben keinen höheren Ertrag als konventionelle und bleiben teilweise sogar darunter¹²) waren Gründe für die Entwicklung der so genannten zweiten Generation von RR-Pflanzen, z. B. RR2Y-Soja (Feng et al. 2010). Die Ertragserwartungen scheinen sich aber nicht zu erfüllen (Gillam 2010).

Obwohl Glyphosat weltweit und vor allem bei HR-Pflanzen seit Jahren eingesetzt wird, wurden Glyphosat-Effekte auf HR-Pflanzen eher selten untersucht. Neuere Berichte aus Brasilien zeigen, dass

⁸ <https://www.testbiotech.org/node/927>

⁹ http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/?event=substance.resultat&s=1

¹⁰ <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/17/071/1707168.pdf>

¹¹ http://www.gmwatch.eu/images/pdf/gm_full_ger_v3.pdf

¹² <http://www.ers.usda.gov/publications/err-economic-research-report/err162.aspx>

Glyphosat den Stoffwechsel auch resistenter Pflanzen beeinflusst (Zobiolo et al. 2010a-c): Praxisübliche Glyphosat-Behandlung reduzierte die Photosynthese, den Gehalt an Mikronährstoffen und die Biomasse von RR-Sojabohnen signifikant. Das Fettsäuremuster wurde zu Ungunsten der wertvollen mehrfach-ungesättigten Fettsäuren verändert, eine verringerte Wasseraufnahme macht RR-Soja empfindlicher gegen Trockenheit. Photosynthese und Ertrag beider RR-Soja-Generationen wurden negativ beeinflusst, dabei schnitt die RR2Y im Ertrag sogar schlechter ab als die erste Generation. Auch bei der Aufnahme von Mikronährstoffen scheint RR2Y Soja besonders ineffizient zu sein (Zobiolo et al. 2011).

Indirekte Umwelteffekte des Einsatzes von Totalherbiziden

Die konventionelle Landwirtschaft gilt als eine der wichtigsten Ursachen für den enormen Verlust an Biodiversität, der in den vergangenen Jahrzehnten weltweit zu beobachten war und der unvermindert anhält (Foley et al. 2011). Pestizide spielen dabei eine große Rolle, neben Insektiziden wirken sich vor allem Herbizide negativ aus. Verschwindet die Wildkrautflora auf und neben den Äckern, verliert die auf sie angewiesene Tierwelt Nahrung und Lebensraum. Herbizide reduzieren die Samenbank der Wildkräuter im Boden und wirken sich damit längerfristig auf die Biodiversität im Agrarraum aus. Verstärkt wird dieser Effekt beim Einsatz von Breitbandherbiziden – wie auf mehrjährigen Untersuchungen an HR-Pflanzen in England basierende Modellierungen zeigen (Heard et al. 2005). Die Beikrautflora spielt zudem eine wichtige Rolle bei der Bekämpfung von Erosion und Schädlingen, da sie die Bodenkrume festhält, Nützlingen Nahrung und Lebensraum bietet und für Schädlinge eine alternative Nahrungsquelle sein kann.

Die in Großbritannien über drei Jahre an über 260 Standorten laufenden Untersuchungen (Farm Scale Evaluations FSE) mit HR-Pflanzen belegten, dass das HR-System die Biodiversität von Wildpflanzen und Tieren auf und neben den Äckern signifikant reduziert. Biomasse und Sameneintrag der Beikrautflora waren auf Flächen mit HR-Pflanzen 15 - >30 % geringer als auf den angrenzenden Kontrollflächen, auf denen herkömmliche chemische Unkrautbekämpfung betrieben wurde, die Beikraut-Samenbank im Boden war um etwa 20 % reduziert (Heard 2003). Die geringere Dichte und Biomasse der Beikrautflora beeinflusste, abhängig von Ernährungs- und Lebensweise, das Vorkommen wirbelloser Tiere, vor allem von Insekten wie Schmetterlingen, Wanzen und Bienen.

Die negativen Effekte erstreckten sich auch auf die Ackerränder (Haughton et al. 2003). Dabei sind Ackerränder für den Erhalt der biologischen Vielfalt besonders wichtig, denn sie stellen Lebensraum und Nahrungsquelle für zahlreiche Tierarten dar (Schneider et al. 2014). Sie von Herbiziden frei zu halten, ist insbesondere zum Schutz der Wirbellosen wichtig. Schutzprogramme für Ackerrandstreifen erkennen deren große Bedeutung für die Biodiversität ausdrücklich an.

Der Verlust pflanzlicher Artenvielfalt wirkt sich auf die Nahrungskette bis hin zu Wirbeltieren, z. B. Vögeln, aus. So zeigten über 30 Jahre in Großbritannien erhobene Daten eine starke Korrelation zwischen Strukturveränderungen in der Landwirtschaft und dem Rückgang von Vogelpopulationen (Chamberlain et al. 2000). Dabei machen sich Änderungen der agronomischen Praxis nicht unmittelbar im Artenrückgang bemerkbar, sondern werden häufig erst nach mehreren Jahren im Verlust an Biodiversität sichtbar – zu einem Zeitpunkt, an dem die Umsteuerung bereits extrem schwierig ist. Aus den USA wird inzwischen über einen massiven Populationsrückgang des Monarchfalters (*Danaus plexippus*) berichtet, der mit dem großflächigen Verschwinden der Seidenpflanze (*Asclepias syriaca*), der Futterpflanze der Larven, in den Mais- und Sojaanbaugebieten

in Verbindung gebracht wird (Wade 2014). Die effiziente Beseitigung der Wildkrautflora in den Anbaugeländen von HR-Pflanzen nimmt den Schmetterlingen Nahrung und Lebensraum. Auch in den RR-Sojaanbaugeländen Lateinamerikas sind negative Effekte auf die Biodiversität zu beobachten, zumal die massive Ausweitung des Sojaanbaus nicht nur zu einer starken Zunahme des Herbizideinsatzes geführt hat, sondern bislang weniger intensiv bebaute oder gar bewaldete Flächen inzwischen intensiv genutzt werden.

