

Agrarwir

Erfahrungen zum ökonomischen Nutzen herbizidtoleranter Kulturen

Daniel Wolf, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen
Auskünfte: Daniel Wolf, E-Mail: daniel.wolf@art.admin.ch, Tel. +41 52 368 31 31

Zusammenfassung

Ob herbizidtolerante Kulturen Mehrerträge erbringen und dabei helfen, dauerhaft Herbizide einzusparen oder Pflanzenschutzkosten zu senken, ist umstritten. Ökonomische Vorteile können sich jedoch aus der vereinfachten Umsetzung der pfluglosen Bodenbearbeitung und einer verbesserten beziehungsweise erleichterten chemischen Unkrautkontrolle ergeben. In einer Literaturübersicht werden Erfahrungen zur Wirtschaftlichkeit von gentechnisch veränderten, herbizidtoleranten Kulturen aus Ländern in Nordamerika, in denen ein kommerzieller Anbau stattfindet, und jene von europäischen Feldversuchen zusammengefasst. Andere Agrarstrukturen und das Preisniveau der Schweiz lassen eine direkte Übertragung der Ergebnisse nur bedingt zu. Zudem berücksichtigt die Studie keine Kosten und Aufwendungen für Koexistenzmassnahmen.

Die wichtigste Eigenschaft von herbizidtoleranten Kulturen (Ht-Kulturen) ist die Einsatzmöglichkeit von Totalherbiziden bei der Unkrautbekämpfung im Bestand. Dies erlaubt, mit einem einzigen Mittel gegen alle Kräuter und Gräser vorzugehen, statt verschiedene, selektive Herbizide nacheinander oder als Tankmischung zu verwenden. Die potenziellen ökonomischen Vorteile von Ht-Kulturen können in geringeren Kosten- und Arbeitsaufwendungen für die chemische Unkrautregulierung (Wirkstoffmenge, Anwendungshäufigkeit, Bestandeskontrolle) liegen – vorausgesetzt, die ausgebrachte Wirkstoffmenge oder der Arbeitsaufwand für die Unkrautkontrolle reduzieren sich. Weitere Vorteile können eine verbesserte Unkrautkontrolle und eine daraus resultierende Ertragsabsicherung oder höhere Erträge aufgrund eines verringerten Unkrautkonkurrenzdrucks sein. Nicht oder nur schwer monetär bewertbare Vorteile sind die Vereinfachung der chemischen Unkrautkontrolle, deren höhere Anwendungsflexibilität (längeres Zeitfenster) und die bessere Kulturpflanzenver-

träglichkeit (geringeres «knock-back»¹). Einen ökonomischen Nutzen können Ht-Kulturen auch durch die leichter anwendbare pfluglose Bodenbearbeitung aufweisen (Canola Council of Canada 2001, Fernandez-Cornejo und McBride 2002, Gomez-Barbero und Rodriguez-Cerezo 2006, Gehring *et al.* 2004).

Diesen Vorteilen stehen jedoch höhere Saatgutkosten gegenüber. Inwieweit sich ökonomischer Nutzen aus den Ht-Kulturen ergibt, wurde anhand einer Literaturanalyse an der ART im Rahmen eines NFP59-Projekts zusammengestellt. So werden neben Bt-Mais (siehe Agrarforschung Nr. 1/09: «Erfahrungen zum ökonomischen Nutzen von Bt-Mais», Wolf und Albisser Vögeli 2008) auch die herbizidtoleranten Kulturen Mais (Ht-Mais) und Raps (Ht-Raps) in eine erste Wirtschaftlichkeitsanalyse mit einbezogen. Bisher wurden herbizidtolerante Raps- und Maisarten entwickelt, die entweder gegen den Wirkstoff Glyphosat (z. B. Roundup-Ready [RR]

¹ Schädigung der angebauten Kulturpflanzen durch die angewendeten Herbizide.

von Monsanto, RR-Kulturen) oder gegen Glufosinat (z. B. Liberty-Link [LL] von Bayer CropScience, LL-Kulturen) tolerant sind. Die Literaturanalyse wurde für jene Länder durchgeführt, in denen die genannten Kulturen bereits angebaut werden. Dabei wird nicht auf die zusätzlichen Kosten durch Koexistenzmassnahmen eingegangen. Die Zahlen beziehen sich hauptsächlich auf ökonomische Analysen aus Nordamerika (USA, Kanada), da bisher noch keine Ht-Kultur in Europa zum kommerziellen Anbau zugelassen wurden (Abb. 1). Einige wissenschaftliche Anbauversuche, unter anderem in Deutschland und Grossbritannien, fanden ebenfalls Eingang in die Studie.

