

**Zeitschrift:** Yearbook of socioeconomics in agriculture : Agrarwirtschaft und Agrarsoziologie = économie et sociologie rurales

**Herausgeber:** Schweizerische Gesellschaft für Agrarwirtschaft und Agrarsoziologie

**Band:** - (2010)

**Artikel:** Agentenbasierte Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von transgenen Kulturen anhand von Beispielbetrieben in einer Schweizer Ackerbauregion

**Autor:** Schweiger, Jennifer / Ferjani, Ali

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-966654>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 02.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# **Agentenbasierte Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von transgenen Kulturen anhand von Beispielbetrieben in einer Schweizer Ackerbau-region**

Jennifer Schweiger und Ali Ferjani, Forschungsanstalt Agroscope  
Reckenholz-Tänikon ART

## **Abstract**

Sollte der Anbau transgener Kulturen nach Ablauf des Schweizer Gentech-Moratoriums liberalisiert werden, könnte dies für die Schweizer Landwirte eine Option bieten, das landwirtschaftliche Einkommen zu stabilisieren. Aufgrund des kleinstrukturierten Agrarraums, dem gesetzlich verankerten Schutz der gentechnikfreien Produktion und dem im Vergleich zu anderen Staaten existierenden Unterschied in den Kosten und Preisverhältnissen ist eine Abschätzung der Wirtschaftlichkeit einer Nutzung transgener Kulturen notwendig. Hierzu wurde ein agentenbasiertes Modell konstruiert, welches die räumlichen Gegebenheiten einer Untersuchungsregion im Kanton Zürich einbezieht. Unter Annahme eines hohen Schädlingsdrucks zeigen die Modellrechnungen einen wirtschaftlichen Vorteil insbesondere für Bt-Mais. Wird ein hoher Unkrautdruck vorausgesetzt, ist der Anbau von Ht-Raps, in Kombination mit einer pfluglosen Bodenbearbeitung rentabel. Zudem lassen sich, aufgrund der räumlichen Bedingungen, starke Variationen in den Koexistenzkosten feststellen, bei denen der Anteil des administrativen Aufwandes hoch ist. Durch die Nutzung transgener Kulturen ist im Modell ein potenzieller Anstieg im Betriebseinkommen in marginaler Höhe zu erkennen.

**Key words:** transgene Kulturen, Schweiz, Koexistenz, Wirtschaftlichkeit

**JEL Klassifikation:** Q57, Q18

## **1. Einleitung**

Der Anbau transgener Kulturen könnte eine Option bieten, das landwirtschaftliche Einkommen zu stabilisieren. Sollte nach Ablauf des Schweizer Gentech-Moratoriums die kommerzielle Nutzung transgener Kulturen liberalisiert werden (BAFU 2010; Bundesblatt 2009), fordert das Gentechnikgesetz, dass ein Nebeneinander transgener Kulturen und nicht-transgener Kulturen (Koexistenz) in der Schweizer Landwirtschaft möglich sein muss.

Die Schweiz stellt im Rahmen der Koexistenz einen anspruchsvollen Fall dar. Dieser ist gekennzeichnet durch eine Kombination aus einem kleinstrukturiertem Agrarraum und dem gesetzlich vorgeschriebenen Schutz der gentechnikfreien Produktion (GTG 2003; Kohler 2005; Schlatter und Oehen 2004). Dies verlangt die Separation von transgenen und nicht gentechnisch veränderten Produkten entlang der Warenflussskette, was zusätzlichen Aufwand verursacht. Da bei der Umsetzung von Maßnahmen, die eine Vermischung verhindern sollen (Koexistenzmaßnahmen), in einer kleinstrukturierten Landwirtschaft von einem deutlicheren ökonomischen Effekt auszugehen ist als in einer großräumig strukturierten Landwirtschaft, können die Kosten zur Umsetzung der Koexistenzmaßnahmen die potenziellen Nutzensteigerungen durch den Anbau von transgenen Kulturen überkompensieren (Gómez-Barbero und Rodríguez-Cerezo 2007; Messéan et al. 2009). Der Marktwert der Biotechnologie in der Landwirtschaft hängt also nicht nur von Veränderungen der Erträge oder der variablen Kosten ab, sondern auch von Kosten, welche aufgrund der Ausgestaltung der ex ante Regulierungen und der ex post Haftung entstehen können (Soregaroli und Wesseler 2005). Eine Analyse der Wirtschaftlichkeit einer Nutzung von transgenen Kulturen ist daher notwendig, um potenzielle finanzielle Vor- und Nachteile abzuschätzen. Bis heute existieren jedoch wenige Studien, welche die Wirtschaftlichkeit der Kulturen in den heutigen Anbauländern eruieren.

### **1.1 Wirtschaftlichkeit transgener Kulturen**

Ein Mehrerlös durch die Nutzung transgener Kulturen im Vergleich zu konventionellen Kulturen, wurde durch den geringeren Einsatz von Pestiziden und durch geringere Ertragsverluste in verschiedenen Regionen der USA und Argentinien verzeichnet (Marra et al. 2002; Qaim et al.

2003). Ähnliche Ergebnisse wies auch eine Meta-Analyse zum weltweiten Anbau transgener Kulturen von Gómez-Barbero und Rodríguez-Cerezo (2006) auf. Hier wurde hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit auf eine regionale Abhängigkeit hingedeutet, da nicht für alle Sorten ein gentechnisch verändertes Pendant zur Verfügung stand. Insgesamt konnten Vorteile für große und für kleine Betriebe sowie für die gesamte Volkswirtschaft festgestellt werden. Zwei umfangreiche Literaturübersichten, bezüglich der Wirtschaftlichkeit des kommerziellen Anbaus transgener Kulturen, wurden von Wolf und Wolf und Albisser (2009; 2009a) vorgestellt. Ähnlich, wie bei Gómez-Barbero und Rodríguez-Cerezo (2006), konnte nicht per se ein Mehrerlös durch die Nutzung transgener Kulturen festgestellt werden. Während der finanzielle Vorteil für Bt-Mais (Körner- und Silomais), der gegenüber dem Maiszünsler tolerant ist, von der Stärke des Maiszünslerbefalls abhängt, entstehen die Kostenvorteile bei der Nutzung herbizidtoleranter Kulturen aufgrund einer vereinfachten pfluglosen Bodenbearbeitung und einer weniger komplexen chemischen Unkrautkontrolle (Wolf 2009; Wolf und Albisser 2009a). Für die Schweiz wurde erstmals im Jahr 1999 der potenzielle finanzielle Vorteil durch die Nutzung transgener Kulturen anhand einer ex ante Studie abgeschätzt (Eggenschwiler et al. 1999). Anhand eines einzelbetrieblichen Optimierungsansatzes wurde untersucht, wie sich der Einsatz von gentechnisch veränderten Kulturen auf das Einkommen eines landwirtschaftlichen Betriebes auswirkt. Die Autoren folgerten, dass sich der Einsatz von gentechnisch veränderten Pflanzen in allen berechneten Varianten lohnt. Im Modell werden jedoch vorteilhafte Annahmen für transgene Kulturen getroffen. So wurde nur ein geringer Saatgutaufpreis (+5 %) berücksichtigt und in vielen Fällen ein Mehrertrag angenommen. Zudem wurden allfällige Kosten aufgrund von Koexistenzmaßnahmen in dieser Arbeit nicht explizit betrachtet. Der Aufwand zur Planung und Errichtung von Isolationsabständen, Pufferzonen<sup>1</sup> und Transaktionskosten, welche aufgrund von Absprachen zwi-

---

<sup>1</sup> Isolationsabstände bezeichnen Distanzen, die zwischen Flächen mit transgenen und nicht gentechnisch veränderten Kulturen der gleichen Art einzuhalten sind. Durch die Distanz soll die verfrachtete Pollenmenge, welche zu unerwünschten gv-Einträgen führen kann, reduziert werden. Als Pufferzonen werden Flächenstreifen nicht gentechnisch veränderter Kulturen um Parzellen mit transgenen Kulturen (Spenderfeld) bzw. entsprechende Streifen auf dem Empfängerfeld bezeichnet (Demont et al. 2008a; Demont et al. 2008c). Durch diese Maßnahmen wird der Anteil an Pollen, der die gv-Eigenschaft trägt, verdünnt.



schen den Betrieben entstehen sowie potenzielle Haftungskosten werden nicht berücksichtigt.

Die vorgestellten Studien haben gemein, dass sie die ökonomischen Effekte transgener Kulturen ohne Berücksichtigung der Kosten für Koexistenzmaßnahmen betrachten. Für die Schweiz wird geschätzt, dass die Kosten für eine Koexistenz gegenüber einer herkömmlichen Produktion um 5 bis 15 Prozent im Anbauvorgang, Organisation und Qualitätssicherung ansteigen könnten (Kohler 2005).

## **1.2 Ziel und Vorgehensweise**

Ziel des Beitrags ist, anhand von Modellrechnungen, mögliche Auswirkungen transgener Kulturen auf die Anbauentscheidung (z. B. den Wechsel von konventionellen Kulturen<sup>2</sup> zu transgenen Kulturen) und auf das Betriebseinkommen anhand von Schweizer Beispielbetrieben abzuschätzen (normativer Ansatz). Aufgrund des unterschiedlichen Kosten- und Preisverhältnisses der Schweiz zu anderen Staaten werden spezifische Abschätzungen der Kosten und Erlöse berücksichtigt.

Die für diese Studie relevanten Kulturen Mais (Körnermais und Silomais), Raps und Weizen (Winterweizen), wurden ausgewählt gemäß ihrer Bedeutung für den Schweizerischen Ackerbau und dem aktuellen Anbau gentechnisch modifizierter Sorten im Ausland (Biosicherheit.de, 2008; Sanvido et al. 2005). Die hier betrachteten transgenen Sorten sind Bt-Mais (Bt-Silomais und Bt-Körnermais), herbizidtoleranter Mais und Raps (Ht-Mais/Ht-Raps) sowie fusarientoleranter Weizen (Ft-Weizen).

Dieser Beitrag ist folgendermaßen strukturiert: Zunächst werden die verwendeten Daten sowie die Forschungsmethode erläutert. Es folgen Darlegungen zum modellierten zwischenbetrieblichen Koexistenzproblem. Darauf aufbauend wird die Koexistenz-Zielfunktion des Modells expliziert. Nach Darstellung der berechneten Szenarien folgen die Ergebnisse. Der Artikel endet mit einer Diskussion, Schlussfolgerungen

---

<sup>2</sup> In diesem Beitrag wird der Begriff „konventionelle“ Kulturen im Sinne von „traditionell“ angebauten Kulturen verwendet und gilt hier als Synonym für Kulturen, die unter den Bedingungen des „ökologischen Leistungsnachweises“ angebaut werden. Die Mehrheit der Schweizer Landwirte produzieren unter diesen Bedingungen (BfS 2009). Nur diese und biologisch produzierte Kulturen besitzen den Anspruch auf Direktzahlungen (BLW 2009).

und dem Ausblick auf den weiteren Forschungsverlauf. Dieser Beitrag ist Teil eines Projekts des schweizerischen Nationalen Forschungsprogramms 59 "Nutzen und Risiken der Freisetzung gentechnisch veränderter Pflanzen".

