

KOEXISTENZ VERSCHIEDENER LANDWIRTSCHAFTLICHER ANBAUSYSTEME MIT UND OHNE GENTECHNIK

Konzept



Olivier Sanvido, Franco Widmer, Michael Winzeler,
Bernhard Streit, Erich Szerencsits und Franz Bigler



Konzept im Auftrag des Bundesamtes für Landwirtschaft BLW.
Das Projekt wurde von Markus Hardegger begleitet.

Impressum

ISSN	1421-4393 Schriftenreihe der FAL
ISBN	3-905608-77-4
Herausgeberin	Agroscope FAL Reckenholz Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zürich Tel. +41 (0)44 377 71 11, Fax +41 (0)44 377 72 01 info@fal.admin.ch, www.reckenholz.ch
Redaktion	Gregor Klaus, CH-4467 Rothenfluh Denise Tschamper, Agroscope FAL Reckenholz
Gestaltung	Ursus Kaufmann, Agroscope FAL Reckenholz
Preis	CHF 30.00 / € 20.00; inkl. MWSt
Copyright	Agroscope FAL Reckenholz 2005

Inhalt

Vorwort	3
Zusammenfassung	4
Résumé	9
Summary	14
1. Einleitung	18
1.1. Ausgangslage	18
1.2. Auftrag und Ziele der Studie	18
1.3. Einschränkungen der Studie	19
2. Begriffsdefinitionen	20
3. Gesetzliche Grundlagen	21
3.1. Europa	21
3.2. Schweiz	21
4. Bestehende landwirtschaftliche Systeme zur Identitätswahrung	23
4.1. Produktion von zertifiziertem Saatgut	23
4.2. Produktion von Erntegut mit speziellen Qualitätseigenschaften	25
4.3. Biologischer Landbau	26
4.4. Schlussfolgerungen zu den Systemen zur Identitätswahrung	27
5. Bestehende Koexistenzstudien	28
6. Eintragspfade von GVP und Vermischungsmechanismen	30
6.1. Interpretation des gesetzlich festgelegten Deklarationswertes	31
7. Koexistenzkonzept für die Schweizer Landwirtschaft am Beispiel Mais, Weizen und Raps	33
7.1. Kulturspezifische Informationen für Mais, Weizen und Raps	33
7.1.1. Kulturspezifische Informationen Mais	33
7.1.2. Kulturspezifische Informationen Weizen	33
7.1.3. Kulturspezifische Informationen Raps	35
7.2. Allgemeine Massnahmen zur Vermeidung von Vermischungen	36
7.3. Relevanz der Eintragspfade von GVP und Aufwand der Massnahmen	36
7.4. Massnahmen zur Vermeidung von Einträgen durch das verwendete Saatgut	38
7.4.1. Verwendung von zertifiziertem Saatgut	38
7.4.2. Verwendung von eigenem Saatgut (Nachbau)	40
7.5. Massnahmen zur Vermeidung von Durchwuchs	40
7.5.1. Berücksichtigung von Anbaupausen / Fruchtfolgeplanung	40
7.5.2. Bodenbearbeitung und Kontrolle des Durchwuchses	41
7.6. Massnahmen zur Vermeidung von Auskreuzung	41
7.6.1. Isolationsabstände zwischen Feldern mit GVP und GVP-freien Feldern der gleichen Kultur	41
7.6.2. Weitere Massnahmen zur Vermeidung von Auskreuzung	46
7.7. Minimierung von Vermischungen bei der Handhabung von Maschinen	49
7.7.1. Reinigung und zeitlich getrennte Verwendung von Maschinen	49

7.8.	Minimierung von Einträgen durch Ernte-Nebenprodukte	50
7.8.1.	Verwendung von hofeigenem Stroh, Dünger und Kompost	50
7.8.2.	Ankauf von Ernte-Nebenprodukten bei Dritten	50
7.9.	Minimierung von Vermischungen bei der Verarbeitung des Ernteguts (Hof)	51
7.10.	Weitere Massnahmen	51
7.10.1.	Umweltmonitoring	51
7.10.2.	Schulung	52
8.	Räumliche Aspekte der Koexistenz	53
8.1.	Abschätzung des Flächenbedarfs für die Isolation von GVP-Kulturen	53
8.1.1.	Datengrundlage und Methode	53
8.1.2.	Resultate der Modellrechnung	54
8.1.3.	Interpretation der Modellrechnung	54
8.1.4.	Grenzen des für die Berechnungen verwendeten Modells	56
8.2.	Berechnung der Abstände zwischen Maisfeldern anhand von Luftbildern des Greifenseegebiets	56
8.2.1.	Datengrundlage und Methode	56
8.2.2.	Resultate der GIS-Analyse	57
8.2.3.	Grenzen des verwendeten Modells	58
8.3.	Schlussfolgerungen zu den räumlichen Aspekten	58
9.	Informationsprozesse zur Umsetzung der Koexistenzmassnahmen	60
9.1.	Pflichten der Behörden und der Bewilligungsinhaber	60
9.2.	Dokumentationspflicht des GVP nutzenden Landwirts	60
9.3.	Nötige Informationsprozesse zwischen beteiligten Akteuren	61
9.3.1.	Prozesse zur Minimierung von Einträgen durch Saatgut	61
9.3.2.	Prozesse zur Minimierung von Durchwuchs	61
9.3.3.	Prozesse zur Minimierung von Befruchtungen via Auskreuzung	62
9.3.4.	Prozesse zur Minimierung von Vermischungen durch Maschinen	63
9.3.5.	Prozesse zur Trennung von Ernte-Nebenprodukten	64
9.3.6.	Prozesse zur Kennzeichnung und Warentrennung von Erntegütern (Hof)	64
10.	Schlussfolgerungen	66
	Dank	68
	Abkürzungen	68
	Literatur	69
	Anhänge	74

Vorwort

Der Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP) nimmt weltweit jedes Jahr um einige Millionen Hektaren zu. Im Jahre 2004 wurden von rund 8,25 Millionen Landwirten in 17 Ländern GVP kommerziell angebaut. Die vier wichtigsten GV-Kulturen sind Mais, Soja, Baumwolle und Raps. Diese werden sowohl von Industrieländern wie den USA, Kanada und Australien als auch von Entwicklungs- und Schwellenländern wie Brasilien, Argentinien, Südafrika, Indien und China auf grossen Flächen angebaut. So stammten zum Beispiel 56 Prozent aller weltweit produzierten Sojabohnen im Jahr 2004 von gentechnisch veränderten Sorten. In Europa werden GVP zur Zeit in Spanien und Rumänien kommerziell angebaut. Da die Europäische Kommission 2004 aber eine Anzahl GV-Maissorten zum Anbau in den Mitgliedsländern freigegeben hat, wird allgemein erwartet, dass solche Sorten in den kommenden Jahren auch in anderen EU-Ländern genutzt werden. In der Schweiz ist der Anbau von GVP in naher Zukunft weniger zu erwarten. Somit ist, im Gegensatz zu den EU-Ländern, die Frage der Koexistenz, das heisst des Nebeneinanders von Anbauformen mit und ohne GVP für die Schweizer Landwirtschaft noch nicht so brisant.

Die weltweite Entwicklung des GVP-Anbaus hat aber direkte Auswirkungen auf die Schweiz, da täglich grosse Mengen an Futter- und Lebensmittel in unser Land importiert werden müssen, um den Gesamtbedarf zu decken. Für den Handel wird es bei einzelnen landwirtschaftlichen Gütern, so zum Beispiel bei Sojabohnen, bereits heute immer schwieriger und teurer, Produkte aus nicht gentechnisch veränderten Pflanzen zu garantieren. Die Vorschriften über die Warenflusstrennung verpflichten den Handel jedoch, unerwünschte Vermischungen von GVP mit Nicht-GVP zu vermeiden. Die Kennzeichnungspflicht ermöglicht den Konsumentinnen und Konsumenten die Wahl zwischen Lebensmitteln aus verschiedenen Anbauweisen.

Im Hinblick auf die parlamentarischen Beratungen und Diskussionen zur anstehenden Abstimmung über die Volksinitiative «für Lebensmittel aus gentechnikfreier Landwirtschaft» hat Agroscope FAL Reckenholz, die Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, im Auftrag des Bundesamtes für Landwirtschaft im letzten Jahr ein Konzept für die Koexistenz in der Schweizer Landwirtschaft mit und ohne GVP ausgearbeitet. Die Erkenntnisse der Studie sind in der vorliegenden Schriftenreihe dargestellt. Wir hoffen, dass die Studie zu einer konstruktiven und sachlichen Diskussion um die Gentechnologie in der Landwirtschaft beiträgt.

März 2005

Agroscope FAL Reckenholz
Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau



Paul Steffen, Direktor

Zusammenfassung

Ausgangslage

Der kommerzielle Anbau von gentechnisch veränderten Kulturpflanzen ist in der Schweiz in absehbarer Zeit eher unwahrscheinlich. Allerdings kann ein Anbau in der Zukunft nicht vollständig ausgeschlossen werden, da transgene Pflanzen mit bestimmten Eigenschaften eines Tages auch in der Schweiz für Landwirte oder Konsumenten interessant werden könnten. Das neue Gentechnikgesetz (GTG) schreibt vor, dass in der Schweiz beim Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP) der Schutz der gentechnikfreien Produktion sowie die Wahlfreiheit der Konsumenten garantiert sein müssen. Diese so genannte «Koexistenz» soll durch eine Warenflusstrennung während der gesamten Produktionskette vom Feld bis zum Ladentisch, durch Vorschriften sowie durch technische und organisatorische Massnahmen gewährleistet werden.

Was ist «Koexistenz»?

Der Begriff «Koexistenz» bedeutet, dass verschiedene landwirtschaftliche Anbausysteme mit und ohne Gentechnik nebeneinander bestehen können, ohne dass eine bestimmte Form der Landwirtschaft von vornherein ausgeschlossen wird. Die Europäische Kommission definiert in ihren Leitlinien zur Koexistenz den Begriff als die uneingeschränkte Möglichkeit eines Landwirts, die für ihn geeigneten Anbausysteme und Kulturpflanzen auszuwählen. Der Begriff bezieht sich auch auf die wirtschaftlichen Einbussen, die das unerwünschte Vorhandensein von gentechnisch verändertem Material in so genannten «gentechnikfreien» landwirtschaftlichen Produkten zur Folge haben könnten. Der Begriff der Koexistenz wird aber nicht im Zusammenhang mit den Risiken gentechnisch veränderter Kulturpflanzen und den möglichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt verwendet.

Ziele und Einschränkungen dieser Studie

Im Hinblick auf die Stellungnahme des Bundesrates zu der von Umwelt-, Konsumenten- und Bauernverbänden eingereichten Volksinitiative «Für Lebensmittel aus gentechnikfreier Landwirtschaft» hat Agroscope FAL Reckenholz – die Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau – im Dezember 2003 vom Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) den Auftrag erhalten, mögliche Massnahmen zu evaluieren, die eine Koexistenz in der Schweizer Landwirtschaft ermöglichen. In einem ersten Schritt wurden Mechanismen analysiert, die in der Landwirtschaft zur Vermischung von Erntegütern führen könnten. Anschliessend wurde untersucht, mit welchen Massnahmen diese Vermischungen minimiert oder verhindert werden könnten. In der Studie wird ausserdem anhand der drei Kulturen Mais, Weizen und Raps gezeigt, welche technischen und organisatorischen Massnahmen bei der landwirtschaftlichen Produktion zu ergreifen sind, damit der Anbau dieser Kulturen mit und ohne Gentechnik möglich ist. Bei der Erarbeitung des Koexistenzkonzepts dienten eine Koexistenzstudie der Europäischen Kommission (Bock *et al.* 2002) und eine Studie über die Situation in Dänemark (Tolstrup *et al.* 2003) als Grundlage.

Die vorliegende Studie beschränkt sich auf die landwirtschaftliche Produktion von der Anbauplanung bis zur Abgabe des Ernteguts durch den Landwirt. Die Kosten einer Koexistenz und Fragen zur Warenflusstrennung während der Weiterverarbeitung und im Handel werden nicht behandelt.

Nutzung bestehender Erfahrungen

Die Trennung des Anbaus verschiedener Sorten, die zur gleichen Kulturart gehören und sich aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften nicht vermischen dürfen, wird bereits heute erfolgreich praktiziert. Mit dem Begriff «Identitätswahrung» («identity preservation») wer-

den Methoden und Verfahren bezeichnet, mit deren Hilfe die Identität oder die spezifischen Eigenschaften landwirtschaftlicher Erzeugnisse während der Produktion, Verarbeitung und Vermarktung bewahrt werden können. Solche Systeme sind heute bereits in der Saatgutproduktion und beim Anbau von Kulturen mit spezifischen Qualitätsmerkmalen etabliert (beispielsweise Süssmais und ölsäurereiche Sonnenblumen). Auch in der übrigen landwirtschaftlichen Produktion kann es vorkommen, dass ein Landwirt Sorten mit unterschiedlichen Qualitäten auf dem gleichen Betrieb anbaut. So gibt es beispielsweise bei Weizen unterschiedliche Qualitätsklassen, bei deren Anbau der Landwirt Vermischungen vermeiden muss. Diese bisher gemachten Erfahrungen können eine wertvolle Hilfe bei der Umsetzung eines Koexistenzkonzepts sein sowie Hinweise zur Machbarkeit und zu den zu erwartenden Kosten liefern. Keines der bestehenden Systeme kann jedoch ohne Anpassungen übernommen werden, da beispielsweise an die Trennung von Kulturen mit spezifischen Qualitätsmerkmalen weniger hohe Anforderungen als an einen GVP-Anbau gestellt werden. Die Anbauflächen von Kulturen zur Saatgutproduktion und von Kulturen mit speziellen Qualitätseigenschaften sind ausserdem im Vergleich zu den übrigen Kulturen deutlich geringer. Die Felder dieser beiden Anbauformen können deshalb leichter von den anderen «konventionellen» Feldern isoliert werden.

Koexistenz bedingt Zusammenarbeit

Gemäss der schweizerischen Gesetzgebung liegt die Sorgfaltspflicht beim Landwirt, der GVP anbaut. Der Landwirt muss also gewährleisten, dass beim Anbau von GVP keine Vermischungen mit Produkten aus der gentechnikfreien Landwirtschaft stattfinden. Da es trotz aller Sorgfalt nicht möglich sein wird, Vermischungen vollständig auszuschliessen, wurden rechtliche Toleranz- und Deklarationswerte festgelegt. Diese bezeichnen den prozentualen Anteil von gentechnisch verändertem Material, der im Saatgut sowie in Lebens- und Futtermitteln enthalten sein darf, ohne dass diese speziell gekennzeichnet werden müssen. Die in dieser Studie erarbeiteten Massnahmen sollen garantieren, dass der GVP-Anteil in Lebens- und Futtermitteln den in der Schweiz und in der EU gültigen Deklarationswert von 0,9% nicht überschreitet. Eine erfolgreiche Koexistenz verschiedener Anbausysteme bedingt gegenseitigen Respekt. Im Idealfall sollten sowohl die Landwirte, die mit Gentechnik arbeiten, als auch jene, die keine Gentechnik verwenden, bereit sein, Koexistenz-Massnahmen durchzuführen.

Eintragspfade und Vermischungsmechanismen

Betrachtet man den landwirtschaftlichen Produktionszyklus, so können in der GVP-freien Produktionskette sechs Mechanismen zu Vermischungen mit Produkten aus GVP führen, die zum Teil in mehreren Produktionsphasen auftreten können:

- Eintrag durch Saatgutverunreinigungen
- Durchwuchs aus GVP-Vorkulturen
- Auskreuzung (Befruchtung durch Pollen von GVP-Kulturen)
- Vermischung in Maschinen während Aussaat und Ernte
- Ausbringung von GV-Samen durch Stroh, Dünger etc.
- Vermischung während der Verarbeitung des Ernteguts (Transport zum Hof, Lagerung)

Koexistenzkonzept für die Schweiz

Ein Koexistenzkonzept für GVP sollte sich an den Grundsätzen und der Methodik bestehender Systeme zur Identitätswahrung orientieren. Verschiedene technische und organisatorische Massnahmen können Vermischungen von GVP-freien Produkten mit Produkten aus GVP reduzieren. Der Eintrag von GVP über das Saatgut kann durch die Verwendung von zertifiziertem Saatgut minimiert werden. Durchwuchs lässt sich durch eine optimale Bodenbearbeitung nach der Ernte und durch Anbaupausen kontrollieren. Die Auskreuzungsrate zwischen Feldern mit GVP und Feldern ohne GVP der gleichen Kultur

kann durch Isolationsabstände und Pufferstreifen an den Rändern von GVP-Feldern reduziert werden. Zudem könnte eine Übereinstimmung der Blühperioden vermieden werden, indem Felder mit GVP gegenüber den umliegenden GVP-freien Feldern zeitlich verschoben gesät oder indem Sorten mit unterschiedlichen Reifezeitpunkten ausgewählt werden. Das Vermischungsrisiko in Maschinen kann durch die gründliche Reinigung sämtlicher Maschinen nach dem Gebrauch auf Feldern mit GVP reduziert werden. Eine klare Trennung der Erntegüter sowie die Dokumentation der Abläufe während der Lagerung, der Verarbeitung und des Transports vom Feld bis zur Sammelstelle kann die Vermischung ebenfalls minimieren.

Die Wahrscheinlichkeit für Vermischungen hängt bei den meisten Eintragspfaden von den biologischen Eigenschaften der einzelnen Kulturpflanze ab. Die Notwendigkeit von Koexistenz-Massnahmen muss deshalb für jede Kulturpflanze separat beurteilt werden. Beispielsweise spielt bei Mais und bei Raps die Fremdbefruchtung von GVP-freien Kulturen durch Pollen aus GVP-Kulturen eine wichtige Rolle. Bei Weizen hat dieser Eintragspfad dagegen nur eine geringe Bedeutung, da Weizen weitgehend selbstbefruchtend ist und deshalb nur ein geringes Potenzial für Auskreuzung besitzt.

Pollenflug und Auskreuzung

Die Auskreuzung durch Pollenflug wird in Fachkreisen und in der Öffentlichkeit oft kontrovers diskutiert. Sie spielt auch bei der Koexistenz-Debatte eine wichtige Rolle. Da nicht der gesamte ausgeschüttete Pollen zu einer Befruchtung führen muss, ist es bei der Diskussion um Isolationsabstände wichtig, zwischen Pollenflug und Auskreuzung (Befruchtung) zu unterscheiden. Die maximal mögliche Distanz, über die der Pollen transportiert werden kann, ist nicht gleichbedeutend mit der maximal möglichen Auskreuzungsdistanz. Eine Vielzahl von Faktoren muss übereinstimmen, damit eine Befruchtung stattfindet. Die Auskreuzungsrate wird grundsätzlich vom Fortpflanzungssystem der jeweiligen Pflanzen (selbst- oder fremdbefruchtend) und von der Art der Pollenverbreitung (durch Wind oder Insekten) beeinflusst. In der Praxis müssen weitere Faktoren berücksichtigt werden. Dazu gehören die Übereinstimmung der Blühperioden, die Lebensdauer des Pollens, Wetterschwankungen sowie die Distanz, Topographie und Vegetation zwischen den Feldern. Eine sehr wichtige Rolle spielt ausserdem die Menge des miteinander konkurrierenden Pollens, die wiederum von der Grösse der Felder, von den Blühzeitpunkten der männlichen Blüten und von der Fertilität der beiden Sorten abhängt.

Isolationsabstände bei Mais und Raps

Für Mais und Raps existieren viele Studien, in denen Auskreuzungsraten im Verhältnis zur Entfernung von der Pollenquelle quantifiziert wurden. Bei der Interpretation der Resultate muss aber beachtet werden, dass die Versuchsbedingungen vielfach ein «worst-case»-Szenario darstellen, das der landwirtschaftlichen Praxis nur zum Teil gerecht wird. So wurden die Auskreuzungsraten in den meisten Studien zwischen angrenzenden Feldern bestimmt. Dazu wurden einzelne Pflanzenproben in gewisser Distanz von der Pollenquelle gesammelt. Die Daten dieser Studien zeigen oft einen «Randeffekt», das heisst, dass eine relativ hohe Auskreuzungsrate an den Feldrändern auftrat, die mit zunehmender Distanz von der Pollenquelle exponentiell abnahm. Der grösste Teil der Auskreuzung fand in der Nähe der Pollenquelle statt, so dass die Auskreuzungsrate nach den ersten zehn Metern unter ein Prozent fiel. In Ausnahmefällen wurde jedoch auch eine Auskreuzung über grössere Distanzen nachgewiesen. Solche Ereignisse können nie ganz ausgeschlossen werden, haben in der Praxis aber kaum eine Bedeutung, da sie auf das ganze Feld bezogen nicht ins Gewicht fallen. In der landwirtschaftlichen Praxis vermischt sich das Erntegut des ganzen oder eines Teils des Feldes, so dass diese Randeffekte bei der Ernte verdünnt werden. Leider ist diese Verdünnung nicht allgemein quantifizierbar, da sie von der Form und Grösse des Feldes und vom Ernteablauf abhängt. Auf der Basis der von uns analysierten Versuchsdaten gehen wir davon aus, dass die durchschnittliche Auskreuzungsrate innerhalb des Ernteguts unter

Praxisbedingungen auch bei Auskreuzungsraten von 0,5% an den Feldrändern wegen des Verdünnungseffekts sicher unter diesem Wert liegt. Die Auskreuzungsrate sollte aber nicht höher als 0,5% pro Feld sein, weil neben der Auskreuzung – wie oben erwähnt – noch andere Mechanismen den GVP-Gehalt im Erntegut erhöhen können.

Eine umfassende Erhebung und Analyse von Auskreuzungsstudien aus Europa, Nordamerika und Japan zeigt, dass die Auskreuzungsraten bei Mais ab einer Distanz von 50 Metern unter 0,5% liegen. Die Zwischenergebnisse einer an der ETH Zürich durchgeführten Studie zeigen zudem, dass bei einem Isolationsabstand von 50 Metern kein Randeffect mehr feststellbar ist. Eine hohe Auskreuzung an den Feldrändern konnte nur bei aneinander angrenzenden Feldern beobachtet werden. Bei auseinander liegenden Feldern verteilte sich die (geringe) Auskreuzung gleichmässig auf das ganze Feld.

Eine Analyse der Studien bei fertilen Rapsorten (Liniensorten und Hybride mit restaurierter Fertilität) zeigt, dass hier ebenfalls ein Isolationsabstand von 50 Metern ausreicht, um die Auskreuzung unter 0,5% zu halten. Bei Rapsorten mit männlich sterilen Komponenten (Verbundhybride) wird analog zur Saatgutproduktion ein Isolationsabstand von 400 Metern empfohlen. Dieser Abstand gilt für die Produktion von Hybrid-Basissaatgut, das vergleichbar hohe Anteile an männlich sterilen Komponenten enthält.

Räumliche Aspekte der Koexistenz

Die Struktur der Landschaft spielt bei der Beurteilung der Koexistenz von Anbausystemen mit und ohne Gentechnik eine wichtige Rolle. Anhand zweier Ansätze wurde versucht, für die Schweiz das Potenzial für eine räumliche Koexistenz und deren limitierende Faktoren abzuschätzen.

Der erste Ansatz basiert auf der landwirtschaftlichen Betriebsdatenerhebung, die das Bundesamt für Statistik (BFS) im Jahr 2003 durchgeführt hat. Anhand der Anbauflächen von Mais und Raps wurde für jede Gemeinde der Schweiz der Flächenbedarf berechnet, der sich aus dem Anbau von 10% GVP sowie dem benötigten Isolationsabstand ergibt. Dazu wurde angenommen, dass alle Felder mit GVP in einer Gemeinde gleich gross sind und jedes Feld von einem Isolationsgürtel mit dem entsprechenden Isolationsabstand umschlossen ist. Die Berechnungen zeigen, dass der Flächenbedarf für einen GVP-Anbau von Mais und Raps mit den von uns empfohlenen Isolationsabständen auf der zur Verfügung stehenden offenen Ackerfläche in den meisten Schweizer Gemeinden gedeckt werden kann. Nur in den vorwiegend für Futterbau günstigen Lagen der voralpinen Hügelzone wäre die Fläche in einigen Gemeinden nicht vorhanden, weil dort der Maisanbau einen hohen Prozentsatz der offenen Ackerfläche ausmacht.

Der zweite Ansatz stützt sich auf eine Luftbildklassifikation, die im Rahmen des Projekts «Nachhaltige land- und forstwirtschaftliche Nutzung im Wassereinzugsgebiet des Greifensees» in einem 164 Quadratkilometer grossen Gebiet im Osten des Kantons Zürich durchgeführt wurde. Die Lage der Maisflächen konnte im gesamten Gebiet mit hoher Zuverlässigkeit bestimmt werden. Mit Hilfe von Geografischen Informations-Systemen (GIS) wurde die kürzeste Distanz zwischen einer Maisfläche und dem Rand der nächstgelegenen Maisfläche berechnet. Die Resultate der GIS-Analyse zeigen, dass sich die Mais-Anbaudichte und die Distanzen zwischen den Maisfeldern je nach Landschaftstyp kleinräumig stark unterscheiden können. In den untersuchten Landschaftstypen liegt die Hälfte der Maisflächen mehr als 90 Meter von der nächsten Maisfläche entfernt. Die Analyse zeigt, dass in dieser Region das Anlegen von Feldern mit GVP mit einem Isolationsabstand von 50 Metern in den meisten Fällen möglich ist.

Koexistenz ist möglich

Da Koexistenzfragen bei jeder Kultur von den biologischen Eigenschaften der Pflanzen, der Landschaftsstruktur, der zur Verfügung stehenden offenen Ackerfläche und der Anbaudichte der GVP-Kultur abhängig sind, muss jede Kultur einzeln und regional betrachtet

werden. Bei den in der vorliegenden Studie betrachteten Kulturen Mais, Raps und Weizen wäre eine Koexistenz in der Schweiz aus wissenschaftlicher Sicht möglich. Voraussetzung ist, dass die Landwirte eine Reihe von technischen und organisatorischen Massnahmen treffen. Bei der Planung der Fruchtfolge und speziell bei der Berücksichtigung der nötigen Isolationsabstände zu den Nachbarparzellen sind ausserdem Absprachen sowie ein umfassender Informationsaustausch zwischen Nachbarn nötig.

Résumé

Concept de coexistence d'une agriculture avec et sans OGM en Suisse

Situation de départ

Il est très peu probable que l'on se mette à cultiver des plantes génétiquement modifiées à des fins commerciales en Suisse au cours de ces prochaines années. Néanmoins, il n'est pas possible de garantir avec une certitude absolue qu'aucune culture ne sera mise en place du fait que certaines plantes transgéniques présentant des caractéristiques particulières pourraient fort bien devenir un jour intéressantes pour les agriculteurs ou les consommateurs en Suisse. La nouvelle loi sur le génie génétique (LGG) prescrit que, en cas de mise en culture d'organismes génétiquement modifiés (OGM) en Suisse, la protection de la production sans OGM et la liberté de choix pour le consommateur doivent être garanties. Cette situation dite de « coexistence » doit être gérée au moyen d'une séparation totale des flux de matière sur toute la chaîne de production, du champ à l'étal, ainsi que par des directives et des mesures techniques et organisationnelles adéquates.

En quoi consiste la « coexistence » ?

Le terme de « coexistence » signifie que différents systèmes culturels avec et sans génie génétique peuvent exister les uns à côté des autres sans qu'une forme d'agriculture donnée ne soit interdite par principe. Dans ses lignes directrices concernant la coexistence, la commission européenne définit ce terme comme la possibilité pour un agriculteur de choisir sans restrictions le système de culture et les plantes cultivées qui lui conviennent. Cette notion se réfère également aux conséquences économiques que pourrait engendrer la présence indésirable de matériel génétiquement modifié dans des produits agricoles dits « sans OGM ». En revanche, le terme de coexistence ne s'utilise pas en référence aux dangers liés aux organismes génétiquement modifiés et à leurs effets possibles sur la santé humaine et l'environnement.

Objectifs et limites de la présente étude

Dans la perspective de la prise de position du Conseil fédéral sur l'initiative populaire « Pour des denrées alimentaires issues d'une agriculture sans OGM » déposée par les associations de protection de l'environnement et des consommateurs ainsi que par des syndicats paysans, l'Agroscope FAL Reckenholz – la station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture – a reçu en décembre 2003 le mandat de l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) d'évaluer la situation et les mesures possibles qui permettraient une coexistence en Suisse. Dans un premier temps, l'analyse a porté sur les mécanismes susceptibles de conduire à un mélange des récoltes. Ensuite, on a examiné les mesures qui seraient susceptibles de minimiser ou d'empêcher ces mélanges. L'étude montre sur la base de l'exemple des trois cultures que sont le maïs, le blé et le colza quelles sont les mesures techniques et organisationnelles qui doivent être prises au niveau de la production agricole afin que la mise en place de ces cultures soit possible avec et sans organismes génétiquement modifiés. Une étude de la commission européenne (Bock *et al.* 2002) ainsi qu'une étude sur la situation au Danemark (Tolstrup *et al.* 2003) ont servi de base à l'élaboration du concept de coexistence.

L'étude se limite à la production agricole, de la planification des rotations à la livraison de la récolte par l'agriculteur. Les coûts d'une coexistence et les questions de la séparation des flux de matières dans la transformation ultérieure et dans le commerce n'ont pas été considérés dans l'étude.

Mise à profit des expériences disponibles

On pratique déjà couramment et efficacement aujourd'hui la séparation de cultures de différentes variétés appartenant au même type de culture mais ne devant pas être mélan-

gées en raison de leurs caractéristiques spécifiques. On désigne par « préservation de l'identité » («identity preservation») des méthodes et procédés à l'aide desquels l'identité ou des caractéristiques spécifiques de produits agricoles peuvent être garantis aux différentes étapes de production, transformation et commercialisation. De tels systèmes sont déjà bien en place aujourd'hui pour la production de semences et de cultures aux caractéristiques de qualité spécifiques (par exemple le maïs doux et le tournesol riche en acides gras). Dans tout type de production agricole, il peut arriver que l'agriculteur mette en culture des variétés aux qualités différentes sur le même domaine. On trouve ainsi par exemple différentes classes de qualité de blé (Top, I, II, III, ainsi que blé de biscuiterie ou fourrager), pour lesquelles il s'agit d'éviter les mélanges au niveau des cultures. Les expériences faites ainsi à ce jour peuvent fournir une aide précieuse pour la mise en place d'un concept de coexistence, ainsi que des pistes pour en évaluer la faisabilité et les coûts. Aucun des systèmes en place ne peut toutefois être repris sans adaptations du fait que, par exemple, la séparation de cultures avec des caractéristiques de qualité différenciées est moins exigeante que ce n'est le cas pour les OGM. Les surfaces cultivées dévolues à la production de semences ou de cultures aux caractéristiques qualitatives spéciales sont nettement plus petites que celles consacrées aux autres cultures. Les parcelles de ces types de cultures peuvent ainsi plus facilement être isolées des parcelles « conventionnelles ».

Pas de coexistence sans collaboration

Selon la législation suisse, c'est à l'agriculteur qui cultive des OGM qu'incombe le devoir de précaution. C'est donc à lui d'assurer qu'aucun mélange ne se produise avec des produits génétiquement non modifiés. Mais, comme il ne sera pas possible, malgré toutes les précautions, d'exclure absolument tous les mélanges, des valeurs de tolérance et de déclaration ont été définies dans la loi. Ces valeurs expriment le pourcentage de matériel génétiquement modifié qui est toléré dans les semences, les fourrages ou les denrées alimentaires sans que cela ne doive faire l'objet d'une déclaration spécifique. L'étude est partie du principe que le pourcentage tolérable d'OGM dans les denrées alimentaires et les fourrages est de 0.9%. Cette valeur limite est en vigueur en Suisse, en alignement avec l'UE.

La réussite de la coexistence de différents systèmes de culture exige le respect mutuel. Dans le cas idéal, aussi bien les agriculteurs qui travaillent avec des OGM que ceux qui ne font pas usage devraient être prêts à appliquer des mesures de coexistence.

Voies de propagation et mécanismes de mélange

Si l'on considère le cycle de production agricole, on peut dénombrer dans la chaîne de production non OGM six mécanismes principaux susceptibles de conduire à des mélanges avec des produits OGM, mécanismes qui peuvent en partie survenir lors de plusieurs phases de production :

- Contamination des semences
- Repousse de cultures OGM précédentes
- Croisement (fécondation par le pollen de cultures OGM)
- Mélange dans les machines durant le semis et la récolte
- Epannage de semences OGM par la paille, l'engrais de ferme, etc.
- Mélange au cours du traitement de la récolte (transport à la ferme, entreposage)

Concept de coexistence pour la Suisse

Un éventuel concept de coexistence pour la Suisse devrait s'appuyer sur les principes et méthodes des systèmes en place pour la préservation de l'identité. Diverses mesures techniques et organisationnelles permettent de réduire les mélanges entre produits OGM et non OGM. La contamination par la semence peut être minimisée par l'utilisation de semences certifiées. La repousse peut être maîtrisée par un travail du sol optimal après la récolte et par des intervalles entre les cultures. Le taux de croisement entre parcelles OGM et non OGM

des mêmes cultures peut être réduit par des distances d'isolement et des bandes tampon au bord des parcelles non OGM. Il est en outre possible d'éviter que les périodes de floraison ne coïncident en décalant les semis des parcelles non OGM avoisinantes ou en travaillant avec des variétés présentant des périodes de maturité différentes. Le risque de mélange dans les machines peut être réduit par un nettoyage méticuleux de toutes les machines après usage sur les parcelles OGM. Une séparation claire des récoltes ainsi que la documentation des séquences de travail durant l'entreposage, le traitement et le transport de la parcelle au centre collecteur permettent également de minimiser les risques de mélange.

La probabilité de mélange dépend, pour la plupart des sources de contamination OGM, des caractéristiques biologiques de l'obtention végétale concernée. La nécessité de mesures de coexistence doit donc être évaluée de cas en cas pour chaque type de culture. Par exemple, la fécondation croisée de cultures non OGM par du pollen de cultures OGM jouera un rôle important pour le colza et le maïs, mais n'aura pratiquement aucune signification pour le blé cette culture étant pour l'essentiel autofécondante – ce qui la met largement à l'abri du risque de contamination par croisement.

Vol de pollen et croisement

Le croisement par vol de pollen fait l'objet de nombreuses controverses autant dans les milieux spécialisés que dans le public. La question revêt également une certaine importance dans les débats sur la coexistence. Lorsqu'on discute de distance d'isolation, il est important de distinguer entre vol de pollen et croisement (fécondation), tant il est évident que tout pollen disséminé ne conduit pas obligatoirement à une fécondation. Ainsi, la distance maximale sur laquelle du pollen peut être transporté n'est pas égale à la distance maximale de croisement. De nombreux facteurs doivent être remplis pour qu'il y ait fécondation. Le taux de croisement est principalement influencé par le système de reproduction des plantes concernées (autofécondation ou fécondation externe) et d'autre part par le mode de dissémination du pollen (par le vent ou les insectes). En pratique, il faut toutefois tenir compte également d'autres facteurs comme la coïncidence des périodes de floraison, la durée de vie du pollen, les fluctuations météorologiques ou la distance, la topographie et la végétation entre les parcelles. En outre, la quantité de pollen entrant en concurrence joue un rôle très important. Ce facteur est influencé par la taille des parcelles, par les périodes de floraison des fleurs mâles et par la fertilité des deux variétés concurrentes.

Distances d'isolation pour le maïs et le colza

Pour le maïs et le colza, on dispose de nombreuses études qui ont quantifié les taux de croisement en proportion de l'éloignement de la source de pollen. Pour l'interprétation correcte des résultats, il faut toutefois considérer que les conditions d'essai représentent souvent un scénario «worst-case» qui ne correspond que partiellement à la pratique agricole. C'est ainsi que, dans la plupart des études, on a mesuré les taux de croisement entre parcelles limitrophes. Pour ce faire, on prélevait des échantillons de plantes à une distance donnée de la source de pollen. Les résultats de ces études montrent souvent un « effet de bordure » avec un taux de croisement relativement élevé dans les bords de champ, taux qui diminue de façon exponentielle en fonction de l'éloignement croissant de la source de pollen. La grande majorité des croisements a ainsi lieu à proximité de la source de pollen, tandis que le taux de croisement est inférieur à un pourcent à partir de dix mètres. Dans certains cas exceptionnels, on a toutefois pu mettre en évidence des croisements sur des distances plus élevées. De tels phénomènes ne peuvent pas totalement être exclus, mais ils ne revêtent pratiquement aucune signification car ils ne représentent rien à l'échelle de la parcelle. Dans la pratique agricole, le produit des récoltes est mélangé sur toute la parcelle, ce qui atténue cet effet de bordure par dilution. Malheureusement, cette dilution ne peut pas être quantifiée de façon générale car elle dépend de la forme et de la taille de la parcelle ainsi que du déroulement de la récolte. Sur la base des données d'essai que nous avons

analysées, nous pouvons conclure que les taux de croisements moyens dans les récoltes effectuées dans des conditions de la pratique sont, du fait de l'effet de dilution, assurément inférieurs à 0,5% dans la récolte globale, même s'ils étaient supérieurs à cette limite dans les bords de la parcelle. A relever cependant que le taux de croisement ne devrait pas être toléré au-delà de 0,5% par parcelle car – ainsi que nous l'avons mentionné plus haut – il y a encore d'autres mécanismes susceptibles d'augmenter la teneur en OGM de la récolte.

Un recueil et une analyse systématiques des études de croisement effectuées en Europe, en Amérique du Nord et au Japon permettent de démontrer que le taux de croisement est inférieur à 0,5% pour du maïs à partir d'une distance de 50 mètres. Les résultats intermédiaires d'une étude en cours actuellement à l'EPFZ montrent en outre que l'on n'observe plus aucun effet de bordure en respectant une distance d'isolation de 50 mètres. Ce n'est qu'avec des parcelles contiguës que l'on observe des taux de croisement élevés. Avec des parcelles séparées, le (faible) taux de croisement se répartit de façon homogène sur toute la parcelle.

Une analyse des études portant sur les variétés fertiles de colza (lignées et hybrides dont la fertilité a été restaurée) montre qu'une distance d'isolation de 50 mètres est également suffisante pour abaisser le taux de croisement au-dessous du seuil de 0,5%. Pour les variétés de colza dont les composantes mâles sont stériles (composites hybride-lignée), on recommandera une distance d'isolation de 400 mètres par analogie avec la production de semences. C'est en effet la distance que l'on applique pour la production de semence hybride de base qui contient une proportion comparable de composantes mâles stériles.

Aspects spatiaux de la coexistence

La structure du paysage joue un rôle important dans la configuration d'un système de coexistence entre systèmes culturels avec et sans génie génétique. Nous avons cherché à évaluer le potentiel de coexistence dans l'espace ainsi que ses facteurs limitants en nous appuyant sur deux sources de données.

La première source est le relevé des données des exploitations agricoles qui a été effectué en 2003 par l'office fédéral de la statistique (OFS). Sur la base des surfaces cultivées en maïs et en colza pour chaque commune de Suisse, nous avons calculé la surface nécessaire pour cultiver 10% d'OGM avec les distances d'isolation nécessaires. Pour ce faire, nous avons admis que toutes les parcelles OGM d'une commune seraient d'une taille identique et que chaque parcelle serait entourée d'une ceinture d'isolation respectant les distances correspondantes. Les calculs montrent que le besoin en surfaces pour cultiver du maïs et du colza OGM en respectant les distances d'isolation que nous avons préconisées peut être couvert dans la plupart des communes de Suisse à partir des terres assolées disponibles. Ce n'est guère que dans les zones de collines préalpines, dévolues essentiellement à la culture fourragère, que la surface voulue ne serait pas forcément disponible du fait que la culture du maïs y occupe une très forte proportion des terres ouvertes.

La deuxième approche a été basée sur la classification à partir de photos aériennes effectuée dans le cadre du projet « Exploitation agricole et sylvicole durable dans le bassin versant du Greifensee » qui a été conduit sur une zone de 160 kilomètres carrés à l'est du canton de Zürich. La situation des surfaces de maïs a pu être localisée avec une fiabilité élevée dans l'ensemble du secteur. A l'aide d'un système d'information du territoire (SIT), nous avons calculé les distances les plus courtes entre les bords d'une parcelle de maïs et ceux de la parcelle suivante. Les résultats de l'analyse des données du SIT montrent que la densité de culture et les distances entre les parcelles peuvent varier très fortement en fonction du type de configuration du paysage, et ceci même très localement. Ainsi, dans les types de terrains analysés, la moitié des parcelles de maïs sont éloignées de plus de 90 mètres de la parcelle suivante. On peut donc déduire de cette analyse que, dans cette région, la mise en culture de parcelles OGM respectant une distance d'isolation de 50 mètres sera possible dans la plupart des cas.

La coexistence est possible

Dès lors que, pour chaque type de culture, les questions de coexistence dépendent des caractéristiques biologiques de la plante, de la configuration du paysage, des terres assolées disponibles et de la densité de culture des OGM, il est nécessaire de considérer chaque culture de façon spécifique et régionale. Pour les cultures de maïs, colza et blé prises en considération dans notre étude, il ressort qu'une coexistence serait possible en Suisse d'un point de vue scientifique, ceci à condition que les agriculteurs respectent toute une série de mesures techniques et organisationnelles. En outre, un dialogue et un échange conséquent d'informations seront nécessaires entre voisins au moment de la planification des rotations des cultures afin de respecter les distances d'isolation nécessaires par rapport aux parcelles voisines.

Summary

Scenario for the co-existence of GM and non-GM agriculture in Switzerland

Starting point

The commercial cultivation of genetically modified plants (GMPs) in Switzerland seems to be rather unlikely in the foreseeable future. Since Swiss farmers and consumers might one day become interested in GMPs with specific properties, however, the future cultivation of such crops cannot entirely be ruled out. The new Gene Technology Law (GTL) stipulates that protection of GM-free production and consumers' freedom of choice must be guaranteed if GMPs are to be grown in Switzerland. This 'co-existence' would have to be ensured by regulations, as well as by technical and organisational measures to separate the flow of goods throughout the entire production chain from field to supermarket shelf.

What is co-existence?

The term 'co-existence' implies that various GM and non-GM crop production systems can exist alongside one another, and that no individual form of agricultural production is excluded a priori. In its recommendations on co-existence, the European Commission defines the term as the ability of farmers to choose the production systems and crops of their preference. The term also refers to the potential economic loss associated with the undesirable presence of genetically modified material in so-called 'GM-free' agricultural products. However, the term is not employed in connection with risks associated with genetically modified crops and their possible effects on human health and the environment.