Glyphosat-Resistenz in der Beikrautflora

Beikrautkontrolle allein durch einen herbiziden Wirkstoff zu betreiben, ist **das** Rezept zur Selektion herbizidresistenter Wildkräuter, umso mehr, wenn dieser Wirkstoff mehrmals im Jahr und nahezu ausschließlich eingesetzt wird. In den letzten Jahren haben sehr viele Beikrautarten eine Herbizidresistenz entwickelt, die Kurve weist steil nach oben. Laut Herbicide Resistance Action Committee (HRAC) finden sich weltweit 434 Fälle von Beikrautarten (222 zweikeimblättrige, 212 einkeimblättrige), in denen Resistenzen gegen ein oder auch mehrere Herbizide auftreten (Stand Juli 2014)¹³. Betroffen sind Hunderttausende von Feldern, vor allem in Ländern mit industrialisierter Landwirtschaft, an vorderster Stelle stehen die USA. Die Daten zeigen: Je intensiver und länger das entsprechende Herbizid eingesetzt wird, desto mehr resistente Beikräuter treten auf.

Lange wurde davon ausgegangen, das 1974 auf den Markt gebrachte Glyphosat stelle eine Art Ausnahme von dieser Regel dar, denn es werde rasch abgebaut, nur begrenzt aus dem Boden aufgenommen und aufgrund des speziellen Angriffsortes hätten resistente Pflanzen einen Fitnessnachteil oder seien gar nicht lebensfähig (Baylis 2000). 1996 wurde jedoch mit dem Raygras (*Lolium rigidum*) erstmals eine Glyphosat-resistente Art nachgewiesen, inzwischen sind 29 gesicherte Fälle Glyphosat-resistenter Pflanzenarten bekannt, die mit über 200 Subpopulationen in zahlreichen Ländern vorkommen. Bei 12 Arten finden sich Resistenzen gegen (bis zu 4) weitere Herbizide. Auch wenn manche Glyphosat-resistenten Beikräuter im konventionellen Anbau auftraten, erfolgte der dramatische Anstieg doch erst mit dem regelmäßigen und massiven Einsatz von Glyphosat bei RR-Pflanzen auf Millionen von Hektar.

Inzwischen wurden auch zwei Glufosinat-resistente Beikrautarten beschrieben, wobei das in Oregon (USA) beobachtete Italienische Ryegrass neben der Glufosinat-Resistenz zusätzlich eine gegen Glyphosat aufweist¹⁴.

Insbesondere in den USA wurden Glyphosat-resistente Populationen verschiedener Arten zu einem ernstesten Problem im Soja-, Mais- und Baumwollanbau, 2012 waren bereits 28 Millionen Hektar betroffen und mehr als 50 % der Farmen¹⁵. Das kanadische Berufkraut (*Conyza canadensis*) und die Fuschschwanzarten *Amaranthus palmeri* und *Amaranthus tuberculatus* gelten als besonders schwer zu bekämpfende Beikräuter. Teilweise sehen sich Farmer sogar gezwungen, den Baumwollanbau aufzugeben, weil sie mit den bislang üblichen Herbizidprogrammen der resistenten *Amaranthus palmeri* Pflanzen nicht mehr Herr werden (Culpepper et al. 2010). Berichte über Resistenzprobleme bei Beikräutern im RR-Sojaanbau kommen vermehrt auch aus Argentinien und Brasilien, auch wenn das Ausmaß des Problems nach wie vor nicht gut erfasst ist (Valverde 2010). Zudem wird RR-Soja, die

¹³ <http://www.weedscience.org>

¹⁴ <http://www.weedscience.org>

¹⁵ <http://www.stratusresearch.com/blog/category/weed-resistance>

sich als Durchwuchs in Folgekulturen ausbreitet, zum „Unkraut“, das wiederum mit anderen Herbiziden bekämpft wird.

Dabei hätten frühere Erfahrungen mit anderen Herbiziden als Warnung dienen können, hatten doch viele von ihnen ihre Wirksamkeit verloren. Neben der Einfachheit des HR-Systems – nur ein Herbizid schien nötig und der Zeitpunkt der Applikation in RR-Pflanzen war nicht strikt an deren Wachstumsstadium gekoppelt – spielte auch die Zunahme herbizidresistenter Beikräuter im Sojaanbau der USA eine große Rolle bei der raschen Einführung der RR-Pflanzen. Farmer hofften offenbar, ein breites Spektrum problematischer Beikräuter mit einem einfach anzuwendenden Herbizid mit neuer Wirkungsweise bekämpfen zu können.

Resistenzmechanismen

Resistente Beikräuter vertragen ein Vielfaches der Glyphosat-Dosis, die eine empfindliche Pflanze toleriert, für *Amaranthus palmeri* wurde ein LD50-Wert (Dosis, bei der 50 % der Pflanzen sterben) ermittelt, der 115 mal höher ist als der für empfindliche Pflanzen (Norsworthy et al. 2008). Dabei sind die Mechanismen der Glyphosat-Resistenz bei Beikräutern sehr unterschiedlich (Perez-Jones & Mallory-Smith 2010): Beschrieben sind eine verstärkte Bildung der EPSPS mRNA, die Vermehrung des epsps Gens (verbunden mit erhöhten mRNA- und Proteinspiegeln), eine geringere Empfindlichkeit der EPSPS gegen Glyphosat infolge Mutation im Bereich der kritischen Aminosäuresequenz sowie ein veränderter Transport von Glyphosat in der Pflanze. Zumindest im Falle von *Conyza canadensis* wurde gezeigt, dass resistente Biotypen ein Vielfaches an Glyphosat in die Vakuolen der Pflanzenzellen einlagern (Ge et al. 2010). Verschiedene Resistenzmechanismen können gemeinsam in einer Pflanze auftreten. Nicht alle Beikrautarten reagieren gleich empfindlich auf Glyphosat, daher verschiebt sich die Begleitflora hin zu schwerer zu kontrollierenden Arten (Johnson et al. 2009).

