

## Grundlagen für ein Umweltmonitoring unbewilligter gentechnisch veränderter Pflanzen im Kanton Zürich



Franz Bigler, Daniel Fischer, Olivier Sanvido, Michèle Stark,  
Benno Vogel und Barbara Wiesendanger



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Volkswirtschafts-  
departement EVD  
**Forschungsanstalt**  
**Agroscope Reckenholz-Tänikon ART**

Autorinnen und Autoren: Franz Bigler, Daniel Fischer, Olivier Sanvido,  
Michèle Stark, Benno Vogel und Barbara Wiesendanger\*

\* in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt

Schriftenreihe Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART  
in Zusammenarbeit mit dem Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft  
(AWEL) des Kantons Zürich



**Baudirektion  
Kanton Zürich**

**AWEL Amt für  
Abfall, Wasser, Energie und Luft**

#### **Impressum**

ISSN	1661-7584 ART-Schriftenreihe
ISBN	978-3-905733-09-9
Herausgeberin	Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART Tänikon, CH-8356 Ettenhausen Telefon +41 (0)52 368 31 31, Fax +41 (0)52 365 11 90 doku@art.admin.ch, www.art.admin.ch
Grafik	Ursus Kaufmann und Regina Häusler, ART
Titelbild	Rapsblüten   Naturschutzgebiet Greifensee Gabriela Brändle, ART
Preis	CHF 30.00   € 20.00; inkl. MWSt
Copyright	2008 ART

## Inhalt

Vorwort	III
Zusammenfassung	V
Résumé	VII
Summary	IX
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Auftrag und Zielsetzung	1
1.2 Was sind unbewilligte gentechnisch veränderte Pflanzen?	1
1.3 Gesetzliche Grundlagen	2
1.4 Systematisierung der Problemstellung	3
1.5 Grenzen des Berichts	3
<b>2 Stand der Entwicklung und Kommerzialisierung von gentechnisch veränderten Pflanzen</b>	<b>5</b>
2.1 Stand der Kommerzialisierung von gentechnisch veränderten Pflanzen	5
2.1.1 Anbaubewilligungen von Events	5
2.1.2 Weltweite Anbaufläche gentechnisch veränderter Pflanzen im Jahr 2007	6
2.1.3 Länder mit GVP-Anbau im Jahr 2007	7
2.1.4 Anteil des GVP-Anbaus an der Gesamtproduktion der jeweiligen Kultur	9
2.1.5 Eigenschaften der im Jahr 2007 kommerziell angebauten gentechnisch veränderten Pflanzen	9
2.1.6 Zusammenfassung und Ausblick	10
2.2 Aktuelle Situation in der Schweiz	10
2.2.1 Anbau	10
2.2.2 Import	10
2.2.3 Freisetzungsversuche	10
2.3 Aktuelle Situation in der EU	11
2.3.1 Anbau	11
2.3.2 Import/Handel	11
2.3.3 Freisetzungsversuche	12
2.4 Aktuelle Situation in Deutschland und Baden-Württemberg	12
2.4.1 Anbau	12
2.4.2 Import/Handel	12
2.4.3 Freisetzungsversuche	12
2.5 Zukünftige gentechnisch veränderte Pflanzen	12
2.5.1 In nächster Zukunft zu erwartende gentechnisch veränderte Pflanzen	12
2.5.2 Der Weg von der Forschung bis zur Kommerzialisierung	13
2.5.3 Freisetzungen und Trends in der Entwicklung gentechnisch veränderter Pflanzen	14
2.5.4 Stand der Entwicklung von GV-Waldbäumen	15
2.5.5 Stand der Entwicklung von GV-Obstbäumen und GV-Reben	17

2.5.6	Stand der Entwicklung von GV-Zierpflanzen	18
2.5.7	Stand der Entwicklung von GV-Gräsern	18
2.5.8	Molecular Farming: Stand der Entwicklung von Pharma- und Industriepflanzen	19
2.5.9	Stand der Entwicklung im Jahr 2008 und Ausblick in die Zukunft	21
<b>3</b>	<b>Potentielle Eintragspfade unbewilligter gentechnisch veränderter Pflanzen in die Umwelt</b>	<b>24</b>
3.1	Eintrag von GVP durch Handel und Markt	24
3.1.1	E1: Import von konventionellem Saat- und Pflanzgut vermischt mit GVP	24
3.1.2	E2: Verluste bei Import von vermehrungsfähigem GVP-Material zur Verarbeitung oder für den Handel in der Schweiz	25
3.1.3	E3: Verlust von vermehrungsfähigem GVP-Material bei der Durchfuhr durch die Schweiz	26
3.2	Grenzüberschreitender Eintrag von GVP durch natürliche Verbreitungsprozesse	26
3.2.1	E4: Eintrag durch Pollen aus GVP-Flächen im grenznahen Ausland	27
3.2.2	E5: Eintrag durch Samen aus GVP-Flächen im grenznahen Ausland	27
3.3	Unbeabsichtigter Eintrag von GVP durch Landwirtschaft und Forschung	28
3.3.1	E6: Landwirtschaft	28
3.3.2	E7: Forschung	28
3.4	Eintrag von GVP durch rechtswidrige Handlungen	29
3.4.1	E8: Illegale Aussaat von GV-Saatgut in der Landwirtschaft	30
3.4.2	E9: Import von vermehrungsfähigen GVP durch Privatpersonen	30
3.4.3	E10: Absichtlicher Eintrag unbewilligter vermehrungsfähiger GVP durch kriminelle Handlungen	30
<b>4</b>	<b>Einschätzung der Eintragswahrscheinlichkeit unbewilligter gentechnisch veränderter Pflanzen via unterschiedlicher Eintragspfade</b>	<b>31</b>
4.1	Auswahl der zu beurteilenden Pflanzen	31
4.2	Identifikation der Faktoren, die Eintrags- und Verbreitungswahrscheinlichkeit beeinflussen	32
4.2.1	Die Eintragswahrscheinlichkeit beeinflussende Faktoren (Kategorie 1)	33
4.2.2	Die Verbreitungswahrscheinlichkeit beeinflussende Faktoren (Kategorie 2)	37
4.3	Fallbeispiel: Eintragspfad E1: Import von konventionellem Saat- und Pflanzgut vermischt mit GVP	39
4.3.1	Auswahl der zu beurteilenden Pflanzenarten	39
4.3.2	Einschätzung der Wahrscheinlichkeit bei GV-Kulturen mit kommerzieller Anbaubewilligung	40
4.3.3	System zur Bewertung von Eintrags- und Verbreitungswahrscheinlichkeit	44
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>46</b>
	Literaturverzeichnis	48
	Dank	52
	Anhänge	53

## Vorwort

Die bisherigen weltweiten Erfahrungen zeigen, dass es Fälle gibt, wo unbewilligte gentechnisch veränderte Pflanzen (GVP) in der Umwelt auftauchen. Für die zuständigen Behörden stellen solche Fälle eine Herausforderung dar, tangieren sie doch nicht nur Aspekte wie die menschliche Gesundheit, die Umwelt, die Wirtschaft, die Rechtssicherheit oder das öffentliche Vertrauen in die staatlichen Kontrollsysteme, sondern sie verlangen auch nach neuen Vollzugs- und Überwachungsinstrumenten. Bisher fehlen diese Instrumente weitgehend.

In der Schweiz sind derzeit keine GVP für den kommerziellen Umgang in der Umwelt bewilligt. Weltweit steigen jedoch die Anzahl der bewilligten GVP und die Anbauflächen mit GVP seit Jahren stetig an. Es ist eine Frage der Zeit, bis unbewilligte GVP auch in den Kanton Zürich gelangen. Hierzu sind verschiedene Wege und Szenarien denkbar. Die kantonalen Behörden haben gemäss Freisetzungsverordnung (FrSV) die Aufgabe, Massnahmen zum Schutz von Menschen, Tieren und Umwelt zu treffen, falls die Möglichkeit besteht, dass unbewilligte GVP in der Umwelt auftreten und ein Schutzgut bedrohen. Hierzu braucht es Methoden, um zu erkennen, wann ein solcher Fall einer nicht bewilligten Freisetzung eintritt.

Daher haben wir in Zusammenarbeit mit der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, die Situation analysiert und ein Verfahren entwickelt, mit dessen Hilfe wir abschätzen können, ob mit dem Auftreten und der Verbreitung unbewilligter GVP im Kanton Zürich zu rechnen ist oder nicht.

Oktober 2008

Baudirektion Kanton Zürich  
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL)



Daniel Fischer, Leiter Sektion Biosicherheit



## Zusammenfassung

### Grundlagen für ein Umweltmonitoring unbewilligter gentechnisch veränderter Pflanzen im Kanton Zürich

Die weltweite Anbaufläche gentechnisch veränderter Pflanzen (GVP) ist seit 1996 stark angestiegen und betrug im Jahr 2007 rund 114 Millionen Hektar. Gemäss heutigen Prognosen soll sie bis ins Jahr 2015 auf 200 Millionen Hektar ansteigen. Wie die bisherigen Erfahrungen aus dem In- und Ausland zeigen, kann es trotz bestehender Kontrollsysteme zu Einträgen unbewilligter GVP in die Handelskette oder in die Umwelt kommen. Die weltweiten Warenflüsse begünstigen solche Einträge, da diese unter anderem durch den unterschiedlichen Stand der Bewilligungen in einzelnen Ländern oder durch unbeabsichtigte Vermischungen an verschiedenen Orten entlang der Warenflusskette entstehen können. Mit dem für die Zukunft erwarteten Anstieg der weltweiten GVP-Anbaufläche könnten auch vermehrt unbewilligte GVP in die Umwelt gelangen. Sollten in der Schweiz unbewilligte GVP in der Umwelt auftreten, so sind gemäss Freisetzungsverordnung die Kantone für allfällige Massnahmen zuständig. Bisher existiert in der Schweiz kein Monitoringprogramm, um allfällige unbewilligte GVP in der Umwelt zu identifizieren und deren Verbreitung zu überwachen. Um ein solches Programm zu etablieren, braucht es in einem ersten Schritt ein Verfahren, mit dessen Hilfe sich abschätzen lässt, bei welchen GVP am ehesten ein Eintrag stattfinden könnte und ob sich diese anschliessend etablieren und eventuell verbreiten könnten.

Die Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART hat von der Sektion Biosicherheit des Amtes für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) des Kantons Zürich den Auftrag erhalten, ein Verfahren zu entwickeln, anhand dessen sich erstens die Wahrscheinlichkeit abschätzen lässt, mit der unbewilligte GVP auf bestimmten Eintragspfaden in die Umwelt des Kantons Zürich gelangen könnten, und mit dem sich zweitens abschätzen lässt, mit welcher Wahrscheinlichkeit es zu einer Verbreitung kommt, falls ein Eintrag stattgefunden hat. Das in der vorliegenden Arbeit entwickelte Verfahren baut auf folgenden vier Elementen auf: (1) Identifikation derjenigen GVP, die in die Umwelt des Kantons Zürich gelangen könnten; (2) Identifikation möglicher Eintragspfade, auf denen unbewilligte GVP in die Umwelt des Kantons Zürich gelangen könnten; (3) Identifikation der Faktoren, mit denen sich die Wahrscheinlichkeit abschätzen lässt, ob es zu einem Eintrag unbewilligter GVP in die Umwelt kommt; und (4) Identifikation der Faktoren, mit denen sich die Wahrscheinlichkeit abschätzen lässt, ob es nach einem Eintrag zur Verbreitung der unbewilligten GVP in der Umwelt kommen kann. Um eine Einschätzung anhand dieser vier Elemente zu ermöglichen, ermittelt die vorliegende Arbeit in einem ersten Schritt den weltweiten Stand der Entwicklung und Kommerzialisierung von GVP, beschreibt anhand von theoretisch denkbaren Fällen möglichst alle Eintragspfade in den Kanton Zürich und diskutiert die Faktoren, welche die Wahrscheinlichkeit eines Eintrags beziehungsweise einer Verbreitung in der Umwelt beeinflussen können. Anschliessend werden anhand eines Eintragspfads beispielhaft Möglichkeiten der Anwendung des entwickelten Verfahrens dargestellt.

Das Resultat dieser Arbeit stellt die Basis dar, auf der ein zukünftiges Umweltmonitoring unbewilligter GVP aufbauen könnte. Das entwickelte Verfahren wird es kantonalen Behörden ermöglichen, wissenschaftlich fundierte Entscheide zu treffen, ob und in welchen Umwelträumen das Monitoring unbewilligter GVP stattfinden soll. Für eine vollständige Risikobewertung ist neben der Abschätzung der Eintragswahrscheinlichkeit auch das Schadensausmass von Bedeutung. Der Bericht macht keine Aussagen über das



Schadensausmass, den der Eintrag von unbewilligten GVP in die Umwelt für Mensch, Tier und Umwelt darstellen könnte. Die im Bericht beschriebenen Einträge unbewilligter GVP sind deshalb als wertneutrale Ereignisse zu verstehen. Was die Behörden in Zukunft als unerwünscht betrachten, muss somit noch definiert werden. Dieser politische Prozess hat unabhängig von der rein wissenschaftlichen Abschätzung der Eintragswahrscheinlichkeit zu erfolgen. Ein endgültiger behördlicher Entscheid über die Durchführung eines Monitorings unbewilligter GVP sollte deshalb auch auf einer noch durchzuführenden Schadensdefinition basieren. Hierbei gilt es Kriterien zu finden, mit deren Hilfe bestimmt werden kann, wo und ab welchem Ausmass ein Eintrag unbewilligter GVP als störend, unerwünscht oder schädlich wahrgenommen wird.

## Résumé

### Principes de monitoring environnemental des plantes génétiquement modifiées non autorisées dans le canton de Zurich

La surface occupée par la culture de plantes génétiquement modifiées (PGM) a considérablement augmenté dans le monde depuis 1996. En 2007, elle représentait près de 114 millions d'hectares. Selon les pronostics actuels, elle représentera 200 millions d'hectares d'ici 2015. L'expérience montre qu'en Suisse, comme à l'étranger, il existe des PGM non autorisées dans le circuit commercial et dans l'environnement, en dépit des systèmes de contrôle existants. De tels cas sont possibles car les permis d'importation, pour une PGM donnée, ne sont pas les mêmes dans différents pays. Cette situation rend les contrôles difficiles en cas de flux de marchandises au niveau international et suite à des mélanges inopportuns. Ces derniers peuvent se produire à différents points de la chaîne des flux de produits. Comme il faut s'attendre à l'avenir à une augmentation des cultures de PGM dans le monde, davantage de PGM non autorisées pourraient se retrouver dans l'environnement. Si des PGM non autorisées sont décelées dans l'environnement en Suisse, ce sont les cantons qui sont responsables des mesures à prendre, selon l'Ordonnance sur la dissémination dans l'environnement. Jusqu'à présent, il n'existe aucun programme de monitoring en Suisse permettant d'identifier les éventuels PGM non autorisées dans l'environnement et de surveiller leur propagation. Avant d'établir un tel programme, il faudrait dans un premier temps mettre en place un procédé permettant d'estimer quelles sont les PGM les plus susceptibles d'être émises dans l'environnement, si elles sont susceptibles de s'établir et éventuellement de se propager.

La station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART a été chargée par la section Biosécurité de l'Office des déchets, des eaux, de l'énergie et de l'air (AWEL) du canton de Zurich de développer un procédé permettant, dans un premier temps, d'estimer la probabilité selon laquelle des PGM non autorisées pourraient s'introduire dans l'environnement du canton de Zurich par des voies d'émission définies et permettant, dans un deuxième temps, d'estimer la probabilité d'une dissémination si l'introduction a eu lieu. Le procédé développé dans la présente étude est basé sur les quatre éléments suivants: (1) identification des PGM susceptibles de s'introduire dans l'environnement du canton de Zurich; (2) identification des voies d'émission potentielles par lesquelles des PGM non autorisées pourraient s'introduire dans l'environnement du canton de Zurich; (3) identification des facteurs permettant d'estimer la probabilité de l'introduction de PGM non autorisées dans l'environnement; et (4) identification des facteurs permettant d'estimer la probabilité d'une dissémination des PGM non autorisées dans l'environnement après leur introduction. Afin de procéder à une estimation sur la base de ces quatre éléments, la présente étude fait tout d'abord le point du développement et de la commercialisation des PGM dans le monde, elle décrit ensuite toutes les voies d'émission possibles dans le canton de Zurich en s'appuyant sur des cas théoriques et engage le débat sur les facteurs susceptibles d'influencer une introduction, voire une dissémination dans l'environnement. Enfin, les possibilités d'application du procédé développé sont illustrées à partir d'une voie d'émission.

Les résultats de ces travaux serviront de base pour pouvoir mettre en place un monitoring environnemental des PGM non autorisées à l'avenir. L'application du procédé développé permettra aux autorités cantonales de décider de manière scientifiquement fondée de l'utilité ou non d'un monitoring des PGM non autorisées et si oui, dans quelles zones



environnementales l'appliquer. Afin d'évaluer la totalité des risques, il est non seulement important d'estimer la probabilité d'une introduction, mais aussi d'estimer l'ampleur des dommages. Le rapport ne se prononce pas sur l'ampleur des dommages que pourrait causer l'introduction de PGM non autorisées dans l'environnement à l'homme, l'animal et le milieu ambiant. Les introductions de PGM non autorisées décrites dans le rapport doivent donc être interprétées comme des événements neutres. Il reste en effet encore à définir ce que les autorités considéreront comme indésirable à l'avenir. Ce processus politique doit se dérouler indépendamment de l'estimation purement scientifique de la probabilité d'une introduction. Une décision définitive des autorités sur la mise en place d'un monitoring des PGM non autorisées devrait reposer également sur une définition des dommages qu'il reste encore à établir. Par conséquent, il s'agit de trouver des critères permettant de déterminer où et à partir de quel niveau une introduction de PGM non autorisées doit être considérée comme gênante, indésirable ou nocive.

## Summary

### **A conceptual basis for the environmental monitoring of unapproved genetically modified plants in the canton of Zurich**

The global area of commercially grown, genetically modified plants (GMPs) has increased considerably since 1996 and amounted to around 114 million hectares in 2007. Current forecasts predict a further increase of this area to 200 million hectares by 2015. As existing experience in Switzerland and abroad has shown unapproved GMPs may enter the trade chain or the environment in spite of existing monitoring systems. Such instances have become possible due, among other things, to the different state of licensing in individual countries, the worldwide flow of goods and to unintentional admixtures which can occur at different points in the trade chain. The anticipated future increase of worldwide GMP cultivation could lead to more unapproved GMPs entering the environment. Under the Swiss Ordinance on the Release of Organisms into the Environment [Freisetzungsvorordnung] the cantons are responsible for corrective action if unapproved GMPs would appear in the environment in Switzerland. To date Switzerland has no monitoring programme to identify whether unapproved GMPs occur in the environment and whether these potentially spread. The first step in establishing such a programme consists in developing a procedure helping to determine which GMPs are most likely to enter the environment, whether these could then become established and possibly spread.

Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART has been commissioned by the Biosecurity Section of the Office for Waste, Water, Energy and Air [Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL)] of the canton of Zurich to develop a procedure which can be used to assess the probability of unapproved GMPs entering the environment of the canton of Zurich on certain entry routes, and to assess the probability of their dispersal in the event of an entry occurring. The procedure here developed builds on the following four elements: (1) Identification of GMPs that could enter the environment of the canton of Zurich; (2) Identification of possible entry routes on which unapproved GMPs could enter the canton of Zurich; (3) Identification of factors that determine the probability whether unapproved GMPs will enter the environment; and (4) Identification of factors that determine the probability of a dispersal of unapproved GMPs in the environment after their introduction. To allow an assessment based on these four elements, this report determines first the worldwide status of GMP development and commercialisation, then describes possible entry routes into the canton of Zurich on the basis of theoretically conceivable cases, and finally discusses the factors which could influence the probability of entry to and dispersal in the environment. Examples of possible applications of the procedure developed will then be discussed based on one entry route.

The result of this work constitutes the basis on which a future environmental monitoring of unapproved GMPs could build on. The method developed will enable cantonal authorities to reach scientifically sound decisions as to whether and in which environment the monitoring of unapproved GMPs should take place. In addition to an evaluation of the probability of entry, a complete risk assessment needs to consider the extent of damage. The present report gives no information on the extent of damage that unapproved GMP could cause to humans, animals and the environment. Entries of unapproved GMP described in the report should therefore be understood as value-neutral events. It remains to be defined what authorities will judge undesirable. This political process must take place independently of the purely scientific assessment of entry probability. Any final decision taken by the authorities on implementing a monitoring programme of unappro-



ved GMPs should therefore also be based on a damage definition still to be carried out. It is thereby essential to find criteria which can help determining where and to what extent the entry of unapproved GMP is perceived as being perturbing, undesirable or harmful.

# 1 Einleitung

## 1.1 Auftrag und Zielsetzung

Die Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART hat von der Sektion Biosicherheit des Amtes für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) des Kantons Zürich den Auftrag erhalten, ein Verfahren zu entwickeln, anhand dessen sich erstens die Wahrscheinlichkeit abschätzen lässt, mit der unbewilligte gentechnisch veränderte Pflanzen (GVP) auf bestimmten Eintragungspfaden in die Umwelt des Kantons Zürich gelangen könnten, und mit dem sich zweitens abschätzen lässt, mit welcher Wahrscheinlichkeit es zu einer Verbreitung kommt, falls ein Eintrag stattgefunden hat. Indem das Verfahren sowohl die Eintrags- wie auch die Verbreitungswahrscheinlichkeit erfasst, lassen sich zwei Arten von Einträgen unbewilligter GVP unterscheiden: (1) GVP, bei denen ein Eintrag zwar wahrscheinlich ist, eine weitere Verbreitung und damit auch mögliche unerwünschte Umweltwirkungen aber unwahrscheinlich sind; sowie (2) GVP, bei denen sowohl Eintrag als auch Verbreitung wahrscheinlich sind. Diese Unterscheidung ist wichtig, da das Auftreten unbewilligter GVP in der Umwelt aus zwei Gründen Massnahmen erfordern kann: erstens, weil der Sachverhalt eine Rechtsverletzung darstellt; und zweitens, weil das Auftreten unbewilligter GVP unerwünschte Wirkungen auf Mensch, Tiere und Umwelt (insbesondere die biologische Vielfalt) haben könnte. Letztere sind jedoch nur bei GVP möglich, bei denen sowohl ein Eintrag als auch eine Verbreitung in der Umwelt als wahrscheinlich gelten. Ein Umweltmonitoring unbewilligter GVP könnte ein Instrument zur Überwachung solcher Einträge in den Kanton Zürich darstellen. Je nach Ausrichtung des Monitorings und der Wahl der Schutzziele ist es möglich, beiden Fällen Rechnung zu tragen oder nur demjenigen, bei dem eingetragene GVP sich in der Umwelt auch verbreiten könnten. Das von ART entwickelte Verfahren soll kantonalen Behörden in beiden Fällen erlauben, einen wissenschaftlich fundierten Entscheid darüber zu treffen, ob allenfalls ein Monitoring von unbewilligten GVP durchgeführt werden soll.

## 1.2 Was sind unbewilligte gentechnisch veränderte Pflanzen?

Gemäss Gentechnikgesetz (GTG) sind Freisetzung und kommerzieller Anbau von GVP in der Schweiz bewilligungspflichtig. Eine unbewilligte GVP bezeichnet demnach eine gentechnisch veränderte Sorte, die ohne Bewilligung nach GTG in der Umwelt auftritt. Dabei sind zwei Fälle zu unterscheiden:

- 1) Die GVP ist im Ausland, jedoch nicht in der Schweiz, für den kommerziellen Anbau bewilligt.
- 2) Die GVP befindet sich noch in der Entwicklung und ist weder im Ausland noch in der Schweiz für den kommerziellen Anbau bewilligt.

Im Hinblick auf ein Umweltmonitoring unbewilligter GVP gilt es, einen wichtigen Unterschied beider Fälle zu beachten: Eine GVP, die im Ausland für den kommerziellen Anbau bewilligt ist, hat dort ein Bewilligungsverfahren durchlaufen und wurde von den zuständigen Behörden in einer Risikobewertung als sicher für die menschliche und tierische Gesundheit sowie die Umwelt beurteilt. Bei einer weder im Ausland noch in der Schweiz bewilligten GVP liegt hingegen entweder keine oder nur eine eingeschränkte Risikobewertung vor.

### 1.3 Gesetzliche Grundlagen

Wie bisherige Erfahrungen mit dem Anbau von GVP zeigen, gibt es immer wieder Fälle, bei denen in einzelnen Ländern unbewilligte GVP in der Handelskette, auf Agrarflächen oder in der Umwelt auftauchen (Demeke *et al.* 2006, Vermij 2006, Vogel 2006, Macilwain 2005, Marvier & van Acker 2005, Smyth *et al.* 2002, Fürst 1999). Möglich wird dies einerseits durch die weltweiten Warenflüsse, die zu unbeabsichtigten Vermischungen an unterschiedlichen Orten entlang der Warenflusskette führen können. Andererseits entstehen unbewilligte GVP auch dadurch, dass die Bewilligung spezifischer GVP in einzelnen Ländern unterschiedlich weit fortgeschritten ist. Gegenwärtig (Stand Juli 2008) sind bei der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) Bewilligungsanträge für über 40 Events (siehe Kapitel 2.3) eingereicht, bei denen eine Sicherheitsbewertung noch aussteht (TransGen 2008). Zusätzlich sind 14 Bewilligungen bei der EU-Kommission und dem EU-Ministerrat hängig, deren Sicherheitsbewertung durch die EFSA bereits abgeschlossen ist. Die Anzahl der in der EU (und in der Schweiz) noch nicht bewilligten GV-Sorten wird in Zukunft deshalb eher zunehmen, da diese in der Regel zuerst in Nord- und Südamerika bewilligt werden, während das Bewilligungsverfahren in Europa aufgrund verschiedener Faktoren bedeutend langsamer ist.

In den letzten Jahren haben Regierungen und Behörden weltweit Anstrengungen unternommen, um mittels rechtlicher und praktischer Massnahmen, Einträge von unbewilligten GVP in die Handelskette und die Umwelt zu minimieren. Im Saatgut-, Lebensmittel- und Futtermittelbereich sind staatliche Kontrollsysteme aufgebaut worden. Auch im Bereich Forschung und Entwicklung, das heisst bei Labor-, Gewächshaus- und Freisetzungsversuchen mit GVP, gibt es gut etablierte Kontroll- und Überwachungsinstrumente. Trotz dieser Massnahmen kann nicht ausgeschlossen werden, dass es zu einem Eintrag von unbewilligten GVP in die Umwelt kommt. Um solche Fälle zu entdecken, begannen

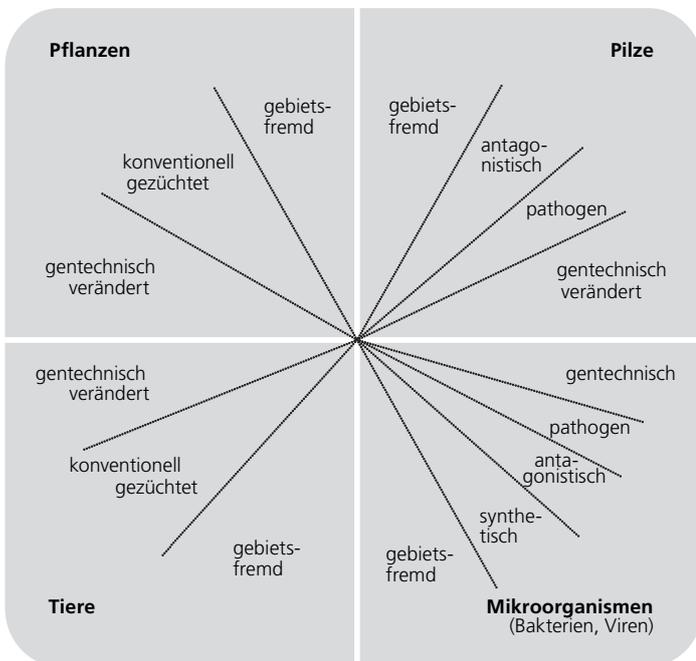
einige Länder, Kontrolluntersuchungen durchzuführen. So haben zum Beispiel Japan, China und Südkorea Monitoringprogramme eingeführt, um die Umwelt nach GVP abzusuchen, die zwar für den Import, jedoch nicht für den Umgang in der Umwelt bewilligt sind (Zhou *et al.* 2006, Kim *et al.* 2006, Saji *et al.* 2005). In der EU steht ebenfalls ein entsprechendes Umweltmonitoring zur Diskussion (Levidow & Carr 2007).

In der Schweiz sind zurzeit keine GVP für den kommerziellen Anbau bewilligt. Es sind jedoch verschiedene Wege denkbar, wie GVP dennoch in die Umwelt der Schweiz gelangen könnten. Sollten in der Umwelt schädliche Organismen (Pflanzen, Tieren, Pilzen oder Mikroorganismen) auftreten, sind gemäss Freisetzungsverordnung (FrSV) die Kantone für allfällige Massnahmen zu deren Bekämpfung und zum Schutz von Menschen, Tieren, Umwelt und biologischer Vielfalt zuständig<sup>1</sup> (Abb. 1). Die Kantone sind zudem angehalten, Massnahmen zu treffen, die

das künftige Auftreten schädlicher Organismen verhindern sollen.

Bisher existiert in der Schweiz kein Monitoringsystem, um gezielt nach unbewilligten GVP in der Umwelt zu suchen. Die Etablierung eines solchen Systems stellt aus zwei Gründen eine Herausforderungen dar: Erstens sind Pflanzen vermehrungsfähig, weshalb auch bei einem geringen Eintrag eine Verbreitung möglich ist und unerwünschte Auswir-

Abbildung 1:  
Geltungsbereich des  
Artikels 32 (Abschnitt  
Bekämpfung) der  
Freisetzungsverordnung.



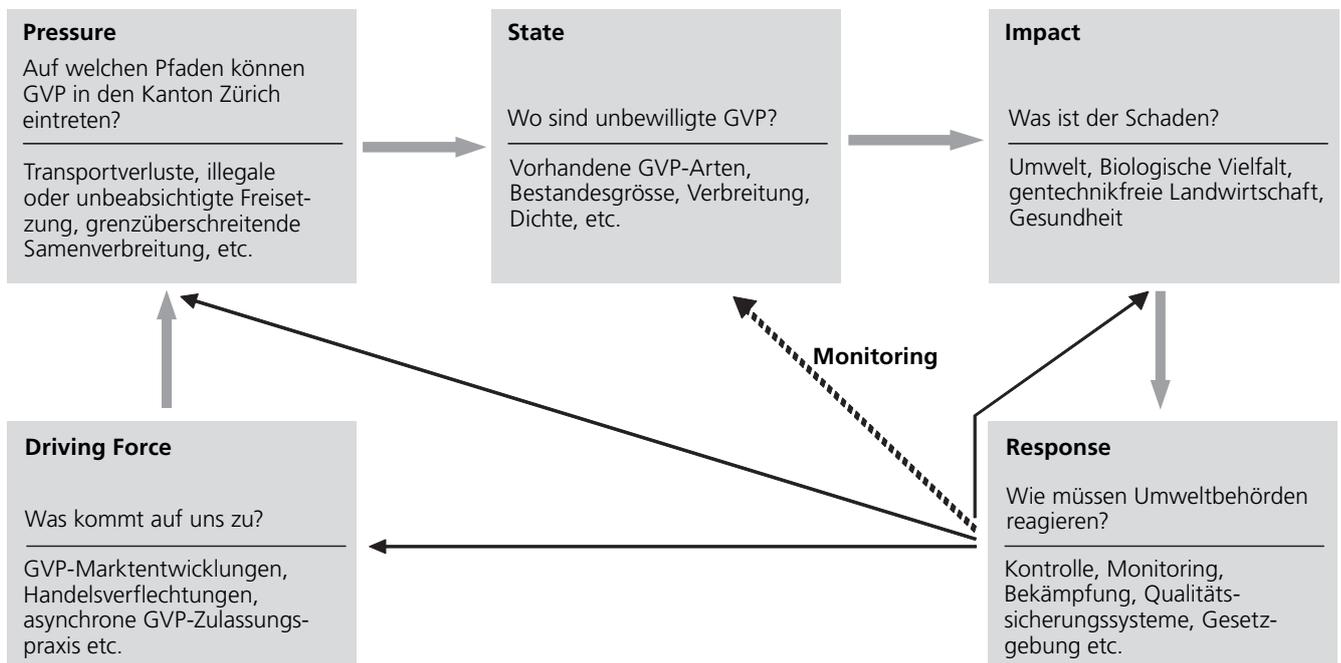
<sup>1</sup> Der Abschnitt Bekämpfung der FrSV (Artikel 32) gilt jedoch nicht allein für gentechnisch veränderte Pflanzen, sondern zum Beispiel auch für pathogene Organismen und Neobiota.

kungen denkbar sind; zweitens sind GVP von blossen Auge nicht von anderen Pflanzen derselben Art zu unterscheiden, weshalb kostspielige Laboruntersuchungen notwendig werden, um GVP eindeutig als solche nachzuweisen. Der Nachweis von GVP in der Umwelt kann somit langwierig und teuer sein. Um den Aufwand in Grenzen zu halten und ein effizientes Monitoringprogramm zu etablieren, braucht es zunächst ein Verfahren, anhand dessen sich abschätzen lässt, mit welcher Wahrscheinlichkeit welche GVP in der Umwelt auftreten und ob diese sich anschliessend etablieren und eventuell verbreiten könnten.

