

Themenmodule zur Verbraucherbildung

Gentechnik und ihre Bedeutung für den Verbraucher als Gegenstand von Unterricht

Fachbeitrag mit Hintergrundinformationen
von Lutz Stäudel und Brigitte Werber

Kurzinformation

Themenbereich:	Gentechnik
Titel:	Gentechnik und ihre Bedeutung für den Verbraucher als Gegenstand von Unterricht
Autor/in:	Lutz Stäudel und Brigitte Werber
Stand:	Herbst 2003
Zielgruppe:	Multiplikatoren in der Verbraucherbildung, Lehrer
Technische Ausstattung:	Internetzugang

Copyright beim Verbraucherzentrale Bundesverband e.V. (vzbv), erstellt im Auftrag des vzbv.

Inhaltsverzeichnis

Einführung	1
Von der Genetik zur Gentechnologie	2
Gentechnik und Landwirtschaft	3
Genfood	6
Gentechnik in der Medizin	8
Gentechnik und informationelle Selbstbestimmung	10
Chronologie	12

Einführung

Gentechnik ist ein Teilgebiet der Biotechnologie. Sie befasst sich mit der Isolierung, Charakterisierung und Neukombination von Erbmaterial. Das Erbgut von lebenden Organismen wird vor allem durch Übertragung und Einbau fremden Genmaterials gezielt verändert.

Die Gentechnik ermöglicht es, die Artengrenzen zu umgehen: Während bei klassischen Methoden der Züchtung nur Arten miteinander gekreuzt werden können, die mehr oder weniger verwandt sind, ist es mit gentechnischen Methoden möglich, Gene vom Menschen auf Tiere, von Bakterien auf Pflanzen etc. zu übertragen.

Es werden drei große Anwendungsbereiche der Gentechnik unterschieden:

"Grüne Gentechnik": die Anwendung gentechnischer Verfahren in der Pflanzenzüchtung, die Nutzung gentechnisch veränderter Pflanzen in der Landwirtschaft und im Lebensmittelsektor.

"Rote Gentechnik": die Anwendung der Gentechnik in der Medizin zur Entwicklung von diagnostischen und therapeutischen Verfahren und von Arzneimitteln.

"Graue Gentechnik": die Herstellung von Enzymen oder Feinchemikalien für industrielle Zwecke mit Hilfe gentechnisch veränderter Mikroorganismen.

Gentechnik und ihre Methoden haben in den letzten Jahrzehnten eine rasante Entwicklung erfahren. Sie wurden und werden aufs heftigste in den Medien und in der Öffentlichkeit diskutiert.

Auch wenn diese Kontroversen inzwischen differenzierter und sachbezogener geführt werden, so bleiben sie deutlich emotional geladen. Besonders weil die – realen wie fantasierten – Möglichkeiten der Genmanipulation doch unsere Vorstellungen von Individualität, von Natur und von einem wertschätzenden Umgang mit dem Seienden erschüttern.

Dem stehen umfassende wirtschaftliche Interessen gegenüber - von der gentechnischen Herstellung von Medikamenten bis hin zur Patentierung aufgeklärter Erbinformationen beliebiger Lebewesen -, aber auch Vorstellungen, mittels Genmanipulationen Leiden abwenden zu können.

Teile der Wissenschaft schließlich sehen in der völligen Aufklärung der Erbinformationen von Lebewesen – vom Bakterium bis zum Menschen - ihre wichtigste Aufgabe.

Hinweis

Die Folgen reichen ins persönliche Leben jeder und jedes Einzelnen hinein: Genfood, pränatale Diagnostik und Gentherapie seien nur als Stichworte genannt. Eine Auseinandersetzung mit diesen Entwicklungen und ihren aktuellen und möglichen Folgen in der Schule ist daher unverzichtbar.

Diese Auseinandersetzung muss auf verschiedenen Ebenen stattfinden und bedarf unterschiedlicher Instrumente: Neben der gesellschaftspolitischen Analyse, die nach Interessen, Macht und politischer Verantwortung fragt und der ethischen Bewertung, muss auch eine Beschäftigung mit den naturwissenschaftlichen Grundlagen der eingesetzten Techniken stehen.