## **2. Daten und methodische Vorgehensweise**

### **2.1 Daten zur Modellierung der Beispielbetriebe**

Ein Teil der verwendeten Daten für die modellierten Beispielbetriebe stammt aus persönlichen Interviews mit Landwirten einer Untersuchungsregion im Kanton Zürich. Zusätzlich werden Daten der zentralen Auswertung der Buchhaltungsergebnisse, landwirtschaftliche Planungsdaten (AGRIDEA 2009), der Maschinenkatalog der ART (Gazzarin und Albisser 2009), sowie interne Berechnungen zu Kosten der Koexistenzmaßnahmen der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART herangezogen (Wolf und Albisser 2009b).

Im Jahr 2008 nahmen 74 % (n = 61) der Landwirte der Untersuchungsregion im Kanton Zürich an einem zweiteiligen persönlichen Interview teil. Anhand eines strukturierten Fragebogens wurden Angaben zur potenziellen Anbaubereitschaft von transgenen Kulturen sowie Informationen über Betriebscharakteristika erhoben. Im zweiten Teil der Interviews wurden anhand von Luftbildern die angebauten Kulturen im Jahr 2008 sowie die Lage, Größe und Form der bewirtschafteten Parzellen erfasst und im Anschluss an die Befragung anhand eines Geoinformationssystems digitalisiert und analysiert.

Die landwirtschaftliche Nutzfläche der Untersuchungsregion beträgt 13 km<sup>2</sup>. Im Jahr 2008 wurden 192 ha Mais, 71 ha Raps und 295 ha Weizen kultiviert. Ein Drittel der Befragten gab an, eine Nutzung von transgenen Kulturen in Erwägung zu ziehen, wenn diese zugelassen werden.

Unter den Beispielbetrieben der Untersuchungsregion sollten sich Betriebe befinden, deren Betriebsleiter an den Interviews teilnahmen und eine geographische Nähe zueinander aufweisen. Zudem sollten einige der Betriebsleiter eine potenzielle Anbaubereitschaft bekunden. Wesentliche Betriebscharakteristika der fünf Beispielbetriebe werden in

Tabelle 1 vorgestellt. Die Flächen dieser Betriebe sind teilweise arrondiert.

Tab. 1: Charakteristika der fünf Beispielbetriebe

Betrieb	Betriebs- typ	LN (ha)	Durch- schnittli- che Parzel- len- größe (gv- Betriebe)	Tier- pro- duk- tion	Haupt- erwerbs- betrieb	Rele- vante ange- baute Kultu- ren	Poten- zielle Adopti- on <sup>1</sup>
1-gv	Kombiniert Verkehrs- milch/ Ackerbau	23,5	2,2 ha	28 Milch- kühe	Ja	Silomais Weizen	1
2-gv	Ackerbau	15,4	1,4 ha	-	Nein	Körner- mais Raps Weizen	1
3-conv	Ackerbau	14,5		-	Ja	Körner- mais Weizen	0
4-conv	Kombiniert Veredlung/ Ackerbau	22,2		20 Mast- rinder	Ja	Silomais Weizen	0
5-gv	Ackerbau	10,6	0,8 ha	-	Ja	Silomais Weizen	1

1 = Anbaubereitschaft vorhanden / 0 = Keine Anbaubereitschaft vorhanden

Um die Kostenstruktur der Betriebe zu ermitteln wurden die Informationen aus den Interviews mit Angaben der zentralen Auswertung für Buchhaltungsdaten kombiniert. Zur Berechnung vergleichbarer einzelbetrieblicher Deckungsbeiträge der (transgenen) Kulturen wird auf der Basis der Buchhaltungsdaten von Betrieben, welche den Beispielbetrieben in den Betriebs- und Produktionscharakteristika stark ähneln, ein mit der Fläche gewichteter einzelbetrieblicher Korrekturfaktor gebildet. Anhand dessen werden die Planungsdaten einzelbetrieblich angepasst. Es wird zudem angenommen, dass die Direktzahlungen der transgenen Kulturen den Direktzahlungen der konventionellen Kulturen entsprechen. Die Verfahrensketten der einzelnen Kulturen sowie der Besitz der Maschinen werden für die Betriebe standardisiert angenommen (s. Tabelle 2). Da die pfluglose Bodenbearbeitung in der Untersuchungsregion keine Relevanz besitzt, beinhaltet das Standardverfahren eine wenden-

de Bodenbearbeitung für Mais und Raps. Neben dem Saatgutaufpreis für transgenes Saatgut (s. a. Kapitel 3.1), werden im Modell Kosten für Koexistenzmaßnahmen berücksichtigt. Die anbautechnischen Koexistenzmaßnahmen beinhalten die Einrichtung von Pufferzonen und/oder Isolationsabständen sowie die Durchführung von Durchwuchskontrollen im Folgejahr. Zudem werden Transaktionskosten wie die schriftliche Information der Nachbarn und der zusätzliche bürokratische Aufwand (z. B. für Schulung, Dokumentation) sowie Kosten zur Maschinenreinigung berücksichtigt (Tabelle 2). Die Kosten der Koexistenzmaßnahmen werden unter Einbezug von Informationen über die reale Agrarstruktur in das Modell integriert. Die Erfahrungen zu den Kosten der Koexistenzmaßnahmen aus Ländern, in denen bereits transgene Kulturen genutzt werden, sind aufgrund anderer Anbauverfahren, Preis- und Kostenstrukturen nicht auf die Schweiz übertragbar, daher werden in dem Modell Daten verwendet, die speziell für die Schweiz erhoben wurden (Wolf und Albisser 2009b). Die Daten der verschiedenen Quellen fließen in ein agentenbasiertes Modell ein, dessen wesentliche Merkmale im folgenden Abschnitt erläutert werden.

Tab. 2: Koexistenzmaßnahmen

<b>Maschinenreinigung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzelkornsämaschine (mittleres Kostenszenario inkl. Entlohnung Lohnunternehmer, nach Regieansatz für Lohnunternehmer + Hilfsstoffe)</li> <li>• Mähdrescher (mittleres Kostenszenario, inkl. Entlohnung Lohnunternehmer, nach Regieansatz für Lohnunternehmer + Hilfsstoffe)*</li> <li>• Drillmaschine (inkl. Entlohnung eigene Arbeitszeit)</li> </ul>
<b>Isolationsabstand</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berechnet auf Basis zu kontaktierender Nachbarn, inkl. Entlohnung eigene Arbeitszeit</li> </ul>
<b>Pufferzone</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzelbetriebliche durchschnittliche Feldgröße berücksichtigt, inkl. Entlohnung eigene Arbeitszeit**</li> </ul>
<b>Durchwuchskontrollen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entlohnte Arbeitszeit pro (nicht arrondierte) Parzelle, abhängig von der einzelbetrieblichen durchschnittlichen Flächengröße***</li> </ul>
<b>Administrative Arbeiten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schriftliche Genehmigung durch Behörden (ohne Ablehnung, Widerspruchsverfahren)</li> <li>• Registrierung per e-Mail</li> <li>• Eintrag in das Standortregister im Internet</li> <li>• Schriftliche Information der Nachbarn mit Rückantwort – das erste Schreiben und schriftliche Information der Nachbarn mit Rückantwort – für jedes weitere Schreiben</li> <li>• Dokumentation</li> <li>• Verpflichtende Schulung für Betriebsleiter von 1 Tag, alle 10 Jahre</li> </ul>

Eigene Darstellung, Kosten nach Wolf und Albisser (2009b) (Annahmen: Nutzung und Reinigung der Drillmaschine im Eigentum, Nutzung und Reinigung der Erntemaschinen und der Einzelkornsämaschine durch Lohnunternehmer, alle Maschinen werden für transgene sowie für konventionelle Kulturen genutzt, so dass eine Reinigung notwendig wird)

\* Annahme: Gleicher Kostenansatz für Häcksler

\*\* Eigene Berechnung, Daten: Interviews 2008 und (Agroscope ART 2009)

\*\*\* Eigene Berechnung, Daten Interviews 2008

## 2.2 Agentenbasiertes Modell

Im Rahmen der Koexistenz spielen die individuellen Anpassungsreaktionen der einzelnen Betriebe eine besondere Rolle. Hierdurch entstehen aufgrund der Umsetzung von Koexistenzmaßnahmen Wechselwirkungen, welche die Anbauentscheidung benachbarter Betriebe beeinflussen können. Um diese Interaktion darzustellen sind agentenbasierte Modelle ein geeignetes Instrument (Kellermann und Balmann 2006;



Parker et al. 2003). Im Vergleich zur einzelbetrieblichen Deckungsbeitragsrechnung werden die Betriebe in der Gesamtheit abgebildet, zudem werden die reale Agrarstruktur sowie die angebauten Kulturen im Jahr 2008 im Modell berücksichtigt. Ebenfalls können im Rahmen der Koexistenz Kosten berücksichtigt werden, welche bei Entscheidung für das neue Produktionssystem generell anfallen. Demnach werden die Beispielbetriebe (Agenten) durch ein jeweils eigenes Programmierungsmodell dargestellt, welches Anhaltspunkte liefern kann, wie die Betriebsleitenden auf das neu zur Verfügung gestellte Produktionssystem und auf die Koexistenzmaßnahmen reagieren. Ziel ist, die Landnutzung unter verschiedenen Annahmen zu vergleichen, weshalb ein komparativ-statischer Ansatz gewählt wurde. Die zeitliche Simulation ist kurzfristig und umfasst nur eine Produktionsperiode.

### **2.2.1 Die Agenten**

Das Modell wird anhand des *General Algebraic Modeling System* (GAMS) konstruiert, indem die Agenten mittels gemischt-ganzzahligen Optimierungsmodellen abgebildet werden. Als Entscheidungsvariable für ein Produktionssystem wird eine binäre Variable genutzt. Die Entscheidungsvariable bestimmt, für welches Produktionssystem die Deckungsbeiträge berechnet werden, sowie die vom Produktionssystem abhängigen Kosten zur Umsetzung von Koexistenzmaßnahmen und die Anzahl der zu berücksichtigenden Nachbarn bei Umsetzung der Koexistenzmaßnahmen. Die Deckungsbeiträge beinhalten die Erträge, Direktzahlungen und variable Kosten inklusive Maschinenkosten und Arbeiten durch Dritte. Die Düngungskosten werden separat berechnet. Abhängig vom Ertrag und vom Betriebstyp wird organischer Dünger als interne Leistung genutzt. Betriebe ohne Tierhaltung oder mit einem unzureichenden Anfall organischen Düngers ergänzen die Fehlbestände durch mineralischen Dünger. Es werden die Hauptnährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium berücksichtigt. Die Restriktionen zu den Arbeitskräften, zu der Pflanzen- und Tierproduktion der jeweiligen Betriebe werden den Interviewangaben entnommen. In der Modellierung ist die Tierproduktion von sekundärer Bedeutung. Neben den Deckungsbeiträgen werden die Direktzahlungen modelliert. Die Tierproduktion ist durch die Versorgung mit Grundfutter und über den Anfall organischen Düngers an die Pflanzenproduktion gekoppelt. Die Anzahl der Tiere kann eine Varianz von über 20 % der im Interview angegebenen Tiere nicht

überschreiten. Eine Optimierung findet über die Nährstoffversorgung durch Grundfuttermittel statt. Die Nährstoffbilanz der Tiere basiert auf der Rohfaser-, Stärke- und Proteinversorgung. Durch die Fütterung von betriebseigenem Grundfutter sowie über den Futterhandel wird die Bilanz ausgeglichen.