### 1.4 Systematisierung der Problemstellung

In Abbildung 2 ist das mögliche Problem des Auftretens von unbewilligten GVP in der Umwelt gemäss dem europaweit harmonisierten DPSIR-Modell dargestellt (OECD 2003, Smeets & Weterings 1999). Das Modell erlaubt eine Systematisierung des Problemfelds, indem es eine Wirkungskette von Antriebsfaktoren (Driving Forces), Belastungen (Pressures), Zuständen (State), Wirkungen (Impact) und Massnahmen (Responses) aufzeigt. Die Stärke des Modells besteht vor allem darin, dass klar zwischen dem Auftreten von gentechnisch veränderten Organismen (als solches wertneutral) und dem Eintreten eines Schadens (ökonomischer oder ökologischer Art bzw. die Verletzung einer Rechtsnorm) unterschieden werden kann. Das direkte Monitoring bezieht sich auf das Vorhandensein (bzw. Nicht-Vorhandensein) von Organismen in der Umwelt. Daneben sind auch indirekte Monitoringprogramme möglich, entweder das Evaluieren von Schäden oder die Analyse des Verhaltens gewisser Akteure (Pressures), wie beispielsweise Qualitätskontrollen beim Import von Saatgut.

Abbildung 2: DPSIR-Schema für das Auftreten von unbewilligten GVP in der Umwelt (OECD 2003, Smeets & Weterings 1999).

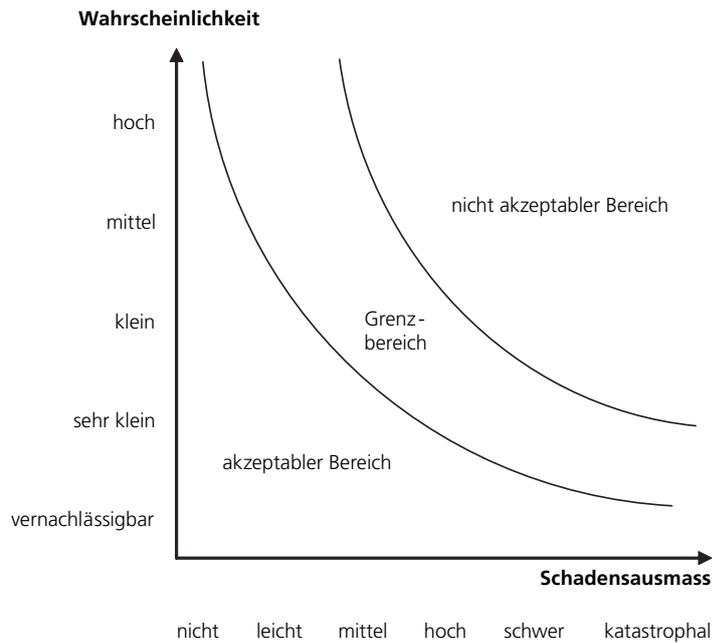


### 1.5 Grenzen des Berichts

Für die Risikobewertung ist neben der Abschätzung der Eintragswahrscheinlichkeit auch das Schadensausmass von Bedeutung (siehe Wahrscheinlichkeits-Ausmass-Diagramm in Abbildung 3). Das Ausmass möglicher Schäden unbewilligter GVP ist jedoch nicht Gegenstand des vorliegenden Berichts. Dieser konzentriert sich allein auf die Ein-

tragswahrscheinlichkeit. Deshalb wird auch keine Aussage darüber gemacht, ob das Auftreten einer unbewilligten GVP in der Umwelt ein Risiko für Mensch, Tier und Umwelt darstellt. Die im Bericht beschriebenen Einträge unbewilligter GVP sind daher als wertneutrale Ereignisse zu verstehen. Was die Behörden in Zukunft als unerwünscht betrachten, muss somit noch definiert werden. Dieser politische Prozess hat unabhängig von der rein wissenschaftlichen Abschätzung der Eintragswahrscheinlichkeit zu erfolgen. Ein behördlicher Entscheid über die Durchführung eines Monitorings unbewilligter GVP sollte deshalb auch auf einer noch durchzuführenden Schadensdefinition und -bewertung basieren. Hierbei gilt es Kriterien zu finden, mit deren Hilfe bestimmt werden kann, wo und ab welchem Ausmass ein Eintrag unbewilligter GVP als störend, unerwünscht oder schädlich wahrgenommen wird.

Abbildung 3: Darstellung des Risikos als Funktion der Eintragswahrscheinlichkeit eines Ereignisses und des Schadensausmasses beim Eintreten des Ereignisses. In der vorliegenden Arbeit wird nur die Wahrscheinlichkeits-Skala behandelt. Da der Bericht keine Aussagen über das Schadensausmass macht, werden auch keine Akzeptabilitätsgrenzen für ein Risiko abgeleitet.



## **2 Stand der Entwicklung und Kommerzialisierung von gentechnisch veränderten Pflanzen**

Der Handel mit Saatgut, Gemüse, Früchten, Ackerkulturen, Zierblumen und forstwirtschaftlich genutzten Pflanzen erfolgt international. Um abschätzen zu können, bei welchen Pflanzen ein GVP-Eintrag in die Umwelt des Kantons Zürich möglich ist, ist es für die Behörden wichtig, den weltweiten Stand der Entwicklung und Kommerzialisierung von GVP zu kennen. Die dazu notwendigen Angaben lassen sich in öffentlich zugänglichen Internetdatenbanken, auf Webseiten von Behörden, auf Biotechnologiewebseiten sowie in publizierten Dokumenten finden. Anhand dieser Information lässt sich ein für die Behörden brauchbares Abbild der weltweiten Aktivitäten mit GVP gewinnen. Die in dieser Arbeit verwendeten Informationsquellen sind im Anhang 1 aufgelistet.

In der Folge wird zunächst dargestellt, welche GVP kommerzialisiert sind, in welchen Ländern sie angebaut werden, welches die flächenmässig wichtigsten GV-Kulturen sind und wie gross der GV-Anteil an der jeweiligen Kultur ist. Anschliessend folgt eine Darstellung der aktuellen Situation in der Schweiz, der EU, in Deutschland sowie in Baden-Württemberg.

Um abschätzen zu können, wie die Situation in den kommenden Jahren sein wird, werden am Ende dieses Kapitels aktuelle Trends in der Entwicklung von GVP erörtert und mögliche zukünftige GVP aufgezeigt. Speziell dargestellt wird der Stand der Entwicklung bei Bäumen, Gräsern und Zierpflanzen sowie bei Pharma- und Industriepflanzen. Die nähere Darstellung ist notwendig, da diese zukünftigen GVP in der bestehenden Literatur wenig aufgearbeitet sind und zum Teil auch in Bezug auf Warenfluss, Umweltwirkung und Akteure wesentlich von den heute kommerziell genutzten GV-Nahrungs- und Futtermittelpflanzen unterscheiden. Je nach Stand der Entwicklung könnte hier zusätzlicher Handlungsbedarf entstehen.

### **2.1 Stand der Kommerzialisierung von gentechnisch veränderten Pflanzen**

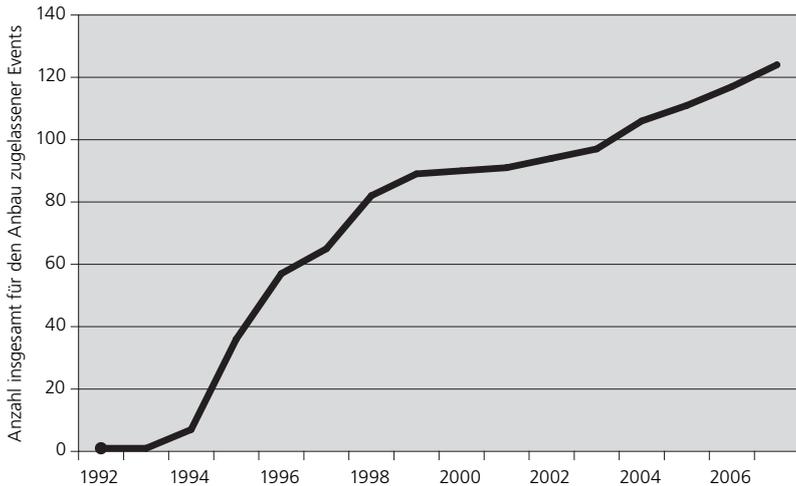
#### **2.1.1 Anbaubewilligungen von Events**

Bevor eine GVP kommerziell angebaut werden darf, muss sie für den Anbau bewilligt werden. Die Bewilligung erfolgt auf der Ebene von «Events». Ein Event ist eine bestimmte gentechnisch veränderte Pflanzenzelle, aus der eine GVP hervorgeht (TransGen 2008). Jede Pflanzenlinie, die aus einem einzelnen Event entwickelt wird, gilt als GVP, deren Freisetzung und kommerzielle Nutzung nach dem jeweils geltenden Recht zu bewilligen ist. Events werden üblicherweise mit einem Kürzel wie zum Beispiel MON810 oder Bt176 bezeichnet. Zudem erhält jedes Event, das in einem Land bewilligt wird, einen eindeutigen Identifizierungscode (unique identifier). Der Code wurde von der OECD ausgearbeitet (OECD 2001 und 2006).

Basis der Bewilligung von GVP beziehungsweise von Events ist eine fallspezifische wissenschaftliche Sicherheitsbewertung. Das Ziel der Bewertung ist, ein Höchstmass an Sicherheit für Mensch, Tier und Umwelt zu garantieren. Somit wird eine GVP nur bewilligt, wenn keine negativen Auswirkungen auf Mensch, Tier und Umwelt zu erwarten sind.

Die Anzahl, der weltweit für den Anbau bewilligten Events, stieg seit 1992 stetig, wobei der Anstieg zwischen 1994 und 1998 am stärksten war (Abb. 4). Zurzeit gibt es weltweit mehr als 120 Events, die in mindestens einem Land für den Anbau bewilligt sind (siehe Liste im Anhang 2).

Abbildung 4: Anstieg der weltweit in mindestens einem Land für den Anbau bewilligten Events, 1992–2007 (ohne China; nach Daten von Agbios 2008).



Nach Erhalt der Anbaubewilligung dürfen die einzelnen Events in verschiedene Sorten eingekreuzt werden. So gibt es zum Beispiel im gemeinsamen Sortenkatalog der EU mindestens 73 Maissorten, die den Event MON810 enthalten (Kargl 2008). Die sich weltweit im Umlauf befindenden GV-Sorten übersteigt die Anzahl der bewilligten Events bei weitem. Die genaue Zahl der kommerziell genutzten GV-Sorten ist nicht bekannt.

Nicht alle für den Anbau bewilligten Events werden auch kommerziell genutzt. In den USA zum Beispiel wurde die Kommerzialisierung verschiedener GV-Tomaten von den Bewilligungsinhabern wieder eingestellt. Ebenfalls in den USA verzichtete der Bewilligungsinhaber bei GV-Reis vorerst auf den Verkauf der GV-Sorten. Abbildung 5 zeigt verschiedene Wege, die ein Event vom Labor bis zur Kommerzialisierung nehmen kann. Der aktuelle Stand der Kommerzialisierung kann für viele der bewilligten Events in der Biotradestatus-Datenbank abgefragt werden (BIO 2008).

### 2.1.2 Weltweite Anbaufläche gentechnisch veränderter Pflanzen im Jahr 2007

Seit im Jahr 1996 zum ersten Mal GVP kommerziell angebaut wurden, ist deren weltweite Anbaufläche kontinuierlich gestiegen. Betrug die Fläche im Jahr 1996 noch 1,7 Millionen Hektar, waren es 2007 bereits 114 Millionen Hektar, was rund 27mal der gesamten Fläche der Schweiz oder etwa sieben Prozent der weltweit landwirtschaftlich genutzten Fläche entspricht (Abb. 6). Für die Zukunft ist ein weiterer Anstieg zu erwarten. Laut der Agro-Biotechnologie-Agentur (ISAAA) könnte die weltweite GVP-Anbaufläche bis ins Jahr 2015 auf 200 Millionen Hektar ansteigen (James 2006). Die vier hauptsächlich angebauten Kulturen Soja, Mais, Baumwolle und Raps machten zusammen mehr als 99 Prozent des weltweiten GV-Anbaus aus. An der Spitze steht dabei der Anbau von GV-Soja. Diese wurde im Jahr 2007 auf einer Fläche von 58,6 Millionen Hektaren angebaut, was 51 Prozent der

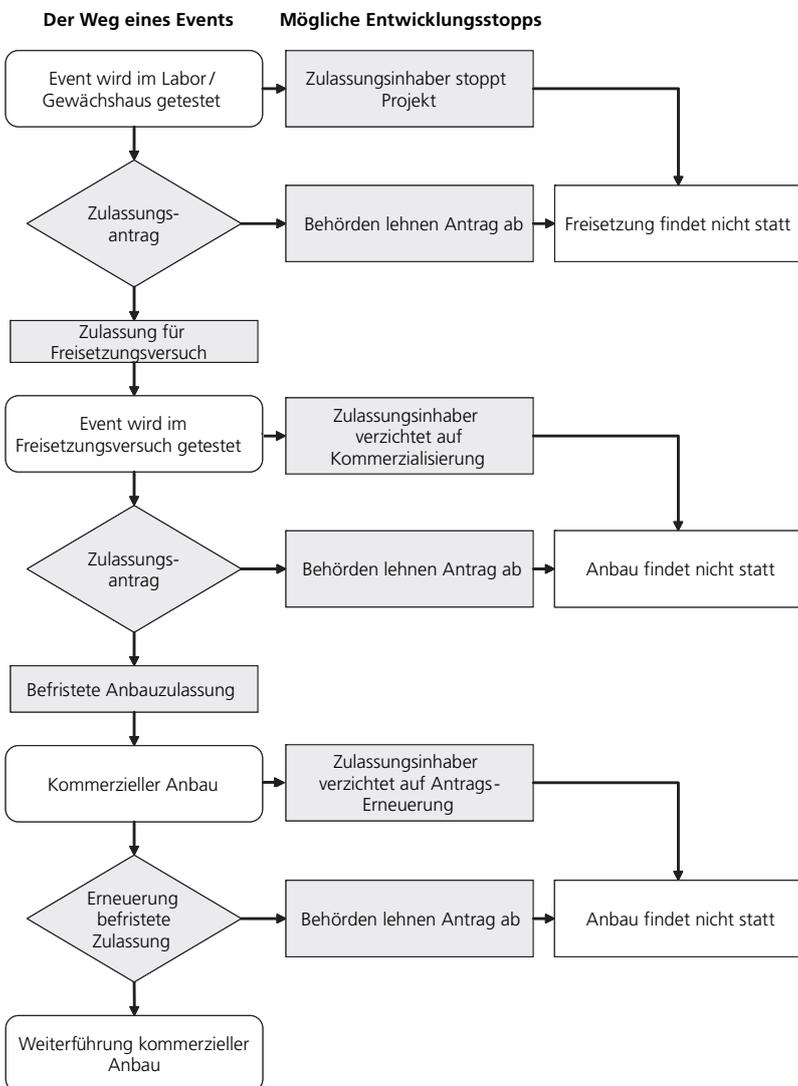


Abbildung 5: Stufenweise Bewilligung eines «Events» vom Labor bis zur Kommerzialisierung inklusive möglicher Entwicklungsstopps. Ein Event ist eine bestimmte gentechnisch veränderte Pflanzenzelle, aus der eine GVP hervorgeht. Der Übergang zur nächsten Stufe erfolgt nur falls das Risiko für Mensch, Tier und Umwelt als geringfügig beurteilt wird.

weltweiten GVP-Fläche entsprach. Der Anteil von Mais betrug 31 Prozent, jener von Baumwolle 13 und derjenige von Raps fünf Prozent (Abb. 7).

### 2.1.3 Länder mit GVP-Anbau im Jahr 2007

Gentechnisch veränderte Pflanzen wurden 2007 in 24 Ländern kommerziell angebaut, während sie in 29 weiteren Ländern für den Import als Lebens- und Futtermittel sowie für Freisetzungsversuche bewilligt waren (James 2007). Der jeweilige Anteil der Länder an der weltweiten GVP-Anbaufläche ist sehr unterschiedlich (Abb. 8): Der grösste Anteil (51 %) wurde in den USA angebaut. Zu den weiteren Ländern mit grossen GVP-Flächen gehören Argentinien (17 %), Brasilien (13 %), Kanada (6 %), Indien (5 %), China (3 %), Paraguay (2 %) und Südafrika (2 %). Die restlichen 16 Länder machten zusammen einen Anteil von einem Prozent aus.

Abbildung 9 zeigt, in welchen Ländern welche GV-Kulturen angebaut wurden und wie hoch dabei der GVP-Anteil an der jeweiligen Gesamtproduktion war. Je nach Land ist der GVP-Anteil an der jeweiligen Gesamtanbaufläche teilweise sehr hoch. In einigen Ländern hat die GVP-Produktion die konventionelle Produktion bereits weit überholt (Abb. 9). In Argentinien, Paraguay, Uruguay und in den USA zum Beispiel waren im Jahr 2007 über 90 Prozent der gesamten Soja-Anbauflächen mit GV-Sorten bebaut. Bei Baumwolle wiederum sind hohe GVP-Anteile in China, Südafrika, Australien und den USA zu verzeichnen, bei Raps in Kanada und den USA sowie bei Mais in Argentinien, Uruguay, Kanada und den USA.

Nicht bei allen Kulturen mit Bewilligung findet auch ein Anbau von GV-Sorten statt. Obwohl 2007 bei 20 verschiedenen Kulturen in mindestens einem Land der Welt GV-Sorten für den kommerziellen Anbau bewilligt waren, wurden beispielsweise bei Chicorée, Flachs, Kartoffel und Zuckerrübe keine GV-Sorten vermarktet. Tabelle 1 listet alle Kulturen auf, bei

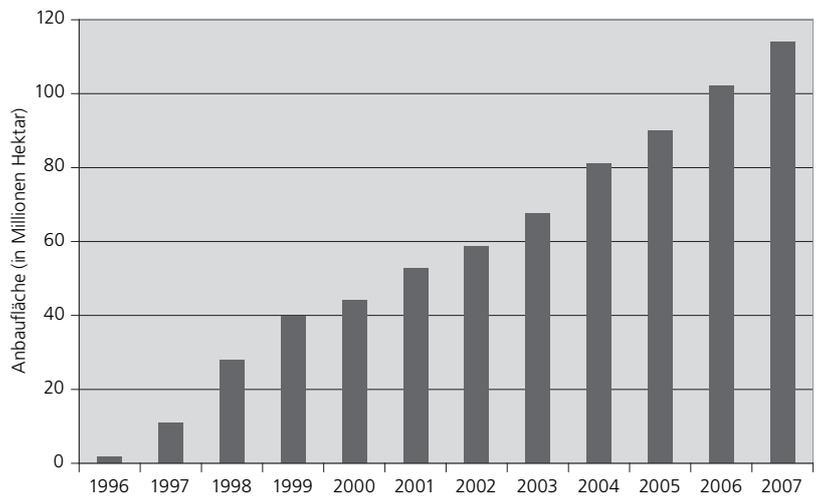


Abbildung 6: Anstieg der weltweiten Anbaufläche von gentechnisch veränderten Pflanzen seit ihrer Markteinführung im Jahre 1996 (nach James 2007).

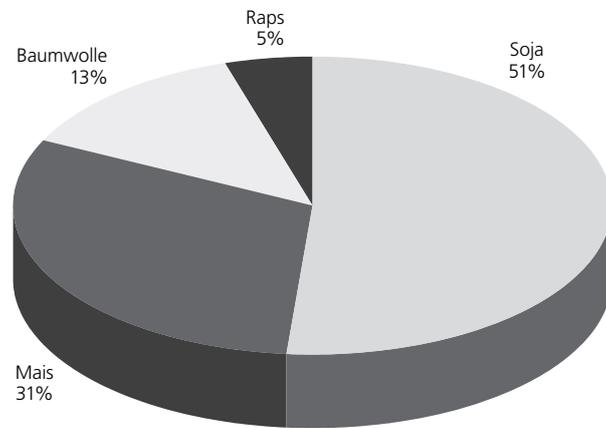


Abbildung 7: Anteil der vier wichtigsten GV-Kulturen an der weltweiten Gesamtfläche der im Jahr 2007 angebauten GVP (James 2007).

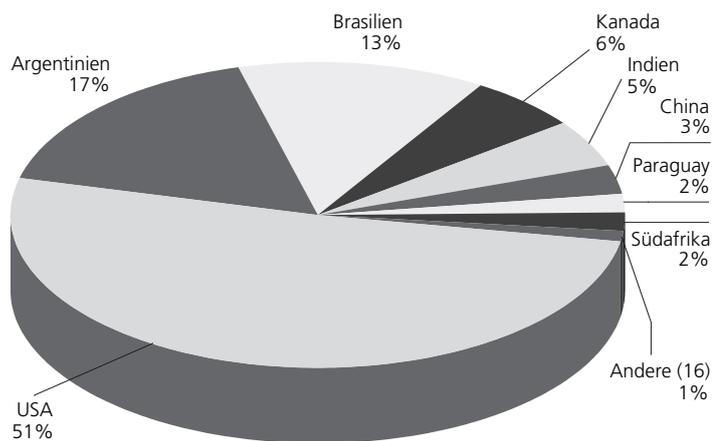
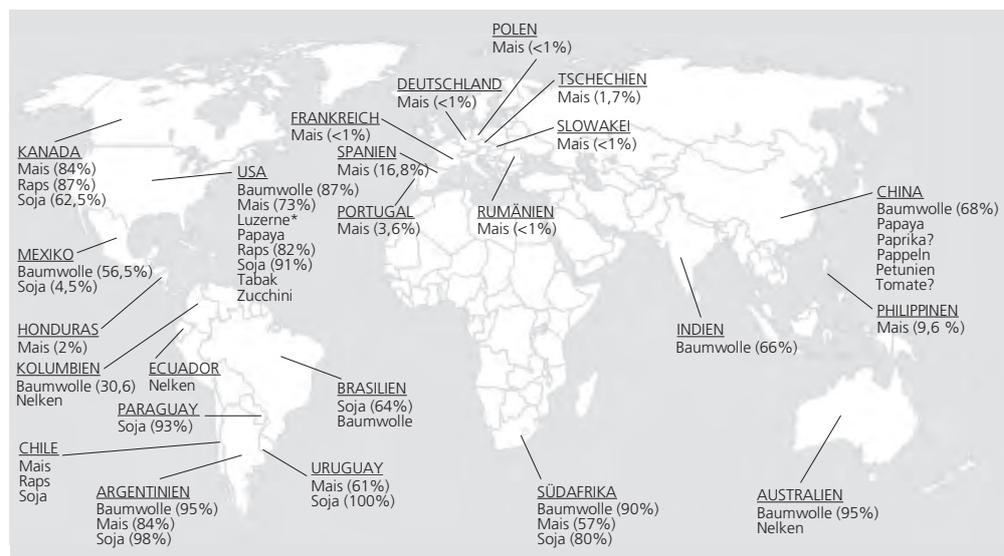


Abbildung 8: Die wichtigsten Länder mit GVP-Anbau im Jahr 2007 in Prozent der weltweiten GVP-Anbaufläche (James 2007).

Abbildung 9: Länder mit GVP-Anbau im Jahr 2007. In Klammern ist der geschätzte GVP-Anteil an der Gesamtanbaufläche der jeweiligen Kultur angegeben. Fehlt diese Angabe, war der GVP-Anteil bisher gering oder ist nicht bekannt. \*: Die Anbaubewilligung für Luzerne wurde im Mai 2008 vom US-Landwirtschaftsministerium widerrufen. Bereits bepflanzte Felder waren vom Anbaustopp nicht betroffen. ?: unklar, ob Anbau stattfand. Quellen: James (2007), TransGen (2008), GMO-Compass (2008).



**Tabelle 1: Weltweite Anbaubewilligungen und Anbaupraxis von GVP, 2007**

Kultur mit GV-Anbaubewilligung 2007	Status	GVP-Anbaufläche 2007 (in Hektar)	Land mit kommerziellem GVP-Anbau
Soja <sup>a</sup>	kommerzialisiert	58,6 Mio.	Argentinien, Brasilien, Chile, Kanada, Mexiko, Paraguay, Südafrika, Uruguay, USA
Mais <sup>a</sup>	kommerzialisiert	35,2 Mio.	Argentinien, Chile, Deutschland, Frankreich, Honduras, Kanada, Philippinen, Polen, Portugal, Rumänien, Slowakei, Spanien, Südafrika, Tschechien, Uruguay, USA
Baumwolle <sup>a</sup>	kommerzialisiert	15 Mio.	Argentinien, Australien, Brasilien, China, Indien, Kolumbien, Mexiko, Südafrika, USA
Raps <sup>a</sup>	kommerzialisiert	5,5 Mio.	Chile, Kanada, USA
Luzerne <sup>b</sup>	kommerzialisiert	20 000	USA
Papaya <sup>c</sup>	kommerzialisiert	4100	USA, China
Pappeln <sup>d</sup>	kommerzialisiert	330–500	China
Petunie <sup>e</sup>	kommerzialisiert	n.b.	China
Nelken <sup>e</sup>	kommerzialisiert	n.b.	Australien, Ecuador, Kolumbien
Tabak <sup>e</sup>	kommerzialisiert	n.b.	USA
Zucchini <sup>f</sup>	kommerzialisiert	n.b.	USA
Paprika <sup>g</sup>	unklar		evtl. China
Pflaume <sup>h</sup>	unklar		evtl. USA
Tomate <sup>g</sup>	unklar		evtl. China
Chicorée <sup>i</sup>	nicht kommerzialisiert		
Flachs <sup>i</sup>	nicht kommerzialisiert		
Kartoffel <sup>i</sup>	nicht kommerzialisiert		
Reis <sup>i</sup>	nicht kommerzialisiert		
Rübsen <sup>i</sup>	nicht kommerzialisiert		
Zuckerrübe <sup>i</sup>	nicht kommerzialisiert		

a: Angaben nach James (2007); b: Angaben nach TransGen (2008); c: berechnet nach Angaben von James (2007), Nass (2008) und Stokstad (2008); d: Angaben für das Jahr 2004 (nach Wang 2004). Die aktuelle Fläche ist nicht bekannt; e: keine Angaben zur Größe der Anbauflächen gefunden; f: in den USA werden sechs verschiedene GV-Sorten von Zucchini kommerziell angebaut (Lemaux 2008). Die Größe der gesamten Anbaufläche ist klein und nicht bekannt g: zum Anbau von GV-Tomaten und GV-Paprika in China finden sich widersprüchliche Informationen. Nach James (2007) fand 2007 GV-Anbau statt, nach Petri & Bugang (2007) hingegen sind die Anbaubewilligungen für GV-Tomaten und GV-Paprika bereits 2004 ausgelaufen h: der kommerzielle Anbau von GV-Pflaumen wurde Mitte 2007 erstmals bewilligt. Ob die Kommerzialisierung bereits begonnen hat, ist unklar. i: Angaben nach Bio (2008). n.b. = nicht bekannt

denen 2007 GV-Sorten für den kommerziellen Anbau bewilligt waren. Sie zeigt zudem, ob die GV-Sorten kommerzialisiert wurden, wie gross ungefähr die Anbauflächen im Jahr 2007 waren und in welchen Ländern ein Anbau stattfand.

### 2.1.4 Anteil des GVP-Anbaus an der Gesamtproduktion der jeweiligen Kultur

Je nach Kultur ist der GVP-Anteil an der jeweiligen gesamten weltweiten Anbaufläche unterschiedlich gross. So waren im Jahr 2007 64,4 Prozent der weltweiten Soja-Anbauflächen mit GV-Sorten bepflanzt. 42,8 Prozent betrug der GVP-Anteil bei Baumwolle, 20,3 Prozent bei Raps und 23,7 Prozent bei Mais (Abb. 10). Bei anderen Kulturen waren die GVP-Anteile gering.

### 2.1.5 Eigenschaften der im Jahr 2007 kommerziell angebauten gentechnisch veränderten Pflanzen

Die gentechnisch vermittelten Eigenschaften werden in In- und Output-Eigenschaften unterteilt. Input-Eigenschaften sind Charakteristika einer Pflanze, die den Anbau und den Ertrag beeinflussen, jedoch keinen Einfluss auf die Qualität des Endprodukts haben (Murphy 2004). Inputfaktoren oder agronomische Eigenschaften sind vor allem für Züchter und Landwirte<sup>2</sup> von Bedeutung. Bei den Output-Eigenschaften geht es hingegen nicht allein um die agronomische Leistung der Pflanze, sondern primär um die Qualität des Endproduktes – so zum Beispiel um die Eliminierung von unerwünschten Inhaltsstoffen, das Hinzufügen von ernährungsphysiologisch wirksamen Substanzen oder die Produktion von Impfstoffen.

Bei den im Jahr 2007 für den kommerziellen Anbau bewilligten GVP lassen sich neun verschiedene Eigenschaften unterscheiden. Bei den Input-Eigenschaften sind dies: Insekten- und Virusresistenz, Herbizidtoleranz sowie männliche Sterilität. Bei den Output-Eigenschaften handelt es sich um verzögerte Reife, veränderter Fett- und Aminosäuregehalt, veränderte Blütenfarbe sowie reduzierter Nikotingehalt. Weit mehr als die Hälfte der bewilligten GVP besitzt Input-Eigenschaften. 2007 dominierten auch auf den Anbauflächen die Input-Eigenschaften – allen voran die Herbizidtoleranz und die Insektenresistenz. Diese beiden Eigenschaften wurden einzeln oder in Kombination auf mehr als 99 Prozent der weltweiten GVP-Anbaufläche angebaut (Abb. 11). Auf kleinen Flächen wurden zudem virusresistente GVP angebaut (Zucchini in den USA, Papaya in China und den USA sowie eventuell Paprika und Tomaten in China). Output-Eigenschaften fanden sich nur auf sehr kleinen Flächen (bei Tabak und Mais in den USA, bei Nelken in Australien, Kolumbien und Ecuador sowie bei Petunien in China).

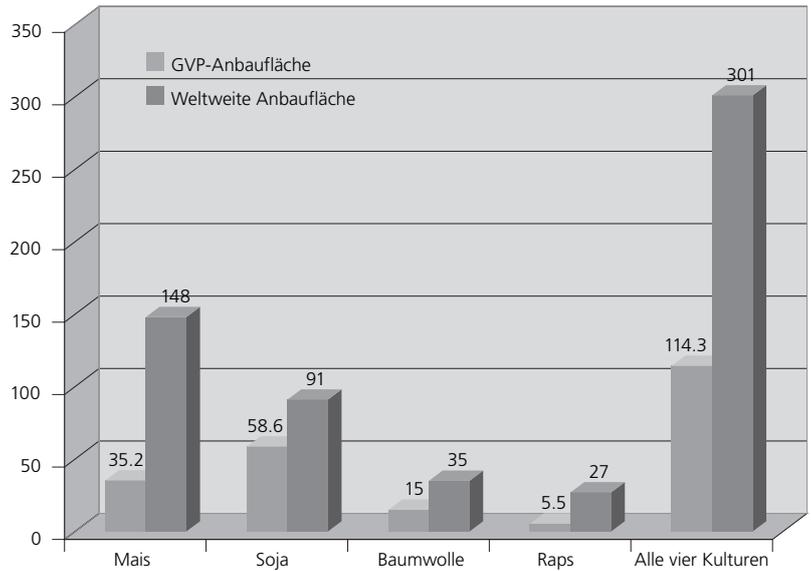
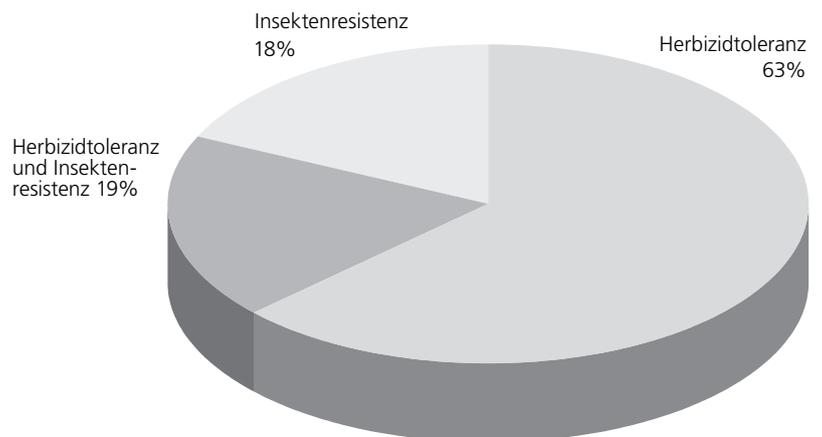


Abbildung 10: Vergleich der GVP-Anbauflächen mit den weltweiten Anbauflächen der vier wichtigsten GVP-Kulturen (in Mio. Hektar) im Jahr 2007 (GMO-Compass 2008).

Abbildung 11: Eigenschaften der angebauten GV-Kulturen in Prozent der GVP-Anbauflächen im Jahr 2007 (James 2007).



<sup>2</sup> Die im Bericht verwendete männliche Personenbezeichnung schliesst immer auch die weibliche Form ein.