Goals and limitations of this study

In view of the Federal Council's official statement on the initiative 'For GM-free Food' put forward by environmental, consumer and farmer associations, Agroscope FAL Reckenholz – the Swiss Federal Research Station for Agroecology and Agriculture – was commissioned by the Federal Office for Agriculture (FOAG) in December 2003 to evaluate possible measures allowing GM and non-GM agriculture to co-exist in Switzerland. The initial phase of our work consisted in analysing mechanisms that could lead to a mixing of agricultural products during crop production. Subsequently, we investigated the measures that could be taken to minimise or prevent such mixing. Using the three crops of maize, wheat and oilseed rape, our study demonstrates the technical and organisational measures that must be taken during agricultural production in order to ensure the cultivation of both GM and non-GM crops. The co-existence scenario we formulated was based on a co-existence study conducted by the European Commission (Bock *et al.* 2002), as well as on a study of the situation in Denmark (Tolstrup *et al.* 2003).

Our study is confined to agricultural production, from the crop-planning phase to delivery of the harvest by the farmer. The costs of co-existence and the potential for separating the flow of goods during the processing and marketing phases are not covered by this study.

Use of existing experience

Today, crops belonging to the same variety but with distinct characteristics are already successfully segregated. The term 'identity preservation' denotes methods and procedures used to preserve the identity or specific characteristics of agricultural products during production, processing and marketing. Such systems have already been established for seed production, and for the cultivation of plants with specific product-quality characteristics (such as sweet-corn or sunflowers with a high oleic acid content). Even where such systems are not used, it is common practice for farmers to cultivate different qualities of the same crop on a single farm. For example, there are different qualities of wheat (Top, I, II, III, as well as biscuit

wheat and wheat for animal consumption), which the farmer must avoid mixing during cultivation. This existing experience can be very useful when implementing a co-existence concept, and can provide indications regarding feasibility and expected costs. Since quality segregation is subject to less stringent requirements than GM production systems, however, none of the existing systems can be adopted without modification. Moreover, the areas cultivated for seed production and for crops with special product-quality characteristics are considerably smaller than those planted with other crops. This means that the fields used for these two types of crops are easier to isolate from other, 'conventional' fields.

Co-existence requires co-operation

Swiss legislation places the responsibility for exercising due diligence with the farmers cultivating GM crops. They must therefore guarantee that non-GM products are not mixed with GM products during cultivation. Since a possibility of mixing will always remain, however much care is taken, legal tolerance thresholds have been laid down stipulating the percentage of GM material that may be contained in seeds, food and animal feed without needing to be specially labelled. The measures suggested in this study should guarantee that the maximum permissible value specified by the EU and the Swiss government of 0.9% GM substances present in food and feed is not exceeded. The successful co-existence of various cultivation systems calls for mutual respect. Ideally, both GM farmers and non-GM farmers should be prepared to implement co-existence measures.

Dispersal routes and mechanisms

As far as the agricultural production cycle is concerned, there are six important mechanisms in the non-GM production chain that can potentially result in the mixing of non-GM with GM products, which can occur in several phases of production:

- Introduction via seed impurities;
- Volunteers from GM pre-cultures;
- Out-crossing (fertilisation by pollen from GM plants);
- Mixing in machinery during sowing and harvesting;
- Dispersal of GM seeds via straw, manure, etc.;
- Mixing during post-harvesting (transport to the farmyard, storage).

Co-existence scenario for Switzerland

A co-existence concept for GM products should be guided by the principles and methods of existing systems for identity preservation. Various technical and organisational measures can be taken to reduce the mixing of non-GM and GM products. GMP dispersal from seed impurities can be minimised by using certified seeds. Volunteers can be controlled by ensuring optimal soil cultivation after harvesting, and by using cropping intervals. The extent of out-crossing between GM and non-GM fields of the same crop can be reduced by respecting certain isolation distances, and by using protective buffer zones at the edge of non-GM fields. Furthermore, simultaneous flowering periods could be avoided by sowing GM fields at different time intervals to the surrounding non-GM fields, or by selecting varieties with different ripening times. The risk of mixing in machinery can be reduced by thoroughly cleaning all parts of machines after use on GMP fields. A clear segregation of the harvested material and the documentation of procedures during storage, processing and transport from field to collection point can also minimise the risk of mixing.

For the majority of GM-dispersal routes, the probability of mixing depends on the biological properties of the individual crop plants. The need for co-existence measures must therefore be assessed for each type of plant. For example, cross-fertilisation of non-GM crops by pollen from GM crops plays an important role in the case of maize and oilseed rape but is a fairly unimportant dispersal route in the case of wheat, which is largely self-fertile and thus presents only a limited potential for out-crossing.

Pollen dispersal and out-crossing

Out-crossing via pollen dispersal plays an important role in the debate on co-existence, and is often the subject of controversy both amongst specialists and the general public. When discussing isolation distances, it is important to make a distinction between pollen dispersal and out-crossing (fertilisation), as not all pollen released results in fertilisation. The maximum distance over which pollen can be transferred is therefore less significant than the maximum potential out-crossing distance. A multitude of conditions need to be met in order for fertilisation to take place. The out-crossing rate is essentially determined by the reproductive system of the individual plant (self-pollinating or cross-pollinating) and by the pollen-dispersal vector (i.e. wind or insects). In practice, other factors also need to be taken into account, such as the coincidence of flowering, the lifespan of pollen, and fluctuations in the weather, as well as distance, topography and vegetation between the fields. A very important role is also played by the quantity of the competing pollen, which in turn is dependent on the size of the fields, the timing of pollen release and the fertility of both types of cultivars.

Isolation distances for maize and oilseed rape

Many studies on maize and oilseed rape have quantified out-crossing rates as a function of the distance from the pollen source. When interpreting the results, however, it is important to bear in mind that the test conditions frequently constitute a worst-case scenario that only partly reflects actual agricultural practices. In most of the studies, out-crossing rates were determined for adjacent fields, and individual plant samples were collected at a certain distance from the pollen source. The data from these studies often show a 'border effect', namely a relatively high out-crossing rate at the edges of fields, which decreases exponentially with distance from the pollen source. The highest out-crossing rates were observed in the vicinity of the pollen source, with the out-crossing rate falling to less than one per cent beyond the first ten metres. In exceptional cases, however, out-crossing was also observed at greater distances. Although such events can never be completely ruled out, they have little importance in practice, as they become negligible when the entire field is taken into account. Under farming conditions, the harvest from the entire field or part of a field is mixed, so that this border effect is diluted. Unfortunately, the extent of this dilution is not generally quantifiable, depending as it does on the shape and size of the field, and how the crops are harvested. Based on the experimental data we analysed, we assume that, owing to the dilution effect, the average out-crossing rate among the harvested material is definitely less than 0.5%, even if there are out-crossing rates of 0.5% at the edge of fields. The out-crossing rate should not exceed 0.5% per field because, as mentioned above, out-crossing is not the only mechanism that can lead to a higher GM content in the harvested material.

A thorough investigation and analysis of out-crossing studies in Europe, North America and Japan reveals that out-crossing rates for maize are below 0.5% at distances of over 50 metres. Furthermore, the interim findings of a study currently underway at the ETHZ (Swiss Federal Institute of Technology Zurich) show that a border effect is no longer discernible with isolation distances of 50 metres. A high out-crossing rate on field borders was observed only in the case of fields adjacent to one another. With more-distant fields, the small amount of out-crossing observed was spread across the whole field.

An analysis of the studies of fertile oilseed rape varieties (conventional varieties and hybrids with restored fertility) shows that an isolation distance of 50 metres is sufficient to keep out-crossing below 0.5%. In the case of oilseed rape with male sterile components (varietal associations), an isolation distance of 400 metres is recommended, as in the case of seed production. This distance applies to the production of hybrid basic seeds containing a relatively high proportion of male sterile components.

Spatial aspects of co-existence

The topography of the landscape is an important factor in evaluating the co-existence of GM and non-GM farming systems. Two different approaches were used to assess the potential for spatial co-existence of GM and non-GM farming in Switzerland, and the associated limitations.

The first approach was based on the agricultural farming data survey carried out by the Swiss Federal Statistical Office in 2003. Based on the areas cultivated with maize and oilseed rape, the area needed in order to plant 10% GM, taking into account the required isolation distance, was calculated for every Swiss commune. To this end, it was assumed that all GM fields in a commune would be of equal size, and that every field would be completely surrounded by an isolation belt with the appropriate isolation distance. The calculations show that the available arable-land areas met the area requirements for the GM cultivation of maize and oilseed rape in the majority of Swiss communes, bearing in mind the isolation distances we recommended. Only in the foothills of the Alps, which are best suited for forage production, would there be insufficient space available in certain communes where a high proportion of the arable land is devoted to the cultivation of maize.

The second approach was based on an aerial picture classification carried out over a 164-square-kilometre area in the east of the canton of Zurich within the framework of a project entitled «Sustainable use of land and forest in the catchment area of the Greifensee». It was possible to determine the location of maize fields over the whole area with a high degree of certainty. Geographic information systems (GIS) were used to calculate the shortest distance between one maize field and the edge of the next one. The results of the GIS analysis show that the density of maize cultivation and the distances between the maize fields could vary considerably within a very small area according to the topography. In the types of landscape investigated, half of the areas cultivated with maize were more than 90 metres from the next maize field. Our analysis shows that the creation of GM fields with an isolation distance of 50 metres is possible in the majority of cases.

Co-existence is possible

Since co-existence depends on the biological characteristics of the plants, topography, availability of arable land and density of GM cultivation, each crop must be examined individually and on a regional basis. From the scientific point of view, co-existence would be possible for maize, oilseed rape and wheat in Switzerland, provided that farmers take a series of technical and organisational measures. Dialogue and a comprehensive information exchange between neighbours is also essential for planning crop rotation, and especially for ensuring the necessary isolation distances between adjacent parcels.

1. Einleitung

1.1. Ausgangslage

Im September 2004 sind die ersten gentechnisch veränderten Pflanzensorten in den gemeinsamen Sortenkatalog der EU aufgenommen worden (bioSicherheit 2004b). Bisher wurden gentechnisch veränderte Pflanzen (GVP) nur in Spanien grossflächig angebaut. Es wird aber allgemein erwartet, dass der Anbau von GVP auch in weiteren EU-Ländern Realität wird. In der Schweiz ist der kommerzielle Anbau von gentechnisch veränderten Kulturpflanzen dagegen in den nächsten Jahren eher unwahrscheinlich. Betrachtet man die heute kommerziell erhältlichen GVP, so existiert zurzeit kein unmittelbarer Bedarf für deren Anbau durch die Schweizer Landwirtschaft. Allerdings kann ein Anbau für die Zukunft nicht vollständig ausgeschlossen werden. Die Entwicklung neuer transgener Pflanzen, die aufgrund besonderer Eigenschaften für Landwirte oder Konsumenten interessant wären, könnte dazu führen, dass GVP eines Tages auch in der Schweiz angebaut werden könnten.

Das neue Gentechnikgesetz schreibt vor, dass beim Anbau von GVP der Schutz der gentechnikfreien Produktion sowie die Wahlfreiheit der Konsumenten gewährleistet sein müssen. Dieser Schutz soll durch Vorschriften sowie durch technische und organisatorische Massnahmen (die der Bundesrat bei Bedarf erlassen kann) garantiert werden. Mit Hilfe dieser Vorschriften und Massnahmen soll eine so genannte «Koexistenz» zwischen verschiedenen landwirtschaftlichen Anbausystemen mit und ohne Gentechnik ermöglicht werden.

Der Ansatz, Koexistenzfragen durch die Einrichtung von GVO-freien Zonen zu lösen, ist nach unserer Meinung ein unrealistisches Szenario, denn es widerspricht den Grundsätzen der Koexistenz. Bei einem solchen Szenario wird die freie Wahl der Landwirte beim Anbau der Kulturen eingeschränkt. Falls ein Landwirt bei der freien Wahl eingeschränkt würde, widersprechen GVO-freie Zonen auch der geltenden schweizerischen Gesetzgebung.

Der Anbau unterschiedlicher Sorten der gleichen Kultur, die sich aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften nicht vermischen dürfen, wird bereits heute praktiziert (de Greef 2003). Dies gilt beispielsweise für den Anbau von Raps und Sonnenblumen mit verschiedenen Ölqualitäten. Auch bei der Produktion von zertifiziertem Saatgut existieren langjährige Erfahrungen in der Anwendung von spezifischen Bewirtschaftungsmassnahmen zur Erhaltung definierter Sortenreinheiten. Bei der Erarbeitung eines Konzepts zur praktischen Umsetzung und zu den zu erwartenden Kosten der Koexistenz verschiedener landwirtschaftlicher Anbausysteme mit und ohne Gentechnik können diese bestehenden Erfahrungen eine wichtige Hilfe sein. Die gewonnenen Erkenntnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Trennung von Anbausystemen verursacht Kosten, die je nach biologischen Eigenschaften der jeweiligen Kulturpflanze sowie den Anforderungen an den Grad der Trennung stark variieren können.
- Bestimmte Eigenschaften einer Kultur können in einem grösseren Massstab nur dann erhalten werden, wenn eine Toleranz gegenüber unerwünschten Vermischungen existiert. Gängige landwirtschaftliche Anbausysteme können Vermischungen niemals vollständig ausschliessen. Eine Nulltoleranz ist deshalb keine realistische Option. Sie wäre technisch zwar durchsetzbar, jedoch nur zu Kosten, die für die Nahrungsmittelproduktion nicht mehr tragbar wären.

1.2. Auftrag und Ziele der Studie

Im Hinblick auf die Botschaft des Bundesrates zur Volksinitiative «Für Lebensmittel aus gentechnikfreier Landwirtschaft», die im September 2003 von Umwelt-, Konsumenten- und

Bauernverbänden eingereicht wurde, hat Agroscope FAL Reckenholz – die Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau – vom Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) den Auftrag erhalten, in einer Studie zu klären, ob die Koexistenz von landwirtschaftlichen Anbausystemen mit und ohne Gentechnik in der Schweiz möglich ist. Gleichzeitig sollten Massnahmen aufgezeigt werden, mit denen eine Koexistenz erreicht werden kann.

Diese Studie hat folgende Ziele:

1. Es sollen Mechanismen, die in der landwirtschaftlichen Produktion für die Vermischung der Erntegüter und anderer hofeigener Produkte (z.B. Hofdünger, Stroh, Rauhfutter, Silage) verantwortlich sind, beschrieben und deren Relevanz abgeschätzt werden.
2. Es sollen technische und organisatorische Massnahmen präsentiert werden, die eine Koexistenz der landwirtschaftlichen Produktion mit und ohne GVP in der Schweiz ermöglichen könnten. Ausserdem soll ein Informationskonzept für die beteiligten Akteure erarbeitet werden. Soweit als möglich soll der Aufwand der einzelnen Massnahmen abgeschätzt werden.
3. Anhand von drei Modellkulturen (Mais, Weizen, Raps) soll gezeigt werden, welche Massnahmen zu treffen sind, um die definierten Deklarationswerte einzuhalten.

1.3. Einschränkungen der Studie

Die Studie berücksichtigt von der Anbauplanung bis zur Abgabe des Ernteguts an Dritte (z.B. Sammelstelle, Direktverkauf ab Hof) sämtliche mit dem Anbau einer Kulturpflanze verbundenen Phasen der landwirtschaftlichen Produktion. Auf Fragen der Warenflusstrennung nach der Abgabe der Erntegüter wird hier nicht eingegangen. Rechtliche Fragen zu Haftung und Entschädigung bei möglicherweise entstehenden Verlusten aufgrund von Vermischungen mit GVP sowie Fragen zu den Kosten einer Koexistenz wurden ebenfalls nicht analysiert.

Bei den gentechnikfreien Anbausystemen wird nicht zwischen spezifischen Produktionsformen wie dem Anbau nach den Richtlinien des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) und dem Biolandbau unterschieden. Die Ansprüche an die GVO-Reinheit sind bei gewissen Labelproduzenten (z.B. BIO SUISSE, IP-SUISSE) strenger. Es kann deshalb sein, dass zusätzliche Massnahmen nötig sind, um diese Ansprüche einzuhalten. Da es sich bei der Labelproduktion jedoch um privatrechtliche Verträge handelt, wird einzig erwähnt, bei welchen Eintragungspfaden die vorgeschlagenen Massnahmen möglicherweise nicht ausreichen könnten, um einen tieferen GVO-Anteil im Produkt als den rechtlich festgelegten Deklarationswert von 0,9% zu erreichen.

2. Begriffsdefinitionen

Der Begriff «Koexistenz» bedeutet in der vorliegenden Studie, dass landwirtschaftliche Anbausysteme mit und ohne Gentechnik nebeneinander bestehen können, ohne dass eine bestimmte Form der Landwirtschaft von vornherein ausgeschlossen wird. Die Europäische Kommission definiert in ihren Leitlinien zur Koexistenz den Begriff als die uneingeschränkte Möglichkeit jedes Landwirts, die für ihn geeigneten Anbausysteme und Kulturpflanzen auswählen zu können (Amtsblatt der EU 2003). Dabei stellt sich auch die Frage nach der Wahlfreiheit der Konsumenten. Damit die Konsumenten tatsächlich zwischen Lebensmitteln mit und ohne GVO wählen können, bedarf es neben einer funktionierenden Warenflusstrennung auch einer Landwirtschaft, die verschiedene Arten von Erzeugnissen anbieten kann.

Das Vorhandensein von gentechnisch veränderten Sequenzen in konventionellem Material wird in diesem Bericht bewusst nicht als «Kontamination» oder «Verunreinigung» bezeichnet, da diese Begriffe eine negative Bewertung des Anbaus von GVP beinhalten. Es werden stattdessen die neutralen Begriffe «Vermischung» oder «unerwünschtes Vorhandensein» verwendet.

3. Gesetzliche Grundlagen

3.1. Europa

Das Europäische Parlament und der Europäische Rat haben in den letzten Jahren neue Grundlagen für das Inverkehrbringen sowie den Anbau von GVO geschaffen. Die Richtlinie 2001/18/EG (Europäische Gemeinschaft 2001) regelt die absichtliche Freisetzung von GVO in die Umwelt. Im September 2003 wurde ein umfassendes Paket von Vorschriften verabschiedet, das die Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit von gentechnisch veränderten Lebens- und Futtermitteln regelt (Europäische Gemeinschaft 2003a, 2003b). Jede direkte Verwendung eines GVO im Verlauf der Herstellung oder Erzeugung von Lebens- und Futtermitteln ist seither kennzeichnungspflichtig. Die Gesetzgebung wendet sich damit vom Prinzip der Nachweisbarkeit ab. Es spielt somit keine Rolle, ob der GVO im Endprodukt analytisch nachweisbar ist. Der Deklarationswert des in Lebens- und Futtermitteln tolerierten GVO-Anteils beträgt 0,9%, wobei dieser nur für jene GVO gilt, die in der EU zugelassen sind. Für nicht zugelassene GVO gilt – abgesehen von einer Übergangsbestimmung für positiv beurteilte GVO – eine Nulltoleranz.

Die Höhe der Toleranzwerte für GVO-Anteile in Saatgut ist in der EU zurzeit noch nicht einheitlich geregelt. Die Kommission will mit einer Änderung der Saatgut-Richtlinie zulässige Toleranzwerte zwischen 0,3% und 0,7% festlegen (Europäische Kommission 2003). Der jeweilige Toleranzwert berücksichtigt die biologischen Eigenschaften der verschiedenen Pflanzenarten: 0,3% für Raps, 0,5% für Mais, Zuckerrüben sowie Kartoffeln und 0,7% für Sojabohnen. Zusätzlich hat die Europäische Kommission im Juli 2003 Leitlinien für die Erarbeitung von Strategien und geeigneten Verfahren für die Koexistenz veröffentlicht (Amtsblatt der EU 2003). Die Kommission beschränkt sich darin auf Empfehlungen und überlässt die konkrete Festlegung von Massnahmen den Mitgliedstaaten. Die Kommission ist der Meinung, dass in der Einführungsphase einer neuen Produktionsweise wie dem Anbau von GVP derjenige Landwirt, der auf das neue Verfahren setzt, die Verantwortung für ausreichende Reinhaltungsmassnahmen tragen soll. Zudem wird empfohlen, kulturspezifische Massnahmen zu ergreifen, um das unterschiedlich hohe Ausbreitungspotenzial verschiedener Kulturpflanzen zu berücksichtigen.

3.2. Schweiz

Seit Januar 2004 regelt das neue Gentechnikgesetz (GTG SR 814.91) den Umgang mit GVO in der Schweiz. Im Hinblick auf einen möglichen Anbau von GVP sind vor allem die Bestimmungen zur Information, Kennzeichnung, Warenflusstrennung und Haftung relevant. Gemäss Art. 7 GTG dürfen GVO nur angewendet werden, wenn die Produktion von Erzeugnissen ohne GVO sowie die Wahlfreiheit der Konsumenten nicht beeinträchtigt werden. Das GTG verlangt also, dass beim Anbau von GVP gewährleistet sein muss, dass Vermischungen mit der gentechnikfreien Landwirtschaft vermieden werden. Dies soll durch die nötige Sorgfaltspflicht des GVP nutzenden Landwirts erreicht werden (Art. 16 Absatz 1, GTG). Ausserdem erlässt der Bundesrat Bestimmungen zur Warenflusstrennung und zur Vermeidung von Vermischungen (Art. 16 Absatz 2, GTG).

Grundsätzlich gilt, dass Lebens- und Futtermittel als «gentechnisch verändert» gekennzeichnet werden müssen, wenn sie gentechnisch verändert sind, solche enthalten oder daraus hergestellt wurden. Wer mit GVO und Erzeugnissen, die GVO enthalten, umgeht, muss für eine Warenflusstrennung sorgen, um unerwünschte Vermischungen mit her-

kömmlichen Organismen zu vermeiden. Die Warenflusstrennung ist mit einem System zur Qualitätssicherung zu gewährleisten. Um eine Rückverfolgbarkeit der Warenflüsse zu ermöglichen, muss die Weitergabe oder Annahme von Erzeugnissen, die aus GVO hergestellt wurden, entlang der gesamten Warenflussskette dokumentiert werden. Ausserdem besteht bei der Verarbeitung und im Handel die Pflicht zur Information bei der Weitergabe von Erzeugnissen, die aus GVO hergestellt wurden.

Der Bewilligungsinhaber haftet für Schäden, die beim Anbau von GVP entstehen. In der Regel handelt es sich hierbei um die Saatgutfirmen, die eine Bewilligung für das Inverkehrbringen des GVP-Saatguts und GVP-Pflanzguts besitzen. Die Beweispflicht des Zusammenhangs zwischen dem erlittenen Schaden und dem Anbau von GVP liegt jedoch bei der Person, die Schadenersatz beansprucht. Da es trotz aller Sorgfalt nicht möglich sein wird, Vermischungen vollständig auszuschliessen, wurden rechtliche Deklarations- und Toleranzwerte festgelegt. Die Deklarationswerte bestimmen, wie viel Prozent gentechnisch verändertes Material (bewilligter GVO) in Lebens- und Futtermitteln enthalten sein dürfen, ohne dass eine Deklaration des Produkts notwendig ist. Aufgrund der Anpassungen an das neue Gentechnikgesetz muss jedoch belegt werden können, dass die Spuren unbeabsichtigt in das Erzeugnis gelangt sind. In Übereinstimmung mit der EU wurde in der schweizerischen Rechtsgebung der Deklarationswert von 0,9% sowie statt des Nachweisprinzips das Anwendungsprinzip übernommen (Futtermittel-Verordnung SR 916.307; LMV SR 817.02). Dies bedeutet, dass Erzeugnisse aus GVO neu auch dann gekennzeichnet werden müssen, wenn sie von GVO abgetrennt und gereinigt sind.

Der Toleranzwert bezeichnet dagegen den Prozentsatz an unbewilligtem gentechnisch verändertem Material, der in einem Produkt toleriert wird, ohne dass dieses speziell gekennzeichnet werden muss. Bei Saatgut liegt der Toleranzwert bei 0,5%, falls die GVO als Lebens- und Futtermittel in der Schweiz zugelassen sind (Saatgut-Verordnung SR 916.151). In Futtermitteln werden unbewilligte GVO bis zu einem Anteil von 0,5% toleriert, falls sie in der EU zugelassen wurden und geeignete Massnahmen zur Verhinderung unerwünschter Verunreinigungen belegt werden können. Verordnungen oder Bestimmungen, die eine Koexistenz von gentechnikfreiem Anbau mit einem GVP-Anbau in der Schweiz regeln, existieren zurzeit keine.

4. Bestehende landwirtschaftliche Systeme zur Identitätswahrung

Bereits heute existieren in der Landwirtschaft Systeme zur Identitätswahrung, die zum Ziel haben, einen definierten Reinheitsgrad im Endprodukt zu erreichen. Das gilt beispielsweise für die Saatgutproduktion und den Anbau von Kulturen mit spezifischen Qualitätsmerkmalen (Sundstrom *et al.* 2002). Das Ziel der Trennung liegt meist im Mehrwert, der durch spezifische Qualitätseigenschaften des Ernteguts erreicht werden kann. Der Begriff «Identitätswahrung» («identity preservation») bezeichnet ein System von Methoden und Verfahren, mit deren Hilfe die Identität oder die spezifischen Eigenschaften landwirtschaftlicher Erzeugnisse während der Produktion, Verarbeitung und Vermarktung bewahrt werden können. Systeme zur Identitätswahrung beginnen demnach nicht erst mit der Analyse des Endprodukts, sondern erlauben mit Hilfe klar dokumentierter Abläufe eine Warenflusstrennung vom Feld bis zum Ladentisch. In vielen Fällen werden an mehreren Stellen der Produktionskette Proben entnommen, um die Identität, die Reinheit und/oder die Qualität des Produkts zu bestätigen (Abb. 1). Das Produkt wird nur weiterverarbeitet, wenn vorher definierte Reinheitsgrade an den so genannten «hold and release»-Punkten erreicht werden. Je strikter die Warenflusstrennung während des gesamten Produktionsprozesses eingehalten wird, desto geringer wird der Bedarf für zusätzliche Analysen bei der Übergabe des Produkts von einer Produktionsphase zur nächsten. Im Folgenden wird auf Systeme zur Identitätswahrung bei der Produktion von Saatgut, bei der Produktion von Erntegut mit speziellen Qualitätseigenschaften und beim biologischen Landbau eingegangen.

4.1. Produktion von zertifiziertem Saatgut

Zertifiziertes Saatgut besitzt einen definierten Reinheitsgrad, der durch regelmässige Qualitätskontrollen sowie durch eine Überprüfung der Einhaltung rechtlicher Vorschriften erreicht wird. Die Produktion von zertifiziertem Saatgut ist der einzige Bereich in der Schweiz, in dem rechtlich festgelegte Massnahmen existieren, um Vermischungen zu minimieren und so die Sortenreinheit zu optimieren (Saat- und Pflanzgut-Verordnung des EVD SR 916.151.1). Dazu gehören definierte Isolationsabstände sowie Anbaupausen zwischen Kulturen zur Saatgutproduktion und anderen Kulturen der gleichen Art (Tab. 1 und Anh. 1). Die getroffenen Massnahmen (Isolationsabstände, Reinigung von Maschinen, Anbaupausen und räumliche Trennung nach der Ernte) genügen in 96% der Fälle, um die strengen Anforderungen an die Sortenreinheit von zertifiziertem Saatgut zu erfüllen (Bock *et al.* 2002).

Die langjährigen Erfahrungen bei der Herstellung von zertifiziertem Saatgut haben zu international vergleichbaren Isolationsabständen geführt. Bei Weizen und Raps können diese Erfahrungen bei der Festlegung der für die Koexistenz notwendigen Isolationsabstände berücksichtigt werden. Die Anforderungen an die Sortenreinheit von zertifiziertem Raps-Saatgut beträgt jedoch nur 98%, toleriert also einen Anteil von 2% sortenfremdem Samen (Saat- und Pflanzgut-Verordnung des EVD SR 916.151.1). Die Anforderungen an das Raps-Basissaatgut (99,7% Sortenreinheit) entsprechen in etwa den Toleranzwerten für GVP. Die strengeren Massnahmen bei der Produktion von Basissaatgut (grössere Isolationsabstände, sorgfältigere Reinigung und gezieltere Durchwuchsbekämpfung) wären geeignet, die geforderten Toleranzwerte für GVP zu erreichen.

Für Mais kann der für die Saatgutproduktion geltende Isolationsabstand von 200 Metern hingegen nicht direkt auf den übrigen Anbau übertragen werden, weil Kulturen zur Saatgutproduktion im Vergleich zum übrigen Anbau viel empfindlicher auf Fremdbefruchtungen sind. Felder zur Produktion von Mais-Hybridsaatgut enthalten abwechslungsweise Reihen

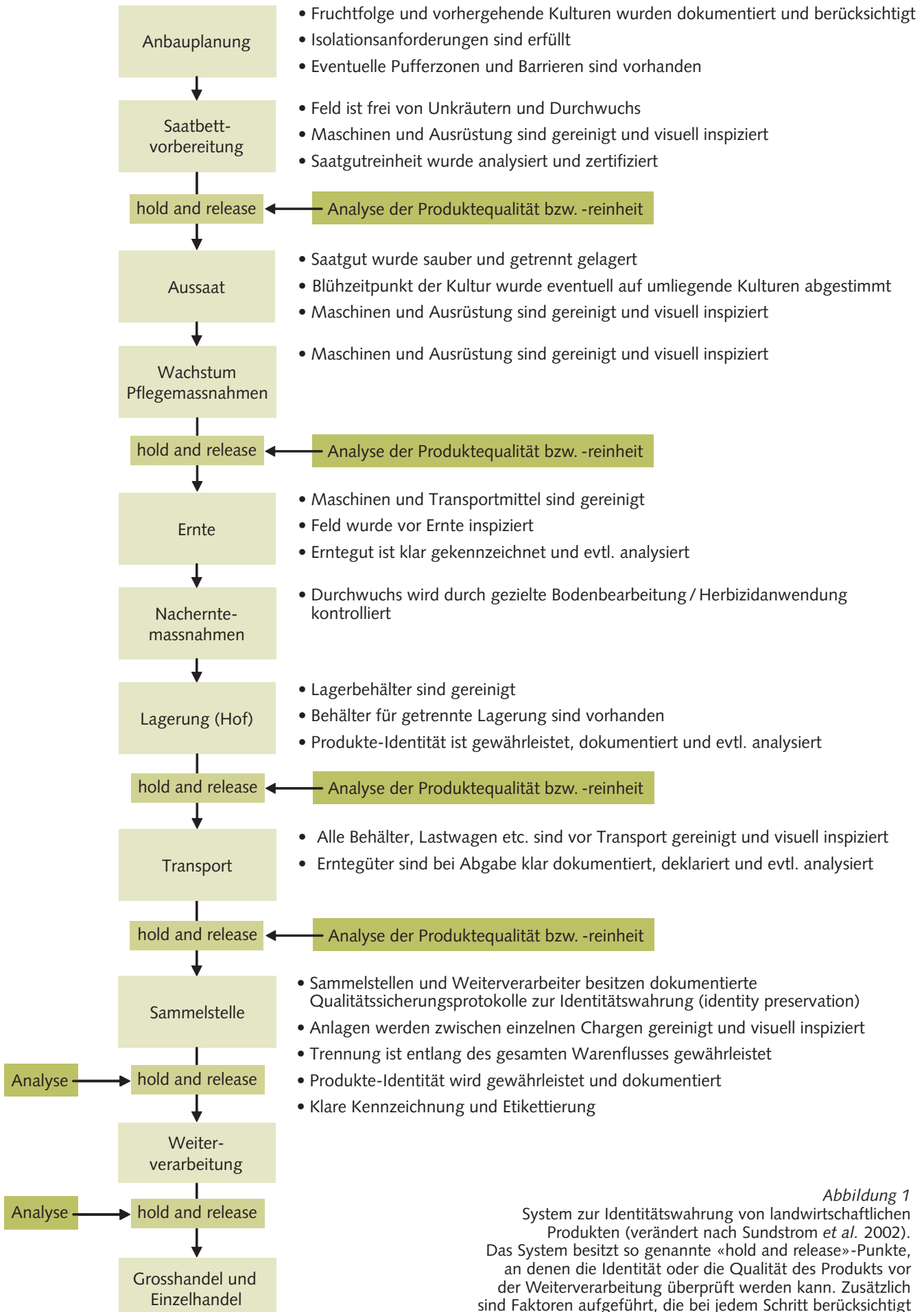


Abbildung 1
System zur Identitätswahrung von landwirtschaftlichen Produkten (verändert nach Sundstrom *et al.* 2002). Das System besitzt so genannte «hold and release»-Punkte, an denen die Identität oder die Qualität des Produkts vor der Weiterverarbeitung überprüft werden kann. Zusätzlich sind Faktoren aufgeführt, die bei jedem Schritt berücksichtigt werden sollten.

pollenproduzierender (männlicher) Pflanzen und Reihen steriler (weiblicher) Pflanzen. Je nach Verhältnis produzieren so bis zu 80% der Pflanzen in einem Feld (d.h. die weiblichen Pflanzen) keinen Pollen. Dies führt dazu, dass die weiblichen Pflanzen höchst empfänglich für den Pollen der männlichen Kreuzungspartner sind – leider aber auch für fremden Pollen, der durch den Wind von Nachbarfeldern herangeweht wird. Im Gegensatz dazu enthält ein konventionelles Maisfeld 100% fertile Pflanzen. Die Menge an vorhandenem Pollen ist viel höher als in Feldern zur Saatgutproduktion, so dass der Einfluss von fremdem Pollen viel eher konkurrenziert wird. Die geringere Empfindlichkeit der voll fertilen Maisfelder hat zur Folge, dass für die reguläre Produktion auch kürzere Abstände genügen, um einen vergleichbaren Reinheitsgrad wie in der Saatgutproduktion zu ermöglichen.

Auch die für die Saatgutproduktion von Kartoffeln (100 m) und Zuckerrüben (800 oder 1000 m) vorgeschriebenen Isolationsabstände können nicht auf den regulären Anbau übertragen werden, weil diese Distanzen aus anderen Gründen festgelegt wurden. Da Kartoffeln vegetativ vermehrt werden, spielt die Übertragung via Pollen keine Rolle. Der vorgeschriebene Isolationsabstand soll vielmehr die Übertragung von Viruskrankheiten durch Blattläuse vermeiden. Bei der Saatgutproduktion von Zuckerrüben sollen die Isolationsabstände eine Auskreuzung zwischen Saatgutkulturen oder verwandten Kulturarten (Futterrübe, Rote Rübe, Mangold) verhindern. Für den Anbau ist dies nicht relevant, da Zuckerrüben zweijährig sind, das heisst sie blühen in der Regel erst im zweiten Jahr und somit nicht im Zeitraum von der Aussaat bis zur Ernte der Rüben.

Tabelle 1. Rechtlich festgelegte Isolationsabstände zur Gewährleistung der Sortenreinheit von zertifiziertem Saatgut in der Schweiz				
Kultur	Isolationsabstand	Zweck	Anbau- pause	Maximale Verunreinigung
Mais	200 m ¹⁾	Basissaatgut	k.V.	0,1 % bzw. 0,5% ²⁾
	200 m ¹⁾	Zertifiziertes Saatgut	k.V.	0,2% bzw. 1% ²⁾
Weizen	Eindeutige Trennung von anderen Kulturen	Basis- und zertifiziertes Saatgut	k.V.	0,1% bzw. 0,3% (Z1), 1% (Z2)
Raps ³⁾	400 m ¹⁾	Basissaatgut	5 Jahre	0,3 %
	200 m ¹⁾	Zertifiziertes Saatgut	5 Jahre	2%
Kartoffel	6 m / 100 m ⁴⁾	Präbasis- bzw. Basissaatgut	3 Jahre	0% - 0,04% ⁵⁾
Soja	Eindeutige Trennung von anderen Kulturen	Basis- bzw. zertifiziertes Saatgut	3 Jahre	0,5% bzw. 1%

(Saat- und Pflanzgut-Verordnung des EVD SR 916.151.1). Die fett hervorgehobenen Grenzwerte liegen über den definierten Toleranzwerten für GVP (siehe auch Anh. 1).

- 1) Abstände brauchen nicht eingehalten zu werden, sofern ausreichende Abschirmung (Wald, Hecke oder zeitl. versch. Blüte) vorhanden
- 2) Inzucht / Einfach-Hybriden bzw. offen abblühende Sorten
- 3) In der Saat- und Pflanzgut-Verordnung nur für die Erzeugung von Futterpflanzensaatgut geregelt (da es in der Schweiz keine Raps-Saatgutproduktion gibt)
- 4) Distanzen gelten zur Vermeidung der Übertragung von Viruskrankheiten durch Blattläuse
- 5) Je nach Klasse und Saatgutkategorie

k.V. = keine Vorgaben, Z1 = zertifiziertes Saatgut der 1. Vermehrung, Z2 = zertifiziertes Saatgut der 2. Vermehrung

4.2. Produktion von Erntegut mit speziellen Qualitätseigenschaften

Rapsorten mit hohem Erucasäuregehalt (HEAR) haben Eigenschaften, die sich für die Produktion von industriellen Ölen eignen. Da die Erucasäure aber für den Menschen nicht verträglich ist, sollten sich diese Sorten nicht mit erucasäure- und glucosinolatarmen 00-Rapsorten mischen, die zur Weiterverarbeitung in der Nahrungsmittelindustrie angebaut werden. Während die Erucasäure eine Fettsäure ist, die in der Ernährung unerwünscht ist, sind Glucosinolate Bitterstoffe, die im Presskuchen verbleiben, der dann als Futtermittel nur bedingt einsetzbar ist.

HEAR-Sorten werden vor allem in England, Frankreich und Deutschland auf Vertragsbasis angebaut, wobei der Landwirt spezielle Regeln für den Anbau beachten muss. Diese beinhalten die Verwendung von zertifiziertem Saatgut, die Reinigung der Sämaschinen vor der Verwendung und die Einhaltung gewisser Isolationsabstände zu Rapsfeldern in der näheren Umgebung. Um unerwünschte Vermischungen zu vermeiden, wird ausserdem verlangt, dass sämtliche Maschinen, die zur Bearbeitung des Bodens und zur Ernte verwendet werden, vor dem Gebrauch gereinigt werden und das Erntegut nach der Ernte separiert wird.

Im Vergleich zum maximal tolerierten GVP-Anteil von 0,9% liegt der tolerierte Gehalt an Erucasäure in Nahrungsmitteln allerdings höher und beträgt in Europa und in den USA 2% (Bock *et al.* 2002). Das Trennungssystem bei der Produktion von Erntegut mit speziellen Qualitätseigenschaften wäre deshalb nicht streng genug, um die tieferen Deklarationswerte für GVP zu erreichen. Mit gewissen Anpassungen könnte es aber als Modell für die Koexistenzstrategie für GV-Raps genutzt werden.

Auch in der Schweiz gibt es einen meist regional organisierten Anbau verschiedener Spezialsorten, bei denen die spezifische Identität des Ernteguts bewahrt werden soll. So werden beispielsweise auf etwa der Hälfte der Sonnenblumen-Anbaufläche der Schweiz ölsäurereiche Sonnenblumensorten angebaut (BLW 2000). Mit Isolationsabständen von 200 Metern werden unerwünschte Befruchtungen durch ölsäurearme Sorten verhindert. Im Pilotanbau stehen zurzeit ölsäurereiche und linolensäurearme Rapsorten, die getrennt von den übrigen Rapsorten angebaut werden müssen, weil die Eigenschaft rezessiv vererbt wird. Ein weiteres Beispiel ist die Produktion von Süssmais im Aargauer Reusstal. Dieser sollte in genügend grossem Abstand zu Futtermais angepflanzt werden, um unerwünschte Fremdbefruchtung zu vermeiden. Die Erfahrungen haben aber gezeigt, dass Fremdbefruchtungen bei Zuckermais weniger problematisch sind. Zuckermais blüht häufig vor dem Futtermais und produziert ausserdem sehr viel eigenen Pollen, was die Wahrscheinlichkeit für Fremdbestäubungen zusätzlich reduziert (M. Menzi, FAL, persönliche Mitteilung). Die erwähnten Sonnenblumen-, Raps- und Mais-Spezialsorten werden von den Landwirten auf Vertragsbasis und meist im Auftrag einer landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaft angebaut. Der Landwirt verpflichtet sich, gewisse Anbauregeln einzuhalten, um eine genügend hohe Qualität des Ernteguts zu garantieren. In der Regel ist die Anbaufläche dieser Kulturen mit spezifischen Qualitätsmerkmalen im Vergleich zur übrigen landwirtschaftlichen Produktion aber gering.

Auch in der übrigen landwirtschaftlichen Produktion kann es vorkommen, dass ein Landwirt Sorten mit unterschiedlichen Qualitäten auf dem gleichen Betrieb anbaut und Vermischungen vermeiden muss. So gibt es beispielsweise bei Weizen unterschiedliche Qualitätsklassen (Top, I, II, III sowie Biskuit- und Futterweizen), für die der Landwirt auch unterschiedliche Richtpreise ausbezahlt bekommt.

4.3. Biologischer Landbau

Auch der biologische Landbau versucht, seine Produkte von der übrigen landwirtschaftlichen Produktion abzugrenzen. Im Vergleich zur mehrheitlich vorherrschenden Produktion nach den Richtlinien des ÖLN existieren für biologisch erzeugte Produkte zusätzliche Produktionsanforderungen. Erzeugnisse dürfen als biologische Produkte gekennzeichnet werden, wenn sie entsprechend den Vorgaben der Bio-Verordnung produziert wurden (Bio-Verordnung SR 910.18). Dies bedeutet beispielsweise, dass beim Anbau auf den Einsatz von synthetischen Pflanzenschutzmitteln und Kunstdünger verzichtet wird. Ausserdem müssen biologisch bewirtschaftete Flächen eine Umstellungsperiode (in der Regel zwei Jahre) hinter sich haben. In der Schweiz ist der biologische Landbau zusätzlich noch durch Verträge zwischen den Produzenten und privatrechtlichen Labelorganisationen wie BIO SUISSE geregelt. Diese Labelorganisationen können weitere Richtlinien und Weisungen erlassen, um unerwünschte Vermischungen mit der übrigen landwirtschaftlichen Produktion zu ver-

meiden (z.B. BIO SUISSE 2004b, 2004c). So müssen biologisch bewirtschaftete Parzellen eine genügende Distanz (Pufferzone) zu nicht biologisch bewirtschafteten Parzellen aufweisen, damit Kontaminationen mit Agrochemikalien vermieden werden. Die Vermeidung von Abdrift ist in den Bundesverordnungen (Bio-Verordnung SR 910.18, Art.9 Abs. 3b) und in den BIO SUISSE-Labelanforderungen (BIO SUISSE 2004b) in erster Linie für die schrittweise Umstellung geregelt. Allerdings sind auch alle anderen Betriebe verpflichtet, Abdrift von «nicht-biologisch» bewirtschafteten Flächen zu vermeiden. Interessanterweise liegt die Sorgfaltspflicht für die Garantie der Produktqualität immer beim jeweiligen Bioproduzenten. Dies bedeutet, dass es bei unverschuldeter Kontamination praktisch unmöglich ist, die Haftung auf den effektiven Verursacher abzuwälzen (BIO SUISSE 2004a). Allerdings werden Bioprodukte nicht routinemässig auf unerwünschte Anteile von konventionell oder nach anderen Richtlinien produziertem Material untersucht. Massgebend für die Kennzeichnung als biologisch hergestelltes Produkt ist der Nachweis, dass die biologischen Produktionsvorschriften eingehalten wurden.