## 2.2.2 Interaktion der Betriebe

In diesem Modell interagieren die Beispielbetriebe als reaktive Agenten mittels einfacher Stimulus / Response-Mechanismen (Ferber und Jacopin 1991). Zusätzlich zur Interaktion der modellierten Beispielbetriebe, besitzen auch nicht-modellierte Betriebe der Region einen Effekt auf die einzelbetriebliche Anbauentcheidung. Die einzelbetriebliche Entscheidung für oder gegen einen Anbau transgener Kulturen im modellierten Jahr 2008, ist dabei abhängig von der potenziellen Anbaubereitschaft der Betriebe, von den angebauten Kulturen im Basisjahr, von der Lage der Parzellen zu den Nachbarbetrieben, von den kulturspezifischen Deckungsbeiträgen und von den Koexistenzkosten (Abbildung 1).

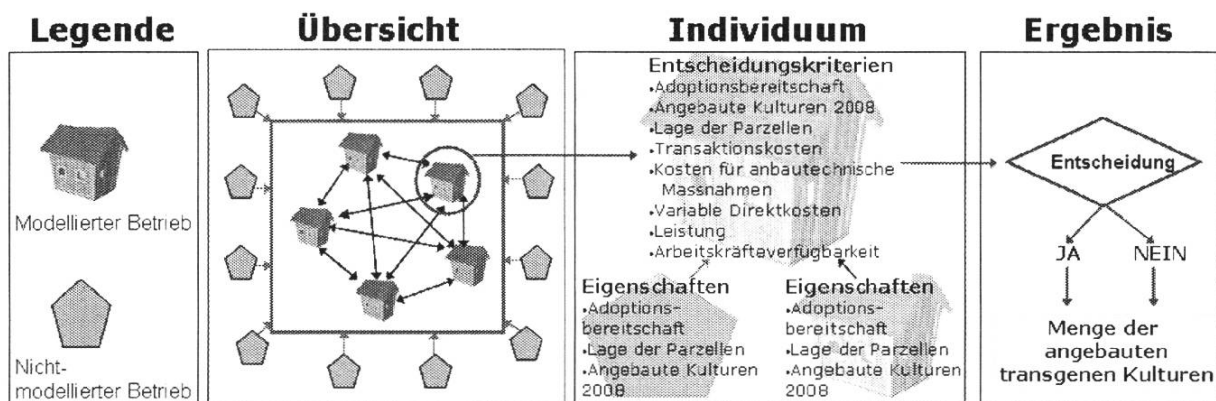


Abb. 1: Interaktion der Agenten

Die mittels Geoinformationssystem ermittelten Informationen über die Nachbarn pro Parzelle und Betrieb, sowie die Informationen über die Lage der Parzellen mit den relevanten Kulturen zueinander, werden im Modell berücksichtigt. Im Durchschnitt besitzt ein Landwirt auf einer Distanz von 50 m zwei Nachbarn pro Parzelle, auf 150 m vier Nachbarn und auf 300 m sechs Nachbarn pro Parzelle. Zur Modellierung der Interaktion mit nicht-modellierten Betrieben wurde angenommen, dass

sich der Anbau von transgenen Kulturen für die nicht-modellierten Betriebe, welche in den Interviews eine potenzielle Anbaubereitschaft angaben, lohnt und somit von den modellierten Betrieben keine Koexistenzmaßnahmen für diese Betriebe implementiert werden müssten. Eine Nachbarschaftsanalyse zeigt, dass aufgrund der geringen Anbaubereitschaft nur für einen Betrieb eine Abweichung in der Anzahl der Nachbarn entstehen würde, für die Isolationsabstände eingerichtet werden müsste, wenn davon ausgegangen wird, dass der Anbau transgener Kulturen für die nicht-modellierten Betriebe nicht rentabel ist. Dieser Kostenanstieg für den modellierten Betrieb blieb hier unberücksichtigt.

Das hier vorgestellte Modell geht über die einzelbetrieblichen Berechnungen von Eggenschwiler et al. (1999) hinaus. Die Kosten der Koexistenz werden explizit betrachtet, zum einen werden externe Effekte im Zusammenhang einer Adoption oder eines Anbauverzichts unter Berücksichtigung der realen Agrarstruktur berücksichtigt und hierdurch die Interaktion der Betriebe modelliert, zum anderen werden Schweizer Preis- und Kostenverhältnisse berücksichtigt. Methodisch nahestehend ist das Modell von Müller-Scheeßel (2008). Im agentenbasierten Simulationsmodell werden Adoptionsentscheidungen der Agenten über Auskreuzungsschäden verknüpft. Durch die Verbindung des Multi-Agentensystems mit einem biophysikalischen Modell zur Abbildung der Auskreuzung sowie mit einem Rastermodell, welches die Agrarstruktur abbildet, wird die Abhängigkeit der Adoption einer Rapsart von der Haftungsregel gezeigt.

### **2.2.3 Spezifizieren der Zielfunktion**

Die Betriebseinkommen werden unter der Restriktion maximiert, dass eine Präferenz für den Anbau transgener Kulturen, eine Präferenz für nicht-transgene Kulturen gleicher Art ausschließt, da bei Nutzung beider Produktionssysteme für dieselbe Kulturart eine Vermischung erschwert zu verhindern wäre. Hierdurch ergibt sich die Notwendigkeit zur Einführung einer binären Entscheidungsvariablen ( $\Theta$ ) für die Betriebe die potenziell transgene Kulturen nutzen würden.

Für das agentenbasierte Modell gilt folgende Zielfunktion (Formel 1):

$$\text{MAX } BE_{ID}$$

$$= \Theta * (DB_{KU}^K(Sz.) + DZ_{KU}) + \Theta * (DB_{KU}^G(Sz.) + DZ_{KU}) - (DUM_K + DUO_K) + DB_T + DZ_T - FU - STUKO - \Theta * C^G(Sz.) \quad (\text{Formel 1})$$

Mit:

$BE_{ID}$  = Betriebseinkommen der jeweiligen Betriebe

$\Theta$  = Binäre Entscheidungsvariable ÖLN oder GVP (1 = GVP)

$DB_{KU}^K(Sz.)$  = Deckungsbeitrag der konventionellen Kulturen abh. von Szenarien (ohne Düngung)

$DZ_{KU}$  = Direktzahlungen für konventionellen und transgene Kulturen

$DB_{KU}^G(Sz.)$  = Deckungsbeitrag der transgenen Kulturen abh. von Szenarien (ohne Düngung)

$DUM_K$  = Kosten für die Ausbringung mineralischen Düngers für die Kulturen

$DUO_K$  = Kosten für die Ausbringung organischen Düngers für die Kulturen

$DB_T$  = Deckungsbeitrag der Tierproduktion

$DZ_T$  = Direktzahlungen der Tierproduktion

$FU$  = Kosten für Futterzukauf

$STUKO$  = Strukturkosten 1 (Gebäudekosten, Autokosten, feste Einrichtungen, Meliorationen und Wege, allgemeine Betriebskosten)

$C^G(Sz.)$  = Koexistenzkosten abh. von den Szenarien

Transgene Kulturen finden einzelbetriebliche Verwendung, wenn der Nutzen einer Adoption transgener Kulturen  $u^G$ , der aus der Differenz der

ökonomischen Vorteile  $V^G$  transgener Kulturen und deren ökonomischen Nachteile ( $N^G$ ) gebildet wird, größer ist, als der Nutzen des konventionellen Pendants ( $u^K$ ) (Formel 2).

$$\text{MAX } u^G(V^G - N^G) > \text{MAX } u^K(V^K - N^K) \quad (\text{Formel 2})$$

Der ökonomische Vorteil  $V^G$  wird (in diesem Modell) von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Zum einen spielt die Wahl der gentechnischen Veränderung ( $y$ ) für die jeweiligen Kulturen ( $p$ ) eine Rolle (z. B. herbizidtolerante Sorten oder maiszünslerresistente Sorten). Der ökonomische Vorteil der gewählten transgenen Kulturen wird weiterhin durch den Schädlingsdruck ( $S_p$ ) und die bisherige Managementpraxis ( $M_p$ ) bestimmt. Für maiszünslerresistenten (Bt-) Mais ( $p, y_{Bt}$ ) ist zudem die Effizienz ( $E$ ) der neuen Technologie hinsichtlich der Schädlingsbekämpfung relevant, welche einen geringeren Ertragsverlust bedeutet (Formel 3), für die übrigen transgenen Kulturen werden im Modell ausschließlich Änderungen auf der Kostenseite berücksichtigt, dies bedeutet ein angepasstes Pflanzenschutzmanagement zum Erhalt eines konstanten Ertrags.

$$V^G(E_{p(Mais), y(Bt)}, S_p, M_p) \quad (\text{Formel 3})$$

Nach dem geltenden Schweizer Gentechnikgesetz (GTG 2003) liegt das Eigentumsrecht auf der Seite der gentechfrei-Produzenten. Verwender transgener Kulturen sind verpflichtet eine Vermischung von transgenen und gentechnikfreien Kulturen zu verhindern. Hierdurch ergeben sich finanzielle Nachteile (Formel 4), die je nach Szenario höher oder niedriger ausfallen. Diese beruhen zum einen auf Kosten ( $C^G$ ) zur Umsetzung der räumlichen Koexistenzmaßnahmen je Kultur (Isolationsdistanzen  $I_p$  und Pufferzonen  $P_p$ ) und auf Transaktionskosten ( $T_p$ ) (schriftliche Information der Nachbarn). Hierbei wird angenommen, dass die Information der Nachbarn in einem Radius erfolgt, der alle Nachbarn mit Parzellen innerhalb einer kulturspezifischen Isolationsdistanz (abhängig vom Szenario s. Kapitel 3.2) umfasst. Für Weizen wird eine Informationsdistanz von 5 m zwischen den Weizenfeldern beider Produktionssysteme berücksichtigt. Zudem erfolgt die Information je Kultur. Zusätzlich wird der bürokratische Aufwand pro Betrieb (z. B. Dokumentation) ( $B$ ) berücksichtigt. Durchwuchskontrollen werden für alle Parzellen mit transgenen Kulturen berücksichtigt ( $W_p$ ). Die Höhe der anfallenden Kosten für anbautechnische Maßnahmen ist abhängig von der Anzahl der einzurich-



tenden Isolationsdistanzen oder Pufferzonen, welche abhängt von der Anzahl Nachbarn ( $N$ ) und dem Produktionssystem „konventionell“ ( $k$ ) oder „gentechnisch verändert“ ( $g$ ) auf Parzellen in einer festgelegten Distanz für die jeweilige Kultur ( $D_p$ ). Hierbei reduzieren sich die Kosten zur Einrichtung der anbautechnischen Maßnahmen, wenn Nachbarn ebenfalls transgene Kulturen gleicher Art auf Parzellen in vorgegebener Distanz verwenden ( $L_{p,g}$ ). Die Kosten steigen an, wenn das konventionelle Pendant auf den relevanten Parzellen genutzt wird ( $L_{p,k}$ ). Transaktionskosten sind ebenfalls bedingt durch die Anzahl zu kontaktierender Nachbarn ( $N$ ) einer festgelegten Distanz ( $D_p$ ).

$$C^G = f(I_p, P_p, T_p, B, W_p) \quad (\text{Formel 4})$$

Mit

$$I_p = f(N(L_{p,g}(D_p), L_{p,k}(D_p)))$$

$$P_p = f(N(L_{p,g}(D_p), L_{p,k}(D_p)))$$

$$T_p = f(N(L_{p,g/k}(D_p)))$$

Das Schweizer Gentechnikgesetz sieht eine Herstellerhaftung vor. Aus diesem Grund wird in den bisherigen Berechnungen angenommen, dass die Landwirte Vorgaben zu Koexistenzmaßnahmen einhalten und nicht zur Haftung herangezogen werden.

