

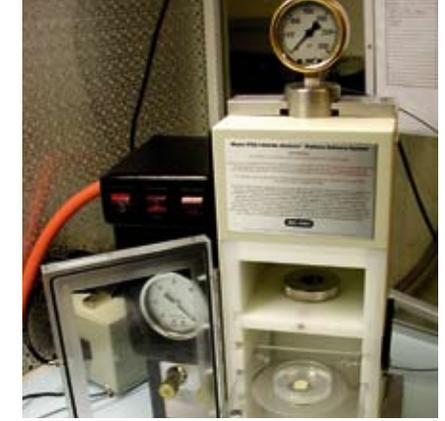


Medikamente aus Gentech-Pflanzen

Gentechnisch veränderte Pflanzen (GVP) mit Schädlings- und Herbizidresistenzen oder mit erhöhtem Vitamingehalt sind bereits auf dem Markt. In den Forschungslaboratorien entsteht nun eine neue Generation von GVP: Pharmapflanzen, die in der Lage sind, Arzneimittel herzustellen. Was bringen Pharmapflanzen? Welches sind ihre Vorteile, und wie steht es mit ihrer Sicherheit?

Genübertragung

Die sogenannte Genkanone wird eingesetzt, um Gene in den Zellkern von Pflanzenzellen einzubringen. Das Gen wird auf winzige Goldpartikel aufgebracht und diese anschliessend mittels der Genkanone auf Pflanzenzellen geschossen. Dann kann das Gen in den Kern der Pflanzenzellen gelangen. Soll eine GVP ein Arzneimittel (häufig ein Protein) produzieren, so muss das Gen, welches die Information für das gewünschte Arzneimittel enthält, übertragen werden.



Eine lange Vorgeschichte

Die Ära der gentechnologisch hergestellten Pharmazeutika begann im Jahr 1982: die US-amerikanische Food and Drug Administration gab damals Insulin (zur Behandlung der Zuckerkrankheit) frei, das in gentechnisch veränderten Bakterien hergestellt worden war. 1990 gelang es, mit transgenen Tabak- und Kartoffelpflanzen menschliches Serumalbumin (das häufigste Blutprotein) herzustellen. Zur Anwendung beim Menschen zugelassen wurde bisher allerdings weltweit noch kein in GVP hergestelltes Arzneimittel. Verschiedene Medikamente aus GVP befinden sich in Entwicklung, einige werden bereits in verschiedenen Phasen klinischer Prüfungen getestet: so etwa Medikamente zur Kariesvorbeugung und zur Behandlung des Non-Hodgkin-Lymphoms, einer Krebserkrankung. Zwei in GVP produzierte Arzneimittel, die sich noch in der Entwicklung befinden, dürfen bereits zur Behandlung seltener Krankheiten eingesetzt werden (Bsp. gastrische Lipase bei Cystische Fibrose-Patienten).

Nicht nur für die Therapie, sondern auch für die Vorbeugung von Krankheiten werden Hoffnungen in Pharmapflanzen gesetzt: In den USA wurde ein in GVP hergestellter Impfstoff gegen eine Viruserkrankung bei Geflügel zugelassen. Er wird in einem Produktionssystem hergestellt, welches statt ganzer Pflanzen pflanzliche Zellkulturen nutzt.

Motivation für die Herstellung von Pharmazeutika in GVP

• Deckung grosser Nachfrage:

Bereits über ein Viertel aller auf dem Markt befindlichen Arzneimittel werden heute mit Hilfe der Bio- und Gentechnologie hergestellt. In der Regel stammen solche Medikamente aus Zellkulturen von gentechnisch veränderten

Bakterien, Hefen oder tierischen Zellen. Um den künftigen Bedarf an gentechnisch produzierten Medikamenten zu stillen, dürften diese Herstellungsmethoden jedoch nicht ausreichen. So wird Hepatitis B-Impfstoff in gentechnisch veränderter Hefe heute nicht in genügender Menge und hinreichend günstig erzeugt, um den Bedarf von Entwicklungsländern zu decken.