Das System zur Warenrückverfolgbarkeit von Bioprodukten basiert auf quantitativen Angaben. Die Rückverfolgbarkeit erfolgt dementsprechend nicht chargenweise, sondern aufgrund von Mengenangaben. Obwohl sich der Wareneingang «Bio» und der Warenausgang «Bio» entsprechen, kann sich die «Identität» der Ware ändern. Wenn ein biologisch produzierender Landwirt beispielsweise einem Lohnunternehmer eine Tonne Mais liefert, damit er daraus Futtermittel macht, bekommt der Landwirt zwar wieder eine Tonne Bio-Mais zurück, es muss aber nicht unbedingt «sein» Biomais sein. Die vorgesehene lückenlose Rückverfolgbarkeit von Produkten aus GVP muss hingegen chargenweise erfolgen, damit die Identität der GVP-haltigen Produkte entlang der gesamten Produktionskette verfolgt werden kann.

4.4. Schlussfolgerungen zu den Systemen zur Identitätswahrung

In der bestehenden Landwirtschaft existieren bereits heute mehrere Systeme zur Identitätswahrung. Alle haben zum Ziel, unterschiedliche Sorten der gleichen Kulturpflanze getrennt anzubauen und zu vermarkten. Keines dieser Systeme kann aber ohne Anpassungen direkt für das Koexistenzkonzept übernommen werden.

Im Vergleich zu den bestehenden Systemen zur Identitätswahrung gibt es bei einem Anbau von GVP einen entscheidenden Unterschied bei den Verantwortlichkeiten zur Durchführung der Massnahmen. Bei Systemen zur Identitätswahrung müssen die Massnahmen zur Erhaltung der angestrebten Qualität vom Landwirt durchgeführt werden, der den Mehrwert erzielen möchte. Bei einem GVP-Anbau hingegen liegt die Verantwortung für die Koexistenz-Massnahmen gemäss GTG beim GVP nutzenden Landwirt. Die Verantwortung wird somit an einen Akteur übertragen, der nicht direkt in jenes Produktionssystem involviert ist, das eine bestimmte Qualität zum Ziel hat. Um eine erfolgreiche Koexistenz garantieren zu können, werden in der Praxis wahrscheinlich auch diejenigen Landwirte, die kein GVP nutzen, die Situation aufmerksam beobachten und möglicherweise entsprechende Massnahmen durchführen müssen.

5. Bestehende Koexistenzstudien

Bei der Erarbeitung des Koexistenzkonzepts haben wir uns an einer bestehenden Koexistenzstudie der Europäischen Kommission (Bock *et al.* 2002) sowie an einer entsprechenden dänischen Studie (Tolstrup *et al.* 2003) orientiert. In der vom «Joint Research Centre» (JRC) der Europäischen Kommission in Auftrag gegebenen Studie von Bock *et al.* (2002) analysierte eine Expertengruppe koexistenzrelevante Mechanismen und entsprechende Massnahmen für den Anbau von GV-Raps, -Mais und -Kartoffeln. Um mit Hilfe von Modellen zu berechnen, wie hoch der zu erwartende Eintrag von GVP in das GVP-freie Erntegut sein könnte, wurde für verschiedene Produktionssysteme und -bedingungen ein hypothetischer Anbau von GVP von 10 und 50% in einer Anbauregion angenommen. Für eine Vermischung von GVP-freien Produkten mit Produkten aus GVP ermittelten die Autoren der Studie vier hauptsächliche Mechanismen:

- Saatgutverunreinigungen
- Durchwuchs aus GVP-Vorkulturen
- Befruchtung durch Pollen von GVP-Kulturen
- Handhabung während Aussaat, Ernte und Transport

Die Expertengruppe kommt zum Schluss, dass bei einem hypothetischen 10 oder 50% GVP-Anteil in einer Anbauregion eine Koexistenz bei einem Toleranzwert von 0,3% für Saatgut und 1% für Lebensmittel technisch möglich wäre, jedoch aufgrund der Komplexität der notwendigen Änderungen und der damit verbundenen Kosten mit einem zusätzlichen wirtschaftlichen Aufwand verbunden. Je tiefer ein bestimmter Toleranzwert festgelegt wird, desto aufwändiger und kostspieliger ist es, diesen einzuhalten. In der Studie wird ausserdem darauf hingewiesen, dass der Anbau von Kulturen mit und ohne GVP auf demselben Hof sogar bei grösseren Betrieben ein unrealistisches Szenario sein dürfte.

In der dänischen Studie wurde eine Koexistenz-Strategie für diverse Kulturen unter den landwirtschaftlichen Bedingungen Dänemarks ausgearbeitet (Tolstrup *et al.* 2003). Die Autoren der Studie schlagen – basierend auf den vom JRC ermittelten Vermischungsmechanismen – Massnahmen vor, die eine Koexistenz mit der konventionellen und der ökologischen Landwirtschaft gewährleisten könnten. Als wesentliche koexistenzsichernde Massnahmen empfehlen die dänischen Experten:

- Abstände zwischen Feldern mit GVP und Feldern ohne GVP
- Pufferzonen am Rande von Feldern, die getrennt zu bebauen und zu ernten sind
- Fruchtwechsel und Anbaupausen zwischen dem Anbau von Kulturen mit GVP und Kulturen ohne GVP auf dem gleichen Feld

Die Expertengruppe kommt zum Schluss, dass bei Mais, Kartoffeln, Zuckerrüben, Weizen, Triticale, Gerste, Roggen, Hafer, Lupinen, Ackerbohnen sowie Erbsen mit den vorgeschlagenen Massnahmen eine Koexistenz im Rahmen des aktuellen Deklarationswertes von 0,9% für Lebens- und Futtermittel möglich sei. Für die Fremdbefruchter Raps, Futtergräser und Klee, deren Samen teilweise eine lange Überdauerungsfähigkeit im Boden besitzen, seien jedoch zusätzliche Massnahmen nötig, um eine Koexistenz gewährleisten zu können.

Auch eine englische Studie befasst sich mit der Frage, ob Koexistenzmassnahmen in der englischen Landwirtschaft umsetzbar wären und analysiert zudem, wer für mögliche Schäden haftbar wäre und wie diese kompensiert werden könnten (AEBC 2003). In der Schweiz wurde der Aspekt der Koexistenz – ähnlich wie in einer entsprechenden deutschen Studie (Barth *et al.* 2003) – bisher erst unter dem spezifischen Gesichtspunkt der Sicherung der gentechnikfreien Bioproduktion behandelt (Nowack 2004; Nowack *et al.* 2002).

Der Ansatz des vorliegenden Konzepts bestand zunächst darin, die im landwirtschaftlichen Produktionszyklus möglichen Eintragspfade von GVP zu analysieren und die hierfür kritischen Punkte zu evaluieren. In einem weiteren Schritt wurden Massnahmen erarbeitet, die die jeweiligen Vermischungen verhindern oder zumindest minimieren können. Zuletzt wird in dem Konzept unter Berücksichtigung der biologischen Eigenschaften von drei Modellkulturen (Mais, Weizen, Raps) präzisiert, welche spezifischen technischen und organisatorischen Massnahmen in der Schweiz innerhalb der landwirtschaftlichen Produktion getroffen werden müssten.

6. Eintragungspfade von GVP und Vermischungsmechanismen

Die in der vorliegenden Studie aufgeführten Eintragungspfade entsprechen den bereits in Bock *et al.* (2002) und Tolstrup *et al.* (2003) erwähnten Eintragungspfaden für GVP. Zum besseren Verständnis wurden die dort erwähnten Mechanismen in dieser Studie in sechs Hauptgruppen aufgeteilt (Tab. 2).

Die Ursachen für Vermischungen von GVP-haltigen mit GVP-freien Produkten sind in der Regel entweder biologisch oder technisch bedingt. Nur beim Saatgut können die Ursachen sowohl biologischer als auch technischer Natur sein. So könnten Kulturen zur Produktion von konventionellem Saatgut einerseits durch Pollen von GVP-Kulturen befruchtet worden sein, oder GV-Samen könnten sich bei der Ernte oder der Weiterverarbeitung mit konventionellem Saatgut vermischt haben. Bei biologischen Eintragungspfaden wird Material von GVP in Abhängigkeit von den biologischen Eigenschaften der Kulturpflanze oder der GV-Sorte sowohl durch Samen wie auch durch Pollen verbreitet. Samen aus der Samenbank einer GVP-Vorkultur können beispielsweise zu Durchwuchspflanzen auf einer GVP-freien Anbaufläche führen, und Kulturen ohne GVP können durch Pollentransfer von GVP-Kulturen oder von verwilderten GVP befruchtet werden. Es ist auch vorstellbar (aber in der Praxis eher unwahrscheinlich), dass gentechnische Sequenzen in einem ersten Schritt auf verwandte Arten auskreuzen und anschliessend über Fremdbefruchtung durch Pollenflug in eine GVP-freie Kultur gelangen.

Bei den technisch bedingten Eintragungspfaden können drei Mechanismen unterschieden werden: (1) Während der Aussaat und bei der Ernte kann es zu Samenvermischungen innerhalb der verwendeten Maschinen kommen. Material von GVP könnte ausserdem während der Saatbettvorbereitung und bei den Pflegemassnahmen von einem Feld mit GVP auf ein GVP-freies Feld verschleppt werden. (2) GV-Samen könnten via Ernte-Nebenprodukte wie Stroh, Hofdünger oder Kompost auf ein Feld ohne GVP ausgebracht werden. Der Eintrag von GVP kann dabei über hofeigene oder über zugekaufte Ernte-Nebenprodukte stattfinden. (3) Bei der Lagerung und Verarbeitung auf dem Hof sowie beim anschliessenden Transport zur Sammelstelle könnte es zu Vermischungen von Erntegütern kommen.

Tabelle 2. Zusammenstellung möglicher Eintragungspfade, über die sich GVP im landwirtschaftlichen Produktionszyklus verbreiten können

GVP-Eintrag via	Ursache	Eintragungspfad	Medium	Quelle
Saatgut ¹⁾	biologisch/ technisch	GV-Samen in Nicht-GV-Saatgut	Samen & Pollen	Fremdbefruchtung und Vermischung während der Saatgutherstellung
Durchwuchs	biologisch	Durchwuchs von GVP in Feldern ohne GVP	Samen	Samenbank der GVP aus Vorkulturen
Auskreuzung	biologisch	Fremdbefruchtung von GVP-freien Kulturen mit GVP-Pollen	Pollen	<ul style="list-style-type: none"> ■ GVP-Kulturen ■ Verwilderte GVP ■ Verwandte Arten (Kultur>Wildart>Kultur)
Handhabung Maschinen	technisch	Vermischung mit GV-Samen in Maschinen Verschleppung von GV-Samen durch Maschinen	Samen	Aussaat und Ernte Saatbettvorbereitung und Pflegemassnahmen
Verwendung Ernte-Nebenprodukte	technisch	Ausbringung von GV-Samen auf ein GVP-freies Feld	Samen	Stroh, Hofdünger, Kompost, Silage, Rauhfutter
Verarbeitung Erntegut	technisch	Vermischung von GVP-freiem Erntegut mit GVP-Erntegut	Samen	Lagerung, Verarbeitung und Transport

Die Mechanismen wurden in sechs Hauptgruppen aufgeteilt. Jeder Gruppe wurde eine bestimmte Farbe zugewiesen.

¹⁾ Saatgut bzw. Samen beinhaltet immer auch Pflanzgut bzw. Knollen

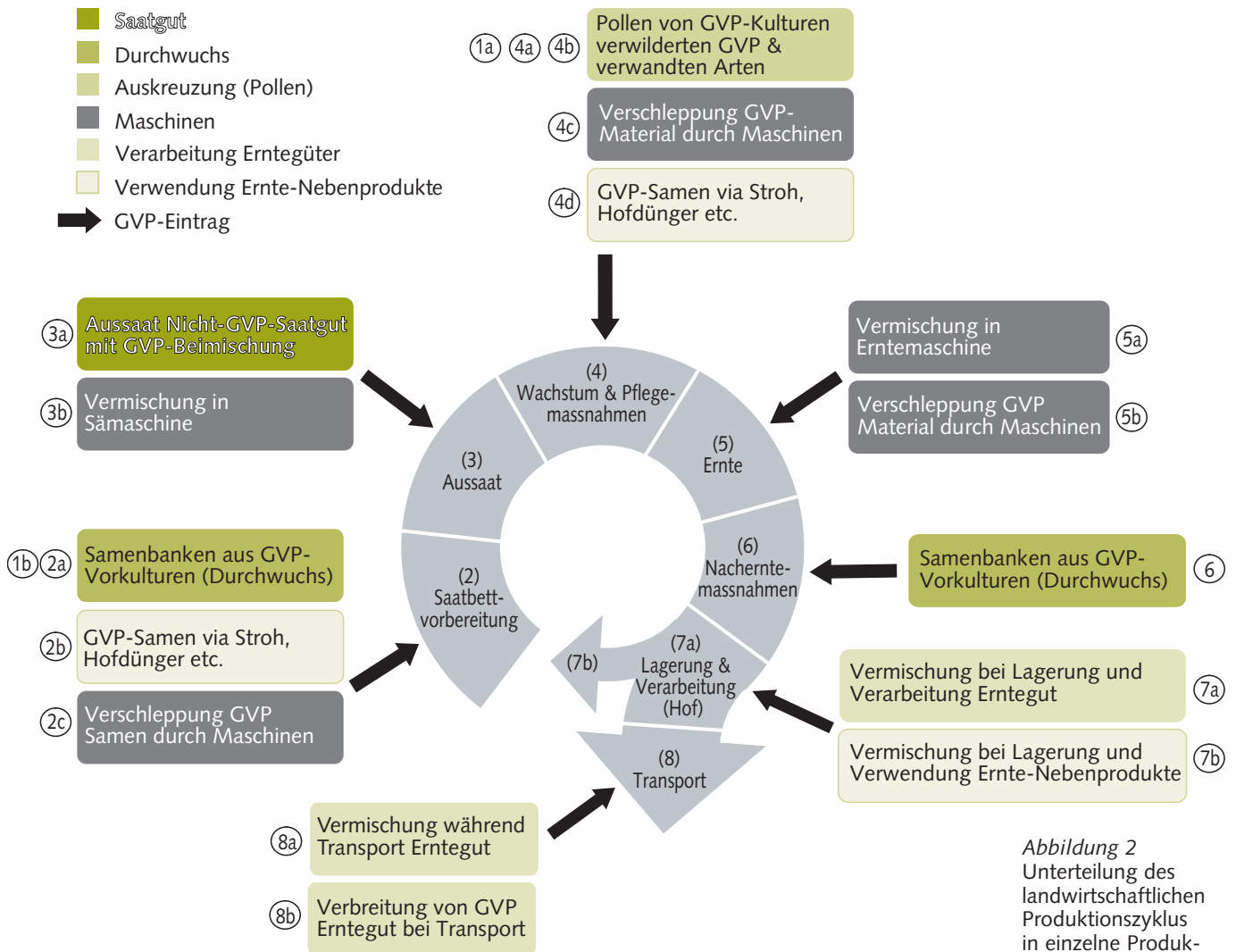


Abbildung 2 Unterteilung des landwirtschaftlichen Produktionszyklus in einzelne Produktionsphasen – nicht aufgeführt ist Phase (1) Anbauplanung. Zu verschiedenen Zeitpunkten kann es in der Produktionskette zu Vermischungen von GVP-freien mit GVP-haltigen Produkten kommen (siehe Pfeile). Die Eintragungspfade (Nummerierung gemäss Tabelle 3) sind zum Zeitpunkt ihres effektiven Auftretens dargestellt, wobei für 1a und 1b entsprechende Massnahmen bereits in der Anbauplanung durchgeführt werden.

Betrachtet man den landwirtschaftlichen Produktionszyklus, so kann es in jeder Produktionsphase zu Vermischungen von GVP-haltigen mit GVP-freien Produkten kommen (Abb. 2). Der Produktionszyklus wurde für diese Studie in acht Phasen unterteilt: (1) Anbauplanung, (2) Saatbettvorbereitung, (3) Aussaat, (4) Wachstum und Pflegemassnahmen, (5) Ernte, (6) Nacherntemassnahme, (7) Lagerung und Verarbeitung sowie (8) Transport. Phase (7) ist zusätzlich unterteilt in die beiden Phasen (7a) Lagerung und Verarbeitung von Ernteprodukten, die später zur Weiterverarbeitung vom Hof wegtransportiert werden, und (7b) Lagerung und Verwendung von Ernte-Nebenprodukten auf dem Hof.

6.1. Interpretation des gesetzlich festgelegten Deklarationswertes

Der gesetzlich festgelegte Deklarationswert für die Einträge bewilligter GVP in Lebens- und Futtermittel beträgt in der Schweiz und in der EU 0,9%. Die gesetzlichen Bestimmungen bleiben allerdings relativ vage, wenn es darum geht, worauf sich diese 0,9% beziehen. In der neuen Lebensmittelverordnung ist von einer Vermischung von herkömmlichen Erzeugnissen mit GVO die Rede. Es heisst darin, dass auf eine Kennzeichnung verzichtet werden kann, wenn keine Zutat Material von GVO im Umfang von mehr als 0,9% enthält (BAG 2004). Die verwendeten Begriffe «Erzeugnis, Material und Zutat» sind dabei unklar definiert. Auf die landwirtschaftliche Praxis bezogen bedeutet dies, dass nicht klar ist, wann ein Produkt im Produktionszyklus nicht mehr als 0,9% GVO enthalten sollte:

- Auf dem Feld?
- In jeder Wagenladung, die in der Sammelstelle abgeben wird?

- Im Produkt, das den Hof verlässt?
- Im Produkt, das kommerzialisiert wird?

Für das vorliegende Koexistenzkonzept haben wir uns darauf geeinigt, dass höchstens 0,9% GVO in jeder Wagenladung sein sollten, die der Landwirt in der Sammelstelle abgibt.

Der Deklarationswert von 0,9% kann in der landwirtschaftlichen Produktion verschieden interpretiert werden. Es ist unklar, ob sich Einträge von GVP über die gesamte Produktionskette bis zum Endprodukt akkumulieren oder ob der jeweilige GVP-Eintrag bei jedem Produktionsschritt wieder neu vermischt wird. Im ersten Fall müssten die GVP-Einträge während den einzelnen Produktionsschritten deutlich kleiner als 0,9% sein. Nur so wird dieser Wert im Endprodukt nicht überschritten. Im zweiten Fall würden die 0,9% nur für den jeweiligen Produktionsschritt gelten. Falls sich die Einträge akkumulieren, muss der Eintrag über das Saatgut möglichst tief gehalten werden, weil dieser bei einem Toleranzwert von 0,5% im Saatgut schon mehr als die Hälfte des Deklarationswertes von 0,9% ausmachen könnte. Der Spielraum für weitere Vermischungen während des Anbaus und der Weiterverarbeitung beträgt demnach nur noch 0,4%, was hohe Ansprüche an den Anbau und die Warenflusstrennung stellt. Um diesen Spielraum zu erhöhen, könnte es sinnvoll sein, den Toleranzwert im Saatgut auf 0,3% zu senken. Dazu wären Überlegungen nötig, wie der GVO-Anteil im Saatgut weiter gesenkt werden kann (z.B. durch eine Regionalisierung der Saatgutproduktion). Die Schweiz ist – abgesehen von Getreide (Weizen, Gerste, Roggen, Hafer) und Kartoffeln – weitgehend von ausländischem Saatgut abhängig. Es ist deshalb möglich, dass der in der Schweiz geltende Toleranzwert an den in der EU diskutierten Wert von 0,3% angepasst werden könnte.

7. Koexistenzkonzept für die Schweizer Landwirtschaft am Beispiel Mais, Weizen und Raps

7.1. Kulturspezifische Informationen für Mais, Weizen und Raps

Die Studie spezifiziert anhand von drei Modellkulturen (Mais, Weizen, Raps), welche technischen und organisatorischen Massnahmen innerhalb der landwirtschaftlichen Produktion zu treffen sind, damit die definierten Deklarationswerte eingehalten werden können. Für jeden Eintragspfad werden zudem Relevanz und Aufwand der vorgeschlagenen Massnahmen beurteilt.

7.1.1. Kulturspezifische Informationen Mais

Anbaupraxis und Anbaufläche Schweiz

Mais (*Zea mays*) wird in der Schweiz hauptsächlich als Futterpflanze angebaut (Silo- und Grünmais: 41 000 ha; Körnermais: 24 000 ha) (SBV 2002). Während bei Silomais die ganze Pflanze siliert wird, werden bei Körnermais nur die Körner getrocknet und gemahlen. Gemessen an der offenen Ackerfläche ist Mais die zweitwichtigste Kulturpflanze der Schweiz. Die Hauptanbauggebiete liegen im Mittelland und im Genferseebecken (Abb. 3a).

Ausser bei speziellen Landsorten (z.B. Ribelmals) werden heute ausschliesslich Hybridsorten angebaut. Hybridsorten, die aus der Kreuzung von Inzuchtlinien hervorgehen, sind aufgrund des Heterosiseffekts leistungsfähiger als die entsprechenden Elternpflanzen. Da der positive Effekt bei den Nachkommen der Hybride nicht mehr auftritt, wird jährlich neues Saatgut zugekauft.

Mais ist ein wertvolles Fruchtfolgeglied in getreidebetonten Fruchtfolgen und stellt nur geringe Ansprüche an die Fruchtfolge (Schmid *et al.* 1996). Ein intensiver Maisanbau kann allerdings Schadpilze fördern sowie die Verbreitung von Schädlingen beschleunigen. Es wird empfohlen, einen Maisanteil von 20–30% in der Fruchtfolge nicht zu überschreiten.

Biologische Eigenschaften und Verbreitungspfade

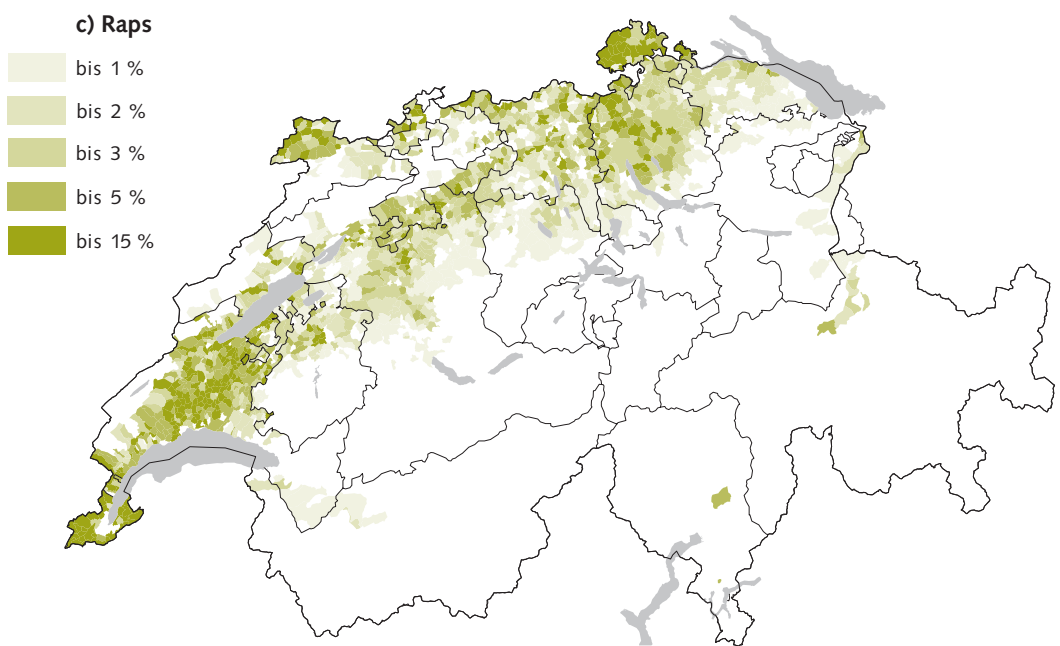
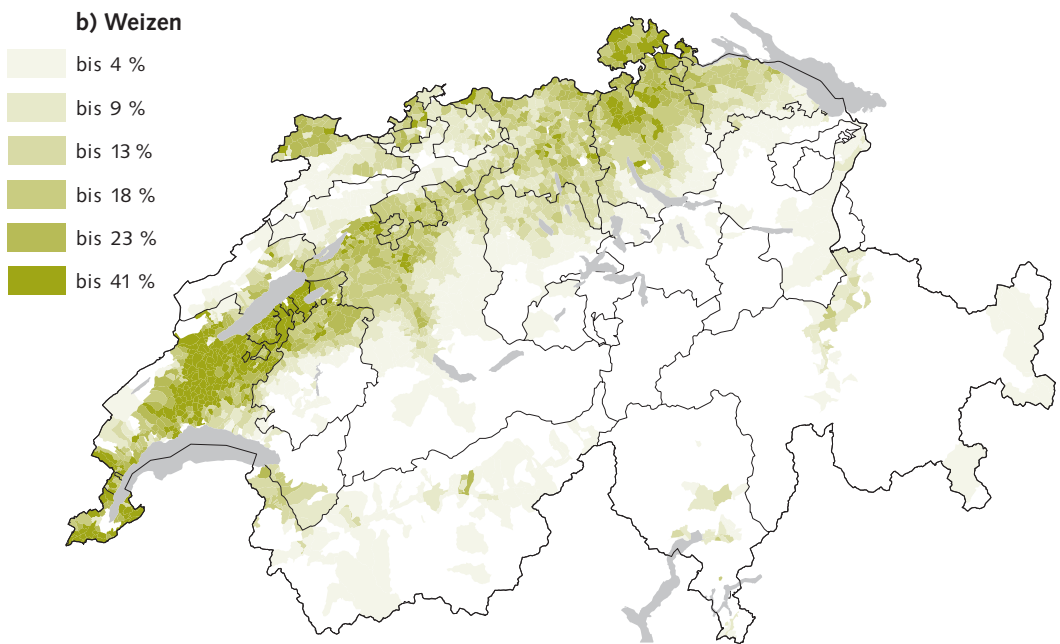
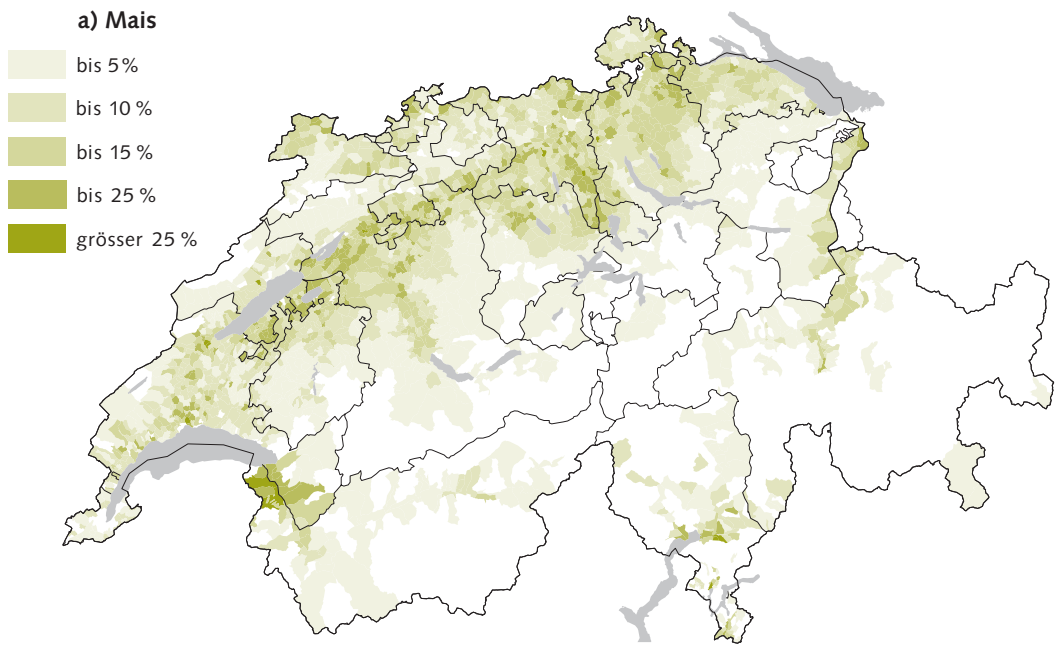
Mais ist monözisch (einhäusig) und damit getrennt geschlechtlich, das heisst, dass sich an der gleichen Pflanze männliche und weibliche Blüten entwickeln. Er ist zudem überwiegend fremdbefruchtend, und der Pollen wird durch den Wind übertragen. Aufgrund dieser biologischen Eigenschaften von Mais besteht ein mittleres bis hohes Risiko für eine Auskreuzung auf andere Maiskulturen (Eastham und Sweet 2002). Die Verwilderung von Mais ist in der Schweiz dagegen unwahrscheinlich, weil die Maiskörner tiefe Temperaturen nicht überstehen und ihre Keimfähigkeit schon nach kurzer Zeit verlieren (Hütter *et al.* 2000; Jacot und Jacot 1994). Da sich moderne Maishybriden ausserhalb der Anbaufläche langfristig nicht vermehren können, sind sie auch nicht fähig, natürliche Habitate zu besiedeln (CFIA 1994a).

7.1.2. Kulturspezifische Informationen Weizen

Anbaupraxis und Anbaufläche Schweiz

Weizen (*Triticum aestivum*) ist die wichtigste Getreideart zur Brotherstellung und mit einer Anbaufläche von 89 000 Hektaren (Ø 2000 – 2004) auch die wichtigste Kulturpflanze des Ackerbaus in der Schweiz (SGPV 2004). Weizen bedeckt knapp ein Drittel der offenen Ackerfläche der Schweiz und wird bis in Höhen von 900 m.ü.M. angebaut (Abb. 3b). Es wird vor allem Winterweizen angebaut (85 000 ha); Sommerweizen spielt nur eine untergeordnete Rolle (4 000 ha).

Abbildung 3
 Anteil der Kulturen an der landwirtschaftlichen Nutzfläche in der Schweiz, aufgeteilt nach Gemeinden: a) Mais, b) Weizen und c) Raps; Gemeinden ohne Anbau der jeweiligen Kultur sind weiss dargestellt.
 Datengrundlagen: Generalisierte Gemeindegrenzen der Schweiz 2003, Eidgenössische Betriebszählung 2003, Bundesamt für Statistik, GEOSTAT, CH-2010 Neuchâtel



Ein maximaler Fruchtfolge-Anteil von 25% Weizen wäre aus phytosanitärer Sicht ideal. Allerdings wird er in der Schweiz nur selten realisiert, weil Weizen eine ausgesprochen wichtige Getreideart ist (Schmid *et al.* 1996). Heute wird im Fruchtfolge-Anbau nach ÖLN-Richtlinien ein Anteil von maximal 50% empfohlen (KIP 2004).

Biologische Eigenschaften und Verbreitungspfade

Weizen ist überwiegend selbstbefruchtend und bildet nur geringe Mengen Pollen. Höchstens 2% der Pflanzen werden unter Feldbedingungen von unmittelbar angrenzenden Pflanzen befruchtet (Eastham und Sweet 2002). Weizen hat deshalb ein geringes Auskreuzungsrisiko.

Weizen kann sich nur im Zusammenhang mit einer Kultivierung fortpflanzen. Die Verbreitung der Samen hängt damit vollständig vom Menschen ab. Durch die Züchtung sind viele Eigenschaften verloren gegangen, die ein Überleben des Weizens in natürlichen Lebensräumen ermöglichen würde. So wurde beispielsweise die Brüchigkeit der Ähre eliminiert, so dass die Körner sich nicht von selbst von der Ähre lösen. Trotz dieser neuen Eigenschaften ist bei Weizen ein Überdauern der Samen im Boden mit anschließendem Wachstum in den Folgekulturen möglich. Dies ist meist auf Verluste bei der Ernte (Durchwuchs) oder beim Transport zurückzuführen (CFIA 1999). Weizenpflanzen können in Habitaten mit einem geringen Konkurrenzdruck (z.B. Ruderalflächen oder Strassenränder) auftreten. Das Überleben in solchen Habitaten ist aber auf einen kurzen Zeitraum beschränkt (OECD 1999). Für eine Ausbreitung und dauerhafte Ansiedlung ausserhalb der Kulturfläche gibt es deshalb keine Hinweise.

7.1.3. Kulturspezifische Informationen Raps

Anbaupraxis und Anbaufläche Schweiz

Raps (*Brassica napus* ssp. *oleifera*) ist die bedeutendste Ölfrucht in der Schweiz, wobei Rapsöl als Speiseöl das wichtigste Produkt ist. Die kontingentierte Anbaufläche betrug in den letzten vier Jahren durchschnittlich 15 000 Hektare (SGPV 2004). Raps wird in der Schweiz im Vergleich zu Weizen und Mais weniger häufig angebaut (Abb. 3c). Die heute verwendeten 00-Sorten zeichnen sich durch eine Erucasäure- und Glucosinolatarmut aus.

Bei Raps wird zwischen Winter- und Sommerformen unterschieden. In der Schweiz wird überwiegend die im Spätsommer ausgesäte Winterform angebaut. Man unterscheidet zwischen männlich fertilen und männlich sterilen Sorten. Bei den männlich fertilen Liniensorten und bei den männlich fertilen Hybridsorten mit restaurierter Fertilität ist die Fruchtbarkeit nicht oder nur geringfügig beeinträchtigt, so dass diese Sorten genügend eigenen Pollen bilden. Die männlich sterilen Verbundhybriden bilden selbst keinen Pollen, so dass ein bis zwei Bestäuber zugemischt werden, wodurch sich ein Verhältnis von 80% männlich sterilen und 20% fertilen Pflanzen in einem Feld ergibt. In der Schweiz werden ungefähr 65% Hybridsorten mit restaurierter Fertilität und 30% Verbundhybrid-Sorten verkauft. Liniensorten haben dagegen eine abnehmende Bedeutung (F.J. Stadelmann, Eric Schweizer Samen AG, persönliche Mitteilung). Raps ist ein idealer Fruchtfolgepartner, da er mit anderen Kulturen nur wenige Krankheiten und Schädlinge gemeinsam hat (Schmid *et al.* 1996).

Biologische Eigenschaften und Verbreitungspfade

Raps besitzt je einen diploiden Chromosomensatz seiner ursprünglichen Vorfahren, dem Gemüsekohl (*B. oleracea*) und der Weissen Rübe (*B. rapa* ssp. *campestris*). Raps ist unter Feldbedingungen vor allem selbstbefruchtend. Bei 5 bis 30% der Pflanzen kommen aber auch Fremdbefruchtungen vor (OECD 1997). Pollenübertragungen von Pflanze zu Pflanze können entweder durch direkten physischen Kontakt zwischen Nachbarpflanzen oder durch Insekten und den Wind stattfinden. Ramsay *et al.* (2003) konnten zeigen, dass die

Übertragung durch den Wind relativ unwirksam ist. Ein Grossteil des befruchtenden Pollens wird dagegen durch bestäubende Insekten wie Bienen und Hummeln übertragen.

Bei Raps besteht von den drei Modellkulturen das grösste Risiko für einen Genfluss, sowohl auf andere Rapskulturen als auch auf verwandte Wildarten (Eastham und Sweet 2002). Das Überdauerungspotenzial von Rapssamen im Boden ist ebenfalls sehr gross. Rapssamen sind sehr klein und werden in sehr grossen Mengen produziert, weshalb sie sich während der Ernte oder beim Transport relativ leicht verbreiten (CFIA 1994b; OECD 1997; Treu und Emberlin 2000). In Schottland wurden auf einer Fläche von 70 Quadratkilometern hundert Populationen verwilderter Rapspflanzen gefunden, wobei diese durchschnittlich einen Abstand von 700 Metern zur nächsten Anbaufläche hatten (Timmons *et al.* 1995). Mit Hilfe von sortenspezifischen Markern wurde nachgewiesen, dass Rapspflanzen an Strassenrändern auch noch acht Jahre nach ihrer Aussaat auskeimen und sich entwickeln können (Pessel *et al.* 2001).

7.2. Allgemeine Massnahmen zur Vermeidung von Vermischungen

Vermischungen von GVP-freien Produkten mit Produkten aus GVP können durch verschiedene technische und organisatorische Massnahmen reduziert werden (Tab. 3). Das Koexistenzkonzept orientiert sich methodisch an existierenden Systemen zur Identitätswahrung und an den dort angewandten Massnahmen (siehe Kap. 4). Die in dieser Studie vorgeschlagenen Massnahmen basieren zudem zu einem grossen Teil auf den in der dänischen Koexistenzstudie vorgeschlagenen Schritten (Tolstrup *et al.* 2003).

In den Kapiteln 7.4. bis 7.10. werden für jeden Eintragspfad von GVP spezifische Koexistenz-Massnahmen besprochen, mit denen Vermischungen bei Mais, Weizen und Raps minimiert werden können. Zum besseren Verständnis sind die Eintragspfade gemäss der in Tabelle 2 aufgeführten Reihenfolge strukturiert. Bei einigen Eintragspfaden kann es sein, dass entsprechende Massnahmen in mehreren Produktionsphasen durchgeführt werden können. Massnahmen zur Bekämpfung von Durchwuchs können beispielsweise während der Saatbettvorbereitung und/oder nach der Ernte durchgeführt werden. Um dieser Tatsache Rechnung zu tragen, wurden die in jeder Produktionsphase notwendigen Massnahmen jeweils einer definierten Aktion zugewiesen und fortlaufend nummeriert. Die Nummern entsprechen dabei den in Abbildung 2 dargestellten Produktionsphasen. Wenn pro Produktionsphase mehrere Aktionen nötig sind, werden die einzelnen Aktionen zusätzlich noch mit Buchstaben unterschieden. Massnahmen, die bereits in der Anbauplanung organisiert werden müssen, werden beispielsweise mit (1a) oder (1b) bezeichnet.

Anhang 2 gibt einen Überblick über sämtliche Eintragspfade und die entsprechenden Koexistenz-Massnahmen. Ausserdem werden zusätzlich für jeden Eintragspfad die beeinflussenden Parameter und die involvierten Kreise aufgeführt, die bei der Erstellung eines Koexistenzkonzepts berücksichtigt werden müssen. Koexistenzsichernde Massnahmen müssen nach dem Gesetz in erster Linie vom GVP nutzenden Landwirt durchgeführt werden. Eine Ausnahme bilden der Kauf von zertifiziertem «konventionellem» Saatgut und die Verwendung von GVP-freien Ernte-Nebenprodukten, die durch den Landwirt, der keine GVP verwendet, erworben werden. Eine erfolgreiche Koexistenz verschiedener Anbausysteme bedingt jedoch gegenseitigen Respekt. Sowohl Landwirte mit als auch Landwirte ohne GVP-Anbau sollten bereit sein, wenn nötig entsprechende Koexistenz-Massnahmen durchzuführen.

7.3. Relevanz der Eintragspfade von GVP und Aufwand der Massnahmen

Einträge von GVP variieren je nach den biologischen Eigenschaften und der Anbaupraxis der jeweiligen Kulturpflanze. Beispielsweise spielt die Auskreuzung bei Mais und bei Raps eine wichtige Rolle. Bei Weizen hat dieser Eintragspfad dagegen nur eine geringe Relevanz.