Herbizideinsatz in Feldversuchen

Der finanzielle Nutzen durch die Herbizideinsparung in Ht-Kulturen wird in der Literatur widersprüchlich angegeben. Eine Einsparung von Herbiziden ist grundsätzlich möglich, insofern Totalherbizide nur einmalig ausgebracht werden. Gegenüber konventioneller Unkrautkontrolle können so bis zu 25 Prozent an Herbiziden beziehungsweise 60 Prozent an Wirkstoffen eingespart werden (Phipps und Park 2002). So wurden statt 2,68 kg Atrazin/ha nur noch 0,96 kg LibertyLink/ha ausgebracht. Allerdings ist dann ein höheres Unkrautaufkommen in den Ht-Kulturen zu verzeichnen, sowohl bei der aufgewachsenen Biomasse als auch bei der zurückbleibenden Samenbank im Boden, wie Vergleiche von konventionellen und herbizidresis-

ttschhaft

tenten Kulturen im Rahmen der Farm Scale Evaluations zeigten. Die Unkrautrate stieg dabei von 16 Keimlingen/m² auf 49 Keimlinge/m² bei einmaliger Ausbringung von LL (Champion *et al.* 2003, Heard *et al.* 2003). Bei gleicher Aufwandmenge sind gleiche Unkraut-Kontrollleistungen zu erreichen (Read und Ball 1999 in Gianessi *et al.* 2003). Zu ähnlichen Ergebnissen kommt ein Exaktversuch der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, wie im folgenden dargestellt wird (Gehring *et al.* 2004). Die Studie zeigt, dass eine einmalige Anwendung von 3,0 l LL/ha beziehungsweise 4,5 l RRR/ha nicht ausreicht, um eine mit der konventionellen Praxis vergleichbare Herbizidwirkung zu erreichen, da den Totalherbiziden die Dauer- und Bodenwirksamkeit fehlt. Um die gleiche Unkrautkontrolle wie bei der einer einmaligen Ausbringung eines konventionellen Breitbandherbizids (plus Spezialherbizid für Problemunkräuter) von gesamt 3,1 kg/ha zu erreichen, sind nach den Feldversuchen von Gehring *et al.* (2004) für Ht-Mais eine zweimalige Anwendung mit je 2,25 l LL/ha beziehungsweise 3,0 l RR/ha oder eine Tankmischung mit bodenwirksamen Komplementärherbiziden notwendig. Gehring *et al.* (2004) zeigen, dass in niederschlagsärmeren Gebieten Bayerns, wo kein Nachauflauf von Unkräutern erfolgt, eine einmalige Totalherbizidanwendung in Ht-Mais ausreichend sein kann und so Herbizide eingespart werden können. Sie weisen ebenso darauf hin, dass auf Ackerflächen mit niedrigem Unkrautdruck



Abb. 1. Noch ist kein herbizidtoleranter Raps in Europa zum kommerziellen Anbau zugelassen. Erfahrungen zum ökonomischen Nutzen liegen bisher nur aus Nordamerika vor.

auf eine zweimalige 2 l Totalherbizid/ha reduziert werden kann. Eine gründlichere Unkrautbekämpfung durch die verbesserte Anwendungsmöglichkeit des Schadschwellenkonzeptes in Ht-Rapskulturen wird von Gehring *et al.* (2004) für möglich erachtet. Um die Schadschwelle exakter abzuschätzen, stehen bei der Anwendung von Glyphosat statt des herkömmlichen Zeitfensters von 12 dann bis zu 31 Tage zur Verfügung. So zeigte sich, dass Herbizide in zwei der drei Versuchsjahren nur auf 40 bis 60 Prozent der Flächen notwendig waren. In einem Jahr war kein Einsatz nötig. Die Anwendungsmenge lag dennoch bei 3 l Totalherbizid/ha verglichen mit 2,4 kg/ha konventioneller Herbizide. Bei Nutzung von LL konnten immerhin 0,5 kg Wirkstoff/ha eingespart werden (Gehring *et al.* 2004). Ähnliche Ergebnisse wurden in den USA ermittelt: Bei nur einmaliger Glyphosat-Anwendung zeigen Gower *et al.* (2003) Ertragseinbußen von 7 bis 20 Prozent (je nach Herbizid-Ausbrin-