Management Glyphosat-resistenter Beikräuter

US-Landwirte schenken dem Problem der Glyphosat-Resistenz bei Beikräutern über Jahre vergleichsweise wenig Aufmerksamkeit. Sie bauten weiterhin auf Glyphosat, selbst in Staaten, in denen Glyphosat-resistente Beikräuter vermehrt gefunden wurden (Johnson & Gibson 2006). Dabei steigen für Farmer, die Glyphosat-resistente Beikräuter auf ihren Flächen haben, die Kosten der Beikrautkontrolle oft erheblich, z. B. für weitere Herbizide, mehr Fahrten und erhöhte Arbeitszeit (Culpepper et al. 2010). Viele betroffene Farmer setzen nach wie vor auf höhere Dosen und zusätzliche Applikationen von Glyphosat, Ansätze, die den Selektionsdruck durch Glyphosat stetig erhöhen. Damit RR-Pflanzen höhere Dosen ohne Schaden vertragen können, wurden sogar Pflanzen mit einer stärkeren Resistenz gegen Glyphosat entwickelt (Service 2007).

Experten legen allerdings seit Jahren dar, nur die Vielfalt auf dem Acker und die Kombination verschiedener Verfahren zur Beikrautkontrolle könne die Entwicklung herbizidresistenter Beikräuter verhindern oder wenigstens verlangsamen. Deshalb solle von Glyphosat-resistenten Monokulturen und Glyphosat-Mehrfachanwendungen Abstand genommen werden, Diversität sei das oberste Gebot (Bastiaans et al. 2008). Als Maßnahmen werden empfohlen:

- Fruchtwechsel, der die Beikrautpopulation verändert
- weniger Herbizide und Wechsel der Wirkstoffe, um den Selektionsdruck zu reduzieren
- Wechsel der Bekämpfungsverfahren, um die Abhängigkeit von Herbiziden zu verringern
- wechselnde Aussaatzeiten, um Nutzpflanzen einen Vorsprung vor Beikräutern zu verschaffen

- spezifisch an Beikräuter angepasste integrierte Schädlingsbekämpfung
- verbesserte Kenntnis der Beikrautflora
- Pflügen bei geringer Helligkeit, um Lichtkeimer zu unterdrücken
- Reinigung der Erntemaschinen, um die Verbreitung von Beikrautsamen zu vermeiden
- weitere Maßnahmen wie Deckfrucht, Mischkulturen, Brache

Biotech-Unternehmen sehen inzwischen offenbar Handlungsbedarf und etablierten Info-Seiten zum Resistenzmanagement, auf denen zumeist der Einsatz weiterer Herbizide nahe gelegt wird¹⁶. Doch so werden Farmer nicht unbedingt angeregt, mehr Vielfalt (z. B. Fruchtfolge und nicht-chemische Bekämpfung) auf den Acker zu bringen. Stattdessen wird, wie von der Industrie empfohlen, auf kurzfristige Maßnahmen wie höhere Herbiziddosen, andere (alte) Herbizide und Tankmischungen gesetzt (Wilson et al. 2008). Vielfach besteht die Hoffnung, binnen kurzem werde ein neues Herbizid vorhanden sein. Doch Experten bezweifeln, dass angesichts verschärfter Anforderungen an neue Chemikalien und enormer Entwicklungskosten neue Wirkstoffe in Bälde auf den Markt kommen, seit mehr als 20 Jahren wurde keine neue Wirkstoffklasse mehr erfunden (Service 2007, Green & Castle 2010).

Unterdessen wählen Biotech-Unternehmen vermehrt eine weitere Strategie: HR-Pflanzen sollen gegen mehrere Herbizide gleichzeitig resistent sein (stacked traits), sei es durch Einführung verschiedener Resistenzgene oder durch Kreuzung einfachresistenter Pflanzen. Beliebt ist die Kombination der Resistenz gegen Glyphosat mit der gegen Glufosinat, z. B. im SmartStax Mais von Monsanto und Dow AgroSciences/Mycogen Seeds, der in den USA und Kanada zum Anbau und in der EU zum Import und zur Verarbeitung zugelassen ist. Er hat neben den beiden HR-Genen zusätzlich sechs Gene, die Resistenzen gegen den Maiszünsler und Maiswurzelbohrer vermitteln¹⁷. Auch Resistenzen gegen andere Herbizide werden erzeugt, etwa gegen die Klassen der ALS-Inhibitoren, ACCase-Inhibitoren und synthetischen Auxine (Green & Castle 2010).

Doch gegen diese Herbizidklassen bestehen seit langem Resistenzen in Beikrautpopulationen, so ist die Resistenz gegen ALS-Inhibitoren (145 Fälle), ACCase-Inhibitoren (46 Fälle) und synthetische Auxine (31 Fälle) weit verbreitet¹⁸. Darüber hinaus besitzen viele der Glyphosat-resistenten Beikräuter bereits Resistenzen gegen weitere Herbizide, z. B. ALS-Inhibitoren. Der Ansatz der „stacked traits“ ist daher kaum geeignet, solche Problem-Beikräuter zu kontrollieren.