Tabelle 3. Mögliche Massnahmen zur Verhinderung von Vermischungen von GVP-haltigen mit GVP-freien Produkten

Produktionsphase	Aktion*	Eintragspfad	Mögliche Massnahmen
Anbauplanung	1a	Fremdbefruchtung von Kulturen ohne GVP durch GVP-Pollen	Information und Absprachen mit Landwirten der umliegenden Parzellen betreffend: <ul style="list-style-type: none"> ■ Lage, Grösse und Form des GVP-Feldes und/oder der umliegenden Felder ohne GVP ■ Einhaltung von Isolationsabständen und Einrichtung von Pufferzonen ■ Aussattermine zur Trennung der Blühperioden
	1b	Durchwuchs aus Samenbanken von GVP-Vorkulturen in Folgekulturen ohne GVP	Anpassen der Fruchtfolge und Einhalten der Anbaupausen (siehe auch Saatbettvorbereitung)
Saatbettvorbereitung	2a	Durchwuchs aus Samenbanken von GVP-Vorkulturen in Folgekulturen ohne GVP	Gezielte Kontrolle des Durchwuchses (Bodenbearbeitung/Herbizidanwendung, siehe auch Nacherntemassnahmen)
	2b	Ausbringung von GV-Samen auf ein Feld ohne GVP über Ernte-Nebenprodukte und Hofdünger	Räumlich getrennte Lagerung, keine Verwendung von Ernte-Nebenprodukten aus Betrieben mit GVP auf Betrieben ohne GVP
	2c	Verschleppung von GV-Samen auf ein Feld ohne GVP durch Maschinen	Reinigung der Maschinen
Aussaat	3a	Aussaat von «konventionellem» Saatgut, das mit GV-Samen vermischt ist	Verwendung von zertifiziertem Saatgut oder geprüftem Saatgut bei Nachbau
	3b	Aussaat von GV-Samen auf Felder ohne GVP durch Vermischung in der Sämaschine	Reinigung der Sämaschine, zeitlich und evtl. räumlich getrennte Verwendung der Sämaschine
Wachstumsphase und Pflegemassnahmen	4a	Befruchtung von Nicht-GVP durch Pollen von verwilderten GVP	Kontrolle und Bekämpfung der verwilderten GVP bzw. verwandten Wildarten an Feldrändern und in angrenzenden Gebieten vor der Blüte der Kulturpflanzen
	4b	Befruchtung von Kulturen ohne GVP durch GVP-Pollen von verwandten Wildarten (Kultur>Wildart>Kultur)	
	4c	Verschleppung von GVP-Material (Pflanzen, Pollen, Samen) auf ein Feld ohne GVP durch Maschinen	Reinigung der Maschinen
	4d	Ausbringung von GV-Samen auf ein Feld ohne GVP über Ernte-Nebenprodukte und Hofdünger	Räumlich getrennte Lagerung, keine Verwendung von Ernte-Nebenprodukten aus Betrieben mit GVP auf Betrieben ohne GVP
Ernte	5a	Vermischung von GVP-freiem Erntegut mit GVP-Erntegut in der Erntemaschine	Reinigung der Erntemaschinen, zeitlich und evtl. räumlich getrennte Verwendung der Erntemaschinen
	5b	Verschleppung von GVP-Material (Pflanzen, Pollen, Samen) auf ein Feld ohne GVP durch Maschinen	Reinigung der Maschinen
Nacherntemassnahmen	6	Durchwuchs aus Samenbanken von GVP-Vorkulturen in Folgekulturen ohne GVP	Gezielte Kontrolle des Durchwuchses (Bodenbearbeitung/Herbizidanwendung, siehe auch Saatbettvorbereitungen)
Lagerung und Verarbeitung Erntegüter (Hof)	7a	Vermischung von GVP-freiem Erntegut mit GVP-Erntegut bei Lagerung und Verarbeitung auf dem Hof (sortieren, verladen)	Kennzeichnung von GVP-Erntegut, zeitlich und evtl. räumlich getrennte Lagerung/Verarbeitung, Reinigung von Lagerbehältern, Dokumentation und Deklaration bei Abgabe des Ernteguts durch GVP nutzenden Landw.
Lagerung und Verwendung Ernte-Nebenprodukte (Hof)	7b	Vermischung von GVP-freiem Erntegut mit GVP-Ernte-Nebenprodukten bei Lagerung und Verwendung auf dem Hof (Hofdünger, Stroh etc.)	Räumlich getrennte Lagerung / zeitlich getrennte Verwendung, Reinigung von Maschinen, keine Verwendung von Ernte-Nebenprodukten aus Betrieben mit GVP auf Betrieben ohne GVP
Transport	8a	Vermischung von GVP-freiem Erntegut mit GVP-Erntegut während des Transports zur Sammelstelle	Reinigung von Transportbehältern, zeitlich und evtl. räumlich getrennter Transport
	8b	Verbreitung von GVP-Material beim Transport von Feld über Hof zur Sammelstelle	Verwendung dichter Transportbehälter

*Die Aktion bezieht sich auf die Produktionsphase, in der die entsprechende Massnahme durchgeführt werden muss (s. Abb. 2)

Das Risiko einer Auskreuzung auf verwandte Wildarten fällt bei Mais weg, da dieser in der Schweiz keine verwandten Arten besitzt. Koexistenzmassnahmen müssen deshalb für jede Kultur separat beurteilt werden. Die Massnahmen müssen in Bezug zur Relevanz eines Eintragspfades bei einer bestimmten Kulturpflanze und zum damit verbundenen Aufwand gestellt werden. Bei einigen Eintragspfaden (z.B. Befruchtung durch Pollen von verwilderten GVP) kann es beispielsweise sein, dass die Wahrscheinlichkeit einer Auskreuzung gering ist, aber der Aufwand zur Durchführung der Massnahmen unverhältnismässig gross ausfallen würde. Andererseits kann die Wahrscheinlichkeit für Vermischungen bei anderen Eintragspfaden durch einen vergleichsweise geringen Mehraufwand reduziert werden, obwohl die Wahrscheinlichkeit für Vermischungen relativ hoch ist (beispielsweise eine Vermischung in Maschinen während der Ernte oder bei der anschliessenden Lagerung und Verarbeitung auf dem Hof).

Jede Massnahme bedeutet einen gewissen Aufwand, wobei der effektive Mehraufwand berücksichtigt werden muss, den der GVP nutzende Landwirt zusätzlich zu den in einer bestimmten Produktionsphase notwendigen Arbeiten bereits heute durchzuführen hat. Der zusätzliche Aufwand kann je nach Massnahme entweder einen zeitlichen Mehraufwand bedeuten (z.B. gründlichere Reinigung einer Maschine), oder in Form einer zusätzlichen finanziellen Investition in die Infrastruktur des Hofes entstehen (z.B. zusätzlicher Raum zur separaten Lagerung von Erntegütern). In Tabelle 4 wird die Relevanz der Eintragspfade von GVP bei den drei Modellpflanzen Mais, Weizen und Raps (basierend auf ihren biologischen Eigenschaften) beurteilt und der Aufwand für entsprechende Massnahmen abgeschätzt. Für Labelorganisationen (z.B. BIO SUISSE), die höhere Ansprüche an die Reinheit ihrer Produkte in Bezug auf GVO stellen, sind vermutlich strengere Massnahmen nötig. Entsprechende Massnahmen wurden teilweise bereits analysiert (Barth *et al.* 2003; Nowack 2004; Nowack *et al.* 2002).

Höhere Einträge von GVP könnten bei Raps durch Auskreuzung und Durchwuchs entstehen, während bei Mais nur die Auskreuzung kritisch ist. Die Einrichtung von Pufferzonen an den Feldrändern sowie grössere Isolationsabstände können eine Auskreuzung minimieren. Durchwuchs lässt sich durch eine angepasste Bekämpfungsstrategie (Bodenbearbeitung/Herbizidbehandlung) nach der Ernte sowie durch längere Anbaupausen kontrollieren. Strengere technische Massnahmen (z.B. gründlichere Reinigung von Maschinen etc.) dürften hingegen einen eher geringen Einfluss haben, weil sich der Aufwand für eine saubere Warenflusstrennung bei unterschiedlichen Anbausystemen wahrscheinlich nur geringfügig unterscheidet.

7.4. Massnahmen zur Vermeidung von Einträgen durch das verwendete Saatgut

7.4.1. Verwendung von zertifiziertem Saatgut

Einträge von GVP über das Saatgut können durch die Verwendung von zertifiziertem Saatgut am effektivsten vermieden werden. GVO-Analysen sind in der Schweiz bisher nur für importiertes Saatgut etabliert. Dieses wird heute je nach Kulturart und Herkunftsland analysiert. Die Importeure von Saatgut bestimmter Kulturen (Soja, Mais, Raps, Tomaten, Zuckerrüben und Chicorée) benötigen eine Generaleinfuhrbewilligung des BLW. Sie sind verpflichtet, alle eingeführten Saatgutposten beim BLW zu melden. Das BLW entscheidet dann aufgrund dieser Meldungen, von welchen Saatgutposten Proben gezogen und auf Anteile von GVP analysiert werden.

Bei Saatgut, das in der Schweiz vermehrt wird, werden zurzeit keine routinemässigen GVO-Analysen durchgeführt. Falls in der Schweiz GVP angebaut würden, sollte inländisches Saatgut ebenfalls auf Anteile von GVP untersucht werden, um einen GVP-Anteil von maximal 0,5% zu garantieren. Diese zusätzliche Untersuchung könnte in die Zertifizierung

Tabelle 4. Beurteilung der Relevanz der Eintragspfade von GVP und des Mehraufwands für die Landwirte für entsprechende Koexistenzmassnahmen bei den drei Modellpflanzen Mais, Weizen und Raps

GVP-Eintragspfad	Mögliche Massnahme	Mais		Weizen		Raps		Art des Mehraufwands
		Relevanz ¹⁾	Mehraufwand ²⁾	Relevanz	Mehraufwand	Relevanz	Mehraufwand	
Saatgut	Verwendung von zertifiziertem Nicht-GV-Saatgut	■■■	-- ³⁾	■■■	-- ³⁾	■■	-- ³⁾	-- ³⁾
Durchwuchs	Anpassen der Fruchtfolge und Einhalten von Anbaupausen	■	■	■■	■	■■■	■	Planung
	Gezielte Kontrolle des Durchwuchses (Bodenbearbeitung/Herbizid-anwendungen)	■	■	■■	■	■■■	■■	Arbeit ⁸⁾
Auskreuzung GVP-Kulturen	Information und Absprachen mit Landwirten der umliegenden Parzellen betreffend der Einhaltung von Isolationsabständen und der Einrichtung von Pufferzonen	■■■	■■	■	■	■■■	■■	Arbeit
Auskreuzung verwilderte GVP	Kontrolle und Pflege der Feldränder und angrenzender Gebiete vor der Blüte der Kulturpflanzen	■	■	■	■	■■	■■■	Arbeit ⁸⁾
Auskreuzung verwandte Arten	Kontrolle der Feldränder vor der Blüte der verwandten Arten	-- ⁴⁾	-- ⁴⁾	-- ⁵⁾	-- ⁵⁾	■	■■■	Arbeit ⁸⁾
Handhabung Maschinen	Reinigung und zeitlich getrennte Verwendung von Maschinen	■	■	■■	■■	■■■	■■	Arbeit
Verwendung Ernte-Nebenprodukte	Räumlich getrennte Lagerung und zeitlich getrennte Verwendung	-- ⁶⁾	-- ⁶⁾	■■	■	■■ ⁷⁾	■ ⁷⁾	Investition, Arbeit
	Keine Verwendung von Ernte-Nebenprodukten aus Betrieben mit GVP auf Betrieben ohne GVP	-- ⁶⁾	-- ⁶⁾	■■	■	■■ ⁷⁾	■ ⁷⁾	Arbeit
Verarbeitung Erntegut	Getrennte Lagerung / Verarbeitung, Reinigung der Lagerbehälter	■■■	■■	■■■	■	■■■	■	Investition und Arbeit
	Getrennter Transport, Reinigung der Transportbehälter, Verwendung dichter Transportbehälter	■■■	■	■■	■	■■■	■	Investition und Arbeit

Die Beurteilung der Relevanz des Eintragspfads basiert auf der Annahme, dass keine Koexistenz-Massnahmen unternommen werden.

- 1) ■■■ = hohe Relevanz, ■■ = mittlere Relevanz, ■ = geringe Relevanz
- 2) Der Mehraufwand betrifft in der Regel den GVP-nutzenden Landwirt. Ausnahme: Verwendung von GVP-freien Ernte-Nebenprodukten (■■■ = hoher Aufwand, ■■ = mittlerer Aufwand, ■ = geringer Aufwand)
- 3) Zertifiziertes Saatgut bedeutet keinen Mehraufwand für den Anwender (nur Aufwand für Saatgutbranche)
- 4) In der Schweiz existieren keine verwandten Wildarten von Mais
- 5) *Aegilops cylindrica* kommt in der Schweiz nur an wenigen Standorten vor
- 6) Es existieren keine Ernte-Nebenprodukte aus Mais
- 7) Die Verwendung von Rapsstroh ist eher unüblich
- 8) ev. Maschinen, Herbizide

von Saatgut integriert werden, würde aber einige zusätzliche Kosten verursachen. Der GVP-Gehalt in inländischem Saatgut kann ein guter Indikator für die Effizienz der Koexistenz-Massnahmen sein. Ausserdem kann er als Frühwarnsystem dienen. Ein zu hoher GVP-Gehalt im Saatgut kann dementsprechend strengere Massnahmen notwendig machen.

Um Verwechslungen von GV-Saatgut mit «konventionellem» Saatgut zu vermeiden, sollte GV-Saatgut auf dem Markt eindeutig als solches erkennbar sein und mit einem speziellen GVP-Label gekennzeichnet werden.

7.4.2. Verwendung von eigenem Saatgut (Nachbau)

Spezifische Massnahmen, um die Verbreitung von GVP-Material durch die Verwendung von eigenem Saatgut (Nachbau) zu vermeiden, sind nicht nötig, da dieser Eintragspfad in der Schweiz vernachlässigt werden kann. Bei Mais und bei Raps ist ein Nachbau unüblich, da aufgrund der deutlich höheren Erträge heute praktisch ausschliesslich Hybridsorten angepflanzt werden (F.J. Stadelmann, Eric Schweizer Samen AG, persönliche Mitteilung). Auch bei Weizen liegt die Erneuerungsrate des Saatguts bei rund 95% (P. Latus, FAL, persönliche Mitteilung).

Bei Kulturen, bei denen ein Nachbau möglich ist (Getreide, Leguminosen und Kartoffeln), wäre es schwierig, GVO-Analysen für obligatorisch zu erklären. Ausserdem sind diese Analysen relativ teuer (ca. 200 CHF pro Analyse und Probe), so dass bei einer Analysepflicht der Kauf von zertifiziertem Saatgut für den Landwirt wahrscheinlich billiger wäre.

7.5. Massnahmen zur Vermeidung von Durchwuchs

7.5.1. Berücksichtigung von Anbaupausen/Fruchtfolgeplanung

Nach dem Anbau einer GVP-Kultur ist eine unter Umständen mehrjährige Anbaupause eine wichtige Massnahme, um beim Anbau der gleichen, aber GVP-freien Kultur in den Folgejahren das Auskeimen von transgenen Durchwuchspflanzen aus Samenbanken von Vorkulturen zu verhindern. Im Rahmen der Fruchtfolge ist es zudem wichtig, in den Folgejahren Kulturen anzubauen, die eine effiziente Bekämpfung des Durchwuchses von GVP erlauben. Die heute praktizierten Fruchtfolgen unterscheiden sich je nach Bewirtschaftungsrichtlinien. Gemäss der am häufigsten betriebenen Produktionsform nach den Richtlinien des ÖLN darf Mais heute maximal drei Jahre hintereinander angebaut werden – allerdings nur, wenn anschliessend zwei Jahre lang kein Mais angebaut wird. Weizen darf nur alle zwei Jahre angebaut werden, während Raps nur alle vier Jahre angebaut werden darf (DZV SR 910.13; KIP 2004). Bei der Saatgutproduktion von Weizen und Mais sind keine Anbaupausen für die Vermehrung gleicher Kulturen auf der gleichen Parzelle vorgeschrieben. Bei Raps ist dagegen eine fünfjährige Anbaupause vorgeschrieben (Saat- und Pflanzgut-Verordnung des EVD SR 916.151.1).

Durchwuchs in der Folgekultur ist bei Mais unter den klimatischen Bedingungen der Schweiz unwahrscheinlich, da die Körner ihre Keimfähigkeit schon nach kurzer Zeit verlieren. Aufgrund seiner biologischen Eigenschaften wäre es deshalb vorstellbar, dass Nicht-GV-Mais unmittelbar nach GV-Mais auf derselben Parzelle angebaut werden könnte, ohne dass dies zu Durchwuchs in der Folgekultur führen würde. Beispielsweise ist es in Frankreich und in Deutschland bei der Produktion von Mais-Saatgut zum Teil üblich, unterschiedliche Sorten auf der gleichen Parzelle während Jahren unmittelbar hintereinander anzubauen, ohne dass deren Sortenreinheit beeinträchtigt wird (P. Latus, FAL, persönliche Mitteilung).

Bei Weizen kann es aufgrund von Verlusten während der Ernte in den Folgejahren zu Durchwuchs in der Anbaufläche kommen. Dieser beschränkt sich in der Regel jedoch auf das erste und das zweite Jahr, wobei der Durchwuchs im zweiten Jahr gering ist. Die bisherige Praxis der einjährigen Anbaupause sollte deshalb genügen.

Von den drei Modellkulturen können einzig Rapssamen auch nach mehreren Jahren im Boden noch auskeimen. Die bisherige dreijährige Anbaupause könnte unter Umständen zu kurz sein, um sämtliche Rapssamen aus der Samenbank einer GVP-Kultur auf einer Anbaufläche auskeimen zu lassen. Es wird daher empfohlen, die Anbaupausen analog der in der Saatgutproduktion üblichen Praxis auf fünf bis sechs Jahre auszudehnen. Eine Verlängerung der Anbaupausen könnte jedoch zu Problemen bei der Gestaltung gewisser Fruchtfolgen führen, so dass unter Umständen auch dort Anpassungen notwendig sein könnten.

7.5.2. Bodenbearbeitung und Kontrolle des Durchwuchses

Neben dem Einhalten von Anbaupausen spielt die richtige Bodenbearbeitung und Unkrautbekämpfung bei der Kontrolle von Durchwuchs ebenfalls eine wichtige Rolle. Aufgrund der oben geschilderten biologischen Eigenschaften sollte der Bekämpfung von Durchwuchs bei Raps eine besondere Beachtung geschenkt werden. Durchwuchs von Mais und Weizen sollte dagegen mit den heute gängigen Methoden wirkungsvoll zu bekämpfen sein. Die Bedingungen, die ein Auskeimen von Durchwuchspflanzen aus Samenvorräten im Boden fördern, können sich je nach Anbautechnik grundlegend unterscheiden. Die Lebensfähigkeit bestimmter Samen – und damit das Potenzial für Durchwuchs – erhöht sich beispielsweise stark, wenn die Samen kurz nach der Ernte durch Pflügen im Boden vergraben werden. Werden die Samen nach der Ernte auf der Bodenoberfläche belassen, können diese anschliessend auskeimen und später durch eine oberflächliche Bodenbearbeitung oder durch eine Herbizidanwendung kontrolliert werden (Tolstrup *et al.* 2003). Bei Raps sollte in erster Linie verhindert werden, dass die Ausfallkörner durch Bodenbearbeitungs-Massnahmen tief in den Boden eingearbeitet werden und so längere Zeit überdauern. Damit möglichst viele Körner auskeimen, sollten die Stoppeln nach der Ernte drei bis vier Wochen unberührt gelassen werden (Gruber *et al.* 2004; Pekrun *et al.* 1998). In den meisten Fällen sollte dies kein Problem sein, da nach Raps oft Winterweizen angebaut wird, was eine längere Unterbrechung zwischen den beiden Kulturen erlaubt. Da ausgefallene Samen bei der Aussaat der Folgekulturen mittels Direktsaat nicht vergraben werden, könnte das Durchwuchspotenzial bei Verwendung dieser Technik ohne jegliche Bodenbearbeitung zusätzlich reduziert werden.

7.6. Massnahmen zur Vermeidung von Auskreuzung

7.6.1. Isolationsabstände zwischen Feldern mit GVP und GVP-freien Feldern der gleichen Kultur

Die Auskreuzung durch Pollenflug wird in Fachkreisen und in der Öffentlichkeit kontrovers diskutiert. Sie spielt auch in der Koexistenz-Debatte eine wichtige Rolle. Eine Auskreuzung ist allerdings nur bei Mais und Raps relevant. Da Weizen weitgehend selbstbefruchtend ist, hat er nur ein geringes Potenzial für eine Auskreuzung. Für die Trennung von GV-freien und GV-Weizenkulturen müssen deshalb keine spezifischen Isolationsabstände definiert werden. Die Auskreuzungsrate liegt bei Weizen bereits in fünf Meter Entfernung von der Pollenquelle nur noch zwischen 0,01% und 0,02% (Matus-Cadiz *et al.* 2004).

Bei der Diskussion um Isolationsabstände bei Mais und Raps ist es wichtig, zwischen Pollenflug und Auskreuzung (Befruchtung) zu unterscheiden. Nicht jeder Pollen, der von der Pflanze ausgeschüttet wird, führt zu einer Befruchtung. Damit es zu einer Befruchtung durch fremden Pollen kommt, muss eine Vielzahl von Faktoren übereinstimmen. Die Auskreuzungsrate wird grundsätzlich vom Fortpflanzungssystem der jeweiligen Pflanzen (selbst- oder fremdbefruchtend) und von der Art der Pollenverbreitung (durch Wind oder Insekten) beeinflusst. In der Praxis müssen jedoch weitere Faktoren berücksichtigt werden. Das gilt vor allem für die Lebensfähigkeit und Lebensdauer des Pollens, den Blühzeitpunkt der

weiblichen Blüten, Wetterschwankungen sowie die Distanz, Topographie und Vegetation zwischen den Feldern (ACRE 2002; Ingram 2000). Eine sehr wichtige Rolle spielt zudem die Menge des miteinander konkurrierenden Pollens, die wiederum von der Grösse der Felder, von den Blühzeitpunkten der männlichen Blüten sowie von der Fertilität der Sorten (männlich steril oder fertil) abhängt.

Da Pollen sowohl durch Wind als auch durch Insekten über grosse Distanzen transportiert werden kann, wurde in seltenen Fällen eine Auskreuzung über Distanzen von bis zu 26 Kilometern bei Raps (Ramsay *et al.* 2003) und 800 Metern bei Mais (Salamov 1940, siehe Anh. 3) nachgewiesen. Dies ist besonders bei Raps möglich, bei dem ein Teil der Bestäubung von Insekten ausgeführt wird, die bei ihrer Nahrungssuche Distanzen von einigen Kilometern zurücklegen können (Chapman *et al.* 2003; Ramsay *et al.* 2003). Dies erklärt auch, warum die Auskreuzungsrate bei Raps in der Regel mit zunehmender Distanz zwar exponentiell abnimmt, es aber vereinzelt zu so genannten «hot spots» kommen kann, bei denen in grösserer Entfernung ein höherer Wert gemessen wird. Die Befruchtung einer Pflanze durch Pollen über längere Distanzen kann deshalb nie ganz ausgeschlossen werden. Diese punktuellen Ereignisse müssen jedoch stets in Relation zur landwirtschaftlichen Praxis gesehen werden. In Bezug auf das ganze Feld werden sie verdünnt und haben deshalb in der Praxis nur eine geringe Bedeutung.

Auskreuzung bei Mais und Raps

Es gibt mehrere Studien, in denen die Auskreuzungsraten bei Mais (Anh. 4) und Raps (Anh. 5) im Verhältnis zur Entfernung von der Pollenquelle quantifiziert wurden. Die ermittelten Auskreuzungsraten können sich zwischen den einzelnen Studien zum Teil stark unterscheiden. Dies ist vor allem auf die folgenden drei Faktoren zurückzuführen:

(1) Unterschiedliche Flächen der Quell- und Empfängerpopulationen

Unterschiedlich grosse Felder als Pollenspender und -empfänger haben einen erheblichen Einfluss auf das für die Befruchtung zur Verfügung stehende Pollengemisch und die Anzahl des miteinander konkurrierenden Pollens. Im Vergleich zu Studien mit gleich grossem Pollenspender und -empfänger liegt die Auskreuzungsrate bei Studien mit grossen GVP-Pollenquellen und kleinen GVP-freien Empfängerpopulationen deutlich höher, weil der GVP-Pollenanteil im Gemisch gross ist. Beispielsweise haben Timmons *et al.* (1995; 1996) bei drei bis zehn Hektare grossen Feldern mit GV-Raps als Pollenquelle und einzelnen männlich sterilen Fangpflanzen ungewöhnlich hohe Auskreuzungsraten in Feldern ohne GVP gefunden (z.B. 3,7% bei 300 m; 1,2% bei 1500 m). Umgekehrt führt ein kleines Feld mit GVP als Pollenquelle und ein grosses Feld ohne GVP als Empfänger zu tiefen Auskreuzungsraten. So betrug die Auskreuzungsrate von GV-Raps bei Scheffler *et al.* (1993) bei einer Distanz von 47 Metern nur 0,00034% (siehe Anh. 5).

(2) Unterschiedliche Fertilitäten der Empfängerpopulationen

Bei Raps hat die Fertilität der Empfängerpopulation einen erheblichen Einfluss auf die Menge des miteinander konkurrierenden Pollens. Da Rapsorten mit männlich sterilen Komponenten weniger fertilen Pollen produzieren und somit eher von fremdem (GVP)-Pollin befruchtet werden können, sind sie anfälliger auf Auskreuzung als männlich fertile Sorten. Bei Ramsay *et al.* (2003) beträgt die Auskreuzungsrate für männlich sterile Rapsorten beispielsweise bei 225 Metern 0,21%, für männlich fertile Rapsorten dagegen nur 0,02% (siehe Anh. 5).

(3) Unterschiedliche Nachweismethoden der Auskreuzung

Auskreuzung kann mit verschiedenen Methoden nachgewiesen werden. Dazu gehören beispielsweise phänotypische Marker (verschiedenfarbige Samen oder Blüten), Keimtests nach Herbizidapplikation (Nachweis von Herbizidtoleranzen), der Nachweis bestimmter Gensequenzen mittels PCR und der Nachweis einer Befruchtung von männlich sterilen Fang-

pflanzen. Da die Nachweismethoden unterschiedlich sensitiv sind und sich die ermittelten Auskreuzungsraten zum Teil auf unterschiedliche Bezugspunkte beziehen, kann dies zu unterschiedlichen Auskreuzungsraten führen.

Zusammenfassend zeigen die Studien, dass nur ein sehr kleiner Teil des ausgeschütteten Pollens zu einer Befruchtung führt. Die anzunehmende Maximaldistanz, über die Pollen transportiert werden kann, ist nicht gleichbedeutend mit der maximal möglichen Auskreuzungsdistanz. Die Auskreuzungsraten nehmen bei Mais und bei Raps mit zunehmendem Isolationsabstand exponentiell ab (Eastham und Sweet 2002; Ingram 2000; Ramsay *et al.* 2003). Der grösste Teil des Pollens wird in sehr kurzem Abstand von der Pollenquelle deponiert, so dass die Auskreuzungsrate innerhalb der ersten zehn Meter unter 1% sinkt. Bei der Interpretation der Studien gilt es zu beachten, dass die Versuchsbedingungen vielfach ein «worst-case»-Szenario darstellen, das die landwirtschaftliche Praxis zum Teil nur ungenau abbildet. Die Auskreuzungsraten wurden in den meisten Studien zwischen unmittelbar aneinander liegenden Feldern bestimmt. Dazu wurden einzelne Pflanzenproben in gewisser Distanz von der Pollenquelle gesammelt. Die Resultate dieser Studien zeigen oft einen so genannten «Randeffekt». Damit ist eine relativ hohe Auskreuzungsrate an den Feldrändern gemeint, die mit zunehmender Distanz von der Pollenquelle exponentiell abnimmt. Bei der Koexistenzfrage wird aber davon ausgegangen, dass zwei Felder durch einen bestimmten Isolationsabstand räumlich voneinander getrennt sind. Bei der Ernte vermischt sich ausserdem das Erntegut des ganzen oder eines Teils des Feldes, so dass Randeffekte und «hot spots» in der Praxis verdünnt werden. Leider kann diese Verdünnung nicht allgemein quantifiziert werden, da sie von der Form und Grösse des Feldes und vom Ernteablauf abhängt.

Ermittlung der Isolationsabstände durch Analyse von Auskreuzungsstudien

Mit Hilfe einer Analyse der bisherigen Studien haben wir die notwendigen Isolationsabstände für Mais und Raps ermittelt. Dazu wurden die Auskreuzungsraten der einzelnen Studien nach der Distanz zur Pollenquelle gruppiert und in Kategorien zusammengefasst. Anschliessend wurden die Mittelwerte und die Standardabweichungen der Kategorien berechnet. Ausserdem wurde bestimmt, wie viele Datenpunkte in den Kategorien über 0,5% liegen. Falls die Auskreuzungsrate an den Feldrändern bei 0,5% liegt, gehen wir auf der Basis der von uns analysierten Versuchsdaten davon aus, dass die durchschnittlichen Werte innerhalb des Ernteguts unter Praxisbedingungen aufgrund des Verdünnungseffekts unter 0,5% liegen. Da neben der Auskreuzung noch andere Mechanismen den GVP-Anteil im Erntegut erhöhen können (siehe Kap. 6), sollte aus unserer Sicht die durchschnittliche Auskreuzungsrate pro Feld nicht über 0,5% liegen. Nur so kann der Wert von maximal 0,9% im Erntegut eingehalten werden.

Analyse bei Mais

Um die Auskreuzung unter 0,5% zu halten, empfehlen Feil und Schmid (2001) bei Mais einen Isolationsabstand von 300 bis 500 Metern. Sie beziehen sich bei ihren Empfehlungen allerdings mehrheitlich auf ältere Studien (siehe Anh. 4c, u.a. Jones und Brooks 1950;

Tabelle 5. Auskreuzungsraten, die bei auseinander liegenden Maisfeldern im gesamten Feld festgestellt wurden

Distanz zur nächsten Pollenquelle	Durchschnittliche Auskreuzungsrate im Feld
52 m	0,01%
85 m	0,01%
90 m	0,18%
105 m	0,01%
125 m	0,02%
149 m	0,02%
150 m	0,01%
200 m	0,02%
230 m	0,04%
287 m	0,005%
371 m	0,01%
402 m	0,01%
458 m	0,0001%
4125 m	0,01%
4440 m	0,001%

(Bannert und Stamp, in Vorbereitung); Pollenquellen 0,6–1 ha, Pollenempfänger 0,25–1,4 ha

Tabelle 6. Analyse der bei Mais ermittelten Auskreuzung

Distanz zur Pollenquelle	Studie Schweiz				Studien international (inkl. CH)			
	Auskreuzung (%)		Datenpunkte		Auskreuzung (%)		Datenpunkte	
	MW ¹⁾	STABW ²⁾	über 0,5%	Total	MW	STABW	über 0,5%	Total
0 – 10 m	2,36	3,96	18	21	5,24	9,79	36	39
10 – 25 m	0,21	0,20	2	22	0,32	0,28	8	34
25 – 50 m	0,12	0,10	0	16	0,38	0,43	9	36
über 50 m	0,15	0,11	0	16	0,24	0,31	3	28

¹⁾ MW = Mittelwert ²⁾ STABW = Standardabweichung

Zusätzlich ist die Anzahl Datenpunkte angegeben, bei denen die Auskreuzungsrate über 0,5% liegt (pro Total der Datenpunkte)

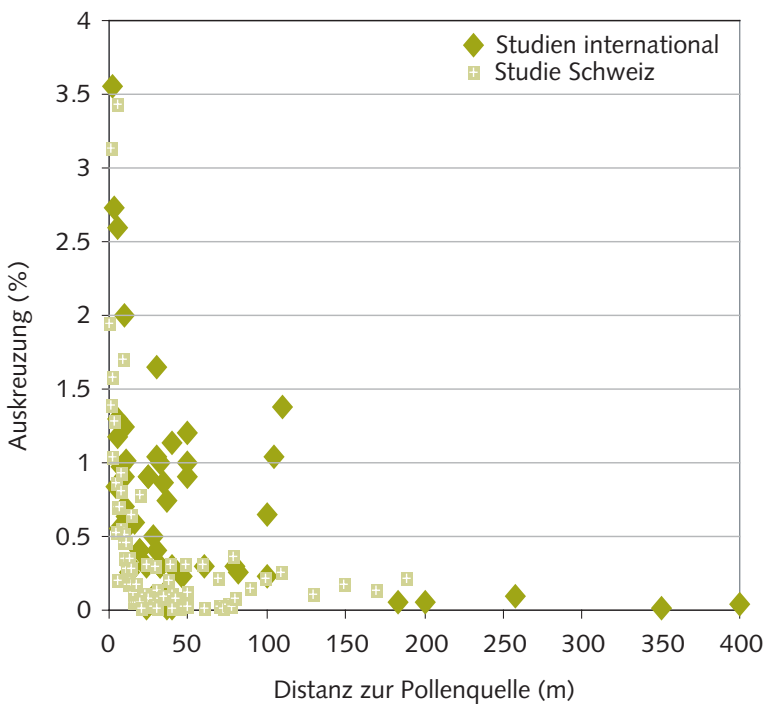


Abbildung 4
Bei Mais in mehreren internationalen Studien und in einer Schweizer Studie ermittelte Auskreuzungsraten in Abhängigkeit des Abstands zur Pollenquelle. Zur besseren Übersicht wurde die Skalen der x-Achse auf 400 m und die y-Achse auf 4% beschränkt, so dass nicht alle Datenpunkte in der Grafik dargestellt sind. Datengrundlage: Studie Schweiz, Anhang 4a; Studien international, Anhang 4b ohne Foueillassar und Fabié 2003.

Salamov 1940). Die Ergebnisse dieser von 1940 bis 1950 durchgeführten Studien können jedoch nur bedingt auf heutige Verhältnisse übertragen werden. Salamov (1940) schreibt: «Das Auffinden von Xenienkörnern in grosser Entfernung von der gelbkörnigen Sorte kann nicht als Indikator für einen effektiven Pollenflug des gelbkörnigen Mais betrachtet werden. Xenienbildung wird auch innerhalb der weisskörnigen Sorte beobachtet (...)» (siehe Anh. 3). Die in 600 Metern Entfernung festgestellte Auskreuzungsrate von 0.79% ist mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht auf Pollen aus dem gelbkörnigen Bestäuberfeld zurückzuführen. Die hohe Anzahl gelber Körner könnte darauf zurückzuführen sein, dass das Merkmal «Weisskörnigkeit» in der weisskörnigen Sorte nicht hundertprozentig ausgeprägt ist (d.h. ein weisser Kolben enthält immer auch ein paar gelbe Körner). Aufgrund der abrupten

Zunahme der Auskreuzungsrate bei 600 Meter ist es jedoch wahrscheinlicher, dass eine oder mehrere gelbkörnige Pflanzen in der Nähe der beprobten weisskörnigen Pflanzen wuchsen und diese bestäubten. Diese gelbkörnigen Pflanzen könnten aus gelben Körnern stammen, die dem weisskörnigen Saatgut unbeabsichtigt beigemischt waren.

Die Studien von Jones und Brooks (1950) hingegen wurden mit Populationssorten durchgeführt, die sich von den heute verwendeten Hybridsorten in verschiedener Hinsicht unterscheiden. Im Vergleich zu den heute angebaute Hybridsorten waren früher angebaute Populationssorten wahrscheinlich empfänglicher für Fremdbefruchtungen aus anderen Maisfeldern. Dies könnte an der Blütenbiologie bei Mais liegen. Bei einem Fremdbefruchter wie Mais erscheinen und reifen die männlichen Blütenorgane vor den weiblichen Blütenorganen (Protandrie). Dieser natürliche Mechanismus vermindert die Selbstbefruchtung durch den Pollen der eigenen Pflanze. Er führt dazu, dass die Narben der weiblichen Blüte in der Regel vom Pollen anderer Pflanzen im gleichen Maisbestand befruchtet werden. Da das Saatgut von älteren Populationssorten im Gegensatz zur heutigen Zuchtpraxis durch offenes Abblühen von nicht sehr homogenen Pflanzenbeständen produziert wurde, war die Variabilität in den Merkmalen dieser Populationssorten grösser. Die Maispflanzen in einem Bestand waren somit auch weniger homogen bei einem für die Befruchtung relevanten Merkmal wie der Blühdauer der weiblichen Blüte. Bei älteren Sorten war die Protandrie noch ausgeprägter, was zu einer längeren Blühdauer der weiblichen Blüten im Gesamtbestand führte. Nachdem im eigenen Bestand nur noch wenig oder gar kein fertiler Pollen mehr vorhanden war, waren die weiblichen Blüten noch längere Zeit

empfänglich. Die Wahrscheinlichkeit für eine Fremdbefruchtung durch ein in der Nähe liegendes Feld war deshalb höher. Diese These wird dadurch unterstützt, dass ältere Sorten tendenziell mehr Pollen produzierten als die heutigen Hybridsorten (M. Menzi, FAL, persönliche Mitteilung).

Um eine grössere Ertragsstabilität zu garantieren, wird bei der Züchtung neuer Hybridsorten ein grosses Augenmerk auf eine synchrone Entwicklung der männlichen und weiblichen Blütenorgane gelegt, weshalb die Variabilität in der Ausprägung der Merkmale der einzelnen Pflanzen in den heutigen Hybridsorten geringer ist. Das für eine Fremdbefruchtung günstige Zeitfenster ist deshalb bei heutigen Hybridsorten um einiges kürzer als bei den älteren Populationsorten, was zu geringeren Auskreuzungsraten führt.

Aus den oben aufgeführten Gründen wurden für unsere Analyse bei Mais nur Daten von Studien verwendet, die in den letzten Jahren durchgeführt wurden. Die Datengrundlage bildeten einerseits eine neue Schweizer Studie der ETH Zürich (Bannert und Stamp, in Vorbereitung) (Anh. 4a) sowie mehrere internationale Studien, die ab 1999 durchgeführt wurden (Anh. 4b). Die Studie von Foueillassar und Fabié (2003) wurde nicht berücksichtigt, weil sich die Auskreuzung in dieser Studie auf das gesamte Feld bezieht. Die Analyse aller Daten zeigen mit einer relativ grossen Übereinstimmung, dass eine Distanz von 50 Metern ausreicht, um die durchschnittliche Auskreuzungsrate bei Mais unter 0,5% zu halten (Tab. 6 und Abb. 4). Bis auf drei Datenpunkte befinden sich ab 50 Metern sämtliche Auskreuzungsraten unter 0,5%. Diese drei Datenpunkte stammen alle von der gleichen Studie (Jemison und Vayda 2001), in der die Pollenquelle rund siebzehnmal grösser war als der Pollenempfänger, was zu hohen Auskreuzungsraten geführt haben dürfte.

Die Ergebnisse der an der ETH Zürich durchgeführten Studie zeigen, dass die Auskreuzungsrate in allen Versuchen bereits nach 25 Metern unter 0,5% liegt (Abb. 4). Vergleichbare Resultate zeigen erste Ergebnisse des im Jahr 2004 in Deutschland durchgeführten Erprobungsanbaus von Bt-Mais (InnoPlanta 2004). Unter Praxisbedingungen genügte ein 20 Meter breiter Trennstreifen mit Nicht-Bt-Silomais zwischen direkt aneinander liegenden Maisfeldern, um Einträge in die benachbarte Erntepartie unter 0,9% zu halten. In den Niederlanden haben sich Dachverbände der Landwirtschaft, Pflanzenzüchter und Verbraucher auf Regeln für den Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen geeinigt. Bei Mais wurden Isolationsabstände von 25 Metern zu herkömmlichen Beständen und 250 Metern zu Feldern mit biologischem Anbau vereinbart (van Dijk 2004).

Analyse bei Raps

Die in Anhang 5 aufgeführten Studien bildeten die Datengrundlage für die Analyse bei Raps. Es wurden nur Daten aus Studien mit männlich fertilen Rapspflanzen verwendet (Tab. 7). Studien mit männlich sterilen Fangpflanzen (Ramsay *et al.* 2003; Timmons *et al.* 1995; Timmons *et al.* 1996) wurden nicht berücksichtigt, da diese ein künstliches Versuchssystem und somit keine praxisnahen Bedingungen darstellen. Die Analyse der internationalen Studien hat gezeigt, dass ein Isolationsabstand von 50 Metern bei fertilen Rapsorten ausreicht, um die Auskreuzung unter 0,5% zu halten. Bis auf zwei Datenpunkte liegen ab 50 Metern sämtliche Auskreuzungsraten unter 0,5% (Abb. 5). Die zwei Datenpunkte stammen von der gleichen Studie (Stringam und Downey 1978, zitiert in Downey 1999), in der ein Feld von 65 Hektaren als Pollenquelle verwendet wurde, und Parzellen von 46 Quadratmetern Grösse als Pollenempfänger dienten. Die geringe Pollenkonkurrenz des fremden Pollens

Tabelle 7. Analyse der bei Raps ermittelten Auskreuzung

Distanz zur Pollenquelle	Auskreuzung (%)		Datenpunkte	
	MW ¹⁾	STABW ²⁾	über 0,5 %	Total
0 – 10 m	1,27	0,66	9	10
10 – 50 m	0,42	0,60	3	17
über 50 m	0,14	0,24	2	24

¹⁾ MW = Mittelwert ²⁾ STABW = Standardabweichung

Zusätzlich ist die Anzahl Datenpunkte angegeben, bei denen die Auskreuzungsrate über 0,5% liegt.

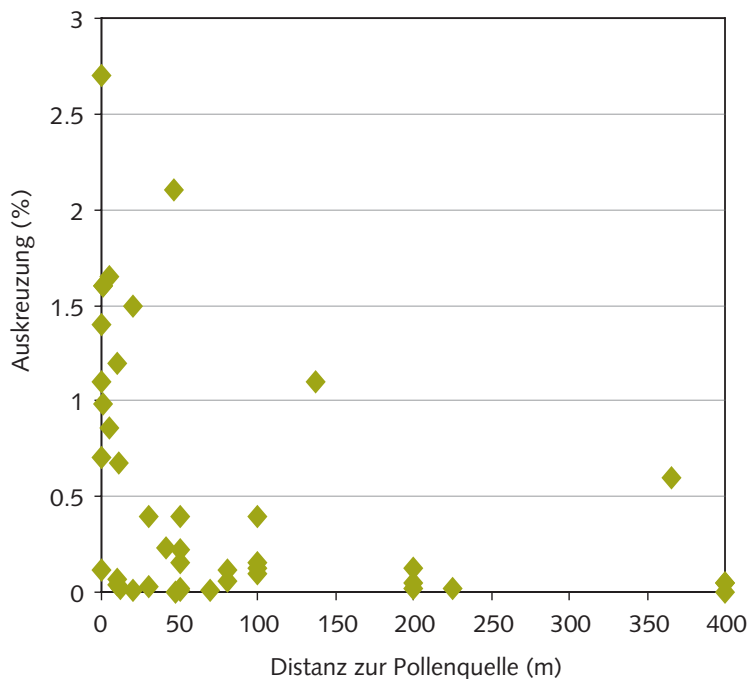


Abbildung 5 Analyse der bei fertilem Raps in mehreren Studien ermittelten Auskreuzungsraten in Abhängigkeit des Abstands zur Pollenquelle. Zur besseren Übersicht wurde die Skala der x-Achse auf 400 m beschränkt, so dass nicht alle Datenpunkte in der Grafik dargestellt sind. Datengrundlage: Anhang 5 ohne Timmons *et al.* (1995), Timmons *et al.* (1996) und Daten für männlich sterile Sorten (Ramsay *et al.* 2003; Simpson *et al.* 1999).

durch eigenen Pollen führt eher zu hohen Auskreuzungsraten. Auch der Datenpunkt bei 46 Metern (2,1%) stammt aus dieser Studie (Abb. 5). Abgesehen von diesen drei Datenpunkten liegen die restlichen Werte bereits bei 25 Metern unter 0,5%.

Bei Rapssorten mit männlich sterilen Komponenten (Verbundhybriden) lässt sich aufgrund der fehlenden Datengrundlage keine Analyse durchführen. Es existieren praktisch keine Studien, in denen mit Verbundhybriden unter Praxisbedingungen gearbeitet wurde. Simpson *et al.* (1999) sind die Einzigen, die eine Studie mit einer männlich sterilen Sorte unter Praxisbedingungen durchgeführt haben. Aufgrund der Studie lässt sich sagen, dass die Auskreuzungsraten bei Sorten mit männlich sterilen Komponenten deutlich höher sind als bei männlich fertilen Rapssorten. Die männlich

sterilen Sorten produzieren weniger eigenen Pollen, um den Pollen von GVP zu konkurrieren. Bei männlich sterilen Rapssorten lagen die Auskreuzungsraten bei einem Abstand von 81 Metern zwischen 2,70 und 6,18%, bei männlich fertilen Sorten lagen sie zwischen 0,02 und 0,10% (Simpson *et al.* 1999).

Vorschlag für die in der Schweiz notwendigen Isolationsabstände

Basierend auf den bei Mais und Raps durchgeführten Analysen sollten die in Tabelle 8 aufgeführten Isolationsabstände gemäss heutigen Erkenntnissen genügen, um den GVP-Anteil, der durch Auskreuzung in das Erntegut gelangt, unter 0,5% zu halten. Bei der Erarbeitung von Empfehlungen für die Praxis stellt sich die Herausforderung, möglichst allgemein gültige Vorschriften vorzuschlagen, die jedoch die wichtigsten Parameter berücksichtigen. Die Grösse der Felder kann wahrscheinlich nur schwer berücksichtigt werden. Aufgrund unterschiedlich fertiler Rapssorten empfiehlt es sich jedoch, mindestens die Fertilität der Nicht-GV-Sorte einzubeziehen und für Raps zwei unterschiedliche Isolationsabstände zu definieren.