gungszeitpunkt) gegenüber der unkrautfreien Kontrollvariante. Bei zweimaliger Anwendung wurden aufgrund besserer Unkrautkontrolle Erträge zwischen 93 und 101 Prozent der Kontrolle erreicht (Gower *et al.* 2002 und 2003).

Herbizidmengen in der Praxis

Wie die oben aufgeführten Ergebnisse der verschiedenen Exaktversuche zeigen, ist unter gewissen Bedingungen eine Reduktion des Herbizideinsatzes zu erreichen. Erhebungen zum tatsächlichen Herbizidverbrauch im praktischen Anbau von Ht-Kulturen sind jedoch widersprüchlich. Eine umfangreiche Auswertung mit Daten des US-amerikanischen Landwirtschaftsministeriums der Jahre 1996 bis 2003 führte Benbrook (2003) durch. Er zeigt, dass in den ersten Jahren des Anbaus von Ht-Mais und Ht-Raps (1996–1998) weniger Herbizide eingesetzt wurden als im konventionellen Anbau. Der Herbizidverbrauch je Fläche Ht-Kultur ist

allerdings in den folgenden Jahren kontinuierlich angestiegen, so dass zwischen 2001 und 2003 mehr Herbizide als im konventionellen Anbau verwendet wurden (zum Beispiel 1996: -0,89 kg Herbizide/ha und 2003: +0,65 kg/ha Ht-Mais²). Die Ursachen waren Änderungen im Anbauverfahren (pfluglose Bodenbearbeitung, frühere Aussaat), Probleme mit herbizidresistenten Unkräutern und Durchwuchs sowie die Verschiebung der Unkrautflora hin zu totalherbizidtoleranten Pflanzen (Wurzelunkräuter, frühresistente Pflanzen)³. Deutliche Preissenkungen und eine veränderte Marketingstrategie für Totalherbizide ab 2000 sowie geänderte Wirkstoffzusammensetzung und Herbizideinsparungen im konventionellen Ackerbau sind weitere Gründe für die Unterschiede (Benbrook 2003). Eine ähnliche Einschätzung gibt Owen (in: Soil Association 2002): Zusätzlich zu den Totalherbiziden werden vermehrt Komplementärherbizide angewendet, um die gewünschte Unkrautkontrolle zu erreichen.

In anderen Quellen wird sogar ein Herbizid-Mehrverbrauch von bis zu 30 Prozent in Ht-Kulturen angegeben (Benbrook 2001). Eine Erklärung könnte sein, dass vor allem Landwirte mit Problemunkräutern zu den ersten Nutzern von gentechnisch veränderten Kulturen gehörten. Deren Herbizidverbrauch ist naturgemäss höher als der Durchschnitt (Gianesi 2005).

Bezüglich Ht-Mais zeigen Fernandez-Cornejo und Klotz-Ingram (1998 in Fernandez-Cornejo und McBride 2000) anhand von Umfrageergebnissen des US-Landwirtschaftsministerium, dass die Landwirte, die 1996 Ht-Mais anbauten, weniger Herbizide verwendeten.

² Umrechnungen von pounds/acre in kg/ha auf Basis von 1 pound (US) = 0,4536 kg sowie 1 acre (US) = 0,4047 ha

³ Zur Problematik von herbizidresistenten Unkräutern und Durchwuchs siehe Owen und Zelaya 2005.