Zudem sind diverse Herbizide, die zur Bekämpfung Glyphosat-resistenter Beikräuter empfohlen werden, wie Paraquat und die synthetischen Auxine 2,4-D und Dicamba, nicht weniger toxisch als Glyphosat. So wird Paraquat (Syngenta) zum „schmutzigen Dutzend“ gezählt und darf ob seiner hohen Humantoxizität seit Juli 2007 in der EU nicht mehr angewendet werden¹⁹. In den USA besonders umstritten sind HR-Pflanzen, die gegen die synthetischen Auxine Dicamba und 2,4 D (2,4-Dichlor-Phenoxyessigsäure) resistent sind, denn der Einsatz dieser toxischen Alt-Herbizide sollte eigentlich zurückgefahren werden. Dicamba gilt als leicht toxisch für Fische, Zooplankton und Bienen

¹⁶ www.weedresistancemanagement.com, www.resistancefighter.com, <http://www.glyphosateweeds crops.org/>

¹⁷ [http://www.gmo-](http://www.gmo-compass.org/pdf/regulation/maize/MON89034x1507xMON88017x59122_maize_application_food_feed.pdf)

[compass.org/pdf/regulation/maize/MON89034x1507xMON88017x59122_maize_application_food_feed.pdf](http://www.gmo-compass.org/pdf/regulation/maize/MON89034x1507xMON88017x59122_maize_application_food_feed.pdf).

¹⁸ <http://www.weedscience.org>

¹⁹ <http://www.evb.ch/p10117.html>

und wurde von PAN (Pestizid-Aktions-Netzwerk) als “bad actor” eingestuft, da es reproduktionstoxisch ist und das Grundwasser gefährden kann²⁰.

Auch 2,4-D gilt als toxisch, es begünstigt chromosomale Veränderungen und steht im Verdacht der endokrinen (hormonellen) Wirkung, bestimmte Formulierungen sind fischgiftig²¹. 2,4-D ist eines der ältesten Herbizide, das hauptsächlich breitblättrige Beikräuter angreift. Es war Bestandteil von Agent Orange, dem Herbizid, das zur Entwaldung während des Vietnam-Krieges eingesetzt wurde und insbesondere aufgrund seines Dioxingehaltes zu schweren gesundheitlichen Schäden der Bevölkerung Vietnams führte. Dioxin-Verunreinigungen in 2,4-D sind bis heute nicht ausgeschlossen (Holt et al. 2010). Die sehr flüchtigen synthetischen Auxine 2,4-D und Dicamba stellen für breitblättrige Nicht-Zielpflanzen eine besondere Gefahr dar und können nicht-resistente Nutz-, Zier- und Wildpflanzen auf Feldern und in Gärten sowie in Ökosystemen massiv schädigen (Johnson et al. 2012).

Steigender Herbizidverbrauch

Den Landwirten und der Öffentlichkeit wurden verringerte Herbizidmengen versprochen, wenn HR-Systeme Anwendung fänden. Denn bei HR-Pflanzen müssten Applikationen nicht vorsorglich im Voraufbau, sondern nur nach Bedarf bei entsprechendem Beikrautbesatz erfolgen. HR- Pflanzen, so das Versprechen, trügen damit zur Umweltentlastung in der konventionellen Landwirtschaft bei.

Nach bald zwei Jahrzehnten Erfahrung mit dem Anbau von RR-Pflanzen ist von einer Reduktion des Herbizideinsatzes allerdings nicht mehr die Rede. In Ländern wie USA, Argentinien und Brasilien stieg der Herbizidverbrauch rapide an. Bedingt durch die enorme Ausweitung der RR-Flächen und durch das Auftreten Glyphosat-resistenter Beikräuter nahm der Herbizideinsatz in den USA von 1996 – 2011 um insgesamt 239 Millionen kg zu (Benbrook 2012a). Offizielle Daten belegen, dass der jährliche Verbrauch allein von Glyphosat im Zeitraum 2001 bis 2007 um mehr als das Doppelte auf über 80 Millionen kg zugenommen hat (Grube et al. 2011). Hatte Glyphosat 1995 (vor Einführung der RR-Soja) einen Anteil von 9 % am gesamten Herbizidverbrauch im US-Sojaanbau, so lag 2005 sein Anteil mit 25,6 Millionen kg bei fast drei Viertel²². Auch aus Argentinien werden hohe Verbrauchsmengen gemeldet, etwa 200 Millionen Liter Glyphosat sollen jährlich auf RR-Sojaflächen ausgebracht werden (Lopéz et al. 2012, Catacora-Vargas et al. 2012). Laut FoEI (2010) wurden in Lateinamerika während der Anbausaison 2008/2009 insgesamt ca. 350 Millionen Liter im Sojaanbau eingesetzt²³. Damit sind Argumente, der Anbau von HR-Pflanzen führe zur Reduktion des Herbizidverbrauchs, widerlegt.

Das massive Auftreten Glyphosat-resistenter Beikräuter wird zu einem weiteren Anstieg des Herbizidverbrauchs führen, nicht nur bei Glyphosat, sondern auch bei anderen Herbiziden. Das US-Landwirtschaftsministerium (USDA 2014) geht davon aus, dass bei einem Anbau von HR-Soja und – Mais, die gegen das synthetische Auxin 2,4-D resistent sind, sich die 2,4-D-Menge in den USA von 2011 bis 2020 verdreifachen könnte, während die Glyphosat-Menge stabil bliebe. Benbrook (2012a) schätzt sogar, dass in den USA die ausgebrachte Menge von 2,4-D allein beim Mais bis 2019 auf das dreißig-fache der Menge von 2010 ansteigen würde.