### **2.1.6 Zusammenfassung und Ausblick**

Im Jahr 2007 betrug die weltweite GVP-Anbaufläche 114 Millionen Hektar. 95 Prozent der gesamten GVP-Flächen befanden sich in sechs Ländern, namentlich den USA, Argentinien, Brasilien, Kanada, Indien und China. Angebaut wurden hauptsächlich vier GV-Kulturpflanzen: Soja war flächenmässig die am häufigsten angebaute Kultur, gefolgt von Mais, Baumwolle und Raps. Die Toleranz gegen spezifische Herbizide war die dominierende Eigenschaft, die mit gentechnischen Verfahren in alle vier Kulturpflanzen eingefügt wurde, während Mais und Baumwolle die beiden einzigen kommerziell angebauten GVP mit einer Resistenz gegen Insekten sind.

Laut einer Prognose der Agro-Biotechnologie-Agentur (ISAAA) werden sich die weltweiten Anbauflächen für GVP in den nächsten zehn Jahren verdoppeln. Die ISAAA rechnet mit einem Anstieg von derzeit rund 114 Millionen Hektar auf 200 Millionen Hektar (James 2006). Die Zahl jener Länder, die GVP kommerziell anbauen, soll sich auf 40 erhöhen. Den stärksten Zuwachs erwartet ISAAA vor allem in China, Indien, Pakistan und Vietnam. In Südamerika habe vor allem Brasilien das Potenzial, zum führenden GVP-Land zu werden. Dagegen sei in Afrika, mit Ausnahme Südafrikas, nur mit einem moderaten Anstieg des Anbaus von GVP zu rechnen. Nach Einschätzung der ISAAA wird sich im bisher sehr skeptischen Europa in den nächsten zehn Jahren kaum etwas ändern: Die Nutzung der Agro-Biotechnologie wird hier nur gering zunehmen.

## **2.2 Aktuelle Situation in der Schweiz**

### **2.2.1 Anbau**

Bisher wurde in der Schweiz noch kein Antrag für den kommerziellen Anbau einer GVP eingereicht. Im November 2005 nahm die Schweizer Stimmbevölkerung die «Gentechfrei-Initiative» an, die unter anderem den kommerziellen Anbau von GVP unter ein fünfjähriges Moratorium stellt. Der Anbau von GVP ist somit frühestens im Jahr 2011 wieder möglich.

### **2.2.2 Import**

Die Einfuhr von GVP als Lebens- und Futtermittel bleibt auch nach der Annahme der Gentechfrei-Initiative grundsätzlich möglich. Zurzeit sind drei verschiedene GV-Maispflanzen (Bt176, Bt11 und MON810) sowie eine GV-Soja (MON40-3-2) als Futter- und Lebensmittel bewilligt (BAG 2008). Für einen GV-Raps, vier GV-Soja sowie für acht GV-Maispflanzen ist die Bewilligung beantragt (siehe Tabelle im Anhang 3). Die einzelnen Bewilligungen für GV-Lebens- und Futtermittel sind auf fünf Jahre beschränkt. Sie erlöschen, wenn innerhalb dieser Frist kein Antrag auf Erneuerung gestellt wird. Bewilligte GV-Lebens- und Futtermittel dürfen unbeschränkt in die Schweiz importiert werden, sind jedoch als «gentechnisch verändert» zu kennzeichnen, sobald der GV-Anteil im Produkt mehr als 0,9 Prozent beträgt. Der Anteil der in der Schweiz importierten GVO-haltigen Futtermitteln ist jedoch vernachlässigbar gering. In den Jahren 2001 -2005 betrug deren Anteil durchschnittlich weniger als ein Prozent der Gesamtmenge der importierten Futtermittel (BLW 2008).

### **2.2.3 Freisetzungsversuche**

Bisher sind in der Schweiz sechs Freisetzungsanträge bewilligt worden, drei für GV-Weizen, zwei für GV-Kartoffeln und einer für Hybridpflanzen, die aus einer Kreuzung zwischen *Aegilops cylindrica* und GV-Weizen hergestellt wurden (Tab. 2). 2008 fand in Zürich ein Freisetzungsversuch mit verschiedenen pilzresistenten Weizenlinien sowie mit Hybridpflanzen aus einer Kreuzung der Weizenlinien mit *Aegilops cylindrica* statt (BAFU

2008). Die Versuche, die im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms 59 (NFP 59) durchgeführt wurden, sollen 2009 und 2010 wiederholt werden.

**Tabelle 2: Bisher in der Schweiz bewilligte Anträge für Freisetzungsversuche**

Pflanze	Eigenschaft	Versuchsjahr(e)
Weizen x <i>Aegilops cylindrica</i>	Pilzresistenz	2008–2010
Weizen	Pilzresistenz	2008–2010
Weizen	Pilzresistenz	2008–2010
Weizen	Pilzresistenz	2004
Kartoffel	Virusresistenz	1992
Kartoffel	Virusresistenz	1991

## 2.3 Aktuelle Situation in der EU

### 2.3.1 Anbau

In der EU sind zurzeit zwei GV-Mais-Events (T25 und MON810) und zwei GV-Nelken (Moonshadow 1 und 2) für den Anbau bewilligt (Stand Juli 2008). Die erteilten Bewilligungen sind jeweils auf zehn Jahre befristet. So laufen im Oktober 2008 die Anbaubewilligungen für die GV-Nelken aus. Bereits im April 2007 sind die Bewilligungen für T25- und MON810-Mais ausgelaufen. Die Bewilligungsinhaber reichten jedoch einen Antrag für Erneuerung der Bewilligung ein (TransGen 2008), weshalb die beiden Events verkehrsfähig bleiben. Ebenfalls im April 2007 sind die Anbaubewilligungen für Bt176-Mais sowie für zwei GV-Rapspflanzen erloschen. Da die Bewilligungsinhaber keine neuen Anträge eingereicht haben, müssen mögliche Saatgutrestbestände vernichtet werden. Bis ins Jahr 2012 sind die drei ausgemusterten Events in Spuren bis zu 0,9 Prozent in Lebens- und Futtermitteln erlaubt, sofern das Vorhandensein der Spuren zufällig oder technisch unvermeidbar ist.

In den letzten drei Jahren wurde in der EU nur MON810-Mais kommerziell angebaut. Im Jahr 2007 betrug die gesamte Anbaufläche mit GV-Mais rund 110 000 Hektar (TransGen 2008). Dies entspricht etwa 1,8 Prozent der Maisanbauflächen in der EU. Angebaut wurde MON810-Mais in acht Staaten: in Deutschland, Frankreich, Polen, Portugal, Rumänien, Slowakei, Spanien und Tschechien (Abb. 9).

Bis ins Jahr 2006 wurde in Rumänien GV-Soja kommerziell angebaut und zwar die Roundup-Ready-Sojabohne (Event 40-3-2). Der Anteil der GV-Sorten an der gesamten Soja-Anbaufläche betrug dabei bis zu 70 Prozent. Mit dem EU-Beitritt von Rumänien im Jahre 2007 wurde der Anbau von GV-Soja gestoppt, da in der EU keine Anbaubewilligung für GV-Soja vorliegt. Ein Antrag für den Anbau von Roundup-Ready-Sojabohne ist in der EU jedoch eingereicht worden, so dass der Anbau in Rumänien nach einer Bewilligung wieder aufgenommen werden könnte.

Derzeit sind 20 Anträge zum kommerziellen Anbau von GVP hängig. Die Anträge betreffen: Mais (12 Anträge), Raps (2), Zuckerrübe (2), Baumwolle (2), Kartoffel (1) und Soja (1) (TransGen 2008; Stand Juli 2008).

### 2.3.2 Import/Handel

In der EU sind derzeit 22 verschiedene GVP als Lebens- und Futtermittel bewilligt (Stand Juli 2008); 12 Bewilligungen bei Mais, 5 bei Baumwolle, 3 bei Raps und je eine bei Soja und Zuckerrübe). Zudem sind 3 GV-Nelken für den Import bewilligt (TransGen 2008).

57 Anträge sind im Bewilligungsverfahren: 26 Anträge betreffen Mais, 15 Baumwolle, 7 Soja, 4 Raps, 2 Zuckerrübe, 1 Kartoffel, 1 Reis und 1 Nelke (TransGen 2008; Stand Juli 2008).

### **2.3.3 Freisetzungsversuche**

Im Jahr 2007 wurden in der EU 116 Freisetzungsversuche bewilligt. Dabei wurden 79 Versuche mit Mais bewilligt, 11 mit Baumwolle, 10 mit Kartoffeln, 5 mit Raps und 3 mit Schwarzem Nachtschatten. Je ein Antrag wurde bewilligt für Versuche mit Arabidopsis, Erbse, Flachs, Orange, Pappel, Pflaume, Soja und Tabak (BVL 2008b). Im Jahr 2008 wurden bis Ende Juli 82 Freisetzungsanträge bewilligt; 48 Anträge für Mais, je 8 für Baumwolle und Kartoffel, 4 für Zuckerrübe, je 3 für Raps und Luzerne, je 2 für Gerste und Weizen sowie je einer für Tabak, Pappel, Orange und Schwarzer Nachtschatten (BVL 2008b). Da die Anträge mehrere Standorte und mehrjährige Freisetzungen umfassen können, ist die Anzahl der Bewilligungen nicht gleichzusetzen mit der Zahl aktuell stattfindender Versuche.

## **2.4 Aktuelle Situation in Deutschland und Baden-Württemberg**

### **2.4.1 Anbau**

In Deutschland sind grundsätzlich alle GVP für den Anbau bewilligt, die in der EU eine Anbaubewilligung haben (siehe oben). Im Jahr 2007 betrug die kommerzielle Anbaufläche mit MON810-Mais in Deutschland gesamthaft 2685 Hektar. Im Jahr 2008 ist die Anbaufläche gestiegen. So sind im Standortregister des Bundesamts für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) 3313 Hektar als Anbauflächen ausgewiesen (BVL 2008a). Diese Fläche entspricht knapp zwei Prozent der deutschen Maisezeugung (TransGen 2008). In Baden-Württemberg wurde 2007 auf 7,3 Hektar MON810-Mais ausgesät. Diese Fläche sank 2008 auf 5,4 Hektar (BVL 2008a).

### **2.4.2 Import/Handel**

In Deutschland sind grundsätzlich diejenigen GVP als Lebens- und Futtermittel bewilligt, die in der EU bewilligt worden sind (siehe oben).

### **2.4.3 Freisetzungsversuche**

Im Jahr 2007 wurden in Deutschland 81 Freisetzungsversuche durchgeführt. Freigesetzt wurden dabei GVP folgender Kulturarten: Mais (37 Versuche), Kartoffeln (36), Weizen (2), Raps (1), Gerste (1), Erbse (1), Sojabohne (1) sowie Schwarzer Nachtschatten (2). In Baden-Württemberg fanden zwei Freisetzungsversuche statt, wobei beide mit GV-Mais durchgeführt wurden (BVL 2008a).

Für das Jahr 2008 listet das Standortregister des BVL Ende Juli 38 Freisetzungsversuche auf; 18 Versuche mit Mais, 13 mit Kartoffeln, 6 mit Zuckerrübe und einer mit Weizen. Keiner dieser Versuche wurde in Baden-Württemberg durchgeführt.

## **2.5 Zukünftige gentechnisch veränderte Pflanzen**

### **2.5.1 In nächster Zukunft zu erwartende gentechnisch veränderte Pflanzen**

Die Erfahrungen aus dem weltweiten Anbau zeigen, dass neue GVP in den USA (oder allgemein in Ländern Nord- und Südamerikas) in der Regel zuerst bewilligt werden. Betrachtet man den Stand der Bewilligungen in den USA, erhält man deshalb relativ verlässliche Informationen über neue GV-Sorten, die auch in nächster Zukunft auf den europäischen Markt kommen könnten. Die Produzenten von transgenem Saatgut setzen

bereits heute, und in unmittelbarer Zukunft noch verstärkt, den Schwerpunkt in den Ausbau und die Kombination bestehender GV-Eigenschaften (Nickson 2005). Durch traditionelle Züchtung und durch gentechnische Methoden werden existierende GV-Sorten mit Insektenresistenz und Herbizidtoleranz oder mit verschiedenen Insektenresistenzen in neuen Pflanzensorten kombiniert. In den USA sind beispielsweise bei Mais und Baumwolle bereits heute (Stand Juli 2008) GV-Sorten mit zwölf verschiedenen Kombinationen von einem bis zu drei insektiziden Toxinen für den kommerziellen Anbau bewilligt. In naher Zukunft sollen bis zu sechs verschiedene insektizide Proteine zur Bekämpfung verschiedener Schädlinge in einer Pflanze kombiniert werden. Die Kombination verschiedener bestehender Eigenschaften ist für die Industrie kommerziell besonders attraktiv, da die Technologie bereits etabliert ist und die neuen kombinierten GV-Sorten zu einem höheren Preis verkauft werden können. Im Gegensatz zur EU werden neue Sorten mit kombinierten Eigenschaften im Bewilligungsverfahren in den USA zudem nicht als neue GVP betrachtet falls die einzelnen Eigenschaften bereits einzeln bewilligt sind. Dadurch können diese in einem vereinfachten Verfahren in relativ kurzer Zeit für den Anbau bewilligt werden, da die Risikobewertung auf der Basis der bereits bewilligten und als sicher beurteilten Events der Elternlinien durchgeführt wird.

Betrachtet man die gegenwärtige Entwicklung ist anzunehmen, dass die Zahl der in der EU (und in der Schweiz) noch nicht bewilligten GV Sorten in Zukunft aus mehreren Gründen zunehmen wird. Erstens dürften die zurzeit in der EU und in der Schweiz für den Import bewilligten GV-Sorten (siehe Abschnitte 2.2.2 und 2.3.2) in den Hauptanbauländern Nord- und Südamerikas in naher Zukunft durch die neuen GV-Sorten mit kombinierten Eigenschaften ersetzt werden. Zweitens dauert das Bewilligungsverfahren für neue GV-Sorten in der EU aufgrund verschiedener Faktoren bedeutend länger als in den genannten Hauptanbauländern. Aufgrund der weltweiten Warenflüsse und der Tatsache, dass die EU zu einem grossen Teil auf Futtermittel-Importe aus diesen Ländern angewiesen ist, steigt die Wahrscheinlichkeit für das Vorkommen von Spuren unbewilligter GVP in Importware. Zudem könnte sich auch die Wahrscheinlichkeit unbewilligter Einträge in die Umwelt erhöhen, da vermehrt GVP importiert werden könnten, die zwar für den Import jedoch nicht für den Anbau bewilligt sind.

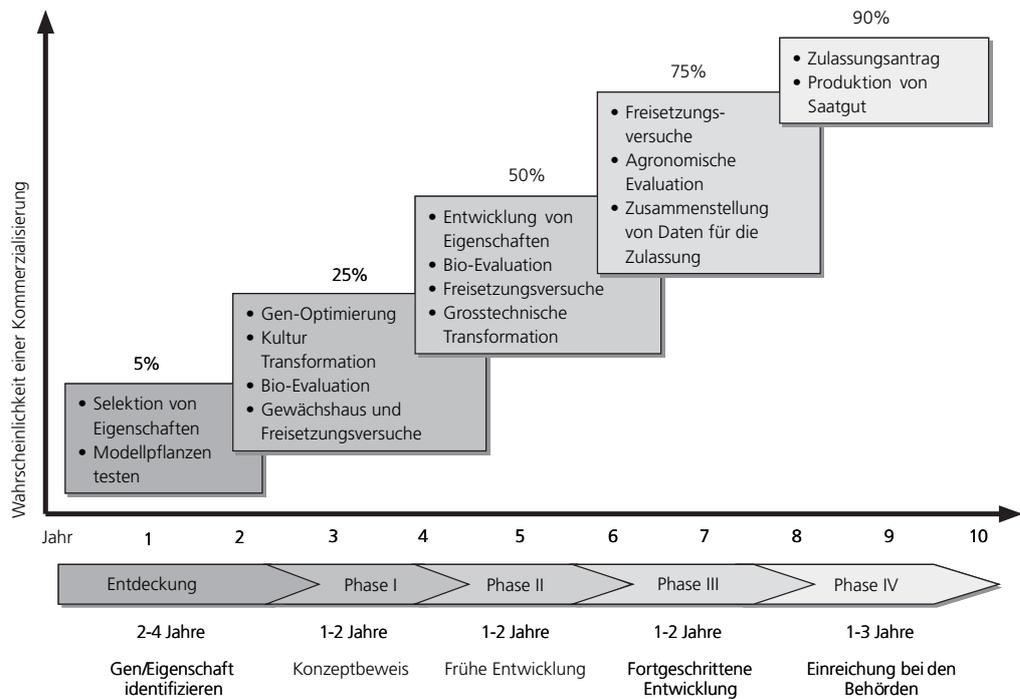
Prognosen über die zukünftige kommerzielle Bewilligung von neuen GVP mit neuen, bisher noch nicht bewilligten Eigenschaften sind schwierig. Die folgende Analyse soll den Entwicklungsstand und die wichtigsten Einflussfaktoren skizzieren.

### **2.5.2 Der Weg von der Forschung bis zur Kommerzialisierung**

Die Entwicklung von marktreifen GVP und deren Kommerzialisierung beinhaltet mehrere Schritte. Dazu gehören unter anderem die Entdeckung und Auswahl der zu transformierenden Gene, die Transformation der Pflanze, die Durchführung von Freisetzungsversuchen, das Bewilligungsverfahren und die Herstellung von Saatgut. Der Prozess ist in Abbildung 12 wiedergegeben. Wie der Abbildung zu entnehmen ist, kann die Entwicklung einer GVP zwischen sechs und 13 Jahren dauern. Die Chance, dass aus einer im Labor ausgewählten Eigenschaft ein marktreifes Produkt wird, beträgt fünf Prozent. Nach Einschätzung von Graff & Newcomb (2003) können die Herstellungskosten einer GVP zwischen 50 und 300 Millionen US-Dollar betragen. Ein gewichtiger Teil der Kosten entsteht durch den Aufwand, die rechtlichen Voraussetzungen für eine Anbaubewilligung zu erfüllen. Bei einer insektenresistenten Maissorte liegen diese Kosten zwischen 7 und 15,4 Millionen US-Dollar, bei einer herbizidtoleranten Maissorte zwischen 6,2 und 14,5 Millionen US-Dollar (Kalaitzandonakes *et al.* 2007).

Der Aufwand zur Herstellung einer GVP ist gross und der Prozess ist langwierig und wird oft unterschätzt. Zudem gibt es auch nach der technisch erfolgreichen Entwicklung noch weitere Hürden, die einer Marktbewilligung entgegenstehen können. Dazu gehö-

Abbildung 12:  
Entwicklungsprozess einer gentechnisch veränderten Pflanze: Zeitaufwand bis zur Marktreife und Wahrscheinlichkeit der Kommerzialisierung einer GVP (nach Monsanto 2008).



ren die Kosten für Bewilligungsverfahren, die Abklärung von Patent-Ansprüchen und unvorhersehbare Akzeptanzprobleme beim Handel und der verarbeitenden Industrie. Vor allem bei Kulturen mit kleinen und stark diversifizierten Märkten, wie zum Beispiel bei Gemüse, gibt es Beispiele, wo diese Hürden so gross sind, dass für gewisse GVP trotz Marktreife kein Bewilligungsantrag zum Anbau gestellt wird. Wird ein Antrag gestellt, so hängt der Bewilligungsentscheid von den Resultaten der Risikoabklärungen sowie von der Bewilligungspraxis der zuständigen Behörden ab. Ist eine GVP für den Anbau bewilligt, so entscheiden wiederum verschiedene Faktoren darüber, ob und in welchem Umfang die Pflanze kommerziell genutzt wird. Zu diesen Faktoren gehören unter anderem die Bereitschaft der Landwirte, GVP anzubauen, das Interesse der Lebensmittelhandelsketten, GVP in ihr Sortiment aufzunehmen und die Reaktion der Konsumenten auf gekennzeichnete GV-Produkte.

### 2.5.3 Freisetzungen und Trends in der Entwicklung gentechnisch veränderter Pflanzen

Wer eine GVP auf den Markt bringen will, muss sie vorab in Labor- und Freisetzungstests testen. Diese Versuche dienen unter anderem dazu, die Stabilität des Genkonstrukts zu prüfen, die Eigenschaften der GVP mit den Charakteristika der konventionellen Pflanzen zu vergleichen und Daten für die Risikoabschätzung zu erheben. Die Freisetzungstests beginnen zwei bis vier Jahre nachdem die GVP im Labor hergestellt und dort, sowie in Gewächshausversuchen, getestet wurde. Die Zeit zwischen dem ersten Freisetzungstest und der Marktbewilligung beträgt im Schnitt fünf bis sechs Jahre.

Bisher sind weltweit in mindestens 50 Ländern mehr als 12 000 Freisetzungstests durchgeführt worden. Mehr als 100 verschiedene Pflanzenarten sind dabei schon getestet und Dutzende verschiedener Phänotypen erprobt worden. Da jede GVP vor der Marktbewilligung in Freisetzungstests getestet werden muss, sind Angaben über die Anzahl und Art der getesteten Pflanzen gute Indikatoren für die Produkte, die in Zukunft kommerzialisiert werden könnten (Arundel 2003). Für verschiedene Länder sind diese Daten im Internet einsehbar. In den USA zum Beispiel registriert das Landwirtschaftsministerium jeden Freisetzungstest, bereitet die Daten darüber auf und präsentiert sie auf einer Webseite im Internet. In der EU sammelt die Gemeinsame For-

schaftsstelle (Joint Research Center, JRC) der EU-Kommission im Auftrag des Umweltdirektorats die Anträge für Freisetzungsversuche. Die Daten sind im Internet einsehbar. Eine Liste von Webseiten, die Informationen zu Freisetzungsversuchen bieten, findet sich im Anhang 1. Welche GVP marktreif werden könnten, lässt sich aus den Freisetzungsdatabanken nur mit grossem Aufwand und mit einer gewissen Unsicherheit herauslesen. Leichter lassen sich jedoch Trends eruieren. Verschiedene Arbeitsgruppen haben in den letzten Jahren die Daten zu den Freisetzungsversuchen der EU, der USA sowie von Entwicklungsländern analysiert und in Übersichten dargestellt (Sauter & Hüsing 2005, Cohen 2005, Dhlamini *et al.* 2005, Vogel & Potthof 2004, Runge & Ryan 2004, Lheureux *et al.* 2003).

Folgendes Bild lässt sich für die zukünftige Entwicklung skizzieren:

- Bei Kulturen, bei denen bereits GVP erhältlich sind, werden neue oder Kombinationen bestehender Eigenschaften auf den Markt kommen.
- Die Zahl der Kulturen, bei denen GV Sorten auf dem Markt erhältlich sein werden, wird zunehmen.
- Input-Eigenschaften werden in den kommenden Jahren weiterhin die dominierende Rolle bei den neu für den Anbau bewilligten GVP spielen.
- Output-Eigenschaften dürften in den kommenden Jahren vor allem bei Pflanzen, die als Futtermittel eingesetzt werden, eine Rolle spielen. Die Kommerzialisierung von funktionellen Lebensmitteln<sup>3</sup> aus GVP ist in vielen Fällen erst langfristig zu erwarten (siehe Beispiele in Tabelle 3). Eine Ausnahme ist der «Golden Rice», bei dem eine Kommerzialisierung im Jahr 2011 für möglich gehalten wird (TransGen 2008). Auch bei GVP, die zur Herstellung von industriellen Stoffen entwickelt werden, sind Marktbewilligungen eher langfristig zu erwarten. Ausnahme sind die für die Stärkeindustrie entwickelte Amflora-Kartoffel und die Soja mit erhöhtem Ölsäuregehalt (siehe Tab. 3 sowie Abschnitt 2.5.8). Näher am Markt als die Industrie-Pflanzen sind hingegen GVP, die pharmazeutisch wirksame Substanzen produzieren (siehe dazu ebenfalls Abschnitt 2.5.8).

#### 2.5.4 Stand der Entwicklung von GV-Waldbäumen

2002 wurden in China zwei insektenresistente GV-Pappeln für die kommerzielle Nutzung bewilligt (Wang 2004). Dies sind die bisher weltweit einzigen GV-Waldbäume mit Anbaubewilligung.

Im Labor wurden bisher mehr als 30 verschiedene Waldbaumarten erfolgreich gentechnisch verändert (van Frankenhuyzen & Beardmore 2004). Bei einem Teil dieser Arten wurden die GV-Varianten auch im Freiland getestet. Über 370 Freisetzungsversuche mit GV-Waldbäumen sind bisher weltweit beantragt worden, wobei es sich in den weitaus meisten Fällen um Versuche mit Arten der vier kommerziell interessanten Gattungen *Populus*, *Pinus*, *Eucalyptus* und *Liquidambar* handelte. Fast die Hälfte der Anträge betraf Arten der Gattung *Populus*, zu der Pappel-Arten und Espe gehören. Weitere häufig freigesetzte Arten sind die Weihrauch-Kiefer, der Amberbaum und Eukalyptus (Tab. 4). Die Freisetzung von GV-Waldbäumen findet hauptsächlich in den USA statt: mehr als 80 Prozent aller Anträge wurden dort eingereicht. Die restlichen Anträge verteilen sich auf 19 Länder, darunter auch acht europäische Staaten.

Der Fokus gentechnischer Arbeiten an Waldbäumen veränderte sich über die Jahre. Standen zu Beginn das Einfügen von Herbizidtoleranz und Schädlingsresistenz im Zentrum des Interesses, so geht es heute vor allem darum, die Waldbäume für die industrielle Nutzung zu optimieren, sei es für die Papierherstellung oder die Energienutzung (Robischon 2006). Zu den wichtigsten Eigenschaften, die heute gentechnisch eingefügt werden, gehören deshalb die Veränderung des Ligningehalts und die Beschleunigung des Wachstums. An Bedeutung gewinnt zudem auch die Veränderung der Fruchtbarkeit

<sup>3</sup> Funktionelle Lebensmittel (Functional Food) sind Lebensmittel, die einen zusätzlichen Nutzen für den Konsumenten aufweisen, der über die Zufuhr von Nährstoffen und die Befriedigung von Genuss und Geschmack hinausgeht. Der Zusatznutzen kann in einer Verbesserung des individuellen Gesundheitszustands oder des Wohlbefindens bestehen oder in einer Verringerung des Risikos, an bestimmten ernährungsbeeinflussten Krankheiten zu erkranken.

<b>Tabelle 3: Beispiele von GVP mit Zusatznutzen und ihr Entwicklungsstand</b>	
<b>GV-Kultur Gewünschte Eigenschaft</b>	<b>Stand der Entwicklung</b>
<b>Kartoffel</b> a) Weniger Fett, mehr Ballaststoffe. b) Amylosefreie Kartoffel: Kartoffelstärke für die Papier- und Textilindustrie. c) Gleichmässiger Stärkeverteilung in der Kartoffel (hat zur Folge, dass kürzere Frittierzeiten benötigt werden und die Pommes Frites demzufolge weniger Fett aufnehmen.) d) Mehr Ballaststoffe (erhöhter Inulingehalt)	a) Marktreife mittelfristig zu erwarten. b) Anbaubewilligung in der EU beantragt (Amflora-Kartoffel). c) Trotz des aktuellen Forschungsstandes ist es fraglich, ob diese Kartoffeln Marktchancen haben, da die grossen Fast-Food-Ketten bisher keine GV-Kartoffeln verarbeiten. d) Von einer Marktreife noch weit entfernt.
<b>Sojabohnen</b> a) Erhöhter Ölsäuregehalt b) Reduzierter Stachyosegehalt: Weniger Blähungen	a) Anbaubewilligung in den USA beantragt. b) Da es auch natürliche Sojabohnen mit geringem Stachyosegehalt gibt, ist es fraglich, ob die GV-Variante bis zur Marktreife weiterentwickelt wird.
<b>Gelber Raps, Golden Rice</b> Mehr Karotin, mehr Vitamin A	«Golden Rice» wurde 2004 in den USA erstmals freigesetzt. Derzeit laufen Freisetzungsvorhaben auf den Philippinen. Die Marktreife wird für 2011 möglich gehalten. Bei Raps finden bisher nur Tests im Labor und Gewächshaus statt.
<b>Kaffee</b> Koffeinfreier Kaffee	Marktreife Sorten sind mittelfristig zu erwarten.
<b>Weizen, Reis</b> Allergenfreier Reis, glutenfreier Weizen	Praktische Erfolge stehen bisher aus. Marktreife Sorten sind langfristig zu erwarten.
<b>Mais, Raps, Soja</b> Futtermittel: Einbau fehlender Aminosäuren.	In den USA und in Kanada ist GV-Mais mit erhöhtem Lysingehalt für den kommerziellen Anbau bewilligt. Zudem laufen Freisetzungsvorhaben mit weiteren GV-Sorten von Mais, Raps und Soja

Quelle: TransGen (2008)

<b>Tabelle 4: Bewilligte Freisetzungsanträge mit GV-Waldbäumen</b>		
<b>Pflanze</b>	<b>Freisetzungsanträge</b>	<b>Freisetzungsländer</b>
Pappel-Arten	171	China, Deutschland, Frankreich, Grossbritannien, Japan, Norwegen, Russland, Spanien, USA
Weihrauch-Kiefer	82	USA
Eukalyptus-Arten	55	Brasilien, Israel, Japan, Spanien, Grossbritannien, Südafrika, Uruguay, USA
Amberbaum	30	USA
Espe	9	Deutschland, Frankreich, Norwegen, Portugal, Schweden, USA
Kastanie	6	USA
Birke	5	Finnland
Monterey-Kiefer	5	Chile, Neuseeland, USA
Fichte	3	Finnland, Neuseeland
Schwarz-Fichte	2	Kanada
Ulme	2	USA
Waldföhre	2	Finnland
Weiss-Fichte	2	Kanada

Quellen: ISB (2008a), BVL (2008b), JRC (2008), Robischon (2006), Fladung & Ewald (2006), FAO (2004), Plant Biosafety Office (2008), ERMA (2008), J-BCH (2008)

(Robischon 2006). Indem man Waldbäume steril macht, will man einerseits die Produktivität von Baumplantagen steigern und andererseits die Verbreitung von fertilen Pollen und Samen verhindern, was die Biosicherheit von GV-Bäumen erhöhen soll. In den letzten Jahren stieg zudem auch das Interesse, GV-Waldbäume für die Sanierung von Schwermetall-belasteten Böden zu verwenden (Peuke & Rennenberg 2006).

In den USA könnten in den nächsten Jahren Anträge zur kommerziellen Nutzung von GV-Waldbäumen eingereicht werden. Mögliche Kandidaten sind schnell wachsende Kiefern, Pappeln und Amberbäume.

### 2.5.5 Stand der Entwicklung von GV-Obstbäumen und GV-Reben

Bisher sind weltweit vier verschiedene GV-Obstbäume für den Anbau bewilligt worden. Eine GV-Pflaume und zwei GV-Papayas in den USA sowie eine GV-Papaya in China (James 2007, ISB 2008b). Alle vier GV-Obstbäume verfügen über eine Virusresistenz. In den USA ist ein Antrag zur Kommerzialisierung einer weiteren GV-Papaya hängig (ISB 2008b).

Bisher wurden weltweit mindestens bei 15 Obstbaumarten und Reben GV-Varianten im Freisetzungsvorhaben getestet. Die dabei am häufigsten freigesetzten Arten sind Weinrebe, Apfel und Papaya (Tab. 5). In der EU gab es bisher Freisetzungsvorhaben mit Weinrebe, Apfel, Pflaume, Birne, Kirsche, Kiwi, Olive, Orange und Zitrone. Zu den gentechnisch in Obstbäume und Reben eingebrachten Eigenschaften gehören: Schädlings- und Krankheitsresistenz, Toleranz gegen abiotische Einflüsse, Veränderung der Lagerungseigenschaften, Veränderung der Bewurzelung sowie Verkürzung der juvenilen Phase (Deng & Duan 2006).

Verglichen mit Kulturen wie Mais, Raps oder Soja ist der Einfluss der Gentechnik bei der Züchtung von Obstbäumen bisher sehr gering. Gründe hierfür liegen in den folgenden Aspekten (Deng & Duan 2006, Petri & Burgos 2005): Obstbäume sind mehrjährige Pflanzen mit einer langen Juvenilphase und nur schwer *in vitro* zu regenerieren. Die genannten Faktoren führen dazu, dass es viel Zeit braucht, die gewünschten Eigenschaften zu erhalten. Zudem sind bei Obstbäumen kaum geklonte Gene oder genetische Karten vorhanden, was die Forschung erschwert. Schliesslich schränkt auch die öffent-

**Tabelle 5: Bewilligte Freisetzungsanträge mit GV-Obstbäumen**

Pflanze	Freisetzungsanträge	Freisetzungsland
Weinrebe	71	Australien, Deutschland, Frankreich, Italien, Kanada, Südafrika, USA
Apfel	61	Belgien, Deutschland, Niederlande, Schweden, Grossbritannien, USA
Papaya	33	Australien, Brasilien, USA
Ananas	14	Australien, USA
Grapefruit	14	USA
Walnuss	13	USA
Pflaume	9	Rumänien, Spanien, Tschechien, USA
Birne	6	Schweden, USA
Kirsche	5	Italien, Kanada
Orange	5	Argentinien, Brasilien, Spanien, USA
Banane	4	USA, Israel
Kiwi	3	Italien
Olive	2	Italien
Zitrone	2	Italien, Mexiko
Avocado	1	USA

Quellen: ISB (2008a), BVL (2008b), JRC (2008), Dunwell & Ford 2005

liche Wahrnehmung von GVP die Entwicklung ein, da vermutlich gerade bei Obst, das meist frisch gegessen wird, die Skepsis gegenüber GV-Produkten gross ist.