Die Unterschiede zwischen den Umfragen, die einen sinkenden Herbizidverbrauch oder -kosten beim Anbau von Ht-Kulturen aufzeigen und jenen, die einen Anstieg nachweisen, sind in der Dauer des Untersuchungszeitraums begründet. Die Umfragen beziehen sich meist auf das erste beziehungsweise die ersten drei Jahre des Anbaus von Ht-Kulturen. In dieser Zeit nutzen die Landwirte das vorgeschlagene System der einmaligen Herbizidspritzung. Steigender Herbizidverbrauch in den Folgejahren kann in der Entwicklung herbizidresistenter Unkräuter sowie herbizidresistentem Durchwuchs begründet liegen. Um die klassische Unkrautkontrollwirkung zu erreichen, werden nach den ersten Jahren meistens Herbizide mehrmals ausgebracht beziehungsweise Komplementärherbizide verwendet, die eine längere Wirkungsdauer besitzen und/oder bodenaktiv wirken (siehe Gehring *et al.* 2004; Benbrook 2003).

Die Problematik von herbizidresistenten Unkräutern ist nicht auf Ht-Kulturen beschränkt, sondern betrifft den Herbizideinsatz allgemein. Der Anbau beispielsweise von RR-Kulturen kann zur alleinigen und dauerhaften Verwendung von Glyphosat über mehrere Jahre verleiten, was den Selektionsdruck auf Unkräuter deutlich verstärkt. Ein Wechsel der verwendeten Herbizide oder eine Tankmischung mit Komplementärherbiziden kann Resistenzen vorbeugen und spätere Zusatzkosten bei der Unkrautbekämpfung vermeiden (Sanvido *et al.* 2006; Owen *et al.* 2005).

Der Umstieg auf pfluglose Bodenbearbeitung steigert unter Umständen ebenfalls den Herbizidverbrauch (Tolstrup *et al.* 2003). Zum anderen regt auch die Unempfindlichkeit der Ht-Kulturen gegenüber den Totalherbiziden zu einem gesteigerten Verbrauch an, um die Unkrautkontrolle noch effektiver auszuführen (Soil Association 2002).

Herbizidkosten in der Praxis

Die kanadische Rapsanbauvereinigung Canola Council of Canada (CCC) hat im Jahr 2000 eine Telefonumfrage unter 650 Rapsbauern (je zur Hälfte mit Ht-Raps und mit konventionellem Raps) in Auftrag gegeben, um Unterschiede beim Anbau von konventionellen und herbizidresistenten Rapsorten zu evaluieren (Kurzbericht: CCC 2001; detailliert: Serecon Consulting Inc. und Koch Paul Associates 2001). Als wichtigstes Ergebnis bezüglich der Unkrautkontrolle wird festgehalten, dass im transgenen Raps die Kosten für Herbizidanwendungen bis zu 40 Prozent geringer sind als im konventionellen Rapsanbau. Die Herbizidkosten im transgenen Rapsanbau betragen im Umfragejahr 41.– CHF/ha, im konventionellen Anbau 55.– CHF/ha⁴. Erfragt wurden die ausgebrachten Mittel und die Anwendungshäufigkeiten, die Herbizidkosten wurden anschliessend anhand empfohlener Ausbringungsmengen errechnet. Die Hauptursache für die höheren Unkrautkontrollkosten in konventionellem Raps werden damit erklärt, dass im Ht-Raps ausschliesslich flüssige Herbizide gespritzt werden. Im traditionellen Rapsanbau hingegen werden auf 50 Prozent der Anbaufläche noch Herbizidgranulate ausgebracht, die zusätzlich eingearbeitet werden müssen. Hinzu kommt, dass bei 28 Prozent der konventionellen Rapsfruchtfolgen als Vorkultur eine Sommerbrache stattfand, die anschliessend mit Herbiziden behandelt wurden. Vor Ht-Raps fand dies nur auf 15 Prozent der Flächen statt. Ausserdem fand im konventionellem Rapsanbau häufiger eine mechanische Unkrautkontrolle statt (Serecon Consulting Inc. und Koch Paul Associates 2001, CCC 2001).

⁴ Währungsumrechnungen erfolgten nach dem Kurs vom 30.07.2008: 1 CAN \$ = 1,02 CHF, Quelle: <http://www.finanzen.net/waehrungsrechner>

Für die kanadische Region Saskatchewan werden Herbizidkosten für RR-Raps mit 13.– CHF/ha, für LL-Raps mit 57.– CHF/ha und für konventionellen Raps mit 76.– CHF/ha angegeben ohne näher auf die ausgebrachten Herbizidmengen einzugehen (Pioneer Grain Company 1999 in Fulton und Keyowski 1999).