²⁰ http://www.pesticideinfo.org/Detail_Chemical.jsp?Rec_Id=PC32871

²¹ <http://www.pan-uk.org/pestnews/Actives/24d.htm>, <http://npic.orst.edu/factsheets/2,4-DTech.pdf>,

²² <http://www.pestmanagement.info/nass/>

²³ <http://www.foei.org/wp-content/uploads/2014/01/23-foei-gmo-report-2010-eng-colour-lr.pdf>

Sollten RR-Pflanzen in der EU ebenfalls angebaut werden, ist laut Benbrook (2012b) auch hier mit einem starken Anstieg im Herbizidverbrauch zu rechnen: ein Rückgang bei anderen Herbiziden würde mehr als kompensiert durch den starken Mehrverbrauch von Glyphosat. Sollte die EU gar dem US-Vorbild folgen, wäre ein Anstieg im gesamten EU-Herbizidverbrauch von über 70% zu erwarten. Mit dem Anbau mehrfachresistenter HR-Pflanzen, verbunden mit dem zunehmenden Einsatz dieser „alten“ Herbizide, würde folglich nur der Versuch unternommen, den Teufel mit Beelzebub auszutreiben, der Teufelskreis sich ständig erhöhender Herbizidmengen würde aber nicht unterbrochen.

Über TTIP Einführung des Herbizidresistenz-Systems in die EU?

Die Positionspapiere der Agrarindustrie diesseits und jenseits des Atlantiks lassen klar erkennen, dass TTIP genutzt werden soll, dem Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen, darunter dem von HR-Pflanzen, in der EU zum Durchbruch zu verhelfen. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass im Vorfeld der TTIP-Verhandlungen offenbar besonders viele Treffen der EU-Kommission mit Vertretern des Agrosektors stattfanden²⁴. Im Gentechnikbereich unterscheiden sich die Regelungen in den USA erheblich von denen der EU: In der EU liegt dem Vorsorgeprinzip zugrunde, wonach bei Zulassungen von GVO nicht nur erwiesene, sondern auch mögliche Gefahren zu berücksichtigen sind, wohingegen in den USA ein GVO im Prinzip so lange als ungefährlich gilt, bis seine Schädlichkeit bewiesen ist. Das unterschiedliche Vorgehen wirkt sich insbesondere auf die Zahl der im Anbau befindlichen GVO aus: In den USA sind es ca. 100 verschiedene transgene Pflanzen²⁵, wohingegen in der EU zwar über 50 GVO importiert und zu Lebensmitteln verarbeitet werden dürfen²⁶, derzeit aber nur die insektenresistente Maislinie MON810 angebaut wird, weitere GVO sind jedoch zum Anbau beantragt.

Die Gentechnik-Gesetzgebung der EU mit der Verankerung des Vorsorgeprinzips wird von der Agroindustrie als Ärgernis gesehen, das, wenn nicht zu beseitigen, dann mit Hilfe von TTIP wenigstens in seiner Wirkung zu verringern ist. Gefordert werden insbesondere beschleunigte EU-Zulassungsverfahren für GVO, die Erlaubnis, auch gentechnisch verunreinigtes Saatgut auf den Markt zu bringen und eine einfache Zulassung von GVO, die viele transgene Eigenschaften aufweisen (stacked traits)²⁷. Die US-Regierung unterstützt diese Forderungen und spricht von einer massiven Handelsbarriere für US-Gentech-Produkte und -Saatgut durch EU-Regelungen; so würden GVO-Kennzeichnungsregeln fälschlicherweise signalisieren, diese Produkte seien unsicher. Kritisiert werden zudem die in verschiedenen Mitgliedstaaten ausgesprochenen Verbote von GVO sowie Maßnahmen zur Sicherung der Koexistenz zwischen GVO- und nicht-GVO-Anbau²⁸: *„Die Vereinigten Staaten setzen sich bei ihren Handelspartnern aktiv für die Entfernung dieser ungerechtfertigten Handelsbarrieren ein.“*

Die EU-Kommission ihrerseits sagt, grundlegende Gesetze wie die zur Gentechnik würden nicht verhandelt und die GVO-Sicherheitsbewertung durch die EFSA (European Food Safety Authority) werde beibehalten. Allerdings soll der Handel durch die jeweiligen Systeme zur Zulassung von GVO

²⁴ <http://corporateeurope.org/international-trade/2014/07/who-lobbies-most-ttip>

²⁵ http://www.aphis.usda.gov/biotechnology/petitions_table_pending.shtml

²⁶ http://www.bvl.bund.de/DE/06_Gentechnik/gentechnik_node.html

²⁷ <http://naega.org/wp-content/uploads/2012/05/NAEGA-NGFA-Joint-Comments-to-USTR-Trade-Policy-Staff-Committee-on-TTIP-May-10-2013.pdf>, <http://www.europabio.org/positions/eu-us-trade-negotiations-and-biotech>

²⁸ <http://www.ustr.gov/sites/default/files/2013%20SPS.pdf>

so wenig wie möglich beeinträchtigt werden²⁹. In ihrer Antwort auf entsprechende Bundestags-Anfragen zu TTIP beruft sich die Bundesregierung auf diese Aussage der Kommission³⁰. Doch noch ist unklar, was wirklich im Einzelnen verhandelt wird. GVO-Themen fallen unter den Begriff SPS-Maßnahmen (sanitary and phytosanitary measures). Im SPS-Papier der EU zu TTIP wird als erstes Ziel der Verhandlungen die größtmögliche Erleichterung des Handels zwischen den Parteien genannt, wobei jede Partei das Recht behalten soll, Tiere und Pflanzen oder deren Gesundheit auf ihrem Territorium zu schützen; die Regelungssysteme, Risikoabschätzung und politischen Entwicklungsprozesse jeder Partei seien zu respektieren³¹.

Doch selbst wenn die EU-Gentechnikgesetze tatsächlich nicht geändert werden, ist zu befürchten, dass eine gegenseitige Anerkennung der Standards zur Zulassung von GVO durch die Hintertüre führt. So lassen sich etwa Grenzwerte für in der EU nicht zugelassene GVO in Lebensmitteln („low level presence“) durch Kommissions-Verordnungen einführen, ohne dass grundlegende EU-Gesetze geändert werden müssten - wie bei Futtermitteln 2011 bereits geschehen. Ein „praktikabler Grenzwert“ für GVO in konventionellem Saatgut wird von der Saatgutindustrie seit Jahren gefordert, TTIP könnte hier ein Türöffner sein. Auch der Begriff „grundlegende Gesetze“ lässt viel Ermessensspielraum.