An der ETH Zürich werden schorfresistente GV-Äpfel entwickelt und derzeit im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms «NFP 59» im Gewächshaus untersucht. Anders als die meisten bisherigen GVP enthalten diese GV-Äpfel keine artfremden Gene, da für die gentechnische Veränderung Gene des Apfels selbst benutzt wurden. Die von der Eidgenössisch Technischen Hochschule Zürich entwickelten Äpfel werden deshalb auch nicht mehr als «transgen», sondern als «cisgen» bezeichnet.

### 2.5.6 Stand der Entwicklung von GV-Zierpflanzen

Bei Zierpflanzen wurden weltweit mindestens 18 Events bewilligt: 15 bei Nelke, 2 bei Rose und eine unbekannte Anzahl bei Petunie. Bei Nelke gibt es Anbaubewilligungen in Ecuador, Kolumbien, Japan, Australien und in der EU. Die Bewilligungen in der EU laufen jedoch im Oktober 2008 aus (TransGen 2008). In Japan gibt es seit 2008 zwei Bewilligungen für den kommerziellen Anbau von GV-Rosen (J-BCH 2008). In China sind GV-Petunien für den kommerziellen Anbau bewilligt (James 2007).

46 verschiedene Zierpflanzenarten sind bisher gentechnisch bearbeitet worden (Shibata 2008). Bei mindestens 13 Arten wurden auch Freisetzungsversuche durchgeführt (Tab. 6). Die Zahl bisheriger Versuche liegt bei über 90, wobei die Mehrheit in den USA stattfand. In Europa sind in Italien, Belgien, Deutschland und den Niederlanden Freisetzungsversuche mit GV-Zierpflanzen durchgeführt worden.

Zu den gentechnisch in Zierpflanzen eingefügten Eigenschaften gehören veränderte Blütenfarben, verlängerte Haltbarkeit, neue Pflanzen- und Blütenformen, veränderter Blütenduft und Schädlingsresistenz (Tanaka *et al.* 2005).

**Tabelle 6: Bewilligte Freisetzungsanträge mit GV-Zierpflanzen**

Pflanze	Freisetzungsanträge	Freisetzungsland
Petunie	30	Deutschland, USA
Ringelblume	17	Italien
Pelargonie	9	Italien, USA
Nelke	9	Australien, Niederlande
Rhododendron	7	USA
Rosen	6	Australien, USA
Dendrobium	5	USA
Gladiolen	4	USA
Begonie	3	USA
Chrysanthemen	3	Niederlande, USA
Flamingo-Blume	2	USA
Lilie	1	Belgien
Torenia	1	Australien
Usumbara-Veilchen	1	Niederlande

Quellen: BVL (2008b), ISB (2008a), JRC (2008), OGTR (2008)

### 2.5.7 Stand der Entwicklung von GV-Gräsern

Bisher wurde weltweit noch kein gentechnisch verändertes Futter- oder Rasengras für den kommerziellen Anbau bewilligt. In den USA liegt jedoch ein Antrag für den Anbau eines herbizidtoleranten Flechtstrausgrases (*Agrostis stolonifera*) vor (ISB 2008b).

Mindestens 20 verschiedene Grasarten sind bisher gentechnisch bearbeitet worden (Wang & Ge 2006). Bei 13 Arten wurden auch Freisetzungsversuche durchgeführt (Tab. 7). Die Anzahl aller bisherigen Freisetzungsversuche mit GV-Gräsern liegt bei etwa 290.

Weitaus am häufigsten wurden GV-Varianten des Flechtstraussgrases freigesetzt. Eine nennenswerte Anzahl von Versuchen gab es zudem bei Wiesenrispe (*Poa pratensis*), Rohrschwengel (*Festuca arundinacea*), St. Augustinsgras (*Stenotaphrum secundatum*) und Bermuda Gras (*Cynodon dactylon*) (Tab. 7).

**Tabelle 7: Bewilligte Freisetzungsanträge mit GV-Gräsern**

Gras-Art	Freisetzungsanträge	Freisetzungsland
Flecht-Straussgras ( <i>Agrostis stolonifera</i> )	181	Kanada, USA
Wiesenrispe ( <i>Poa pratensis</i> )	38	USA
Rohrschwengel ( <i>Festuca arundinacea</i> )	23	Frankreich, USA
St. Augustinsgras ( <i>Stenotaphrum secundatum</i> )	18	USA
Bermuda Gras ( <i>Cynodon dactylon</i> )	17	USA
Bahia Gras ( <i>Paspalum notatum</i> )	10	USA
Weidelgras ( <i>Lolium perenne</i> )	8	Dänemark, Niederlande, USA
<i>Elymus juceus</i>	4	USA
Italienisches Raygras ( <i>Lolium multiforum</i> )	3	USA
<i>Poa pratensis</i> X <i>Poa arachnifera</i>	3	USA
Zoysiagrass ( <i>Zoysia matrella</i> )	2	Japan
Kanariengras ( <i>Phalaris canariensis</i> )	1	Kanada
Sumpf-Straussgras ( <i>Agrostis canina</i> )	1	USA

Quellen: Dunwell & Ford (2005), ISB (2008a), JRC (2008), BVL (2008b).

Die Mehrheit der bisherigen Freisetzungsversuche fand in den USA statt. In Europa wurden in Frankreich zwei Versuche mit GV-Rohrschwengel sowie je ein Versuch mit GV-Weidelgras in Dänemark beziehungsweise den Niederlanden durchgeführt (BVL 2008b). Die bisherigen gentechnischen Arbeiten an Gräsern hatten hauptsächlich das Ziel, den agronomischen Charakter zu verbessern oder neue Strategien der Graszüchtung zu evaluieren. Ziel dieser Freisetzungsversuche war die Überprüfung der Wirksamkeit der verwendeten gentechnischen Verfahren (Wang & Ge 2006). Zu den gentechnisch in Gräser eingefügten Eigenschaften gehören folgende: Herbizidtoleranz, Schädlings- und Krankheitsresistenz, Toleranz gegen abiotische Einflüsse wie Kälte und Trockenheit, Verbesserung der Verdaulichkeit durch Veränderung des Ligningehalts, Veränderung der Blühzeit sowie die Entwicklung hypoallergener Gräser (Wang & Ge 2006).

Der mögliche kommerzielle Anbau von GV-Gräsern weckt auch Skepsis. Gerade weil Gräser meist mehrjährig und fremdbefruchtend sind, sich vegetativ vermehren können sowie die Fähigkeit besitzen, mit verwandten Wildarten zu hybridisieren, sind Umweltwirkungen eher möglich als bei einjährigen Pflanzenarten wie Mais oder Soja. In den USA ist ein gentechnisch verändertes Flechtstraussgras ausserhalb der bewilligten Freisetzungsf lächen entdeckt worden. Mitarbeiter der US-amerikanischen Umweltbehörde fanden das GV-Gras wild wachsend in Entfernungen bis zu 3,8 Kilometer von den Versuchsflächen (Baack 2006, Reichman *et al.* 2006).

### 2.5.8 Molecular Farming: Stand der Entwicklung von Pharma- und Industriepflanzen

Ein spezieller Bereich der Forschung und Entwicklung mit GVP ist das so genannte «Molecular Farming», das zum Ziel hat, Pflanzen gentechnisch so zu verändern, dass sie industriell oder medizinisch verwertbare Substanzen produzieren. Auf diesem Wege sollen wertvolle Rohstoffe kostengünstig und nachhaltig gewonnen werden.

Je nach Einsatzgebiet der produzierten Substanzen wird beim Molecular Farming zwischen Pharma- und Industriepflanzen unterschieden. Pharmapflanzen bilden Arzneiwirkstoffe für die Human- und Veterinärmedizin, so zum Beispiel Impfstoffe, antivirale und antimikrobielle Substanzen, Wachstumshormone oder Antikörper (Sauter & Hüsing 2005). Industriepflanzen wiederum bilden Rohstoffe, die zum Beispiel in der chemischen Industrie, bei der Papierherstellung oder zur Energiegewinnung verwendet werden können. Zu den hierzu verfolgten Ansätzen gehören zum Beispiel das Öl- und Stärkedesign, die Herstellung von Bioplastik und die Produktion von industriellen Enzymen (Sauter & Hüsing 2005).

Pharma- und Industriepflanzen können entweder in geschlossenen Systemen oder im Freiland angebaut werden. Reicht eine kleine Menge der produzierten Substanz aus, um den erwünschten Nutzen zu erzielen (wie bei vielen Pharmapflanzen), erfolgt der Anbau meist in geschlossenen Systemen wie etwa Gewächshäusern. Soll die Menge der produzierten Substanz jedoch hoch sein, ist ein Anbau im Freiland notwendig.

Bisher fand die Entwicklung von Pharma- und Industriepflanzen hauptsächlich in Kanada und in den USA statt (Spök 2007). Dort wurden bereits über 360 Freisetzungsversuche mit Pharma- und Industriepflanzen durchgeführt (Spök 2007). Auch in der EU stößt das Molecular Farming zunehmend auf Interesse. Verglichen mit Nordamerika sind die Aktivitäten hier jedoch bislang gering (Spök 2007, Sauter & Hüsing 2005).

Mehr als 20 Pflanzenarten entstammen bereits dem Molecular Farming. Pflanzenarten, die hierfür in Kanada, der EU oder in den USA freigesetzt wurden, sind in Tabelle 8 aufgeführt. Zu den in geschlossenen Systemen eingesetzten Arten gehören Arabidopsis, Banane, Sonnenblume, Karotte, Lupine, Melone, Papaya, Spinat und Wasserlinse.

In den folgenden Abschnitten wird kurz der Stand der Entwicklung von Pharma- und Industriepflanzen dargestellt.

**Tabelle 8: Pflanzenarten, die zur Produktion von pharmazeutischen oder industriellen Substanzen freigesetzt wurden**

Pflanze	Produkt	Freisetzungsländ
Erbse	Antikörper	Deutschland, USA
Flachs	pharmazeutische Enzyme	Kanada
Gerste	pharmazeutische Enzyme	USA
Kartoffel	Biopolymer, Antigen, Stärke	Deutschland
Luzerne	Industrielle und pharmazeutische Enzyme	USA
Mais	Antikörper	Frankreich, USA
Tabak	Antikörper, Pharmazeutika	Frankreich, Italien, Kanada, Spanien, USA
Raps	Öl, industrielle und pharmazeutische Enzyme	USA, Kanada
Reis	Pharmazeutika	USA
Safflor	Industrielle und pharmazeutische Enzyme	USA, Kanada
Schwarzer Senf	Industrielles Enzym	USA
Soja	Öl, Antikörper	USA
Tomate	pharmazeutisches Enzym	USA
Weissklee	pharmazeutisches Enzym	Kanada
Zuckerrohr	pharmazeutisches Enzym	USA

Quellen: BVL (2008b), ISB (2008a), JRC (2008), Plant Biosafety Office (2008)

### **Pharmapflanzen**

Bislang wurde weltweit noch keine Pharmapflanze für den kommerziellen Anbau bewilligt. Dennoch sind in den USA einige Substanzen aus Pharmapflanzen bereits kommerziell erhältlich. Gewonnen werden diese Substanzen aus GVP, deren Anbau nach strengen Auflagen des US-Landwirtschaftsministeriums erfolgen muss. Die kommerziell erhältlichen Substanzen sind Avidin und Trypsin aus Mais, Aprotinin aus Tabak sowie Lysozym und humanes Lactoferrin aus Reis (Spök 2007 sowie Sauter & Hüsing 2005). Bisher werden die aus GVP gewonnenen Substanzen als Reagenzien für Forschung und Diagnostik eingesetzt.

Nebst diesen bereits kommerzialiserten Produkten befinden sich einige mittels GVP produzierte Arzneiwirkstoffe in klinischen Versuchen. Eine Untersuchung aus dem Jahr 2005 identifizierte 15 Wirkstoffe aus GVP, für die klinische Prüfungen bereits durchgeführt wurden, die damals liefen oder kurz vor dem Beginn standen (Sauter & Hüsing 2005). Zu diesen Wirkstoffen gehören zum Beispiel ein monoklonaler Antikörper zur Kariesprophylaxe aus Tabak, Interferon zur Behandlung von Hepatitis C aus Wasserlinse, ein Impfstoff gegen Tollwut aus Spinat, ein Impfstoff gegen Reisedurchfall aus Kartoffeln und Mais. In der EU befindet sich eine aus Mais gewonnene gastrische Lipase zur Behandlung der zystischen Fibrose im klinischen Versuch. Die Marktbewilligung dieses rekombinanten Proteins wird für 2009 erwartet (Spök 2007).

### **Industriepflanzen**

Zwei bereits in den 1990er Jahren für den kommerziellen Anbau bewilligte GVP können zu den Industriepflanzen gerechnet werden. Es sind dies der Laurinraps (bewilligt 1994 in den USA) und eine Soja mit erhöhtem Ölsäuregehalt (bewilligt 1997 in den USA und 2000 in Kanada). Die beiden Pflanzen wurden verändert, um Rohstoffe für die Herstellung von Seifen, Detergenzien und Schmiermitteln zu gewinnen. Auf dem Markt durchgesetzt haben sie sich jedoch nicht. Laut der Biotradestatus-Datenbank wurde ihre Kommerzialisierung eingestellt oder gar nie begonnen (BIO 2008). Neben Laurinraps und ölsäurereicher Soja gibt es derzeit weltweit nur eine weitere Anbaubewilligung für eine Industriepflanze. In Kanada wurde anfangs 2008 ein GV-Mais bewilligt, der zur Produktion von Bioethanol eingesetzt werden soll (Agbios 2008). Der GV-Mais bildet eine hitzestabile Variante des Stärke abbauenden Enzyms Alpha-Amylase. Zwei weitere Industriepflanzen befinden sich derzeit im Bewilligungsverfahren (Stand Juli 2008). In der EU ist ein Antrag für den kommerziellen Anbau von GV-Kartoffeln mit verändertem Stärkegehalt hängig. Die so genannte Amflora-Kartoffel soll in der Herstellung von Papier und Bindemittel zum Einsatz kommen. In den USA gibt es einen Antrag für den kommerziellen Anbau einer GV-Soja mit erhöhtem Ölsäuregehalt (ISB 2008b). Sie soll in der Lebensmittelindustrie und der Kraftstoffproduktion eingesetzt werden.

Ansonsten scheint die Nutzung von Industriepflanzen noch weit vom Markt entfernt zu sein. Die Gründe sind je nach Ansatz unterschiedlich. Allgemein scheint die Entwicklung von Industriepflanzen mehr Zeit in Anspruch zu nehmen als gedacht. In einigen Fällen bereitet es Schwierigkeiten, die Substanzen in der Pflanze in genügender Menge zu bilden, die für eine kommerzielle Nutzung erforderlich wären (Sauter & Hüsing 2005).

### **2.5.9 Stand der Entwicklung im Jahr 2008 und Ausblick in die Zukunft**

Vorhersagen über zukünftigen GVP sind nur mit grossem Aufwand und mit einer gewissen Unsicherheit zu erstellen. Da die Entwicklung einer kommerzialisierbaren GVP langwierig ist und durch verschiedene Faktoren beeinflusst wird (siehe Abschnitt 2.5.2), bleibt jede Vorhersage spekulativ. Mit einem Blick in die Freisetzungsdatenbanken verschiedener Länder lässt sich jedoch zumindest zeigen, bei welchen Eigenschaften und Pflanzenarten potentiell Kommerzialisierungen möglich werden könnten.

Die Tabellen 9 und 10 fassen den aktuellen Stand der Entwicklung von GVP zusammen. Tabelle 9 zeigt, welche Eigenschaften 2008 kommerzialisiert waren und welche noch in Freisetzungsversuchen getestet werden. In Tabelle 10 sind die Pflanzenarten aufgelistet, bei denen im Jahr 2008 GV-Sorten für den kommerziellen Anbau bewilligt waren (Stand Juli 2008) oder bei denen GV-Sorten bisher erst in Versuchen freigesetzt wurden.

<b>Tabelle 9: Stand der weltweiten Entwicklung bei gentechnisch in Pflanzen eingefügten Eigenschaften</b>		
	<b>Eigenschaften von GVP mit Bewilligung zum kommerziellen Anbau 2008</b>	<b>Eigenschaften, die sich noch in der Entwicklung befinden (Freisetzungsversuche)</b>
<b>Input-Eigenschaften</b>	Herbizidtoleranz Insektenresistenz Herbizidtoleranz + Insektenresistenz Virusresistenz männliche Sterilität	Bakterienresistenz Pilzresistenz Trockentoleranz Kältetoleranz Hitzetoleranz veränderte Wachstumsrate optimierte Stickstoffaufnahme erhöhter Ertrag
<b>Output-Eigenschaften</b>	veränderter Aminosäuregehalt veränderter Fettsäuremetabolismus veränderte Blütenfarbe verspätete Reife reduzierter Nikotingehalt veränderte Stärkehydrolyse	erhöhter Vitamingehalt erhöhter Eisengehalt erhöhter Fruchtgehalt verbesserte Verdaubarkeit veränderter Ligningehalt verbesserter Geschmack

Quellen: BVL (2008b), ISB (2008a), JRC (2008), J-BCH (2008), OGTR (2008), Plant Biosafety Office (2008)

**Tabelle 10: Stand der weltweiten Entwicklung von GV-Kulturpflanzen im Jahr 2008**

	<b>Kulturpflanzen mit Anbaubewilligung 2008</b>	<b>Kulturpflanzen ohne Anbaubewilligung, die bisher in Freisetzungsversuchen getestet wurden</b>	
<b>Ackerkulturen</b>	Baumwolle Flachs Luzerne Mais Raps Reis Rübsen Soja Zuckerrübe	Ackersenf Gerste Hafer Hederich Hirse Klee Safflor Sonnenblume Weizen	Zuckerrohr
<b>Gemüse</b>	Chicorée Kartoffel Paprika Tomate Zucchini	Aubergine Bohne Erbse Gurke Karotte	Kichererbsen Kohl Kürbis Okra Süßkartoffel
<b>Früchte</b>	Papaya Pflaume	Ananas Apfel Avocado Banane Birne Cassava Erdbeere Grapefruit Heidelbeere Himbeere	Kirsche Kiwi Kranbeere Melone Olive Orange Walnuss Wassermelone Weinrebe Zitrone
<b>Blumen</b>	Nelke Petunie Rose	Begonie Chrysanthemen Dendrobium Flamingo-Blume Gladiolen Lilie	Pelargonie Ringelblume Rhododendron Torenia Usumbara-Veilchen
<b>Waldbäume</b>	Pappel	Amberbaum Espe Birke Eukalyptus Fichte Kastanie	Monterey-Kiefer Schwarz-Fichte Ulme Waldföhre Weihrauch-Kiefer Weiss-Fichte
<b>Gräser</b>		Bahiagrass Bermudagrass <i>Elymus juceus</i> Flechtstrausgrass Italienisch. Raygrass Kanariengrass	Rohrschwengel St. Augustinsgrass Sumpf-Strausgrass Weidelgrass Wiesenrispe Zoysiagrass
<b>Andere</b>	Tabak	Erdnuss Färberdistel Guayule Knoblauch	Leindotter Pfeffer Pfefferminze Sarepta-Senf

Quellen: Agbios (2008), BVL (2008b), ISB (2008a), JRC (2008), J-BCH (2008), OGTR (2008), Plant Biosafety Office (2008)

### 3 Potentielle Eintragspfade unbewilligter gentechnisch veränderter Pflanzen in die Umwelt

Zurzeit sind in der Schweiz keine GVP für den kommerziellen Umgang in der Umwelt bewilligt. Dennoch sind verschiedene Eintragspfade denkbar, auf denen GVP in die Umwelt des Kantons Zürich gelangen könnten. Anhand von bereits eingetretenen Fällen aus dem Ausland sowie anhand von theoretisch möglichen Fällen werden im Folgenden möglichst alle Eintragspfade unabhängig von ihrer Wichtigkeit und Eintragswahrscheinlichkeit erfasst und geschildert. Dabei werden vier Kategorien unterschieden: (1) Eintrag von GVP durch Handel und Markt, (2) Grenzüberschreitender Eintrag von GVP durch natürliche Verbreitungsprozesse; (3) Unbeabsichtigter Eintrag von GVP durch Landwirtschaft und Forschung; (4) Eintrag von GVP durch rechtswidrige Handlungen (Tab. 11). Berücksichtigt wird jeweils nur der Eintrag von vermehrungsfähigem Pflanzenmaterial.

**Tabelle 11: Mögliche Eintragspfade unbewilligter GVP in die Umwelt des Kantons Zürich**

<b>Eintrag von GVP durch Handel und Markt</b>	
E1	Import von konventionellem Saat- und Pflanzgut vermischt mit GVP
E2	Verluste bei Import von vermehrungsfähigem GVP-Material zur Verarbeitung oder für den Handel in der Schweiz
E3	Verlust von vermehrungsfähigem GVP-Material bei der Durchfuhr durch die Schweiz
<b>Grenzüberschreitender Eintrag von GVP durch natürliche Verbreitungsprozesse</b>	
E4	Eintrag durch Pollen aus GVP-Flächen im grenznahen Ausland (via Wind und/oder Insekten)
E5	Eintrag durch Samen aus GVP-Flächen im grenznahen Ausland (z. B. via Tiere)
<b>Unbeabsichtigter Eintrag von GVP durch Landwirtschaft und Forschung</b>	
E6	Landwirtschaft: Verlust von vermehrungsfähigem Pflanzenmaterial während des Transports über die Grenze, Benutzung von Sä- und Erntemaschinen mit GVP-Rückständen, Einfuhr von Recycling- und Hofdünger
E7	Forschung: Verlust von vermehrungsfähigem GVP-Material aus Laboratorien, Gewächshäusern oder Freisetzungsvorversuchen
<b>Eintrag von GVP durch rechtswidrige Handlungen</b>	
E8	Illegale Aussaat von GV-Saatgut in der Landwirtschaft
E9	Import von vermehrungsfähigen GVP durch Privatpersonen
E10	Absichtlicher Eintrag unbewilligter vermehrungsfähiger GVP durch kriminelle Handlungen

#### 3.1 Eintrag von GVP durch Handel und Markt

##### 3.1.1 E1: Import von konventionellem Saat- und Pflanzgut vermischt mit GVP

Pflanzliches Vermehrungsmaterial kann für verschiedene Zwecke in die Schweiz importiert werden, so zum Beispiel als Saat- und Pflanzgut für die Landwirtschaft, als Gemüse- und Blumensamen für Garten- und Hobbyanbau sowie als forstliches Vermehrungsgut für die Waldwirtschaft. In drei Fällen ist der Import von pflanzlichem Vermehrungsmaterial durch die Saatgutverordnung geregelt: Bei Vermehrungsmaterial zur Verwendung in der Landwirtschaft, bei Zierpflanzen und bei Futterpflanzen (z.B. Rasengräser), die nicht für den landwirtschaftlichen Gebrauch bestimmt sind. In diesen Fällen schreibt die Saatgutverordnung vor, dass Material einer GV-Sorte nur in Verkehr gebracht werden darf, wenn die Sorte bewilligt ist (Art. 9a). Beim Import von nicht gentechnisch verändertem Material schreibt die Saatgutverordnung vor, dass alle zumutbaren Vorkehrungen zu treffen sind, um eine Vermischung mit GVP zu verhindern. Saatgutimporteure müssen zu diesem Zweck über ein geeignetes Qualitätssicherungssystem verfügen (Art.

14 Abs. 1). Zusätzlich müssen die Importeure jede Saatgutlieferung von Mais, Soja, Raps, Chicorée, Tomaten, Rüben sowie Zucker- und Futterrüben beim Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) anmelden, damit das Amt eine allfällige Stichprobenkontrolle veranlassen kann. Nach Art. 14a Abs. 3 der Saatgutverordnung wird heute ein Anteil von höchstens 0,5 Prozent GV-Saatgut in konventionellem Saatgut toleriert, falls die Umweltverträglichkeit der entsprechenden GVP nach der FrSV oder einem gleichwertigen ausländischen Verfahren festgestellt wurde, und falls die entsprechende GVP als Lebens- oder Futtermittel bewilligt ist oder die entsprechenden Sorte nur zur Herstellung von nachwachsendem Rohstoff bestimmt ist oder nur im produzierenden Gartenbau verwendet wird. Bei Vermischungen mit nicht bewilligten GVP gilt die Nulltoleranz. In der EU gibt es zurzeit keinen Wert bezüglich des GVP-Anteils in konventionellem Saatgut.

Falls pflanzliches Vermehrungsmaterial importiert wird, das mit nicht bewilligten GVP vermischt ist, kann es zu einem Import von GVP kommen. Zu Vermischungen im Saatgut kann es während des Wachstums auf dem Feld (Pollenflug, Durchwuchs) sowie während der Ernte, der Verarbeitung, der Verpackung, der Lagerung und des Transports kommen. Wie die Erfahrungen in Ländern mit grossen GVP-Anbauflächen wie Kanada und den USA zeigen, kann Saatgut mit GVP-Spuren auf den Markt gelangen (Mellon & Rissler 2004, Friesen *et al.* 2003). Aufgrund des internationalen Handels taucht Saatgut mit GVP-Spuren auch in Ländern auf, in denen keine oder nur kleine GVP-Anbauflächen existieren. In Frankreich zum Beispiel waren im Jahr 2005, 24 Prozent der untersuchten Saatgutposten von Mais mit GVP vermischt (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche 2006). In Deutschland fanden die Behörden der Bundesländer im Jahr 2005 in 771 untersuchten Saatgutposten von Mais und Raps insgesamt 12 Posten mit GVP-Spuren (Bendiek & Grohmann 2006).

### **3.1.2 E2: Verluste bei Import von vermehrungsfähigem GVP-Material zur Verarbeitung oder für den Handel in der Schweiz**

Vermehrungsfähiges Pflanzenmaterial wird für verschiedene Zwecke in die Schweiz importiert, namentlich für den Handel und zur Verarbeitung als Lebens- und Futtermittel. Der Import von Lebens- und Futtermitteln für Handel oder Verarbeitung ist durch die Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung (LGV) und die Verordnung über gentechnisch veränderte Lebensmittel (VGVL) beziehungsweise durch die Futtermittelverordnung geregelt. Der Import von GV-Lebens- und Futtermitteln ist bewilligungspflichtig. Werden GVP importiert, so ist dies zu deklarieren. Importware ist von der Deklarationspflicht ausgenommen falls der Anteil bewilligter GVP höchstens 0,9 Prozent beträgt und belegt werden kann, dass geeignete Massnahmen ergriffen wurden, um Vermischungen zu vermeiden. Sowohl die LGV wie auch die Futtermittelverordnung enthalten zudem Bestimmungen, in welchen Fällen geringe Spuren von GVP toleriert werden, die das Bewilligungsverfahren nicht durchlaufen haben. So werden bei Lebensmitteln unbewilligte GVP toleriert, wenn sie von einer ausländischen Behörde in einem mit der VGVL vergleichbaren Verfahren als geeignet für die Verwendung als Lebensmittel beurteilt worden sind, ihr Anteil den Wert von 0,5 Prozent nicht überschreitet, eine Gesundheitsgefährdung nach Beurteilung durch das Bundesamt für Gesundheit (BAG) ausgeschlossen werden kann und geeignete Nachweisverfahren und Referenzmaterialien öffentlich verfügbar sind. Handelt es sich um vermehrungsfähiges Pflanzenmaterial so setzt die Tolerierung zudem voraus, dass eine Umweltgefährdung durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU) nach dem Stand der Wissenschaft ausgeschlossen werden kann. Bei Futtermitteln werden Spuren unbewilligter GVP toleriert, wenn der Anteil nicht bewilligter GVP höchstens 0,5 Prozent beträgt, die GVP in der EU bewilligt ist und belegt werden kann, dass geeignete Massnahmen zur Vermeidung der Vermischung getroffen wurden.

Beim Import von GVP können vier Fälle unterschieden werden: Eine nach LGV und Futtermittelverordnung bewilligte GVP wird als deklarationspflichtige Ware importiert; eine nach LGV und Futtermittelverordnung bewilligte GVP wird in nicht deklarationspflichtiger Ware importiert (GV-Anteil maximal 0,9 Prozent); eine nach LGV oder Futtermittelverordnung tolerierte GVP wird in Spuren in die Schweiz importiert (GV-Anteil maximal 0,5 Prozent); und eine nach LGV und Futtermittelverordnung weder bewilligte noch tolerierte GVP wird importiert. Dass letzterer Fall möglich ist, zeigt das Auffinden von Spuren des unbewilligten LL601-Reis im Sommer 2006 in Schweizer Reissilos. Ein weiterer Fall ist aus Deutschland bekannt. Dort wurden 2004 und 2005 auf dem Markt GV-Papaya entdeckt, die in der EU nicht bewilligt waren (Bendiek & Grohmann 2006).

Ein spezieller Fall ergibt sich zudem, wenn Pflanzenmaterial eingeführt wird, das mit GVP einer anderen Art vermischt ist. Ein solcher Fall ereignete sich 2003 in Frankreich. Dort entdeckten die Behörden in einer aus Kanada importierten Ladung Senfsamen auch GV-Rapssamen (Demeke *et al.* 2006).

Werden GVP importiert, so kann es nur dann zu einem relevanten Eintrag in die Umwelt kommen, falls diese in vermehrungsfähiger Form eingeführt werden. Ein GVP-Eintrag in die Umwelt des Kantons Zürich ist in drei Fällen möglich: (1) Der Transport der importierten GVP führt in oder durch den Kanton Zürich und während des Transports kommt es zu einem Verlust von GVP; (2) die GVP werden im Kanton Zürich um- oder ausgeladen (zum Beispiel am Verarbeitungsort; Mühle etc.) und gelangen während dieses Prozesses in die Umwelt; (3) die importierte GVP wird an Kunden verkauft, welche die Pflanze in die Umwelt ausbringen.

### **3.1.3 E3: Verlust von vermehrungsfähigem GVP-Material bei der Durchfuhr durch die Schweiz**

Im Ausland produzierte GVP könnten auf Schiene oder Strasse durch die Schweiz transportiert werden, ohne dass sie eingeführt und für den freien Warenverkehr abgefertigt werden. Ein Eintrag dieser GVP in die Umwelt des Kantons Zürich ist dann möglich, wenn der Transitverkehr durch das Kantonsgebiet führt und es dabei zu einem Verlust von vermehrungsfähigem GV-Material kommt. GVP, die im Transitverkehr durch den Kanton Zürich transportiert werden könnten, sind vor allem diejenigen, die in der EU für Import und Handel bewilligt sind.

Nach Artikel 3 der Cartagena-Verordnung (CartV) unterliegt die Durchfuhr von vermehrungsfähigen GVP der Sorgfaltspflicht. In der Schweiz ist der Transporteur jedoch nicht verpflichtet, die Behörden über die Durchfuhr in Kenntnis zu setzen.

Ein Verlust von GVP während der Durchfuhr kann unbemerkt durch undichte Transportbehälter erfolgen. Denkbar ist auch, dass GVP bei einem Unfall in die Umwelt gelangen. Hier kann man zwei Fälle unterscheiden: Transport von GVP und Transport von konventionellen Pflanzen, die GV-Spuren enthalten. Im ersten Fall sollte aus den Begleitunterlagen, die der Transporteur gemäss Artikel 3 und 4 CartV mitführen muss, ersichtlich sein, dass es sich um eine Ladung mit GVP handelt. Polizei und zuständige Behörden können entsprechend handeln. Im zweiten Fall ist es nicht ersichtlich, dass GVP mitgeführt werden.

## **3.2 Grenzüberschreitender Eintrag von GVP durch natürliche Verbreitungsprozesse**

Ein Eintrag unbewilligter GVP kann nicht allein durch den Import erfolgen, sondern auch durch eine natürliche Verbreitung von GVP, die im Ausland wachsen, in der Schweiz jedoch nicht für den Anbau bewilligt sind. Für den Kanton Zürich wäre ein Eintrag aus

Baden-Württemberg am wahrscheinlichsten. Zu unterscheiden sind dabei zwei Fälle: der Eintrag durch Pollen und jener durch Samen.

### **3.2.1 E4: Eintrag durch Pollen aus GVP-Flächen im grenznahen Ausland**

Falls GVP in Baden-Württemberg im grenznahen Gebiet zum Kanton Zürich angebaut werden, ist es je nach Kulturart möglich, dass es durch Pollenflug zu einem Eintrag von GV Pflanzenmaterial in die Umwelt des Kantons Zürich kommen könnte. Als mögliche Pollenquellen sind dabei drei Fälle denkbar: (1) GVP-Anbauflächen; (2) konventionelle Anbauflächen, auf die mit GVP vermisches Saatgut ausgebracht wurde; und (3) GVP-Freisetzungsversuche. Bei Freisetzungsversuchen müssen jedoch Sicherheitsanforderungen eingehalten werden, die eine unerwünschte Verbreitung von Pollen verhindern sollen.

