



Nutzpflanzen: Quelle für erneuerbare Rohstoffe

Pflanzen ernähren Menschen und Tiere. Daneben werden aus Pflanzen technische Materialien wie Textilfasern, Baustoffe und Energieträger gewonnen. Gehen die Erdölvorräte dereinst zur Neige, wird die ehemals grosse Bedeutung von Pflanzen als industrielle Ressource wieder zunehmen.

SATW

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften
Académie suisse des sciences techniques
Accademia svizzera delle scienze tecniche
Swiss Academy of Engineering Sciences



Pflanzen sind vielfältig einsetzbar

Pflanzen sind nicht nur Nahrung für Menschen und Tiere. Sie werden bereits seit langem als Rohstoff für Baumaterial, Bekleidung und Medikamente genutzt. Und in Zukunft wird dies in noch vielfältigerer Weise der Fall sein.

Alte und neue Anwendungen

Erdöl hat den Menschen in den letzten 50 Jahren nicht nur eine billige Mobilität ermöglicht, sondern sich auch zu einem wichtigen Rohstoff für die Industrie entwickelt. Erdöl wird jedoch künftig knapper werden. Parallel dazu steigt die Nachfrage nach Rohstoffen weiter an. In die entstehende Lücke könnten Pflanzen springen. Pflanzen werden schon lange konventionell oder seit über zwanzig Jahren auch mit gentechnischen Methoden gezüchtet. Die letztgenannte Methode wird unter dem Begriff «Grüne Biotechnologie» zusammengefasst. Dabei werden einzelne Gene oder Gruppen von Genen von einem fast beliebigen Organismus in die Empfängerpflanze übertragen, dort abgelesen und in Proteine umgesetzt. Die daraus entstehenden Pflanzen heissen transgene Pflanzen.

Pflanzen als Rohstoffe für die Industrie zu nutzen ist keine neue Idee. Vor dem Erdölzeitalter wurden sogar grösstenteils pflanzenbasierte Rohstoffe verwendet. Noch 1925 betrug deren Anteil in der US-amerikanischen Industrie 35 Prozent. Bis 1989 sank er auf weniger als 15 Prozent. Der weltweit wichtigste pflanzliche Rohstoff ist Holz. Dieses wird auf völlig unterschiedliche Weise verwendet. Baumzüchter, die molekularbiologische Methoden benutzen, setzen dabei meist Pappeln, Eukalyptus und Weiden ein. Im Ackerbau ist die wichtigste Pflanze, die technisches Ausgangsmaterial liefert, die Baumwollpflanze.

Baumwolle und weitere Nutzpflanzen

Baumwolle (*Gossypium* sp.) ist weltweit die mengenmässig wichtigste Pflanze, die nicht als Nahrungsmittel landwirtschaftlich angebaut wird. Aus dem Rohstoff werden Kleidungsstücke hergestellt, aber auch andere Gebrauchsmaterialien wie beispielsweise Banknoten. Verschiedene *Gossypium*-Arten – es handelt sich um Stauden und nicht um Bäume, wie der deutsche Name fälschlicherweise vorgibt – wachsen in warmen Klimazonen, insbesondere in China, Indien, den USA und Pakistan, auf einer Anbaufläche von rund 35 Millionen Hektaren. Dies ergibt eine Jahresproduktion von rund 25 Millionen Tonnen Fasern. Für den Anbau von Baumwolle wurden bislang pro Flächeneinheit von allen landwirtschaftlichen Kulturen am meisten Schädlingsbekämpfungsmittel eingesetzt. Mit dem transgenen Saatgut, das heutzutage auf rund der Hälfte der globalen Anbaufläche wächst, wird die ausgebrachte Pestizidmenge erheblich reduziert. Die Bt-Baumwolle kann Schäden durch den Hauptschädling – den Kapselwurm – dank Bildung eines pflanzen-eigenen Pestizids weitgehend verhindern. Ökonomen der Universität Göttingen haben nachweisen können, dass in Indien mit der transgenen Baumwolle das Einkommen der Bauern, sowohl der grossen wie der kleinen, angestiegen ist.

Neben der Baumwolle ist eine weitere Faserpflanze gentechnisch gezüchtet worden, nämlich der Flachs (*Linum usitatissimum*). Dies ist allerdings nur im Labor und in Feldversuchen geschehen; einen kommerziellen Anbau gibt es nicht. Es wurden Sorten mit verändertem Gehalt an Lignin und anderen Polymeren gezüchtet mit dem Ziel, die technische Aufarbeitung der Fasern wirtschaftlicher zu machen.

Ein weiterer industrieller Pflanzenrohstoff ist Naturkautschuk. Dieser stammt aus dem Milchsaft tropischer Bäume der Art *Hevea brasiliensis* und dient als Rohstoff für die Gummiproduktion. Seit über 100 Jahren werden die Bäume, die ein Alter von rund 30 Jahren erreichen können, sowohl in Grossplantagen als auch in Kleinbetrieben angebaut. Kautschuk besteht aus langen Ketten von Isoprenmolekülen, die durch Vulkanisation vernetzt und so widerstandsfähiger gemacht werden. Hauptproduzenten von Kautschuk sind Thailand, Indonesien und Malaysia mit einer jährlichen Gesamtproduktion von fünf Millionen Tonnen. Als alternative oder ergänzende Quelle für Kautschuk wird mit einer Löwenzahnart (*Taraxacum koksaghyz*) experimentiert, deren Milchsaft ähnliche Stoffe enthält wie der Gummibaum.