Der kürzlich als Leak veröffentlichte Text des geplanten Freihandelsabkommen zwischen der EU und Kanada (Comprehensive Economic and Trade Agreement CETA) ist geeignet, Zweifel an der Standfestigkeit der EU-Kommission in Sachen Agrogentechnik zu säen. Neben dem generellen Ziel, negative Auswirkungen auf den Handel zu minimieren, geht es im Bereich Gentechnik insbesondere darum, Informationsaustausch und Kooperation zu verbessern, etwa bzgl. der Risikobewertung von GVO³². Man will sich für „effiziente wissenschaftsbasierte Zulassungsprozesse“ für GVO einsetzen, was sich als Umschreibung für die Abkehr vom Vorsorgeprinzip lesen lässt. Internationale Kooperation beim Thema „low level presence“ wird angestrebt - dem Auftreten von GVO-Spuren in Produkten, in die sie nicht gehören. Im europäisch-kanadischen Dialoggremium sollen künftig u.a. auch GVO-relevante Politik-, Regelungs- und Technikfragen besprochen werden. Sollte CETA – wie vielfach befürchtet – eine Art Vorlage für TTIP sein und vom Europaparlament beschlossen werden, dann wird sich der Druck auf die EU, der Agrogentechnik Tür und Tor zu öffnen, massiv erhöhen.

Doch viele Studien zeigen, dass die vorherrschende Form der Landwirtschaft dringend einer Änderung bedarf, weg muss vom massiven Pestizid- und Düngereinsatz, von Monokulturen und Einförmigkeit, um den mit der Intensiv-Landwirtschaft verbundenen Biodiversitätsverlust wenigstens aufzuhalten, den Ausstoß klimarelevanter Gase zu reduzieren und die menschliche und tierische Gesundheit zu schützen (Foley et al. 2011, Rockström et al. 2009, IAASTD 2008). Gesundheits- und umweltverträgliche Methoden ohne Gentechnik sind stattdessen geboten, verbunden mit Vielfalt der Kulturen und Anbausysteme. Gentechnisch veränderte HR-Pflanzen hingegen verfestigen den Pfad in die falsche Richtung. Die europäische Öffentlichkeit tut deshalb gut daran, sich gegen das HR-System zu wehren und zu verhindern, dass über den Umweg TTIP der Anbau von HR-Pflanzen in der EU Einzug hielte und die Nutzung dieses Systems global sogar noch verstärkt würde.

²⁹ http://ec.europa.eu/trade/policy/in-focus/ttip/questions-and-answers/index_de.htm

³⁰ <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/021/1802100.pdf>

³¹ http://www.iatp.org/files/2014.07_TTIP_SPS_Chapter_0.pdf

³² <http://www.tagesschau.de/wirtschaft/ceta-dokument-101.pdf>, S.449-450

Referenzen

- Antoniou, M., Habib, M.E.M., Howard, C.V. et al. (2012). Teratogenic effects of glyphosate-based herbicides: Divergence of regulatory decisions from scientific evidence. *J Environ Anal Toxicol* S4:006. doi:10.4172/2161-0525.S4-006.
- Aparicio, V.C., De Gerónimo, E., Marino, D. et al. (2013). Environmental fate of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in surface waters and soil of agricultural basins. *Chemosphere* 93:1866-1873.
- Bastiaans, L., Paolini, R., Baumann, D.T. (2008). Focus on ecological weed management: what is hindering adoption? *Weed Research* 48: 481-491.
- Baylis, A.D. (2000). Why glyphosate is a global herbicide: Strengths, weaknesses, and prospects. *Pest Manag. Science* 56: 299-308.
- Benamú, M.A., Schneider, M.I., Sánchez, N.E. (2010). Effects of the herbicide glyphosate on biological attributes of *Alpaida veniliae* (Araneae, Araneidae) in laboratory. *Chemosphere* 78: 871-878.
- Benbrook, C.M. (2005). Rust, resistance, run down soils, and rising costs – problems facing soybean producers in Argentina. Technical paper number 8. http://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/Benbrook-StudieEngl_3.pdf
- Benbrook, C.M. (2012a). Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. – the first sixteen years. *Env. Sciences Europe* 24:24 doi:10.1186/2190-4715-24-24.
- Benbrook, C.M. (2012b). Glyphosate tolerant crops in the EU. A forecast of impacts on herbicide use. http://www.greenpeace.org/france/PageFiles/266577/GI_Herb_Use_FINAL_10-18-12.pdf
- Bohn, T., Cuhra, M., Traavik, T. et al. (2014). Compositional differences in soybeans on the market: Glyphosate accumulates in Roundup Ready GM soybeans. *Food Chemistry* 153: 207–215
- Bradberry, S.M., Proudfoot, A.T., Vale, J.A. (2004). Glyphosate poisoning. *Toxicol Rev* 23:159-167.
- Brausch, J.M., Smith, P.N. (2007). Toxicity of three polyethoxylated tallowamine surfactant formulations to laboratory and field collected fairy shrimp, *Thamnocephalus platyurus*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 52: 217-221.
- BVL Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2014). Renewal Assessment Report, Glyphosate. Volume 1 Report and Proposed Decision.
- Catacora-Vargas, G., Galeano, P., Agapito-Tenfen, S.Z. et al. (2012). Soybean production in the Southern Cone of the Americas: Update on land and pesticide use. <http://genok.com/research/publications/>
- Chamberlain, D.E. & Fuller, R.J., Bunce, R.G.H. et al. (2000). Changes in the abundance of farmland birds in relation to the timing of agricultural intensification in England and Wales. *Journal of Applied Ecology*, 37: 771-788.
- Cox, C., Surgan, M. (2006). Unidentified inert ingredients in pesticides: Implications for humans and environmental health. *Environmental Health Perspectives* 114: 1803-1806.
- Culpepper, A.S., Webster, T.M., Sosnoskie, L.M., York, A.C. (2010). Glyphosate-resistant palmer amaranth in the United States. In: *Glyphosate resistance in crops and weeds*. Ed. Nandula, V.K., Wiley, New Jersey, 195-211.
- Daruich, J., Zirulnik, F., Gimenez, M.S. (2001). Effect of the herbicide glyphosate on enzymatic activity in pregnant rats and their fetuses. *Environ Res* 85: 226-231.
- Druille, M., Omacini, M., Golluscio, R.A., Cabello, M.N. (2013). Arbuscular mycorrhizal fungi are directly and indirectly affected by glyphosate application. *Applied Soil Ecology* 72: 143-149.
- EC European Commission (2002). Review report for the active substance Glyphosate 6511/VI/99-final. http://ec.europa.eu/food/plant/protection/evaluation/existactive/list1_glyphosate_en.pdf.