Pollen aus den genannten Quellen können via Wind und/oder Insekten über die Grenze gelangen. Falls dieser eine kreuzungskompatible Pflanze befruchtet und der resultierende Samen die gentechnisch veränderte Eigenschaft enthält und keimfähig ist, kann es zu einem GVP-Eintrag kommen. Als Pollenempfänger können vier Fälle unterschieden werden: (1) verwandte Wildpflanzen; (2) verwilderte Pflanzen derselben Art; (3) Anbauflächen mit Pflanzen der gleichen Art; und (4) Saatgutvermehrungsflächen mit Pflanzen derselben Art. In den ersten beiden Fällen kann es direkt zu einem Eintrag in die Umwelt kommen. Im dritten Fall besteht die Möglichkeit, dass die mit GV-Pollen befruchteten Samen während des Transports nach der Ernte verloren gehen und in die Umwelt gelangen. Im vierten Fall werden die GV-Samen wieder ausgesät.

Die Möglichkeit eines GVP-Eintrags via grenzüberschreitenden Pollenflug hängt einerseits von der Situation in Baden-Württemberg ab (Grösse der GVP-Flächen und ihre Entfernung zur Schweizer Grenze beziehungsweise zu Anbauflächen in der Schweiz). Andererseits spielen biologische Faktoren wie Pollenflugweite, Auskreuzungsrate, Vorkommen von verwandten Wildarten und Keimfähigkeit der F1-Generation eine wichtige Rolle. Im Anhang 4 findet sich eine Liste, in der für die wichtigsten Kulturpflanzen der Schweiz die Wahrscheinlichkeit einer Auskreuzung auf verwandte Wildarten angegeben ist.

### **3.2.2 E5: Eintrag durch Samen aus GVP-Flächen im grenznahen Ausland**

Je nach Pflanzenart können Samen durch Wind oder Tiere verbreitet werden. So können Samen zum Beispiel von Tieren gefressen und nach Passieren des Darmes ohne Keimschädigung wieder ausgeschieden werden. Samen können sich auch an Tieren fest hängen und so über gewisse Strecken mitgetragen werden. Zudem gibt es Pflanzen, deren Samen so gebaut sind, dass sie vom Wind über weite Strecken verbreitet werden können. Basierend auf Arbeiten von Ammann *et al.* (1996) findet sich im Anhang 4 eine Liste, in der für die wichtigsten Kulturpflanzen der Schweiz die Wahrscheinlichkeit einer Samenverbreitung angegeben ist.

Falls in Baden-Württemberg im grenznahen Gebiet zum Kanton Zürich GVP angebaut würden, könnte es zu einem GVP-Eintrag in den Kanton Zürich via Samen kommen. Wiederum sind drei Samenquellen denkbar: (1) GVP-Anbauflächen; (2) konventionelle Anbauflächen, auf die mit GVP vermisches Saatgut ausgebracht wurde; und (3) GVP-Freisetzungsversuche. Bei Freisetzungsversuchen müssen jedoch Sicherheitsanforderungen eingehalten werden, die eine Verbreitung von Samen verhindern sollen. Gelangen Samen aus den genannten Quellen in den Kanton Zürich, so kann es nur zu einem GVP-Eintrag kommen, falls die Samen auskeimen und die Pflanzen überwintern können. Im Anhang 5 ist die Überwinterungsfähigkeit von Pflanzen im Freiland angegeben, bei denen GV-Varianten auf dem Markt oder in der Forschung existieren.

### **3.3 Unbeabsichtigter Eintrag von GVP durch Landwirtschaft und Forschung**

#### **3.3.1 E6: Landwirtschaft**

Seit Inkrafttreten der bilateralen Verträge mit der EU können Schweizer Landwirte auf deutschem Boden Land kaufen oder pachten. Im Kanton Zürich gibt es zudem einige Landwirtschaftsbetriebe, die bereits seit Generationen Flächen in Baden-Württemberg bewirtschaften. Mögliche Quellen für Einträge unbewilligter GVP in den Kanton Zürich durch grenzüberschreitende Tätigkeiten können sein: (1) GVP-Anbauflächen, konventionelle Felder, auf die GVP vermischtes Saatgut ausgebracht wurde, und (2) Freisetzungsversuche bei denen trotz vorgeschriebener Sicherheitsmassnahmen eine Verbreitung von GVP erfolgte.

Falls in Baden-Württemberg GVP angebaut werden und es zum Nebeneinander von landwirtschaftlichen Anbausystemen mit und ohne Gentechnik kommt, spricht man von einer Koexistenzsituation. Abhängig von den biologischen Eigenschaften der Pflanzen und den in Deutschland geltenden Koexistenzregeln sind drei Eintrittspfade zu unterscheiden bei denen unbewilligte GVP durch Vermischung in die Umwelt des Kantons Zürich gelangen könnten: (1) Verlust während des Erntetransports, (2) Benutzung von Sä- und Erntemaschinen mit GVP-Rückständen, (3) Einfuhr von Recycling- oder Hofdüngern.

#### **Verlust von Pflanzenmaterial während des Erntetransports**

Kommt es bei der Ernte eines Schweizer Landwirts auf deutschem Boden zu Vermischungen mit GVP, so kann es zu einem GVP-Eintrag auf dem Gebiet des Kantons Zürich kommen falls Teile des Ernteguts während des Transports verloren gehen. Voraussetzung für einen Eintrag ist zudem, dass die GVP überwintern und im nächsten Jahr wieder auskeimen können.

#### **Benutzung von Sä- und Erntemaschinen mit GVP-Rückständen**

Landwirte können Lohnunternehmen beauftragen, Saat und Ernte zu übernehmen. Dabei könnten Sä- und Erntemaschinen eingesetzt werden, die zuvor auf GVP-Feldern benutzt wurden. Trotz umfassender Reinigung können in den Maschinen GV-Samen verbleiben, die beim nächsten Einsatz zur Vermischung mit GVP-freien Produkten führen könnten.

#### **Einfuhr von Recycling- oder Hofdüngern**

Ein Eintrag von GVP könnte auch durch die Einfuhr von Recycling- oder Hofdünger erfolgen. Recyclingdünger besteht aus Abfallprodukten, die dem Wirtschaftskreislauf entstammen wie beispielsweise Kompost. In Kompost könnten keimfähige Samen von GVP enthalten sein. Hofdünger besteht aus Abfallprodukten der Viehwirtschaft wie Mist und Gülle. Hier ist es denkbar, dass Samen ihre Keimfähigkeit beibehalten und mit dem Hofdünger wieder ausgebracht werden.

#### **3.3.2 E7: Forschung**

Im Kanton Zürich wird an vielen Forschungsinstituten mit Pflanzen gearbeitet. Es ist denkbar, dass aus diesen Instituten GVP in die Umwelt gelangen könnten. Dabei können zwei Fälle unterschieden werden: (1) wissentlicher Umgang mit GVP (2) unwissentlicher Umgang mit GVP.

### **Wissentlicher Umgang mit GVP**

Der Kanton Zürich ist ein wichtiger Standort für die pflanzenbiotechnologische Forschung der Schweiz. An mehreren Forschungsinstituten werden GVP hergestellt und/oder untersucht. Arbeiten erfolgen in der Regel in geschlossenen und kontrollierten Versuchssystemen, das heisst im Labor oder im Gewächshaus. Eine Liste der GVP, die in Labors und Gewächshäusern des Kantons Zürich untersucht werden, findet sich im Anhang 7. Im Rahmen des nationalen Forschungsprogramms «Nutzen und Risiken der Freisetzung gentechnisch veränderte Pflanzen» (NFP 59) werden in den Jahren 2008–2010 zudem Freisetzungsversuche in Zürich durchgeführt. Freigesetzt werden dabei gentechnisch veränderter Weizen und eine Hybridpflanze, die einer Kreuzung zwischen *Aegilops cylindrica* und gentechnisch verändertem Weizen entstammt (siehe Abschnitt 2.2.3).

Der Umgang mit GVP ist durch das Gentechnikgesetz, die Einschliessungsverordnung (ESV) und die Freisetzungsverordnung (FrSV) geregelt. Die rechtlichen Vorschriften garantieren einen hohen Sicherheitsstandard und sorgen im Normalbetrieb, dass keine unbewilligten GVP in die Umwelt gelangen. Trotz der hohen Sicherheitsanforderungen, welche die Forschungsinstitute zu beachten haben und die sie auch an sich selbst stellen, sind Vorfälle denkbar, die einen Eintrag von unbewilligten GVP in die Umwelt theoretisch möglich machen. Dazu gehören: undichte Versuchsanlagen, unsachgemässe Entsorgung, Fehler bei der Aussaat und Fehler bei der Versuchsdurchführung. Zudem ist es denkbar, dass vermehrungsfähiges GV-Material aus den Labors gestohlen und absichtlich in die Umwelt gebracht wird (siehe Abschnitt 3.4.3).

### **Unwissentlicher Umgang mit GVP**

Nebst dem oben dargestellten, wissentlichen Umgang mit GVP ist es auch denkbar, dass durch den unwissentlichen Umgang mit GVP ein Eintrag in die Umwelt erfolgen kann. Möglich wird dies zum Beispiel, wenn vermehrungsfähiges Pflanzenmaterial zwischen Forschungsgruppen ausgetauscht und dabei irrtümlich GV-Material versendet wird. Hierzu zwei Fälle aus dem Ausland: Im Jahr 2003 wurde entdeckt, dass die Universität von Kalifornien seit 1996 versehentlich GV-Tomaten an Forscher rund um die Welt verschickt hatte. Das Universitätspersonal, das die Tomatensamen versandte, hatte keine Ahnung, dass es sich um GV-Samen handelte. Da die GV-Tomate wie jede Tomate aussieht, blieb die Verwechslung über Jahre hinweg unentdeckt (UC Davis 2003). In Australien berichtet die zuständige Behörde, dass acht GV-Samen im Rahmen einer Doktorarbeit ausgepflanzt wurden (OGTR 2005). Der zweite Fall ereignete sich in Deutschland. Dort wurde 2005 bekannt, dass versehentlich GV-Zucchini ohne Bewilligung ausgepflanzt wurde. Die GV-Zucchini sind in den USA bewilligt und werden dort auch angebaut. Die Ursache für das Auftauchen in Deutschland war eine Verwechslung beim US-Saatgutunternehmen, das die GV-Zucchini vertreibt. Das Unternehmen wollte eine konventionelle Zuchinisorte zu firmeninternen Versuchen an die deutsche Niederlassung senden, verschickte dabei aber aus Versehen GV-Zucchini. Nach Anzucht im Gewächshaus wurden die GV-Zucchini auf einem Versuchsgelände sowie in Privatgärten von Mitarbeitern ausgesät (TransGen 2008).

## **3.4 Eintrag von GVP durch rechtswidrige Handlungen**

Unbewilligte GVP könnten durch rechtswidrige Handlungen von Personen in die Umwelt des Kantons Zürich gelangen. Dabei sind verschiedene Szenarien denkbar.

### **3.4.1 E8: Illegale Aussaat von GV-Saatgut in der Landwirtschaft**

Beispiele aus dem Ausland zeigen, dass es zu einem illegalen Anbau von GVP kommen kann und dass sich dabei auch ein Schwarzmarkt für GV-Saatgut bildet. Drei Beispiele: In Brasilien bauten Landwirte GV-Soja bereits grossflächig an, bevor der Anbau offiziell bewilligt wurde (VGM 2005, Jepson 2002). In China wiederum wird GV-Reis illegal angebaut (Zi 2005). Aus Paraguay wird berichtet, dass GV-Baumwolle ausgesät wird, obwohl der Bewilligungsantrag noch nicht vorliegt (Yankelevich 2006). Bisher stammen bekannt gewordenen Beispiele illegalen Anbaus aus Schwellenländern.

Grundsätzlich ist es möglich, dass auch im Kanton Zürich Landwirte unbewilligtes GV-Saatgut aussäen. Dabei sind zwei Fälle denkbar: (1) ein Saatguthändler bietet wissentlich GV-Saatgut an, ohne es jedoch zu deklarieren. In der Folge säen Landwirte unwissentlich GV-Saatgut aus; (2) Landwirte besorgen sich wissentlich unbewilligtes GV-Saatgut und säen es aus. Neben der kriminellen Energie, die in beiden Fällen vorhanden sein müsste, ist davon auszugehen, dass das Risiko einer illegalen Aussaat beziehungsweise eines illegalen Verkaufs nur dann eingegangen wird, wenn sich daraus ein grosser Vorteil ergibt und der Aufwand zur Saatgutbeschaffung nicht zu riskant und unverhältnismässig ist. Der GVP-Anbau im grenznahen Ausland könnte hier eine Rolle spielen, da er den Aufwand GV-Saatgutbeschaffung verringert. Neben einem möglichen Schwarzmarkt in der Landwirtschaft ist die illegale Anwendung von GVP auch im Zierpflanzenanbau denkbar.

### **3.4.2 E9: Import von vermehrungsfähigen GVP durch Privatpersonen**

Es ist denkbar, dass Privatpersonen vermehrungsfähige GVP aus dem Ausland in den Kanton Zürich mitbringen und es dadurch zu einem Eintrag in die Umwelt kommt. Dieser Eintrittspfad ist für verschiedene Kulturarten wie Zierpflanzen, Gemüse, Früchte, Ackerkulturen und Bäume möglich und die GVP können aus unterschiedlichen und auch weit entfernten Ländern mitgebracht werden. Voraussetzung ist immer, dass GVP in vermehrungsfähiger Form für Privatpersonen erhältlich sind. Das Einführen von GVP kann wiederum wissentlich oder unwissentlich erfolgen. Wissentlich, falls die GVP als solche deklariert sind. Unwissentlich, falls es für die Privatperson nicht ersichtlich ist, dass es sich um GV-Material handelt. Die Beweggründe für das Mitbringen von vermehrungsfähigem Pflanzenmaterial können sehr unterschiedlich sein. So können zum Beispiel Zierpflanzen als besonderes Andenken aus einer Urlaubsreise mitgebracht werden. Gemüsesorten wiederum könnten interessant sein, um sie im Privatgarten anzupflanzen. Das Internet eröffnet diesen Eintragspfad ebenfalls. Es handelt sich um Kulturen, die in vermehrungsfähiger Form in Online-Shops angeboten werden, wie zum Beispiel Gemüse, Blumen und Gräser.

### **3.4.3 E10: Absichtlicher Eintrag unbewilligter vermehrungsfähiger GVP durch kriminelle Handlungen**

Es sind unterschiedlichste kriminelle Handlungen denkbar, die zu einem Eintrag von unbewilligten GVP führen könnten. Drei Beispiele:

- GVP könnten aus Forschungsinstituten gestohlen und in die Umwelt gebracht werden.
- Falls Freisetzungsversuche im Kanton Zürich stattfinden, könnte es bei Protestaktionen zu einem GVP-Eintrag in die Umwelt kommen.
- Jemand erpresst die Saatgut-Produzenten indem er droht, GVP auf die Äcker zu streuen. Um seiner Drohung Nachdruck zu verleihen, bringt er GVP aus.

## **4 Einschätzung der Eintragswahrscheinlichkeit unbewilligter gentechnisch veränderter Pflanzen via unterschiedlicher Eintragspfade**

Wie im vorhergehenden Kapitel gezeigt, sind unterschiedliche Eintragspfade denkbar, auf denen unbewilligte GVP in die Umwelt des Kantons Zürich gelangen können. Um abschätzen zu können, wie wahrscheinlich ein Eintrag und die daraus möglich werdende Verbreitung von unbewilligten GVP sind, müssen Faktoren identifiziert werden, die diese Wahrscheinlichkeit beeinflussen. Zudem muss festgelegt werden, für welche GVP man die Einschätzung machen will. Im Folgenden wird zuerst die mögliche Auswahl der zu beurteilenden Pflanzen dargestellt, dann werden die Faktoren identifiziert, welche die Eintragswahrscheinlichkeit beeinflussen, und schliesslich wird anhand eines Eintragspfades beispielhaft gezeigt, wie sich die Wahrscheinlichkeit der Verbreitung abschätzen lässt.

### **4.1 Auswahl der zu beurteilenden Pflanzen**

Wie viele Pflanzenarten bisher weltweit gentechnisch verändert wurden, lässt sich nicht genau eruieren. Anhand vorliegender Daten lässt sich jedoch sagen, dass bisher mehr als 100 verschiedene Kulturarten gentechnisch verändert wurden, mehr als 12 000 Freisetzungsversuche stattfanden, in mindestens 50 Ländern Forschungstätigkeiten mit GVP existieren und bisher mehr als 120 verschiedene Events in mindestens einem Land für den kommerziellen Anbau bewilligt wurden. Für das weitere Vorgehen ist eine Auswahl zu treffen, da sich die möglichen Eintragspfade nicht für jede einzelne Pflanzenart abschätzen lassen und die Wahrscheinlichkeit eines Eintrags von Fall zu Fall sehr unterschiedlich ist. Bei der Auswahl der zu beurteilenden Pflanzen ist zu berücksichtigen, dass es unterschiedliche Fälle von unbewilligten GVP gibt. Im Folgenden wird auf drei Fälle näher eingegangen, bei denen Eintragspfade eine Rolle spielen:

- 1) Die GVP stammt aus dem Ausland und ist in mindestens einem Land für den kommerziellen Anbau bewilligt;
- 2) Die GVP stammt aus dem Ausland und ist bisher nirgends für den kommerziellen Anbau bewilligt;
- 3) Die GVP stammt aus dem Inland.

#### **Fall 1**

Zurzeit sind im Ausland mehr als 120 verschiedene Events für Anbau und Handel bewilligt (siehe Abschnitt 2.1.1 sowie Tabelle im Anhang 2). Nicht alle bewilligten Events werden jedoch auch angebaut. So wurde bei einigen der Saatgutverkauf eingestellt und bei andern wiederum blieb die Kommerzialisierung bislang aus (siehe Abschnitt 2.1.1). Hinzukommt, dass die Grösse der Anbauflächen der einzelnen Events sehr unterschiedlich ist. Wollte man für jeden bewilligten Event die Eintragswahrscheinlichkeit abschätzen, wäre der Aufwand sehr gross. Eine fallweise Behandlung ist jedoch nur dann notwendig, wenn die Art der gentechnischen Veränderung eines bestimmten Events einen Einfluss auf die Eintrags- oder Verbreitungswahrscheinlichkeit der jeweiligen GVP hat, so zum Beispiel, wenn die gentechnisch vermittelte Eigenschaften die Überlebensfähigkeiten einer GVP wesentlich verändert.

Da im vorliegenden Bericht auf eine fallweise Betrachtung verzichtet wurde, erfolgt die Einschätzung der Eintragswahrscheinlichkeit auf Stufe Pflanzenart. 2007 gab es weltweit 20 verschiedene Pflanzenarten mit GVP-Anbaubewilligungen (siehe Abschnitt

2.1.2), wobei nicht bei allen bewilligten Kulturen auch ein Anbau stattfindet. Auch Grösse und Verbreitung der Anbauflächen können je nach Kultur stark variieren. Im Folgenden werden Kulturen mit GVP-Anbaubewilligungen als Gruppe behandelt und Unterschiede bei der Kommerzialisierung allein durch die Wahl der Beurteilungskriterien berücksichtigt. Dies trägt der Tatsache Rechnung, dass sich die Grösse der Anbaufläche womöglich von Jahr zu Jahr ändert, dass von nicht mehr kommerzialiserten GVP immer noch Saatgut im Umlauf sein könnte und dass bei bewilligten, jedoch noch nicht kommerzialiserten GVP ein Saatgutverkauf grundsätzlich möglich wäre.

Die im Ausland für den Anbau bewilligten GVP können theoretisch über alle oben beschriebenen Eintragspfade in die Schweiz gelangen. Den zuständigen Behörden wird deshalb empfohlen, die Einschätzung der Eintragswahrscheinlichkeit für alle Kulturen mit GVP-Anbaubewilligungen bei allen Eintragspfaden durchzuführen. Einen besonderen Fall stellen die Eintragspfade E4, E5 und E6 dar. Hier geht es jeweils um mögliche unbeabsichtigte GVP-Einträge an der Grenze zu Deutschland. Hier sind im Wesentlichen nur jene GVP zu berücksichtigen, die in Deutschland (beziehungsweise in Baden-Württemberg) zurzeit angebaut oder freigesetzt werden.

### **Fall 2**

Hier sind alle GVP gemeint, die bisher im Ausland entwickelt wurden, jedoch noch keine Anbaubewilligung erhielten. Das können GVP sein, deren Entwicklung abgeschlossen ist und für die eine Bewilligung beantragt ist; GVP, die sich noch in der Entwicklung befinden; oder GVP, deren Entwicklung eingestellt wurde. Dass GVP ohne Anbaubewilligung im Saatgut und in der Warenflusskette auftreten können, ist bisher durch drei Fälle belegt: Bt10-Mais, LL601-Reis und Bt63-Reis. Die Ursachen für diese drei Vermischungen wurden bislang nicht restlos aufgeklärt. Menschliche Fehler und unzureichende Qualitätssicherungssysteme der beteiligten Firmen und Forschungsinstitute dürften jedoch eine Rolle gespielt haben.

Im Ausland hergestellte GVP ohne Anbaubewilligung können theoretisch über alle beschriebenen Eintragspfade in die Schweiz gelangen. Die Wahrscheinlichkeit eines Eintrags dürfte jedoch im Allgemeinen kleiner sein als bei GVP mit Anbaubewilligung, da in den meisten Ländern alle Schritte vom Labor bis zur Kommerzialisierung streng reguliert sind, was eine ungewollte Verbreitung verhindert oder zumindest stark reduziert.

### **Fall 3**

Dieser Fall betrifft alle GVP, die in der Schweiz beziehungsweise im Kanton Zürich gentechnisch bearbeitet werden. Eine Liste dieser Pflanzen findet sich in Anhang 7.

Die GVP, die aus dem Inland stammen, sind bei den Eintragspfaden E7 (Forschung) und E10 (Absichtlicher Eintrag unbewilligter vermehrungsfähiger GVP durch kriminelle Handlungen) zu berücksichtigen.

## **4.2 Identifikation der Faktoren, die Eintrags- und Verbreitungswahrscheinlichkeit beeinflussen**

Die Wahrscheinlichkeit einer Verbreitung unbewilligter GVP in der Umwelt des Kantons Zürich wird durch eine Reihe von Faktoren beeinflusst. Zu unterscheiden sind dabei zwei Kategorien von Faktoren: (1) Faktoren, die einen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit eines Eintrags in die Umwelt haben; und (2), Faktoren, die bestimmen, wie wahrscheinlich eine Verbreitung in der Umwelt ist, falls ein Eintrag stattgefunden hat (Abbildung 13). Faktoren der zweiten Kategorie beeinflussen auch, in welchem Masse möglicherweise unerwünschte Umweltauswirkungen stattfinden könnten. Zudem spielen sie eine Rolle

bei der Einschätzung, ob ein Eintrag mit vertretbarem Aufwand überhaupt entdeckt werden könnte.

Die Auswahl der Faktoren wird im Folgenden für die beiden Kategorien getrennt dargestellt.

#### 4.2.1 Die Eintragswahrscheinlichkeit beeinflussende Faktoren (Kategorie 1)

Die Wahrscheinlichkeit, dass eine unbewilligte GVP in die Umwelt des Kantons Zürich gelangt, wird je nach Eintragspfad von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Dazu gehören die Bewilligungspraxis in der Schweiz und im Ausland, Ort und Grösse der GVP-Anbauflächen im Ausland, die Flugweite von Pollen, die Sorgfalt der Forschenden, die staatliche Kontrollpraxis, die Unversehrtheit von Transportbehältern und menschliche Fehler. Um die Eintragswahrscheinlichkeit adäquat einzuschätzen, muss eine Auswahl getroffen werden, wobei es zu berücksichtigen gilt, dass sich die notwendigen Informationen nicht immer beschaffen lassen. So ist es zum Beispiel kaum möglich herauszufinden, ob und in welchen Mengen vermehrungsfähige GVP durch den Kanton Zürich transportiert werden. Bei anderen Faktoren, wie zum Beispiel den Anbauflächen und der Bewilligungspraxis kann sich die Situation zudem ändern, weshalb es notwendig wird, die Daten und Informationen regelmässig zu aktualisieren. Tabelle 12 listet mögliche Faktoren auf, die bei der Einschätzung der Eintragswahrscheinlichkeit verwendet werden können, und zeigt auf, bei welchen Eintragspfaden sie eine Rolle spielen könnten. Im Folgenden wird kurz auf die einzelnen Faktoren eingegangen.

##### a) GVP-Bewilligungen in der Schweiz

E1 (Import von Saat- und Pflanzgut): Spuren von GVP beziehungsweise Events, die in der Schweiz als Lebens- und Futtermittel bewilligt sind, werden unter Umständen bis zu einem Anteil von 0,5 Prozent in Saatgut toleriert, auch wenn sie für den Gebrauch in der Landwirtschaft nicht bewilligt sind (siehe Abschnitt 3.1.1). Via vermischtes Saatgut ist es deshalb eher möglich, dass tolerierte Events auf die Felder gelangen könnten als nicht bewilligte Events. Siehe dazu auch Importpraxis Handel.

E2 (Import von Lebens- und Futtermittel): GVP (Events), die für Import und Handel bewilligt sind oder unbewilligte Events, die bis zu einer Menge von 0,5 Prozent in Lebens- und Futtermitteln toleriert werden, dürften eher in die Schweiz importiert werden als andere. Siehe auch Importpraxis Handel.

##### b) GVP-Bewilligungen in der EU

E3 (Durchfuhr von vermehrungsfähigem Pflanzenmaterial): GVP, die in der EU für Anbau und/oder Import und Handel bewilligt sind, dürften eher durch die Schweiz durchgeführt werden als in der EU nicht bewilligte.

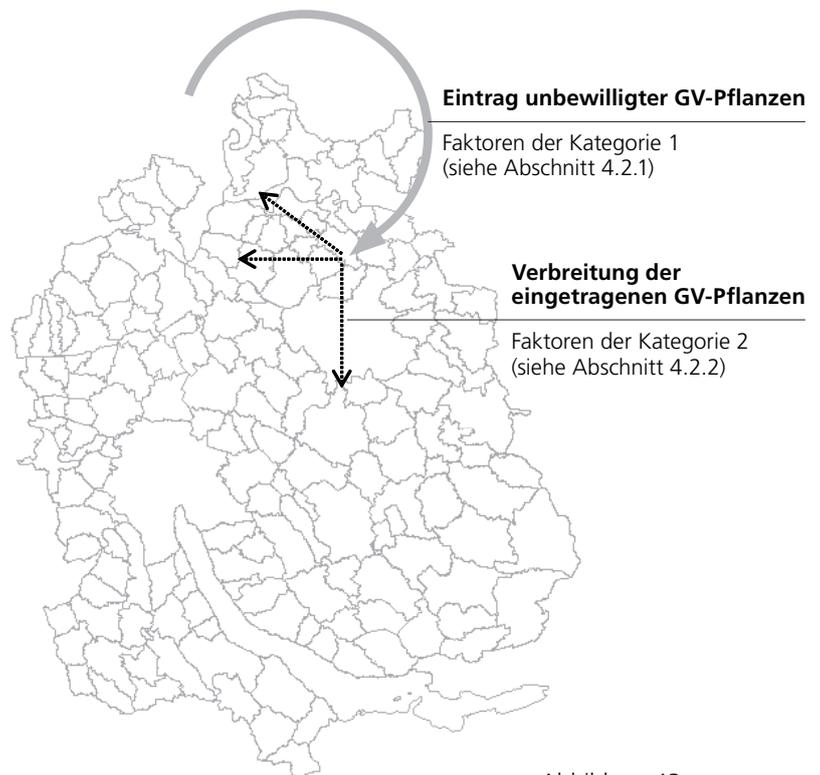


Abbildung 13:  
Schematische Darstellung  
der zwei Kategorien von  
Faktoren, die Eintrag und  
Verbreitung unbewilligter  
GVP im Kanton Zürich  
beeinflussen.

**Tabelle 12: Faktoren, die die Wahrscheinlichkeit eines Eintrags unbewilligter GVP beeinflussen, und ihre Rolle bei den unterschiedlichen Eintragspfaden**

	Eintragspfad									
	Import Saatgut	Import Handel	Durchfuhr	Eintrag Pollen	Eintrag Samen	Landwirtschaft	Forschung	Illegale Aussaat	Privatpersonen	Kriminelle Handlung
Faktor (Eintrag a-o)	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
a) GVP-Bewilligungen Schweiz	X	X					X			
b) GVP-Bewilligungen EU			X							
c) GVP-Kommerzialisierung weltweit	X	X	X		X	X	X	X	X	X
d) Kommerzielle GVP-Anbauflächen weltweit	X	X	X		X	X	X	X	X	X
e) Kommerzielle GVP-Anbauflächen EU / Deutschland / Baden-Württemberg	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
f) Agronomische Bedeutung im Kanton Zürich	X									
g) Verlustpotenzial bei Ernte und Transport		X	X			X				
h) Import von vermehrungsfähigem Pflanzenmaterial	X	X								
i) Transit von vermehrungsfähigem Pflanzenmaterial			X							
j) Importpraxis Handel	X	X								
k) Herkunftsland des importierten Pflanzenmaterials	X	X	X				X			
l) Staatliche Kontrollpraxis	X	X					X			
m) Distanz der GVP-Flächen im Ausland zum Kt. Zürich				X	X					
n) Art der GVP									X	X
o) Art der gentechnisch veränderten Eigenschaft								X	X	

X: Faktor kann die Eintragswahrscheinlichkeit beeinflussen

### c) GVP-Kommerzialisierung weltweit

Der Stand der Kommerzialisierung ist bei allen Eintragspfaden als Beurteilungskriterium verwendbar. Dabei ist davon auszugehen, dass bei kommerzialisierten GVP ein Eintrag wahrscheinlicher ist als bei nicht kommerzialisierten. Bei nicht mehr kommerzialisierten GVP ist zu berücksichtigen, wann die Kommerzialisierung eingestellt wurde und wie gross und verbreitet der Anbau zuvor war.

### d) Kommerzielle GVP-Anbauflächen weltweit

Die Grösse der GVP-Anbauflächen im Ausland ist bei allen Eintragspfaden als Beurteilungskriterium verwendbar. Dabei ist davon auszugehen, dass je grösser und ausgedehnter die GVP-Anbaufläche einer Kultur ist, desto grösser die Chancen des Eintrags.

### e) Kommerzielle GVP-Anbauflächen EU / Deutschland / Baden-Württemberg

E3 (Durchfuhr von vermehrungsfähigem Pflanzenmaterial): In der EU kommerziell angebaute GVP dürften eher durch den Kanton Zürich durchgeführt werden, als solche die nicht angebaut werden. Je grösser dabei die Anbauflächen, desto wahrscheinlicher ein Transport.

E4 (grenzüberschreitender Pollenflug) und E5 (grenzüberschreitende Verbreitung von Samen): Die Grösse der GVP-Anbauflächen in Baden-Württemberg beeinflusst die Wahrscheinlichkeit, dass Pollen oder Samen aus diesen Flächen in den Kanton Zürich gelangen.

E6 (Landwirtschaft): Die Grösse der GVP-Anbauflächen in Baden-Württemberg beeinflusst die Wahrscheinlichkeit, dass GVP-Material durch grenzüberschreitende Tätigkeiten von Landwirten in den Kanton Zürich gelangen.

E8 (Illegale Aussaat von GVP): Bei GVP, die in der EU, in Deutschland oder in Baden-Württemberg angebaut werden, ist das Saatgut für Schweizer Landwirte leichter erhältlich als bei GVP, die dort nicht angebaut werden. Deshalb ist die Wahrscheinlichkeit eines Schwarzmarktes erhöht, falls in den angrenzenden EU-Ländern GV-Saatgut im Umlauf ist.

E9 (Import durch Privatpersonen): GVP, die in der EU, in Deutschland oder in Baden-Württemberg angebaut werden, sind für Einzelpersonen eher erhältlich als solche die nur ausserhalb Europas erhältlich sind.

#### **f) Agronomische Bedeutung im Kanton Zürich**

E1 (Import von Saat- und Pflanzgut): Durch den Import von Saat- und Pflanzgut in die Schweiz kann es nur dann zu einem Eintrag unbewilligter GVP in die Umwelt des Kantons Zürich kommen, falls die jeweilige Pflanze im Kanton Zürich auch angebaut werden könnte. Bei Kulturen wie zum Beispiel Reis, die nur unter den klimatischen Bedingungen der Südschweiz angebaut werden, ist ein Eintrag unwahrscheinlich.

#### **g) Verlustpotenzial bei Ernte und Transport**

E2 (Import von Lebens- und Futtermittel), E3 (Durchfuhr von vermehrungsfähigem Pflanzenmaterial) und E6 (Landwirtschaft): Der Faktor spielt bei Eintragspfaden eine Rolle, bei denen es während des Transports zu einem Verlust von vermehrungsfähigem Pflanzenmaterial kommen kann. Betrachtet wird hier nicht der Unfall, sondern der Normalfall. Die Wahrscheinlichkeit, dass es zu einem Verlust kommt, hängt unter anderem ab von: Transportbehältern (Alter, Unversehrtheit usw.), Handhabung des Guts während des Transports und von der Art des Pflanzenmaterials. Da sich nur Letzteres ermitteln lässt, werden die Eigenschaften des transportierten Pflanzenmaterials als Faktor bei der Einschätzung des Verlustpotenzials verwendet. Dabei wird davon ausgegangen, dass je kleiner das Erntegut (z. B. Körner) ist, desto grösser wird die Wahrscheinlichkeit eines Verlusts. So dürften zum Beispiel die kleinen Samen von Raps eher verloren gehen, als die grossen Samen von Mais oder die Knollen von Kartoffeln.