Pappeln

Schnell wachsende Pappeln (*Populus*-Arten) sind Bäume, die für molekularbiologische Experimente im Vergleich zu anderen Baumarten besonders geeignet sind. In den USA wurden über viele Jahre mehrere hundert Freilandversuche durchgeführt und in Europa wurden erste Versuche gestartet, zum Beispiel im Sommer 2009 in Belgien. Dabei wurden unterschiedliche Züchtungsziele angestrebt:

Antikörper und andere spezifische medizinische Wirkstoffe können in Tabakpflanzen synthetisiert werden.

Pappeln können angebaut werden, um kontaminierte Böden teilweise zu entgiften (Bioremediation - Bodensanierung). Nach Übertragung von spezifischen Genen, welche die Struktur einzelner Membranproteine bestimmen, können Pflanzenwurzeln im Laborversuch vermehrt

Cadmium oder chlorierte Kohlenwasserstoffe aus der Umgebung aufnehmen. Man kann erwarten, dass das Pflanzenmaterial daraufhin vom Feld gesammelt und in geeigneter Weise vernichtet wird: die organischen Substanzen werden verbrannt und Metalle wie Cadmium können aus der Asche wieder aufgearbeitet werden.

Holz von Pappeln und auch von anderen Baumarten können als Energiequelle zur Wärme- oder Elektrizitätsgewinnung verwendet werden. Heute geschieht dies im Wesentlichen mittels direkter Verbrennung. In Zukunft werden aus Holz gewonnene Biotreibstoffe wie Ethanol, einen aus heutiger Sicht sinnvollen, wenn auch bescheidenen Platz im Energiemix einnehmen.

Während weltweit 60 Prozent des geschlagenen Holzes für die Energiegewinnung eingesetzt wird, geht das verbleibende Holz je rund hälftig in die Papierproduktion und in den Bau. Durch genetische Eingriffe in die Stoffwechselwege kann erreicht werden, dass die Pflanzen weniger Lignin und mehr Zellulose synthetisieren. Dadurch wird der Ertrag an Bioethanol oder an Papierfasern gesteigert; es entsteht weniger Abfall und es ist zu erwarten, dass die Produktionsprozesse wirtschaftlicher werden. Durch andere gezielte Ein-



griffe kann die Zusammensetzung der Pflanzen verändert und gewünschte Substanzen können in einer «Bioraffinerie» isoliert werden. Änderungen der Stoffwechselwege sind in der Lage, einen Beitrag zur Nachhaltigkeit zu leisten.

Pappeln sollen aber nur auf Land gepflanzt werden, das für die Lebensmittelproduktion ungeeignet ist. Feldversuche sollen das Verhalten der Pflanzen ausserhalb

Biologisch abbaubare Kunststoffe aus Pflanzen könnten das PET von Getränkeflaschen ersetzen.

des Labors klären, etwa bei extremen Wettersituationen wie Kälte, Hitze, Trockenheit oder Nässe. Eine ungewollte Ausbreitung der für Feldversuche angebauten, transgenen Pflanzen durch Pollen oder Samen kann verhindert werden, indem bei den jungen Pflanzen die Blütenknospen entfernt werden.

Arzneimittelproduktion

Als Rohstoffe für Medikamente sind Pflanzen (Heilpflanzen) bereits seit Jahrtausenden bekannt. Neueren Datums sind Bestrebungen, transgene Pflanzen als lebende Reaktoren zu nutzen, um ganz bestimmte menschliche oder tierische Proteine herzustellen, so die «Plant Made Pharmaceuticals» (PMP). Bislang werden diese Substanzen in Reaktoren industriell mit Hilfe von Bakterien oder Pilzen synthetisiert. In Pflanzen hergestellte Arzneimittel haben den Vorteil, dass sie ausser der gewünschten Substanz keine weiteren menschlichen

oder tierischen Proteine und auch keine human-pathogenen Viren enthalten. Dies könnte die Aufarbeitung erleichtern und weniger kostspielig machen.

Lactoferrin und Lysozym kommen natürlicherweise in der Muttermilch vor und wirken antiviral, antibakteriell und fungizid. Sie schützen Kleinkinder vor Magen-Darm-Erkrankungen und tropischen Infektionskrankheiten. Um die Kinder auch nach dem Stillen mit diesen Stoffen zu versorgen, wurde eine transgene Reissorte entwickelt, die die beiden Proteine enthält. Dabei liefert eine Hektare Reis genug Lactoferrin für 25 000 und genug Lysozym für 250 000 Einzeldosen. Die USA haben 2007 eine vorläufige Zulassung für den Anbau dieser Reissorte erteilt.