## 2.2.4 Modellkalibrierung

Anhand von Flexibilitätsbeschränkungen, wie sie in Mann et al. (2003) speziell für die Schweizer Landwirtschaft vorgestellt werden, wird das Modell kalibriert. Die Produktionsentscheidungen werden als Investitionsentscheidungen interpretiert, hieraus ergibt sich ein maximal möglicher Rückgang pro Kultur von 6,5 %, approximativ als Kehrwert aus den Abschreibungszeiträumen. Hierdurch kann die kurzfristige Prognosegenauigkeit verbessert werden. Kalibriert wird auf die Flächenanteile der Kulturen im Basisjahr. In der Simulation stehen für die relevanten Kulturen zwei Produktionsmethoden der jeweiligen Kulturen zur Verfügung. Das Modell kalibriert sehr eng an eine historisch beobachtete Situation,

hierdurch liegt die Abweichung im historisch begründbaren Bereich. Der Vorteil dieser Methode liegt in der Robustheit sowie in der Möglichkeit neue Produktionsaktivitäten oder Technologien auf einfache Weise ins Modell zu integrieren.

### **3. Modellszenarien**

In der Schweiz gilt der gesetzlich vorgeschriebene Schutz der gentechnikfreien Produktion. Eine gültige Koexistenzverordnung, welche die Ausgestaltung der Koexistenzmaßnahmen regelt, existiert bisher nicht. Da zudem der Schädlingsdruck unterschiedlich stark sein kann, werden verschiedene Szenarien simuliert, die sich zum einen in der Deckungsbeitragsberechnung und zum anderen in den Vorgaben zu den umzusetzenden Koexistenzmaßnahmen unterscheiden.

#### **3.1 Deckungsbeitragsszenarien**

Neben den konventionellen Kulturen, werden den Betrieben, die im Interview eine potenzielle Anbaubereitschaft angaben, transgene Kulturen als zusätzliche Aktivität im Modell zur Verfügung gestellt. Für herbizidtolerante Kulturen, werden überdies Szenarien gebildet, in denen eine Adoption mit einem pfluglosen Anbausystem kombiniert wird. Auf dieser Weise können die Vorteile des Systems voll genutzt werden (Gómez-Barbero und Rodríguez-Cerezo 2006). Abhängig vom Szenario, steht den Betrieben jeweils nur eine gentechnisch veränderte Mais-Variante zur Verfügung (Ht-Mais oder Bt-Mais).

Eine Schweizer Besonderheit ist, dass bis zum Jahr 2009 zur Behandlung eines Maiszünslerbefalls keine Insektizide zugelassen waren. Der Maiszünsler wird aber bis anhin fast ausschließlich mit Trichogramma-Präparaten bekämpft. Die Deckungsbeitragsszenarien unterscheiden sich im Schädlingsdruck für die relevanten Kulturen. Hierbei wird in einem ersten Schritt der im Interview angegebene Schädlingsdruck (Tabelle 3) sowie das im Interview angegebene Pflanzenschutzmanagement berücksichtigt (Szenarien: DB-Sz-ASD). In der Schweiz hat der Maiszünsler keine besondere wirtschaftliche Bedeutung (Eggenschwiler et al. 1999). Sämtliche Betriebsleiter gaben an, keine Schlupfwespen zur Bekämpfung des Maiszünslers zu nutzen. Demnach ist nach Bigler et al. (1990) bei geringem Schädlingsdruck (10 % befallene Pflanzen) von einem Ertragsverlust von 2,5 % im Körnermais auszugehen. Für die

Simulationen eines geringen Schädlingsdruckes im Silomais wurde eine Ertragsreduktion um 2 % angenommen. Alle Betriebsleiter gaben die Verwendung von Herbiziden in den Kulturen Raps und Mais an. Für Betriebsleiter, die in den Interviews angaben Extenso-Weizen<sup>3</sup> zu kultivieren, wurde in der Modellierung der Anbau von Intensivweizen und somit eine Nutzung von Fungiziden angenommen. Im Folgenden werden Szenarien unter der Annahme eines hohen Schädlingsdrucks simuliert (Szenarien: DB-Sz-HSD). Während das Pflanzenschutzmanagement für den entsprechenden Unkrautdruck und Fusariendruck angepasst wird, ist der Fraßschaden durch den Maiszünslerbefall nur schlecht einzuschätzen, daher wird an dieser Stelle keine Anpassung vorgenommen.

Die Erträge und Kosten für Pflanzenschutz, Maschinenkosten, Arbeitszeitbedarf sowie die ertragsabhängigen Kosten, wurden nach Wolf und Albisser (2009b) angepasst.<sup>4</sup> Der Ertragsverlust aufgrund des Fraßschadens durch den Maiszünsler liegt in den Berechnungen bei Körnermais auf 15 %, für Silomais auf 9 %. Da die Saatgutkosten einen der wichtigsten Kostenfaktoren für transgene Kulturen darstellen (Fernandez-Cornejo und McBride 2002), wird wie in Wolf und Albisser (2009b) vorgeschlagen, ein Saatgutaufpreis von +25 %, für Mais, +30 % für Ht-Raps und +30 % für Ft-Weizen angenommen (Szenario: hoher Saatgutaufpreis (HP)). Sollte der Saatgutaufpreis die Nachfrage unterdrücken, ist es möglich, dass Saatguthersteller ihre Preise senken, dies ist insbesondere der Fall, wenn es sich um heterogene Betriebscharakteristika handelt (Dillen et al. 2009; Weaver und Wesseler 2004). Zudem ist von einem Preisanstieg bei herkömmlichen Saatgut, aufgrund der Kosten zur Reinhaltung desselben auszugehen (Messéan et al. 2009). Folgendermaßen werden alle Szenarien mit einer geringeren Preisdifferenz, mit einem Saatgutaufpreis von 10 % für transgenes Saatgut, simuliert (Szenario: tiefer Saatgutaufpreis (TP)). Da bisher keine Fälle in Europa vorliegen, in denen der Erzeugerpreis für gentechnisch veränderte Produkte niedriger liegt (Wolf und Albisser 2009b), wird dieser in den Simulationen auf konstantem Niveau gehalten.

---

<sup>3</sup> „Extenso-Weizen“ ist zu höheren Direktzahlungen berechtigt, unterliegt jedoch dem Verbot des Einsatzes an Pestiziden.

<sup>4</sup> Geringere Erlöse aufgrund von Weizendeklassierung nach Fusarienbefall wurden bisher nicht berücksichtigt.

Tab. 3: Schädlingsdruck

Betrieb	Maiszünsler	Unkraut	Fusarien
1-gv	Kein	Gering	Gering
2-gv	Gering	Gering	Gering
3-konv	Gering	Mittel	Gering
4-konv	Gering	Gering	Gering
5-gv	Kein	Gering	Gering

Quelle : Interviews 2008

## 3.2 Koexistenzmaßnahmenzenarien

Die Schweiz orientiert sich in vielen Bereichen der Legislatur an der Europäischen Union, daher sind die Richtlinien der EU-Mitgliedsstaaten die Grundlage der Modellannahmen für Koexistenz. Zudem werden für die Ausgestaltung der Szenarien Ergebnisse aus Auskreuzungsversuchen herangezogen, die den Abstand von der Pollenquelle angeben. Ziel ist, die Auskreuzung transgener Sequenzen in nicht gentechnisch veränderten Kulturen unter dem deklarationspflichtigen Wert von 0,9 % (GTG 2003) zu halten (vgl. Damgaard und Kjellson 2005; Della Porta et al. 2008; Biosicherheit.de 2008; Gustafson et al. 2006; Hüsken und Dietz-Pfeilstetter 2007; Messéan et al. 2006; Sanvido et al. 2008; Weber et al. 2007). Während die Ausgestaltung der Vorgaben der EU-Mitgliedsstaaten zu den Koexistenzmaßnahmen durch viele verschiedene Aspekte beeinflusst wird (u. a. Marktgegebenheiten, Haftungsaspekte) und zum Teil große, fixe Abstände als räumliche Koexistenzmaßnahmen vorsieht, wird die Koexistenz in Auskreuzungsstudien isoliert betrachtet. Da die großen Abstände einiger EU-Mitgliedstaaten für kleinere Betriebe eine restriktive Wirkung besitzen können (Beckmann et al. 2006; Pascher und Dolezel 2005), empfehlen einige Autoren wissenschaftlicher Auskreuzungsstudien flexible Koexistenzmaßnahmen und eine stärkere Orientierung der Politik an den Empfehlungen aus wissenschaftlichen Studien (Demont et al. 2008a; Demont und Devos 2008b; Devos et al. 2008b). Flexibilität kann durch Pufferzonen als Alternative zu Isolationsdistanzen erreicht werden. In einigen Staaten der Europäischen Union ist es daher möglich Isolationsdistanzen durch Pufferzonen zu verringern oder gar zu ersetzen (Europäische Kommission 2009). Da die kleinstrukturierte Untersuchungsregion mit einer

durchschnittlichen Parzellengröße von 1,2 ha Pufferzonen als Alternative zu Isolationsabständen ungeeignet erscheinen lässt, wird auf eine ökonomische Analyse derselben verzichtet. Eine Ausnahme bildet die Pufferzone um Weizenfelder. Um eine „klare“ Trennung von transgenen Weizen zu konventionellen Weizen sicherzustellen (Sanvido et al. 2005), wird eine Pufferzone auf dem Feld mit der transgenen Pollenquelle von fünf Metern berücksichtigt. Die hier berücksichtigten Koexistenzmaßnahmen unterscheiden nicht zwischen einer Trennung von transgenen und konventionellen oder transgenen und biologisch angebauten Kulturen. Bei einer Auskreuzung von gentechnisch veränderten Sequenzen auf nicht transgenem Silomais ist von einem Verdünnungseffekt im Erntegut auszugehen, der eine Reduktion des Isolationsabstandes im Vergleich zu Körnermais zulässt, eine Variation in den Isolationsdistanzen wäre jedoch in der Praxis schwer zu kontrollieren, daher wird für beide Kulturen ein homogener Abstand angenommen.