Die folgenden Stichworte werden in diesem Fachbeitrag vertiefend ausgeführt:

- Von der Genetik zur Gentechnologie (geschichtlicher Abriss)
- Gentechnik und Landwirtschaft
- Gentechnik und Nahrungsmittel (Genfood)
- Gentechnik in der Medizin und in der Reproduktionsmedizin

Ethische und rechtliche Fragen des Einsatzes der Gentechnologie werden im jeweiligen Zusammenhang mit erörtert.

Es wird jeweils herausgestellt, in welcher Weise Verbraucher von den aktuellen und möglichen künftigen breiteren Anwendungen der Gentechnologie im jeweiligen Bereich betroffen sind oder sein werden, z.B.

- durch die Folgen für die Ökosysteme und landwirtschaftliche Produzenten,
- hinsichtlich der Wahlmöglichkeiten zwischen gentechnisch veränderten und unveränderten Nahrungsmitteln bzw. Nahrungsmittelbestandteilen,
- durch die Möglichkeiten der Diagnose von Erbkrankheiten bzw. genetischen Dispositionen und die Verfügung über diagnostische Informationen,
- durch Veränderungen der vorgeburtlichen Medizin.

Von der Genetik zur Gentechnologie

Die wichtigsten Daten zum geschichtlichen Abriss finden sich in der beigefügten Chronologie. Es ist erkennbar, dass die letzten zwei Jahrzehnte eine erhebliche Beschleunigung der Entwicklung gebracht haben: was bisher im Wesentlichen Grundlagenforschung war, mündete in den Einsatz gentechnischer Methoden in vielen Bereichen gepaart mit deutlichen wirtschaftlichen Interessen. Ein erstes Beispiel hierfür ist das gentechnisch produzierte Insulin und seine Vermarktung in den USA, später folgte die Patentierung menschlicher Gene, etwa im Zusammenhang mit Brustkrebs (2001).

Schon zu einem frühen Zeitpunkt erkannten die Wissenschaftler, die führend an der gentechnischen Forschung beteiligt waren, dass von genmanipulierten Organismen eine Gefährdung von Umwelt und Mensch ausgeht, die in ihren Ausmaßen nicht abschätzbar war. So setzte sich Paul Berg (Nobelpreis 1980) 1975 anlässlich der Konferenz von Asilomar für ein mehrjähriges Moratorium für rekombinante DNS ein. Waren es zunächst die Wissenschaftler, die sich partiell selbst Grenzen setzten, so verwandelte sich die Auseinandersetzung mit der Gentechnologie bald in eine öffentliche Debatte, in deren Verlauf begonnen wurde, die Grundlagenforschung und Anwendungen in einen verbindlichen rechtlichen Rahmen zu stellen.

Didaktischer Hinweis

Erwin Chargaff befürchtete von der Anwendung der Gentechnologie – ebenso wie von der Nutzung der Atomtechnologie - tief greifende Veränderungen in der Geschichte von Menschheit und Wissenschaft.

Er entdeckte 1950, dass die vier "Basen" als Bausteine der DNS in Paaren vorliegen.

Das qualitativ Neue bestehe in der Nicht-Rückholbarkeit möglicher Veränderungen. So wie radioaktive Spaltprodukte noch nach Jahrzehntausenden strahlen könnten gentechnisch veränderte Organismen sich zukünftig in der Umwelt verbreiten und die Evolution in kaum vorhersehbarer Weise beeinflussen.

Die Auseinandersetzung mit der Chronologie der Gentechnik dient auch der Bewusstwerdung der potenziellen Gefährdung des Einzelnen durch diese Technologie. Welches jedoch menschengeschichtlich der Motor für diese Entwicklung ist, wird am ehesten in der Beschäftigung mit Utopien aus verschiedenen Epochen deutlich.