Für Grossbritannien schätzt Brookes (2003), dass die Verwendung von Totalherbiziden in Ht-Mais von 51.– bis 126.– CHF/ha kosten würde. Zum Vergleich: Die konventionelle, mittlerweile verbotene Verwendung von Atrazin kostete 31.– bis 87.– CHF/ha und andere Herbizide 114.– CHF/ha (jeweils ein- bis zweimalige Anwendung). Für Ht-Raps werden die Totalherbizidkosten auf 43.– bis 135.– CHF/ha und für konventionelle Herbizide auf 75.– bis 93.– CHF/ha geschätzt. Da Einsparungen somit nur als bedingt möglich angesehen werden, müssten sich andere ökonomische Vorteile wie ein Mehrertrag bieten, um für den Anbau lukrativ zu sein (Brookes 2003).

Beim Anbau von Ht-Mais in den USA sind Einsparungen bei den Unkrautkontrollkosten von etwa 26.– CHF/ha möglich (Gianessi *et al.* 2002 in Gianessi *et al.* 2003). Übertragene Schätzungen für Europa ergeben, dass «Glufosinattolerante Unkrautkontrollprogramme» Einsparungen von 24.– CHF/ha ergeben könnten (Unkrautkontrolle für 172.– CHF/ha anstatt 196.– CHF/ha; Gianessi *et al.* 2003).

Saatgutkosten sind wichtigster Kostenfaktor

Wichtigster Kostenfaktor für die Ht-Kulturen sind die zusätzlichen Saatgutkosten (Fernandez-Cornejo und Klotz-Ingram, 1998 in Fernandez-Cornejo und McBride 2002). Für Kanada wurden Saatgutmehrpreise von 50 Prozent je Fläche beziehungsweise 62 Prozent je Gewichtseinheit für Ht-Raps genannt (der konventionelle Raps wurde mit einer mittlere

ren Saatmenge von 6,9 kg/ha und der Ht-Raps mit 6,5 kg/ha ausgebracht; Serecon Consulting Inc. und Koch Paul Associates 2001). Andere Quellen geben die Saatgutmehrkosten für Ht-Raps (inkl. der Kosten für das „technical use agreement“ von Monsanto) mit 80 bis 150 Prozent an (Fulton und Keyowski 1999; Serecon Consulting Inc. und Koch Paul Associates 2001).

Auch übrige Direktkosten verändern sich

Neben der Herbizidmenge ist auch die Anwendungshäufigkeit ein wichtiger Faktor für die ökonomische Bewertung von Ht-Kulturen. Interessanterweise wurden in Kanada im Ht-Raps mit 2,1 Anwendungen gegenüber konventionellen Raps mit 1,8 Anwendungen häufiger Herbizide gespritzt. So kostete die Herbizidausbringung im transgenen Raps im Mittel 21.– CHF/ha und im konventionellem Raps 19.– CHF/ha. Insgesamt waren die Unkrautkontrollkosten im konventionellem Raps jedoch um 14.– CHF/ha höher als im transgenen Rapsanbau (siehe oben; Serecon Consulting Inc. und Koch Paul Associates 2001, CCC 2001).

Beim Ht-Raps ergeben sich Einsparungen durch die verbesserte Möglichkeit, reduzierte beziehungsweise pfluglose Bodenbearbeitung und eine Direktsaat durchzuführen. Der Ht-Raps wurde zu 57 Prozent direkt ausgesät, während 60 Prozent der konventionellen Anbauer den Raps traditionell nach Pflugfurche und Saatbeetbereitung ausbrachten. Die Aussaatkosten für Ht-Raps waren bei durchschnittlich 26.– CHF/ha gegenüber 24.– CHF/ha beim konventionellem Raps, was jedoch durch die eingesparte Bodenbearbeitung ausgeglichen wurde. Im Mittel kostete die Bodenbearbeitung für transgenen Raps nur 35.– CHF/ha gegenüber 47.– CHF/ha bei konventionellem Raps (Serecon Consulting Inc. und Koch Paul Associates 2001, CCC 2001).