Ein Überblick zu der Ausgestaltung der Szenarien, in denen Koexistenzmaßnahmen eine Rolle spielen, gibt Tabelle 4. Berechnet werden ein liberales Koexistenzszenario (KO-SZ-LI), ein mittleres Koexistenzszenario (Ko-SZ-MI) und ein restriktives Koexistenzszenario (KO-SZ-RE). Neben den in Tabelle 5 dargestellten Koexistenzszenarien findet die Berechnung eines Szenarios statt, welches nur konventionelle Kulturen berücksichtigt (Szenario: KONV). Zudem wird ein Szenario ohne Koexistenzmaßnahmen (Szenario: OHNE) simuliert.



Tab. 4: Koexistenzszenarien

Szenario		Kultur	KO-SZ-LI	KO-SZ-MI	KO-SZ-RE
<b>Anbautechnische Maßnahmen</b>	Isolationsabstand	Mais Raps	50 m 50 m	50 m 50 m	150 m 400 m
	Pufferzone	Weizen	0 m	0 m	5 m
	Durchwuchskontrollen	Alle	Nein	Ja	Ja
<b>Bürokratische Maßnahmen</b>	Genehmigung durch Behörden	Alle	Nein	Ja	Ja
	Registrierung per Email		Ja	Nein	Nein
	Eintrag in das Standortregister		Nein	Ja	Ja
	Schriftliche Information der Nachbarn		Ja	Ja	Ja
	Dokumentation		Nein	Ja	Ja
	Verpflichtende Schulung		Nein	Ja	Ja

Die oben beschriebenen Szenarien werden kombiniert und lassen eine Simulation von 80 Szenarien zu.

Im Folgenden werden die Definitionen der Deckungsbeitragsszenarien vorgestellt und erläutert. Jedes dieser Szenarien wird mit den Koexistenzszenarien, welche sich in den anbautechnischen und in den administrativen Maßnahmen unterscheiden (Tabelle 4), kombiniert.

- (1) SZ\_DB\_BT\_ASD\_HP: Szenario, welches den im Interview angegebenen (tiefen) Schädlingsdruck/Unkrautdruck berücksichtigt, einen hohen Saatgutaufpreis unterstellt und die Kulturen Bt-Silo- oder Körnermais, Ht-Raps, Ft-Weizen als neue Aktivitäten im Modell zur Verfügung stellt.
- (2) SZ\_DB\_HT\_ASD\_HP: Wie Szenario (1), aber mit Ht-Silo- oder Körnermais.
- (3) SZ\_DB\_HTpF\_ASD\_HP: Wie Szenario (1), aber mit Ht-Silo- oder Körnermais und kombiniert mit pflugloser Bodenbearbeitung.

- (4) SZ\_DB\_BT\_HSD\_HP: Wie Szenario (1), aber mit hohem Schädlingsdruck/Unkrautdruck.
- (5) SZ\_DB\_HT\_HSD\_HP: Wie Szenario (2), aber mit hohem Schädlingsdruck/Unkrautdruck.
- (6) SZ\_DB\_HTpF\_HSD\_HP: Wie Szenario (3), aber mit hohem Schädlingsdruck/Unkrautdruck.
- (7) SZ\_DB\_BT\_ASD\_TP: Wie Szenario (1), aber mit einem tiefen Saatgutaufpreis.
- (8) SZ\_DB\_HT\_ASD\_TP: Wie Szenario (2), aber mit einem tiefen Saatgutaufpreis.
- (9) SZ\_DB\_HTpF\_ASD\_TP: Wie Szenario (3), aber mit einem tiefen Saatgutaufpreis.
- (10) SZ\_DB\_BT\_HSD\_TP: Wie Szenario (1), aber mit einem tiefen Saatgutaufpreis und einem hohem Schädlingsdruck/Unkrautdruck.
- (11) SZ\_DB\_HT\_HSD\_TP: Wie Szenario (2), aber mit einem tiefen Saatgutaufpreis/ und einem hohem Schädlingsdruck/Unkrautdruck.
- (12) SZ\_DB\_HTpF\_HSD\_TP: Wie Szenario (3), aber mit einem tiefen Saatgutaufpreis und einem hohem Schädlingsdruck/Unkrautdruck.

#### **4. Ergebnisse der Modellrechnungen**

Die Ergebnisse des Modells berücksichtigen die Lage der Parzellen und das Ausmaß der angebauten Kulturen im Jahr 2008. Werden unter diesen Voraussetzungen den Landwirten transgene Kulturen als neue Aktivität im Modell zur Verfügung gestellt und der im Interview angegebene Schädlingsdruck berücksichtigt (DB-SZ-ASD), würden die finanziellen Nachteile durch den Saatgutaufpreis (gilt für hohen und niedrigen Saatgutaufpreis) und die Kosten der Maschinenreinigung den finanziellen Nutzen überwiegen. Ein Anbau von transgenem Weizen, Raps oder Mais rentiert sich selbst ohne Koexistenzmaßnahmen in diesen Szenarien für die Beispielbetriebe nicht. Eine Adoption transgener Kulturen erfolgt daher nur in den in Tabelle 5 dargestellten Szenarien.

Während dem Anbau von Ht-Mais keine Relevanz zukommt, ist insbesondere die Adoption von Bt-Mais, unter der Annahme eines hohen Schädlingsdrucks rentabel. Ebenso findet unter der Annahme eines hohen Fusariendrucks, kombiniert mit einem niedrigen Saatgutaufpreis, in allen Koexistenzszenarien Ft-Weizen durch Betrieb 1-gv Verwendung. Finanziell schneidet dieses Produktionssystem 3.– CHF/ha schlechter im Vergleich zum konventionellen Anbau ab, jedoch liegt der Arbeitsaufwand eine knappe Stunde unter dem konventionellen Produktionssystem. Die freiwerdende Arbeitskraft wird in die arbeitsintensive Milchkuhhaltung investiert und der Bestand geringfügig ausgedehnt. Eine Reduktion in der Arbeitszeit und in den Maschinenkosten durch den pfluglosen Anbau, bewirkt die Adoption von Ht-Raps durch Betrieb 2-gv, unter der Annahme eines hohen Schädlingsdruckes in beiden Saatgutpreisszenarien.

Tab. 5: Adoption transgener Kulturen

Betrieb	Trans-gene Kultur	Deckungsbeitrags-Szenario	Koexistenzszenario			
			OHNE	KO-SZ-LI	KO-SZ-MI	KO-SZ-RE
1-gv	Ft-Weizen	SZ_DB_BT_HSD_TP	1 <sup>1</sup>	1	1	1
1-gv	Ft-Weizen	SZ_DB_HT_HSD_TP	1	1	1	1
1-gv	Ft-Weizen	SZ_DB_HTpf_HSD_TP	1	1	1	1
1-gv	Bt-Silomais	SZ_DB_BT_HSD_HP	1	1	1	1
1-gv	Bt-Silomais	SZ_DB_BT_HSD_TP	1	1	1	1
2-gv	Bt-Körnermais	SZ_DB_BT_HSD_HP	1	1	1	1
2-gv	Bt-Körnermais	SZ_DB_BT_HSD_TP	1	1	1	1
2-gv	Ht-Raps	SZ_DB_HTpf_HSD_HP	1	1	1	1
2-gv	Ht-Raps	SZ_DB_HTpf_HSD_TP	1	1	1	1
3-gv	Bt-Silomais	SZ_DB_BT_HSD_HP	1	1	1	1
3-gv	Bt-Silomais	SZ_DB_BT_HSD_TP	1	1	1	1

<sup>1</sup> 1 = Adoption der Technology

Ohne Berücksichtigung von Koexistenzmaßnahmen erreichen die Betriebe im Vergleich zum konventionellen Anbau einen Einkommenszuwachs von 0,1 bis 1,06 % (durchschnittlich 0,83 %) des Betriebseinkommens. Der finanzielle Vorteil variiert stark von CHF 192.– (Betrieb 1-gv, Adoption von Ft-Weizen) bis CHF 1230.– (Betrieb 1-gv, Adoption von Bt-Silomais, Ft-Weizen). Durchschnittlich steigt das Betriebseinkommen um CHF 499.–. Die Veränderungen der Betriebseinkommen durch die Implementierung verschiedener Koexistenzmaßnahmen im Vergleich zum konventionellen Produktionssystem, werden in Abbildung 2 dargestellt. Deutlich wird der lineare Einkommensrückgang über die verschiedenen Szenarien. So sinkt der Einkommensvorteil im Vergleich zum konventionellen Produktionssystem, über die Koexistenzszenarien um durchschnittlich 0,68 % (KO-SZ-LI), 0,52 % (KO-SZ-MI) auf 0,42 % des Betriebseinkommens und damit auf knapp die Hälfte im restriktiven Szenario.

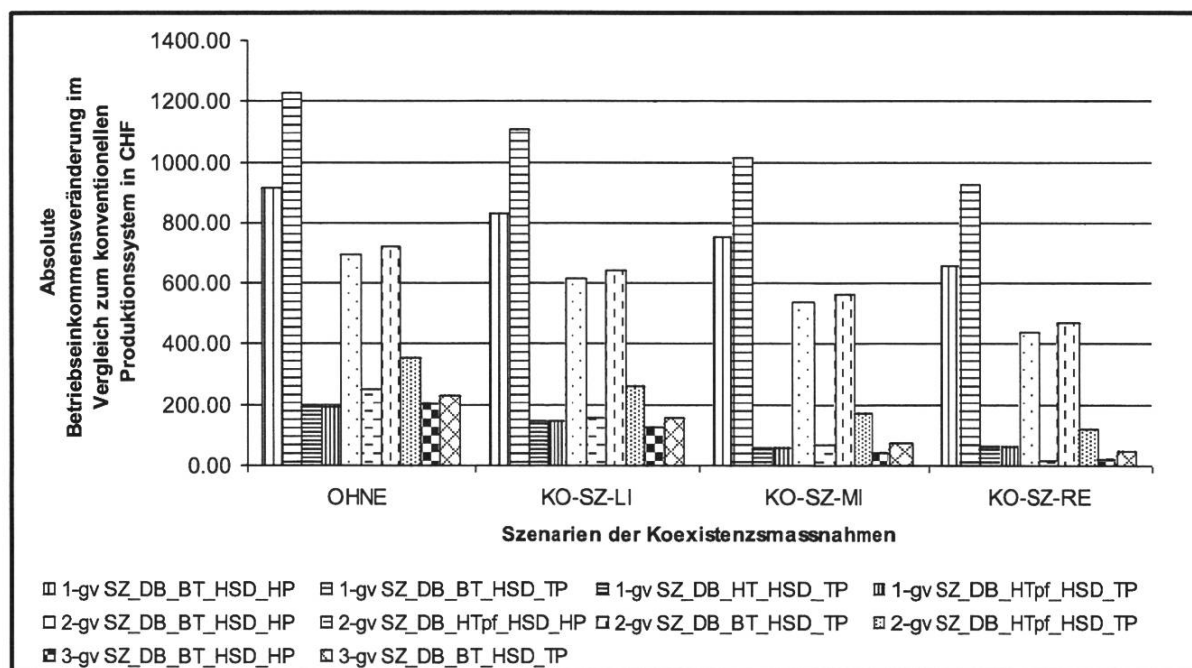


Abb. 2: Betriebseinkommenszuwachs durch Adoption transgener Kulturen in CHF

Insgesamt unterbindet die Einführung von Koexistenzmaßnahmen in keinem der Szenarien den Anbau transgener Kulturen. Die Vorgaben des liberalen Koexistenzszenarios bewirken nur eine geringe Einkommens-

mensreduktion um durchschnittlich CHF 80.– pro Betrieb, im Vergleich zum Anbau transgener Kulturen ohne Umsetzung von Koexistenzmaßnahmen. Die Variation in den einzelbetrieblichen Einkommensänderungen mit einer Standardabweichung von CHF 23.– ist die Folge der Anzahl der zu informierenden Nachbarn und der Anzahl der einzurichtenden Isolationsabstände für die Kulturen Mais und Raps. Die minimale Differenz, in den Betriebseinkommen zwischen den Szenarien ohne und mit liberalen Koexistenzmaßnahmen, lässt sich für den Anbau von Ft-Weizen feststellen. In diesem Fall ist es für Betrieb 1-gv notwendig fünf Nachbarn über den Anbau transgener Kulturen zu informieren. Im Vergleich hierzu steigt Anzahl der zu kontaktierenden Nachbarn für Betrieb 1-gv durch die gleichzeitige Nutzung von Bt-Silomais und Ft-Weizen im Szenario SZ\_DB\_BT\_HSD\_TP auf neun Nachbarn an.