#### **h) Import von vermehrungsfähigem Pflanzenmaterial**

E1 (Import von Saat- und Pflanzgut): Das in der Schweiz verwendete Saat- und Pflanzgut kann aus dem Aus- oder Inland stammen. Je nach Kultur ist der importierte Anteil unterschiedlich gross. Bei Kulturen mit GVP-Anbau im Ausland ist es möglich, dass die Wahrscheinlichkeit eines GVP-Eintrags mit der Grösse der importierten Menge wächst. Im Anhang 6 sind für einige Kulturen die Importmengen aufgelistet.

E2 (Import von Lebens- und Futtermittel): Pflanzenmaterial, das zu Lebens- und Futtermittelzwecken in die Schweiz importiert wird, kann im Ausland bereits bearbeitet worden sein. Zu einem GVP-Eintrag kann es nur dann kommen, wenn die Importware in Form von vermehrungsfähigem Pflanzenmaterial vorliegt. Je mehr davon in die Schweiz importiert wird, desto wahrscheinlicher wird ein GVP-Eintrag. Ob und in welchen Mengen es sich bei importierter Pflanzenware um vermehrungsfähiges Material handelt, dürfte nicht immer leicht zu ermitteln sein. Falls keine Informationen erhältlich sind, ist für die Einschätzung davon auszugehen, dass das importierte Pflanzenmaterial vermehrungsfähig ist.

Die Einfuhrmenge von GVP-haltigen Futtermitteln wird vom Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) jeweils jährlich anhand von Zoll Daten veröffentlicht. Der Anteil vermehrungsfähigen Materials geht aus den Daten jedoch nicht hervor.

Die Einfuhrmenge von GVO-haltigen Lebensmitteln lässt sich indirekt daran abschätzen, wie viele als GVO deklarierte Produkte in der Schweiz erhältlich sind.

### **i) Transit von vermehrungsfähigem Pflanzenmaterial**

E3 (Durchfuhr von vermehrungsfähigem Pflanzenmaterial): Pflanzenmaterial, das durch den Kanton Zürich durchgeführt wird, kann in vermehrungsfähiger Form vorliegen. Je mehr GVP in vermehrungsfähiger Form durch den Kanton Zürich durchgeführt werden, umso wahrscheinlicher ist ein GVP-Eintrag. Ob und in welchen Mengen es sich bei durchgeführter Pflanzenware um vermehrungsfähiges Material handelt, dürfte kaum zu ermitteln sein. Transitware wird gemäss der aktuellen Praxis am Schweizer Zoll nicht registriert.

### **j) Importpraxis Handel**

E1 (Import von Saat- und Pflanzgut): Die Qualitätssicherungssysteme der Saatgutimporteure beeinflussen die Wahrscheinlichkeit eines GVP-Eintrags via Saat- und Pflanzgut, das im Ausland gewonnen wird. Bei gewissen Events können Saatguthändler Ware importieren, die bis zu 0,5 Prozent GVP-Spuren aufweisen kann. Schöpfen die Saatguthändler diese Toleranz aus, können geringe Mengen GVP in die Umwelt gelangen.

E2 (Import von Lebens- und Futtermittel): Der Lebens- und Futtermittelhandel bestimmt zurzeit im Wesentlichen, welche Mengen bewilligter GVP in die Schweiz importiert werden.

### **k) Herkunftsland des importierten Pflanzenmaterials**

E1 (Import von Saat- und Pflanzgut): Importiertes Saat- und Pflanzgut aus Ländern mit GVP-Anbau der jeweiligen Kultur dürfte eher mit GVP vermischt sein als Saat- und Pflanzgut aus Ländern ohne GVP-Anbau. Dabei ist jedoch zu beachten, dass das Herkunftsland nicht identisch sein muss mit dem Ursprungsland des Saat- und Pflanzguts. Im Anhang 6 sind für einige Kulturen die Herkunftsländer aufgelistet.

E2 (Import von Lebens- und Futtermittel): Lebens- und Futtermittel, die aus Ländern mit GVP-Anbau bei der jeweiligen Kultur importiert werden, dürften eher mit GVP vermischt sein, als Lebens- und Futtermittel aus Ländern ohne GVP-Anbau.

### **l) Staatliche Kontrollpraxis**

E1 (Import von Saat- und Pflanzgut): Das BLW kontrolliert bei gewissen Kulturarten, ob importiertes Saatgut GVP-Spuren enthält. Das Amt nimmt dazu jeweils bei einer gewissen Anzahl von Saatgutposten Stichproben. Die Auswahl der kontrollierten Kulturarten und die Anzahl der untersuchten Stichproben könnte die Häufigkeit beeinflussen, mit der Saatgut mit GVP-Spuren in die Schweiz importiert wird.

E2 (Import von Lebens- und Futtermittel): Der Import von Lebensmitteln wird durch die kantonalen Laboratorien und das BAG kontrolliert. Importierte Futtermittel unterliegen der Kontrolle des BLW. Die staatliche Kontrollpraxis dürfte einen Einfluss darauf haben, in welchem Umfang Produkte mit GVP-Spuren in die Schweiz gelangen.

E7 (Forschung): Neben der Selbstkontrolle durch die Betreibenden werden Forschungstätigkeiten mit GVP auch von den kantonalen Vollzugsbehörden gemäss der Einschliessungsverordnung kontrolliert. Die Kontrollpraxis beeinflusst die Sicherheitsstandards in den Laboratorien und verringert damit die Wahrscheinlichkeit, dass unbewilligte GVP in die Umwelt gelangen.

### **m) Distanz der GVP-Flächen im Ausland zum Kanton Zürich**

E4 (grenzüberschreitender Pollenflug) und E5 (grenzüberschreitende Verbreitung von Samen): GVP, die im Ausland angebaut oder freigesetzt werden, könnten auf natür-

lichem Wege, das heisst durch Pollenflug oder Samenverbreitung, in die Umwelt des Kantons Zürich gelangen. Da der Genfluss via Pollen und Samen mit der Distanz abnimmt, ist ein Eintrag umso wahrscheinlicher, je näher die Anbaugelände zum Kanton Zürich liegen. Siehe auch Faktor GVP-Anbau in der EU / Deutschland / Baden-Württemberg.

#### **n) Art der GVP**

E8 (Illegale Aussaat von GVP), E9 (Import durch Privatpersonen), E10 (Eintrag durch kriminelle Handlung): Die Pflanzenart kann einen Einfluss darauf haben, ob eine bestimmte GVP interessant für den Schwarzmarkt, für den Import durch Einzelpersonen oder eine kriminelle Handlung ist.

#### **o) Art der gentechnisch veränderten Eigenschaften**

E8 (Illegale Aussaat von GVP), E9 (Import durch Privatpersonen), E10 (Eintrag durch kriminelle Handlung): Die Art der gentechnisch vermittelten Eigenschaft kann einen Einfluss haben, ob eine GVP aus dem Ausland in die Schweiz gelangt. Denkbar ist dies bei den Eintragungspfaden E8, E9 und E10. Ein Schwarzmarkt dürfte sich eher entwickeln, wenn die Eigenschaften der GVP dem Landwirt einen Vorteil bringen – etwa dann, wenn sich der Ertrag erhöht, Pestizide eingespart werden können oder Arbeitsschritte wegfallen. Auch beim Eintragungspfad E9, bei dem Privatpersonen GVP aus dem Ausland mitbringen, könnte die gentechnisch vermittelte Eigenschaft Einfluss darauf haben, ob und wie häufig GVP auf diesem Weg in den Kanton Zürich gelangen. Schliesslich ist es auch denkbar, dass die Art der gentechnischen Veränderung erst den Reiz ausmacht, eine GVP für eine kriminelle oder terroristische Tat zu missbrauchen.

### **4.2.2 Die Verbreitungswahrscheinlichkeit beeinflussende Faktoren (Kategorie 2)**

Sollte es zu einem Eintrag unbewilligter GVP in die Umwelt kommen, so kann das daraus entstehende Risiko möglicher unerwünschter Umweltauswirkungen je nach biologischer Eigenschaft der Pflanzenart unterschiedlich hoch sein. Die Überwinterungsfähigkeit der eingetragenen GVP, ihre Persistenz ausserhalb der Kulturläche und das Vorkommen verwandter Wildarten bestimmen im Wesentlichen, ob es nach einem Eintrag unbewilligter GVP auch zu relevanter Exposition für Mensch, Tiere und die Umwelt kommt. Zudem beeinflussen die biologischen Eigenschaften der GVP auch die Wahrscheinlichkeit einer weiteren Verbreitung nachdem es zu einem Eintrag gekommen ist. Somit lassen sich auch unterschiedliche Risikogruppen bilden. In Tabelle 13 wird anhand der drei Faktoren «Überwinterung», «Persistenz ausserhalb der Kulturläche» und «Hybridisierung mit Wildpflanzen» das Verbreitungspotenzial jener Kulturen dargestellt, bei denen im Jahr 2007 Anbaubewilligungen bestanden.

#### **a) Keimfähigkeit der Samen**

Gelangen Samen unbewilligter GVP in die Umwelt des Kantons Zürich, so müssen diese hier keimen können, damit die Pflanze sich verbreiten kann. Je nach Pflanzenart spielt somit auch die Jahreszeit des Sameneintrags eine Rolle. Zudem ist die Keimfähigkeit von Samen eine Eigenschaft, die gentechnisch beeinflusst werden kann. Bei der Einschätzung der Verbreitungswahrscheinlichkeit sollte deshalb davon ausgegangen werden, dass die Samen keimen.

**Tabelle 13: Verbreitungspotenzial von Pflanzen in der Schweiz, die im Jahr 2007 eine Bewilligung für den kommerziellen GVP-Anbau im Ausland besaßen**

Kulturen mit GV-Anbaubewilligung 2007	b) Überwinterung in der Schweiz	c) Persistenz ausserhalb Kulturfläche	d) Hybridisierung mit Wildpflanzen in der Schweiz
Baumwolle	–	–	–
Chicorée	X	X	X
Flachs	X	?	X
Kartoffel	X	– <sup>c</sup>	–
Luzerne	X	X	X
Mais	X <sup>a</sup>	–	–
Nelke	X	?	–
Papaya	–	–	–
Pappel	X	X	X
Paprika	X <sup>b</sup>	–	–
Petunie	X	?	–
Pflaume	X	X	X
Raps	X	X	X
Reis	–	–	–
Rübsen	X	X	X
Soja	–	–	–
Tabak	–	–	–
Tomate	X	– <sup>c</sup>	–
Zucchini	X <sup>b</sup>	?	–
Zuckerrübe	X <sup>b</sup>	?	–

 Verbreitungspotenzial gross

 Verbreitungspotenzial klein

 Verbreitungspotenzial null

X: möglich; –: nicht möglich; ?: unklar. a: Ausnahmsweise ist Durchwuchs möglich b: Überwinterung der Samen im Kompost eventuell möglich; c: Auftreten ausserhalb der Kulturfläche, Persistenz jedoch unwahrscheinlich.

### b) Überwinterungsfähigkeit

Nicht alle Pflanzen, die unter den klimatischen Bedingungen der Nordschweiz keimen und wachsen, können hier auch überwintern. Die Überwinterungsfähigkeit beeinflusst somit wesentlich, ob es nach einem Eintrag von unbewilligten GVP auch zu einer Verbreitung kommen kann.

Bei einjährigen Pflanzen spielt die Überwinterungsfähigkeit der Verbreitungsorgane wie Samen oder Knollen eine Rolle. Bei mehrjährigen Pflanzen gilt es, auch die Überwinterungsfähigkeit der Pflanze selbst zu berücksichtigen.

Im Anhang 5 ist die Überwinterungsfähigkeit von Pflanzenarten angegeben, bei denen GV-Sorten auf dem Markt oder in der Forschung existieren.

Die Überwinterungsfähigkeit ist eine der Eigenschaften, die durch den gentechnischen Eingriff beeinflusst werden könnte. Würden frosttolerante GVP kommerzialisiert, müsste dies in der Einschätzung berücksichtigt werden.

### c) Persistenz ausserhalb der Kulturfläche

Ausserhalb von landwirtschaftlichen Nutzflächen sind Kulturpflanzen der Konkurrenz natürlicher vorkommender Pflanzen ausgesetzt. Kulturpflanzen sind in der Regel stark domestiziert, was deren Vermögen, sich gegen wild lebende Konkurrenz durchzusetzen

stark beeinflusst. Bei Pflanzenarten, die sich ausserhalb der Kulturflächen nicht durchsetzen können, ist eine relevanten Verbreitung unmöglich.

Die Persistenz ausserhalb der Ackerfläche ist ebenfalls eine Eigenschaft, die durch den gentechnischen Eingriff beeinflussbar ist (z. B. Dale *et al.* 2002). Bei den zurzeit kommerzialisierten GVP gibt es bisher keine Hinweise darauf, dass die Persistenz erhöht ist (Sanvido *et al.* 2006). Diesbezügliche Hinweise müssten in der Einschätzung berücksichtigt werden.

#### **d) Vorkommen verwandter Wildarten im Kanton Zürich**

Kommen bei einer bestimmten Kulturart verwandte Wildarten im Kanton Zürich vor, so ist es denkbar, dass Pollen einer eingeführten, unbewilligten GVP die wild lebenden Verwandten bestäubt. Das Vorhandensein verwandter Wildarten bedeutet jedoch nur, dass ein Pollentransfer nicht auszuschliessen ist. Es bedeutet hingegen nicht, dass sich Nachkommen bilden und diese lebensfähig sind.

#### **e) Hybride mit Wildpflanzen bekannt**

Bei einigen Kulturpflanzenarten ist bekannt, dass Kreuzungen zwischen Kulturpflanze und verwandter Wildpflanze zu lebensfähigen Hybriden führen können. Im Anhang 4 findet sich eine Liste, in der für die wichtigsten Kulturpflanzen der Schweiz Wahrscheinlichkeiten einer erfolgreichen Auskreuzung auf verwandte Wildarten angegeben sind.

Das Potenzial zur Auskreuzung auf verwandte Wildarten kann gentechnisch beeinflusst werden. So gelingt es bei einigen Pflanzenarten beispielsweise, fremde Gene nicht in den Zellkern sondern in den Chloroplasten einzuführen und so eine Verbreitung der Transgene via Pollen zu verhindern.

### **4.3 Fallbeispiel: Eintragspfad E1: Import von konventionellem Saat- und Pflanzgut vermischt mit GVP**

Wie in Abschnitt 3.1.1 dargestellt, ist pflanzliches Vermehrungsmaterial für verschiedene Zwecke in die Schweiz importierbar – so zum Beispiel als Saat- und Pflanzgut für die Landwirtschaft, als Samen oder Zwiebeln für Garten und Hobbyanbau von Gemüse oder Blumen und als generatives oder vegetatives Vermehrungsgut für die Forstwirtschaft. Falls das importierte Vermehrungsmaterial von Pflanzenarten stammt, die im Ausland gentechnisch bearbeitet werden, ist eine GVP-Vermischung denkbar. In diesem Abschnitt wird dargestellt, wie sich die Wahrscheinlichkeit abschätzen lässt, mit der es durch Import von pflanzlichem Vermehrungsmaterial zu Eintrag und Verbreitung unbewilligter GVP in die Umwelt kommen könnte. Dabei werden als erstes, basierend auf den in Abschnitt 4.1 diskutierten Fällen, die zu beurteilenden Pflanzenarten bestimmt. Dann erfolgt anhand der in Abschnitt 4.2.1 und 4.2.2 erfassten Faktoren die Einschätzung der Eintrags- und Verbreitungswahrscheinlichkeit.

#### **4.3.1 Auswahl der zu beurteilenden Pflanzenarten**

Wie in Abschnitt 4.1 dargestellt, können drei Fälle von unbewilligten GVP unterschieden werden: (1) die GVP stammt aus dem Ausland und ist dort in mindestens einem Land für den kommerziellen Anbau bewilligt; (2) die GVP stammt aus dem Ausland und ist in keinem Land für den kommerziellen Anbau bewilligt; (3) die GVP stammt aus dem Inland und ist nicht für den Umgang in der Umwelt bewilligt. Der dritte Fall muss in dem hier behandelten Eintragspfad nicht berücksichtigt werden. Beim Fall 2 dürfte die Wahrscheinlichkeit eines Eintrags sehr klein sein, unter anderem deshalb, weil in den meisten Ländern alle Schritte vom Labor bis zur Kommerzialisierung streng reguliert sind, was eine ungewollte Verbreitung verhindert oder zumindest stark reduziert. Zur Beurteilung

ausgewählt werden deshalb allein die GVP aus dem Fall 1. Wie ebenfalls in Abschnitt 4.1 geschildert, kann die Einschätzung auf Stufe Kulturpflanze erfolgen das heisst, es muss nicht auf die einzelnen Events eingegangen werden. Die Eintrags- und Verbreitungswahrscheinlichkeit wird deshalb für die 20 Kulturen eingeschätzt, bei denen es im Jahr 2007 GVP-Anbaubewilligungen im Ausland gab.

### **4.3.2 Einschätzung der Wahrscheinlichkeit bei GV-Kulturen mit kommerzieller Anbaubewilligung**

Die Eintrags- und Verbreitungswahrscheinlichkeit wird in einem ersten Schritt anhand der Faktoren aus Tabelle 12, «Import von vermehrungsfähigem Pflanzenmaterial» (Faktor h), «GVP-Kommerzialisierung weltweit» (Faktor c), «Kommerzielle GVP-Anbaufläche weltweit» (Faktor d) und «Agronomische Bedeutung im Kanton Zürich» (Faktor f) für jene 20 Kulturpflanzen grob abgeschätzt, bei denen ein Eintrag in die Umwelt des Kantons Zürich nicht auszuschliessen ist. Bei diesen Pflanzen wird anschliessend anhand der Faktoren «Überwinterungsfähigkeit» und «Persistenz ausserhalb der Kulturfläche» deren Verbreitungswahrscheinlichkeit berechnet. Dieses Vorgehen ist in Abbildung 14 wiedergegeben und wird im Text weiter unten erläutert. Mit dieser ersten, groben Beurteilung werden diejenigen GVP identifiziert, die dann einer feineren Einschätzung zu unterziehen sind. Die dabei berücksichtigten Faktoren sind: «Herkunftsland des importierten Pflanzenmaterials» (Faktor k), «Importpraxis Handel» (Faktor j), «staatliche Kontrollpraxis» (Faktor l).

**Import von vermehrungsfähigem Pflanzenmaterial (Faktor h):** Ein Eintrag von unbewilligten GVP via Import von Saat- oder Pflanzgut ist nur bei jenen Kulturen möglich, deren pflanzliches Vermehrungsmaterial aus dem Ausland eingeführt wird. Kulturen mit GVP-Anbaubewilligungen, bei denen kein Import erfolgt, sind nicht weiter zu berücksichtigen. Falls es bei Kulturen mit GVP-Anbaubewilligungen unklar ist, ob ein Import stattfindet, wird empfohlen, anzunehmen, dass Saat- oder Pflanzgut eingeführt wird. Eine genauere Abklärung kann durchgeführt werden, falls dies aufgrund weiterer Kriterien als notwendig erachtet wird.

Bei den gegenwärtigen Kulturen mit GVP-Anbaubewilligung kann Papaya von der weiteren Beurteilung ausgeschlossen werden. Die restlichen 19 Kulturen werden weitergeführt.

**GVP-Kommerzialisierung weltweit (Faktor c):** Nicht bei allen Kulturen mit GVP-Anbaubewilligung sind GV-Sorten auch kommerzialisiert. Der Verkauf der GV-Sorten kann eingestellt oder noch gar nicht aufgenommen sein. Da bei nicht kommerzialisierten Kulturen keine oder nur sehr geringe Mengen an GV-Saatgut im Umlauf sind, ist die Wahrscheinlichkeit einer Vermischung kleiner als bei Kulturen, bei denen ein GVP-Anbau stattfindet. Zu berücksichtigen ist hier zudem, wann die Kommerzialisierung eingestellt wurde und wie bedeutend der Anbau vor der Einstellung war.

Bei den gegenwärtigen Kulturen mit GV-Anbaubewilligung ist die Kommerzialisierung bei Chicorée, Flachs, Kartoffeln, Reis und Rübsen eingestellt, sowie bei Zuckerrübe bis ins Jahr 2007 noch nicht begonnen worden. Da der GVP-Anbau bei Chicorée, Flachs, Kartoffeln und Rübsen zeitlich schon weit zurück liegt und auch flächenmässig nie eine grosse Bedeutung hatte, bei Reis der kommerzielle Anbau nur im Iran und bei Zuckerrübe bisher kein Anbau stattfand, dürfte die Wahrscheinlichkeit sehr klein sein, dass es bei diesen Kulturen zu GVP-Einträgen kommt. Diese Kulturen werden deshalb ebenfalls von der weiteren Beurteilung ausgeschlossen.

Ist der Stand der GVP-Kommerzialisierung bei einer Kultur nicht bekannt, wie zum Beispiel bei Tomate, Petunie oder Pflaume, so wird empfohlen, davon auszugehen, dass Kommerzialisierung stattfindet. Eine aufwändigere Abklärung kann dann durchgeführt werden, falls sich aufgrund weiterer Faktoren eine Notwendigkeit zeigt.

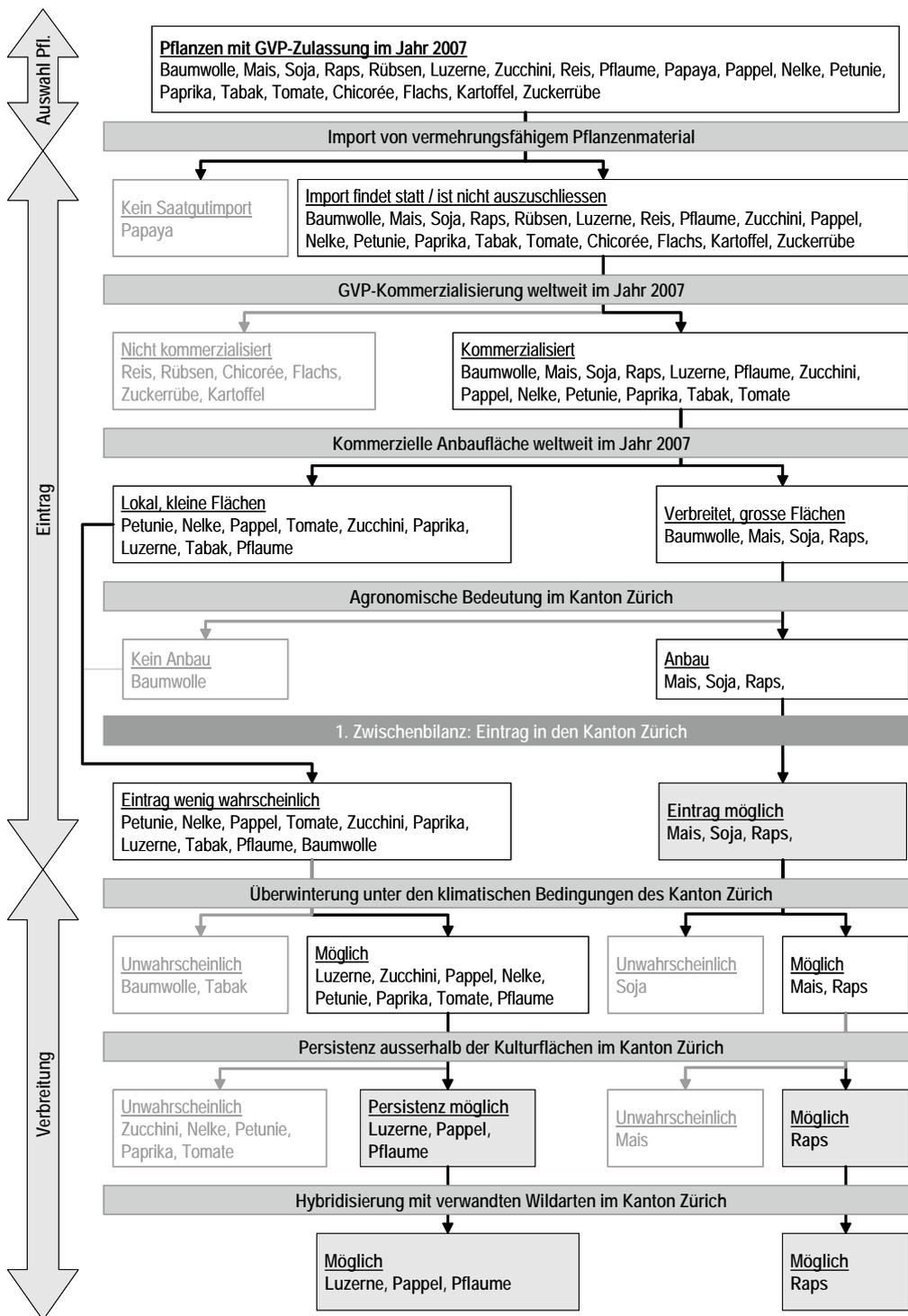


Abbildung 14: Grobeinschätzung der Eintrags- und Verbreitungswahrscheinlichkeit bei Eintragspfad E1 (Saatgutimport, siehe Tabelle 11).

**GVP-Anbaufläche weltweit (Faktor d):** Hier wird davon ausgegangen, dass die Eintragswahrscheinlichkeit umso höher ist, je grösser die GVP-Anbauflächen und je grösser die Anzahl der Anbauländer ist. Im Jahr 2007 waren die GVP-Anbauflächen und die Anzahl der Anbauländer bei Baumwolle, Mais, Soja und Raps gross. Bei den restlichen neun Kulturen waren die GVP-Anbauflächen klein und lokal begrenzt. Bei denjenigen Kulturen, bei denen unklar bleibt, ob GVP-Anbau überhaupt stattfand (Tomate, Petunie, Paprika, Pflaume), ist davon auszugehen, dass höchstens kleine Anbauflächen vorhanden waren.

**Agronomische Bedeutung im Kanton Zürich (Faktor f):** Damit es durch den Import von Saat- und Pflanzgut zu einem Eintrag von unbewilligten GVP in die Umwelt

des Kantons Zürich kommen kann, muss das importierte Saat- und Pflanzgut im Kanton Zürich auch genutzt werden. Bei Kulturen, die im Kanton Zürich nicht angebaut werden, ist somit ein Eintrag wenig wahrscheinlich. Von den vier Kulturen, bei denen ein Eintrag als möglich eingeschätzt wird, werden nur Raps, Mais und Soja im Kanton Zürich angebaut. Ein GVP-Eintrag bei Baumwolle wird deshalb als wenig wahrscheinlich erachtet.

**Erste Zwischenbilanz: Eintrag in den Kanton Zürich:** Anhand der bisher berücksichtigten Faktoren können die Kulturen mit GVP-Anbaubewilligung in zwei Gruppen eingeteilt werden. Eine Gruppe, bei der ein Eintrag als möglich eingeschätzt wird mit Raps, Mais und Soja, sowie eine zweite Gruppe, bestehend aus Nelke, Petunie, Pappel, Pflaume, Tomate, Zucchini, Paprika, Luzerne und Tabak, bei der ein Eintrag als wenig wahrscheinlich beurteilt wird.

Für die Pflanzen beider Gruppen wird nun das Verbreitungspotenzial in der Umwelt des Kantons Zürich abgeschätzt. Beide Gruppen weiter zu beurteilen scheint empfehlenswert, da so auch die GVP berücksichtigt bleiben, die zwar kaum via Saat- oder Pflanzgut in den Kanton Zürich gelangen dürften, sich jedoch verbreiten könnten, falls wider erwarten ein Eintrag stattfindet. Die erste Gruppe sollte jedoch prioritär behandelt werden.

**Überwinterung unter den klimatischen Bedingungen des Kantons Zürich:** Von den 13 Kulturen, bei denen ein GVP-Eintrag via den Import von Saat- und Pflanzgut aufgrund der bisher verwendeten Faktoren nicht ausgeschlossen wurde, können drei im Kanton Zürich nicht überwintern: Baumwolle, Soja und Tabak. Diese Kulturen werden von der weiteren Beurteilung ausgeschlossen.

**Persistenz ausserhalb der Kulturflächen im Kanton Zürich:** Von den zehn Kulturen, die im Kanton Zürich unter Umständen überwintern können, ist nur bei vierten davon auszugehen, dass sie ausserhalb der Kulturflächen auch überdauern. Dies sind: Raps, Pappel, Pflaume und Luzerne.

**Zweite Zwischenbilanz:** Anhand der bisher verwendeten Faktoren können die Kulturen mit GVP-Anbaubewilligungen in drei Gruppen eingeteilt werden. (1) Kulturen, bei denen ein Eintrag als möglich, eine weitere Verbreitung in der Umwelt jedoch als unwahrscheinlich eingeschätzt wird (Soja und Mais); (2) Kulturen, bei denen sowohl ein Eintrag wie auch eine Verbreitung als möglich eingestuft wird (Raps); und (3) Kulturen, bei denen ein Eintrag als wenig wahrscheinlich, eine weitere Verbreitung nach einem Eintrag jedoch als möglich eingeschätzt wird (Luzerne, Pflaume und Pappel). Ob alle drei Gruppen einer feineren Einschätzung unterzogen werden sollen, hängt davon ab, ob man beim Monitoring auch solche GVP einbeziehen will, bei denen ein Eintrag wenig wahrscheinlich, die Verbreitung in der Umwelt des Kantons Zürich aber aufgrund biologischer Eigenschaften der Pflanzen möglich ist. Unter Berücksichtigung der Eintrags- und Verbreitungswahrscheinlichkeit könnte somit eine Priorisierung der verbleibenden vier Pflanzenarten vorgenommen werden.

Für beide Gruppen, bei denen eine Verbreitung in der Umwelt nach einem erfolgten Eintrag möglich scheint, wird nun im Folgenden eine Feinabschätzung der Eintragswahrscheinlichkeit vorgenommen. Die Einschätzung erfolgt somit aufgrund folgender Faktoren der Kategorie 1: «Herkunftsland des importierten Pflanzenmaterials», «Importpraxis Handel», «Staatliche Kontrollpraxis» – also prioritär für Raps, aber auch für Pflaume, Pappel und Luzerne.

### **Feineinschätzung für Pflaume, Pappel, Luzerne und Raps**

**Pflaume:** In den USA erhielt Mitte 2007 eine virusresistente GV-Pflaume die Anbaubewilligung. Ob ihre Kommerzialisierung bereits im Gang ist, ist nicht bekannt. Da die Bewilligung erst vor kurzem erfolgte, ist davon auszugehen, dass die bisherige Anbaufläche klein ist.

Der Anbau von Pflaumen erfolgt via Unterlagen, Edelreiser und veredelte Pflanzen. Vermehrungsgut kann aus dem Ausland importiert werden. Ob Vermehrungsgut aus den USA in die Schweiz eingeführt wird, wäre abzuklären. Da die Vermehrung nicht via Samen erfolgt, ist eine GVP-Vermischung unwahrscheinlich.

Aufgrund der aktuellen Situation wird ein Eintrag von GV-Pflaumen als unwahrscheinlich erachtet. Ein Monitoring ist deshalb nicht notwendig.

**Pappel:** Der Anbau von GV-Pappeln erfolgt zurzeit allein in China. Dort wurden 2004 zwei verschiedene, insektenresistente GV-Pappeln für den Anbau bewilligt. Die ursprünglich bepflanzte Fläche betrug 300 bis 500 Hektar. Unbekannt ist die aktuelle Anbaufläche. Die kommerzielle Verwendung der GV-Pappeln wird vom Staat weder kontrolliert noch überwacht.

Ob in der Schweiz beziehungsweise im Kanton Zürich generatives oder vegetatives Vermehrungsgut von Pappeln aus dem Ausland verwendet wird oder überhaupt verwendet werden darf, müsste abgeklärt werden. Laut der Verordnung über forstliches Vermehrungsgut darf nur solches verwendet werden, das von den kantonalen Behörden als standortgerecht anerkannt ist. Eine Ausnahme bildet im Rahmen wissenschaftlicher Versuche verwendetes Vermehrungsgut.

Laut den bestehenden Verordnungen ist es nicht vorgeschrieben, forstliches Vermehrungsgut auf GVP-Spuren zu untersuchen.

Ein Eintrag von GV-Pappeln aus China in die Umwelt des Kantons Zürich wird als unwahrscheinlich eingeschätzt, weshalb ein Monitoring nach unbewilligten GV-Pappeln zurzeit nicht notwendig ist.

**Luzerne:** In den USA sind im Jahr 2005 zwei herbizidtolerante Events für den Anbau bewilligt worden. 2006 wurden erstmals GV-Sorten angebaut, wobei die Anbaufläche rund 80 000 Hektar betrug (TransGen 2008). Im März 2007 hob das US-Landwirtschaftsministerium die Anbaubewilligung wieder auf (Aphis 2007, Fox 2007). Da die Landwirte vor der Aufhebung gekauftes Saatgut bereits ausbringen konnten, wurde 2007 auf einer Fläche von rund 20 000 Hektaren GV-Luzerne angebaut.