Tabelle 8. Isolationsabstände, die gemäss heutigen Erkenntnissen genügen sollten, um die Auskreuzung zwischen Kulturen mit GVP und Kulturen ohne GVP weitgehend zu minimieren (< 0,5% pro Feld)

Kultur	Einschränkung	Empfohlener Isolationsabstand
Mais	Körnermais	50 m
	Silomais	25 m
Raps	Linien-sorten, restaurierte Hybride	50 m
	Verbundhybride ¹⁾	400 m
Weizen	--	Klare Trennung

¹⁾ Verbundhybride = Rapssorte, die selber keinen fertilen Pollen bildet, so dass ein bis zwei Bestäuber beigemischt werden (ergibt ein Verhältnis von ca. 80% männlich sterilen und 20% männlich fertilen Pflanzen im Bestand)

Für unsere Empfehlungen sind folgende Präzisierungen nötig:

- Der bei Körnermais empfohlene Isolationsabstand von 50 Metern kann bei Silomais auf 25 Meter reduziert werden. Da von einer potenziellen Auskreuzung nur die Körner betroffen sind, wird ein möglicher GVP-Anteil durch die Silage der ganzen Pflanze verdünnt. Der Anteil der Körner an der ganzen Pflanze variiert in Abhängigkeit von der Sorte

und vom Reifegrad. Bezogen auf die Trockensubstanz der ganzen Pflanze liegt er in der Schweiz bei 35 bis 45% (M. Menzi, FAL, persönliche Mitteilung).

- Bei Verbundhybriden von Raps wird analog zur Saatgutproduktion ein Isolationsabstand von 400 Metern empfohlen. Dieser Abstand gilt für die Produktion von Hybrid-Basis-saatgut, wo vergleichbar hohe Anteile an männlich sterilen Komponenten involviert und ähnlich hohe Anforderungen an die Sortenreinheit definiert sind.

7.6.2. Weitere Massnahmen zur Vermeidung von Auskreuzung

Pufferzonen innerhalb von Feldern ohne GVP

Pufferzonen an den Rändern von GVP-freien Feldern können zusätzlich helfen, unerwünschte Anteile von GVP im Erntegut zu reduzieren. Bei windbestäubten Kulturen kann die Pufferzone aus Pflanzen der gleichen Kultur bestehen, die separat geerntet werden und entweder nicht zum Erntegut beitragen oder separat vermarktet werden. Bei insektenbestäubten Kulturen kann die Pufferzone auch aus Blütenpflanzen anderer Arten bestehen, die bestäubende Insekten von den blühenden Kulturpflanzen ablenken sollen. Die Breite der Pufferzonen definiert sich aus den biologischen Eigenschaften der Kulturpflanzen sowie aus der Entfernung und der Grösse der GVP-Pollenquelle.

Trennung der Blühperioden

Eine Auskreuzung zwischen Kulturen kann nur stattfinden, wenn sich das Zeitfenster, in denen die weiblichen Blüten in Feldern ohne GVP empfänglich sind, mit dem Zeitfenster der Pollenausschüttung der männlichen Blüten in Feldern mit GVP überschneidet. Durch die Auswahl von früh- und spätblühenden Sorten oder durch die Staffelung von Saatzeitpunkten kann zusätzlich vermieden werden, dass die Blühzeitpunkte von Feldern mit GVP und Feldern ohne GVP zusammenfallen.

Kontrolle der Feldränder und angrenzender Gebiete

Im Vergleich zur Befruchtung durch Pollen von benachbarten Feldern mit GVP spielt der Genfluss über verwilderte GVP oder über verwandte Arten nach unserer Ansicht nur eine untergeordnete Rolle. Verwilderte GVP können durch die Kontrolle und die Pflege von Feldrändern und der an die GVP-Anbaufläche angrenzenden Gebiete wirkungsvoll bekämpft werden.

Bekämpfung verwilderter GVP

Das Verwilderungspotenzial der drei Modellpflanzen ist vergleichbar mit ihrem Durchwuchspotenzial. Die Maiskörner überleben die in der Schweiz üblichen Wintertemperaturen meistens nicht und verlieren zudem ihre Keimfähigkeit über den Winter. Bei Mais ist es deshalb unwahrscheinlich, dass dieser verwildert. Weizenpflanzen können dagegen in Habitaten mit geringem Konkurrenzdruck auftreten. Ihr Überleben ist jedoch in der Regel auf eine Saison beschränkt. Einzig Raps hat ein sehr grosses Verbreitungs- und zusätzlich auch ein hohes Auskreuzungspotenzial auf andere Rapskulturen. Verwilderter GV-Raps sollte in den unmittelbar an die Anbaufläche von GVP angrenzenden Feldrändern bekämpft werden. Zudem empfiehlt es sich, potenzielle Lebensräume entlang von Transportwegen zu kontrollieren.

Kontrolle und Bekämpfung verwandter Arten

In der schweizerischen Flora existieren keine verwandten Wildarten von Mais. Bei Weizen kommt einzig der walzenförmige Walch (*Aegilops cylindrica*) als möglicher Kreuzungspartner in Frage (Guadagnuolo *et al.* 2001). Da das Auskreuzungspotenzial von Weizen sehr gering ist und sich das Vorkommen von *A. cylindrica* in der Schweiz auf wenige

Populationen in den Kantonen Baselland, Tessin und Wallis beschränkt (Swiss Web Flora 2000; N. Schoenenberger, Universität Neuchâtel, persönliche Mitteilung), sind bei Weizen keine besonderen Massnahmen notwendig.

Bei Raps dagegen existieren zwei verwandte Arten in der Schweiz, bei denen eine Auskreuzung unter natürlichen Bedingungen zu fertilen Nachkommen führen kann: der Wildkohl (*Brassica oleracea*) und die Weisse Rübe (*Brassica rapa ssp. campestris*) (Ammann *et al.* 1996). Raps kann möglicherweise auch auf den Schwarzen Senf (*Brassica nigra*), den Gartenrettich (*Raphanus sativus*), den Graukohl (*Hirschfeldia incana*) und die Ruke (*Eruca sativa*) auskreuzen. Aus den meisten Hybriden entstehen jedoch nur durch künstliche Eingriffe lebensfähige Pflanzen (Hütter *et al.* 2000; Jacot und Jacot 1994). Mit den beiden in der Schweiz am häufigsten auftretenden Ackerbegleitkräutern Ackersenf (*Sinapis arvensis*) und Ackerhederich (*Raphanus raphanistrum*) werden unter landwirtschaftlichen Bedingungen selbst dann keine fertilen Nachkommen gebildet, wenn beide Pflanzen in unmittelbarer Nähe von Raps wachsen (Hütter *et al.* 2000; Jacot und Jacot 1994; Thalman *et al.* 2001).

Anbau von männlich sterilen GVP Sorten

Eine weitere Möglichkeit, um die Auskreuzung zu minimieren, besteht darin, die Pollenfreisetzung der GVP-Kultur zu verhindern oder zu reduzieren. Dies könnte durch den Anbau von männlich sterilen GVP zusammen mit männlich fertilen, herkömmlich gezüchteten Kulturpflanzen erreicht werden (Feil *et al.* 2003). Die gentechnisch veränderten Pflanzen würden aufgrund ihrer männlichen Sterilität keinen befruchtungsfähigen Pollen ausschütten, und die Befruchtung des Bestands würde von den herkömmlichen männlich fertilen Pflanzen übernommen. Dieses System kann bei allen Arten angewendet werden, die nicht strenge Selbstbefruchter sind (beispielsweise Mais und Raps). Die Herstellung von CMS-Linien (CMS = Cytoplasmatisch männliche Sterilität) ist heute in der konventionellen Züchtung ein Routinevorgang, der zum Teil auch bei der Herstellung von Hybridsorten verwendet wird. Das System wäre besonders für GV-Sorten ideal, bei denen ein reiner Anbau der GV-Sorte nicht zwingend erforderlich ist.

Nutzung von Computermodellen

Um das Ausmass des Genflusses zwischen Kulturen im regionalen Massstab genauer voraussagen zu können, werden seit einigen Jahren Modelle entwickelt, mit deren Hilfe beispielsweise Genflüsse bei transgenen Pflanzen simuliert werden sollen. Zwei Modelle der französischen INRA (Institut national de la recherche agronomique) – GENESYS für Raps und MAPOD für Mais – berücksichtigen dazu auch die räumlichen Strukturen einer bestimmten Landschaft.

Anhand von GENESYS kann die räumliche und zeitliche Verbreitung und Persistenz von Rapssamen und speziell der Anteil des Durchwuchses in einer Folgekultur modelliert werden (Bock *et al.* 2002; Colbach *et al.* 2001a, 2001b). Das Modell berechnet am Ende eines simulierten Jahres für jedes Feld die Anzahl adulter Rapspflanzen, die Menge neu produzierter Samen, die Grösse der Samenbank pro Quadratmeter sowie das Verhältnis zwischen den drei Genotypen AA, Aa und aa (mit A als dem transgenen Locus).

GENESYS berücksichtigt folgende Variablen:

- Räumliche Strukturen der Anbauregion (Kulturflächen, Feldränder, Wege)
- Fruchtfolge jedes Feldes
- Anbaupraxis (Zwischenfrucht, Bodenbehandlung, Aussaatdatum und -intensität, Herbizidanwendungen, Erntedatum, Samenverlust während der Rapsernte)
- Art des Transgens (den Genotyp der Rapsorte)

Mit MAPOD kann das Ausmass und die Variabilität von Auskreuzungsraten zwischen Maiskulturen in Abhängigkeit des Anbausystems modelliert werden (Angevin *et al.* 2001;

Bock *et al.* 2002). Anhand von Simulationen der von Nicht-GV- und GV-Sorten produzierten Pollenmengen sowie der Anzahl der dafür empfänglichen weiblichen Blüten von Nicht-GV-Sorten wird die zu erwartende durchschnittliche Menge an GV-Samen in der Ernte abgeschätzt. Das Modell berücksichtigt die folgenden Variablen:

- Räumliche Strukturen der Anbauregion (Form und Grösse der Felder, Standorte der GVP-Kulturen)
- Tägliche Wetterbedingungen (Temperatur, Niederschlag, Windgeschwindigkeit und Windrichtung)
- Spezifische Parameter der Pollenverbreitung: Höhe des männlichen Blütenstands jeder Sorte, Kolbenhöhe der Nicht-GV-Sorten
- Anbausystem: Aussaatdatum und -intensität, Trockenstress vor der Blüte, Trockenstress während der Blüte
- Sorte: Menge Pollen pro Pflanze, Empfindlichkeit des Pollens gegenüber höheren Temperaturen, Temperaturbedürfnisse zwischen Saat und weiblicher Blüte, Genotyp der GV-Sorte (homo- oder heterozygot)

Solche Modelle können ein gutes Mittel sein, um zusätzlich zu experimentellen und meist kleinräumigen Versuchen Daten über grössere Räume auf der Basis von Modellierungen zu erhalten. Diese Modelle sind aber aufgrund ihrer Komplexität für den praktischen Gebrauch durch eine breitere Öffentlichkeit kaum geeignet. Es ist unwahrscheinlich, dass solche Modelle von den Landwirten verwendet werden, um die für sie notwendigen Isolationsabstände in Abhängigkeit regionaler Aspekte zu berechnen. Fixe Isolationsabstände dürften in der Praxis dagegen ein einfaches und erprobtes Mittel sein, um die Lage von Feldern mit GVP festzulegen.

7.7. Minimierung von Vermischungen bei der Handhabung von Maschinen

7.7.1. Reinigung und zeitlich getrennte Verwendung von Maschinen

Die wichtigste Massnahme zur Minimierung der Vermischung durch Maschinen ist die Reinigung der jeweiligen Geräte beim Wechsel von Kulturen mit GVP zu Kulturen ohne GVP. Das Potenzial für Vermischungen wird zu einem grossen Teil vom Verwendungsmodus der eingesetzten landwirtschaftlichen Maschinen beeinflusst. Es ist deshalb wichtig zu wissen, ob Kulturen mit GVP und Kulturen ohne GVP auf dem gleichen Hof oder auf verschiedenen Höfen angebaut werden, Betriebe gewisse Maschinen miteinander teilen oder bestimmte Arbeiten durch Lohnunternehmen ausgeführt werden. Man muss zwischen folgenden Formen unterscheiden:

- (1) Maschinen werden von Höfen mit GVP und Höfen ohne GVP geteilt oder Lohnunternehmer arbeiten mit Maschinen auf Höfen mit GVP und Höfen ohne GVP: Der GVP nutzende Landwirt und der Lohnunternehmer sollten sämtliche Maschinen nach dem Gebrauch auf Feldern mit GVP gründlich reinigen sowie die nötige Sorgfalt walten lassen, um Verschleppungen von GVP-Material auf ein GVP-freies Feld zu verhindern.
- (2) Maschinen werden auf dem gleichen Hof sowohl für GVP-Kulturen als auch für Kulturen ohne GVP verwendet: Im Vergleich zu Punkt (1) verringert sich das Vermischungspotenzial, da Massnahmen (Reinigung und zeitlich getrennte Verwendung) vom gleichen Landwirt getroffen werden müssen.
- (3) Maschinen werden entweder nur für GVP-Kulturen oder nur für GVP-freie Kulturen verwendet: Das Vermischungsrisiko ist in diesem Fall praktisch Null.

Das Potenzial für Vermischungen hängt neben dem Verwendungsmodus der eingesetzten landwirtschaftlichen Maschinen auch von der Grösse der jeweiligen Körner ab: Je kleiner die Körner, desto grösser ist das Risiko für Vermischungen. Der Reinigungsaufwand nimmt dabei in der Reihenfolge Mais < Weizen < Raps entsprechend zu. Die Massnahmen unter-

scheiden sich jedoch grundsätzlich nicht von denjenigen, die zur Reinhaltung der Sorten bei der Saatgutproduktion bereits heute üblich sind.

Vermischung bei der Aussaat

Der zusätzliche Reinigungsaufwand zur Trennung von GVP- und Nicht-GV-Saatgut beschränkt sich auf wenige Minuten, weil die in Saatgutbehältern, Dosiereinrichtungen, Saatguttransport-Rohren und Säscharen festgesetzten Saatkörner durch meist einfache Manipulationen gelöst werden können. Mit der laufenden Weiterentwicklung der Sämaschinen – beispielsweise dem Ersatz von mechanischen Dosiereinrichtungen durch pneumatische Systeme sowie dem Ersatz von segmentierten Särohren durch Plastikschläuche – wird diese Reinigung laufend vereinfacht.

Vermischung bei der Ernte

Gemäss einem Merkblatt über die Mähdrescherreinigung bei der Ernte von Saatgut kann ein ungereinigter, aber leerer Mähdrescher bis zu 50 Kilogramm Kornrückstände enthalten (Gilliand *et al.* 1985). Dies kann – im Verhältnis zum Inhalt des Korntanks – einem Anteil von 1 bis 2% entsprechen. Im Vergleich zur übrigen landwirtschaftlichen Produktion wird zur Reinigung eines Mähdreschers für die Ernte von Vermehrungssaatgut mit einem Aufwand von drei Stunden gerechnet. Zudem können begleitende Massnahmen wie die verbesserte Einsatzplanung dazu beitragen, das Vermischungsrisiko weiter zu vermindern.

Verschleppung bei der Saatbettvorbereitung und bei Pflegemassnahmen

Das Verhindern einer Verschleppung von Pflanzenmaterial von Feld zu Feld wird nicht erst mit dem Anbau von GVP relevant, sondern hat schon heute – besonders bei der Bekämpfung von Problemunkräutern wie beispielsweise dem Knöllchen-Zypergras (*Cyperus esculentus*) – eine wichtige Bedeutung. Die sorgfältige Reinigung der Geräte zur Bodenbearbeitung gehört dabei zu den zentralen Faktoren und kann (abhängig vom Erdbesatz und vom Maschinentyp) einen Aufwand von 0,5 bis 1 Arbeitsstunde verursachen. Der Aufwand bei der Reinigung von Geräten für die Pflege der Kulturen wie Pflanzenschutzspritzen, Düngerstreuer oder Hackgeräte dürfte dagegen nur wenige Minuten betragen und sich vor allem auf visuelle Kontrollen beschränken.

7.8. Minimierung von Einträgen durch Ernte-Nebenprodukte

7.8.1. Verwendung von hofeigenem Stroh, Dünger und Kompost

Der Eintrag von GV-Samen auf ein Feld ohne GVP lässt sich am einfachsten verhindern, wenn Betriebe ohne GVP keine Ernte-Nebenprodukte von Betrieben mit GVP verwenden. Zusätzliche Massnahmen unterscheiden sich je nach Verwendungsmodus der Stoffe:

- (1) Lohnunternehmer verwenden Stoffe von Betrieben mit und ohne GVP: Der Eintrag von GV-Samen auf ein GVP-freies Feld kann verhindert werden, wenn Lohnunternehmer auf Betrieben ohne GVP keine Stoffe von Betrieben mit GVP verwenden. Lohnunternehmer sollten ihre Stoffe deshalb ebenfalls nach Herkunft räumlich getrennt lagern.
- (2) Verwendung der Stoffe auf einem Betrieb, der sowohl GVP anbaut als auch GVP-freie Felder bewirtschaftet: Das Vermischungsrisiko kann stark reduziert werden, wenn die Stoffe nach Feld getrennt verarbeitet werden, wenn für die Stoffe eine strikte räumliche Trennung existiert und wenn diese wiederum nur auf den jeweiligen Feldern ausgebracht werden.

7.8.2. Ankauf von Ernte-Nebenprodukten bei Dritten

Beim Kauf von Ernte-Nebenprodukten bei Dritten sollte sichergestellt werden, dass ein Landwirt, der auf den Anbau von GVP verzichtet, keine vermehrungsfähigen GVP-Pflanzenteile durch zugekaufte Ernte-Nebenprodukte auf seine Felder einträgt. Eine eindeutige Rückverfolgbarkeit ist demnach nicht nur für GV-Lebensmittel und GV-Futtermittel, sondern auch für GV-Ernte-Nebenprodukte notwendig. Es ist anzunehmen, dass der Einzelhandel oder die Vertriebsorganisationen von ihren Lieferanten den Nachweis einer entsprechenden GVO-Analytik der zugekauften «GVP-freien» Produkte verlangen werden, was heute bei gewissen Labelproduzenten bereits der Fall ist.

7.9. Minimierung von Vermischungen bei der Verarbeitung des Ernteguts (Hof)

Auf vielen Landwirtschaftsbetrieben ist es bereits heute üblich, von einer Kulturart mehrere Sorten anzubauen. Folglich müssen auch die Erntegüter unabhängig von der Lagerungsdauer und Lagerungsart schon heute teilweise nach Sorten getrennt gelagert und verarbeitet werden. Da jedoch keine sortenspezifischen Grenzwerte definiert sind, muss diese Trennung nicht so scharf sein, wie sie bei einer Landwirtschaft mit GVP verlangt wird. Dennoch existieren auch hier bereits Erfahrungen, die zeigen, dass der durch den Anbau von GVP verursachte Mehraufwand nicht allzu gross sein dürfte. Vor der Abgabe des Ernteguts muss sich der Landwirt bereits heute mit der Sammelstelle und eventuell mit den späteren Abnehmern (z.B. Labelproduzenten wie IP-SUISSE) über den Zeitpunkt, den Ort und die Modalitäten der Übernahme absprechen. Je nach Kultur können weitere Deklarationen des Landwirts nötig sein (bei Weizen beispielsweise die Angabe der Sorte bzw. der Klasse). Üblicherweise werden bei der Abgabe der Erntegüter auch direkt Proben für weitere Analysen entnommen. Das heutige System kann deshalb wahrscheinlich mit wenigen Anpassungen auch für eine Landwirtschaft mit und ohne Gentechnik verwendet werden.

Der GVP nutzende Landwirt sollte nach der Ernte sicherstellen, dass das GVP-Erntegut als solches gekennzeichnet ist und eindeutig von GVP-freiem Erntegut unterschieden werden kann. Bei der Lagerung und Verarbeitung von GVP-Erntegut sollte er entweder eine strikte zeitliche Trennung mit anschliessender Reinigung der Lagerbehälter oder eine räumliche Trennung von GVP-Erntegut und GVP-freiem Erntegut einhalten. Eine Vermischung zwischen GVP-haltigen und GVP-freien Produkten kann am effizientesten durch eine gründliche Reinigung der Transportbehälter, Förderschnecken oder Lagersilos sowie der Verarbeitungseinheiten wie Reinigungsmaschinen oder Mühlen vermieden werden. Eventuell müssen auch Massnahmen zur Vermeidung von ungewollten Vermischungen durch Fehlmanipulationen getroffen werden. Dazu gehören die klare Bezeichnung der Lagerbehälter oder eine Aufzeichnungspflicht der ausgeführten Manipulationen.

GVP-Erntegüter und GVP-freie Erntegüter sollten zudem in getrennten und dichten Transportbehältern zur Sammelstelle transportiert werden. Ein gewisser Mehraufwand wird durch die zusätzliche Sicherstellung der Dichtigkeit der Transportbehälter verursacht. Ein Abdecken des Erntegutes oder das Anbringen von zusätzlichen Verkleidungen trägt dazu bei, dass keine Pflanzenteile von GVP ungewollt in die Umwelt gelangen. Wenn keine teuren Zusatzeinrichtungen wie Abdeckplanen gekauft werden müssen, hält sich der dadurch verursachte Mehraufwand in Grenzen. Die Transportbehälter sollten nach dem Gebrauch gereinigt werden.

7.10. Weitere Massnahmen

7.10.1. Umweltmonitoring

Eine wichtige Rolle beim GVP-Anbau wird auch das Umweltmonitoring spielen. Die GVP nutzenden Landwirte sollten mögliche Verbreitungspfade von GVP überwachen. Dazu gehören beispielsweise der Durchwuchs in der Anbaufläche, verwilderte GVP an Feld- und Wegrändern sowie das Vorkommen der Kulturpflanzen in unüblichen Habitaten. Wir empfehlen die Schaffung einer zentralen Anlaufstelle, bei der Landwirte verdächtige oder auffällige Effekte des Anbaus von GVP melden können. Die Meldungen sollten periodisch ausgewertet und publiziert werden, damit die landwirtschaftlichen Beratungsstellen diese Erfahrungen in ihre Beratung einfließen lassen können.

7.10.2. Schulung

Es gibt eine Vielzahl von Massnahmen, die geeignet sind, Vermischungen von GVP-freien mit GVP-haltigen Produkten zu verhindern. Einige dieser Massnahmen benötigen jedoch Fachwissen, das bei der Planung und im GVP-Produktionsprozess angewendet werden muss. Saatgutfirmen sollten beim Verkauf von GV-Saatgut Richtlinien für den Anbau der jeweiligen GV-Sorte liefern. Ein Beispiel für solche Richtlinien wurde durch die englische «Supply chain initiative on modified agricultural crops» herausgegeben (SCIMAC 1999).

8. Räumliche Aspekte der Koexistenz

Die landwirtschaftliche Produktion der Ackerkulturen Mais, Weizen und Raps konzentriert sich auf die für den Anbau klimatisch günstigen Lagen der Schweiz. Sie beschränkt sich im Wesentlichen auf das Mittelland, die tieferen Lagen des Juras, die Talgebiete des Wallis und Tessins, das St. Galler Rheintal sowie die Bündner Rheintäler (siehe auch Abb. 3). Siedlungen, Wald und landwirtschaftliche Nutzflächen sind in diesen ackerbaulich genutzten Gebieten relativ eng miteinander verzahnt (BFS 2001, 2002). Bei der Beurteilung einer möglichen Koexistenz zwischen einer Landwirtschaft mit und ohne Gentechnik spielt die Struktur der Landschaft eine wichtige Rolle.

In dieser Studie wird anhand zweier Ansätze versucht, das Potenzial und die limitierenden Faktoren für eine Koexistenz abzuschätzen. Während der eine Ansatz auf der gesamtschweizerischen Anbaufläche von Mais und Raps basiert, stützt sich der zweite Ansatz auf Nutzungsdaten, die aus den Luftbildern eines 164 Quadratkilometer grossen Gebiets im Osten des Kantons Zürich gewonnen wurden. Die zwei Ansätze geben einen ersten Einblick in die räumlichen Aspekte der Koexistenz. Es muss aber beachtet werden, dass beide Verfahren die Realität nicht vollständig darstellen können, da in beiden Fällen mit Annahmen gearbeitet wird, die mit Unsicherheiten behaftet sind.

8.1. Abschätzung des Flächenbedarfs für die Isolation von GVP-Kulturen

8.1.1. Datengrundlage und Methode

Die landwirtschaftliche Betriebsdatenerhebung des Bundesamts für Statistik (BFS) des Jahres 2003 lieferte die Datengrundlage für den ersten Ansatz. Die offene Ackerfläche sowie die Anbaufläche von Mais und Raps aller Schweizer Gemeinden bildeten die Basis für die Berechnungen. Es wurden insgesamt 2796 Schweizer Gemeinden berücksichtigt, davon waren 590 Gemeinden ohne Mais- und 1361 Gemeinden ohne Rapsanbau. 391 Gemeinden sind zudem ohne offene Ackerfläche.

Für die Modellrechnung wurden folgende Annahmen getroffen:

- (1) Die Anbaudichte der GVP-Kultur beträgt 10% der Anbaufläche der entsprechenden Kultur.
- (2) Die offene Ackerfläche bildet in jeder Gemeinde eine geschlossene Fläche.
- (3) Die Mais- oder Rapsflächen sind innerhalb der offenen Ackerflächen der Gemeinde regelmässig verteilt.
- (4) Sämtliche Parzellen in einer Gemeinde sind gleich gross und bilden ein Rechteck. Es existieren zwei durchschnittliche Parzellengrössen: 1 ha und 2 ha (Abb. 6).
- (5) Die Isolationsabstände verlaufen von jedem Feld rechtwinklig auf alle Seiten. Ein Feld wird somit von einem Isolationsgürtel umgeben. Da sich die Parzellen mit GVP gegenseitig isolieren, benötigt jedes Feld bei einem Isolationsabstand von 100 Metern einen Isolationsgürtel von 50 Meter Breite.

Für jede Schweizer Gemeinde wurde gemäss der folgenden Formel ermittelt, ob die Fläche für den Anbau der Felder mit GVP plus Isolationsflächen vorhanden ist:

GVP-Flächen plus Isolationsgürtel \Leftrightarrow offene Ackerfläche minus Flächen ohne GVP

Der Flächenbedarf für den Isolationsgürtel wurde aufgrund des Isolationsabstands berechnet. Das Verhältnis Isolationsgürtel/Parzelle ist bei kleinen Feldern verhältnismässig gross. Allerdings verringert es sich mit zunehmender Parzellengrösse. Der Flächenbedarf für den

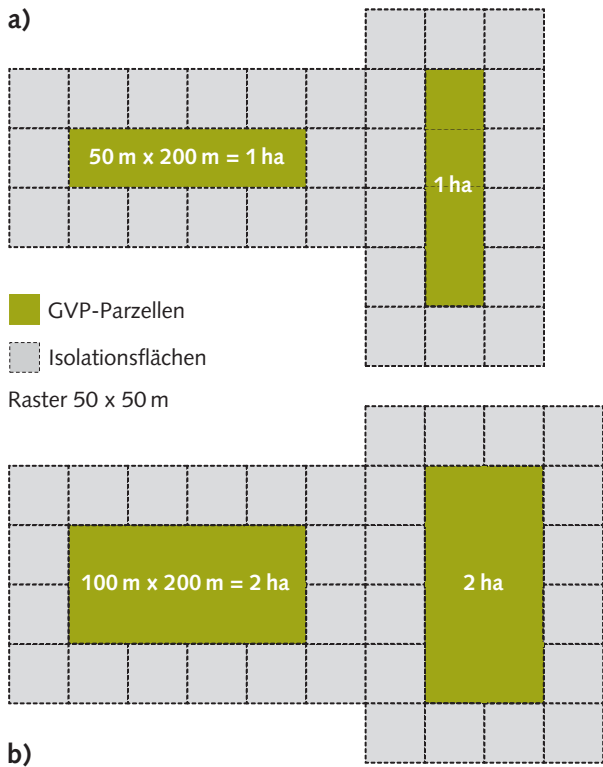


Abbildung 6
In der Modellrechnung wurden die Isolationsflächen für zwei Parzellengrößen berechnet: a) 1 ha (Rechteck von 50 x 200 m) und b) 2 ha (100 x 200 m). Für einen Isolationsabstand von 100 m benötigt eine Parzelle beispielsweise einen Isolationsgürtel von 50 m Breite.

Anbau der GVP-Kultur wurde mit der in jeder Gemeinde zur Verfügung stehenden offenen Ackerfläche – abzüglich der Fläche, die für 90% der Kultur ohne GVP benötigt wird – verglichen. Die Anzahl Gemeinden, in denen dieser Flächenbedarf die offene Ackerfläche (minus Flächen ohne GVP) überschritt, wurde summiert.

8.1.2. Resultate der Modellrechnung

Bei Mais wurden vier verschiedene Isolationsdistanzen (25, 50, 100 und 200 m) berechnet, was zu acht Szenarien führte. Bei Raps wurden zwei Isolationsdistanzen (50 und 400 m) berechnet, was zu vier Szenarien führte. Die Resultate der Modellrechnung (Tab. 9) zeigen, dass die räumlichen Aspekte beim Rapsanbau, bei dem grössere Isolationsabstände benötigt werden, im Vergleich zu Mais weniger kritisch sind. Dies liegt daran, dass die Anbaudichte von Raps in der Schweiz etwa viermal geringer als jene von Mais ist. Die Fläche für den Anbau von 10% GV-Raps plus Isolation ist gemäss dem verwendeten Modell in allen Schweizer Gemeinden vorhanden, die Raps anbauen (Abb. 7). Bei Mais ist die für den Anbau von 10% GV-Mais

plus Isolation nötige Fläche bei jedem Szenario in einigen Schweizer Gemeinden nicht vorhanden. Der Anteil variiert dabei je nach gewähltem Szenario zwischen 4 und 13% der Gemeinden (Abb. 8).

8.1.3. Interpretation der Modellrechnung

Der für die Isolation von GVP-Flächen nötige Flächenbedarf hängt primär von vier Faktoren ab:

- (1) Parzellengrösse der GVP-Flächen
- (2) Anteil der GV-Kultur an der Gesamtfläche der Kultur
- (3) Anteil der Kultur an der offenen Ackerfläche
- (4) Anteil der offenen Ackerfläche an der landwirtschaftlichen Nutzfläche

Die beiden ersten Faktoren beeinflussen die für die Isolation der Felder mit GVP notwendige Fläche. Da kleinere Felder proportional mehr Isolationsfläche benötigen, ist der

Tabelle 9. Anzahl Schweizer Gemeinden, in denen der Flächenbedarf für den Anbau von GV-Mais und GV-Raps plus Isolation die offene Ackerfläche übersteigt

Modell	Mais ¹⁾				Raps ²⁾	
	Isolationsabstand				Isolationsabstand	
	25 m	50 m	100 m	200 m	50 m	400 m
2 ha Parzellengrösse	99 (4%)	118 (5%)	154 (7%)	291 (13%)	0	0
2 ha Parzellengrösse	86 (4%)	107 (5%)	125 (6%)	191 (9%)	0	0

¹⁾ bei 2206 Gemeinden mit Maisanbau

²⁾ bei 1435 Gemeinden mit Rapsanbau

(siehe auch Abb. 7 und 8). Datengrundlage: Anbauflächen der Kulturen pro Gemeinde, Eidgenössische Betriebszählung 2003, Bundesamt für Statistik, GEOSTAT

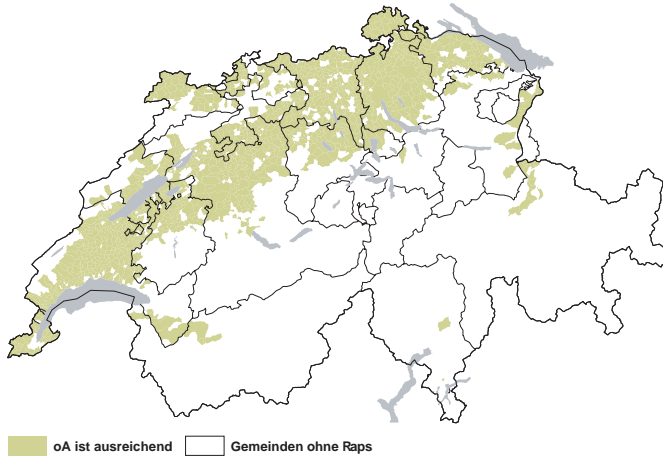


Abbildung 7 (links)

Ergebnisse der Modellrechnung für einen Anbau von 10% GV-Raps und einen Isolationsabstand von 50 m und 400 m. Der Flächenbedarf zur Isolation des GV-Rapsanbaus übersteigt in keiner Schweizer Gemeinde die offene Ackerfläche (oA). Gemeinden ohne Rapsanbau oder ohne offene Ackerfläche sind weiss dargestellt.

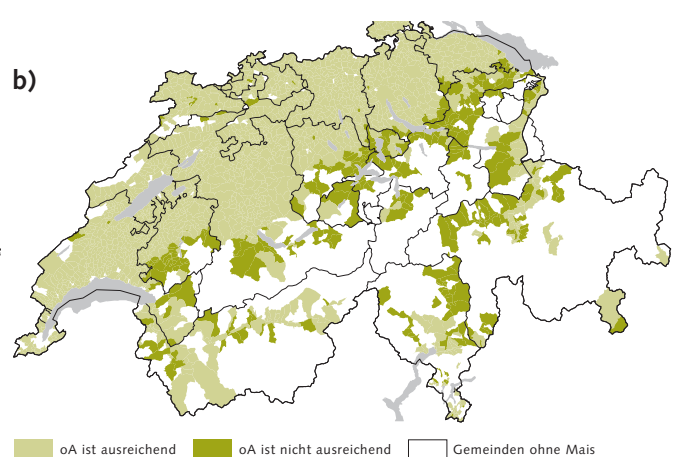
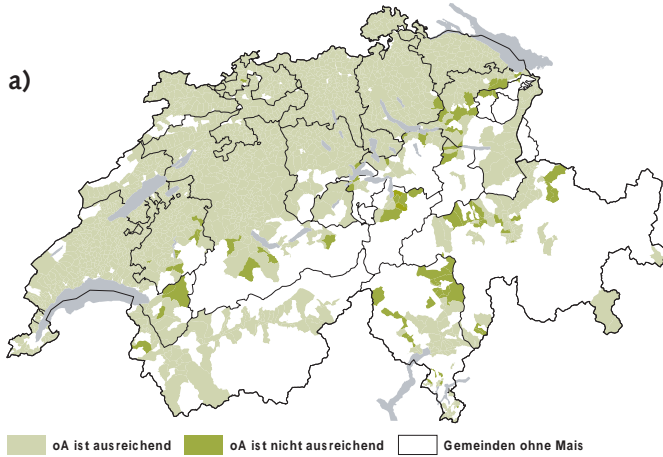
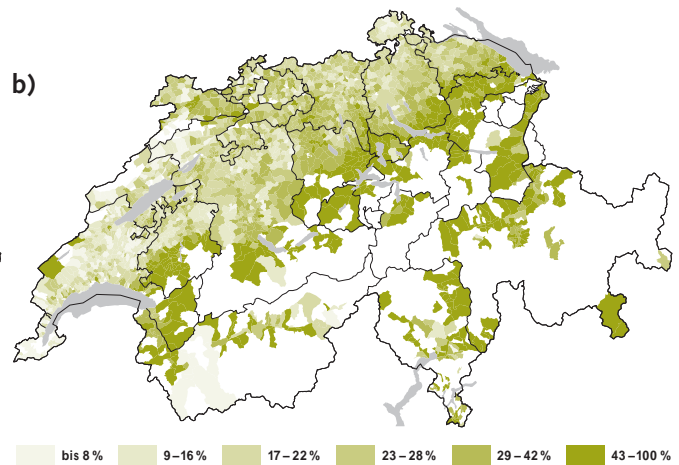
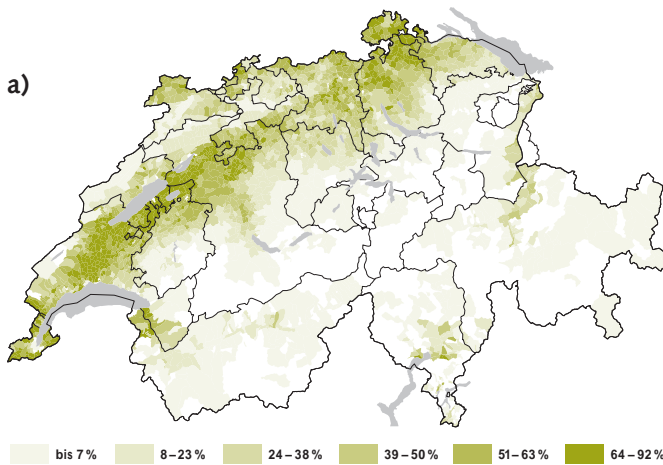


Abbildung 8 (Mitte links/rechts)

Ergebnisse der Modellrechnung für zwei Szenarien beim Anbau von 10% GV-Mais. In den dunkeloliv dargestellten Gemeinden reicht die offene Ackerfläche nicht aus, um die nötige Isolationsfläche abzudecken. a) 25 m Isolationsabstand und Parzellengrösse 2 ha, b) 200 m Isolationsabstand und Parzellengrösse 1 ha. Gemeinden ohne Maisanbau oder ohne offene Ackerfläche (oA) sind weiss dargestellt.



Flächenbedarf beim Ein-Hektare-Modell grösser als beim Zwei-Hektare-Modell. Er erhöht sich erwartungsgemäss auch mit zunehmender Dichte der GVP-Kulturen. Es ist schwierig, den Einfluss der beiden ersten Faktoren auf eine Koexistenz des GVP-Anbaus mit dem GVP-freiem Anbau abzuschätzen, da heute nicht bekannt ist, wie gross die Anbaudichte eines GVP-Anbaus sein wird. Für die Abschätzung der Parzellengrösse kann angenommen werden, dass diese ungefähr der heutigen Situation entsprechen wird. Die durchschnittliche Parzellengrösse für Mais und Raps variiert in der Schweiz je nach Region und landwirtschaftlicher Bewirtschaftungszone (Ackerbauzone, Hügelzone etc.). In den Kantonen Zürich und Aargau beispielsweise ist eine Maisparzelle durchschnittlich etwa 1 Hektare gross, während sie zum Vergleich in den Kantonen Waadt und Neuenburg je 1,5 Hektare gross ist (Quelle: Landwirtschaftsämter der erwähnten Kantone).

Die beiden letzten Faktoren beeinflussen den für die Flächen ohne GVP zur Verfügung stehenden Platz. Dieser wird kleiner, wenn der Anteil der offenen Ackerfläche an der land-

Abbildung 9

a) Anteil der offenen Ackerfläche an der landwirtschaftlichen Nutzfläche in den Gemeinden, b) Anteil der Maisflächen an der offenen Ackerfläche in den Gemeinden.

Datengrundlagen aller Karten:
Generalisierte Gemeindegrenzen der Schweiz 2003, Eidgenössische Betriebszählung 2003, Bundesamt für Statistik, GEOSTAT

wirtschaftlichen Nutzfläche abnimmt und wenn der Anbau der Kultur in der Gemeinde zunimmt. Betrachtet man bei Mais die Verteilung der «kritischen» Gemeinden, so ist die zur Isolation eines Anbaus von 10% GV-Mais benötigte Fläche gemäss dem Modell in der voralpinen Hügelize nicht vorhanden (Abb. 8). Aufgrund der klimatischen Bedingungen wird in dieser Zone hauptsächlich Futterbau betrieben. Der Anteil der offenen Ackerfläche an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche ist in dieser Zone im Allgemeinen gering (Abb. 9a). Auf der offenen Ackerfläche wird häufig fast ausschliesslich Mais angebaut (Abb. 9b). In den Hauptanbaubereichen von Mais im schweizerischen Mittelland (Abb. 3) wäre hingegen in den meisten Gemeinden genügend offene Ackerfläche für den Anbau von 10% GV-Mais plus Isolation vorhanden.

8.1.4. Grenzen des für die Berechnungen verwendeten Modells

Bei der Interpretation der Resultate gilt es zu bedenken, dass es sich um Modellrechnungen handelt und dass aufgrund der gemachten Annahmen folgende Faktoren berücksichtigt werden müssen:

- Da angenommen wird, dass die Flächen mit GVP in der offenen Ackerfläche regelmässig verteilt sind, stellen die Modellrechnungen in Bezug auf die Verteilung und den Isolationsbedarf dieser Flächen ein «worst-case»-Szenario dar. In der Realität liegen viele GVP-Flächen nahe beieinander, wodurch sich deren Isolationsflächen überschneiden. Die effektiv benötigte Isolationsfläche wird somit kleiner. Die offene Ackerfläche verteilt sich zudem in der Regel über die ganze Gemeinde, wodurch ein Teil der Isolation durch Grünland, Wald und Siedlungsfläche abgedeckt sein kann und weniger Isolationsfläche benötigt wird.
- Die Berechnungen wurden für eine Anbaudichte von 10% der Anbaufläche der entsprechenden Kultur durchgeführt. Die räumliche Situation wird kritischer, wenn die Anbaudichte der GVP-Kultur zunimmt. Steigt der GVP-Anteil jedoch über 50%, so reduziert sich die Anzahl der benötigten Isolationsabstände wieder, da bei diesem Szenario vermehrt GVP-Flächen aneinander stossen und somit keine Isolation benötigt wird.

8.2. Berechnung der Abstände zwischen Maisfeldern anhand von Luftbildern des Greifenseegebietes

8.2.1. Datengrundlage und Methode

Die Berechnungen der Abstände zwischen Maisfeldern basieren auf einer Luftbildklassifikation, die im Rahmen des Projekts «Nachhaltige land- und forstwirtschaftliche Nutzung im Wassereinzugsgebiet des Greifensees» in einem 164 Quadratkilometer grossen Gebiet im Osten des Kantons Zürich durchgeführt wurde (Flury *et al.* 2004; Schüpbach *et al.* 2003). Die Grundlage für die Luftbildklassifikation bildeten Infrarot-Ortholuftbilder, die am 11. August 2000 aufgenommen wurden. Mit Hilfe einer überwachten Klassifikation und einer visuellen Kontrolle der Ergebnisse war es möglich, im gesamten Gebiet die Lage der Maisflächen mit hoher Zuverlässigkeit zu bestimmen (Abb. 10). Als räumlicher Bezug für die Karte wurde ein Raster mit einer Auflösung von 25 x 25 Metern herangezogen. Damit eine Rasterzelle als Maisfläche klassifiziert wurde, musste mindestens 50% der Nutzung in dieser Zelle von Mais bedeckt sein. Direkt aneinander grenzende Zellen wurden als eine Fläche gewertet, auch wenn sie sich an den Ecken berührten.