Keine Veränderung in der Anzahl der zu kontaktierenden Nachbarn, jedoch in den Vorgaben zu zusätzlichen administrativen Maßnahmen, erfolgt durch die Implementation des mittleren Koexistenzszenarios. Die Einkommensreduktion pro Betrieb beträgt in diesem Szenario im Vergleich zum Szenario ohne Koexistenzmaßnahmen CHF 165.– und im Vergleich zum liberalen Szenario CHF 85.–.

Durch die hohen Anforderungen der räumlichen Koexistenzmaßnahmen im restriktiven Szenario erhöhen sich die Anzahl der zu kontaktierenden Nachbarn und die Anzahl der zu implementierenden Isolationsdistanzen. Zusätzlich sind die Umsetzung von Pufferzonen und die Durchführung von Durchwuchskontrollen im Folgejahr notwendig. Während die Anzahl der zu kontaktierenden Nachbarn insgesamt für Bt-Silomais oder Bt-Körnermais geringfügig steigt, erhöht sich die Anzahl zu kontaktierender Nachbarn durch die Adoption von transgenem Raps durch Betrieb 2-gv um 13 Nachbarn. Die zusätzlichen Anforderungen bewirken eine Einkommensreduktion im Vergleich zum Anbau ohne Koexistenzmaßnahmen um durchschnittlich CHF 217.–. Hier steigt die Standardabweichung der einzelbetrieblichen Einkommensänderungen, im Vergleich zu den Einkommensänderungen der Szenarien „ohne Koexistenzmaßnahmen“ zu „liberalen Koexistenzmaßnahmen“ stark an ( $SD = 59$ ).

Eine detaillierte Betrachtung der Koexistenzkosten lässt Tabelle 6 zu. Dargestellt werden die absoluten Abweichungen der Betriebseinkommen zum maximal möglichen Einkommen (Anbau transgener Kulturen ohne Umsetzung von Koexistenzmaßnahmen). Auffällig sind die zwei- bis dreifach höheren Koexistenzkosten im restriktiven Szenario, im Ver-



gleich zum liberalen Szenario. Eine Kostenreduktion für das restriktive Szenario im Vergleich zum mittleren Koexistenzszenario kann für Betrieb 1-gv in den Szenarien SZ\_DB\_HT\_HSD\_TP und SZ\_DB\_HTpf\_HSD\_TP festgestellt werden. Dies ist durch die Implementierung von Pufferzonen zu begründen. Aufgrund der geringen Feldgröße ist nur eine einmalige Befüllung der Drillmaschine notwendig. Die zusätzlichen Arbeitskosten werden durch die Saatgutpreisdifferenz überkompensiert.

Tab. 6: Abweichungen der Betriebseinkommen vom Maximum

Betrieb	Deckungsbeitrags-szenario	Max. Einkommen in CHF	Absolute Abweichung vom max. Einkommen in CHF			
				Koexistenzszenario		
		OHNE	KONV	KO-SZ-LI	KO-SZ-MI	KO-SZ-RE
1-gv	SZ_DB_BT_HSD_HP	200.677	-917	-84	-164	-258
1-gv	SZ_DB_BT_HSD_TP	200.890	-1230	-123	-216	-305
1-gv	SZ_DB_HT_HSD_TP	200.464	-192	-45	-132	-128
1-gv	SZ_DB_HTpf_HSD_TP	200.464	-192	-45	-132	-128
2-gv	SZ_DB_BT_HSD_HP	33.544	-696	-80	-161	-255
2-gv	SZ_DB_HTpf_HSD_HP	33.752	-251	-95	-184	-236
2-gv	SZ_DB_BT_HSD_TP	33.571	-723	-80	-161	-255
2-gv	SZ_DB_HTpf_HSD_TP	33.857	-356	-95	-184	-236
3-gv	SZ_DB_BT_HSD_HP	48.064	-204	-76	-160	-183
3-gv	SZ_DB_BT_HSD_TP	48.092	-232	-76	-160	-183

Unabhängig von den Szenarien, in denen transgene Kulturen adoptiert werden, wird die maximale Fläche mit transgenen Kulturen genutzt. Die Koexistenzkosten auf Ebene des Betriebseinkommens sind marginal. Werden jedoch die Kosten pro Hektar betrachtet (Tabelle 7), variieren diese zwischen CHF 6.– und 217.– und liegen damit im merklichen Bereich.

Tab. 7: Koexistenzkosten pro Hektar

Betrieb	Deckungsbeitrags-szenario	Fläche mit transgenen Kulturen in ha	Koexistenzkosten pro ha in CHF		
		Jedes Szenario	KO-SZ-LI	KO-SZ-MI	KO-SZ-RE
1-gv	SZ_DB_BT_HSD_HP	3,1	27	53	84
1-gv	SZ_DB_BT_HSD_TP	10,1	12	21	30
1-gv	SZ_DB_HT_HSD_TP	7,0	6	19	18
1-gv	SZ_DB-HTpf_HSD_TP	7,0	6	19	18
2-gv	SZ_DB_BT_HSD_HP	1,6	51	101	160
2-gv	SZ_DB-HTpf_HSD_HP	3,5	28	53	68
2-gv	SZ_DB_BT_HSD_TP	1,6	51	101	160
2-gv	SZ_DB-HTpf_HSD_TP	3,5	28	53	68
3-gv	SZ_DB_BT_HSD_HP	0,8	91	190	217
3-gv	SZ_DB_BT_HSD_TP	0,8	91	190	217

Marginal ist auch der Betriebseinkommensanstieg durch die Nutzung von transgenen Kulturen im Vergleich zum konventionellen Anbau, jedoch lassen sich deutliche Unterschiede auf Hektarbasis feststellen. Der finanzielle Vorteil durch die Nutzung transgener Kulturen ohne Umsetzung von Koexistenzmaßnahmen variiert für die Betriebe in den relevanten Deckungsbeitragsszenarien zwischen +27.– bis +455.– CHF/ha ( $\bar{x}$  = +206.– CHF/ha). Für das liberale Koexistenzszenario liegt der durchschnittliche Einkommensvorteil bei +167.– CHF/ha. Der finanzielle Nutzen wird jedoch stark durch die Kosten der Maßnahmen mit hohen Anforderungen reduziert (Mittleres Szenario  $\bar{x}$  = +126.– CHF/ha). Im restriktiven Koexistenzszenario wird durchschnittlich knapp die Hälfte des Einkommensanstiegs pro Hektar erreicht ( $\bar{x}$  = +102.– CHF/ha; Abbildung 4).

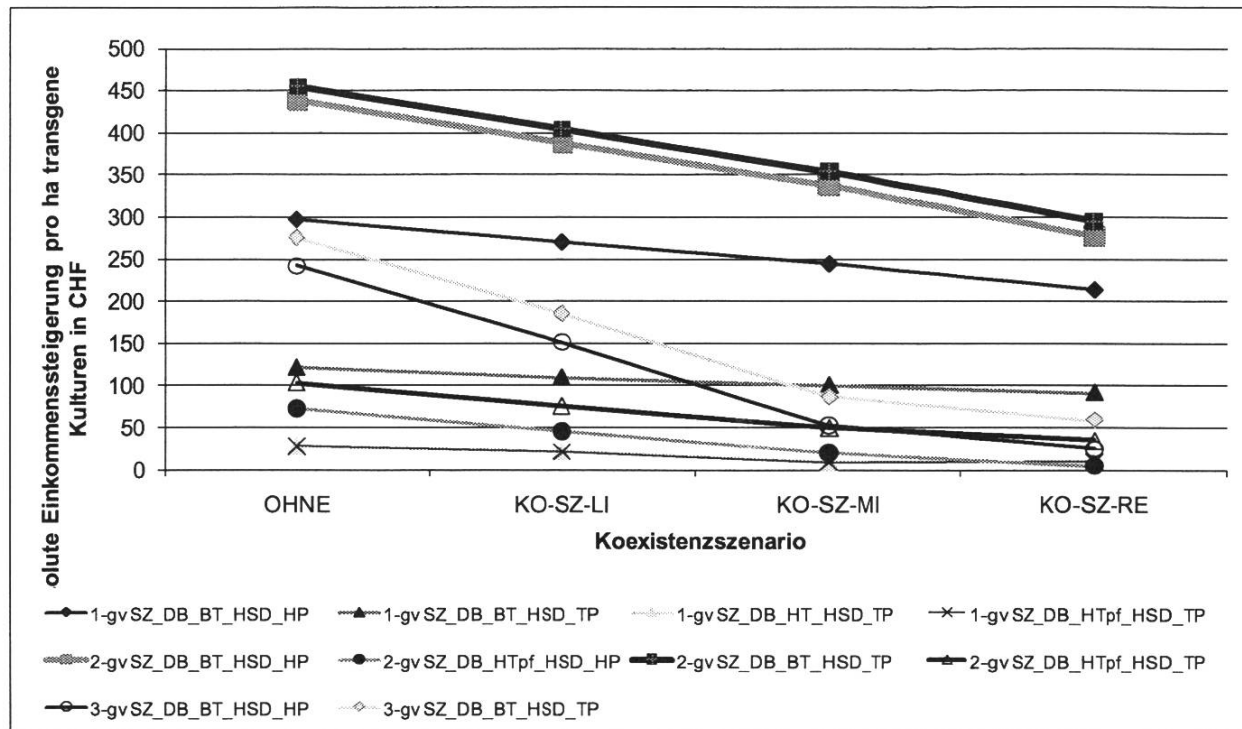


Abb. 3: Einkommenszuwachs pro ha transgene Kulturen in CHF

## 5. Diskussion

Ziel des vorliegenden Beitrags war, die Rentabilität transgener Kulturen unter unterschiedlichen Vorgaben zu Koexistenzmaßnahmen anhand von Beispielbetrieben in einer Schweizer Untersuchungsregion abzuschätzen. Dies erfolgte mit Hilfe eines agentenbasierten Modells, welches die nachbarschaftlichen Gegebenheiten berücksichtigt. Drei der Betriebsleiter, der modellierten Betriebe gaben in den Interviews eine potenzielle Anbaubereitschaft transgener Kulturen zu Protokoll. Da die Anbaubereitschaft unter Unwissenheit der Ausgestaltung der Koexistenzregeln erhoben wurde und die Simulationen Vorgaben zu Koexistenzmaßnahmen unterliegen, deren Ausgestaltung bisher für die Schweiz fehlt, sind an den Modellergebnissen nur Tendenzen ablesbar. Wie Wolf und Wolf und Albisser (2009; 2009a) bereits deklarierten, ist nicht von einem ökonomischen Vorteil durch die Nutzung transgener Kulturen per se auszugehen. Ein finanzieller Nutzen konnte in den Simulationen nur unter der Annahme eines hohen Schädlingsdrucks, für Bt-Silo- und Bt-Körnermais und unter der Annahme eines hohen Unkrautdrucks für Ht-Raps in Kombination mit einer pfluglosen Bodenbearbeitung festgestellt werden. Es lässt sich ein marginaler Anstieg des