Tabakpflanzen, die in ihren Chloroplasten einen Antikörper gegen das Bakterium *Streptococcus mutans* synthetisieren, werden gegenwärtig im Feldversuch getestet. Sie haben gegenüber andern Pflanzen den Vorteil, dass sie weder von Menschen noch von Tieren gegessen werden und allfällige Auskreuzungen mit nicht transgenen Pflanzen kaum ein Problem wären. Der *Streptococcus mutans* ist für die Entstehung von Karies mitverantwortlich. Das Projekt befindet sich in der Phase II der klinischen Studien. Antikörper können nicht nur in intakten Pflanzen, sondern auch – bislang in experimentellem Massstab – in einzelnen pflanzlichen Zellen produziert werden, die in biotechnischen Anlagen gezüchtet werden. Auch Taxol, eine häufig angewandte, ursprünglich aus Eiben stammende Chemotherapie-Substanz gegen bestimmte Krebsarten, wurde in Zellkulturen und lebenden transgenen Tabakpflanzen hergestellt. Ein ebenfalls in Tabakpflanzen hergestellter Impfstoff gegen eine bestimmte Krebsart,

ein Lymphom, wurde von der FDA (Food and Drug Administration der USA) anfangs 2010 zur klinischen Erprobung zugelassen.

Ein weiteres Beispiel ist menschliches Insulin, das von einer transgenen Färberdistel ebenfalls in ihren Chloroplasten hergestellt wird. Dazu wurde in die Distel das entsprechende menschliche Gen eingeführt. Dieses Projekt befindet sich in der vorklinischen Studie.

Das Gebiet der PMP ist besonders geeignet für die intensive Zusammenarbeit von öffentlichen Institutionen wie Universitäten und staatlichen Forschungsanstalten mit privaten Firmen, insbesondere mit Pharma-Firmen. Die Zusammenarbeit zwischen öffentlichem und privatem Sektor muss sich aber für beide finanziell lohnen und soll beiden erlauben, geistiges Eigentum zu nutzen. Fragen des geistigen Eigentums (Patente) müssen situativ, fair und in gegenseitigem Einverständnis gelöst werden.

Kunststoffe aus Pflanzen

Pflanzen eignen sich auch zur Herstellung biologisch abbaubarer Kunststoffe. Dazu werden Gene aus Bakterien, die natürlicherweise für Kunststoff-artige Substanzen kodieren, in Pflanzen übertragen und führen dort zur Bildung des entsprechenden Polymers. Interessant sind diese Kunststoffe als Verpackungsmaterial, das im Kompost oder in der Biogasanlage verrottet, oder in der Medizin, beispielsweise als resorbierbare Implantate. Von ihren chemisch-physikalischen Eigenschaften her könnte man zudem erwarten, dass diese Polymere das PET zum Beispiel für Getränkeflaschen ersetzen könnten. Die betroffenen Industrieverbände rechnen mit einer

starken Zunahme der Bedeutung von Biokunststoffen, obwohl diese Materialien heute noch weniger als 0.1 Prozent der gesamten Kunststoffmenge ausmachen. Das Ausmass der Anwendung von Biokunststoffen wird in Zukunft wesentlich von ihrem Preis in Relation zum Ölpreis abhängen.

Empfehlungen

Um die vielfältigen Möglichkeiten von Pflanzen als Rohstofflieferanten für industrielle Prozesse und Energieproduktion zu erkunden, muss wesentlich mehr in die Forschung und Entwicklung in diesem Gebiet investiert werden. Für das Vereinigte Königreich beispielsweise empfiehlt die Royal Society jährliche zusätzliche Investitionen von 50 bis 100 Millionen £, die mithelfen sollen, die Pflanzenbiologie für Studierende und junge Forschende attraktiver zu machen.



Der Anbau muss sich lohnen

Die Produktion von Biotreibstoffen der ersten Generation sorgt immer wieder für Kontroversen. Befürchtet wird, dass die Herstellung von Biotreibstoffen zu Engpässen bei der Nahrungsmittelversorgung führt. Vergessen geht dabei, dass auch in Bezug auf die Wassernutzung Konflikte zu erwarten sind.

Ob Pflanzen in der Praxis auch wirklich als Rohstoffe angebaut, gepflegt und geerntet werden, hängt zum einen von ihrer Verfügbarkeit und den Anbaumethoden und zum anderen ganz wesentlich vom konkreten, wirtschaftlichen Umfeld ab. Der Anbau einer bestimmten Pflanze, sei es Baumwolle, Weizen oder eine Medikamente produzierende Tabaksorte, muss nachhaltig sein und sich für alle Beteiligten, insbesondere für den Bauern, nachweislich lohnen. Die Ausgaben beispielsweise für Maschinen, Saatgut, Dünger und Pflanzenschutzmittel, sowie für Löhne und Pachtzinsen, müssen durch die Einnahmen gedeckt werden.

Folgen von Steuerungsinstrumenten in Industrie- und Entwicklungsländern

Fast alle reicheren Staaten, auch die Schweiz, helfen mit Gesetzesvorschriften und Stützungsmaßnahmen ihren Bauern finanziell, engen deren Handlungsspielraum aber auch ein. Zudem können nationale Vorschriften negative Folgen für die Bauern im Ausland haben. So stützen Steuerungsinstrumente wie Subventionen, Exportbeihilfen, Preisstützungen und Tierhalteprämien usw. die Landwirtschaft in den Industrieländern so stark, dass sich der Anbau für die Bauern in einigen Gebieten Afrikas gar nicht mehr lohnt und als Folge davon Nahrungsmittel vom Norden importiert werden. Diese Situation läuft den Bemühungen der Entwicklungshilfe (oft von den gleichen Staaten finanziert) diametral entgegen. Die Entwicklungszusammenarbeit bemüht sich daher seit langem, mit dem Motto «Hilfe zur Selbsthilfe» die Landwirtschaft in Ländern des Südens zu fördern und so Verdienstmöglichkeiten zu schaffen. Umgekehrt können Importerleichterungen der Schweiz und anderer Länder des Nordens für Rohstoffe wie

Jatrophaöl den Anbau von Pflanzen fördern und das Einkommen der dort Tätigen verbessern. Ob davon in erster Linie die Bauern oder die Handelsketten profitieren, hängt von vielen wirtschaftlichen und politischen Faktoren ab.