Hinweis

Beispiele hierfür sind Francis Bacon: New Atlantis (1637), Aldous Huxley: Schöne Neue Welt (1932), Michael Crichton: Dino Park (1990)

Ähnliches findet sich auch an anderen Stellen in der Literatur: Der Homunkulus bei Paracelsus oder Goethes Faust gehört ebenso dazu wie die Erschaffung des Golem durch den Rabbi Loew bei Gustav von Meyrinck.

Diesen Fantasien liegt einerseits eine Idee von einer Vervollkommnung oder Verbesserung der Natur zu Grunde, eine Art Heilserwartung, die auf die Wissenschaft übertragen wird; andererseits wird als Kehrseite ausgemalt, dass dem manipulierenden Wissenschaftler die Kontrolle über sein Experiment entgleitet und ins Chaos mündet (Frankenstein, Huxley, Crichton).

Die Auseinandersetzung mit beidem, Heilserwartung und Gefährdung, kann im Unterricht dazu dienen, die SchülerInnen bei der Klärung des eigenen Standpunktes zur Gentechnik zu unterstützen. Dies ist auf dieser allgemeinen Ebene schon deshalb notwendig, weil in vielen Sachfragen keine Entscheidung auf objektiver Basis möglich ist.

Hinweis

Die Frage, als wie gefährlich gentechnisch verändertes Soja in einem Nahrungsmittel zu beurteilen ist, wird immer auch von den unterschiedlichen Einstellungen und den zugehörigen Maßstäben abhängen.

Aufgabe der Schule ist es in diesem Zusammenhang jedoch, die Bedeutung solcher Maßstäbe zu vermitteln und sie ins Verhältnis zu setzen zu den gesetzlichen Regelungen.

Zielführende Fragen könnten sein:

- Ermöglichen mir die existierenden Regelungen die Wahl (z.B. zwischen Genfood und gentechnisch nicht manipulierter Nahrung)?
- Sind die Regelungen geeignet, mich als Verbraucher und meine Gesundheit zu schützen?
- Weitere Aspekte könnten sein: das Verursacherprinzip, Vorsorgegesichtspunkte, Schutz vor Täuschung und Irreführung sowie wirtschaftlichen Schäden.

Weiterführende Informationen

- <http://www.vobs.at/bio/index-g.html> (Gentechnik - Historischer Rückblick; Vorarlberger Bildungsserver)
- <http://www.transgen.de/> (Online-Informationssystem der Verbraucherinitiative e.V.)
- Gentechnologie. Wochenschau Nr. 2, März/April 2003 (Originaltexte aus Printmedien und Internet)
- Genzeit (3. Auflage), Begleitmaterial zur gleichnamigen Schulfernsehsendung des Hessischen Rundfunks, Frankfurt o.J.

Gentechnik und Landwirtschaft

Neue molekularbiologische Methoden ergänzen die bestehenden Techniken der Pflanzen- und Tierzucht. Allerdings erleichtern und beschleunigen sie nicht nur die züchterische Arbeit, wie häufig behauptet wird, sondern stellen sowohl hinsichtlich ihrer Mittel wie auch ihrer Ergebnisse etwas qualitativ Neues dar.

Gentechnisch verändert ist ein Organismus, dessen genetisches Material in einer Weise verändert worden ist, wie sie unter natürlichen Bedingungen durch Kreuzen oder natürliche Rekombination nicht vorkommt. Die sog. Freisetzung-Richtlinie zählt verschiedene Verfahren auf, die zu einem gentechnisch veränderten Organismus führen:

- an erster Stelle steht die Übertragung rekombinanter, außerhalb des Organismus erzeugter DNA mit Hilfe geeigneter Systeme und Techniken;
- des weiteren werden bestimmte Verfahren zur Zellfusion benannt.
- Mutationen führen in der Regel nicht zu GVOs im Sinne der Gesetze - auch dann nicht, wenn diese Mutationen künstlich, z.B. durch energiereiche Strahlung oder durch Chemikalien ausgelöst werden.