Betriebseinkommens durch die Nutzung transgener Kulturen errechnen. Ähnliches lässt sich für die Höhe der Koexistenzkosten feststellen. Mes-séan et al. (2009) weist auf die Abhängigkeit der Koexistenzkosten von der Agrarstruktur hin. Die Berechnungen zeigen, dass der kleinstrukturierte Agrarraum der Untersuchungsregion, je nach Vorgabe zu den Koexistenzmaßnahmen, einen starken Effekt auf die Höhe der Koexistenzkosten besitzt.

Praxisversuche zur Auskreuzung von transgenen auf nicht-transgenen Silo- oder Körnermais zeigten, dass die höchsten gv-Einträge an den unmittelbar angrenzenden Feldrändern zu finden sind. Wurde ein 10 m breiter Randstreifen separat geerntet oder wies das Nachbarfeld eine tiefe von mindestens 60 m auf lag der gv-Eintrag unter dem Deklarationslimit (Weber et al. 2005). Je nach Form und Lage der Felder zueinander könnten die Koexistenzkosten in den vorgestellten Berechnungen reduziert werden.

In den bisherigen Studien wurde dem mit dem Anbau von transgenen Kulturen einhergehenden administrativen Aufwand wenig Beachtung geschenkt. Die Vorgaben des liberalen Szenarios sehen nur einen geringen administrativen Aufwand vor. Daher beträgt die Einkommensreduktion im Vergleich zum Szenario ohne Koexistenzmaßnahmen gerade  $-0,06\%$ . Im Vergleich hierzu steigt der Aufwand im mittleren Szenario stark an und die Einkommensreduktion steigt um das 3,5-fache.

In die gleiche Richtung weisen die Ergebnisse einer Untersuchung von Skevas et al. (2009). Die Transaktionskosten stehen aus Sicht der Mehrheit der befragten Landwirte der Adoption von Bt-Mais in Portugal entgegen. In kleinstrukturierten Regionen steigt die Anzahl der zu registrierenden Felder und zu kontaktierenden Nachbarn stark an. Ein Zusammenschluss der Landwirte, die transgene Kulturen nutzen, könnte eine Reduktion der Koexistenzkosten bewirken.

Aufgrund der Komplexität der Vorgänge sowie durch die Vielzahl der beeinflussenden Faktoren erfolgt die Abbildung der Realität nur stark vereinfacht. Eine Grenze des Modells lässt sich zum einen durch die Abbildung des Entscheidungsverhaltens durch rational handelnde, vollständig informierte Agenten aufweisen. Hierdurch wird der Einfluss nicht monetärer Größen auf die Adoptionsentscheidung ignoriert (Ilbery 1978). Hierunter besitzt nach Engle-Warnick et al. (2007) die Unsicherheit in den Vor- und Nachteilen neuer Technologien, welche die Adoptionsbereitschaft reduziert, eine besondere Relevanz. Ein Vorteil durch

die Adoption von Ht-Kulturen ergibt sich auch durch das vereinfachte Unkrautmanagement und der zeitlichen Flexibilität. Als nicht-monetäre Größen bleiben sie im Modell unberücksichtigt. Ein zusätzlicher monetärer Aufwand sind hingegen irreversible Kosten zu definieren. Die Adoption der Biotechnologie impliziert Änderungen in der Produktionspraxis. Hierdurch kann die Adoption als Investment definiert werden, welches irreversible Kosten bedingt (Weaver und Wessler 2004).

Die Simulationen unterliegen der Annahme einer Nutzung von Maschinen für transgene sowie für nicht gentechnisch veränderte Kulturen. In der Realität könnte der finanzielle Vorteil steigen, wenn die Maschinen für die jeweiligen Produktionssysteme getrennt eingesetzt würden. Standzeit- und Arbeitszeitverringerung können den Nutzen durch transgene Kulturen im Vergleich zu den bisherigen Einschätzungen erhöhen. Eine Steigerung der Rentabilität wäre auch für Ft-Weizen zu erwarten, wenn die Qualitätsverluste, hervorgerufen durch Fusariose, berücksichtigt werden. Ein weiterer bisher vernachlässigter Punkt ist die mögliche Reduktion des ökonomischen Nutzens durch eine Erzeugerpreisdifferenz von transgenen Produkten zu konventionellen Produkten. Lusk et al. (2005) stellen in einer Metaanalyse zur Zahlungsbereitschaft für transgene und Gentechfreie Produkte einen Unterschied von mindestens 23 % fest. Besonders europäische Konsumenten gaben in den Studien eine höhere Zahlungsbereitschaft für Gentechfreie Produkte an.

## **6. Schlussfolgerungen und Ausblick**

Die Ergebnisse der Modellrechnungen deuten an, dass abhängig von den adoptierten transgenen Kulturen und abhängig von den Szenarien eine hohe Variation im einzelbetrieblichen Einkommenszuwachs zu erwarten ist. In den Simulationen führt nur die Annahme eines hohen Schädlingsdrucks zu finanziellen Vorteilen durch die Nutzung transgener Kulturen. Dieser liegt je nach Szenario meist zwischen +102.– und +167.– CHF pro Hektar transgener Kulturen. Die Veränderung des Betriebseinkommens ist marginal.

Neben dem quantifizierbaren ökonomischen Nutzen scheinen auch Betriebscharakteristika bedeutsam. Frei werdende Arbeitsstunden könnten in arbeitsintensive rentable Betriebszweige eingesetzt werden. Da die Kalibrierung der Flächen auf das Basisjahr erfolgt, ist keine bedeutende Ausdehnung der kulturspezifischen Flächen möglich. Eine Zu-



nahme von besonders rentablen, jedoch arbeitsintensiven Kulturen (z. B. Zuckerrüben) durch den Einsatz von transgenen Kulturen scheint eine mögliche Folge zu sein. Ein ökonomischer Nutzen herbizidtoleranter Kulturen konnte nur unter dem Gebrauch sämtlicher Vorteile des Produktionssystems festgestellt werden.

Wie die Änderungen im Betriebseinkommen sind auch die Koexistenzkosten pro Betrieb marginal. Auf Hektarbasis sind jedoch Kosten je nach Szenario im Ausmaß von CHF 6.– bis 217.– zu erwarten. Die Koexistenzkosten führen jedoch nicht zu einer Unterbindung des Anbaus. Ist der Anbau transgener Kulturen trotz Saatgutaufpreis und höheren Maschinenkosten rentabel, führen zusätzliche Koexistenzkosten nicht dazu, dass sich der Anbau transgener Kulturen nicht mehr lohnt.

Die Kosten zur Errichtung von Isolationsabständen sind von der Agrarstruktur und damit von der Anzahl der Nachbarn abhängig. Die räumlichen Anforderungen des liberalen und restriktiven Szenarios bewirken unterschiedliche Auswirkungen auf die Anzahl zu kontaktierender Nachbarn und einzurichtender Isolationsabstände pro Betrieb. Je nach Betrieb ändert sich die Anzahl zu kontaktierender Nachbarn mit steigender Distanz gering (min. +2 Nachbarn) oder erheblich (+13 Nachbarn). Hierdurch entstehen hohe Variationen in den Koexistenzkosten. Dies könnte auf eine Präferenz von flexiblen Koexistenzmaßnahmen hindeuten, die von der betrieblichen Leistungsfähigkeit abhängig gemacht wird (Demont et al. 2008a; 2009; Demont und Devos 2008).

Neben den Kosten der anbautechnischen Maßnahmen besitzen die administrativen Arbeiten einen in den bisherigen Studien vernachlässigten Effekt auf das Betriebseinkommen. Da einige Koexistenzkosten von der Agrarstruktur abhängen, sind die Modellrechnungen aufgrund der heterogenen Schweizer Landwirtschaft nicht auf die gesamte Schweiz übertragbar. Bei der Wahl und Ausgestaltung der Koexistenzmaßnahmen sollten, wie von Devos et al. (2008a) vorgeschlagen, regionale und lokale Gegebenheiten berücksichtigt werden, da diese die Kosteneffektivität der Maßnahmen beeinflussen. Diese Gegebenheiten spielen insbesondere eine Rolle, wenn flexible Lösungen zu anbautechnischen Koexistenzmaßnahmen in Betracht gezogen werden, die sich an die einzelbetrieblichen Leistungsfähigkeit richten (Demont und Devos 2008).

Zu prüfen wäre, ob sich der Anbau transgener Kulturen und dessen Einkommenswirkung dynamisch über die Fruchtfolgejahre ändert. Zu-

dem ist der Effekt einer Erzeugerpreissenkung für transgene Kulturen zu eruieren und die ökonomische Wirkung einer virtuellen Zusammenlegung (Clusterung) von Feldern zu testen. Hierdurch kann das Verhältnis der eingeführten Isolationsabstände zu der Anzahl der Felder reduziert werden und der Vorteil transgener Kulturen besonders unter den Umständen eines kleinstrukturierten Agrarraumes steigen.

Die vorgesehene Herstellerhaftung lässt die Verfügbarkeit von gentechnisch modifiziertem Saatgut in der Schweiz fraglich erscheinen, da das Angebot maßgeblich durch die Profitabilität, Marktgröße, Marktkosten, von der Akzeptanz sowie von dem Interesse an der Technologie beeinflusst (Griliches 1957) wird. Die Schweizer Agrarstruktur stellt jedoch große Anforderungen an die Ausarbeitung von funktionierenden Koexistenzregeln durch die Saatguthersteller.

## Literatur

AGRIDEA, 2009. Deckungsbeiträge Ausgabe 2009. Ed. AGRIDEA, FiBL, Lindau.

Agroscope ART, 2009. Befüll-, Entleerung Sämaschine 6 dt Weizen ohne Einsatz von Hilfsstoffen. Mündliche Auskunft nach C. Moritz, Juli 2009, Ettenhausen.