Beide herbizidtoleranten Events sind auch in Japan und Kanada für den Anbau bewilligt, ihre Kommerzialisierung steht jedoch noch aus.

Luzernesaatgut wird in die Schweiz importiert. Wie hoch der Anteil der importierten Ware an der total in der Schweiz verwendeten Saatgutmenge ist, müsste abgeklärt werden. Bekannt ist, dass Luzernesaatgut aus Ländern der EU sowie aus Kanada importiert wird (siehe Anhang 6). Ob Saatgut auch aus den USA bezogen wird, wäre abzuklären.

Die Schweizer Saatgutimporteure müssen jede Lieferung von Saatgut, das GVP-Spuren enthalten könnte, beim Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) für eine Einfuhrbewilligung anmelden (siehe Abschnitt 3.1.1). Ob Luzerne bereits auf die Liste der zu kontrollierenden Pflanzen aufgenommen wurde, wäre abzuklären.

Ein Eintrag von GV-Luzerne in die Schweiz ist zurzeit nur dann wahrscheinlich, wenn Luzerne-Saatgut aus den USA importiert wird. Selbst wenn Saatgut aus den USA in die Schweiz importiert wird, dürfte die Wahrscheinlichkeit einer Beimengung von GV-Saatgut jedoch klein sein. Die Kommerzialisierung von GV-Luzerne begann erst 2006 und wurde 2007 bereits wieder gestoppt. Entsprechend klein war die bisherige Anbaufläche. Zudem werden bei der Saatgutproduktion Massnahmen getroffen, um GVP-Einträge zu vermeiden oder zumindest möglichst gering zu halten, und die Saatgutimporteure der Schweiz unterhalten Qualitätssicherungssysteme, um die Einfuhr von GVP-haltiger Ware zu vermeiden.

Aufgrund der obigen Einschätzung wird ein Eintrag als unwahrscheinlich erachtet. Ein Monitoring ist bei Luzerne zurzeit nicht notwendig.

**Raps:** Bewilligungen für den kommerziellen Anbau von GV-Rapssorten gibt es in Australien, Chile, Japan, Kanada und den USA. 2007 wurden die Sorten jedoch nur in Chile,

Kanada und den USA kommerzialisiert. In Kanada und den USA betrug der GVP-Anteil bei der Rapsproduktion über 80 Prozent. In Chile wurde GV-Raps zur Saatgutgewinnung angebaut, weshalb dort keine grossen Anbauflächen zu verzeichnen waren.

Sämtliches Saatgut von Raps, das in der Schweiz verwendet wird, stammt aus dem Ausland. Die Herkunftsländer der importierten Posten liegen in der EU, wo zurzeit kein GV-Raps kommerziell angebaut wird.

Die Schweizer Saatgutimporteure müssen jede Lieferung von Raps-Saatgut beim BLW für eine Einfuhrbewilligung anmelden. Die bisherigen Kontrollen des BLW zeigen, dass die Qualitätssicherungssysteme der Saatgutimporteure funktionieren.

In Deutschland untersuchen einzelne Bundesländer regelmässig Saatgutposten von Raps nach GVP-Spuren. Wie die Erfahrungen zeigen, werden dabei in seltenen Fällen GVP-Spuren entdeckt (TransGen 2008, Bendiek & Grohmann 2006).

Aufgrund der heutigen Situation kann ein Eintrag von GV-Rapssaatgut als vernachlässigbar erachtet werden.

### **4.3.3 System zur Bewertung von Eintrags- und Verbreitungswahrscheinlichkeit**

Um die Bewertung der Eintrags- und Verbreitungswahrscheinlichkeit unbewilligter GVP in den Kanton Zürich durch die Behörden zu erleichtern, wird das beschriebene Verfahren in einem nächsten Schritt systematisiert. Die Wahrscheinlichkeit, dass unbewilligte GVP in die Umwelt gelangen, wird dabei basierend auf den beiden Faktoren Eintrag und Verbreitung abgeschätzt. Bei beiden Faktoren wird die Wahrscheinlichkeit in fünf Kategorien von «unwahrscheinlich» bis «sehr wahrscheinlich» unterteilt (Tabelle 14). Mit Hilfe dieses qualitativen Verfahrens kann so für jeden einzelnen Eintragspfad abgeschätzt werden, in welchen Fällen ein Monitoring zu empfehlen ist oder ein solches als unnötig erachtet wird. Zusätzlich kann damit auch ein Übergangsbereich definiert werden, wo fallweise entschieden werden kann, ob ein Monitoring durchgeführt werden soll. Wird das vorgeschlagene Verfahren auf den Eintragspfad «Import von Saat- und Pflanzgut» (siehe Kapitel 4.3) und einige der darin diskutierten Kulturpflanzen angewendet, so ergibt sich, dass für Mais, Pflaume, Luzerne, Pappel und Soja ein Monitoring unnötig ist, während Raps in den Übergangsbereich fällt.

**Tabelle 14: Einschätzung der Eintrags- und Verbreitungswahrscheinlichkeit (verändert nach Hickson 2000) für einige der beim Eintragspfad E1 (Saatgutimport) möglichen Kulturpflanzen (siehe Abbildung 14)**

		Verbreitung				
		Unwahrscheinlich	Wenig wahrscheinlich	Möglich	Wahrscheinlich	Sehr wahrscheinlich
Eintrag	sehr wahrscheinlich					
	wahrscheinlich					
	möglich	① ⑥		④		
	wenig wahrscheinlich			② ③ ⑤		
	unwahrscheinlich					

1: Mais, 2: Pflaume, 3: Luzerne, 4: Raps, 5 Pappel, 6 Soja

kein Monitoring notwendig	Übergangsbereich	Monitoring empfohlen
---------------------------	------------------	----------------------

Definitionen der verwendeten qualitativen Skala für die beiden Begriffe Eintrag und Verbreitung:

Sehr wahrscheinlich	Ein Eintrag / eine Verbreitung ist mit grosser Sicherheit zu erwarten
Wahrscheinlich	Ein Eintrag / eine Verbreitung wird wahrscheinlich irgendwann erfolgen
Möglich	Ein Eintrag / eine Verbreitung ist ebenso wahrscheinlich wie unwahrscheinlich
Wenig wahrscheinlich	Ein Eintrag / eine Verbreitung wäre möglich, ist jedoch unter normalen Bedingungen nicht zu erwarten
Unwahrscheinlich	Ein Eintrag / eine Verbreitung ist nicht unmöglich, tritt jedoch nur unter sehr ungewöhnlichen Umständen auf

## 5 Diskussion

Bisher existiert in der Schweiz kein Monitoringprogramm, um unbewilligte GVP in der Umwelt zu entdecken. Das Aufspüren von GVP in der Umwelt kann sowohl zeitlich wie auch finanziell sehr aufwändig sein. Um den Aufwand in Grenzen zu halten und ein effizientes Monitoringprogramm zu etablieren, braucht es vorab ein Verfahren, anhand dessen sich abschätzen lässt, mit welcher Wahrscheinlichkeit welche GVP in die Umwelt gelangen könnten und ob eine Verbreitung möglich ist. Ein solches Verfahren wird in dieser Arbeit vorgestellt. Es baut auf folgenden vier Elementen auf: (1) Identifikation derjenigen GVP, die in die Umwelt des Kantons Zürich gelangen könnten; (2) Identifikation der Eintragspfade, auf denen unbewilligte GVP in die Umwelt des Kantons Zürich gelangen könnten; (3) Identifikation der Faktoren, mit denen sich die Wahrscheinlichkeit abschätzen lässt, ob es zu einem Eintrag unbewilligter GVP in die Umwelt kommt; und (4) Identifikation der Faktoren, mit der sich die Wahrscheinlichkeit abschätzen lässt, ob es nach einem Eintrag unbewilligter GVP zur Verbreitung in der Umwelt kommt.

Die Identifizierung derjenigen GVP, die in die Umwelt des Kantons Zürich gelangen könnten, erfolgt durch die Ermittlung des weltweiten Stands der Entwicklung und Kommerzialisierung von GVP. Dabei sind im Wesentlichen zwei Fälle von Bedeutung: GVP, die in mindestens einem Land für den kommerziellen Anbau bewilligt sind, und GVP, die sich in der Entwicklung befinden und noch nicht für den kommerziellen Anbau bewilligt sind. Der Fokus des hier erarbeiteten Verfahrens liegt bei den GVP mit kommerzieller Anbaubewilligung.

Die Identifizierung der Eintragspfade, anhand derer unbewilligte GVP in die Umwelt des Kantons Zürich gelangen könnten, erfolgt anhand theoretisch möglicher Fälle. Die wichtigsten Eintragspfade sind durch dieses Vorgehen abgedeckt, wobei die erarbeitete Liste keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Sollten weitere mögliche Pfade bekannt werden, müssten sie aufgenommen werden. Hierzu wird empfohlen, GVP-Vermischungsfälle im Ausland zu beobachten. Hilfreich hierfür ist ein von Umweltschutzorganisationen unterhaltenes Register, das weltweit Vermischungsfälle erfasst.<sup>4</sup>

Indem das vorliegende Verfahren möglichst viele Eintragspfade berücksichtigt, ermöglicht es zweierlei: erstens können die Umwelträume besser eingegrenzt werden, in denen unbewilligte GVP auftreten könnten. Zweitens ist es möglich, jene GVP zu identifizieren, die auf mehreren Wegen in die Umwelt des Kantons Zürich gelangen könnten. Dies erlaubt eine Gesamtbeurteilung.

Die Wahrscheinlichkeit, mit der unbewilligte GVP in die Umwelt des Kantons Zürich gelangen könnten, wird mit Hilfe verschiedener Faktoren abgeschätzt. Eine exakte Quantifizierung der Wahrscheinlichkeit ist mit diesen Faktoren nicht möglich, sie erlauben jedoch eine qualitative Einschätzung. Die Anwendung in der Praxis wird zeigen, welche Faktoren brauchbar sind und ob weitere berücksichtigt werden sollten.

Die Einschätzung der Wahrscheinlichkeit, mit der sich unbewilligte GVP nach einem Eintrag in der Umwelt des Kantons Zürich verbreiten und somit zu relevanten Expositionssituationen führen könnten, erfolgt im Wesentlichen aufgrund der Faktoren «Überwinterungsfähigkeit» und «Persistenz ausserhalb der Kulturlächen».

Da sich mit dem hier erarbeiteten Verfahren sowohl die Eintragungswahrscheinlichkeit wie auch die Verbreitungswahrscheinlichkeit einschätzen lassen, wird eine Unterscheidung von zwei relevanten Fällen möglich: (1) GVP, bei denen ein Eintrag wahrscheinlich, eine weitere Verbreitung aber unwahrscheinlich ist; und (2) GVP, bei denen sowohl Eintrag als auch Verbreitung wahrscheinlich sind. Die Unterscheidung ist wichtig, weil das Auftreten unbewilligter GVP in der Umwelt aus zwei Gründen Massnahmen erforderlich

<sup>4</sup> [www.gmcontamination-register.org](http://www.gmcontamination-register.org)

machen kann: erstens, weil der Sachverhalt eine Rechtsverletzung darstellt; und zweitens weil durch das Auftreten unbewilligter GVP unerwünschte Wirkungen auf Mensch, Tiere, Umwelt oder die biologische Vielfalt möglich werden könnten. Umweltauswirkungen sind zudem nur bei den GVP zu erwarten, bei denen sowohl ein Eintrag als auch eine Verbreitung in der Umwelt als wahrscheinlich gelten. Je nach Ausrichtung des Monitorings und der Wahl der Schutzziele können beide Fälle berücksichtigt werden oder nur derjenige, bei dem eingetragene GVP sich in der Umwelt auch verbreiten könnten. Welche Fälle man berücksichtigen will, ist letztendlich ein politischer Entscheid.

Das hier erarbeitete Verfahren erlaubt eine qualitative Bewertung der Eintrags- und Ausbreitungswahrscheinlichkeit unbewilligter GVP in den Kanton Zürich. Das Resultat dieser Arbeit ermöglicht es den kantonalen Behörden, einen wissenschaftlich fundierten Entscheid zu treffen, bei welchen Kulturarten allenfalls ein Umweltmonitoring unbewilligter GVP durchgeführt werden könnte. Für die Behörden stellt das mögliche Auftreten von unbewilligten GV-Pflanzen in der Umwelt eine Herausforderung dar, da das Thema nicht nur die Umwelt betrifft, sondern aus politischen Gründen oder aufgrund der öffentlichen Wahrnehmung, auch die menschliche Gesundheit, die Wirtschaft und das öffentliche Vertrauen in die staatlichen Kontrollsysteme betroffen sein könnten. Neben rein ökologischen Kriterien können deshalb noch weitere Kriterien einen Einfluss auf die Entscheidungen der kantonalen Behörden haben. Für eine vollständige Risikobewertung ist neben der Abschätzung der Eintragswahrscheinlichkeit auch das Schadensausmass von Bedeutung. Dieser Bericht macht jedoch keine Aussagen über das Schadensausmass, den der Eintrag von unbewilligten GVP in die Umwelt für Mensch, Tier und Umwelt darstellen könnte. Die im Bericht beschriebenen Einträge unbewilligter GVP sind deshalb als wertneutrale Ereignisse zu lesen. Was die Behörden in Zukunft als unerwünscht betrachten, muss somit noch definiert werden. Dieser politische Prozess hat unabhängig von der rein wissenschaftlichen Abschätzung der Eintrags- und Ausbreitungswahrscheinlichkeit zu erfolgen. Ein behördlicher Entscheid über die Durchführung eines Monitorings unbewilligter GVP sollte deshalb auch auf einer noch durchzuführenden Schadensdefinition und -bewertung basieren. Hierbei gilt es Kriterien zu finden, mit deren Hilfe bestimmt werden kann, wo und ab welchem Ausmass ein Eintrag unbewilligter GVP als störend, unerwünscht oder schädlich wahrgenommen wird.

## Literaturverzeichnis

- Agbios, 2008. GM crop database. [www.agbios.com/dbase.php?action=ShowForm](http://www.agbios.com/dbase.php?action=ShowForm)
- Ammann K., Jacot Y., Kjellsson G. & Simonsen V., 1999. Methods for risk assessment of transgenic plants. Basel: Birkhäuser Verlag, 260 S.
- Ammann K., Jacot Y. & 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? Hrsg. E. Schulte, O. Käppeli, S. 101–157. BATS – Fachstelle für Biosicherheitsforschung und Abschätzung von Technikfolgen, Basel.
- Aphis, 2007. Return to regulated status of Alfalfa genetically engineered for tolerance to the herbicide glyphosate. Animal and Plant Health Inspection Service, USDA. Docket No. 04-085-4.
- Arundel A., 2003. Biotechnology Indicators and Public Policy. STI Working Papers 2003/5, OECD, Paris.
- [www.oalis.oecd.org/olis/2003doc.nsf/43bb6130e5e86e5fc12569fa005d004c/27d1a88a727b4aecc1256d500040f2ed/\\$FILE/JT00146677.PDF](http://www.oalis.oecd.org/olis/2003doc.nsf/43bb6130e5e86e5fc12569fa005d004c/27d1a88a727b4aecc1256d500040f2ed/$FILE/JT00146677.PDF)
- Baack E.J., 2006. Engineered Crops: Transgenes go wild. *Current Biology* 16(15): 583–584.
- BAFU, 2008. Freisetzungsversuche mit GVO oder pathogenen Organismen. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern. [www.bafu.admin.ch/biotechnologie/01756/index.html?lang=de](http://www.bafu.admin.ch/biotechnologie/01756/index.html?lang=de)
- BAG, 2008. Gesuche und Bewilligungen für GVO-Erzeugnisse. Bundesamt für Gesundheit (BAG), Bern. [www.bag.admin.ch/themen/ernaehrung/00171/00466/02225/index.html?lang=de](http://www.bag.admin.ch/themen/ernaehrung/00171/00466/02225/index.html?lang=de)
- BCH, 2008. Unique Identifiers. Biosafety Clearing-House. <http://bch.cbd.int/database/organisms/uniqueidentifiers/about.shtml>
- Bendiek, J. & Grohmann, L., 2006. GVO-Kontrolle von Lebensmitteln, Futtermitteln und Saatgut: eine bundesweite Übersicht. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* 1: 241–245.
- BIO, 2008. Commercial status of certain agricultural biotechnology products. Biotechnology Industry Organization (BIO). [www.biotradestatus.com](http://www.biotradestatus.com)
- BLW, 2008. Gentech. <http://www.blw.admin.ch/themen/00008/00063/index.html?lang=de>
- BVL, 2008a. Standortregister: Anbau- und Freisetzungsf lächen von GV-Pflanzen in Deutschland. [http://194.95.226.237/stareg\\_web/showflaechen.do](http://194.95.226.237/stareg_web/showflaechen.do)
- BVL, 2008b. Datenbank zu Freisetzungsexperimenten mit gentechnisch veränderten Organismen. <http://194.95.226.234/cgi/lasso/snif/Search.lasso>
- Cohen J.I., 2005. Poorer nations turn to publicly developed GM crops. *Nature Biotechnology* 23: 27–33.
- Dale P.J., Clarke B. & Fontes E.M.G., 2002. Potential for the environmental impact of transgenic crops. *Nature Biotechnology* 20: 567–574.
- Demeke T., Perry D.J. & Scowcroft W.R., 2006. Adventitious presence of GMOs: Scientific overview for canadian grains. *Canadian Journal of Plant Science* 86: 1–23.
- Deng X. & Duan Y., 2006. Modification of perennial fruit trees. In: *Tree transgenesis*, Fladung M. & Ewald D. (Hrsg.), p. 47–66. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Dhlamini Z., Spillane C., Moss J.P., Ruane J., Urqula N. & Sonnino, A., 2005. Status of Research and Application of Crop Biotechnology in Developing Countries. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/y5800e/y5800e00.pdf>
- Dunwell J.M. & Ford C.S., 2005. Technologies for biological containment of GM and non-GM crops. Defra contract CPEC 47. Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra), London.
- Dunwell J.M., 1999. Transgenic crop plants: the next generation or an example 2020 vision. *Annals of Botany* 84: 269–277.
- ERMA, 2008. New Organism Register. Environmental Risk Management Authority of New Zealand. [www.ermanz.govt.nz/search/registers.html](http://www.ermanz.govt.nz/search/registers.html)
- FAO, 2004. Preliminary review of biotechnology in forestry, including genetic modification. Forest Genetic Resources Working Paper FGR/59E. Forest Resources Development Service, Forest Resources Division. Rome, Italy. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/ae574e/ae574e00.pdf>
- Fladung M. & Ewald D. (Hrsg.), 2006. *Tree transgenesis*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- Fox J.L., 2007. US courts thwart GM alfalfa and turf grass. *Nature Biotechnology* 25: 367–368.

- Friesen L.F., Nelson A.G. & Van Acker R.C., 2003. Evidence of contamination of pedigreed canola (*Brassica napus*) seedlots in western Canada with genetically engineered herbicide resistance traits. *Agronomy Journal* 95: 1342–1347.
- Fürst I., 1999. Swiss soiled seed prompts tolerance question. *Nature Biotechnology* 17: 629.
- GMO-Compass, 2008. GMO Compass. [www.gmo-compass.org/eng/home/](http://www.gmo-compass.org/eng/home/)
- Graff G.D. & Newcomb J., 2003. Agricultural biotechnology at the crossroads. Part I: the changing structure of the industry. Bio-era – Bio Economic Research Associates.
- Hickson R., Moeed A. & Hannah D., 2000. HSNO, ERMA and risk management. *New Zealand Science Review*, 57: 72–77.
- ISB, 2008a. Field Test Releases in the U.S. Information Systems for Biotechnology (ISB). [www.isb.vt.edu/cfdocs/fieldtests1.cfm](http://www.isb.vt.edu/cfdocs/fieldtests1.cfm)
- ISB, 2008b. Crops no longer regulated by USDA. [www.isb.vt.edu/cfdocs/biopetitions1.cfm](http://www.isb.vt.edu/cfdocs/biopetitions1.cfm)
- James C., 2007. Global status of commercialized Biotech/GM crops: 2007. The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA), Brief No. 36. Ithaca, NY.
- James C., 2006. Global status of commercialized Biotech/GM crops: 2006. The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA), Brief No. 35. Ithaca, NY.
- J-BCH, 2008. Approved living modified organisms. Japan Biosafety Clearing House (J-BCH). [www.bch.biodic.go.jp/english/lmo.html](http://www.bch.biodic.go.jp/english/lmo.html)
- Jepson W.E., 2002. Globalization and Brazilian biosafety: the politics of scale over biotechnology governance. *Political Geography* 21: 905–925.
- JRC, 2008. Deliberate releases and placing on the EU market of Genetically Modified Organisms. European Commission, Joint Research Centre, (JRC). <http://gmoinfo.jrc.it/>
- Kalaitzandonakes N., Alston J.M. & Bradford K.J., 2007. Compliance costs for regulatory approval of new biotech crops. *Nature Biotechnology* 25: 509–511.
- Kargl C., 2008. GV-Sorten, verboten in Österreich. Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Wien. <http://www.ages.at/ages/ernaehrungssicherheit/gvo/gv-sorten/>
- Kim C.-G., Yi H., Park S., Yeon J.E., Kim D.Y., Kim D.I., Lee K.-H., Lee T.C., Paek I.S., Yoon W.K., Jeong S.-E. & Mook H., 2006. Monitoring the occurrence of genetically modified soybean and maize around cultivated fields and at a grain receiving port in Korea. *Journal of Plant Biology* 49(3): 218–223.
- Lemaux P.G., 2008. Genetically engineered plants and foods: a scientist's analysis of the issues (part I). *Annual Review of Plant Biology* 59: 771–812.
- Levidow L. & Carr S., 2007. GM crops on trial: technological development as a real-world experiment. *Futures* 39(4): 408–431.
- Lheureux K., Libeau-Dulos M., Nilsagard H., Cerezo E., Menrad K., Menrad M. & Vorgrimler D., 2003. Review of GMOs under research and development and in the pipeline in Europe. European Science and Technology Observatory.
- Macilwain C., 2005. US launches probe into sales of unapproved transgenic corn. *Nature* 434: 423.
- Marvier M. & van Acker R.C., 2005. Can crop transgenes be kept on a leash? *Frontiers in Ecology and the Environment* 3(2): 93–100.
- Mellon M. & Rissler J., 2004. Gone to seed: transgenic contaminants in the traditional seed supply. Cambridge, MA: Union of Concerned Scientists. [www.ucsusa.org/food\\_and\\_environment/genetic\\_engineering/gone-to-seed.html](http://www.ucsusa.org/food_and_environment/genetic_engineering/gone-to-seed.html)
- Ministère de l'Agriculture et de la Pêche (2006. Bilan du plan de contrôle 2005 des semences importées de pays tiers. [www.agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/bilan\\_contrôlev2\\_2005.pdf](http://www.agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/bilan_contrôlev2_2005.pdf)
- Monsanto, 2008. Our systematic pipeline process. [www.monsanto.com/products/pipeline/new\\_products.asp](http://www.monsanto.com/products/pipeline/new_products.asp)
- Murphy D.J., 2004. Overview of application of plant biotechnology. In: Christou P. & Klee H. (Hrsg.), *Handbook of plant biotechnology*. John Wiley & Sons Ltd.
- NASS, 2008. Hawaii papayas. National Agricultural Statistics Service (NASS), Honolulu. [www.nass.usda.gov/hi/fruit/papaya.pdf](http://www.nass.usda.gov/hi/fruit/papaya.pdf)
- Nickson T.E., 2005. Crop biotechnology – the state of play. In: Poppy G. & Wilkinson M. (Hrsg.), *Gene flow from GM plants*. Blackwell Publishing Ltd., Oxford. pp. 12–42.
- NIES, 2005. A monitoring survey concerning the environmental impact caused by genetically engineered living organisms (Canola). National Institute for Environmental Studies, Tsukuba.
- OECD, 2001. Report of the OECD Workshop on unique identification systems for transgenic plants. Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology, No. 17.
- OECD, 2003. OECD environmental indicators. Development, measurement and use.
- OECD, 2006. OECD Guidance for the designation of a unique identifier for transgenic plants. Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology, No. 23.

- OECD, 2008. BioTrack product database. [www.oecd.org/biotech](http://www.oecd.org/biotech)
- OGTR, 2008. List of applications and licences for Dealings involving Intentional Release (DIR) of GMOs into the environment. [www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/ir-1](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/ir-1)
- OGTR, 2005. Quarterly Report of the Gene Technology Regulator for the Period 1 January to 31 March 2005. Office of The Gene Technology Regulator. [www.ogtr.gov.au](http://www.ogtr.gov.au)
- Petri C. & Burgos L., 2005. Transformation of fruit trees. Useful breeding or continued future prospect? *Transgenic Research* 14: 15–26.
- Petry M. & Bugang W., 2007. China, Biotechnology, Annual 2007. GAIN Report Number CH7055, USDA Foreign Agricultural Service.
- Peuke A.D. & Rennerberg H., 2006. Heavy metal resistance and phytoremediation with transgenic trees. In: Fladung M. & Ewald D. (Hrsg.), *Tree transgenesis*, pp. 137–155. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- Plant Biosafety Office, 2008. Summary of confined research field trials, Canada. [www.inspection.gc.ca/english/plaveg/bio/confine.shtml](http://www.inspection.gc.ca/english/plaveg/bio/confine.shtml)
- Reichman J.R., Watrud L.S., Lee E.H., Burdick C.A., Bollman M.A., Storm M.J., King G.A. & Mallory-Smith C., 2006. Establishment of transgenic herbicide-resistant creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera* L.) in nonagronomic habitats. *Molecular Ecology* 15(13): 4243–4255.
- Robischon M., 2006. Field trials with transgenic trees – state of the art and development. In: Fladung M. & Ewald D. (Hrsg.), *Tree transgenesis*, pp. 3–23. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- Runge C.F. & Ryan B., 2004. The Global Diffusion of Plant Biotechnology: International Adoption and Research in 2004. Center for International Food and Agricultural Policy, University of Minnesota, 117 S. [www.apec.umn.edu/faculty/frunge/globalbiotech04.pdf](http://www.apec.umn.edu/faculty/frunge/globalbiotech04.pdf)
- Saji H., Nakjima N., Aono M., Tamaoki M., Kubo A., Wakiyama S., Hatase Y. & Nagatsu M., 2005. Monitoring the escape of transgenic oilseed rape around Japanese ports and roadsides. *Environmental Biosafety Research* 4: 217–222.
- Sanvido O., Stark M., Romeis J. & Bigler F., 2006. Ecological impacts of genetically modified crops. Experiences from ten years of experimental field research and commercial cultivation. ART-Schriftenreihe 1. Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART, Zürich.
- Sauter A. & Hüsing B., 2005. Grüne Gentechnik – Transgene Pflanzen der 2. und 3. Generation. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Berlin. [www.biosicherheit.de/pdf/dokumente/tab\\_ab104.pdf](http://www.biosicherheit.de/pdf/dokumente/tab_ab104.pdf)
- Shibata M., 2008. Importance of genetic transformation in ornamental plant breeding. *Plant Biotechnology* 25: 3–8.
- Smyth S., Khachatourians G.G. & Phillips P.W.B., 2002. Liabilities and economics of transgenic crops. *Nature Biotechnology* 20: 537–541.
- Spök A., 2007. Molecular farming on the rise – GMO regulators still walking a tightrope. *Trends in Biotechnology* 25(2): 74–82.
- Stokstad E., 2008. GM papaya takes on ringspot virus and wins. *Science* 320: 472.
- Smeets E. & Weterings R., 1999. Environmental indicators: typology and overview. Technical Report No 25. European Environmental Agency (EEA), Copenhagen.
- Tanaka Y., Katsumoto Y., Brugliera F. & Mason J., 2005. Genetic engineering in floriculture. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 80(1): 1–24.
- TransGen, 2008. Informationsportal zur Gentechnik bei Lebensmitteln. [www.transgen.de](http://www.transgen.de)
- Van Frankenhuyzen K. & Beardmore T., 2004. Current status and environmental impact of transgenic forest trees. *Canadian Journal of Forest Research* 34: 1163–1180.
- Vermij P., 2006. Liberty Link rice raises specter of tightened regulations. *Nature Biotechnology* 24(11): 1301–1302.
- VGM, 2005. Brazil weighs cost of GM soy segregation. *Nature Biotechnology* 23: 1195.
- Vogel G., 2006. Tracing the transatlantic spread of GM rice. *Science* 313: 1714.
- Vogel B. & Potthof C., 2004. Verschobene Marktreife. Materialien zur zweiten und dritten Generation transgener Pflanzen. Gen-ethisches-Netzwerk, Berlin. [www.gen-ethisches-netzwerk.de/files/0312\\_Verschobene\\_Marktreife.pdf](http://www.gen-ethisches-netzwerk.de/files/0312_Verschobene_Marktreife.pdf)
- UC Davis, 2003. Tomato seed from seed bank found to be genetically modified. UC Davis News & Information. University of California, Davis. [www.news.ucdavis.edu/search/news\\_detail.lasso?id=6833](http://www.news.ucdavis.edu/search/news_detail.lasso?id=6833)
- Wang Z.-Y. & Ge Y., 2006. Recent advances in genetic transformation of forage and turf grasses. *In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant* 42: 1–18.

- Wang H., 2004. The state of genetically modified forest trees in China. In: FAO: Preliminary review of biotechnology in forestry, including genetic modification. Forest Genetic Resources Working Paper FGR/59E. Forest Resources Development Service, Forest Resources Division. Rome, Italy. [http://www.fao.org/docrep/008/ae574e/AE574E08.htm#P2194\\_223664](http://www.fao.org/docrep/008/ae574e/AE574E08.htm#P2194_223664)
- Yankelevich A., 2006. Paraguay, Biotechnology, Annual 2006. GAIN Report Number PA6004 USDA Foreign Agricultural Service. [www.fas.usda.gov/gainfiles/200607/146208319.pdf](http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200607/146208319.pdf)
- Zhou X., Liu W., Lian L. & Zhan W., 2007. Monitoring of Roundup™ Ready soybean in Guangdong province in China. *Food Control* 10: 1219–1222.
- Zi X., 2005. GM rice forges ahead in China amid concerns over illegal planting. *Nature Biotechnology* 23(6): 637.

## **Dank**

Die Autoren danken den folgenden Personen und Instituten, die Informationen zu diesem Bericht beigetragen haben: Botanischer Garten der Universität Zürich (Peter Enz), Botanischer Garten der Universität Bern (Doris Rentsch), Oberzolldirektion Bern (Herr Pfammatter), BLW (Markus Hardegger, Herr Bouverat), Sämereien Winterthur (Herr Gysin), Wyss Samen (Herr Oberholzer) und Mitarbeiter der Agroscope Reckenholz-Tänikon ART (Mathias Menzi, Jochen Mayer, Jörg Romeis, Silvia Zanetti, Claudia Frick und Andreas Grünig) und ACW Wädenswil (Herr Theiler).