Die Karte der Landnutzung wurde mit der Software FRAGSTATS (McGarigal *et al.* 2002) analysiert. Berechnet wurde die kürzeste Distanz («Euclidian Nearest-Neighbour Distance») zwischen einer Maisfläche und dem Rand der nächstgelegenen Maisfläche. Dabei wurde der Mittelwert sowie der Median der Entfernungen ermittelt. Der Median unterteilt die Anzahl berechneter Werte in zwei Hälften, das bedeutet, dass die eine Hälfte der Distanzen unter

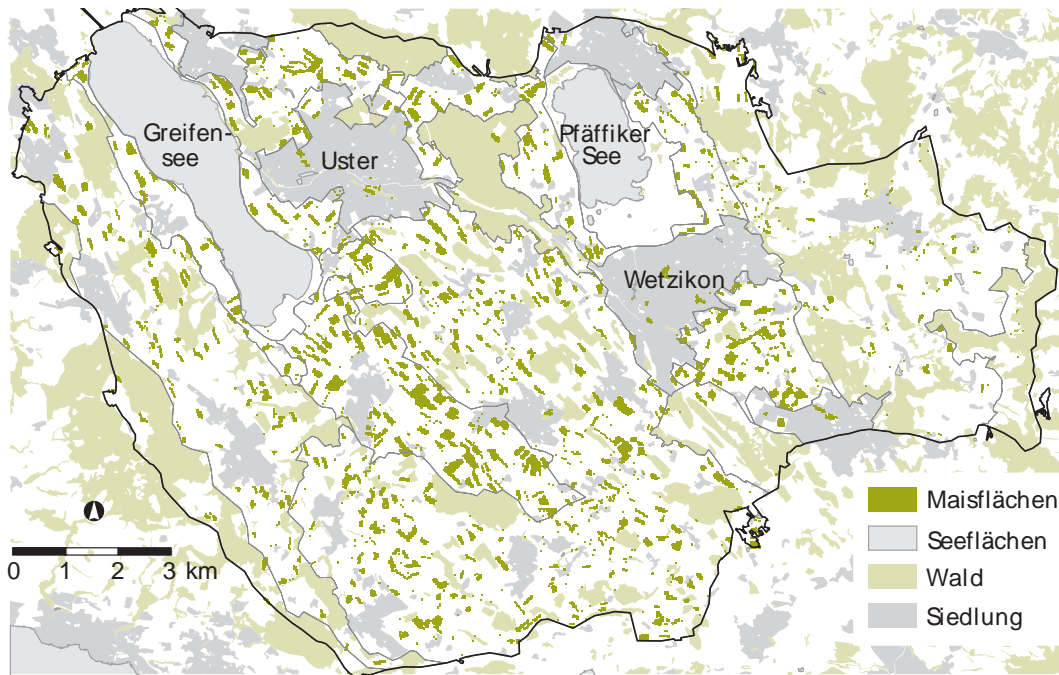


Abbildung 10
Verteilung der Maisflächen im Einzugsgebiet des Greifensees im Jahr 2000 (Flury *et al.* 2004; Schüpbach *et al.* 2003). Die eingezeichneten Grenzlinien entsprechen den in Abbildung 11 erwähnten Landschaftstypen. Seeflächen, Wald und Siedlungen: Vector25 ©swisstopo (BA046710)

dem Median liegt, die andere darüber. Zusätzlich wurde die Anzahl Maisflächen innerhalb einer Distanz von 100 und 200 Metern zu einer Maisfläche ermittelt. Da die Abstände in einem Raster von 25 x 25 Metern Kantenlänge berechnet wurden, ergibt sich eine minimale Entfernung von 50 Metern. Aufgrund der für das Raster gewählten Auflösung konnte die Berechnung der minimalen Isolationsdistanz von 50 Metern nicht durchgeführt werden. Um bei der Berechnung der Distanzen Randeffekte zu vermeiden, wurden die Maisflächen in einem Streifen ausserhalb des Einzugsgebiets berücksichtigt.

Da die landwirtschaftliche Nutzung aufgrund unterschiedlicher Standorteigenschaften variiert, ist eine Gliederung in homogene Landschaftsausschnitte (basierend auf naturräumlichen Kriterien) eine wichtige Grundlage, um Landschaften mit numerischen Indikatoren bewerten und miteinander vergleichen zu können. Im Einzugsgebiet des Greifensees wurden aufgrund der geomorphologischen Formen, der Bodeneigenschaften und der aktuellen Landnutzung verschiedene Landschaftstypen (Abb. 11) abgegrenzt (Szerencsits *et al.* 2004). Solche Landschaftstypen lassen sich auch in anderen Regionen des Schweizer Mittellands finden. Für die Interpretation der Ergebnisse wurden jene Landschaftstypen, in denen Gewässer, Wald und Siedlungen flächenmässig dominieren und praktisch keine landwirtschaftliche Nutzung vorkommt, nicht berücksichtigt.

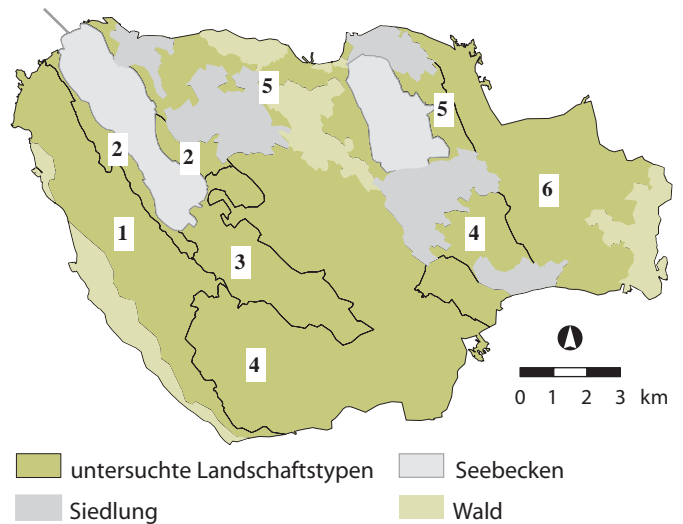


Abbildung 11
Gliederung des Greifenseegebietes in Landschaftstypen aufgrund naturräumlicher Kriterien (Szerencsits *et al.* 2004) (1 = östlicher Abhang von Forch und Pfannenstiel, 2 = Schwemmkegel im Seebecken des Greifensees, 3 = Talboden im Süden des Greifensees, 4 = Drummlandschaft des Zürcher Oberlands, 5 = Moränenlandschaft zwischen Greifensee und Pfäffikon, 6 = Bergland östlich von Wetzikon).

8.2.2. Resultate der GIS-Analyse

Die Distanz zwischen den Maisflächen variiert in den betrachteten Landschaftstypen zwischen 75 und 149 Metern. Im Durchschnitt beträgt sie 112 Meter (Tab. 10). In Landschaftstypen mit einem hohen Anteil an Ackerflächen (z.B. Talboden) sind die Abstände zwischen den Maisflächen entsprechend kürzer als in Gebieten mit geringerer ackerbaulicher Nutzung (z.B. Bergland). Der Median aller untersuchten Landschaftstypen beträgt 90 Meter. Das bedeutet, dass die Hälfte der Maisflächen in diesem Gebiet weniger als

Tabelle 10. Mittlere Distanzen und Median der Distanzen zwischen den Maisflächen in sechs Landschaftstypen des Greifenseegebiets sowie Anteil der Flächen mit einer anderen Maisfläche innerhalb eines Radius von 100 oder 200 m.

Landschaftstyp		MW ENN ¹⁾	Median ENN ²⁾	Maisfläche in ha	Anteil der Flächen (%) mit einem Maisfeld innerhalb von	
		in m	in m		100 m	200 m
1	Östlicher Abhang von Forch und Pfannenstiel	142	95	78	50	76
2	Schwemmkegel im Seebecken des Greifensees	102	75	43	56	92
3	Talboden im Süden des Greifensees	75	56	174	80	100
4	Drumlinlandschaft des Zürcher Oberlandes	110	100	341	50	89
5	Moränenlandschaft zwischen Greifensee und Pfäffikon	103	79	137	58	92
6	Bergland östlich von Wetzikon	149	103	37	46	78
Durchschnitt Greifenseegebiet		112	90		57	88

¹⁾ MW ENN = Mittelwert aller Distanzen (Euclidian nearest neighbour)

²⁾ Median ENN = Median aller Distanzen

90 Meter von der nächsten Maisfläche entfernt liegen. Je nach Landschaftstyp haben 46 bis 80% der Maisflächen mindestens eine benachbarte Maisfläche, die innerhalb eines Radius von 100 Metern liegt. Bei einer Isolationsdistanz von 200 Metern liegen je nach Landschaftstyp sogar zwischen 76 und 100% der Maisflächen innerhalb des erwähnten Radius. Bei einem Isolationsabstand von 100 Metern wären in mehr als der Hälfte der Fälle Absprachen zwischen den GVP nutzenden Landwirten und ihren Nachbarn nötig. Bei einem Isolationsabstand von 200 Metern wäre dagegen die Anlage vereinzelter Felder mit GVP nur noch auf wenigen Feldern ohne zusätzliche Massnahmen möglich. Die Analyse zeigt jedoch auch, dass in dieser Region die Anlage von Feldern mit GVP mit den von uns empfohlenen Isolationsabständen von 25 oder 50 Metern in vielen Fällen möglich ist.

8.2.3. Grenzen des verwendeten Modells

Bei der Interpretation der Resultate der GIS-Analyse gilt es zu bedenken, dass es sich um eine Luftbildinterpretation handelt, und dass aufgrund der für die Berechnung verwendeten Methodik folgende Faktoren berücksichtigt werden müssen:

- Zwei unmittelbar angrenzende Parzellen könnten durch die Luftbildinterpretation als eine zusammenhängende Maisfläche gewertet werden. Falls diese Parzellen zwei verschiedenen Besitzern gehören, wäre eine Absprache zwischen den beiden Nachbarn nötig.
- Aufgrund des gewählten Rasters von 25 x 25 Meter Kantenlänge beträgt die minimale Distanz, die in der Berechnung berücksichtigt werden kann, 50 Meter. Da die Abstände zwischen den Zentren der Randzellen berechnet wurden, wäre es möglich, dass die Ränder zweier Flächen effektiv näher als die Minimaldistanz von 50 Metern beieinander liegen.

8.3. Schlussfolgerungen zu den räumlichen Aspekten

Die Resultate der zwei Berechnungen geben einen ersten Einblick in die räumlichen Aspekte der Koexistenz. Grundsätzlich kann man sagen, dass die für die Isolation eines GVP-Anbaus von Mais und Raps nötige offene Ackerfläche in der Schweiz vorhanden ist. Der Koordinationsbedarf für die Koexistenz ist regional sehr unterschiedlich. Der für

die Koordination nötige Aufwand hängt von der Landschaftsstruktur und den Produktionsbedingungen ab. Um genauere Aussagen zu erhalten, sind jedoch weitergehende Studien unter Einbezug Geographischer Informations-Systeme nötig, bei denen auch verschiedene Regionen und Anbaudichten der Kulturen mit GVP berücksichtigt werden.

Die auf der gesamtschweizerischen Anbaufläche basierenden Berechnungen zeigen, dass die Fläche für einen GVP-Anbau von Mais und Raps mit den von uns empfohlenen Isolationsabständen (siehe Kap. 7.6.1 unter «Vorschlag für die in der Schweiz notwendigen Isolationsabstände») auf der zur Verfügung stehenden offenen Ackerfläche in den meisten Schweizer Gemeinden vorhanden ist. Da die Anbaudichte von Raps in der Schweiz etwa viermal kleiner ist als jene von Mais, sind die räumlichen Aspekte beim Rapsanbau weniger kritisch als bei Mais. Gemäss dem verwendeten Modell ist die zur Isolation eines Anbaus von 10% GV-Raps benötigte Fläche sogar bei einem Isolationsabstand von 400 Metern in allen Schweizer Gemeinden vorhanden. Bei Mais wäre die entsprechende Fläche in den Hauptanbaugebieten im schweizerischen Mittelland in der Regel ebenfalls vorhanden. Je nachdem, welches Szenario gewählt wird, wäre dies in den für Futterbau günstigen Lagen der voralpinen Hügelzone allerdings nicht der Fall.

Die Resultate der GIS-Analyse zeigen, dass sich die Mais-Anbaudichte und die Abstände zwischen den Maisfeldern in Abhängigkeit vom Landschaftstyp kleinräumig stark unterscheiden können. Die Maisflächen liegen im Mittelland mit einer mittleren Distanz von rund 110 Metern relativ eng beieinander. Gewisse Landschaftstypen (z.B. der Talboden südlich des Greifensees) weisen eine sehr hohe Anbaudichte von Mais auf. Die Hälfte der Maisfläche besitzt eine Nachbarfläche in einer Distanz von unter 56 Metern. Die Analyse zeigt, dass die Anlage von GV-Maisfeldern mit dem von uns für Körnermais empfohlenen Isolationsabstand von 50 Metern in vielen Fällen möglich ist. Trotzdem werden in diesem Landschaftstyp auch bei einem Isolationsabstand von 50 Metern in rund der Hälfte der Fälle Absprachen zwischen Nachbarn nötig sein, so dass ein gewisser Koordinationsaufwand zu erwarten ist. Da auf rund zwei Drittel der Maisflächen in der Schweiz Silomais angebaut wird (SBV 2002) und wir für Silomais einen Isolationsabstand von 25 Metern empfehlen, genügt in vielen Fällen ein kürzerer Abstand, was die Situation zusätzlich vereinfacht.

9. Informationsprozesse zur Umsetzung der Koexistenzmassnahmen

Im folgenden Informationskonzept wird der Informationsfluss zwischen den beteiligten Kreisen beschrieben, der für die Umsetzung der Koexistenz-Massnahmen notwendig ist. Für jede Massnahme wird gezeigt, welcher Informationsaustausch zwischen den Beteiligten nötig ist. Zudem wird eine Organisationsstruktur mit den entsprechenden Verantwortlichkeiten skizziert, sowie ein Vorschlag präsentiert, welche Informationen wo und wie lange dokumentiert werden müssen.

9.1. Pflichten der Behörden und der Bewilligungsinhaber

Für die Erarbeitung des Informationskonzepts wurde vorausgesetzt, dass bei einem GVP-Anbau entsprechende Verordnungen des Bundes zur Regelung der Koexistenz existieren werden. Zudem wurde angenommen, dass die Bewilligungsinhaber (d.h. die Saatgutfirmen) beim Verkauf von GV-Saatgut Vorschriften für den Anbau der jeweiligen GV-Sorte liefern müssen. Diese Anbauvorschriften enthalten zeitliche und räumliche Vorgaben zu den Massnahmen, die beim Anbau einer GV-Sorte zu befolgen sind. Die Vorschriften können beispielsweise Auflagen für den Abstand zu GVP-freien Kulturen und Anbaupausen vorschreiben, oder Anweisungen zur Kontrolle von verwilderten GVP enthalten. Alle Parteien (inkl. Lohnunternehmer), die in den Anbau, die Ernte und die Handhabung von Kulturen mit GVP involviert sind, verpflichten sich, diese Regeln beim Kauf von GV-Saatgut einzuhalten. Rechtlich bindende Vorschriften für den Anbau von landwirtschaftlichen Kulturen existieren zurzeit nicht. Es wird vorausgesetzt, dass juristische Abklärungen, ob solche Vorschriften in der Schweiz eingeführt werden dürfen, vorgenommen wurden.

9.2. Dokumentationspflicht des GVP nutzenden Landwirts

Um eine lückenlose Rückverfolgbarkeit und Warenflusstrennung garantieren zu können, sollte der GVP nutzende Landwirt die mit dem GVP-Anbau verbundenen Aktivitäten vom Saatgutkauf bis zur Abgabe des Ernteguts dokumentieren. Die Dokumentation sollte die folgenden Punkte beinhalten:

- Eindeutige Zuordnung der GVP-Anbauflächen auf Stufe Parzelle inklusive Angaben zur ausgesäten GV-Sorte (Anbauregister)
- Detaillierte Dokumentation aller relevanten Arbeiten auf dem Feld, von der Saatbettvorbereitung über die Aussaat und die Ernte bis zu den Nacherntemassnahmen (Feldkalender)
- Dokumentation zu Lagerung und Verarbeitung der GVP-Erntegüter auf dem Hof (Örtlichkeiten, Handhabung).

Der GVP nutzende Landwirt sollte die mit dem GVP-Anbau verbundenen Dokumentationen während eines definierten Zeitraums (z.B. fünf Jahre) aufbewahren. Es ist zu empfehlen, dass mindestens die relevanten Punkte der Dokumentation auch beim Ackerbaustellenleiter der Gemeinde abgelegt sind, damit diese Daten beispielsweise bei Grundstück-Handänderungen nicht verloren gehen. Die Lage der GVP-Anbauflächen auf Stufe Parzelle sollte zusätzlich auch von einer übergeordneten Stelle in einem zentralen Anbauregister verwaltet werden. Ein Grossteil der für den GVP-Anbau erforderlichen Dokumentation müssen die Landwirte bereits heute zur Berechnung der vom Bund ausgerichteten Direktzahlungen für den ÖLN (DZV SR 910.13) sowie für weitere Angaben (Anbauprämien, statistische Erhebungen des BFS) durchführen. Die Landwirte sind unter anderem verpflichtet, diverse Arbeiten auf dem Feld zu dokumentieren (Fruchtfolgerapporte, Nährstoffbilanzen, Angaben über die

Bodenbedeckung und Bodenbearbeitung) und den kantonalen Landwirtschaftsämtern zu melden. Zudem müssen die Landwirte jährlich Anfang Mai die Nutzung ihrer Flächen mittels eines Formulars zur Flächenerhebung melden. Für jede Parzelle muss die genaue Lage (Parzellennummer) und die darauf angebaute Kultur sowie die Lage und Grösse der ökologischen Ausgleichsflächen gemeldet werden. Die Angaben werden vom Bund und von den Kantonen überprüft und in einer zentralen Datenbank des BLW (AGIS) verwaltet.

Das GVP-Anbauregister könnte in die bereits existierende landwirtschaftliche Betriebsdatenerhebung eingefügt werden. Die anfallenden Daten würden durch eine Erweiterung der bestehenden Datenbank ins AGIS integriert. Da bereits heute viele Abläufe dokumentiert werden müssen, müssten die Landwirte bei einem GVP-Anbau nur in geringem Umfang zusätzliche Dokumentationen einführen.

9.3. Nötige Informationsprozesse zwischen beteiligten Akteuren

Im Folgenden werden mögliche Informationsprozesse skizziert, die zwischen den beteiligten Akteuren nötig sein werden, um die in Kapitel 7 vorgeschlagenen Massnahmen umzusetzen. Der folgende Abschnitt wurde basierend auf der in Tabelle 2 (siehe Kap. 6) aufgeführten Reihenfolge der Eintragungspfade strukturiert.

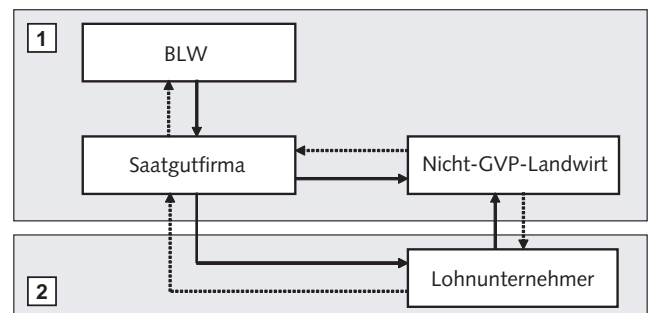
9.3.1. Prozesse zur Minimierung von Einträgen durch Saatgut

Eintragungspfad:	Aussaat von Nicht-GV-Saatgut mit GVP-Anteil
Produktionsphase:	Aktion (siehe Abb. 2 und Anh. 2):
Aussaat	3a
Massnahme:	Verwendung von zertifiziertem Saatgut

Ausgezogene Striche bedeuten eine «Muss-Information», gestrichelte Linien eine «Kann-Information».

(1) GVO-Analysen werden in der Schweiz bisher nur bei Import-Saatgut durchgeführt (siehe Kap. 7.4). Bei einem GVP-Anbau in der Schweiz sollten GVO-Analysen auch Bestandteil des Zertifizierungsprozesses von inländischem Saatgut sein. Die Verwendung von zertifiziertem Saatgut garantiert, dass dieses einen maximalen GVO-Anteil von 0,5% besitzt.

(2) Wird das Saatgut im Auftrag des Landwirts, der kein GVP anbaut, von einem Lohnunternehmen direkt bei einer Saatgutfirma gekauft, so ist der Lohnunternehmer gegenüber dem Landwirt für den Einkauf des richtigen Saatguts verantwortlich.

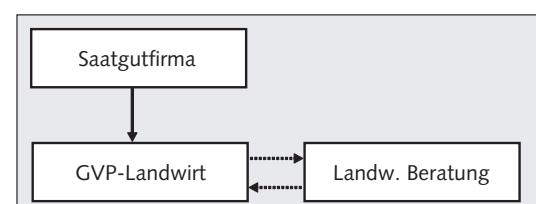


9.3.2. Prozesse zur Minimierung von Durchwuchs

Eintragungspfad:	Durchwuchs aus Samenbanken von GVP-Vorkulturen in Folgekulturen ohne GVP
Produktionsphase:	Aktion (siehe Abb. 2 und Anh. 2):
Anbauplanung	1b
Massnahmen:	Anpassen der Fruchtfolge und Einhalten der Anbaupausen

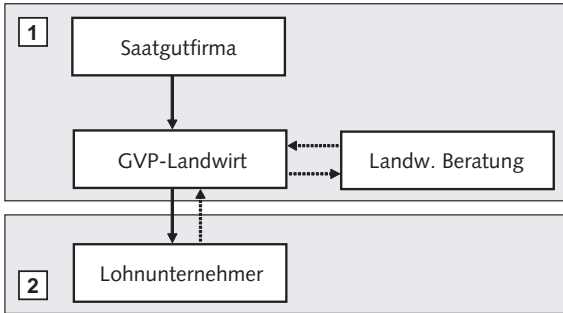
Ausgezogene Striche bedeuten eine «Muss-Information», gestrichelte Linien eine «Kann-Information».

Der GVP nutzende Landwirt wird die Fruchtfolgen seiner GVP-Kulturen auf der Basis der Anbauvorschriften der Saatgutfirmen und der darin vorgeschriebenen Anbaupausen planen. Bei Unklarheiten kann er zusätzliche Informationen bei den landwirtschaftlichen Beratungsstellen beziehen.



Eintragspfad:	Durchwuchs aus Samenbanken von GVP-Vorkulturen in Folgekulturen ohne GVP
Produktionsphasen:	Aktionen (siehe Abb. 2 und Anh. 2):
Saatbettvorbereitung	2a
Nacherntemassnahmen auf dem Feld	6
Massnahme:	Gezielte Kontrolle des Durchwuchses

Ausgezogene Striche bedeuten eine «Muss-Information», gestrichelte Linien eine «Kann-Information».



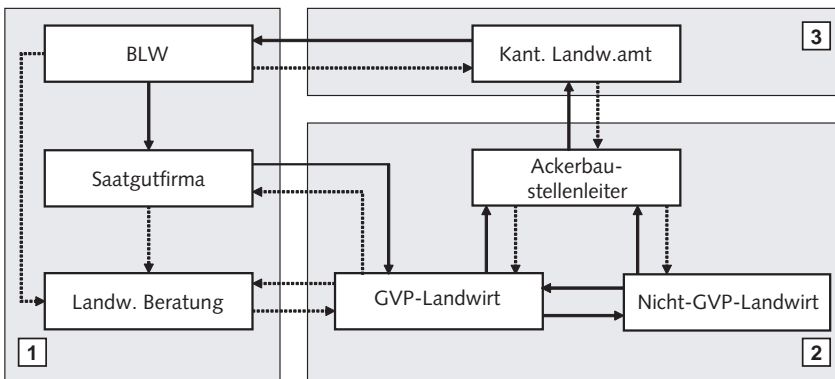
(1) Ausgehend von den in den Anbauvorschriften der Saatgutfirmen vorgeschriebenen Massnahmen muss der GVP nutzende Landwirt mögliche Samenbanken von GVP-Vorkulturen in den Anbauflächen nach der Ernte und vor der Saatbettvorbereitung aller Kulturen kontrollieren. Bei Unklarheiten kann er zusätzliche Informationen bei landwirtschaftlichen Beratungsstellen beziehen.

(2) Falls der GVP nutzende Landwirt die Arbeiten durch Dritte (z.B. Lohnunternehmer) durchführen lässt, muss er sicherstellen, dass die notwendigen Massnahmen eingehalten werden.

9.3.3. Prozesse zur Minimierung von Befruchtungen via Auskreuzung

Eintragspfad:	Auskreuzung von GVP-Kulturen auf GVP-freie Kulturen
Produktionsphase:	Aktion: (siehe Abb. 2 und Anh. 2)
Anbauplanung	1a
Massnahmen:	Informationen und Absprachen mit Landwirten der umliegenden Parzellen

Ausgezogene Striche bedeuten eine «Muss-Information», gestrichelte Linien eine «Kann-Information».



(1) Die für die Regelung der Koexistenz zuständige Behörde (wahrscheinlich BLW) verpflichtet die Saatgutfirmen dazu, den GVP nutzenden Landwirten für jede GV-Sorte entsprechende Anbauvorschriften zu liefern. Der GVP nutzende Landwirt wird seine Anbauplanung an diese Anbauvorschriften anpassen, wobei er bei Unklarheiten zusätzliche Informationen bei den landwirtschaftlichen Beratungsstellen beziehen kann.

(2) Der GVP nutzende Landwirt wird in einem ersten Schritt seine Parzellen so planen, dass die erforderlichen Mindestabstände sowie weitere Auflagen zu Nachbarkulturen eingehalten werden. Wo eine Absprache mit Landwirten umliegender Parzellen nötig ist, kontaktiert er diese zu einem festgelegten Termin vor der jeweiligen Herbst- und Frühljahrsaussaat. Falls sich die Landwirte einigen können, melden sie die Belegung ihrer Parzellen vor der Aussaat an den Ackerbaustellenleiter ihrer Gemeinde. Dieser überprüft, ob die geplanten GVP-Kulturen die Auflagen erfüllen und berücksichtigt – wenn nötig in Absprache mit umliegenden Ackerbaustellenleitern – auch Parzellen in Nachbargemeinden oder -kantonen. Nach seinem formellen Einverständnis darf der GVP nutzende Landwirt die Kulturen aussäen. Sollten die Landwirte im gegenseitigen Gespräch zu keiner Einigung kommen, so kann der sich benachteiligt fühlende Landwirt eine noch zu schaffende Schlichtungsstelle in Anspruch nehmen. Weitergehende Rekursmöglichkeiten könnten die kantonalen Landwirtschaftsämter und das BLW einschliessen, wobei hier die Rechtslage noch unklar ist.

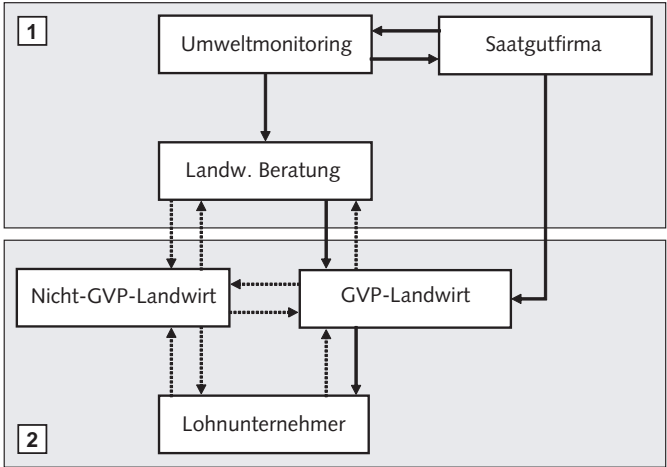
(3) Sind die Parzellenbelegungen einer Gemeinde festgelegt, meldet der Ackerbaustellenleiter diese (analog der landwirtschaftlichen Betriebsdatenerhebung) den kantonalen Landwirtschaftsämtern. Diese leiten die notwendigen Informationen an das BLW (AGIS) weiter.

Eintragungspfad:	Auskreuzung durch Pollen von verwilderten GVP oder von verwandten Arten
Produktionsphase:	Aktion (siehe Abb. 2 und Anh. 2):
Wachstums- und Pflegemassnahmen	4a und 4b
Massnahmen:	Kontrolle und Pflege der Feldränder und angrenzender Gebiete vor der Blüte der Kulturpflanzen und der verwandten Arten

Ausgezogene Striche bedeuten eine «Muss-Information», gestrichelte Linien eine «Kann-Information».

(1) Die Saatgutfirmen sollten in den Anbauvorschriften festhalten, in welchem Umkreis um die Anbaufläche der GVP nutzende Landwirt verwilderte GVP zu bekämpfen hat. Für die Kontrolle von verwandten Arten werden wahrscheinlich die für das Monitoring verantwortlichen Behörden verbindliche Richtlinien erlassen. Die landwirtschaftlichen Beratungsstellen können weitergehende regionale Empfehlungen erarbeiten, die beispielsweise auch das Vorkommen verwandter Arten berücksichtigen und speziell kritische Zonen benennen.

(2) Der GVP nutzende Landwirt wird die Kontrolle von verwilderten GVP und verwandten Arten basierend auf den Anbauvorschriften und Empfehlungen der landwirtschaftlichen Beratungsstellen durchführen. Für den Landwirt ohne GVP besteht im Prinzip keine Verpflichtung, verwilderte GVP und verwandte Arten zu kontrollieren, es ist jedoch anzunehmen, dass er sich im eigenen Interesse mit dem GVP nutzenden Landwirt abspricht und sich an der Kontrolle beteiligen wird. Falls Pflegearbeiten durch Lohnunternehmer ausgeführt werden, sind diese durch den GVP anbauenden Landwirt über die notwendigen Massnahmen zu informieren.



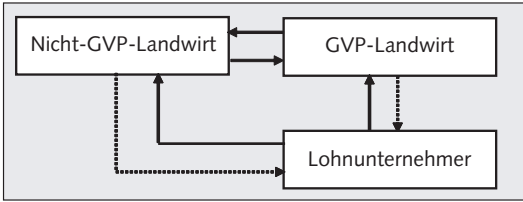
9.3.4. Prozesse zur Minimierung von Vermischungen durch Maschinen

Eintragungspfad:	Verschleppung oder Vermischung von GVP-Material durch Maschinen
Produktionsphasen:	Aktionen (siehe Abb. 2 und Anh. 2):
Saatbettvorbereitung	2c
Aussaat	3b
Pflegemassnahmen	4c
Ernte	5a, 5b
Massnahmen:	Reinigung der Maschinen / zeitlich getrennte Verwendung

Ausgezogene Striche bedeuten eine «Muss-Information», gestrichelte Linien eine «Kann-Information».

Der Informationsprozess zur Verhinderung von Vermischungen durch Maschinen hängt stark von deren Verwendungsmodus ab. So muss man zwischen folgenden Möglichkeiten unterscheiden:

- Maschinen werden von Betrieben mit und ohne GVP geteilt / Lohnunternehmer arbeiten mit Maschinen auf Betrieben mit und ohne GVP: Das Vermischungsrisiko kann durch Absprachen zwischen den Beteiligten reduziert werden. Der GVP nutzende Landwirt und der Lohnunternehmer sind verpflichtet, sämtliche



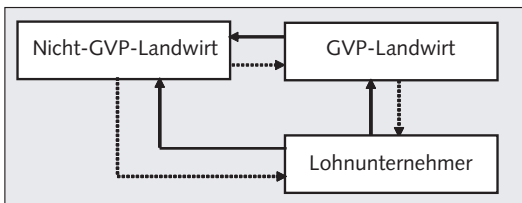
Maschinen nach Gebrauch auf GVP-Feldern gründlich zu reinigen und den Gebrauch der Maschinen auf Feldern mit GVP dem Landwirt ohne GVP bei der Übergabe der Maschinen zu deklarieren.

- Maschinen werden auf dem gleichen Betrieb entweder nur für GVP- oder nur für GVP-freie Kulturen verwendet / Maschinen werden auf dem gleichen Betrieb sowohl für GVP-Kulturen als auch für GVP-freie Kulturen verwendet: In diesen Fällen ist kein Informationskonzept notwendig, weil Massnahmen (Reinigung und zeitlich getrennte Verwendung) vom gleichen Landwirt getroffen werden müssen.

9.3.5. Prozesse zur Trennung von Ernte-Nebenprodukten

Eintragungspfad:	Ausbringung von GV-Samen über Stroh, Hofdünger, Kompost etc. auf ein Feld ohne GVP
Produktionsphasen:	Aktionen (siehe Abb. 2 und Anh. 2):
Saatbettvorbereitung	2b
Pflegemassnahmen	4d
Lagerung und Verwendung von Ernte-Nebenprodukten auf dem Hof	7b
Massnahmen:	Trennung der Ernte-Nebenprodukte

Ausgezogene Striche bedeuten eine «Muss-Information», gestrichelte Linien eine «Kann-Information».



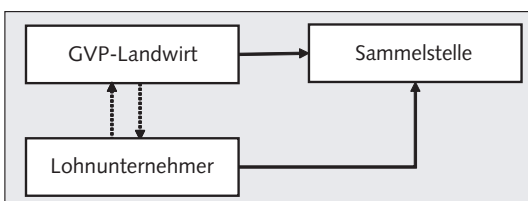
Um zu verhindern, dass Betriebe ohne GVP Ernte-Nebenprodukte aus GVP-Betrieben verwenden, müssen GVP nutzende Landwirte ihre Ernte-Nebenprodukte klar als solche kennzeichnen und bei der Abgabe an Dritte auch deklarieren. Falls ein Lohnunternehmer Ernte-Nebenprodukte sowohl auf Betrieben mit GVP als auch auf GVP-freien Betrieben verwendet, muss die Herkunft der verwendeten Ernte-Nebenprodukte dem Landwirt ohne GVP deklariert

und garantiert werden. Falls Ernte-Nebenprodukte auf dem gleichen Betrieb sowohl für GVP-Felder als auch für GVP-freie Felder verwendet werden, liegt die Verantwortung zur Verhinderung von Einträgen von GV-Samen auf Felder ohne GVP beim betreffenden Landwirt.

9.3.6. Prozesse zur Kennzeichnung und Warentrennung von Erntegütern (Hof)

Eintragungspfad:	Vermischung von GVP-freien mit GVP-haltigen Erntegütern bei Lagerung und Transport
Produktionsphasen:	Aktionen (siehe Abb. 2 und Anh. 2):
Lagerung und Verarbeitung von Ernteprodukten auf dem Hof	7a
Transport Hof–Sammelstelle	8a, 8b
Massnahmen:	Kennzeichnung von GVP-Erntegut, zeitlich und evtl. räumlich getrennte Lagerung,
Ver-	arbeitung und Transport des Ernteguts, Reinigung von Lager- und Transportbehältern, Dokumentation und Deklaration bei Abgabe des Ernteguts durch GVP nutzenden Landwirt

Ausgezogene Striche bedeuten eine «Muss-Information», gestrichelte Linien eine «Kann-Information».



Bei der Abgabe des GVP-Ernteguts bei den Sammelstellen muss dieses vom GVP nutzenden Landwirt vorab angemeldet werden und eindeutig als solches gekennzeichnet sein. Der Zeitpunkt, wann diese Meldung spätestens erfolgen muss, ist noch zu bestimmen. Es ist auch vorstellbar, dass der Landwirt

den Abnehmer des GVP-Ernteguts (z.B. eine Sammelstelle oder eine landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaft) bereits während der Planung über den Anbau von GVP informiert. Werden die Arbeiten durch Dritte (z.B. Lohn- oder Transportunternehmen) durchgeführt, so sind diese verpflichtet, die gleichen Regeln zu befolgen.

10. Schlussfolgerungen

Da die Frage der Koexistenz einer Kultur von ihren biologischen Eigenschaften, der Landschaftsstruktur, der zur Verfügung stehenden offenen Ackerfläche und der Anbaudichte der GVP-Kultur abhängig ist, muss jede Kultur regional betrachtet werden. Bei den in der vorliegenden Studie untersuchten Kulturen Mais, Weizen und Raps wäre eine Koexistenz aus wissenschaftlicher Sicht in den Hauptanbaugebieten der Schweiz grundsätzlich möglich. Voraussetzung ist, dass die Landwirte eine Reihe von technischen und organisatorischen Massnahmen treffen. Bei der Planung der Fruchtfolge sowie bei der Berücksichtigung der nötigen Isolationsabstände zu Nachbarparzellen sind ausserdem Absprachen und ein umfassender Informationsaustausch zwischen Nachbarn nötig.

Nutzung bestehender Erfahrungen

Viele Landwirte besitzen bereits heute Erfahrungen in der Trennung verschiedener Qualitäten, Klassen oder Sorten einer bestimmten Kultur, die bei der Erarbeitung eines GVP-Konzepts genutzt werden können. Zudem existieren in der Saatgutproduktion und beim Anbau von Sorten mit spezifischen Qualitätsmerkmalen (z.B. Süssmais und ölsäurereiche Sonnenblumen) Erfahrungen, wie der Anbau von gleichen Kulturen getrennt werden muss, um die vorgeschriebenen Reinheiten zu erfüllen. Die bestehenden Kenntnisse können eine wertvolle Hilfe bei der Umsetzung eines Koexistenzkonzepts sein und Hinweise zur Machbarkeit und zu den voraussichtlichen Kosten liefern. Keines der bestehenden Systeme kann jedoch ohne Anpassungen übernommen werden.

Vermeidung von Vermischungen

Ein Koexistenzkonzept für GVP sollte sich an den Grundsätzen und der Methodik bestehender Systeme zur Identitätswahrung orientieren. Verschiedene technische und organisatorische Massnahmen können Vermischungen von GVP-freien mit GVP-haltigen Produkten reduzieren. Der GVP-Eintrag über das Saatgut kann durch die Verwendung von zertifiziertem Saatgut minimiert werden. Durchwuchs lässt sich am ehesten durch eine optimale Bodenbearbeitung nach der Ernte und durch Anbaupausen kontrollieren. Die Auskreuzungsrate zwischen GVP-Feldern und Feldern ohne GVP der gleichen Kultur kann durch Isolationsabstände und durch Pufferstreifen an den Rändern von GVP-freien Feldern reduziert werden. Zudem könnte eine Übereinstimmung der Blühperioden vermieden werden, indem die GVP-Felder gegenüber den umliegenden Feldern ohne GVP zeitlich verschoben oder Sorten mit unterschiedlichen Reifezeitpunkten gesät werden. Das Vermischungsrisiko in Maschinen kann durch die gründliche Reinigung sämtlicher Maschinen nach dem Gebrauch auf GVP-Feldern reduziert werden. Eine klare Trennung der Erntegüter und die Dokumentation der Abläufe während der Lagerung, der Verarbeitung und des Transports vom Feld bis zur Sammelstelle kann die Vermischung ebenfalls minimieren.

Nötige Anpassungen für die Landwirte

Die Koexistenzmassnahmen und die Warenflusstrennung auf dem Hof verlangen von den GVP nutzenden Landwirten einen hohen Dokumentationsaufwand für die eindeutige Zuordnung ihrer Flächen mit GVP, für die relevanten Arbeiten auf dem Feld und für die Lagerung und Verarbeitung der Erntegüter. Der Dokumentationsgrad der Schweizer Landwirte ist aufgrund des ÖLN und der landwirtschaftlichen Betriebsdatenerhebung bereits hoch, so dass hier keine wesentlichen Anpassungen nötig sein dürften.

Ein GVP-Anbau dürfte auch bei Landwirten ohne GVP keine allzu grossen Anpassungen in der Anbautechnik nötig machen. Einzig bei der Fruchtfolge könnten unter Umständen Änderungen nötig sein. Bei der Planung der Fruchtfolge und speziell bei der Berücksichtigung

der nötigen Isolationsabstände zu Nachbarparzellen werden Absprachen und ein Informationsaustausch zwischen Nachbarn nötig sein. Für einen GVP nutzenden Landwirt kann dadurch – je nach Anzahl seiner Nachbarn – ein beträchtlicher Bedarf an Kommunikation entstehen.

Auskreuzung und Isolationsabstände

Die Auswertung der neuesten Studien zeigen, dass beim Anbau von Körnermais ein Isolationsabstand von 50 Metern genügt, um die Auskreuzung zwischen einem GVP-Feld und einem Feld ohne GVP unter 0,5% zu minimieren. Eine Auskreuzungsrate von maximal 0,5% pro Feld ist aus unserer Sicht nötig, weil neben der Auskreuzung noch andere Mechanismen die Vermischungsrate erhöhen können. Bei Silomais genügt ein Abstand von 25 Metern, da Auskreuzungen nur die Körner betreffen und ein möglicher GVP-Anteil durch die Silage der ganzen Pflanzen verdünnt wird. Bei Raps beträgt der Abstand für Liniensorten und restaurierte Hybriden 50 Meter und für Verbundhybride 400 Meter. Da Weizen ein strenger Selbstbefruchter ist, genügt eine klare Trennung der Kulturen.

Räumliche Aspekte der Koexistenz

Die auf der gesamtschweizerischen Anbaufläche basierenden Berechnungen zeigen, dass die zur Isolation eines GVP-Anbaus von Mais und Raps benötigte Fläche auf der zur Verfügung stehenden offenen Ackerfläche in den meisten Schweizer Gemeinden vorhanden ist. Da die Anbaudichte von Raps in der Schweiz etwa viermal geringer ist als jene von Mais, sind die räumlichen Aspekte beim Rapsanbau weniger kritisch als bei Mais.

Die Resultate der GIS-Analyse zeigen, dass die Maisflächen im Mittelland mit einer mittleren Distanz von rund 110 Metern relativ eng beieinander liegen. Die Anlage von GV-Maisfeldern mit dem von uns empfohlenen Isolationsabstand von 50 Metern wäre im schweizerischen Mittelland in vielen Fällen möglich.

Empfehlungen

Aufgrund fehlender Erfahrungen geben wir folgende Empfehlungen:

- Einführung von Kontrollmechanismen, die helfen können, die Koexistenz-Massnahmen zu überprüfen (z.B. GVO-Analysen an mehreren Stellen der Produktionskette)
- Kontinuierliche Auswertung der Kontrollen, um Koexistenz-Massnahmen unter Umständen kurzfristig anpassen zu können.
- Behandlung von Koexistenz-Massnahmen in der landwirtschaftlichen Aus- und Weiterbildung.