BAFU, 2010. Bericht über die Ergebnisse der Vernehmlassung zur Änderung des Bundesgesetzes über die Gentechnik im Ausserhumanbereich. Schweizerisches Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, Bundesamt für Umwelt, Bern.

Beckmann V., Soregaroli, C., and Wesseler, J., 2006. Coexistence rules and regulations in the European Union. *American Journal of Agricultural Economics* 88, 1193–1199.

BfS, 2009. Landwirtschaftliche Betriebsstrukturerhebungen. Bundesamt für Statistik, 15.12.2009. Zugang: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/07/03/blank/ind24.indicator.240201.2402.html>.

Bigler F., Waldburger, M. und Bosshart, S., 1990. Ertragsverluste bei Körner – und Silomais durch den Maiszünsler, *Ostrinia nubilalis* Hbn. *Landwirtschaft Schweiz* 3 (11), 591–596.

Biosicherheit.de, 2008. Nationale Koexistenzregelungen. Kommunikationsmanagement in der biologischen Sicherheitsforschung im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Zugang: <http://www.biosicherheit.de/de/koexistenz/513.doku.html> [18.01.2010].

BLW, 2009. Ökologischer Leistungsnachweis. Bundesamt für Landwirtschaft BLW, 15.12.2009. Zugang: <http://www.blw.admin.ch/themen/00006/00049/index.html?lang=de>.

Bundesblatt 2009: Bundesgesetz über die Gentechnik im Ausserhum-anbereich. 5435, S. 5461–5464.

Damgaard, C. and Kjellson, G., 2005. Gene flow of oilseed rape (*Brassica napus*) according to isolation distance and buffer zone. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 108, 291–301.

Della Porta, G., Ederle, D., Bucchini, L., Prandi, M., Verderio, A. and Pozzi, C., 2008. Maize pollen mediated gene flow in the Po valley (Italy): Source-recipient distance and effect of flowering time. *European Journal of Agronomy* 28 (3), 255–265.

Demont, D., Daems, W., Dillen, K., Mathijs, E., Sausse, C. and Tollens, E., 2008a. Are EU spatial ex ante coexistence regulations proportional? 12th Congress of the European Association of Agricultural Economists, 26–29 August, Ghent.

Demont, D. and Devos, Y., 2008. Regulating coexistence of GM and non-GM crops without jeopardizing economic incentives. *Trends in Biotechnology* 26 (7), 353–358.

Demont, M., Daems, W., Dillen, K., Mathijs, E., Sausse, C. and Tollens, E., 2008c. Economics of spatial coexistence of genetically modified and conventional crops: Oilseed rape in central France. 12th Congress of the European Association of Agricultural Economists, 26–29 August, Ghent.

Demont, M., Dillen, K., Daems, W., Sausse, C., Tollens, E. and Mathijs, E., 2009. On the proportionality of EU spatial ex ante coexistence regulations. *Food Policy* 34, 508–518.

Devos, Y., Demont, M., Dillen, K., Reheul, D., Kaiser, M. and Sanvido, O., 2008a. Coexistence of genetically modified (GM) and non-GM crops in the European Union. A review. *Agronomy for Sustainable Development*.

Devos, Y., Demont, M. and Sanvido, O., 2008b. Coexistence in the EU-return of the moratorium on GM crops? *Nature Biotechnology* 26 (11), 1223–1225.

Dillen, K., Demont, M. and Tollens, E., 2009. Corporate pricing strategies with heterogeneous adopters: The case of herbicide-resistant sugar beet. *AgBioForum* 12 (3&4), 334–345.

Eggenschwiler C., Lehmann, B., Rudmann, C. und Wolf, H.P., 1999. Betriebswirtschaftliche Analyse des Einsatzes biologisch-technischen Fortschrittes unter Einbezug gentechnischer Varianten. ETH Zürich, Institut für Agrarwirtschaft.

Engle-Warnick J., Escobal, J. and Laszlo, S., 2007. Ambiguity aversion as a predictor of technology choice: Experimental evidence from Peru. *Scientific Series 01*. Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations, Montréal, S. 38.

Europäische Kommission, 2009. Bericht der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament über die Koexistenz gentechnisch veränderter, konventioneller und ökologischer Kulturen. Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Brüssel.

Ferber J. and Jacopin, E., Ed. 1991. The framework of ECO-Problem solving. Demazeau, Y. and Müller, J.-P. (Eds.), North-Holland.

Fernandez-Cornejo, J. and McBride, W.D., 2002. Adoption of bioengineered crops. Economic Research Service, United States Department of Agriculture, Washington D.C.

Gazzarin, C. und Albisser, G., 2009. Maschinenkosten 2009/2010. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART (Hrsg.), ART-Bericht, Ettenhausen.

Griliches, Z., 1957. Hybrid corn: An exploration in the economics of technological change. *Econometrica* 25 (4), 501–522.

Gómez-Barbero, M. and Rodríguez-Cerezo, E., 2006. Economic impact of dominant GM crops worldwide: A review. European Commission Joint Research Centre, Spain.

Gómez-Barbero, M. and Rodríguez-Cerezo, E., 2007. GM crops in EU agriculture. European Commission, Joint Research Centre, Seville.

Griliches, Z., 1957. Hybrid corn: An exploration in the economics of technological change. *Econometrica* 25 (4), 501–522.

GTG 2003: Bundesgesetz über die Gentechnik im Ausserhumanbereich (Gentechnikgesetz). Die Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft.

Gustafson, D.I., Brants, I.O., Horak, M.J., Remund, K.M., Rosenbaum, E.W. and Soteres, J.K., 2006. Empirical modeling of genetically modified maize grain production practices to achieve European Union labeling thresholds. *Crop Science* 46, 2133–2140.

Hüsken, A. and Dietz-Pfeilstetter, A., 2007. Pollen-mediated intraspecific gene flow from herbicide resistant oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Transgenic Research* 16, 557–569.

Ilbery B.W., 1978. Agricultural decision-making: a behavioural perspective. *Progress in Human Geography* 2, 448–466.

Kellermann K. and Balmann, A., 2006. How smart should farms be modeled? Behavioral foundation of bidding strategies in agent-based land market models. International Association of Agricultural Economists Conference 12–18. August 2006, Australia.

Kohler, R., 2005. Kosten der Koexistenz landwirtschaftlicher Anbausysteme mit und ohne Gentechnik - eine Literaturanalyse. Agroscope FAT Tänikon, Ettenhausen.

Lusk, J.L., Jamal, M., Kurlander, L., Roucan, M. and Taulman, L., 2005. A meta-analysis of genetically modified food valuation studies. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 30 (1), 28.

Mann S., Mack, G. und Ferjani, A., 2003. Können Produktionsentscheidungen als Investitionsentscheidungen modelliert werden?. *Agrarwirtschaft* 52 (7), 333–340.

Marra, M.C., Pardey, P. G. and Alston, J.M., 2002. The payoffs to transgenic field crops: An assessment of the evidence. *AgBioForum* 5 (2), 43–50.

Messéan A., Angevin, F., Gómez-Barbero, M., Menrad, K. and Rodríguez-Cerezo, E., 2006. New case studies on the coexistence of GM and non-GM crops in European agriculture. European Commission Joint Research Centre, Spain.



Messéan, A., Squire, G., Perry, J., Angevin, F., Gomez, M., Townend, P., Sausse, C., Breckling, B., Langrell, S., Dzeroski, S. and Sweet, J., 2009. Sustainable introduction of GM crops into european agriculture: a summary report of the FP6 SIGMEA research project. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides* 16 (1), 37–51.

Müller-Scheeßel, J., 2008. Ökonomische Analysen zur Anbaubereitschaft und zur rechtlichen Ausgestaltung des Anbaus gentechnisch veränderten Rapses. Dissertation, Christian-Albrecht-Universität zu Kiel, Wissenschaftsverlag Vauk Kiel KG, Kiel.

Parker, D.C., Manson, S.M., Janssen, M.A., Hoffmann, M.J. and Deadman, P., 2003. Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change. A review. *Annals of the Association of American Geographers* 93, 314–337.

Pascher, K. und Dolezel, M., 2005. Koexistenz von gentechnisch veränderten, konventionellen und biologisch angebauten Kulturpflanzen in der österreichischen Landwirtschaft. Bundesministeriums für Gesundheit und Frauen, Wien.

Qaim, M., Cap, E. J. and Janvry de, A., 2003. Agronomics and sustainability of transgenic cotton in Argentina. *AgBioForum* 6 (1&2), 41–47.

Sanvido, O., Widmer, F., Winzeler, M., Streit, B., Szerencsits, E. und Bigler, F., 2005. Koexistenz verschiedener landwirtschaftlicher Anbausysteme mit und ohne Gentechnik. Schriftenreihe der FAL, 92 S.

Sanvido, O., Widmer, F., Winzeler, M., Streit, B., Szerencsits, E., Bigler, F., 2008. Definition and feasibility of isolation distances for transgenic maize cultivation. *Transgenic Res* 17, 317–335.

Schlatter, C. und Oehen, B., 2004. Gentechnik in der Landwirtschaft. Räumliche Aspekte der Koexistenz in der Schweiz. Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick.

Skevas, T., Wesseler, J. und Fevereiro, P., 2009. Coping with ex ante regulations for planting bt-maize – The portuguese experience. *AgBioForum* 12 (1), 60–69.

Soregaroli, C. and Wesseler, J., 2005. Minimum distance requirements and liability: implications for co-existence. In: *Environmental costs and benefits of transgenic crops*. Band 7. Springer, Heidelberg, S. 165–181.

Weaver, R.D. and Wesseler, J., 2004. Monopolistic pricing power for transgenic crops when technology adopters face irreversible benefits and costs. *Applied Economics Letters* 11 (15), 969–973.

Weber, W.E., Bringezu, T., Broer, I., Holz, F. und Eder, J., 2005. Koexistenz von gentechnisch verändertem und konventionellem Mais. Sonderdruck. Mais. 1+2, 1–6.

Weber, W.E., Bringezu, I., Broer, J. and Holz, F., 2007. Coexistence between GM and non-GM maize crops – Tested in 2004 at the field scale level (Erprobungsanbau 2004). *J. Agronomy & Crop Science* 193, 79–92.

Wolf, D., 2009. Erfahrungen zum ökonomischen Nutzen herbizidtoleranter Kulturen. *Agrarforschung* 16 (3), 52–57.

Wolf, D. und Albisser, G., 2009b. Zeitlicher und finanzieller Mehraufwand für Koexistenzmassnahmen bei GVP-Anbau in der Schweiz und erste Wirtschaftlichkeitsanalysen auf Deckungsbeitragsebene, interner Bericht der Forschungsanstalt Agroscope ART, Ettenhausen.

Wolf, D. und Albisser, G., 2009a. Ökonomischer Nutzen von Bt-Mais ist relativ. *Agrarforschung* 16 (1), 4–9.

Wolf, D., Albisser, G., Lips, M., 2009d. Coexistence for genetically modified cereals for Switzerland (forthcoming).

### **Kontaktautorin:**

Jennifer Schweiger  
Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART  
Tänikon 1  
CH-8356 Ettenhausen  
E-Mail: [jennifer.schweiger@art.admin.ch](mailto:jennifer.schweiger@art.admin.ch)