• Dämpfung der Kosten:

Pharmapflanzen sollen die Produktion von grossen Arzneimittelmengen bei tiefen Kosten erlauben. Die Investitions- und Betriebskosten für den Pflanzenbau sind gering. Die Produktion kann durch eine Vergrösserung der Anbaufläche gesteigert werden. Teuer kann allerdings die Isolierung eines Arzneimittels aus der Pflanze und dessen Reinigung werden.

• Vielfalt an Wirkstoffen und geringe Risiken für den Menschen:

Pflanzen können potentiell eine grosse Vielfalt komplexer Wirkstoffe herstellen, was in mikrobiellen Organismen meist nicht möglich ist. Ausserdem sind Krankheitserreger von Pflanzen für den Menschen ungefährlich. Deshalb gelten in Pflanzen produzierte Produkte diesbezüglich als sicher.

• Geringes Allergierisiko:

Freilich werden Proteine – eine der möglichen Klassen von Arzneimitteln – bei ihrer Herstellung in Pflanzen teilweise auf andere Weise modifiziert als im menschlichen Körper. Dass diese Unterschiede beim Menschen allergische Reaktionen auslösen, beurteilen Fachleute aber als unwahrscheinlich.

IMPRESSUM

Herausgeber:

Forum Genforschung
SCNAT
Schwarztorstrasse 9, 3007 Bern
www.geneticresearch.ch

Redaktion: Karen Hilzinger,
Lucienne Rey, Jean-Marc Neuhaus

Übersetzung: Jean-Jacques Daetwyler

Layout: Olivia Zwygart

Fotos: Lucienne Rey | Susanne Brunner
(Institut für Pflanzenbiologie, Universität
Zürich) | Silvia Travella (Institut für
Pflanzenbiologie, Universität Zürich) |
www.genfakten.ethz.ch |
www.biosicherheit.de

Druck: Albrecht Druck und Satz,
Obergerlafingen

Auflage: 500 Ex.

Erscheinung: November 2007



Aufzucht zu intakten Pflanzen

Nach der Genübertragung werden die Pflanzenzellen zu intakten Pflanzen aufgezogen. Um einzig Pflanzen aufzuziehen, bei denen die Genübertragung erfolgreich war, wird zusätzlich ein Marker-Gen eingebracht; Pflanzen ohne Marker-Gen gedeihen nicht. Die erfolgreich aufgezogenen Pflanzen werden nun als «gentechnisch veränderte Pflanzen (GVP)» oder «transgene Pflanzen» bezeichnet.

- **Einfache Darreichungsform:**

Mittels Pharmapflanzen können möglicherweise essbare Impfstoffe hergestellt werden. Anders als es auf den ersten Blick nahe liegt, können diese Produkte aber nicht als frisches Obst oder Früchte verzehrt werden, da eine kontrollierte Verabreichung bekannter Dosen gewährleistet sein muss. Vorstellbar wäre aber die Aufbereitung von pasteurisiertem Fruchtmus mit bekanntem Wirkstoffgehalt. Eine aufwändige Reinigung wäre so nicht notwendig.

Pharmapflanzen fürs Freiland in der Risikobeurteilung

Es ist unwahrscheinlich, dass Pharmapflanzen in den nächsten Jahren in der Schweiz im Freiland angebaut werden. Denkbar wäre indes eine mögliche Produktion im Gewächshaus, d.h. unter geschlossenen Bedingungen. Wird jedoch ein Anbau von Pharmapflanzen im Freiland beantragt, muss in jedem Fall das von ihnen ausgehende Risiko eingehend beurteilt werden:

- **Ausbreitung in die Umwelt:**

In erster Linie gilt es zu verhindern, dass sich das Arzneimittel in die Umwelt verbreitet und ungewollt (und unwissentlich) von Menschen oder anderen Organismen aufgenommen wird. In die Umwelt gelangen kann der medizinische Wirkstoff, wenn er von Tieren gefressen oder von der Pflanze über Wurzeln und Blätter ausgeschieden wird, sowie wenn die Pharmapflanze verrottet. Das eingebrachte Gen kann innerhalb der Art oder an nah verwandte Arten sowie – mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit – an Mikroorganismen weitergegeben werden. In letzterem Fall sind die Gene allerdings nicht mehr funktionell, so dass die Mikroorganismen das betreffende Medikament nicht produzieren können.

- **Vermischung mit Nahrungsmitteln:**

Die Weitergabe des eingebrachten Gens an Pflanzen, die zum Verzehr bestimmt sind, oder eine irrtümliche Vermischung von Ernten könnten dazu führen, dass Nahrungsmittel mit Medikamenten vermischt würden. Skeptiker der Pharmapflanzen stellen daher in Frage, dass Nahrungsmittelpflanzen für die Arzneimittelproduktion überhaupt geeignet sind. Für die Verwendung von Nahrungsmittelpflanzen spricht, dass Ernte- und Verarbeitungstechniken schon sehr gut ausgearbeitet sind. Zudem basiert das Konzept der essbaren Impfstoffe auf der Produktion in Nahrungsmittelpflanzen. Darüber hinaus können in Samen angereicherte Arzneimittel langfristig ohne Einbussen bei Raumtemperatur gelagert werden.

- **Fallweise Beurteilung der Risiken:**

Es ist nicht möglich, das Risiko von Pharmapflanzen generell zu beurteilen. Dieses muss von Fall zu Fall für jede einzelne Pharmapflanze ermittelt werden. Von Bedeutung sind z.B. die Eigenschaften des Arzneimittels, wie dessen Wirkungsweise oder dessen schneller bzw. langsamer Abbau in der Umwelt. Überdies bestäuben die verschiedenen Pflanzen unterschiedlich leicht andere Pflanzen ihrer Art oder nahe verwandter Arten. So befruchtet der Pollen gewisser Nahrungsmittelpflanzen häufig die Blüten anderer, auch weit entfernt gelegener Pflanzen, so dass es zur Weitergabe des eingebrachten Gens an Pflanzen kommen könnte, die für die Nahrungsmittelproduktion bestimmt sind. Im Gegensatz dazu bestäubt der Pollen anderer Nahrungsmittelpflanzen hauptsächlich die eigenen Blüten, und mit zunehmender Entfernung wird die Befruchtung von Blüten anderer Pflanzen sehr unwahrscheinlich.

Herstellung einer gentechnisch veränderten Pflanze (GVP)

Zunächst wird das Gen, welches die Information für das gewünschte Produkt (häufig ein Protein) enthält, identifiziert, danach isoliert und anschliessend in den Zellkern von Pflanzenzellen übertragen. Dadurch entstehen transformierte Zellen, welche zu intakten Pflanzen aufgezogen werden. Um sicher zu stellen, dass nur Pflanzen aufgezogen werden, die das neue Gen enthalten, wird bei der Genübertragung zusätzlich ein Marker-Gen eingebracht; Pflanzen ohne Marker-Gen gedeihen nicht. Anschliessend werden die erfolgreich transformierten Pflanzen, welche nun als «gentechnisch veränderte Pflanzen (GVP)» oder «transgene Pflanzen» bezeichnet werden, eingehend untersucht. Dabei gilt es unter anderem abzuklären, ob das übertragene Gen anhaltend ins erwünschte Protein übersetzt wird, in welcher Menge die Pflanze dieses produziert, und ob es auch korrekt gebildet wird.