Ertragspotenzial von Ht-Kulturen

Bezüglich des Ertrags ist auch bei den Ht-Kulturen festzuhalten, dass sie im Vergleich zu ähnlichen oder isogen gleichen Sorten keinen Mehrertrag liefern. Ertragsvorteile können bei einer Verminderung der Ertragsverluste durch verminderten Unkrautdruck (Fernandez-Cornejo und McBride 2002) und bei einer Verringerung des Knock-Back-Syndroms nach einer Herbizid-anwendung aufgrund ihrer Toleranz gegen die Spritzmittel liegen (Brookes 2003).

In Nordamerika wurden nach der Einführung von Ht-Kulturen keine Ertragssteigerungen festgestellt (Literatur-Review der Soil Association 2002). Hingegen ergab die Umfrage des CCC (2001) unter Rapsanbauern in Kanada, dass die Erträge von Ht-Raps durchschnittlich 10 Prozent höher ausfielen, als die der konventionellen Kollegen. Die Erträge lagen bei 1,85 t/ha (Ht-Raps) beziehungsweise 1,67 t/ha (konv. Raps; in Kanada wird hauptsächlich Sommerraps angebaut), wobei die Höchsterträge von Ht-Raps mit 3,47 t/ha und von konventionellen Sorten mit 4,55 t/ha dokumentiert wurden. Die Unterschiede werden von den Autoren auf durchschnittlich ertragreichere Sorten bei Ht-Raps, frühere Aussaat, bessere Unkrautkontrolle und teils auf eine etwas höhere Düngung des Ht-Raps zurückgeführt. Der Fremdbesatz im Erntegut betrug im Ht-Raps nur 3,8 Prozent gegenüber 5,1 Prozent in konventionellem Raps. Die Qualität der Rapserte war jedoch in beiden Fällen gleich (Serecon Consulting Inc. und Koch Paul Associates 2001, CCC 2001).

Im Widerspruch dazu werden für die Saskatchewan-Region in Kanada Mindererträge von 7,5 Prozent für RR-Raps genannt (2,08 t/ha bei RR-Raps gegenüber 2,25 t/ha für LL-Raps sowie konventio-

nellen Raps; Pioneer Grain Company 1999 in Fulton und Keyowski 1999). Bei Exaktversuchen der Bayrischen Landesanstalt für Landwirtschaft konnten ebenfalls keine signifikanten Ertragsunterschiede zwischen konventionellem und transgenem Raps ermittelt werden (Hommel und Pallut, 2000 in Nischwitz *et al.* 2004, dito in Gehring *et al.* 2004). Eine Literaturstudie aus Grossbritannien zeigt Ertragsunterschiede gegenüber konventionellem Raps mit –15 bis +22 Prozent auf (Strategy Unit 2003). Ähnliche Angaben nennt die EU-Kommission (2000) mit –15 bis +15 Prozent. Somit ist die Ertragsabsicherung durch Nutzung von Ht-Kulturen nur bedingt gegeben. Nach 29 Exaktversuchen (1990–1998) konnte festgehalten werden, dass Ertragsabsicherung durch Unkrautkontrolle beim Raps erst ab einem Unkrautdeckungsgrad von 20 Prozent der Fläche erfolgt (Gehring 2003 in Gehring *et al.* 2004).

Für Ht-Mais geben andere Quellen an, dass es einen kleinen signifikanten Ertragsanstieg gibt, dieser sich jedoch nicht nachweisbar auf den Gewinn auswirkt (Fernandez-Cornejo und Klotz-Ingram, 1996 in Fernandez-Cornejo und McBride 2000).

Ökonomische Gesamtbetrachtung

Ebenso wie die Ergebnisse zu den Unkrautkontrollkosten und den Erträgen von Ht-Kulturen sind auch die Aussagen in Literatur zum ökonomischen Gesamtnutzen widersprüchlich.

Der Verkaufserlös in Kanada für Ht-Raps wird bei gleichen Rapspreisen in der CCC-Studie (CCC 2001) mit 389.– CHF/ha angegeben, während er bei konventioneller Ware 350.– CHF/ha betrug. Die Gründe für den Unterschied sind die in der Studie konstatierten durchschnittlich höheren Erträge des Ht-Raps sowie dessen geringere Verunreinigung, das heisst höhere Netto-Erträge. Der mittlere Gewinn betrug bei Ht-

Raps schliesslich +50.– CHF/ha und bei konventionellem Raps +36.– CHF/ha. Die Spannweite der Gewinne reichte dabei bei transgenem Raps von –202.– bis +606.– CHF/ha und bei den konventionellen Rapsanbauern von –303.– bis +454.– CHF/ha. Die Gründe für den höheren mittleren Gewinn beim Ht-Rapsanbau lagen im Mehrertrag, dem geringeren Fremdbesatz sowie den niedrigeren Herbizid- und Bodenbearbeitungskosten. Aufgewogen wurden diese Vorteile des Ht-Raps zum Teil jedoch durch die erhöhten Saatgut- und Düngungskosten (CCC 2001, Serecon Consulting Inc. und Koch Paul Associates 2001).