Offene Fragen / Fehlendes Wissen

Um die Frage zu beantworten, ob die im Bericht vorgeschlagenen Isolationsdistanzen bei den in der Schweiz üblichen Anbaudichten der Kulturen umsetzbar wären, sind weitere Studien unter Einbezug Geographischer Informations-Systeme nötig.

Dank

Ganz besonders danken möchten wir Michael Bannert und Prof. Peter Stamp (ETH Zürich), Daniel Bohnenblust (BFS) sowie den Mitarbeitern der kantonalen Landwirtschaftsämter der Kantone Aargau, Bern, Fribourg, Neuchâtel, Solothurn, Waadt und Zürich, die uns ihre Daten zur Verfügung gestellt haben.

Für die fachliche Unterstützung und für wertvolle Informationen zu ihren jeweiligen Fachgebieten danken wir Franz-Josef Stadelmann (Eric Schweizer Samen AG), Mathias Menzi und Peter Latus (beide Agroscope FAL Reckenholz).

Unser Dank geht auch an Markus Hardegger (BLW), der diese Studie mit wertvollen Kommentaren begleitet hat.

Abkürzungen

BLW	Bundesamt für Landwirtschaft
BFS	Bundesamt für Statistik
GIS	Geographisches Informations-System
GTG	Gentechnikgesetz
GV	Gentechnisch verändert
GVO	Gentechnisch veränderter Organismus
GVP	Gentechnisch veränderte Pflanze
ÖLN	Ökologischer Leistungsnachweis
PCR	Polymerase Kettenreaktion

Literatur

- ACRE (2002). Background paper: Gene flow from genetically modified crops. Department for Environment, Food and Rural Affairs – Advisory Committee on Releases to the Environment, London, 10 S. www.defra.gov.uk/environment/acre/pubs/geneflow.htm
- AEBC (2003). GM Crops? Coexistence and liability. Agriculture and Environment Biotechnology Commission, London, 158 S. www.aebc.gov.uk/aebc/reports/coexistence_liability.shtml
- Ammann K., Jacot Y. und Rufener Al Mazyad P. (1996). Field releases of transgenic crops in Switzerland – an ecological risk assessment of vertical gene flow. In: Gentechnisch veränderte krankheits- und schädlingsresistente Nutzpflanzen – eine Option für die Landwirtschaft? Vol. Band 1 – Materialien. Herausgegeben von E. Schulte und O. Käppeli. BATS – Fachstelle für Biosicherheitsforschung und Abschätzung von Technikfolgen, Basel, S. 101-157.
- Amtsblatt der EU (2003). Empfehlung der Kommission vom 23. Juli 2003 mit Leitlinien für die Erarbeitung einzelstaatlicher Strategien und geeigneter Verfahren für die Koexistenz gentechnisch veränderter, konventioneller und ökologischer Kulturen. Amtsblatt der Europäischen Union. L189/36, Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Brüssel, 12 S.
- Angevin F., Klein E., Choimet C., Meynard J.M., de Rouw A. *et al.* (2001). Modélisation des effets des systèmes de culture et du climat sur les pollinisations croisées chez le maïs: le modèle MAPOD. Rapport du groupe 3 du programme de recherche „«Pertinence économique et faisabilité d'une filière sans utilisations d'OGM»». INRA - FNSEA, Paris, 21 - 36 S.
- BAG (2004). Anhörung zur Änderung der Lebensmittelverordnung aufgrund des Gentechnikgesetzes. Bundesamt für Gesundheit, 16. Juni 2004. www.bag.admin.ch/verbrau/lebensmi/lmrecht/Revision%20GVO/d/index.htm.
- Bannert M., Stössel F., Orsini E., Stamp P. und Soldati A. (2003). Fremdbefruchtung bei Mais: Eine realistische Simulation transgenen Pollenflugs. Bericht über die Versuchstätigkeit 2001–2003. Eidgenössische Technische Hochschule – Institut für Pflanzenwissenschaften, Zürich, 17 S.
- Barth R., Brauner R., Hermann A., Hermanowski R., Nowack K. *et al.* (2003). Grüne Gentechnik und ökologische Landwirtschaft. UBA Texte. 01/03, Umweltbundesamt, Berlin, 248 S.
- Bateman A.J. (1947). Contamination of seed crops II. Wind pollination. *Heredity* 1, 235-246.
- Beckie H.J., Warwick S.I., Nair H. und Seguin-Swartz G.S. (2003). Gene flow in commercial fields of herbicide-resistant canola (*Brassica napus*). *Ecological Applications* 13 (5), 1276-1294.
- Bénétrix F. und Bloc D. (2003). Maïs OGM et non OGM – possible coexistence. *Perspectives Agricoles* 294, 14-17.
- Bénétrix F., Bloc D., Foueillassar X. und Naïbo B. (2003). A study to evaluate co-existence of GM and conventional maize on the same farm. Poster präsentiert an der GMCC-03 – GM crops and Co-existence, 13./14. November 2003 in Helsingør.
- BFS (2001). Bodennutzung im Wandel – Arealstatistik Schweiz. Bundesamt für Statistik, Neuchatel, 30 S.
- BFS (2002). UMWELT SCHWEIZ 2002 – Statistiken und Analysen. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel, 322 S.
- BIO SUISSE (2004a). Ausführungsbestimmungen MKA (Schlagwortverzeichnis). Teil Produzenten. BIO SUISSE – Vereinigung Schweizer Biolandbau-Organisationen, Basel, 50 S. www.bio-suisse.ch/media/de/pdf2003/ausfhrungsbestimmungen_mka_15.12.03_pdf.pdf
- BIO SUISSE (2004b). Richtlinien für die Erzeugung, Verarbeitung und den Handel von Bio-Produkten. BIO SUISSE – Vereinigung Schweizer Biolandbau-Organisationen, Basel, 59 S. www.bio-suisse.ch/media/de/pdf2003/rl_d_2004_ver_12.pdf
- BIO SUISSE (2004c). Weisungen zu den Richtlinien – Teil Produzenten. BIO SUISSE – Vereinigung Schweizer Biolandbau-Organisationen, Basel, 101 S. www.bio-suisse.ch/media/de/pdf2003/weisung_p_d_ausg_04_v10.pdf
- bioSicherheit (2002). Auskreuzung aus transgenem Mais und Quantifizierung der Auskreuzung. Projektverbund Kommunikationsmanagement in der Biologischen Sicherheitsforschung im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), 15. August 2002. www.biosicherheit.de/projekte/106.proj.html.
- bioSicherheit (2004a). Spanische Studie zu Mais und Auskreuzung: Bei grossen Feldern unterhalb des Schwellenwertes. Projektverbund Kommunikationsmanagement in der Biologischen Sicherheitsforschung im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), 12. März 2004. www.biosicherheit.de/aktuell/279.doku.html.

- bioSicherheit (2004b). Gv-Maissorten im EU-Sortenkatolog. Projektverbund Kommunikationsmanagement in der Biologischen Sicherheitsforschung im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), 9. September 2004. www.biosicherheit.de/aktuell/300.doku.html.
- Bio-Verordnung (SR 910.18). Verordnung über die biologische Landwirtschaft und die Kennzeichnung biologisch produzierter Erzeugnisse und Lebensmittel. Systematische Sammlung des Bundesrechts, Bern, 40 S.
- BLW (2000). Ölsaatenbericht. Bundesamt für Landwirtschaft, Bern, 8 S. www.blw.admin.ch/imperia/md/content/futtermittel/oelsaat_d.pdf
- Bock A.K., Lheureux K., Libeau-Dulos M., Nilsagård H. und Rodriguez-Cerezo E. (2002). Scenarios for co-existence of genetically modified, conventional and organic crops in European agriculture. Institute for prospective technological studies, Sevilla, 133 S.
- Brookes G., Barfoot P., Melé E., Messeguer J., Benetrix F. *et al.* (2004). Genetically modified maize: pollen movement and crop co-existence. PG Economics, Dorchester, 20 S. www.pgeconomics.co.uk/pdf/Maizepollenov2004final.pdf
- Burris J.S. (2001). Adventitious pollen intrusion into hybrid maize seed production fields. In 56th Annual Corn and Sorghum Research Conference, in Washington DC.
- Byrne P.F. und Fromherz S. (2003). Can GM and non-GM crops coexist? Setting a precedent in Boulder County, Colorado, USA. *Food, Agriculture and Environment* 1 (2), 258-261.
- CFIA (1994a). Regulatory Directive Dir94-11: The biology of *Zea mays* L. (corn/maize). Canadian Food Inspection Agency, Ottawa, 13 S.
- CFIA (1994b). Regulatory Directive Dir94-09: The biology of *Brassica napus* L. (canola/rapeseed). Canadian Food Inspection Agency, Ottawa, 18 S.
- CFIA (1999). Regulatory Directive Dir1999-01: The biology of *Triticum aestivum* L. (wheat). Canadian Food Inspection Agency, Ottawa, 14 S.
- Champolivier J., Gasquez J., Messean A. und Richard-Molard M. (1999). Management of transgenic crops within the cropping systems. In: *Gene flow and agriculture: relevance for transgenic crops* (P. J. W. Lutman ed.), 12 - 14 April 1999, in University of Keele.
- Chapman R.E., Wang J. und Bourke A.F.G. (2003). Genetic analysis of spatial foraging patterns and resource sharing in bumble bee pollinators. *Molecular Ecology* 12 (10), 2801-2808.
- Colbach N., Clermont-Dauphin C. und Meynard J.M. (2001a). GENESYS: a model of the influence of cropping system on gene escape from herbicide tolerant rapeseed crops to rape volunteers – I. Temporal evolution of a population of rapeseed volunteers in a field. *Agriculture Ecosystems and Environment* 83 (3), 235-253.
- Colbach N., Clermont-Dauphin C. und Meynard J.M. (2001b). GENESYS: a model of the influence of cropping system on gene escape from herbicide tolerant rapeseed crops to rape volunteers – II. Genetic exchanges among volunteer and cropped populations in a small region. *Agriculture Ecosystems and Environment* 83 (3), 255-270.
- de Greef W. (2003). Co-existence of different agricultural technologies: lessons from existing systems. In: Round table on research results relating to co-existence of GM and non-GM crops. 24. April 2003, in Brüssel.
- Downey R.K. (1999). Gene flow and rape – the Canadian experience. In: *Symposium Proceedings No. 72: Gene flow and agriculture: relevance for transgenic crops* (P.J.W. Lutman ed.), 12–14 April 1999, in University of Keele.
- DZV (SR 910.13). Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft (Direktzahlungsverordnung). Systematische Sammlung des Bundesrechts, Bern, 44 S.
- Eastham K. und Sweet J. (2002). Genetically modified organisms (GMOs): The significance of gene flow through pollen transfer. *Environmental Issue Report No. 28*. European Environment Agency, Kopenhagen, 75 S. http://reports.eea.eu.int/environmental_issue_report_2002_28/en/GMOs%20for%20www.pdf
- Europäische Gemeinschaft (2001). Richtlinie 2001/18/EG über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt und zur Aufhebung der Richtlinie 90/220/EWG des Rates. Europäisches Parlament und der Rat, Brüssel, 18 S.
- Europäische Gemeinschaft (2003a). Verordnung (EG) Nr. 1830/2003 des europäischen Parlaments und des Rates vom 22. September 2003 über die Rückverfolgbarkeit und Kennzeichnung von genetisch veränderten Organismen und über die Rückverfolgbarkeit von aus genetisch veränderten Organismen hergestellten Lebensmitteln und Futtermitteln sowie zur Änderung der Richtlinie 2001/18/EG. L 268/24, Amtsblatt der Europäischen Union, Brüssel, 5 S.
- Europäische Gemeinschaft (2003b). Verordnung (EG) Nr. 1829/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. September 2003 über genetisch veränderte Lebensmittel und Futtermittel. L268/1, Amtsblatt der Europäischen Union, Brüssel, 23 S.

- Europäische Gemeinschaft (2003c). Konsolidierter Text der Richtlinie des Rates vom 14. Juni 1966 über den Verkehr mit Getreidesaatgut (66/402/EWG). 1966L0402. Europäische Gemeinschaft, Brüssel, 33 S.
- Europäische Kommission (2003). (Entwurf) Richtlinie der Kommission vom ... zur Änderung der Richtlinien 66/401/EWG, 66/402/EWG, 2002/54/EG, 2002/55/EG, 2002/56/EG und 2002/57/EG des Rates mit zusätzlichen Bedingungen und Anforderungen hinsichtlich des zufälligen oder technisch unvermeidbaren Vorhandenseins von genetisch verändertem Saatgut in Saatgutpartien von nicht genetisch veränderten Sorten und mit Einzelheiten zur Etikettierung von Saatgut genetisch veränderter Sorten. SANCO/1542/2000 Rev.4, Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Brüssel, 21 S.
- Feil B. und Schmid J. (2001). Pollenflug bei Mais, Weizen und Roggen – ein Beitrag zur Frage der beim Anbau von transgenen Kulturpflanzen erforderlichen Isolierabstände. Schweizerischer Saatgut-Produzentenverband, Z-Saatgut Suisse Delley, Internutrition Zürich. Shaker Verlag Aachen, 69 S.
- Feil B., Weingartner U. und Stamp P. (2003). Controlling the release of pollen from genetically modified maize and increasing its grain yield by growing mixtures of male-sterile and male-fertile plants. *Euphytica* 130 (2), 163-165.
- Flury C., Gotsch N., Rieder P., Szerencsits E., Schüpbach B. *et al.* (2004). Projekt Greifensee – interdisziplinäre Forschung für die Landwirtschaft. *Agrarforschung* 11 (10), 428-433.
- Foueillassar X. und Fabié A. (2003). Waxy maize production, an experiment evaluating the co-existence of GM and conventional maize. Poster präsentiert an der GMCC-03 – GM crops and Co-existence, 13./14. November 2003 in Helsingør.
- Futtermittel-Verordnung (SR 916.307). Verordnung über die Produktion und das Inverkehrbringen von Futtermitteln. Systematische Sammlung des Bundesrechts, Bern, 18 S.
- Garcia M., Figueroa J., Gomez R., Townsend R. und Schoper J. (1998). Pollen control during transgenic hybrid maize development in Mexico. *Crop Science* 38 (6), 1597-1602.
- Gilliand H., Häni H. und Vetterli A. (1985). Sortenvermischung beim Mähdrusch – Merkblatt für Mähdrescherhalter und Saatgutproduzenten. FAT Tänikon, Saatzuchtverband Solothurn, 8 S.
- Gruber S., Pekrun C. und Claupein W. (2004). Population dynamics of volunteer oilseed rape (*Brassica napus* L.) affected by tillage. *European Journal of Agronomy* 20 (4), 351-361.
- GTG (SR 814.91). Bundesgesetz über die Gentechnik im Ausserhumanbereich (Gentechnikgesetz). Systematische Sammlung des Bundesrechts, Bern, 14 S.
- Guadagnuolo R., Savova-Bianchi D. und Felber F. (2001). Gene flow from wheat (*Triticum aestivum* L.) to jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica* Host.), as revealed by RAPD and microsatellite markers. *Theoretical and Applied Genetics* 103 (1), 1-8.
- Henry C., Morgan D., Weeks R., Daniels R.E. und Boffey C. (2003). Farm scale evaluations of GM crops: monitoring gene flow from GM crops to non-GM equivalent crops in the vicinity – Part I. Forage maize. DEFRA report. Central Science Laboratory Sand Hutton, Centre for Ecology and Hydrology Dorchester, 25 S.
- Hütter E., Bigler F. und Fried P.M. (2000). Verwendung transgener schädlingsresistenter Nutzpflanzen in der Schweiz. Schriftenreihe Umwelt Nr. 317. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 161 S.
- Ingram J. (2000). The separation distances required to ensure cross-pollination is below specified limits in non-seed crops of sugar beet, maize and oilseed rape. *Plant Varieties and Seeds* 13 (3), 181-199.
- InnoPlanta (2004). Erkenntnisse aus dem Erprobungsanbau 2004 – Koexistenz von gentechnisch verändertem und konventionellem Mais. InnoPlanta e.V. Pflanzenbiotechnologie Nordharz/Börde, Gatersleben, 6 S. www.transgen.de/Erprobungsanbau/dok/ergebnis_hintergrund.pdf
- Jacot Y. und Jacot P. (1994). Application du génie génétique à l'agriculture: Evaluation des dangers potentiels pour la flore suisse. Cahier de l'Environnement No. 235. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 77 S.
- Jemison J.M. und Vayda M.E. (2001). Cross pollination from genetically engineered corn: wind transport and seed source. *AgBioForum* 4 (2), 87-92.
- Jones M.D. und Brooks J.S. (1950). Effectiveness of distance and border rows preventing outcrossing in corn. Technical Bulletin No. T-38. Oklahoma Agricultural Experimental Station, 1-18 S.
- KIP (2004). Richtlinien für den ökologischen Leistungsnachweis (ÖLN). Koordinationsgruppe Richtlinien Tessin und Deutschschweiz, Lindau, 27 S.
- LMV (SR 817.02). Lebensmittel-Verordnung. Systematische Sammlung des Bundesrechts, Bern, 210 S.

- Luna S., Figueroa J., Baltazar B., Gomez R., Townsend R. *et al.* (2001). Maize pollen longevity and distance isolation requirements for effective pollen control. *Crop Science* 41 (5), 1551-1557.
- Ma B.L., Subedi K.D. und Reid L.M. (2004). Extent of cross-fertilization in maize by pollen from neighboring transgenic hybrids. *Crop Science* 44 (4), 1273-1282.
- Matus-Cadiz M.A., Hucl P., Horak M.J. und Blomquist L.K. (2004). Gene flow in wheat at the field scale. *Crop Science* 44 (3), 718-727.
- McGarigal K., Cushman S.A., Neel M.C. und Ene E. (2002). FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps 3 software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst.
- Messéan A. (1999). Impact du développement des plants transgéniques dans les systèmes de culture – rapport final. dossier no.96/15-B – Impact des plantes transgéniques. CETIOM, 4 S. www.acta.asso.fr/cr/cr9615.htm
- Messeguer J., Ballester J., Peñas G., Olivar J., Alcalde E. *et al.* (2003). Evaluation of gene flow in a commercial field of maize. In: GMCC-03 - GM crops and Co-existence (B. Boelt ed.), 13./14. November 2003, in Helsingør.
- Nowack K. (2004). Produktion mit und ohne Gentechnik – ist ein Nebeneinander möglich? Tagungsband zur gleichnamigen Tagung vom 1. September in Bern. FiBL, 71 S.
- Nowack K., Bickel R., Pushparajah Lorenzen R. und Wyss E. (2002). Sicherung der gentechnikfreien Bioproduktion. Schriftenreihe Umwelt Nr. 340. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 90 S.
- OECD (1997). Consensus document on the biology of *Brassica napus* L. (oilseed rape). Organisation for Economic Co-Operation and Development, Paris, 31 S.
- OECD (1999). Consensus document on the biology of *Triticum aestivum* (bread wheat). Organisation for Economic Co-Operation and Development, Paris, 47 S.
- Pekrun C., Hewitt J.D.J. und Lutman P.J.W. (1998). Cultural control of volunteer oilseed rape (*Brassica napus*). *Journal of Agricultural Science* 130, 155-163.
- Pessel F.D., Lecomte J., Emeriau V., Krouti M., Messean A. *et al.* (2001). Persistence of oilseed rape (*Brassica napus* L.) outside of cultivated fields. *Theoretical and Applied Genetics* 102, 841-846.
- POECB (2004). Operational programme for evaluation of biotechnology crops (POECB). ARVALIS Institut du végétal, Montardon, 18 S. www.wgg-ev.de/infopool/Studien/POECB-StudieMais04-2004.pdf
- Ramsay G., Thompson C. und Squire G.R. (2003). Quantifying landscape-scale gene flow in oilseed rape. DEFRA report. Scottish Crop Research Institute, Dundee, 50 S.
- Rieger M.A., Lamond M., Preston C., Powles S.B. und Roush R.T. (2002). Pollen-mediated movement of herbicide resistance between commercial canola fields. *Science* 296 (5577), 2386-2388.
- Saatgut-Verordnung (SR 916.151). Verordnung über die Produktion und das Inverkehrbringen von pflanzlichem Vermehrungsmaterial. Systematische Sammlung des Bundesrechts, Bern, 12 S.
- Saat- und Pflanzgut-Verordnung des EVD (SR 916.151.1). Verordnung des EVD über Saat- und Pflanzgut von Acker- und Futterpflanzenarten. Systematische Sammlung des Bundesrechts, Bern, 110 S.
- Salamov A.B. (1940). Über die räumliche Isolierung bei Mais (Titel aus dem Russischen übersetzt, Original: O prostranstwennoi izoljazii kukuruzy). *Selekcija i semenovodstvo* 3, 25-27.
- SBV (2002). Landwirtschaftliche Betriebsstrukturerhebung 2002. Schweizerischer Bauernverband. www.bauernverband.ch/de/markt_preise_statistik/pflanzen/default.htm.
- Scheffler J.A., Parkinson R. und Dale P.J. (1993). Frequency and Distance of Pollen Dispersal from Transgenic Oilseed Rape (*Brassica-Napus*). *Transgenic Research* 2 (6), 356-364.
- Scheffler J.A., Parkinson R. und Dale P.J. (1995). Evaluating the Effectiveness of Isolation Distances for Field Plots of Oilseed Rape (*Brassica-Napus*) Using a Herbicide- Resistance Transgene as a Selectable Marker. *Plant Breeding* 114 (4), 317-321.
- Schmid J., Carrel K. und Stamp P. (1996). Bedeutung gentechnisch veränderter krankheits- und schädlingresistenter Kulturpflanzen für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. In: Gentechnisch veränderte krankheits- und schädlingresistente Nutzpflanzen – eine Option für die Landwirtschaft? Vol. Band 1 – Materialien. Herausgegeben von E. Schulte und O. Käppeli. BATS – Fachstelle für Biosicherheitsforschung und Abschätzung von Technikfolgen, Basel, S. 373-445.
- Schüpbach B., Szerencsits E. und Walter T. (2003). Integration von Infrarot-Ortholufbilddaten zur Modellierung einer nachhaltigen Landwirtschaft. In: Angewandte Geographische Informationsverarbeitung. Vol. 15. Herausgegeben von J. Strobl, T. Blaschke und G. Griesebner. Wichmann, Heidelberg, S. 481-490.
- SCIMAC (1999). Guidelines for growing newly developed herbicide tolerant crops. [Mai 1999]. Supply chain initiative on modified agricultural crops. www.ukasta.org.uk/scimac/guidelines.pdf.

- SGPV (2004). Produktionsflächen 2000 bis 2004. [Februar 2004]. Schweizerischer Getreideproduzentenverband. www.fspc.ch/chd/statistik/dstat1.html.
- Simpson E.C., Norris C., Law J.R., Thomas J.E. und Sweet J. (1999). Gene flow in genetically modified herbicide tolerant oilseed rape (*Brassica napus*) in the UK. In: Gene flow and agriculture: relevance for transgenic crops (P. J. W. Lutman ed.), 12 - 14 April 1999, in University of Keele.
- Staniland B.K., McVetty P.B.E., Friesen L.F., Yarrow S., Freyssinet G. *et al.* (2000). Effectiveness of border areas in confining the spread of transgenic *Brassica napus* pollen. *Canadian Journal of Plant Science* 80 (3), 521-526.
- Sundstrom F.J., Williams J., van Deynze A. und Bradford K. (2002). Identity preservation of agricultural commodities. University of California – Division of Agriculture and Natural Resources, Davis, 15 S. <http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/8077.pdf>
- Swiss Web Flora (2000). Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 2000. www.wsl.ch/land/products/webflora/floramodul1-de.html.
- Szerencsits E., Schüpbach B., Buholzer S., Walter T., Zraggen K. *et al.* (2004). Landschaftstypen und Biotopverbund. *Agrarforschung* 11 (10), 428-433.
- terre-net.fr (2004) OGM – Une étude scientifique juge «possible» la coexistence entre maïs OGM et maïs conventionnel. *Terre-Net - 60026 BEAUVAIS*, 20. April 2004. www.terre-net.fr/actus/actus_detail.asp?id=38070.
- Thalmann C., Guadagnuolo R. und Felber F. (2001). Search for spontaneous hybridization between oilseed rape (*Brassica napus* L.) and wild radish (*Raphanus raphanistrum* L.) in agricultural zones and evaluation of the genetic diversity of the wild species. *Botanica Helvetica* 111 (2), 107-119.
- Timmons A.M., O'Brien E.T., Charters Y.M., Dubbels S.J. und Wilkinson M.J. (1995). Assessing the risks of wind pollination from field of genetically modified *Brassica napus* ssp. *oleifera*. *Euphytica* 85, 417-423.
- Timmons A.M., Charters Y.M., Crawford J.W., Burn D., Scott S.E. *et al.* (1996). Risks from transgenic crops. *Nature* 380 (6574), 487-487.
- Tolstrup K., Andersen S., Boelt B., Buus M., Gylling M. *et al.* (2003). Report from the Danish working group on the co-existence of genetically modified crops with conventional and organic crops. Ministry of Food, Agriculture and Fisheries – Danish Institute of Agricultural Sciences, Copenhagen, 275 S.
- Treu R. und Emberlin J. (2000). Pollen dispersal in the crops Maize (*Zea mays*), Oil seed rape (*Brassica napus* ssp. *oleifera*), Potatoes (*Solanum tuberosum*), Sugar beet (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris*) and Wheat (*Triticum aestivum*) – Evidence from publications. Soil Association, Bristol, 54 S. [www.soilassociation.org/web/sa/saweb.nsf/848d689047cb466780256a6b00298980/80256ad800554549802568660075e5b4/\\$FILE/Pollen%20Dispersal%20Report.pdf](http://www.soilassociation.org/web/sa/saweb.nsf/848d689047cb466780256a6b00298980/80256ad800554549802568660075e5b4/$FILE/Pollen%20Dispersal%20Report.pdf)
- van Dijk J. (2004). Coëxistentie primaire sector. Rapportage van de tijdelijke commissie onder voorzitterschap van J. van Dijk – Commissiepartijen: Biologica, LTO Nederland, Plantum NL en Platform Aarde Boer Consument. Den Haag, 132 S.

Anhänge

Anhang 1:

Vergleich von Isolationsabständen und Anbaupausen zur Gewährleistung der Sortenreinheit von zertifiziertem Saatgut

Anhang 2:

Massnahmen zur Vermeidung von Vermischungen von GVP-freien mit GVP-haltigen Produkten

Anhang 3:

Über die räumliche Isolierung bei Mais

Anhang 4a:

Übersicht über die in einer Schweizer Studie bei Mais ermittelten Auskreuzungsraten

Anhang 4b:

Übersicht über die in neueren internationalen Studien bei Mais ermittelten Auskreuzungsraten

Anhang 4c:

Übersicht über die in älteren Studien bei Mais ermittelten Auskreuzungsraten

Anhang 5:

Übersicht über die in internationalen Studien bei Raps ermittelten Auskreuzungsraten

Anhang 1: Vergleich von Isolationsabständen und Anbaupausen bei einigen ausgewählten Kulturen zur Gewährleistung der Sortenreinheit von zertifiziertem Saat- und Pflanzgut

Kultur	Isolationsabstand	Zweck	Anbaupause	Maximale Verunreinigung	Quelle
Mais	200 m ¹⁾	Basissaatgut	k.V.	0,1% bzw. 0,5% ²⁾	Saat- & Pflanzgut-Verordnung
	200 m ¹⁾	zertifiziertes Saatgut	k.V.	0,2% bzw. 1,0% ²⁾	
	200 m	Basissaatgut	k.V.	0,1% bzw. 0,5% ²⁾	EG 2003 (Europäische Gemeinschaft 2003c)
	200 m	zertifiziertes Saatgut	k.V.	0,2% bzw. 1,0% ²⁾	
Weizen	Eindeutige Trennung von anderen Kulturen (ca. 0,5 m)	Basis- und zertifiziertes Saatgut	k.V.	0,1% bzw. 0,3% (Z1) und 1% (Z2)	Saat- & Pflanzgut-Verordnung
	Eindeutige Trennung von anderen Weizenkulturen (ca. 0,5 m)	Basis- und zertifiziertes Saatgut	k.V.	0,1% bzw. 0,3% (Z1) und 1% (Z2)	EG 2003 (Europäische Gemeinschaft 2003c)
Raps ⁶⁾	400 m ¹⁾	Basissaatgut	5 Jahre	0,3%	Saat- & Pflanzgut-Verordnung
	200 m ¹⁾	zertifiziertes Saatgut	5 Jahre	2%	
	200 m	Basissaatgut	6 Jahre ³⁾	0,1% / 0,3% (Futter)	EU Richtlinien (zitiert in Tolstrup <i>et al.</i> 2003)
	100 m	zertifiziertes Saatgut	6 Jahre ³⁾	0,3% / 1% (Futter)	
	500 m	(Basis) Hybrid-Saatgut	6 Jahre ³⁾	0,1% – 5%	
	300 m	(zertifiziertes) Hybrid-Saatgut	6 Jahre ³⁾	10%	
Kartoffel	6 m / 100 m ⁴⁾	Präbasis- bzw. Basispflanzgut	3 Jahre	0% – 0,04% ⁵⁾	Saat- & Pflanzgut-Verordnung
	50 m / 25 m ⁴⁾	Präbasis- bzw. Basispflanzgut	4 Jahre / 3 Jahre	0%	EU Richtlinien (zitiert in Tolstrup <i>et al.</i> 2003)
	15 m ⁴⁾	Zertifiziertes Saatgut	3 Jahre	0,05%	
Zuckerrübe ⁷⁾	1000 m / 800 m	Basis- bzw. zertifiziertes Saatgut	8 Jahre	genügende Sortenreinheit	EU Richtlinien (zitiert in Tolstrup <i>et al.</i> 2003)
Soja	Eindeutige Trennung von anderen Kulturen	Basis- bzw. zertifiziertes Saatgut	3 Jahre	0,5% bzw. 1%	Saat- & Pflanzgut-Verordnung
	1 m	Basis- bzw. zertifiziertes Saatgut	k.V.	3% bzw. 5%	EU Richtlinien (zitiert in Tolstrup <i>et al.</i> 2003)

k.V. = keine Vorgaben

¹⁾ Abstände brauchen nicht eingehalten zu werden, sofern ausreichende Abschirmung (Wald, Hecke) oder zeitlich verschiedene Blüte vorhanden sind

²⁾ Inzucht/Einfach-Hybriden bzw. offen abblühende Sorten

³⁾ 8 Jahre falls Sorten mit unterschiedlichen Erucasäure- und Glucosinolatgehalten angebaut werden

⁴⁾ Distanzen gelten zur Vermeidung von Viruskrankheiten, die durch Blattläuse übertragen werden können

⁵⁾ je nach Klasse und Saatgutkategorie

⁶⁾ in der Saat- und Pflanzgut-Verordnung nur für die Erzeugung von Futterpflanzensaatgut geregelt (da es in der Schweiz keine Raps-Saatgutproduktion gibt)

⁷⁾ für die Schweiz nicht relevant, da in der Schweiz kein Zuckerrüben-Saatgut vermehrt wird

Anhang 2: Massnahmen zur Vermeidung von Vermischungen von nicht-GVP- mit GVP-Produkten					
Produktionsphase	Aktion	Eintragspfad	Mögliche Massnahmen	Beeinflussende Parameter / Notwendige Informationen	Involvierte Kreise <small>fett = die Massnahme durchführender Akteur</small>
Anbauplanung	1a	Fremdbefruchtung von Nicht-GVP-Kulturen durch GVP-Pollen von Kulturen des gleichen Landwirts oder eines anderen Landwirts (während der Wachstumsphase)	Information und Absprachen mit Landwirten der umliegenden Parzellen betreffend: <ul style="list-style-type: none"> • Lage, Grösse und Form des GVP-Feldes und/oder der umliegenden Nicht-GVP-Felder • Einhaltung von Isolationsabständen und Einrichtung von Pufferzonen • Aussaatterminen zur Trennung der Blühperioden 	Biologische Eigenschaften der Kulturpflanze bzw. GV-Sorte, Grösse, Lage und Form der Felder in der Umgebung, Grenzwert für GVP-Anteil	GVP- & Nicht-GVP-Landwirte , landwirtschaftl. Beratungsstellen, Ackerbaustellenleiter, kant. Landwirtschaftsämter, BLW, Bewilligungsinhaber, landwirtschaftl. Produktionsgenossenschaften
	1b	Durchwuchs aus Samenbanken von GVP-Vorkulturen in Nicht-GVP-Folgekulturen	Anpassen der Fruchtfolge und Einhalten der Anbaupausen (siehe auch Saatbettvorbereitung)	Biologische Eigenschaften der Kulturpflanze bzw. GV-Sorte, Klima, Wetterbedingungen, Fruchtfolge, Bodenbearbeitung	GVP-Landwirte , landwirtschaftl. Beratungsstellen, Bewilligungsinhaber
Saatbettvorbereitung	2a	Durchwuchs aus Samenbanken von GVP-Vorkulturen in Nicht-GVP-Folgekulturen	Gezielte Kontrolle des Durchwuchses (Bodenbearbeitung/Herbizidanwendung; siehe auch Nacherntemassnahmen)	Biologische Eigenschaften der Kulturpflanze bzw. GV-Sorte, Klima, Wetterbedingungen, vorhandenes Samenpotenzial im Boden, Anbausystem (Bodenbearbeitung)	GVP-Landwirte , Lohnunternehmen, landwirtschaftl. Beratungsstellen
	2b	Ausbringung von GV-Samen auf ein Nicht-GVP-Feld durch den GVP-Landwirt via Ernte-Nebenprodukte und Hofdünger	Räumlich getrennte Lagerung. keine Verwendung von Ernte-Nebenprodukten aus GVP-Betrieben auf Nicht-GVP-Betrieben		GVP- & Nicht-GVP-Landwirte , Lohnunternehmen
	2c	Verschleppung von GV-Samen auf ein Nicht-GVP-Feld durch Maschinen	Reinigung der Maschinen	Verwendungsmodus Maschinen (Nicht-GVP/GVP auf dem gleichen Hof, auf versch. Höfen, Arbeit durch Lohnunternehmen)	GVP- & Nicht-GVP-Landwirte , Lohnunternehmen
Aussaat	3a	Aussaat von Nicht-GV-Saatgut, das mit GV-Samen vermischt ist	Verwendung von zertifiziertem Saatgut oder geprüfem Saatgut bei Nachbau	Biologische Eigenschaften der Kulturpflanze bzw. GV-Sorte, Import-Saatgut: Herkunftsland	Nicht-GVP-Landwirte , Lohnunternehmen, Saatgutfirma, BLW
	3b	Aussaat von GV-Samen auf Nicht-GVP-Felder durch Vermischung in der Sämaschine	Reinigung der Sämaschine; zeitlich und evtl. räumlich getrennte Verwendung der Sämaschine	Verwendungsmodus Maschinen (Nicht-GVP/GVP auf dem gleichen Hof, auf versch. Höfen, Arbeit durch Lohnunternehmen)	GVP- & Nicht-GVP-Landwirte , Lohnunternehmen
Wachstumsphase und Pflegemassnahmen	4a	Befruchtung von Nicht-GVP durch Pollen von verwilderten GVP	Kontrolle und Pflege der Feldränder und angrenzender Gebiete vor der Blüte der Kulturpflanzen	Biologische Eigenschaften der Kulturpflanze bzw. GV-Sorte, Klima, Wetterbedingungen, Vorkommen bestäubender Insekten	GVP- & Nicht-GVP-Landwirte , Lohnunternehmen, landwirtschaftl. Beratungsstellen, Monitoringstellen
	4b	Befruchtung von Nicht-GVP durch GVP-Pollen von verwandten Wildarten in angrenzenden Gebieten (Kultur > Wildart > Kultur)	Kontrolle/Bekämpfung von Wildarten vor der Blüte auf Feldrändern	Biologische Eigenschaften der Kulturpflanze bzw. GV-Sorte, Klima, Wetterbedingungen, Vorkommen verwandter Wildarten und bestäubender Insekten	GVP- & Nicht-GVP-Landwirte , Lohnunternehmen, landwirtschaftl. Beratungsstellen, Monitoringstellen
	4c	Verschleppung von GVP-Material (Pflanzen, Pollen, Samen) auf ein Nicht-GVP-Feld durch Maschinen	Reinigung der Maschinen	Verwendungsmodus Maschinen (Nicht-GVP/GVP auf dem gleichen Hof, auf versch. Höfen, Arbeit durch Lohnunternehmen)	GVP- & Nicht-GVP-Landwirte , Lohnunternehmen
	4d	Ausbringung von GV-Samen auf ein Nicht-GVP-Feld durch den GVP-Landwirt via Ernte-Nebenprodukte und Hofdünger	Räumlich getrennte Lagerung; keine Verwendung von Ernte-Nebenprodukten aus GVP-Betrieben auf Nicht-GVP-Betrieben		GVP- & Nicht-GVP-Landwirte , Lohnunternehmen
Ernte	5a	Vermischung von nicht GVP-Erntegut mit GVP-Erntegut in der Erntemaschine	Reinigung der Erntemaschinen; zeitlich und evtl. räumlich getrennte Verwendung der Erntemaschinen	Verwendungsmodus Maschinen (Nicht-GVP/GVP auf dem gleichen Hof, auf versch. Höfen, Arbeit durch Lohnunternehmen)	GVP- & Nicht-GVP-Landwirte , Lohnunternehmen
	5b	Verschleppung von GVP-Material (Pflanzen, Pollen, Samen) auf ein Nicht-GVP-Feld durch Maschinen	Reinigung der Maschinen	Verwendungsmodus Maschinen (Nicht-GVP/GVP auf dem gleichen Hof, auf versch. Höfen, Arbeit durch Lohnunternehmen)	GVP- & Nicht-GVP-Landwirte , Lohnunternehmen
Nacherntemassnahmen	6	Durchwuchs aus Samenbanken von GVP-Vorkulturen in Nicht-GVP-Folgekulturen	Gezielte Kontrolle des Durchwuchses (Bodenbearbeitung/Herbizidanwendung; siehe auch Saatbettvorbereitungen)	Biologische Eigenschaften der Kulturpflanze bzw. GV-Sorte, Klima, Wetterbedingungen, Anbausystem (Bodenbearbeitung)	GVP-Landwirte , Lohnunternehmen, landwirtschaftl. Beratungsstellen
Lagerung und Verarbeitung Erntegüter (Hof)	7a	Vermischung von Nicht-GVP- mit GVP-Erntegut bei Lagerung und Verarbeitung auf dem Hof (sortieren, verladen)	Kennzeichnung von GVP-Erntegut, zeitlich und evtl. räumlich getrennte Lagerung/Verarbeitung; Reinigung von Lagerbehältern; Dokumentation und Deklaration bei Abgabe des Ernteguts durch GVP-Landwirt	Verwendungsmodus Maschinen (Nicht-GVP/GVP auf dem gleichen Hof, auf versch. Höfen, Arbeit durch Lohnunternehmen)	GVP- & Nicht-GVP-Landwirte , Lohnunternehmen
Lagerung und Verwendung Ernte-Nebenprodukte (Hof)	7b	Vermischung von Nicht-GVP- mit GVP-Ernte-Nebenprodukten bei Lagerung und Verwendung auf dem Hof (Hofdünger, Stroh etc.)	Räumlich getrennte Lagerung / zeitlich getrennte Verwendung; Reinigung von Maschinen; keine Verwendung von Ernte-Nebenprodukten aus GVP-Betrieben auf Nicht-GVP-Betrieben		GVP- & Nicht-GVP-Landwirte , Lohnunternehmen
Transport	8a	Vermischung von Nicht-GVP-Erntegut mit GVP-Erntegut während des Transports zur Sammelstelle	Reinigung von Transportbehältern; zeitlich und evtl. räumlich getrennter Transport	Verwendungsmodus Maschinen (Nicht-GVP/GVP auf dem gleichen Hof, auf versch. Höfen, Arbeit durch Lohnunternehmen)	GVP-Landwirte , Lohn- und Transportunternehmen
	8b	Verbreitung von GVP-Material beim Transport vom Feld via Hof zur Sammelstelle	Verwendung dichter Transportbehälter	Biologische Eigenschaften der Kulturpflanze bzw. GV-Sorte; Transporttechnik	GVP-Landwirte , Lohn- und Transportunternehmen

Anhang 3: Über die räumliche Isolierung bei Mais

Deutsche Übersetzung der Publikation:

А. Б. САЛАМОВ, О ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗОЛЯЦИИ КУКУРУЗЫ, 1940. СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО 3, 25-27.

Salamov A.B. (1940) О пространственной изоляции кукурузы. Селекция и семеноводство 3: 25–27

Aus dem Russischen übersetzt durch Dr. Romyana V. Todorova, Projektleiterin Getreidezüchtung, D-35415 Pohlheim-Grüningen (im Auftrag von Agroscope FAL Reckenholz, Zürich, Schweiz).
Sprachliche Überarbeitung durch Claudia Frick, Agroscope FAL Reckenholz und Korrektorat durch Irina Bolt-Ovcharenko, dipl. Übersetzerin Russisch, Ukrainisch – Deutsch, CH-8335 Hittnau

Original-Publikation aus der Universitäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt, Zweigbibliothek Landwirtschaft, D-06099 Halle/Saale

A.N. Salamov, wissenschaftlicher Mitarbeiter der staatlichen Zuchtstation Gorskaja
(in der Diskussionsreihe)

Basierend auf den vom Agrarvolkskomitee der UdSSR angenommenen Bestimmungen ist ein Isolationsabstand zwischen den Maisanbauflächen verschiedener Sorten von mindestens 800 Meter vorgeschrieben. Nur bei natürlich vorhandenen Schranken wie Wäldern oder Bauten genügen 600 Meter. Diese räumliche Isolierung gilt für alle Regionen der UdSSR, unabhängig von den klimatischen Bedingungen, von der Windstärke und -richtung und ohne Berücksichtigung der nebeneinander angebauten Maissorten.

Die Notwendigkeit einer solchen räumlichen Isolierung wurde bis jetzt durch keine Schriften oder Beweise bestätigt, weder unter dem Gesichtspunkt der einzelnen Regionen, noch im Allgemeinen. Die einzige Begründung dieser räumlichen Isolierung ist, dass eine solche auch in den USA errichtet worden ist. Gemäss neuen Informationen ist aber sogar in den USA die Frage der räumlichen Isolierung bei Mais in einigen Aspekten überdacht worden. Speziell bei selbstbestäubten Linien, die weniger zur Bestäubung anderer Sorten durch Pollen neigen, ist nach neuesten Berichten der Isolationsabstand auf 200 Meter statt auf die üblichen 800 Meter festgelegt worden.