Ziele anderer neuer GVP

Gentechnisch veränderte Pflanzen (GVP) mit Schädlings- und Herbizidresistenzen oder mit erhöhtem Vitamingehalt sind bereits auf dem Markt. In den letzten zehn Jahren nahm die Ackerfläche, die mit GVP bebaut wird, kontinuierlich zu: Weltweit werden heute auf mehr als 100 Millionen Hektaren GVP angebaut. Gemessen an dieser Gesamtfläche würde der Anbau von Pharmapflanzen nur einen sehr kleinen Anteil ausmachen. In den Forschungslaboratorien werden heute aber nicht nur für die Herstellung von Arzneimitteln Pflanzen gentechnisch modifiziert. Auch für die industrielle Stoffproduktion wird auf GVP zurückgegriffen, etwa, um «Kunststoffe» oder industriell einsetzbare Proteine zu gewinnen. Ferner werden Nahrungs- oder Futtermittelpflanzen so verändert, dass ihr Allergiepotential verringert oder ihre Nährstoffzusammensetzung verbessert wird. Ausserdem werden die Eigenschaften von Pflanzen modifiziert, damit diese belasteten Böden die Schadstoffe entziehen oder – im Fall von Zierblumen – in Farbe und Form vielfältiger werden.

Eingehende Untersuchung

Die neu hergestellte gentechnisch veränderte Pflanze wird in einer Klimakammer oder einem Gewächshaus eingehend untersucht. Dabei gilt es u.a. abzuklären, ob das übertragene Gen in der Pflanze stabil ist, ob es anhaltend ins erwünschte Protein übersetzt wird und dieses auch korrekt gebildet wird. Ebenso wird überprüft, ob die GVP unerwartete Eigenschaften zeigt.



Sicherheitsvorkehrungen beim Anbau von Pharmapflanzen

In der Diskussion der Sicherheitsvorkehrungen beim Anbau von GVP lassen sich die so genannten physikalischen («containment») von den biologischen («confinement») Methoden unterscheiden.

- Zu den **physikalischen Methoden** gehört beispielsweise der Anbau in einem Gewächshaus, d.h. unter geschlossenen Bedingungen. Der Anbau im Gewächshaus ist eine übliche und notwendige Zwischenstufe zwischen Laborversuchen und Anbau im Freiland. Ein Anbau unter geschlossenen Bedingungen ist dann angezeigt, wenn ein Kontakt zwischen der GVP und der Umwelt aus Gründen des Umwelt- oder des Verbraucherschutzes ausgeschlossen werden muss. Für die Schweiz ist zu erwarten, dass ein allfälliger Anbau von Pharmapflanzen in den nächsten Jahren im Gewächshaus stattfinden würde. Bei einem Anbau von GVP im Freiland kann z.B. mit einem ausreichend grossen Isolationsabstand erreicht werden, dass das eingeführte Gen nicht an andere Pflanzen weiter gegeben wird; innerhalb dieses Trennbereichs dürfen keine Pflanzen angebaut werden, mit welchen sich die Pharmapflanzen kreuzen können. Mit dieser Methode haben Pflanzenzüchter in der Vergangenheit bereits viel Erfahrung gesammelt, denn auch zur Sortenreinhaltung konventionell gezüchteter Nutzpflanzen muss eine Vermischung der verschiedenen Sorten vermieden werden. Eine Mantelsaat, d.h. der Anbau eines Streifens unveränderter Pflanzen rund um das Feld mit GVP, reduziert die Pollenausbreitung sowohl bei windbestäubten als auch bei insektenbestäubten Pflanzen, weil der Pollen grösstenteils schon in der Mantelsaat wieder abgesetzt wird. So

kann auch die Wahrscheinlichkeit der unkontrollierten Weitergabe eines «Fremd-Gens» reduziert werden.