Ebenfalls wird definiert, was unter einem Organismus zu verstehen und was nicht:

- Organismen im Sinne des Gesetzes sind biologische Einheiten, die fähig sind, sich zu vermehren oder genetisches Material zu übertragen, also Pflanzen oder Tiere, aber auch Mikroorganismen wie Bakterien, Hefen, Pilze oder Viren.

Bei der über Jahrtausende betriebenen züchterischen Auslese und Kreuzung entstanden aus der Sicht des Züchters optimierte Sorten; auf Zellebene betrachtet fand eine Neukombination von Genen statt, aber stets innerhalb des natürlichen Genpools einer Art (oder verwandter Arten).

Im Gegensatz dazu werden bei gezielten gentechnischen Veränderungen zusätzliche Gensequenzen eingebaut, die erwünschte Eigenschaften vermitteln und/oder regulatorische Funktionen haben. Bis in die jüngste Vergangenheit wurden bei entsprechenden Manipulationen zudem Antibiotika-Resistenzgene eingesetzt, um die transgenen Zellen leichter isolieren zu können.

Anders als bei der traditionellen Züchtung hinterlassen gentechnische Eingriffe methodisch bedingte Spuren, die nichts mit der Optimierungsabsicht zu tun haben – der jeweilige Genpool wird verändert.

Der Gentechnik-Einsatz in der Landwirtschaft soll zur Verbesserung der agrartechnischen Eigenschaften, des Ertrags und der Produktqualität dienen. Im Nutzpflanzenbau geht es z.B. um:

- Resistenzbildung gegen Viren, Pilze, Bakterien, Herbizide,
- Änderung der Inhaltsstoffe, etwa Erhöhung des Vitamingehalts, Veränderung der Anteile von Aminosäuren, Proteinen, Kohlenhydraten, Fetten und Ölen,
- Veränderung der Eigenschaften wie Haltbarkeit, Frost- und Trockenresistenz, Salztoleranz, Reifezeit
- und Optimierung für den Einsatz von Erntemaschinen und Vermarktung.

Bei der Tierzucht wird die Gentechnik für sehr unterschiedliche Entwicklungsziele eingesetzt:

- Durch gentechnische Veränderungen bei milchgebenden Nutztieren wie Kühen oder Ziegen sollen Wirkstoffen oder Arzneimittel im Tierkörper produziert und mit der Milch abgegeben werden (Molecular Pharming). (Unter ähnlichen Zielsetzungen werden auch Nutzpflanzen gentechnisch verändert.)
- Daneben gab es spektakuläre Versuche, erwachsene Nutztiere zu klonen. Damit sollten zum einen im Hinblick auf „Molecular Pharming“ erfolgreich gentechnisch veränderte, erwachsene Tiere vervielfältigt werden (Klonschaf Dolly), zum anderen ging es um die Klonierung ertragsoptimierter Tiere, meist Rinder.
- Bislang erst in den Anfängen sind die Versuche, durch die Übertragung von Wachstums-genen Riesenwuchs zu erzeugen, z.B. bei Speisefischen.
- Ähnliches gilt für die Zucht von Tieren, deren Organe sich für die Transplantation auf den Menschen eignen.

Unabhängig davon, dass die aufgeführten Optimierungsabsichten im Laufe der Zeit mehrfach Veränderungen unterworfen waren, weil sie sich als nicht realisierbar herausstellten, wurden und werden als Ziele für den Einsatz der Gentechnik immer wieder genannt:

- der Kampf gegen den Welthunger durch ertragreichere Pflanzen,
- die Verbesserung der Ernährungs- und Gesundheitssituation durch Veränderung der Inhaltsstoffe (z.B. „Golden Rice“ mit höherem Vitamin-A-Gehalt),
- verbesserte Lagerungsfähigkeit („Antimatsch-Tomate“),
- Verminderung des Einsatzes von Pestiziden.

Auch wenn man diesen Zielen als solchen zustimmen wird, bleibt es fraglich, ob mit dem Einsatz gentechnischer Methoden tatsächlich die richtigen Mittel gewählt werden.