## Anhänge 1–7

### Anhang 1: Informationsquellen im Internet

Betreiber	Bewilligungen	Anbau- flächen	Freisetzungsversuche (FrSV)	URL
Agbios	Liste bewilligter GVP, weltweit			<a href="http://www.agbios.com">http://www.agbios.com</a>
BCH	Informationen bewilligte GVP, weltweit			<a href="http://bch.cbd.int/database/organisms/">http://bch.cbd.int/database/organisms/</a>
BIO	Status Kommerzialisierung GVP der Industrie			<a href="http://www.biotradestatus.com">http://www.biotradestatus.com</a>
BVL		Anbauregister Deutschland	Datenbank zu FrSV in der EU und in Deutschland	<a href="http://194.95.226.234/cgi/lasso/snif/Search.lasso">http://194.95.226.234/cgi/lasso/snif/Search.lasso</a>
ERS		Anbauflächen USA		<a href="http://www.ers.usda.gov/Data/biotechcrops/">http://www.ers.usda.gov/Data/biotechcrops/</a>
EU	EU-Register bewilligter GVP-Lebens- und Futtermittel			<a href="http://ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm">http://ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm</a>
FAO			Datenbank zu FrSV in Entwicklungsländern	<a href="http://www.fao.org/biotech/inventory_admin/dep/default.asp">http://www.fao.org/biotech/inventory_admin/dep/default.asp</a>
ISB	Datenbank zu GVP in den USA		Datenbank zu FrSV in den USA	<a href="http://www.isb.vt.edu/cfdocs/fieldtests1.cfm">http://www.isb.vt.edu/cfdocs/fieldtests1.cfm</a>
ISAAA		Anbauflächen, weltweit		<a href="http://www.isaaa.org">http://www.isaaa.org</a>
JRC	Anbaubewilligungen in der EU		FrSV in der EU	<a href="http://gmoinfo.jrc.it/default.aspx">http://gmoinfo.jrc.it/default.aspx</a>
OECD	Informationen über bewilligte GVP, weltweit			<a href="http://www2.oecd.org/biotech/default.aspx">http://www2.oecd.org/biotech/default.aspx</a>
TransGen	Bewilligungen in der EU	Anbauflächen weltweit und Deutschland	Informationen über FrSV in Deutschland	<a href="http://www.transgen.de">http://www.transgen.de</a>
USDA	Länderberichte	Länderberichte	Länderberichte	<a href="http://www.fas.usda.gov/scriptsw/AttacheRep/default.asp">http://www.fas.usda.gov/scriptsw/AttacheRep/default.asp</a>

Abkürzungen: **BCH**: Biosafety Clearing-House; **BIO**: Biotechnology Industry Organization; **BVL**: Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit; **ERS**: Economic Research Service; **FAO**: Food and Agriculture Organisation; **JRC**: Joint Research Center; **ISAAA**: International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications; **ISB**: Information Systems for Biotechnology; **OECD**: Organisation for Economic Cooperation and Development; **USDA**: United State Department of Agriculture

**Liste von Internetseiten, die Informationen zu GVP auf Länderebene anbieten.**

Stand Juli 2008

Argentinien	<a href="http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/programas/conabia/liberaciones_ogm.php">http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/programas/conabia/liberaciones_ogm.php</a>
Australien	<a href="http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/ir-1">http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/ir-1</a>
Brasilien	<a href="http://www.ctnbio.gov.br">http://www.ctnbio.gov.br</a>
China	<a href="http://english.biosafety.gov.cn/">http://english.biosafety.gov.cn/</a>
Deutschland	<a href="http://www.bvl-berlin.de/cgi/lasso/fs/liste-d.lasso">http://www.bvl-berlin.de/cgi/lasso/fs/liste-d.lasso</a>
Frankreich	<a href="http://www.ogm.gouv.fr">http://www.ogm.gouv.fr</a>
England	<a href="http://www.defra.gov.uk/environment/gm/regulation/registers.htm">http://www.defra.gov.uk/environment/gm/regulation/registers.htm</a>
EU	<a href="http://ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm">http://ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm</a> <a href="http://gmoinfo.jrc.it/default.aspx">http://gmoinfo.jrc.it/default.aspx</a>
Japan	<a href="http://www.bch.biodic.go.jp/english/lmo.htm">http://www.bch.biodic.go.jp/english/lmo.htm</a> <a href="http://www.mhlw.go.jp/english/topics/food/index.html">http://www.mhlw.go.jp/english/topics/food/index.html</a>
Kanada	<a href="http://www.croplife.ca/english/resourcecentre/bio-lmos.html">http://www.croplife.ca/english/resourcecentre/bio-lmos.html</a> <a href="http://www.inspection.gc.ca/english/plaveg/bio/confine.shtml">http://www.inspection.gc.ca/english/plaveg/bio/confine.shtml</a>
Korea	<a href="http://www2.rda.go.kr/gmo/english/e_index.asp">http://www2.rda.go.kr/gmo/english/e_index.asp</a>
Neuseeland	<a href="http://www.ermanz.govt.nz/search/registers.html">http://www.ermanz.govt.nz/search/registers.html</a>
USA	<a href="http://www.ers.usda.gov/Data/biotechcrops/">http://www.ers.usda.gov/Data/biotechcrops/</a> <a href="http://www.isb.vt.edu/cfdocs/fieldtests1.cfm">http://www.isb.vt.edu/cfdocs/fieldtests1.cfm</a> <a href="http://usbiotechreg.nbio.gov/database_pub.asp">http://usbiotechreg.nbio.gov/database_pub.asp</a>
Mexiko	<a href="http://www.conabio.gob.mx">http://www.conabio.gob.mx</a>
Schweiz	<a href="http://www.bafu.admin.ch/biotechnologie/01756/index.html?lang=de">http://www.bafu.admin.ch/biotechnologie/01756/index.html?lang=de</a> <a href="http://www.bag.admin.ch/themen/ernaehrung/00171/00466/02225/index.html?lang=de">http://www.bag.admin.ch/themen/ernaehrung/00171/00466/02225/index.html?lang=de</a>
Vietnam	<a href="http://www.agbiotech.com.vn/en/">http://www.agbiotech.com.vn/en/</a>

**Anhang 2: Liste der für den kommerziellen Anbau bewilligten GVP weltweit**

Stand Juli 2008

Quellen: Agbios (2008), BCH (2008), OECD (2008), FAO (2004)

Abkürzungen: BF: veränderte Blütenfarbe, HT: Herbizidtoleranz, IR: Insektenresistenz, MS: männliche Sterilität, PQ: Produktqualität, RF: Reifeverzögerung, RN: reduzierter Nikotingehalt, VH: veränderte Haltbarkeit, VR: Virusresistenz

Pflanze	Unique Identifier	Event	Trait	Anbaubewilligung in
<b>Baumwolle</b>				
	ACS-GH001-3	LLcotton25	HT	Australien, USA
	ACS-GH001-3 x MON-15985-7	LLCotton25 x MON15985	HT+IR	Japan
	BXN-10211-9	BXN10211	HT	USA
	BXN-10215-4	BXN10215	HT	USA
	BXN-10222-2	BXN10222	HT	USA
	DAS-24236-5	281	HT+IR	USA
	DAS-21023-5	3006	IR	USA
	DAS-21023-5 x DAS-24236-5	281 x 3006	IR	USA
	DD-01951A-7	19-51a	HT	USA
	MON-15985-7	MON15985	IR	Australien, Indien, Südafrika, USA
	MON-00757-7	757	IR	USA
	MON-01445-2	MON1445	HT	Argentinien, Australien, Japan, Kolumbien, Südafrika, USA
	MON-88913-8	MON88913	HT	Australien, Südafrika, USA
	MON-00531-6	531	IR	Argentinien, Australien, Brasilien, Indien, Japan, Mexiko, Südafrika, USA
	MON-00531-6 x MON-01445-2	531 x MON1445	HT+IR	Australien, Südafrika
	MON-88913-8 x MON-15985-7	MON88913 x 15985	HT+IR	Australien, Südafrika
	MON-15985-7 x MON-01445-2	MON15985 x MON1445	HT+IR	Australien
	MON-15985-7 x MON-88913-8	MON15985 x MON88913	HT+IR	Australien
	nicht zugewiesen	31807	HT+IR	USA
	nicht zugewiesen	31808	HT+IR	USA
	nicht zugewiesen		IR	China
<b>Chicorée</b>				
	nicht zugewiesen	RM3-3	HT+MS	USA
	nicht zugewiesen	RM3-4	HT+MS	USA
	nicht zugewiesen	RM3-6	HT+MS	USA
<b>Flachs</b>				
	CDC-FL001-2	FP967	HT	Kanada, USA
<b>Kartoffel</b>				
	NMK-89167-6	BT16	IR	Kanada, USA
	NMK-89175-5	BT10	IR	Kanada, USA
	NMK-89170-9	ATBT04-31	IR	Kanada, USA
	NMK-89185-6	RBMT21-350	IR+VR	Kanada, USA
	NMK-89279-1	ATBT04-36	IR	Kanada, USA
	NMK-89367-8	ATBT04-27	IR	Kanada, USA
	NMK-89576-1	SPBT02-5	IR	Kanada, USA
	NMK-89593-9	BT17	IR	Kanada, USA
	NMK-89613-2	ATBT04-30	IR	Kanada, USA
	NMK-89653-6	RBMT15-101	IR+VR	Kanada, USA
	NMK-89675-1	BT23	IR+VR	Kanada, USA
	NMK-89684-1	RBMT21-129	IR+VR	Kanada, USA

Fortsetzung Liste der für den kommerziellen Anbau bewilligten GVP weltweit

Pflanze	Unique Identifier	Event	Trait	Anbaubewilligung in
<b>Kartoffel</b>				
	NMK-89601-8	BT12	IR	Kanada, USA
	NMK-89724-5	SPBT02-7	IR	Kanada, USA
	NMK-89761-6	ATBT04-6	IR	Kanada, USA
	NMK-89812-3	BT06	IR	Kanada, USA
	NMK-89896-6	RBMT22-82	IR+VR	Kanada, USA
	NMK-89935-9	SEMT15-02	IR+VR	Kanada, USA
	NMK-89930-4	SEMT15-15	IR+VR	Kanada, USA
	NMK-89906-7	BT18	IR	Kanada, USA
<b>Nelke</b>				
	FLO-11226-8	1226A	BF	EU
	FLO-11351-7	1351A	BF	EU
	FLO-11363-1	11363	BF	Australien, EU, Japan
	FLO-11400-2	1400A	BF	EU
	FLO-11959-3	959A	BF	EU
	FLO-11988-7	988A	BF	EU
	FLO-40619-7	123.2	BF	Australien, Japan
	FLO-40644-4	123.2.38	BF	Australien, Ecuador, Japan, Kolumbien
	FLO-40685-1	123.8.8	BF	Australien, Japan
	FLO-40689-6	123.8.12	BF	Ecuador, Kolumbien
	FLO-07442-4	11	BF	Japan
	FLO-00066-8	66	VH	Australien, EU
	FLO-00004-9	4	BF	Australien
	FLO-00015-2	15	BF	Australien
	FLO-00016-3	16	BF	Australien
<b>Luzerne</b>				
	MON-00163-7	J163	HT	Japan, Kanada
	MON-00101-8	J101	HT	Japan, Kanada
	MON-00163-7x MON-00101-8	J163x J101	HT	Japan
<b>Mais</b>				
	ACS-ZM001-9	MS3	HT+MS	Kanada, USA
	ACS-ZM002-1	T14	HT	Japan, Kanada, USA
	ACS-ZM003-2	T25	HT	Argentinien, Brasilien, EU, Japan, Kanada, USA
	ACS-ZM003-2xMON-00810-6	T25 x MON810	HT+IR	Japan
	ACS-ZM005-4	MS6	HT+MS	Kanada, USA
	DAS-59122-7	59122	HT+IR	Japan, Kanada, USA
	DAS-59122-7 x DAS-01507-1 x MON-00603-6	59122x1507xNK603	HT+IR	Japan
	DAS-59122-7 x MON-00603-6	59122xNK603	HT+IR	Japan
	DAS-01507-1	1507	HT+IR	Argentinien, Japan, Kanada, USA
	DAS-01507-1 x DAS-59122-7	1507 x 59122	HT+IR	Japan
	DAS-01507-1 x MON-00603-6	1507 x NK603	HT+IR	Argentinien, Japan
	DAS-06275-8	DAS-06275-8	HT+IR	Kanada
	DKB-89614-9	DBT418	HT+IR	Argentinien, Japan, Kanada, USA
	DKB-89790-5	DLL25	HT	Japan, Kanada, USA
	MON-88017-3	MON88017	HT+IR	Japan, Kanada, USA
	MON-88017-3 x MON-00810-6	MON88017, MON810	HT+IR	Japan
	MON-80200-7	MON802	HT+IR	Kanada, USA

Fortsetzung Liste der für den kommerziellen Anbau bewilligten GVP weltweit

Pflanze	Unique Identifier	Event	Trait	Anbaubewilligung in
<b>Mais</b>				
	MON-00603-6	NK603	HT	Argentinien, Japan, Kanada, Philippinen, Südafrika, USA
	MON-00603-6xMON-00810-6	NK603 x MON810	HT+IR	Argentinien, Japan, Philippinen, Südafrika
	MON-00810-6	MON810	IR	Argentinien, Brasilien, EU, Japan, Kanada, Philippinen, Südafrika, Uruguay, USA
	MON-00863-5	MON 863	IR	Japan, Kanada, USA
	MON-00863-5xMON-00603-6	MON863 x NK603	HT+IR	Japan
	MON-00863-5xMON-00810-6	MON863 x MON810	IR	Japan
	MON-00863-5 x MON-00810-6 x MON-00603-6	MON863 x MON810 x NK603	HT+IR	Japan
	MON-00021-9	GA21	HT	Argentinien, Japan, Kanada, USA
	MON-00021-9xMON-00810-6	GA21 x MON810	HT+IR	Japan
	PH-000676-7	676	HT+MS	USA
	PH-000678-9	678	HT+MS	USA
	PH-000680-2	680	HT+MS	USA
	PH-MON809-2	MON809	HT+IR	Kanada, USA
	REN-00038-3	LY038	PQ	Japan, Kanada, USA
	REN-00038-3xMON-00810-6	LY038	PQ+IR	Japan
	SYN-BT011-1	Bt11	HT+IR	Argentinien, Brasilien, Japan, Kanada, Philippinen, Südafrika, Uruguay, USA
	SYN-EV176-9	Bt176	HT+IR	Argentinien, Japan, Kanada, USA
	SYN-IR604-5	MIR604	IR	Kanada, USA
	SYN-E3272-5	3272	PQ	Kanada
<b>Papaya</b>				
	CUH-CP631-7	61-1	VR	USA
	CUH-CP551-8	55-1	VR	USA
	nicht zugewiesen	Huangnong 1	VR	China
<b>Pappel</b>				
	nicht zugewiesen	741	IR	China
	nicht zugewiesen	?	IR	China
<b>Paprika</b>				
	nicht zugewiesen	Shuangfeng R	VR	China
	nicht zugewiesen	PK-SP01	VR	China
<b>Petunie</b>				
	nicht zugewiesen		PQ	China
<b>Pflaume</b>				
	ARS-PLMC5-6	C5	VR	USA
<b>Raps</b>				
	ACS-BN007-1	HCN92	HT	Australien, Japan, Kanada, USA
	ACS-BN008-2	HCN28	HT	Australien, Japan, Kanada, USA
	ACS-BN011-5	Oxy-235	HT	Japan, Kanada
	ACS-BN004-7 x ACS-BN001-4	MS1 X RF1	HT+MS	Australien, Japan, Kanada, USA
	ACS-BN004-7 x ACS-BN002-5	MS1 X RF2	HT+MS	Australien, Japan, Kanada, USA
	ACS-BN005-8 x ACS-BN003-6	MS8 x RF3	HT+MS	Australien, Japan, Kanada, USA

Fortsetzung Liste der für den kommerziellen Anbau bewilligten GVP weltweit

Pflanze	Unique Identifier	Event	Trait	Anbaubewilligung in
<b>Raps</b>				
	CGN-89465-2	23-198	PQ	Kanada, USA
	CGN-89111-8	23-18-17	PQ	Kanada, USA
	MON-ØØØ73-7	GT73	HT	Australien, Japan, Kanada, USA
	MON-89249-2	GT200	HT	Japan, Kanada, USA
	nicht zugewiesen	HCN10	HT	Japan, Kanada, USA
<b>Reis</b>				
	ACS-OSØØ1-4	LLRice06	HT	USA
	ACS-OSØØ2-5	LLRice62	HT	USA
	BCS-OSØØ3-7	LLRICE601	HT	USA
<b>Rübenkohl</b>				
	nicht zugewiesen	HCR-1	HT	Kanada
	nicht zugewiesen	ZSR500/502	HT	Kanada
<b>Soja</b>				
	ACS-GMØØ1-8	W98	HT	USA
	ACS-GMØØ2-9	W62	HT	USA
	ACS-GMØØ3-1	GU262	HT	USA
	ACS-GMØØ4-2	A2704-21	HT	USA
	ACS-GMØØ5-3	A2704-12	HT	Kanada, USA
	ACS-GMØØ6-4	A5547-127	HT	USA
	DD-Ø26ØØ5-3	G94-1, G94-19, G168	PQ	Kanada, USA
	MON-Ø4Ø32-6	40-3-2	HT	Argentinien, Brasilien, Mexiko, Paraguay, Japan, Kanada, Südafrika, Uruguay, USA
	MON-89788-1	MON89788	HT	Japan, Kanada, USA
<b>Tabak</b>				
	nicht zugewiesen	Vector 21-41	RN	USA
<b>Tomate</b>				
	CGN-89322-3	8338	RF	USA
	CGN-89564-2		RF	USA
	nicht zugewiesen	1345-4	RF	USA
	nicht zugewiesen	35 1 N	RF	USA
	nicht zugewiesen	B	RF	USA
	nicht zugewiesen	DA	RF	USA
	nicht zugewiesen	F	RF	USA
	nicht zugewiesen	5345	IR	USA
	nicht zugewiesen	8805R	VR	China
	nicht zugewiesen	PK-TM8805R	VR	China
	nicht zugewiesen	Da Dong No. 9	RF	China
<b>Zucchini</b>				
	SEM-ØCZW3-2	CZW3-2	VR	USA
	SEM-ØZW2Ø-7	ZW20	VR	USA
<b>Zuckerrübe</b>				
	ACS-BVØØ1-3	T120-7	HT	Kanada, USA
	KM-ØØØH71-4	H7-1	HT	Japan, Kanada, USA
	SY-GTSB77-8	GTSB77	HT	USA

**Anhang 3: Status der Bewilligung von GVP-Lebens- und Futtermitteln in der Schweiz**

Stand Juli 2008

Quelle: BAG (2008)

Pflanze	Unique Identifier (Event, Handelsname)	Eigenschaft	Status
<b>Mais</b>			
	SYN-E3272-5 (3272-5)	VI	Anmeldung in Bearbeitung
	SYN-EV176-9 (Bt176)	IR	Bewilligung, Erneuerungsgesuch in Bearbeitung
	SYN-BT011-1 (Bt11)	IR	Bewilligung, Erneuerungsgesuch in Bearbeitung
	ACS-ZM003-2 (T25, Liberty Link)	HT	Anmeldung in Bearbeitung
	DAS-01507-1 (1507, Herculex I)	HT + IR	Anmeldung in Bearbeitung
	MON-00021-9 (GA21, Roundup Ready)	HT	Anmeldung in Bearbeitung
	MON-0810-6 (MON810, MaisGard)	IR	Bewilligung, Erneuerungsgesuch in Bearbeitung
	MON-00603-6 (NK603, Roundup Ready)	HT	Anmeldung in Bearbeitung
	MON-00603-6 x MON-0810-6 (NK603 x MON810)	HT + IR	Anmeldung in Bearbeitung
	SYN-IR604-5 (MIR604)	HT + IR	Anmeldung in Bearbeitung
	DAS-59122-7 (59122)	HT + IR	Anmeldung in Bearbeitung
<b>Raps</b>			
	MON-00073-7 (GT73, Roundup Ready)	HT	Anmeldung in Bearbeitung
<b>Soja</b>			
	MON-04032-6 (MON 40-3-2, Roundup Ready)	HT	Bewilligung
	MON-89788-1 (MON89788, Roundup RReady2Yield)	HT	Anmeldung in Bearbeitung
	DP-356043-5 (356043, Optimum GAT)	HT	Anmeldung in Bearbeitung
	DP-305412-1 (305423)	HT + VF	Anmeldung in Bearbeitung
	ACS-GM005-3 (A2704-12, Liberty Link)	HT	Anmeldung in Bearbeitung

Abkürzungen: **IR**: Insektenresistenz; **HT**: Herbizidtoleranz; **VF**: veränderte Fettsäurezusammensetzung; **VI**: veränderte Inhaltsstoffe für Bioethanolproduktion.

#### Anhang 4: Auskreuzung und Samenverbreitung der wichtigsten Kulturpflanzen der Schweiz

Quelle: verändert nach Amman *et al.* (1996)

ja GV-Sorten sind bewilligt und werden kommerziell angebaut

(ja) Eine Bewilligung für GV-Sorten ist vorhanden, aber der Anbau ist ungewiss

Pflanzenart	Wahrscheinlichkeit für Auskreuzung und Samenverbreitung	GV-Sorten auf dem Weltmarkt erhältlich (Stand 2007)
Rohrschwengel	erheblich und verbreitet	nein
Wiesenschwengel	erheblich und verbreitet	nein
Italienisches Raigras	erheblich und verbreitet	nein
Englisches Raigras	erheblich und verbreitet	nein
Luzerne	erheblich und verbreitet	ja
Salat	erheblich, aber lokal	nein
Möhre	erheblich, aber lokal	nein
Raps	niedrig und lokal	ja
Rübsen	niedrig und lokal	(ja)
Radieschen	niedrig und lokal	nein
Zichorie	niedrig und lokal	nein
Roggen	minimal	nein
Weizen	minimal	nein
Endivie	minimal	nein
Kohl	minimal	nein
Rotklee	null	nein
Weissklee	null	nein
Zuckerrübe	null	(ja)
Kartoffel	null	(ja)
Tomate	null	(ja)
Gerste	null	nein
Mais	null	ja
Soja	null	ja

## Anhang 5: Überwinterungsfähigkeit von Kulturpflanzen im Freiland im Kanton Zürich

Die Angaben zur Überwinterungsfähigkeit sind für Kulturpflanzen angegeben, bei denen GV-Varianten auf dem Markt oder in der Forschung existieren

Quellen: Ammann *et al.* 1999 und persönliche Mitteilungen von: Enz (Botanischer Garten Zürich) Frick (ART), Grünig, (ART), Menzi (ART) und Theiler (ACW).

Name	Überwinterung unter den klimatischen Bedingungen des Kantons Zürich
<b>Ackerkulturen</b>	
Baumwolle	Nein
Erdnuss	Nein
Flachs	Ja
Gerste	Ja
Hafer	ja
Hirse	ja
Hopfen	ja
Kaffee	nein
Kakao	nein
Kartoffel	ja
Linse	unter Umständen
Lupine	ja
Mais	unter Umständen Durchwuchs möglich
Maniok	nein
Raps	ja
Reis	nein
Soja	nein
Sonnenblume	ja
Süskartoffel	nein
Tabak	ja
Weizen	ja
Zuckerrohr	nein
Zuckerrübe	unter Umständen Durchwuchs aus Samen möglich
<b>Bäume</b>	
Birke	ja
Eukalyptus	Jungpflanzen und Samen nicht, ältere Bäume nur mit Schaden
Fichte	ja
Föhre	ja
Kokosnuss	nein
Ölpalme	nein
Pappel	ja
<b>Blumen</b>	
Nelke	ja
Orchideen	Tropische Zimmerpflanzen nein, andere ja
Petunien	ja
Rosen	ja

## Fortsetzung Liste Überwinterungsfähigkeit im Freiland

Name	Überwinterung unter den klimatischen Bedingungen des Kantons Zürich
<b>Früchte</b>	
Ananas	nein
Apfel	ja
Aubergine	Pflanzen nicht, Samen aus Kompost eventuell möglich
Avocado	nein
Banane	nein
Baumnuss	ja
Birne	ja
Dattelpflaume (Persimone)	nein
Erdbeere	ja
Gartenkürbis	Pflanzen nicht, Samen aus Kompost eventuell möglich
<b>Gemüse</b>	
Gurke	Pflanzen nicht, Samen aus Kompost eventuell möglich
Himbeere	ja
Kichererbsen	Pflanzen nicht, Samen aus Kompost eventuell möglich
Kirsche	ja
Kiwi	ja
Kürbis	Pflanzen nicht, Samen aus Kompost eventuell möglich
Mango	nein
Melonen	nein
Olive	An geschützter Lage, in mildem Winter, bildet keine Früchte
Papaya	nein
Paprika	Pflanzen nicht, Samen aus Kompost eventuell möglich
Pflaume	ja
Tomate	Pflanzen nicht, Samen aus Kompost eventuell möglich
Weinrebe	ja
Zitrusfrüchte	nein
Zucchetti	Pflanzen nicht, Samen aus Kompost eventuell möglich
<b>Futterpflanzen, Gräser</b>	
Englisches Raigras	ja
Flechtstraussgras	ja
Hundsstraussgras	ja
Klee	ja
Luzerne	ja
Rohrschwengel	ja
Wiesenrispe	ja

## Fortsetzung Liste Überwinterungsfähigkeit im Freiland

Name	Überwinterung unter den klimatischen Bedingungen des Kanton Zürichs
<b>Gemüse</b>	
Blumenkohl	ja
Broccoli	ja
Chicorée	ja
Erbse	ja
Karotte	ja
Kohl	ja
Kopfsalat	ja
Radicchio	ja
Zwiebel	ja
<b>Gewürze, Kräuter</b>	
Pfefferminze	ja
Pfeffer	nein
Senf	ja

## Anhang 6: Saatgutimporte in die Schweiz

Die angegebenen Zahlen sind keine offiziellen Daten der Zollbehörden für ein bestimmtes Jahr. Gemüseimporte werden am Zoll als eine Zollposition und nicht pro Kultur festgehalten. Die Importzahlen und je nach Saatgutproduzent auch das Herstellungsland ändern zudem jährlich. Gemüsesaatgut wird zu 100 % importiert.

Quelle: Bouverat, BLW; Gysin, Fenaco; Oberholzer, Wyss Samen und Pflanzen AG; Zanetti, ART

Kultur	Saatgutimport (kg)	Land (Saatgutproduktion)
Baumwolle	NEIN	
Chicorée	JA	FR,IT,DE,NL
Flachs	JA	FR,HU
Flechtstrausgrass	JA	USA
Gerste	16 969	DE, FR, AT
Hafer	10 029	DE, FR
Kartoffeln	4 724 117	DE, FR, NL,
Kürbis	JA	DE,FR,IT,USA,NL
Luzerne	210 416	DE, FR, IT, NL, CA
Mais	1 583 306	DE, FR, NL, AT, HU
Nelke	JA	FR,D
Papaya	NEIN	
Petunie	JA	DE,FR,NL,JAPAN
Raps	96 229	EU
Reis	Ja (keine näheren Angaben)	EU, andere
Roggen	477 366	DE, HR
Rosen	NEIN	
Soja	558 739	FR, CA
Sonnenblumen	JA	FR,DE,HU
Süsse Paprika	JA	NL,FR,IT,DE
Tabak	JA	FR,DE
Tomaten	JA	NL,FR,DE,JAPAN
Tomaten und Zichorien	270 497 (Früchte/Gemüse)	
Weizen (oh. Hartweizen)	755 106	FR, EU
Hartweizen	7015	EU
Zucchetti	JA	FR,NL,DE
Zuckerrübe	79 441	DE, BE, AT, DK, SE
Anderes Gemüse:	Ja (keine näheren Angaben)	DE, FR, IT, NL, GB

Abkürzung	Land
AT	Österreich
BE	Belgien
CA	Kanada
DE	Deutschland
DK	Dänemark
FR	Frankreich
GB	Grossbritannien
HU	Ungarn
IT	Italien
NL	Holland
SE	Schweden

## Anhang 7: Pflanzen, die im Kanton Zürich gentechnisch bearbeitet werden

Ackerschmalwand ( <i>Arabidopsis thaliana</i> )
Apfel ( <i>Malus</i> spp.)
Baumwolle ( <i>Gossypium hirsutum</i> )
Erbse ( <i>Pisum sativum</i> )
Kartoffel ( <i>Solanum tuberosum</i> )
Kleines Blasenmützenmoos ( <i>Physcomitrella patens</i> )
Lotus japonicus (Leguminosenart)
Mais ( <i>Zea mays</i> )
Medicago trunculata (Leguminosenart)
Raps ( <i>Brassica napus</i> )
Reis ( <i>Oryza sativa</i> )
Schneeglöckchen ( <i>Galanthus nivalis</i> )
Weisser Senf ( <i>Sinapis alba</i> )
Tabak ( <i>Nicotiana tabacum</i> )
Tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> )
Weinrebe ( <i>Vitis vinifera</i> )
Weizen ( <i>Triticum aestivum</i> )
Wilde Möhre ( <i>Daucus carota</i> )

Quelle: Forschungsmeldungen ans AWEL; persönliche Mitteilung Rentsch, Botanischer Garten Bern, 2005

## Schriftenreihe der FAL

---

22– 51: <a href="http://www.art.admin.ch">www.art.admin.ch</a> >Dokumentation >ART-Shop		
52	Integrierter und biologischer Anbau im Vergleich – Anbausystemversuch Burgrain 2004 Urs Zihlmann <i>et al.</i>	D CHF 30.–
53	Ökobilanzierung des Landwirtschaftsbetriebs 2004 Dominique Rossier & Gérard Gaillard	D CHF 30.–
54	Schwermetallbilanzen von Landwirtschaftsparzellen der nationalen Bodenbeobachtung 2005 Armin Keller, Nicolas Rossier & André Desaulés	D CHF 30.–
55	Koexistenz verschiedener landwirtschaftlicher Anbausysteme mit und ohne Gentechnik – Konzept 2005 Olivier Sanvido <i>et al.</i>	D CHF 30.–
56	Evaluation der Ökomassnahmen – Bereich Biodiversität Évaluation des mesures écologiques – Domaine biodiversité 2005 Felix Herzog & Thomas Walter	D/F CHF 40.–
57	Evaluation der Ökomassnahmen – Bereich Stickstoff und Phosphor Évaluation des mesures écologiques – Domaine de l’azote et du phosphore 2005 Felix Herzog & Walter Richner	D/F CHF 40.–
58	Ökobilanzierung von Anbausystemen im schweizerischen Acker- und Futterbau 2006 Thomas Nemecek, Olivier Huguenin-Elie, David Dubois & Gérard Gaillard	D CHF 40.–

---

**Diese Serie wurde ersetzt durch die ART-Schriftenreihe**

---

## FAT-Schriftenreihe

---

33– 64: <a href="http://www.art.admin.ch">www.art.admin.ch</a> >Dokumentation >ART-Shop		
65	Treibstoffverbrauch und Emissionen von Traktoren bei landwirtschaftlichen Arbeiten 2005 Manfred Rinaldi, Stefan Erzinger & Ruedi Stark	D CHF 12.–
66	Konzeptionelle Überlegungen zur Neugestaltung des Direktzahlungssystems der schweizerischen Landwirtschaft auf der Basis der Tinbergen-Regel 2005 Stefan Mann	D CHF 8.–
67	Analyse der Repräsentativität im schweizerischen landwirtschaftlichen Buchhaltungsnetz 2005 Beat Meier	D CHF 18.–
68	Landtechnik im Alpenraum. Tagung 10./11.5.2006 in Feldkirch 2006 Robert Kaufmann & Günther Hütl (Redaktion)	D CHF 23.–
69	Landwirtschaftliches Bauen und Landschaft (BAULA) 2006 Antje Heinrich & Robert Kaufmann (Redaktion)	D CHF 28.–
70	La croissance de la productivité de l’agriculture suisse, 1990–2001: Une Approche non paramétrique 2006 Ali Ferjani	F CHF 14.–
71	Influence of alternative semi-outdoor housing systems in comparison with the conventional indoor housing on carcass composition and meat and fat quality of finishing pigs 2006 Hans Ulrich Bärlocher	E CHF 17.–

---

**Diese Serie wurde ersetzt durch die ART-Schriftenreihe**

---

## ART-Schriftenreihe

---

1	Ecological impacts of genetically modified crops – Experiences from ten years of experimental field research and commercial cultivation 2006 Olivier Sanvido, Michèle Stark, Jörg Romeis & Franz Bigler	E CHF 40.–
2	Agrarstrukturwandel im Berggebiet 2006 Stefan Lauber	D CHF 40.–
3	1. Tänikoner Melktechniktagung 2007 Robert Kaufmann & Dusan Nosal (Redaktion)	D CHF 40.–
4	Evaluation ausgewählter agrarpolitischer Massnahmen im pflanzlichen Bereich 2007 Stefan Mann, Ali Ferjani, Markus Lips & Helmut Ammann	D CHF 40.–
5	Biotreibstoffe 2007 Andreas Kampa & Ulrich Wolfensberger	D CHF 30.–
6	Arbeitszeitbedarf für die Betriebsführung in der Landwirtschaft: Ein kausal-empirischer Ansatz für die Arbeitszeitermittlung in der Milchproduktion 2007 Christoph Moriz	D CHF 30.–
7	Landtechnik im Alpenraum 2008 Robert Kaufmann & Günther Hütl (Redaktion)	D CHF 40.–

---

### Bestelladresse:

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Bibliothek, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen  
Telefon +41 (0)52 368 31 31, Telefax +41 (0)52 365 11 90; E-Mail: [doku@art.admin.ch](mailto:doku@art.admin.ch)



**ART-Schriftenreihe 8**

## **Grundlagen für ein Umweltmonitoring unbewilligter gentechnisch veränderter Pflanzen im Kanton Zürich**

Mit dem für die Zukunft erwarteten Anstieg der weltweiten Anbaufläche gentechnisch veränderter Pflanzen (GVP) könnten auch vermehrt unbewilligte GVP in die Umwelt gelangen. Treten diese in der Schweiz in der Umwelt auf, so sind die Kantone für allfällige Massnahmen zuständig. Bisher existiert in der Schweiz kein Monitoringprogramm, um allfällige unbewilligte GVP in der Umwelt zu identifizieren und deren Verbreitung zu überwachen.

Die Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART hat zusammen mit der Sektion Biosicherheit des Amtes für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) des Kantons Zürich, ein Verfahren entwickelt, anhand dessen sich die Wahrscheinlichkeit abschätzen lässt, mit der unbewilligte GVP in die Umwelt des Kantons Zürich gelangen könnten, und mit dem sich zudem abschätzen lässt, mit welcher Wahrscheinlichkeit es zu einer Verbreitung kommt.

Dieser Bericht ermöglicht kantonalen Behörden, einen wissenschaftlich fundierten Entscheid zu treffen, bei welchen Kulturarten allenfalls ein Umweltmonitoring unbewilligter GVP durchgeführt werden könnte. Der Bericht macht jedoch keine Aussagen über das Schadensausmass, den der Eintrag von unbewilligten GVP in die Umwelt für Mensch, Tier und Umwelt darstellen könnte. Die beschriebenen Einträge sind deshalb als wertneutrale Ereignisse zu lesen. Was die Behörden in Zukunft als unerwünscht betrachten, muss somit noch definiert werden.

ISSN 1661-7584 ART-Schriftenreihe  
ISBN 978-3-905733-09-9  
Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART  
Tänikon, CH-8356 Ettenhausen  
doku@art.admin.ch, www.art.admin.ch



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Volkswirtschafts-  
departement EVD  
**Forschungsanstalt**  
**Agroscope Reckenholz-Tänikon ART**