- Als **biologische Methode** zur Erhöhung der Sicherheit von GVP könnten z.B. Pflanzen eingesetzt werden, die keine Pollen produzieren und so das eingeführte Gen nicht anderen Pflanzen weitergeben können. Unter Umständen ist es auch möglich, das Gen, welches die Information für das gewünschte Produkt (häufig ein Protein) enthält, statt in den Zellkern in die Chloroplasten der Pflanzenzellen zu übertragen, da Chloroplasten wie der Zellkern auch Erbsubstanz enthalten. Chloroplasten sind Bestandteile von Pflanzenzellen, die der Photosynthese dienen, Chlorophyll enthalten und damit den Pflanzen auch die grüne Farbe verleihen. Da sich in den Pollen der meisten Pflanzen keine Chloroplasten befinden, wird so die Verbreitung des übertragenen Gens gut eingedämmt. Nicht alle gewünschten Proteine können jedoch auf diese Art und Weise hergestellt werden, da in den Chloroplasten gewisse Proteinmodifikationen, die für die Funktion der Proteine wesentlich sind, natürlicherweise von der Pflanze nicht durchgeführt werden.

Gesetzliche Grundlagen in der Schweiz

In der Schweiz sind Tätigkeiten mit gentechnisch veränderten Organismen (GVO), und damit auch mit Pharmapflanzen, grundsätzlich erlaubt. Der Gesetzgeber hat jedoch strenge Leitplanken gesetzt.

Die rechtliche Grundlage für den Umgang mit GMO in der Schweiz ist das Bundesgesetz über die Gentechnik im Ausserhumanbereich (Gentechnikgesetz, GTG). Das GTG soll Mensch, Tier und Umwelt vor Missbräuchen der Gentechno-



GVP im Freiland

In der Schweiz benötigt jede Freisetzung von gentechnisch veränderten Pflanzen – damit auch von Pharmapflanzen – eine Bewilligung des Bundes. Der Gesetzgeber hat strenge Leitplanken gesetzt. So muss eine Verbreitung der GVP und ihrer neuen Eigenschaften ausgeschlossen werden, andere Organismen dürfen nicht beeinträchtigt und der Stoffhaushalt der Umwelt nicht geschädigt werden. Ebenso muss die Warenflusstrennung von Produkten aus GVP und solchen aus unveränderten Pflanzen garantiert werden können. Dass Pharmapflanzen in der Schweiz in den nächsten Jahren im Freiland angebaut werden, ist unwahrscheinlich. Viel wahrscheinlicher wäre eine mögliche Produktion im Gewächshaus, d.h. unter geschlossenen Bedingungen.

logie schützen, die biologische Vielfalt und deren nachhaltige Nutzung dauerhaft erhalten, die Achtung der Würde der Kreatur gewährleisten, die Produktion ohne GVO schützen, die Wahlfreiheit der Konsumentinnen und Konsumenten ermöglichen und die Information der Öffentlichkeit fördern.

Die Verordnung über den Umgang mit Organismen in geschlossenen Systemen (Einschlussverordnung, ESV) regelt den Umgang mit GVO in geschlossenen Systemen, die Verordnung über den Umgang mit Organismen in der Umwelt (Freisetzungsverordnung, FrSV) konkretisiert den Umgang mit GVO in der Umwelt.

Alle Tätigkeiten mit GVO in geschlossenen Systemen (z. B. im Labor oder Gewächshaus) müssen gemeldet werden; je nach Tätigkeit kann diese auch bewilligungspflichtig sein. Die Meldungen und Bewilligungsgesuche sind bei der Kontaktstelle Biotechnologie des Bundes einzureichen. Dabei ist für jede Tätigkeit eine Risikobewertung vorzunehmen. In einem ersten Schritt ist das Risiko, das von einem Organismus ausgeht, zu bewerten. Hierfür gibt es wissenschaftlich begründbare und experimentell abgestützte Kriterien, die eine Einstufung des Organismus in verschiedene Gruppen von «kein oder vernachlässigbar kleines Risiko» (Gruppe 1) bis zu «hohes Risiko» (Gruppe 4) erlauben. In einem weiteren Schritt wird die Tätigkeit klassiert. Die Einstufung der Tätigkeit entspricht in der Regel der Organismengruppe, kann aber aufgrund verschiedener Kriterien, wie Umfang der Tätigkeit und Verbreitungswahrscheinlichkeit, von der Gruppeneinstufung abweichen. Entsprechend der Tätigkeitsklasse werden die zu treffenden Sicherheitsmassnahmen festgelegt.