Eine andere Auswertung des transgenen Rapsanbaus in der Region Saskatchewan (Kanada) ergab, dass die Gesamtkosten bei Ht-Rapsanbau zwischen 98.– CHF/ha (RR-Raps) und 120.– CHF/ha (LL-Raps) betragen, während sie bei konventionellen Systemen bei 110.– CHF/ha liegen. Die Vorteile der geringeren Herbizidkosten beim Anbau von RR-Raps werden durch die Mehrkosten für Saatgut und das „technical use agreement“ weitgehend aufgehoben. Bei leichten Mehrerträgen des konventionellen und des LL-Raps sowie gleichen Verkaufspreisen für transgenen und konventionellen Raps sind die Erlöse für LL-Raps mit 601.– CHF/ha und für konventionellen Raps mit 611.– CHF/ha über jenen für RR-Raps mit 569.– CHF/ha (Pioneer Grain Company 1999 in Fulton und Keyowski 1999).

Ökonomische Vorteile sind nicht immer gegeben

Erste Erfahrungen des bisherigen Anbaus von herbizidtoleranten Kulturen in anderen Ländern sind im vorliegenden Artikel vorgestellt. Ökonomische Vorteile wie Mehrerlöse oder Herbizideinsparungen sind nicht per se gegeben. Die Vorteile liegen eher in der Flexibilität der neuen Unkrautkontrollmethode und der Option der pfluglosen Bo-

denbearbeitung. Ökonomische Vorteile von Ht-Kulturen können dann erzielt werden, wenn das Anbauverfahren angepasst wird und die Vorzüge des Ht-Systems optimal ausgenutzt werden. Für die Schweiz sind die aufgeführten Ergebnisse aufgrund anderer Landwirtschaftsstrukturen, Anbauverfahren und eines anderen Preisniveaus nur bedingt übertragbar. Spezifische Abschätzungen bezüglich der Kosten und Erlöse für die Schweiz sind notwendig. Wie in der EU, wären auch in der Schweiz Regeln zur Koexistenz zwischen Betrieben mit gentechnisch veränderten Kulturen, und jenen, die konventionelle oder biologische Kulturen anbauen, nötig. Diese Koexistenzmassnahmen verursachen zusätzliche Kosten und Aufwendungen, die in dieser Literaturübersicht noch nicht beachtet sind. Methodische Ansätze zur Kalkulation dieser monetären und zeitlichen Aufwendungen sowie erste quantitative Abschätzungen werden aktuell im Rahmen des NFP 59 von ART für die Schweizer Landwirtschaft ermittelt.

Literatur

- Benbrook C.M., 2001. Do GM crops mean less pesticide use? *Pesticide Outlook* 12 (5), 204-207.
- Benbrook C.M., 2003. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the united states: the first eight years. Technical paper Nr. 6.
- Brookes G., 2003. Consultancy support for the analysis of the impact of GM crops on the UK farm profitability.
- Canola Council of Canada (CCC), 2001. Impact of transgenic canola on growers, industry and environment. 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 J.N., Squire G.R. & Thomas M.R., 2003: Crop Management and agronomic context

of the Farm Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **358** (1439), 1801-1818.

■ Fernandez-Cornejo J. & McBride, W. D., 2000. Genetically engineered crops for pest management in U.S. agriculture: farm-level effects. Agricultural report no. 786 of the Economic Research Service of the U.S. Department of Agriculture (USDA).

■ Fernandez-Cornejo J. & McBride, W. D., 2002. Adoption of bioengineered crops. Agricultural report no. 810 of the Economic Research Service of the U.S. Department of Agriculture (USDA).