Würden Produktionsflächen jedoch im grossen Massstab neu erschlossen, bliebe dies nicht ohne Folgen für die Biodiversität. Irreversible Verluste wären zu erwarten. Grossflächige Monokulturen sind der Biodiversität besonders abträglich, weil sie über lange Zeit bestehen bleiben, häufig die Böden irreversibel schädigen und keinen Fruchtwechsel erlauben. Wie das Beispiel Kautschuk zeigt, kann Ideenreichtum Abhilfe schaffen: Vergrössert man die Abstände zwischen den Gummibäumen, können im freien Raum andere Pflanzen wie Gemüse wachsen. Solche Mischkulturen, aber auch vernetzte Refugien mit naturnahen Landschaftselementen sollten viel mehr verbreitet, praktisch umgesetzt und kontrolliert werden.

Rohstoffe nicht zulasten von Nahrung

In den kommenden Jahrzehnten wird der Bedarf an landwirtschaftlichen Produkten einschliesslich technischer Ausgangsmaterialien, weiter stark zunehmen: die Welternährungsorganisation FAO spricht davon, dass bis 2050 der Bedarf an Lebensmitteln weltweit um 70 Prozent zunehmen wird, um die prognostizierten neun Milliarden Menschen zu ernähren. Dies kann nur gelingen, wenn der Anbau intensiviert, die Erträge pro

Die landwirtschaftliche Produktion von Rohstoffen muss nachhaltig sein.

Hektare nachhaltig verbessert und auch neue Flächen einbezogen werden, wie auch eine 2009 publizierte Studie der britischen Royal Society darlegt.

Als der Preis für Rohöl Mitte 2008 auf über 140 USD pro Barrel anstieg, rückten weltweit Biotreibstoffe als Alternative ins Zentrum der Diskussion. Doch schnell waren vor allem bei Bioethanol auch skeptische Stimmen zu hören, da dieser aus Mais und anderem Getreide produziert werden sollte, das hauptsächlich als Nahrung für Mensch und Tier dient. In der Tat stieg Mitte 2008 auch der Preis für Mais stark an, was für viele Menschen in ärmeren Ländern zum Problem wurde. Man geht davon aus, dass die Herstellung von Bioethanol tatsächlich im Ausmass von 20 bis 30 Prozent für die Preissteigerung von Maisprodukten im Sommer 2008 in Lateinamerika mitverantwortlich war. Andere Gründe waren Dürren und Überschwemmungen und die weltweit vermehrte Nachfrage nach Tierfutter. Wie der Preis für Rohöl ist auch derjenige für Mais in der Zwischenzeit wieder markant gesunken.

Die SATW hat in der Broschüre «Biotreibstoffe – Chancen und Grenzen» bereits Empfehlungen zum Thema formuliert. Dabei wurde den Biotreibstoffen der ersten Generation wie Bioethanol, die aus Kulturpflanzen wie Weizen und Mais gewonnen werden, für Westeuropa eine Absage erteilt. Nicht in Konkurrenz zur menschlichen Ernährung und deshalb zu fördern ist dagegen die Herstellung von Treibstoffen aus Abfällen der Land- und Forstwirtschaft oder aus so genannten Energiepflanzen wie dem mehrjährigen Chinaschilf (*Miscanthus sinensis*) oder der Rutenhirse (*Switchgrass, Panicum virgatum*). Diese Pflanzen sind anspruchslos und wachsen auch auf Böden, die sich kaum für die Lebensmittelproduktion eignen. Der Nutzungskonflikt kann aber nicht nur durch ackerbauliche Massnahmen, sondern muss auch durch fiskalische Vorschriften entschärft werden.