Die Frage wurde deshalb auch bei uns in der UdSSR nochmals überdacht. Im Beschluss der Saatzuchtsitzung des Agrarvolkskomitees vom Januar 1939 wurde festgehalten, dass zwischen den Saatflächen verschiedener Reproduktionen derselben Sorte, unter Bedingung hoher Sortenreinheit, keine räumliche Isolierung notwendig ist. Diese Bestimmung ist eine Erleichterung der Saatzuchtbedingungen und ist ein Schritt nach vorn, zumal keine Verschlechterung der Sorteneigenschaften droht.

Die Bestimmungen zur räumlichen Isolierung schaffen oft grosse Schwierigkeiten bei der Standortverteilung der Sortenanbauflächen, besonders in solch dicht mit Mais bebauten Regionen wie den Volksrepubliken im Nordkaukasus. In diesen Gebieten muss oft wertvolles Sortenmaterial als unbrauchbar aussortiert werden, einzig weil die Isolationsabstände nicht genügend berücksichtigt wurden.

Zur Frage der räumlichen Isolierung bei offen abblühenden Maissorten existieren verschiedene Meinungen bei den amerikanischen Autoren. So schreibt Burkley für den Staat Arkansas vor, dass «der Abstand zwischen den Maisanbauflächen mindestens 400 Meter sein soll, falls unterschiedliche Blütezeiten die Kreuzbestäubung nicht behindern» – zitiert aus dem vorbereiteten Sonderdruck von I. Kozhuharov über den Maisanbau. In der letzten Ausgabe seiner Maisanbauanleitung von 1937 – die in den USA als die vollständigste gilt – zeigt Wallace auf, dass Maispollen unter bestimmten Bedingungen bis 0,5 Meilen (ca. 800 Meter) verfrachtet werden können. Haber (1934) behauptet, dass «um bei der Vermehrung des Zuckermais ein Zertifikat zu erhalten, der Isolationsabstand zu einer anderen gleichzeitig blühenden Zuckermaissorte mindestens 200 Meter betragen muss». Nach dem gleichen Autor «muss in Iowa die räumliche Isolierung von einer anderen Zuckermaissorte 50 Meter betragen, um ein Zertifikat zu bekommen bei einer Vermehrungsfläche von maximal neun Aren. Zudem müssen zwölf Reihen als Schutz auf der Seite der anderen Sortenfläche sein».

Die Forschungsversuche an der Versuchsstation Charkov 1912 und 1914 und in Kamischin 1930 und 1931 litten an einigen methodischen Unrichtigkeiten. Durch die Wahl des

falschen Verfahrens wurden die Rispen während des Versuches abgerissen. Als Folge davon waren die Pollen der Bestäubersorten nicht durch die Pollen der bestäubten Sorte konkurrenziert. Die Möglichkeit der Fremdbefruchtung unter diesen Bedingungen erhöht sich um mehr als das Zehnfache, weil die Narbe lange lebensfähig bleibt (10–14 Tage). Bei Vorhandensein von eigenem Pollen kann die Bestäubung im schlechtesten Fall in den ersten Stunden stattfinden, wenn nicht sogar in den ersten Minuten nach Erscheinen der Narbe. Aber sogar unter diesen Bedingungen hat die Versuchsstation Charkov einen Pollenflug von höchstens 600 Meter gemessen. Das bedeutet jedoch nicht, dass bei Anwesenheit von eigenem Pollen der fremde Pollen die andere Sorte in dieser Entfernung bestäubt. Deshalb ist vollkommen klar, dass ein Isolationsabstand zwischen Mais von 800 Metern absolut unbegründet ist.

Im Jahr 1939 haben wir selbst Versuche zur Frage der räumlichen Isolierung durchgeführt. Die Arbeiten wurden nach folgendem Schema ausgeführt:

- Aussaat vom Zuckermais im zentralen Teil der Versuchsstationsfläche in Versuchspartellen von 25 Quadratmeter in Abständen von je 50 Metern auf einer Gesamtlänge von 800 Metern von der Bestäuberfläche. Die Lage der Anbauflächen hat nicht erlaubt, die erwähnten Versuchspartellen in Haupt-Windrichtung der Bestäuberfläche anzulegen. Es musste senkrecht in Richtung zur vorherrschenden Windrichtung angebaut werden. Zur Bestimmung des Fremdbestäubungsgrades des Zuckermaises durch die Bestäubersorte wurden zudem vier Reihen Zuckermais in der Mitte der Anbaufläche des Bestäubers ausgesät. Bestäuber war die Sorte Sterling, die Versuchsfläche war insgesamt 15 Hektar gross.
- Aussaat einer lokalen Sorte der Staro-Ataginski-Niederlassung der Versuchsstation in Versuchspartellen in Abständen von 100 Metern, insgesamt auf einer Länge von 600 Metern von der Anbaufläche der Bestäubersorte. Der Bestäuber ist eine 20 Hektar grosse Maisfläche in der Haupt-Windrichtung gelegen. Bei den bestäubten Versuchspartellen wurden die Rispen vor der Blüte abgerissen.
- Zehn Hektar Wirtschaftsanbaufläche der Maissorte «Lokale Weisse dent-Hybride» mit Elitesaatgut. In unmittelbarer Nähe der Hybridanbaufläche sind in Haupt-Windrichtung zwei Hektar einer gelbkörnigen Sorten ausgesät, deren Blühzeitpunkt gut mit demjenigen der Hybride übereinstimmt. Diese zwei Hektar stellen die Bestäubersorte dar.

In den Versuchspartellen des Zuckermaises, dessen Blühzeitpunkt grösstenteils mit demjenigen der Bestäubersorte übereinstimmte, sind absolut keine Xenienkörner registriert worden. Dies sogar auf den Versuchspartellen, die nur 50–100 Meter von der Bestäubersorte entfernt lagen. Dazu muss gesagt werden, dass ein bedeutender Teil der Maiskolben in der Milch- und Wachsreife in den Zuckermaisflächen von Hunden gefressen wurde, so dass man über die Xenienanzahl nur aufgrund der verbleibenden Kolben eine Aussage treffen kann. Die Xenienbildung des inmitten der Bestäuberfläche ausgesäten Zuckermaises war im Durchschnitt in den Kolben 100% und in den Körnern 24,2%, in einzelnen Kolben bis 50% erreichend. Das zeigt, dass Zuckermais von anderen Maisvarietäten gut bestäubt wird.

Der Prozentsatz der Bestäubung auf den Versuchspartellen der lokalen Hybride in der Ataginski-Niederlassung wurde nicht bestimmt. Registriert wurde nur die Kornbildung der Maispflanzen in der Parzelle, die sich in 400 Meter Entfernung vom Bestäuber befand. In den übrigen Partellen, die 500 und 600 Meter vom Bestäuber entfernt waren, bildeten sich überhaupt keine Körner. Auf diese Weise ist 1939 in der Region der Ataginski-Niederlassung (d.h. im Tschetschenischen Talkessel, der Hauptmaisanbauregion von Tschetschenien) unter den Bedingungen der Abwesenheit von Pollen ein effektiver Pollenflug der bestäubenden Sorte von nur 400 Metern registriert worden.

Die wertvollsten Versuchsdaten sind auf der Anbaufläche der «Lokalen Weissen Hybride» gesammelt worden. Deren Bestäuber war eine auf einer Fläche von zwei Hektar angebaute gelbkörnige Maissorte. Zur Bestimmung der Anzahl Xenien auf der Anbaufläche der «Lokalen Weissen Hybride» sind Proben von 50 Maiskolben gesammelt worden, auf denen die Xenienkörner gezählt wurden. Die Proben wurden auf einer Gesamtlänge von 800 Metern in Entfernungen von 12, 50, 100, 150 und 200 Metern und danach alle 100 Meter von der Bestäuberfläche genommen. Die Ergebnisse der Xenienprobenanalyse sind in der Tabelle 1 dargestellt.

Aus den Daten in der Tabelle 1 ist ersichtlich, dass ein mehr oder weniger effektiver Pollenflug von der Bestäubersorte in die Anbaufläche der bestäubten Sorte unter den Bedingungen der Pollenkonkurrenz nur über eine Distanz von zwölf Metern stattfand. Es ist anzunehmen, dass der Pollen der gelbkörnigen Sorte viel weiter als zwölf Meter und sogar bis 200 Meter in die Anbaufläche des weisskörnigen Maises fliegt. Die Effektivität wird aber von der Pollenmenge der weisskörnigen Sorte unterdrückt. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass schon 50 Meter entfernt von der Grenze der Anbaufläche praktisch keine Fremdbestäubung mehr stattfindet. Das Auffinden von Xenienkörnern in grosser Entfernung von der gelbkörnigen Sorte kann nicht als Indikator für einen effektiven Pollenflug des gelbkörnigen Maises betrachtet werden. Xenienbildung wird auch innerhalb der weisskörnigen Sorte beobachtet, wie die Daten der Feldanerkennung zeigen. Dies wird auch dadurch bestätigt, dass der Prozentanteil der Xenienkörner im weisskörnigen Mais keine gleichmässige Abnahme bei zunehmender Entfernung vom gelbkörnigen Mais zeigt, sondern unabhängig von der Entfernung schwankt.

Einige zusätzliche Hinweise über die Weite des effektiven Pollenfluges haben wir auch aus Ergebnissen von anderen eigenen Untersuchungen bekommen. So beispielsweise aus dem Versuch über den Einfluss von Kreuzungen auf den Ernteertrag und das absolute Korngewicht. Der Versuch wurde 1939 durchgeführt, folgende Ergebnisse wurden erhalten. Die weisskörnige dent-Sorte «Gorez» bildete in der ersten, unmittelbar an die gelbkörnigen Sorte «Gruschevskaja» angrenzenden Reihe 52,7% Xenienkörner. In der vierten Reihe wurden 21,2% und in der achten Reihe nur 16,3% Xenienkörner gebildet. Die Sorte «Sterling» – angrenzend an die Sorte «Minnesota 13 extra» – bildete in der ersten Reihe 61,7%, in der vierten Reihe 28,1% und in der achten Reihe insgesamt 10,7% Xenienkörner. Eine solche abrupte Abnahme des Prozentanteils der Xenienkörner war dadurch möglich, dass die Parzellen der zwei genannten weisskörnigen Sorten total 15 Reihen aufwiesen und auf beiden Seiten die gelbkörnige Sorte angebaut wurde. Unter den beschriebenen Umständen hat diese Tatsache eine ziemlich wesentliche Bedeutung, da zum Beispiel die Sorte Sterling, bei künstlichem Auftragen einer Pollenmischung des eigenen und des Minnesota-13-extra-Pollens auf die Narbe, fast vollständig den Minnesota-13-extra-Pollen aufnimmt. So betrachtet, unterstreichen die oben beschriebenen Fakten noch stärker die Bedeutung der Pollenkonkurrenz und die Überzahl der eigenen Pollen selbst schon bei geringer Entfernung in die Mais-Anbaufläche hinein.

Man kann zahlreiche Daten und Beispiele nennen, wo wegen Verletzung der räumlichen Isolierung wertvolles Sortenmaterial aberkannt wurde, obwohl eigentlich keine Verunreinigung dieses Sortenmaterials mit anderen Sorten stattgefunden hat. Als Beispiel kann folgende Tatsache aufgezählt werden: 1939 wurde in der Tschetschenisch-Inguschetischen Sowjetrepublik auf einer Fläche von über 10'000 Hektaren die Sorte Sterling ausgesät, die in den vergangenen Jahren wegen Nichteinhalten der räumlichen Isolierung von den Sortenlisten gestrichen und zur Hybride zurückgestuft wurde. Die auf diesen Flächen 1939 durchgeführte Feldprüfung ergab, dass die typischen Sortencharakteristika zu 97–100% bestätigt wurden, das heisst die Saaten entsprachen den hohen Anforderungen der Sortenanerkennung. Daraus folgt, dass die Sorte Sterling – obwohl die entsprechende

räumliche Isolierung nicht eingehalten wurde – keiner Fremdbestäubung mit anderen Sorten ausgesetzt war oder wenn überhaupt, in nur sehr geringem Umfang. Es kann aber ganz sicher behauptet werden, dass eine Fremdbestäubung durch andere Sorten nur in den Randreihen auftrat.

Ein anderes sehr anschauliches Beispiel ist der bereits früher schon beschriebene Fall einer Aussaat der «Lokalen Weissen Hybride» in der Ataginski-Niederlassung der Gorskaja-Zuchtstation. Wie die Tabelle zeigt, ist die Xenienbildung in einer Entfernung von 150 bis 200 Metern von der gelbkörnigen Sorte nicht höher als im Elitesaatgut dieser Sorte bei Einhaltung des Isolationsabstandes. Die in einer Entfernung von 400 bis 500 Metern vom gelbkörnigen Mais entnommen Proben wiesen sogar eine geringere Xenienbildung auf als im Elitesaatgut. Trotzdem musste die ganze Ernte der Hybride aus dem Streifen der Isolierung als unbrauchbar ausgesondert werden, obwohl diese Ernte weder in ihren Sorteneigenschaften noch in ihren physikalischen Eigenschaften und Ernteertrag demjenigen der Eliteflächen nachstand. Auf diese Weise ist ein Elite-Saatgut von hoher Qualität einzig aus formellen Gründen ausgesondert worden. Gleichzeitig bestand ein starker Bedarf nach solch gutem Material.

Auf Grund des bis jetzt Geschilderten bin ich der Meinung, dass die Frage der räumlichen Isolierung überdacht und neu betrachtet werden muss. Natürlich muss man nicht denken, dass für die verschiedenen Regionen der UdSSR die gleichen Isolationsabstände festgelegt werden können. Diese Frage muss für die verschiedenen Regionen einzeln geklärt werden. Für die Vorgebirgsregionen im Nordkaukasus denke ich, dass eine räumliche Isolierung von 200 bis 300 Metern ausreichen würde. Auf der Seite der Bestäubersorte (besonders wenn diese zu einer anderen Maisvarietät gehört oder eine andere Körnerfarbe aufweist) ist ein Schutzstreifen von 10 Meter Breite festzulegen. Dieser Streifen darf nicht mit der übrigen Fläche zusammen geerntet werden. Man kann überzeugt behaupten, dass wenn bei solcher Isolierung ein effektiver Pollenflug von der sortenfremden Fläche her stattfindet, sich seine Wirkung im schlechtesten Fall in Hundertsteln vom Prozent äussern wird und dies nur in den äussersten Feldreihen.

Grössere Klarheit in der Bestimmung der notwendigen Isolierungsabstände für die Gewinnung von Maissaatgut in den verschiedenen Regionen der UdSSR könnte durch die Analyse der einzelnen Daten aus verschiedenen Zuchtstationen geschaffen werden.

Mit noch grösseren Schwierigkeiten im Zusammenhang mit der räumlichen Isolierung wird der Züchter konfrontiert bei der Vermehrung von neuen Sorten oder von dem bis zu hundert Sorten umfassenden Kollektionsmaterial der Genbanken. Das Problem ist, dass aus formellen Gründen unter den gleichen Isolationsabständen vermehrt werden muss, wie sie auch für die üblichen Sortensaaten gelten. Unter solchen Umständen trifft die Vermehrung dieser Sorten auf vollkommen unüberwindbare Hindernisse, besonders in den Mais-Hauptanbaugebieten wie dem Nordkaukasus, Westgeorgien und anderen. Solche Vorgaben zwingen die Züchter, die Vermehrung der neuselektierten Sorten unter künstlicher Isolation (Eintütung) bei begrenzter Pflanzenzahl durchzuführen, was infolge der Inzucht schon nach 2–3 Generationen zu einer abrupten Abnahme der Sortenerträge und der Sortenqualität führt.

Als Beispiel kann man die Mais-Weltgenbankkollektion nennen. Dieses Material ist sowohl im VIR (Vsesojuznij Institut Rastenievodstva = Unionsinstitut für Pflanzenzüchtung) wie auch bei verschiedenen Zuchtstationen nur unter künstlicher Isolation mittels Eintütung vermehrt worden. In der Folge haben vielversprechende, in den ersten Jahren gezüchtete Sorten aus der Weltkollektion später ihre Leistungsfähigkeit vermindert. Aus diesem Grund konnte aus dem ungefähr 1000 Sorten umfassenden Sortiment der Weltkollektion keine Sorte für die Maisproduktion genutzt werden.

Solche deutlichen Verminderungen der Sorten- und Ertragseigenschaften sind von mir bei einer ganzen Reihe von Sorten meiner eigenen Kollektion und bei der Kollektion lokaler Maissorten beobachtet worden. Grund dafür ist die Inzucht. Deshalb betrachte ich die existierende räumliche Isolierung bei Mais als grösste Bremse für die Zucht- und Selektionsarbeit. Für die neuen Sorten, die sich im Zuchtprozess befinden und gewöhnlich auf unbedeutenden Flächen von ein paar hundert Quadratmetern vermehrt werden, könnte die räumliche Isolierung auf ein Minimum von 50 bis 100 Metern reduziert werden. Dies besonders dann, wenn die benachbarten Sorten zu anderen Maisvarietäten gehören wie beispielsweise «Weisse dent», oder wenn sie unterschiedliche Vegetationsperioden und als Folge davon unterschiedliche Blühzeitpunkte aufweisen.

Sollte bei einer derartigen Vermehrung irgendwelche gegenseitige Fremdbestäubung zwischen den Sorten stattfinden, so wird sie geringfügig und auf jeden Fall weniger schädlich sein als die Wirkung der Inzucht bei der Maissortenvermehrung unter künstlicher Isolation mittels Eintütung. Zur Seite der fremden Sorte hin könnten auch Schutzstreifen errichtet werden. Dadurch kann die Abnahme der Sorten- und Erntequalität des selektierten Materials vermindert werden. Dieses Zuchtmaterial muss sonst oft wegen Inzucht ausgesondert werden, und kann deshalb nicht einmal in die Sortenprüfung in den Versuchsstationen aufgenommen werden.

Tabelle 1




Entfernung der Probenahmen zum Bestäuberfeld [m]	Anzahl der Maiskolben in Probe	Anzahl Maiskolben mit Xenien	Anzahl Xenienkörner			% Xenienkörner insgesamt	Anzahl Xenienkörner auf 100 Maiskolben	Anzahl Xenienkörner auf 100 Maiskolben in der Elite der gleichen Sorte bei Feldprüfung
			in Gesamtprobe	leuchtend gelb	Blass gelb			
12	50	40	990	840	150	3.3	1980	115
50	50	8	98	12	86	0.33	196	115
100	50	9	108	63	45	0.36	216	115
150	50	9	75	25	50	0.25	150	115
200	50	7	161	8	153	0.54	322	115
400	50	2	6	0	6	0.02	12	115
500	50	4	25	25	0	0.08	50	115
600	50	14	236	3	233	0.79	472	115
700	50	4	54	0	54	0.18	108	115
800	50	5	62	0	62	0.21	124	115

Der %-Teil der Xenienkörner ist aus der Berechnung von 30'000 Körnern auf 50 Kolben gemacht worden.

Anhang 4a / Legende

- ¹⁾ Dunkles Feld = Pollenquelle, helles Feld = Pollenempfänger
²⁾ Die verwendete Nachweismethode bestimmt prinzipiell den Bezug der prozentualen Auskreuzungsrate

Anhang 4a: Übersicht über die in einer Schweizer Studie bei Mais ermittelten Auskreuzungsraten

Referenz	Versuchsdesign ¹⁾	Saisons/Standorte	Distanz (in Meter)	Auskreuzungsrate (in %)	Nachweismethode ²⁾	Grösse / Sorte Pollenquelle	Grösse / Sorte Pollenempfänger
Bannert <i>et al.</i> 2003		1 Saison 1 Standort	1	17,61	Phänotypischer Marker (% gelbe Körner pro Kolben)	ca. 1,5 ha Gelbkörnige Hybridsorte	1,4 ha Weisskörnige Hybridsorte
			5	3,43			
			9	1,70			
			14	0,65			
			19	0,78			
			24	0,31			
			29	0,30			
			39	0,31			
			49	0,31			
			59	0,31			
			69	0,22			
			79	0,37			
			89	0,15			
			99	0,22			
			109	0,26			
			129	0,11			
			149	0,17			
169	0,13						
189	0,22						
Bannert und Stamp 2004 (in Vorbereitung)		1 Saison 2 Standorte	0	1,94	Phänotypischer Marker (% gelbe Körner pro Kolben)	1,1 ha bzw. 1,8 ha Gelbkörnige Hybridsorte	1,1 ha bzw. 1,8 ha Weisskörnige Hybridsorte
			2,5	1,58			
			5	0,21			
			7,5	0,55			
			10	0,51			
			12,5	0,19			
			15	0,06			
			17,5	0,09			
			20	0,10			
			22,5	0,10			
			25	0,08			
			27,5	0,03			
			30	0,14			
			32,5	0,08			
			35	0,09			
			37,5	0,21			
			40	0,10			
42,5	0,08						
45	0,02						
47,5	0,03						
50	0,03						
70	0,02						
72,5	0,01						
75	0,04						
77,5	0,03						
80	0,08						
Keine Blühsynchronisation			10	0,51			
			12,5	0,19			
			15	0,06			
			17,5	0,09			
			20	0,10			
			22,5	0,10			
			25	0,08			
			27,5	0,03			
			30	0,14			
			32,5	0,08			
			35	0,09			
			37,5	0,21			
			40	0,10			
			42,5	0,08			
			45	0,02			
			47,5	0,03			
			50	0,03			
70	0,02						
72,5	0,01						
75	0,04						
77,5	0,03						
80	0,08						
Bannert und Stamp 2004 (in Vorbereitung)		1 Saison 1 Standort	0	9,77	Phänotypischer Marker (% gelbe Körner pro Kolben)	0,13 ha Gelbkörnige Hybridsorte	1,07 ha Weisskörnige Hybridsorte
			0,8	3,14			
			1,6	1,40			
			2,4	1,05			
			3,2	1,28			
			4	0,52			
			4,8	0,87			
			5,6	0,70			
			6,4	0,70			
			7,2	0,81			
			8	0,93			
			8,8	0,46			
			9,6	0,35			
			10,4	0,46			
			11,2	0,29			
			12	0,17			
			12,8	0,35			
13,6	0,29						
14,4	0,17						
15,2	0,12						
16	0,06						
16,8	0,17						
17,6	0,06						
18,4	0,06						
19,2	0,06						
20	0,01						
30	0,01						
40	0,01						
50	0,12						
60	0,01						

Anhang 4b / Legende

k.A = keine Angabe

¹⁾ Dunkles Feld = Pollenquelle, helles Feld = Pollenempfänger

²⁾ Die verwendete Nachweismethode bestimmt prinzipiell den Bezug der prozentualen Auskreuzungsrate (Ausnahme: Umrechnung der Auskreuzung auf das gesamte Feld). Bei den kursiv wiedergegebenen Daten waren keine Angaben in der entsprechenden Studie ersichtlich, der Bezug wird aufgrund der verwendeten Methode vermutet.

PCR = Polymerase Kettenreaktion.

³⁾ USA = Vereinigte Staaten, UK = Grossbritannien, E = Spanien, D = Deutschland, F = Frankreich, JP = Japan

⁴⁾ BBA = Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

⁵⁾ IRTA = Institut de recerca i tecnologia agroalimentàries




⁶⁾ POECB = Programme opérationnel d'évaluation des cultures issues des biotechnologies

Nicht verwendete Studien:

- Studien ohne verwertbare Resultate bzw. Angaben: (Garcia *et al.* 1998; Luna *et al.* 2001)
- Studien, die unter Saatgutproduktionsbedingungen durchgeführt wurden und deshalb nicht auf den regulären Anbau übertragbar sind: (Burriss 2001)




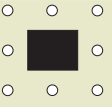






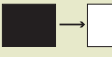
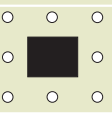
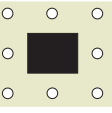
Anhang 4b: Übersicht über die in neueren internationalen Studien bei Mais ermittelten Auskreuzungsraten

Referenz	Versuchsdesign ¹⁾	Saisons/Standorte	Distanz (in Metern)	Auskreuzungsrate (in %)		Nachweismethode / Bezug Auskreuzung ²⁾	Grösse / Sorte Pollenquelle	Grösse / Sorte Pollenempfänger	Land ³⁾
APROSE 2004 in Brookes <i>et al.</i> 2004		1 Saison 14 Standorte	0,95 3,2 5,2 11,2 5 7,25 10,25 16,25 1,7 3,95 6,95 12,95	Gleiches Aussaatdatum 16,93 2,73 1,18 1,02 Aussaatdatum +/- 7 d 7 0,97 0,63 0,6 Aussaatdatum +/- 22 d 3,56 0,84 0,56 0,26		PCR (% transgene DNA pro Körnerprobe)	1,28 – 6,1 ha Bt-Mais (Bt 176 und MON 810)	k.A.	E
BBA ⁴⁾ 2002 (bioSicherheit 2002)		2 Saisons 1 Standort	50	< 1		PCR (% transgene DNA pro Gesamt-DNA) Keimtest Herbizidtoleranz (% herbizidtolerante Keimlinge pro ausgesäte Samen)	1 ha Herbizidtoleranter Mais (LibertyLink T25)	5,5 ha Konventionelle Hybridsorte	D
Byrne & Fromherz 2003		1 Saison 2 Standorte	0,8 37 46 82 183	Standort A 46 -- 0,23 -- 0,05	Standort B -- 0,75 -- 0,26 --	Exp. A. Phänotypischer Marker (% blaue Körner pro Kolben) Exp. B. Keimtest Herbizidtoleranz (% herbizidtolerante Keimlinge pro ausgesäte Samen)	k.A. (Grösse) Exp. A: Blaukörnige Hybridsorte Exp. B: Herbizidtoleranter Mais (Roundup Ready)	k.A. (Grösse) Jeweils eine konventionelle Hybridsorte ohne das entsprechende Merkmal	USA
Erprobungsanbau 2004 (InnoPlanta 2004)		1 Saison 6 Standorte	10 30 60	ca. 1,25 ca. 0,40 ca. 0,30		PCR (% transgene DNA pro Gesamt-DNA im Silomais)	1 – 20 ha Bt-Mais (MON 810)	ca. 4 – 12 ha Konventionelle Hybridsorte	D
Foueillassar & Fabié 2003		2 Saisons 12 Standorte	0 – 25	Experiment 2001 0,24 – 1,17	Experiment 2002 0,05 – 0,72	Phänotypischer Marker (% Auskreuzung pro Feld)	0,6 ha – 12 ha Waxy maize	0,7 ha – 13 ha Konventionelle Hybridsorte	F
Henry <i>et al.</i> 2003		3 Saisons 55 Standorte	25 80 258	< 0,9 < 0,3 < 0,1		PCR (% transgene DNA pro Gesamt-DNA)	ca. 5 ha Herbizidtoleranter Mais (LibertyLink T25)	ca. 5 ha Konventionelle Hybridsorte	UK
IRTA ⁵⁾ 2004 (bioSicherheit 2004a; Messeguer <i>et al.</i> 2003)		1 Saison 1 Standort	10	< 0,9		PCR (% transgene DNA pro Gesamt-DNA)	0,25 ha Bt-Mais (Bt 176) var. Compa	7,5 ha Konventionelle Hybridsorte (Brasco)	E
Jemison & Vayda 2001		2 Saisons 1 Standort	30 E 35 E 40 E 100 S 105 S 110 S 350 SW	Experiment 1999 1,04 0,11 0,03 -- -- -- 0	Experiment 2000 1,65 0,86 1,14 0,65 1,04 1,38 --	Keimtest Herbizidtoleranz (% herbizidtolerante Keimlinge pro ausgesäte Samen)	0,35 ha Herbizidtoleranter Mais (Roundup Ready)	282 m ² (0,02 ha) Konventionelle Hybridsorte	USA
Matsuo <i>et al.</i> 2004		2 Saisons 1 Standort	1 50 100 200 400	32,0 – 43,2 1,2 0,23 0,06 0,04		Phänotypischer Marker (% gelbe Körner pro Kolben)	4,5 ha Gelbkörnige Hybridsorte	4,5 ha Weisskörnige Hybridsorte	JP
Ma <i>et al.</i> 2004		3 Saisons 3 Standorte	0,76 5,32 9,88 14,44 19,00 23,56 28,12 32,76 36,48 40,04	in Windrichtung 19,0 2,6 2,0 0,6 0,4 0,3 0,5 0,3 0,1 --	gegen den Wind 9,7 1,3 0,7 0,3 0,4 0 0,1 0,3 0 0	Phänotypischer Marker (% gelbe Körner pro Kolben)	0,07 ha Gelbkörnige Hybridsorten	0,68 ha bzw. 1 ha Weisskörnige Hybridsorten	CAN
Messéan 1999		1 Saison 1 Standort	25 – 40	< 1		Phänotypischer Marker (% blaue Körner pro Kolben)	k.A. (Grösse) Blaukörnige Hybridsorte	k.A. (Grösse) Gelbkörnige Hybridsorte	F
POECB ⁶⁾ 2002 (Bénétrix und Bloc 2003; Bénétrix <i>et al.</i> 2003)		1 Saison 3 Standorte	50	0,9		PCR (% transgene DNA pro Körnerprobe)	0,4 – 0,8 ha Bt-Mais (MON 810)	ca. 16 ha Isogene Hybridsorte	F
POECB 2003 (POECB 2004; terre-net.fr 2004)		1 Saison 1 Standort	25	0,9		PCR (% transgene DNA pro Körnerprobe)	2,27 ha Bt-Mais (MON 810)	6,7 ha Isogene Hybridsorte	F

Anhang 4c: Übersicht über die in älteren internationalen Studien bei Mais ermittelten Auskreuzungsraten									
Referenz	Versuchsdesign ¹⁾	Saisons/Standorte	Distanz (in Metern)	Auskreuzungsrate (in %)		Nachweismethode / Bezug Auskreuzung ²⁾	Grösse / Sorte Pollenquelle	Grösse / Sorte Pollenempfänger	Land ³⁾
Bateman 1947 Zahlen in Ingram 2000		1 Saison 1 Standort	2,5 12 S 15 N	40 1 1		Phänotypischer Marker (% gelbe Körner pro Kolben)	1 m ² (von einer 3 m hohen Mauer umgeben) Offen abblühende gelbkörnige Sorte (Early Yellow Flint)	Einzelpflanzen Offen abblühender weisskörniger Süssmais (Canada Gold)	UK
Jones & Brooks 1950		3 Saisons 1 Standort	0 25 75 125 200 300 400 500	Experiment A 25,38 13,08 6,21 3,08 1,57 0,65 0,27 0,22	Experiment B 28,62 14,21 5,79 2,33 1,19 0,48 0,23 0,20	Phänotypischer Marker (% gelbe Körner pro Kolben)	3,2 ha Offen abblühende gelbkörnige Sorte	8 Parzellen von 9,2 m ² Offen abblühender weisskörniger Süssmais (dazwischen Weizen)	USA
Salamov 1940		3 Standorte	12 50 100 150 200 400 500 600 700 800	3,3 0,33 0,36 0,25 0,54 0,02 0,08 0,79 0,18 0,21		Phänotypischer Marker (% gelbe Körner pro Kolben)	2 ha Offen abblühende gelbkörnige Sorte	10 ha Lokale Weisse dent-Hybride	RUS

Anhang 4c / Legende

- 1) Dunkles Feld = Pollenquelle, helles Feld = Pollenempfänger
- 2) Die verwendete Nachweismethode bestimmt prinzipiell den Bezug der prozentualen Auskreuzungsrate
- 3) RUS = Russland, USA = Vereinigte Staaten, UK = Grossbritannien

Anhang 5: Übersicht über die in internationalen Studien bei Raps ermittelten Auskreuzungsraten									
Referenz	Versuchsdesign ¹⁾	Saisons/Standorte	Distanz (in Metern)	Auskreuzungsrate (in %)		Nachweismethode/ Bezug Auskreuzung ²⁾	Grösse / Sorte Pollenquelle	Grösse / Sorte Pollenempfänger	Land ³⁾
Beckie <i>et al.</i> 2003		1999: 11 Standorte 2000: 3 Standorte	0 50 100 200 400 600 800	Experiment A 1,1 0,15 0,13 0,13 0,05 0 0	Experiment B 1,4 0,22 0,15 0,03 0,05 0 0	Keimtest Herbizidtoleranz (% herbizidtolerante Keimlinge pro ausgesäte Samen)	10 – 64 ha Glufosinat- bzw. Glyphosat-resistente Sorte	10 – 64 ha Glufosinat- bzw. Glyphosat-resistente Sorte	CAN
Champolivier <i>et al.</i> 1999 Zahlen aus Ingram 2000		3 Standorte 3 Saisons	0 5 10 30	1,6 – 4,0 0,8 – 2,5 0,6 – 1,8 0,2 – 0,6		Keimtest Herbizidtoleranz (% herbizidtolerante Keimlinge pro ausgesäte Samen)	1 ha Glufosinat- bzw. Glyphosat-resistente Sorte	ca. 1 ha k.A.	F
Downey 1999		1 Saison mehrere Standorte	20 50 100	Experiment A 1,5 0,4 0,1	Experiment B 0,01 0 0,4	Keimtest Herbizidtoleranz (% herbizidtolerante Keimlinge pro ausgesäte Samen)	16 – 64 ha Herbizidtolerante Sorte (Roundup Ready)	16 – 64 ha Herbizidempfindliche Sorte	CAN
Ramsay <i>et al.</i> 2003		1 Saison 1 Standort	0 10 50 225 550 800	männl. steril 0,6 0,3 0,32 0,21 0,10 0,02	männl. fertil 0,12 0,04 0,02 0,02 0,001 0,03	Männlich sterile bzw. fertile Fangpflanzen (% herbizidtolerante Keimlinge pro ausgesäte Samen)	7 ha Imidazoline- bzw. Sulfonylurea-resistente Sorten	10 Einzelpflanzen männl. steril (cv. Triolo) männl. fertil (cv. Maskot)	UK
Rieger <i>et al.</i> 2002 Zahlen aus Beckie <i>et al.</i> 2003		k.A. (Saisons) 63 Standorte	1500 3000	max. 0,2 < 0,01		Keimtest Herbizidtoleranz (% herbizidtolerante Keimlinge pro ausgesäte Samen)	25 – 100 ha ALS-resistente Sorte	25 – 100 ha versch. konventionelle Sorten	AUS
Scheffler <i>et al.</i> 1993		1 Saison 1 Standort	1 12 47 70	1,6 0,016 0,00034 0		Keimtest Herbizidtoleranz (% herbizidtolerante Samen pro Anzahl getestete Pflanzen)	64 m ² (d = 9 m) Glufosinat-resistente Sorte (cv. Westar)	1,1 ha Isogene Sorte (cv. Westar)	UK
Scheffler <i>et al.</i> 1995		1 Saison 1 Standort	200 400	0,016 0,0038		Keimtest Herbizidtoleranz (% herbizidtolerante Keimlinge pro ausgesäte Samen)	400 m ² Glufosinat-resistente Sorte (cv. Westar)	400 m ² Isogene Sorte (cv. Westar)	UK
Simpson <i>et al.</i> 1999 Zahlen aus Ingram 2000		1 Saison div. Versuchsflächen	1,5 5 11,5 41 81	1,6 0,86 0,68 0,23 0,12		Keimtest Herbizidtoleranz (% herbizidtolerante Keimlinge pro ausgesäte Samen)	0,8 ha Glufosinat-resistente Sorte	0,8 ha konventionelle Sorte	UK
Simpson <i>et al.</i> 1999 Zahlen aus Ingram 2000			1,5 81	männl. sterile Sorte 15,50 – 32,05 2,70 – 6,18	männl. fertile Sorte 0,82 – 1,15 0,02 – 0,10	Keimtest Herbizidtoleranz (% herbizidtolerante Keimlinge pro ausgesäte Samen)	0,8 ha Glufosinat-resistente Sorte	0,8 ha männl. sterile Sorte (cv. Synergy) männl. fertile Sorte (cv. Apex)	UK
Staniland <i>et al.</i> 2000		2 Saisons 2 Standorte	0 10 30	0,70 0,07 0,03		Keimtest Herbizidtoleranz (% herbizidtolerante Keimlinge pro ausgesäte Samen)	0,18 ha Bromoxynil-resistente Sorte	0,54 ha konventionelle Sorten (cvs. Legend+Cyclone)	CAN
Stringam & Downey 1978, 1982 (in Downey 1999)		2 Saisons 1 Standort	46 137 366	2,1 1,1 0,6		Phänotypischer Marker (Mutante mit Chlorophyllmangel) (k.A.)	65 ha konventionelle Sorte	46m ² k.A.	CAN
Timmons <i>et al.</i> 1995		2 Saisons je 1 Standort	1500 2500	1,2 0,08		Männlich sterile Fangpflanzen (% der potenziell gebildeten Samen pro Pflanze)	10 ha bzw. 3 ha cv. Falcon	Einzelpflanzen cvs. Cobra / Tapidor	UK
Timmons <i>et al.</i> 1996		3 Saisons mehrere Standorte	0 100 300	6,3 0,5 3,7		Männlich sterile Fangpflanzen (% Hybride zw. den Sorten pro potenziell gebildeten Samen)	3 – 10 ha cv. Libravo	Einzelpflanzen cv. Comet	UK

Anhang 5 / Legende

1) Dunkles Feld = Pollenquelle, helles Feld = Pollenempfänger

2) Die verwendete Nachweismethode bestimmt prinzipiell den Bezug der prozentualen Auskreuzungsrate

3) CAN = Kanada, UK = Grossbritannien, USA = Vereinigte Staaten von Amerika, AUS = Australien, F = Frankreich

Schriftenreihe der FAL Les cahiers de la FAL

22–35	siehe im Internet unter www.reckenholz.ch >Publikationen >Schriftenreihe der FAL voir à l'internet sous www.reckenholz.ch >Publications >Les cahiers de la FAL		
36	Ertrags- und Umweltleistungen integrierter und biologischer Anbausysteme des Ackerbaus Rendements et prestations environnementales des systèmes de production intégré et biologique en grandes cultures 2001 FAL-Tagung vom 26. Januar 2001 / Journée FAL du 26 janvier 2001	D F	vergriffen CHF 20.–
37	Evaluation der Ökomassnahmen – Phosphorbelastung der Oberflächengewässer durch Bodenerosion Evaluation des mesures écologiques – La charge des eaux de surface en phosphore liée à l'érosion des sols 2001 <i>Volker Prasuhn und Kaspar Grünig</i>	D	CHF 30.–
38	Ökobilanzen – Beitrag zu einer nachhaltigen Landwirtschaft Bilans écologiques: Contribution à une agriculture durable 2002 FAL-Tagung vom 18. Januar 2002 / Journée FAL du 18 janvier 2002	D/F	CHF 30.–
39	Artenreiche Wiesen Prairies à haute diversité biologique 2002 <i>Thomas Walter et al.</i>	D	CHF 30.–
40	Ausmass und mögliche Auswirkungen der Abdrift von Pflanzenschutzmitteln auf ökologische Ausgleichsflächen Dimension et possible effets de la dérive des produits phytosanitaires sur des surfaces de compensation écologiques 2002 <i>Rudolf Büchi und Franz Bigler</i>	D	CHF 20.–
41	Bodengefüge – Ansprechen und Beurteilen mit visuellen Mitteln Structure du sol – classification et évaluation visuelle 2002 <i>Jakob Nievergelt, Milan Petrsek und Peter Weisskopf</i>	D	CHF 40.–
42	Biogene VOC und Aerosole – Bedeutung der biogenen flüchtigen organischen Verbindungen für die Aerosolbildung COV biogènes et aérosols – Les composés organiques volatils biogènes et leur contribution aux aérosols 2002 <i>Christoph Spirig und Albrecht Neftel</i>	D	CHF 20.–
43	Stickstoff in Landwirtschaft und Umwelt – Probleme, Lösungswege und Perspektiven im internationalen, nationalen und lokalen Umfeld L'azote dans l'agriculture et l'environnement – Problèmes, voies de solution et perspectives à l'échelon international, national et local 2003 FAL-Tagung vom 24. Januar 2003 / Journée FAL du 24 janvier 2003	D	CHF 30.–
44	Carbon stocks and carbon sequestration potentials in agricultural soils in Switzerland 2003 <i>Jens Leifeld, Seraina Bassin and Jürg Fuhrer</i>	E	CHF 30.–
45	Forschung für den biologischen Landbau Recherche en agriculture biologique 2003 <i>Beat Boller et al.</i>	D/F	CHF 30.–
46	Von der Kontrollstation zum Nationalen Zentrum für Agrarökologie Zur Geschichte der landwirtschaftlichen Forschungsanstalt Zürich-Reckenholz 1878–2003 2003 <i>Josef Lehmann</i>	D	CHF 30.–
47	Agrar-Umweltindikatoren – Machbarkeitsstudie für die Umsetzung in der Schweiz Indicateurs agro-environnementaux – Etude de faisabilité pour la réalisation en Suisse 2003 <i>Gérard Gaillard et al.</i>	D	CHF 30.–
48	Risikoabschätzung zur landwirtschaftlichen Abfalldüngerverwertung Estimation des risques liés à l'utilisation agricole des engrais de recyclage 2003 <i>Ulrich Herter, Thomas Kupper und David Külling</i>	D	CHF 25.–
49	Forschung für die Agrarlandschaft Recherche pour les paysages agricoles 2004 FAL-Tagung vom 23. Januar 2004 / Journée FAL du 23 janvier 2004	D/E/F	CHF 30.–
50	La structure du sol – observer et évaluer Bodengefüge – Ansprechen und Beurteilen mit visuellen Mitteln 2004 <i>Gerhard Hasinger, Jakob Nievergelt, Milan Petrsek und Peter Weisskopf</i>	F	CHF 45.–
51	Umweltmonitoring gentechnisch veränderter Pflanzen in der Schweiz Monitoring environnemental en Suisse de plantes génétiquement modifiées 2004 <i>Olivier Sanvido, Franz Bigler, Franco Widmer, Michael Winzeler</i>	D	CHF 30.–
52	Integrierter und biologischer Anbau im Vergleich – Anbausystemversuch Burgrain Productions intégrée et biologique en comparaison – l'essai des systèmes de production au Burgrain 2004 <i>Urs Zihlmann et al.</i>	D	CHF 30.–
53	Ökobilanzierung des Landwirtschaftsbetriebs Bilan écologique de l'exploitation agricole 2004 <i>Dominique Rossier, Gérard Gaillard</i>	D	CHF 30.–
54	Schwermetallbilanzen von Landwirtschaftsparzellen der nationalen Bodenbeobachtung Bilans des métaux lourds sur les parcelles agricoles du réseau national d'observation des sols en Suisse 2005 <i>Armin Keller, Nicolas Rossier und André Desaules</i>	D	CHF 30.–