■ Gehring K., Wurzer-Faßnacht U. & Zellner M., 2004. Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen (GVP): Auswirkungen auf den Verbrauch von Pflanzenschutzmitteln und Bewertung möglicher Veränderungen hinsichtlich der Belastung der Umwelt und des Naturhaushaltes. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft.

■ Gianessi L.P., Sankula S. & Reigner N., 2003. Plant biotechnology: Potential impact for improving pest management in European agriculture: Maize - herbicide-tolerant case study. Report by the National center for food and agricultural policy (NCFAP), Washington (USA).

■ Gianessi L.P., 2004. Economic and herbicide use impacts of glyphosa-

terresistant crops. In: Symposium on Herbicide-Resistant Crops from Biotechnology held at the ACS 227th National Meeting, Mar 29-30, in Anaheim, CA.

■ Gomez-Barbero M. & Rodriguez-Cerezo E., 2006. Economic impact of dominant GM crops worldwide: a review, Technical report EUR 22547 EN.

■ Gower S.A., Loux M.M., Cardina J. & Harrison S.K., 2002. Effect of planting date, residual herbicide, and postemergence application timing on weed control and grain yield in glyphosate-tolerant corn (*Zea mays*). *Weed Technology* **16** (3), 488-494.

■ Gower S.A., Loux M.M., Cardina J., Harrison S.K., Sprankle P.L., Probst N.J., Bauman T.T., Bugg W., Curran W.S., Currie R.S., Harvey R.G., Johnson W.G., Kells J.J., Owen M.D.K., Regehr D.L., Slack C.H., Spaur M., Sprague C.L., Vangessel M. & Young B.G., 2003. Effect of postemergence glyphosate application timing on weed control and grain yield in glyphosate-resistant corn: Results of a 2-yr multistate study. *Weed Technology* **17** (4), 821-828.

■ 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 herbicideto-

lerant crops. I. Effects on abundance and diversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **358** (1439), 1819-1832.

■ Owen M.D.K., 2004. Herbicide-resistant crops and weed resistance to herbicides. In: 227th National Meeting of the American-Chemical Society, Mar 28-Apr 01, in Anaheim, CA.

■ Phipps R.H. & Park J.R., 2002. Environmental benefits of genetically modified crops: global and European perspectives on their ability to reduce pesticide use. *Journal of Animal and Feed Sciences* **11**, 1-18.

■ Sanvido O., Stark M., Romeis J. & Bigler F., 2006. Ecological impacts of genetically modified crops. ART-Schriftenreihe 1, Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART, Zürich (CH), 84 S.

■ Serecon Consulting Inc. & Koch Paul Associates, 2001. An agronomic and economic assessment of transgenic canola.

■ Soil Association, 2002. Seeds of doubt: North American farmer's experiences of GM crops.

■ Wolf, D. & Albisser Vögeli, G., 2009: Erfahrungen zum ökonomischen Nutzen von Bt-Mais. *Agrarforschung* **16** (1), S. 4- 9

RÉSUMÉ

Avantages économiques des cultures tolérantes aux herbicides

Une revue bibliographique a permis de recenser les expériences acquises sur la rentabilité des cultures tolérantes aux herbicides (cultures TH) dans les pays de l'UE qui en font une pratique commerciale. Il en résulte que les cultures TH ne favorisent généralement pas une augmentation des rendements ni non plus une économie d'herbicides à long terme. Des avantages économiques pourront être obtenus en optant pour un travail du sol sans labour et en simplifiant les méthodes de désherbage chimique. Les structures agricoles et les niveaux des prix étant différents des nôtres, les résultats ne s'appliquent que partiellement à la Suisse. Les coûts et dépenses pour la mise en coexistence des procédés ne sont pas pris en considération dans ce calcul.

SUMMARY

Experiences in the economic use of herbicide tolerant crops

Experiences of the economic viability of herbicide tolerant crops (HT crops) were collected in a literature review from countries in which commercial cultivation is taking place. The results show that HT crops do not generally produce increased yields and no herbicide savings are effected in the long term. Economic benefits may be derived from the no-tillage system thereby made possible and from the simplification of chemical weed control. A direct transfer of results is only possible up to a point because of different structures and price levels in Switzerland. The cost and expense of coexistence measures were not included.

Key words: herbicide resistance, literature review, economic viability