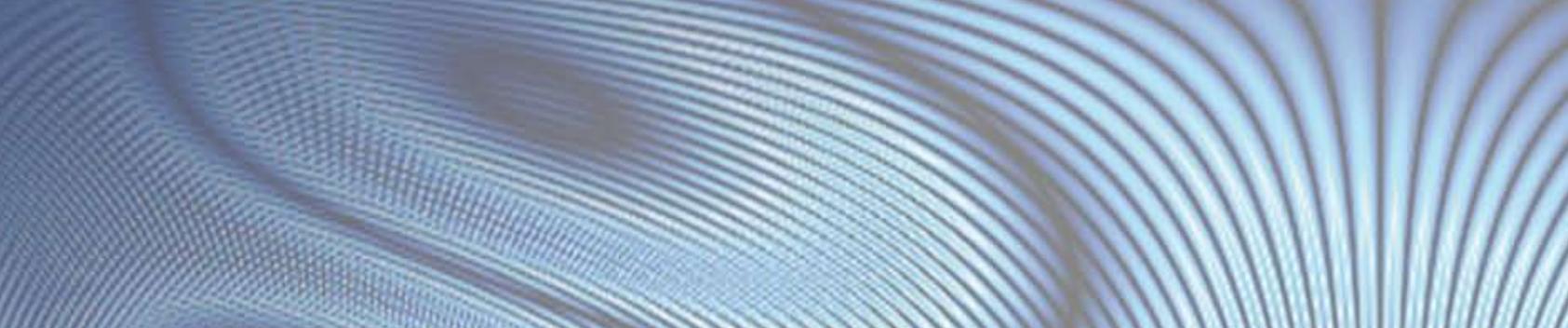
Sonderstellung von Baumwolle

Die Baumwolle besitzt innerhalb der Pflanzen, die nicht für die Ernährung angebaut werden, eine bemerkenswerte Sonderstellung. Ihr Anbau wird allgemein nicht als Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion empfunden. Die Gründe dafür sind vielfältig. Neben der Nahrung braucht der Mensch auch Bekleidung zum Überleben. Baumwolltextilien haben deshalb eine hohe Akzeptanz in allen gesellschaftlichen Gruppen. Man darf zudem nicht vergessen, dass Baumwolle für viele Länder des Südens die wichtigste Einkommensquelle der Landwirtschaft ist und über ihr wirtschaftliches Überleben entscheidet.

Empfehlungen

Forschung und Entwicklung zugunsten der Landwirtschaft in Entwicklungsländern muss vermehrt durch Organisationen wie das CGIAR (Consultative Group on International Agricultural Research) gefördert werden. Ihre über die ganze Welt verteilten 15 Institute sollen in erster Linie die lokalen Bedürfnisse ermitteln und abdecken, sowie lokales Personal für regionale Forschungs- und Beratungsaufgaben ausbilden.

Staatliche Entwicklungshilfe (etwa der DEZA) und private Entwicklungsorganisationen sollen vermehrt die Bildung und das technische Know-how der Bauern in armen Ländern fördern. Dadurch wird nachhaltige Produktivität begünstigt und die Ernährungssicherheit verbessert. Von Entwicklungsländern angebaute und exportierte landwirtschaftliche Rohstoffe dürfen die Ernährung der lokalen Bevölkerung nicht gefährden.



Neue Technologien im politischen Diskurs

Um Pflanzen zu Lieferanten verschiedener technischer Rohstoffe zu machen, müssen meist Gene aus ganz anderen Arten, auch Mikroorganismen, in die Pflanzen eingeführt werden. Anbau und Verwendung von transgenen Pflanzen sind deshalb zentral für die Beschaffung von Rohstoffen. Die öffentliche Wahrnehmung der transgenen Pflanzen schafft jedoch politischen Druck.

Im Umgang mit gentechnisch veränderten Pflanzen bemerkt man grosse Unterschiede zwischen Europa und Nordamerika. Einer ziemlichen Skepsis hier steht eine pragmatischere Einstellung jenseits des Atlantiks gegenüber. Entscheide über Anbau und Verwendungen sollen auf fundiertem Wissen basieren. In der Schweiz regelt das Gentechnikgesetz den Umgang und die Zulassung von gentechnisch veränderten Pflanzen. Bis November 2013 gilt ein Moratorium, das den kommerziellen Anbau verbietet. Auf Vorschlag des Bundesrats hat das Parlament im März 2010 eine im Gentechnikgesetz verankerte Verlängerung um drei Jahre beschlossen. Die Zukunft von gentechnisch veränderten Pflanzen ist in der Schweiz, was den Anbau betrifft, zurzeit also noch offen. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass Handelshemmnisse auch in diesem Sektor nicht langfristig aufrechterhalten werden können und so werden auch bei uns einmal transgene Pflanzen grossflächig angebaut werden. Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP59 wurde in jüngster Zeit eine leichte Zunahme der Akzeptanz festgestellt.

Wie die Schweiz ist auch die EU mehrheitlich eher kritisch gegenüber diesen Pflanzen eingestellt, was sich auf die Gesetzgebung und vor allem deren Anwendung auswirkt. Dies zeigt das Beispiel der Industriekartoffel «Amflora» der Firma BASF. Bereits vor über zehn Jahren beantragte BASF eine Zulassung für den Anbau in Europa. Die Industrie hat Interesse an dieser Kartoffel wegen der darin enthaltenen Stärke, die ein wertvoller Rohstoff ist. Da in «Amflora» ein Amylose-Gen praktisch ausgeschaltet wurde, enthält die

Kartoffel fast nur Amylopektin, und nicht wie konventionelle Kartoffeln auch Amylose, die für die Industrie wenig wertvoll ist. Die offizielle Sicherheitsbehörde der EU für Lebensmittel (European Food Safety Agency EFSA) befand zwar bereits mehrmals, dass «Amflora» keine grössere Gefahr für Mensch, Tier und Umwelt darstelle als andere Kartoffeln. Dennoch wurde «Amflora» erst im März 2010 zugelassen. Seit kurzem ist eine konventionell durch Mutagenese gezüchtete Kartoffel mit wenig Amylose auf dem Markt, die, weil nicht gentechnisch verändert, nicht das aufwändige Zulassungsverfahren der Amflora zu durchlaufen hatte und schon im Tonnen-Massstab produziert wird. Grundsätzlich hat sich gezeigt, dass Mutagenese und Gentechnologie sich in den molekularen Prozessen nicht unterscheiden.