Freisetzungsversuche oder das Inverkehrbringen von GVO benötigen in jedem Fall eine Bewilligung des Bundes. In das Bewilligungsverfahren eingebunden werden Fachstellen des Bundes (Bundesamt für Umwelt [BAFU], Bundesamt für Gesundheit [BAG], Bundesamt für Landwirtschaft [BLW], Bundesamt für Veterinärwesen [BVET], Eidgenössische Fachkommission für biologische Sicherheit [EFBS], Eidgenössische Ethikkommission für Biotechnologie im Ausserhumanbereich [EKAH]) sowie die vom Standortkanton bezeichnete Fachstelle. Die Bewilligungsbehörde für Freisetzungsversuche ist das Bundesamt für Umwelt. Beim Inverkehrbringen von GVO bestimmt der Verwendungszweck sowohl das Bewilligungsverfahren als auch die zuständige Bewilligungsbehörde; genaue Angaben dazu macht Artikel 13 der Freisetzungsverordnung.

Für Freisetzungsversuche gibt das GTG strenge Vorgaben. So muss gezeigt werden, dass die gewünschten Erkenntnisse nicht im geschlossenen System gewonnen werden können, und der Versuch muss zur Erforschung der Biosicherheit beitragen. Die Organismen dürfen keine Resistenzgene gegen gebräuchliche Antibiotika enthalten. Und schliesslich sollte eine Verbreitung dieser Organismen und der neuen Eigenschaften ausgeschlossen werden können. Für das Inverkehrbringen von GVO, die direkt in der Umwelt verwendet werden sollen, müssen bestimmte Bedingungen erfüllt sein. So muss aus Versuchen im geschlossenen System bzw. in Freisetzungsversuchen belegt sein, dass der GVO andere Organismen nicht beeinträchtigt oder den Stoffhaushalt der Umwelt nicht schwerwiegend oder dauerhaft schädigt. Auch hier ist eine unerwünschte Verbreitung der GVO bzw. deren Eigenschaften zu verhindern.

Zur Risikobeurteilung von GVP im Freiland

GVP, die im Freiland angebaut werden sollen, dürfen kein Risiko aufweisen, das über das normale Mass der landwirtschaftlichen Praxis hinausgeht. Von Bedeutung ist dabei die Frage, ob GVP verwildern und sich dauerhaft in der Umwelt etablieren können, ob sie das übertragene Gen an Pflanzen derselben Art weitergeben oder es auf nahe verwandte Arten (Auskreuzung) oder Bakterien und Viren verbreiten können. Ebenfalls relevant sind bei der Risikoabschätzung mögliche Auswirkungen der GVP auf Lebensgemeinschaften und auf das jeweilige (Agrar-)Ökosystem. Um das Risiko abschätzen zu können, spielt auch die Beurteilung möglicher Gesundheitsrisiken eine grosse Rolle, also der eventuellen Toxizität oder allergieauslösenden Wirkung durch die eingeführten Gene. Für die Beantwortung solcher Fragen kommt Erkenntnissen aus der Forschung grosse Bedeutung zu. Die Behörden dürfen die Anwendung einer GVP im Freiland nur dann genehmigen, wenn keine unvermeidbaren schädlichen Wirkungen auf Mensch und Umwelt zu erwarten sind. Darüber hinaus muss auch die Warenflusstrennung während der gesamten Produktion sichergestellt sein. Es ist unwahrscheinlich, dass Pharmapflanzen in den nächsten Jahren in der Schweiz im Freiland angebaut werden. Viel wahrscheinlicher wäre eine mögliche Produktion im Gewächshaus, d.h. unter geschlossenen Bedingungen. Mit einem Anbau unter geschlossenen Bedingungen können die oben genannten Risiken kontrolliert werden.