- Eker, S., Ozturk, L., Yazici, A. et al. (2006). Foliar applied glyphosate substantially reduced uptake and transport of iron and manganese in sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. *J. Agric. Food Chem.* 54: 10019-10025.
- Feng, P.C.C., CaJacob, C.A., Martino-Catt, S.J. et al. (2010). Glyphosate-resistant crops: developing the next generation products. In: *Glyphosate resistance in crops and weeds*. Ed. Nandula, V.K., Wiley, New Jersey, 45-65.
- Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A. et al. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478: 337-342.
- Gasnier, C., Dumont, C., Benachour, N. et al. (2009). Glyphosate-based herbicides are toxic and endocrine disruptors in human cell lines. *Toxicology*. 262: 184–191.
- Ge, X., d'Avignon, D.A., Ackerman, J.J.H., Sammons, R.D. (2010). Rapid vacuolar sequestration: the horseweed glyphosate resistance mechanism. *Pest Manag Sci* 66: 345-348.
- Giesy, J.P., Dobson, S., Solomon, K.R. (2000). Ecotoxicological risk assessment for Roundup herbicide. *Rev Environ Contam Toxicol* 167: 35-120.
- Gillam, C. (2010). Virginia probing Monsanto seed pricing. <http://www.reuters.com/article/2010/06/25/monsanto-investigation-idUSN2515475920100625>
- Green, J.M., Castle, L.A. (2010). Transition from single to multiple herbicide-resistant crops. In: *Glyphosate resistance in crops and weeds*. Ed. Nandula, V.K., Wiley, New Jersey, 67-91.
- Grube, A., Donaldson, D., Kiely, T., Wu, L. (2011). Pesticides industry sales and usage. 2006 and 2007 market estimates. EPA, Washington, D.C.
- Haughton, A.J., Champion, G.T., Hawes, C. et al. (2003). Invertebrate responses to the management of genetically modified herbicide-tolerant and conventional spring crops. II. Within-field epigeal and aerial arthropods. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 358: 1863-1877.
- Heard, M.S., Rothery, P., Perry, J.N., Firbank, L.G. (2005). Predicting longer-term changes in weed populations under GMHT crop management. *Weed Research* 45: 323-330.
- Heard, M.S., Hawes, C., Champion, G.T. et al. (2003). Weeds in fields with contrasting conventional and genetically modified herbicide-tolerant crops. I. Effects on abundance and diversity. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 358: 1819-1832.
- Henry, W.B., Shaner, D., West, M.S. (2007). Shikimate accumulation in sunflower, wheat and proso millet after glyphosate application. *Weed Science* 55: 1-5.
- Holt, E., Weber, R., Stevenson, G., Gaus, C. (2010). Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/Fs) impurities in pesticides: A neglected source of contemporary relevance. *Environ. Sci. Technol.* 44: 5409–5415.
- IAASTD (2008). *Agriculture at a crossroads. International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development*. <http://www.unep.org>
- Johal, G.S., Huber, D.M. (2009). Glyphosate effects on diseases of plants. *Europ. J. Agronomy* 31: 144-152.
- Johnson, W.G., Gibson, K.D. (2006). Glyphosate-resistant weeds and resistance management strategies: An Indiana grower perspective. *Weed Technology* 20: 768-772.
- Johnson, W.G., Davis, V.M., Kruger, G.R., Weller, S.C. (2009). Influence of glyphosate-resistant cropping systems on weed species shifts and glyphosate-resistant weed populations. *Europ. J. Agronomy* 31: 162-172.
- Johnson, W.G., Hallett, S.G., Legleiter, T.R. et al. (2012). 2,4-D- and dicamba-tolerant crops - some facts to consider. www.extension.purdue.edu
- Kelly, D.W., Poulin, P., Tompkins, D.M. et al. (2010). Synergistic effects of glyphosate formulation and parasite infection on fish malformations and survival. *J. Appl. Ecology* 47: 498-504.