Auch hat sich nun in gründlichen Untersuchungen gezeigt, dass konventionell gezüchtete Pflanzen im direkten Vergleich oft mehr Störungen zeigen als gentechnisch hergestellte.

In den USA basieren die Gesetze über transgene Pflanzen auf anderen Prinzipien als in Europa: So stehen dort die beobachtbaren Eigenschaften des Züchtungsprodukts im Vordergrund, nicht die Züchtungsmethode. Schon 1989 kam die US-Amerikanische Gesellschaft für Ökologie zur Beurteilung, dass Produkteigenschaften entscheidend seien. Diese amerikanischen Kriterien machen aus naturwissenschaftlicher Sicht mehr Sinn und sind ein Grund dafür, warum Bewilligungsverfahren für Feldversuche und Anbau in den USA einfacher und der Anbau transgener Nutzpflanzen sehr viel mehr verbreitet ist als in Europa. Weil die Bewilligungsverfahren in Europa

Die in den USA angewandten Prinzipien der Zulassungsbewilligung machen aus naturwissenschaftlicher Sicht mehr Sinn.

kostspielig und aufwendig sind, können sie meist nur von grossen Firmen beantragt und durchgezogen werden.

In den armen Ländern des Südens, insbesondere Afrika, stellen sich andere Fragen als in den Industrienationen. Dort ist immer noch eine Mehrheit der Bevölkerung in einer Selbstversorgungslandwirtschaft tätig und gleichzeitig findet ein sozio-politischer Strukturwandel statt: Lokal wenig verankerte Plantagen- und Grossgrundbesitzer übernehmen landwirtschaftliche Mittel- und Kleinbetriebe. So haben sich bereits asiatische Länder und fremde Investoren grosse Landwirtschaftsgebiete in den fruchtbareren Regionen Afrikas durch Pacht oder Kauf gesichert. Damit auch die lokalen Bauern innovationsfreudiger und konkurrenzfähiger werden, sind in diesen Ländern gezielte Verbesserungen in den lokalen Infrastrukturen wie Schulen oder Gesundheitsdienste, aber auch in der fachlichen Ausbildung der Landwirte, dem Marktzugang oder dem Kleinkreditwesen nötig.

Öffentliche Wahrnehmung von transgenen Pflanzen

Grundsätzlich ist der Anbau von Pflanzen, die nicht für die Ernährung, sondern als Rohstoffe für technische Prozesse angebaut werden, wenig umstritten, solange die Ernährungssicherheit nicht leidet. Man denke an Baumwolle, von der weltweit über 50 Prozent aus transgenen Pflanzen stammt. Verlässliche Meinungsumfragen dazu gibt es allerdings nicht.

Um das Ausmass von allfälligen Risiken zu ermitteln, sind TA-Verfahren (Technology Assessment) bewährte und sinnvolle Untersuchungsmethoden. Wichtig ist, dass im TA-Verfahren nicht nur die naturwissenschaftlichen und technischen Aspekte berücksichtigt, sondern auch wirtschaftliche und soziale Fragen im Hinblick auf grösstmögliche Nachhaltigkeit ausgeleuchtet werden. Keine noch so sorgfältige Risikoanalyse kann jedoch alle denkbaren heutigen und zukünftigen Fragen beantworten.

Alle im Rahmen international vereinbarter Normen durchgeführten Risikoanalysen haben keine generellen Nachteile der transgenen Pflanzen für Menschen und die Umwelt aufgezeigt.

Offene Information als Basis für Vertrauen

Die Kommunikation mit der Öffentlichkeit über die Möglichkeiten und Grenzen der grünen Biotechnologie für die Herstellung von Rohstoffen, aber auch über konventionelle Züchtungen und den biologischen Landbau soll offen und transparent geführt werden. Informationen müssen so aufbereitet sein, dass auch Laien die biologischen Grundprinzipien verstehen und die Argumente von Befürwortern und Gegnern abschätzen können. Technisches Verständnis ist eine wichtige, wenn auch nicht die einzige Grundlage für die Vertrauensbildung. Andere Elemente der Vertrauensbildung sind die Unabhängigkeit und Vielseitigkeit der Experten, sowie die Bereitschaft, die Diskussion auch in den Medien und den politischen Gremien auszutragen. Wichtig ist, dass junge Leute schon in den Schulen über Technologien und ihre positiven und negativen Folgen nachdenken lernen.

Empfehlungen

Insgesamt fördert die SATW eine Gesetzgebung, die innovative Forschung und Entwicklung im Bereich der technisch nutzbaren Pflanzen unterstützt. Dabei ist grosses Gewicht auf Nachhaltigkeit zu legen. Die Unterstützung der Grundlagenforschung in Pflanzenbiologie ist entschieden zu stärken. Die angewandte Forschung auf diesem Gebiet ist sowohl in den Industrieländern wie in den Ländern des Südens zu fördern.

Um den qualifizierten Forschungsnachwuchs zu sichern, muss das Gebiet der grünen Biotechnologie für Studierende und junge Forschende attraktiver gemacht werden.