Unterschiedliche Begriffe werden für die Produktion von Arzneimitteln in GVP verwendet, so z.B. «Biopharming», «Molekulares Pharming resp. Farming», «Gene Pharming», «Phytopharming».

Keine generelle Beurteilung möglich

Die Evaluation der Biosicherheit von GVO wird fallweise durchgeführt («case-by-case»), d.h. jeder GVO wird in seinen spezifischen Eigenschaften beurteilt. Gleichzeitig hat der Umgang mit GVO gemäss dem «Step-by-step»-Prinzip zu erfolgen. Das bedeutet, dass der Schritt vom geschlossenen System zur versuchsweisen Freisetzung und schliesslich vom Freilandexperiment zur grossflächigen Zulassung nur dann zulässig ist, wenn sich gezeigt hat, dass der GVO nach dem Stand der Wissenschaft keine Gefährdung für Mensch und Umwelt darstellt.

In die Herstellung von Medikamenten mit gentechnisch veränderten Pflanzen werden beträchtliche Hoffnungen gesetzt: Von der Produktion grosser Arzneimittelmengen bei tiefen Kosten über eine breite Vielfalt herstellbarer Wirkstoffe, die für die Anwendung beim Menschen sicherer sind, bis hin zur einfachen Darreichungsform von essbaren Impfstoffen in Form eines Fruchtmas. Zukunftsträchtig kann der Ansatz v.a. dann sein, wenn die genannten Vorteile die mit der Risikominimierung verbundenen Kosten aufwiegen können: Wird ein sicherer Anbau von Pharmapflanzen nur unter kostenintensiven geschlossenen Bedingungen möglich sein, oder werden physikalische und biologische Methoden entwickelt, die eine hohe Sicherheit von Pharmapflanzen im Freiland garantieren können? Werden Pharmapflanzen entwickelt, die den gewünschten Wirkstoff in grosser Menge produzieren, und wird der Wirkstoff ausreichend günstig aus den Pflanzen isoliert und gereinigt werden können? Es ist unmöglich, den Nutzen und das Risiko von Pharmapflanzen generell einzuschätzen: tatsächlich muss die Beurteilung fallweise erfolgen, also jede Pharmapflanze in ihren spezifischen Eigenschaften bewertet werden.

Arzneimittel aus GVP

Anders als es auf den ersten Blick nahe liegt, können Pharmapflanzen nicht unverarbeitet verzehrt werden, da eine kontrollierte Verabreichung bekannter Dosen gewährleistet sein muss. Verschiedene Medikamente aus GVP befinden sich in Entwicklung; zur Anwendung beim Menschen zugelassen wurde bisher noch keines. Pharmapflanzen könnten zukunftsfruchtig sein, wenn ihre Vorteile die mit der Risikominimierung verbundenen Kosten aufwiegen können.



Weitere Informationen zu GVP, Pharmapflanzen und geltendem Recht finden Sie z.B. hier:

- Informationen des Forum Genforschung zur Gentechnik im Pflanzenbau:
www.geneticresearch.ch/d/themen/Gentechnik_im_Pflanzenbau/index.php
- Informationen zu Pharmapflanzen, aktueller Stand und Biosicherheit:
www.biosicherheit.de/de/fokus/pharmapflanzen
- Forschungskonsortium zur Entwicklung von Strategien zur Produktion von Arzneimitteln in Pflanzen:
www.pharma-planta.org (englisch)
- Bundesamt für Umwelt (BAFU) – Biotechnologie:
www.bafu.admin.ch/biotechnologie/index.html?lang=de
- Systematische Sammlung des Bundesrechts:
www.admin.ch/ch/d/sr/sr.html