- Kremer, R.J., Means, N.E. (2009). Glyphosate and glyphosate-resistant crop interactions with rhizosphere microorganisms. *Europ. J. Agronomy* 31: 153-161.
- Lopéz, S.L., Aiassa, D., Benítez-Leite, S. et al. (2012). Pesticides used in South American GMO-based agriculture: A review of their effects on humans and animal models. In: J.C. Fishbein and J.M. Heilman, eds: *Advances in Molecular Toxicology*, Vol. 6, Amsterdam, The Netherlands, 41-75.
- Majewski, M.S., Coupe, R.H., Foreman, W.T., Capel, P.D. (2014). Pesticides in Mississippi air and rain: a comparison between 1995 and 2007. *Environ Toxicol Chem* 33: 1283-1293.
- Malatesta, M., Perdoni, F., Santin, G. et al. (2008). Hepatoma tissue culture (HTC) cells as a model for investigating the effects of low concentrations of herbicide on cell structure and function. *Toxicology in vitro* 22: 1853-1860.
- Mortensen, D.A., Egan, J.F., Maxwell, B.D. et al. (2012). Navigating a critical juncture for sustainable weed management. *Biosci.* 62:75–85.
- Neumann, G., Kohls, S., Landsberg, E. et al. (2006). Relevance of glyphosate transfer to non-target plants via the rhizosphere. *Journal of Plant Diseases and Protection, Sonderheft XX*: 963-969.
- Norsworthy, J.K., Griffith, G.M., Scott, R.C. et al. (2008). Confirmation and control of glyphosate-resistant palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) in Arkansas. *Weed Technology* 22: 108-113.
- Paganelli, A., Gnazzo, V., Acosta, H. et al. (2010). Glyphosate-based herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signalling. *Chem. Res. Toxicol.* Doi 10.1021/tx1001749.
- Pérez, G.L., Torremorell, A., Mugni, H. et al. (2007). Effects of the herbicide Roundup on freshwater microbial communities: a mesocosm study. *Ecological Applications* 17: 2310-2322.
- Perez-Jones, A., Mallory-Smith, C. (2010). Biochemical mechanisms and molecular basis of evolved glyphosate resistance in weed species. In: *Glyphosate resistance in crops and weeds*. Ed. Nandula, V.K., Wiley, New Jersey, 119-148.
- Powell, J.R., Campbell, R.G., Dunfield, K.E. et al. (2009). Effects of glyphosate on the tripartite symbiosis formed by *Glomus intraradices*, *Bradyrhizobium japonicum*, and genetically modified soybean. *Applied Soil Ecology* 41: 128-136.
- Powell, J.R., Swanton, C.J. (2008). A critique of studies evaluation glyphosate effects on diseases associated with *Fusarium* spp. *Weed Research* 48: 307-318.
- Relyea, R. A. (2011). Amphibians are not ready for Roundup. In: J.E. Elliott et al. (eds.), *Wildlife Ecotoxicology: Forensic Approaches*, 267-300. *Emerging Topics in Ecotoxicology* 3, DOI 10.1007/978-0-387-89432-4_9.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K. et al. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature* 461: 472-475.
- Sanchis, J., Kantiani, L., Llorca, M. et al. (2012). Determination of glyphosate in groundwater samples using an ultrasensitive immunoassay and confirmation by on-line solid-phase extraction followed by liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry. *Anal Bioanal Chem.* 402: 2335-2345.
- Schneider, M.I., Sánchez, N., Pineda, S. et al. (2009). Impact of glyphosate on the development, fertility and demography of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): Ecological approach. *Chemosphere* 76: 1451-1455.
- Séralini, G.E., Clair, E., Mesnage, R. et al. (2014). Republished study: long-term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. *Env. Sciences Europe* 26: 14.
- Service, R. (2007). A growing threat down on the farm. *Science* 316: 1114-1117.
- Tappeser, B., Reichenbecher, W., Teichmann, H. (Eds.) (2014). Agronomic and environmental aspects of the cultivation of genetically modified herbicide-resistant plants. BfN-Skripten 362. <http://bfnd.de>

USDA (2014). Dow AgroSciences Petitions (09-233-01p, 09-349-01p, and 11-234-01p) for Determinations of Nonregulated Status for 2,4-D-Resistant Corn and Soybean Varieties, Draft Environmental Impact Statement—2013. http://www.aphis.usda.gov/brs/aphisdocs/24d_deis.pdf

Valverde, B.E. (2010). Glyphosate resistance in Latin America. In: Glyphosate resistance in crops and weeds. Ed. Nandula, V.K., Wiley, New Jersey, 249-280.

Wade, L. (2014). Monarch numbers in Mexico fall to record low. <http://news.sciencemag.org/biology/2014/01/monarch-numbers-mexico-fall-record-low>

WHO (2005). Glyphosate and AMPA in drinking water. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/glyphosateampa290605.pdf

Wilson, R.S., Tucker, M.A., Hooker, N.H. et al. (2008). Perceptions and belief about weed management: perspectives of Ohio grain and produce farmers. *Weed Technology* 22: 339-350.

Yamada, T., Kremer, R.J., de Camargo e Castro, P.R., Wood, B.W. (2009). Glyphosate interactions with physiology, nutrition, and diseases of plants: Threat to agricultural sustainability? *Europ. J. Agronomy* 31: 111-113.

Zobiolo, L.H.S., Oliveira, R.S., Visentainer, J.Y. et al. (2010a). Glyphosate affects seed composition in glyphosate-resistant soybean. *J.Agric. Food Chem.* 58: 4517-4522.

Zobiolo, L.H.S., Kremer, R.J., Oliveira, R.S. et al. (2010b). Glyphosate affects photosynthesis in first and second generation of glyphosate-resistant soybeans. *Plant Soil* 336: 251-265.

Zobiolo, L.H.S., Oliveira, R.S., Kremer, R.J. et al. (2010c). Water use efficiency and photosynthesis of glyphosate-resistant soybean as affected by glyphosate. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 97: 182-193.

Zobiolo, L.H.S., Kremer, R.J., Oliveira, R.S., Constantin, J. (2011). Glyphosate affects chlorophyll, nodulation and nutrient accumulation of “second generation” glyphosate-resistant soybean (*Glycine max* L). *Pesticide Biochemistry and Physiology* 99: 53-60.

Dr. Martha Mertens ist Biologin und Mitglied im Institut für Biodiversität Netzwerk e.V., Regensburg.