Die Forschung im Labor und im Feld muss durch Technikfolgenabschätzung begleitet sein, die auch soziale und ethische Aspekte berücksichtigt. Transparente und nachvollziehbare Kommunikation hilft, das Technikverständnis zu fördern und das Vertrauen zwischen den verschiedenen gesellschaftlichen Akteuren aufzubauen und zu festigen.



Sichere Züchtung sorgt für Nachhaltigkeit

Um immer mehr Menschen zu ernähren und zudem Rohstoffe zu produzieren, müssen die Pflanzen-erträge gesteigert werden. Dazu sind neben verbesserten Anbaumethoden Neuzüchtungen nötig. Sicherheitsprüfungen sorgen dafür, dass die neuen Pflanzen keine unvorhergesehenen Risiken für Mensch, Tier und Umwelt darstellen.

Unsere Vorfahren durchstreiften als Sammler und Jäger die Natur. Erst mit der neolithischen Revolution vor etwa 10 000 Jahren begann die landwirtschaftliche Produktion, die es ermöglichte immer mehr Menschen zu ernähren. Die Landwirtschaft ist immer ein Eingriff in die Natur. Doch geeignete Landbaumassnahmen stabilisieren den Boden physikalisch und biologisch und helfen, sämtliche Ressourcen derart einzusetzen, sodass landwirtschaftliche Produktion und Natur zu einem nachhaltigen Gleichgewicht finden.

Sicherheits- und Leistungsprüfung für neu gezüchtete Pflanzen

Neu gezüchtete Pflanzen bedürfen generell einer Sicherheitsprüfung, damit sie weder Menschen und Tiere durch die Aufnahme als Nahrung schädigen, noch die Umwelt gefährden. Die Zuchtmethode sollte keinen Einfluss darauf haben, ob die Prüfung nötig ist oder nicht. Aus naturwissenschaftlicher Sicht ist schwer nachvollziehbar, warum die eine oder die andere Methode risiko-

reicher sein soll.

Landwirtschaft ist immer ein Eingriff in die Natur.

Bei allen Züchtungen findet auf molekularer Ebene durch Mutation und Rekombination eine Neuordnung von Genen statt. Im Fall der konventionellen Züchtung werden viele arteigene Gene neu angeordnet, im Fall der gentechnischen Methoden wenige definierte Gene von meist artfremden Organismen eingefügt. In der Realität ist in der Schweiz eine umfassende Prüfung auf mögliche Gefahren für die Umwelt allerdings nur bei gentechnisch veränderten Sorten

gesetzlich vorgeschrieben. In der konventionellen Züchtung wird eine empirische Überprüfung vorwiegend agronomischer Eigenschaften im Rahmen der Sortenprüfung und Zulassung vorgenommen.

Das Beispiel einer neuen Kartoffelsorte zeigt, dass die Sicherheitsprüfung auch bei konventionellen Züchtungen sinnvoll wäre: Die Kartoffelsorte stand in Deutschland bereits kurz vor der Markteinführung, als sich in den Untersuchungen der Saatzüchter herausstellte, dass die Knollen toxisch waren. Das giftige Alkaloid Solanin wurde in dieser Sorte in grösseren Mengen als normal in die Knollen transportiert. Die Weiterentwicklung wurde selbstverständlich eingestellt.

Auskreuzung und Verwilderung

Zu den ökologischen Problemen aller Nutzpflanzen gehört eine mögliche Auskreuzung und Verwilderung. Bei PMP ist das Problem klein, da nur wenig Pflanzenmaterial bereits ausreicht, um die gewünschten Wirkstoffmengen zu produzieren. Der kontrollierte Anbau in Gewächshäusern bietet sich hier an. Abluft, Abwasser und Böden können einfach überprüft werden, sodass höchstens Spuren der PMP nach aussen gelangen können und keine signifikante Ausbreitung stattfinden kann. Zudem ist es wichtig festzuhalten, dass die meisten Kulturpflanzen im Freien keinen Überlebensvorteil gegenüber Wildpflanzen haben.

Kulturpflanzen haben generell im Freien keinen Überlebensvorteil gegenüber Wildpflanzen.

Anders sieht dies bei grossflächig angebauten Pflanzen wie Mais aus: Um das Risiko von Auskreuzungen mit

Neben intensiv genutzten Flächen müssen andere zur Erhaltung der Biodiversität naturnah bleiben.

Sorten auf Nachbarfeldern zu minimieren, werden Minimalabstände zwischen den Feldern vorgegeben, die von den biologischen Eigenschaften der Pflanzenart abhängen, wie etwa dem Flugverhalten der Pollen. Pflanzenzüchter haben schon seit vielen Jahrzehnten Methoden entwickelt, um eine Sortenreinheit von rund 99 Prozent zu gewährleisten.

Die zur Erhaltung der Nachhaltigkeit notwendige Biodiversität kann dadurch gefördert werden, dass neben intensiv genutzten Flächen andere in grosszügigem Ausmass un bebaut bleiben, also naturnah belassen werden. Je grösser die Freiflächen, umso besser können sich Fauna und Flora frei entfalten.

Empfehlungen

Neuzüchtungen müssen auf ihre messbaren Eigenschaften geprüft werden. Es muss im Vergleich zu herkömmlichen nachgewiesen werden, dass die neuen Pflanzen zusätzliche nützliche Eigenschaften aufweisen und weder Menschen, Tieren noch der Umwelt schaden.

Glossar

Bt-Baumwolle

Gentechnisch veränderte Baumwollsorten, die Gene des Bodenbakteriums *Bacillus thuringiensis* enthalten. Diese Gene kodieren für Bt-Toxine, welche vor dem Hauptschädling der Baumwolle, dem Kapselwurm, schützen.

Grüne Biotechnologie

Der Begriff «Grüne Biotechnologie» umfasst alle Anwendungen gentechnischer Verfahren im Bereich der Pflanzenzüchtung.

Kodierung

Die in der DNA von Zellkernen verankerten Erbanlagen bestimmen die Eigenschaften von Proteinen.

Konventionelle Züchtung

In der konventionellen Züchtung werden unterschiedliche Methoden – wie Selektion oder Kreuzung – zusammengefasst, mit denen bestehende Pflanzensorten verbessert werden. Dabei wird die natürliche Mutationsrate auch durch technische Massnahmen wie Bestrahlung erhöht.

PMP (plant-made pharmaceuticals)

Gene für menschliche Proteine beispielsweise Hormone oder Impfstoffe werden in Pflanzen eingebaut, welche diese Proteine dann produzieren.

Sortenreinheit

Sortenreinheit garantiert, dass die gewünschten Eigenschaften einer Sorte erhalten bleiben. So sollte beispielsweise Süssmais, der Menschen als Nahrung dient, nicht mit Futtermais vermischt sein oder Bt-Baumwolle nicht mit konventionellen Sorten, weil so die Schädlingsabwehr nicht mehr gewährleistet sein könnte.

Transgen

Transgene Pflanzen sind Pflanzen, denen artenfremde Gene – beispielsweise von Bakterien – mithilfe von gentechnischen Methoden im Labor eingesetzt wurden. Diese Gene kodieren für Proteine, die für Menschen (beispielsweise als Arzneistoffe) nützlich sind oder die Pflanzen vor Schädlingen schützen.

Weiterführende Literatur

Ammann, K: Diverse Artikel zur Grünen Biotechnologie: www.efb-central.org/index.php/forums/viewforum/26/

Deutsche Akademien Acatech, Berlin-Brandenburgische und Leopoldina, 2009: Für eine neue Politik in der Grünen Gentechnik, 4 Seiten

Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG, 2010: Grüne Gentechnik, Wiley-VCH, 102 Seiten

FAO World agriculture: towards 2030/2050, Interim report, Global Perspective Studies Unit, 2006, www.fao.org/ES/esd/AT2050web.pdf

Ganser, D. und Reinhardt, E.: Erdölknappheit und Mobilität in der Schweiz, SATW Schrift Nr. 40, 2008, www.satw.ch

Ronald, P.C. & R.W.Adamchak, 2008: Tomorrows' Table: Organic Farming, Genetics and the Future of Food, Oxford University Press. Ca 50.- CHF.

Royal Society, 2009: Reaping the benefits; science and the sustainable intensification of global agriculture, 70 Seiten

SATW: Biotreibstoffe – Chancen und Grenzen, Eine Orientierungshilfe der Kommission für angewandte Biowissenschaften, Mai 2009, www.satw.ch

SATW Geschäftsstelle
Seidengasse 16
CH-8001 Zürich
Telefon +41 (0)44 226 50 11
E-Mail info@satw.ch
www.satw.ch

Autor: Richard Braun

Review: Klaus Ammann, Franz Bigler, Hans Hänni,
Ulrich W. Suter, Andreas Zuberbühler

Redaktion: Béatrice Miller, Beatrice Huber

1. Auflage Juli 2010

Zusammenfassung

Seit Jahrtausenden bauen Menschen Nutzpflanzen wie Weizen, Mais oder Reis an, um sich und ihre Nutztiere zu ernähren. Daneben dienen und dienen weiterhin eine Vielzahl von Pflanzen als Rohstoffe für technische Materialien wie Textilfasern, Baustoffe, Pharmazeutika, Industriechemikalien oder Energieträger. Werden die leicht zugänglichen Erdölvorräte dereinst erschöpft sein, wird die Bedeutung von Pflanzen als industrielle Ressource zunehmen. Eine Renaissance von Holz, Flachs, Stroh und weiterer pflanzlicher Produkte als Rohstoffe ist deshalb wahrscheinlich. Das Ziel von Forschung und Entwicklung soll darin liegen, Produktionsverfahren und ihre Machbarkeit, sowie die Nützlichkeit der Endprodukte zu optimieren. Ein grosser Forschungsbedarf besteht dabei im noch jungen Gebiet der transgenen Pflanzen, die fallweise spezifische hochwertige Stoffe liefern können. Statt an Erdölraffinerien ist an Bioraffinerien zu denken. Entscheidend wird sein, die öffentliche Wahrnehmung dieser Technologien zu verbessern und die gesellschaftlichen Folgen ihrer Einführung in Betracht zu ziehen, auch im Hinblick auf die globale Sicherheit der Ernährung nicht nur in den Industrieländern, sondern auch in den Ländern des Südens.

SATW

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften
Académie suisse des sciences techniques
Accademia svizzera delle scienze tecniche
Swiss Academy of Engineering Sciences



Mitglied der
Akademien der Wissenschaften Schweiz