Hinweis

Stellvertretend für die verschiedenen Anwendungsbereiche kann am Beispiel der gentechnisch herbeigeführten Herbizid-Resistenz gezeigt werden, wo die Konfliktlinie zwischen Befürwortern und Kritikern der Gentechnik in der Landwirtschaft verläuft.

Nutzpflanzen können gegen Insekten, Bakterien, Pilze und Viren widerstandsfähig gemacht werden, indem man Gene aus natürlich vorkommenden Mikroorganismen in die Pflanze überträgt.

„Herbizid resistente“ Pflanzen sind jedoch keineswegs gegen beliebige Unkrautbekämpfungsmittel tolerant, sondern nur gegenüber speziell für die Verwendung mit den gentechnisch veränderten Pflanzen entwickelten Chemikalien.

Hinweis

Bekannteste Beispiele sind die Totalherbizide „BASTA“ und „RoundUp“. Damit lässt sich zwar faktisch der Herbizid-Einsatz vermindern, weil man erst dann „spritzen“ muss, und auch nur mit einem einzigen Mittel, wenn die ersten Fremdpflanzen auf dem Feld erscheinen; d.h. aber, dass alle Pflanzen abgetötet werden, die nicht gentechnisch verändert sind.

Weitere negative Effekte sind:

- die Gefahr, dass sich resistente „Unkräuter“ herausbilden, die in der Folgekultur problematisch werden können,
- die Gefahr, dass durch Kreuzung zwischen Kulturpflanzen und verwandten Wildarten sowie horizontalen Gentransfer mehrfach resistente (Wild-) Pflanzen entstehen,
- die Gefahr, dass langfristig die Sortenvielfalt beeinträchtigt wird, weil nicht länger Standort angepasste Sorten angebaut werden, sondern gentechnisch verändertes Saatgut zusammen mit dem jeweiligen „Komplementär-Herbizid“.
- die zunehmende Abhängigkeit der Landwirte, besonders in Schwellen- und Entwicklungsländern, von wenigen industriellen Produzenten.

Außerdem zeigt sich, dass die kurzfristig erzielten Ertragszuwächse häufig mittelfristig keinen Bestand haben.

Angesichts dieser Gefahren muss die Frage grundsätzlich gestellt werden, ob der Einsatz gentechnischer Methoden in der Landwirtschaft tatsächlich ein geeignetes Mittel ist, um globale Probleme zu lösen. Dies gilt umso mehr, als seit langem erfolversprechende Entwicklungen auf dem Gebiet der biologischen Schädlingsbekämpfung und der Züchtung Standort angepasster Arten zu verzeichnen sind, Methoden und Techniken, die vor Ort eingesetzt werden können und kaum Risiko behaftet sind. Forschungs-, Industrie- und Handelspolitik begünstigen aber gerade risikoreiche `High-Tech`-Entwicklungen wie die Gentechnologie.

Didaktischer Hinweis

Da heute nur noch zwei bis drei Prozent der Erwerbstätigen in der Landwirtschaft beschäftigt sind, erscheint die Zahl der unmittelbar vom Einsatz der Gentechnik im Landbau Betroffenen zunächst sehr gering. Umgekehrt sind alle Menschen als Verbraucher von Nahrungsmitteln mittelbar tangiert. Somit bietet einerseits die Betroffenheit als Konsument oder Landwirt Ansatzpunkte für die Auseinandersetzung mit diesem Anwendungsfeld der Gentechnik; andererseits erschließen sich mit diesem Thema auch grundsätzliche Fragen des Mensch-Natur-Verhältnisses.

Mit dem verstärkten Einsatz der Gentechnik in der Landwirtschaft stehen wir vor einer Situation, die in mancher Hinsicht der Zeit vor dem massenhaften Einsatz von DDT und Lindan ähnelt.

Exkurs

Damals waren große Hoffnungen geweckt worden, durch hoch wirksame Chemikalien die Erträge zu steigern und Krankheitserreger übertragende Insekten zu vernichten. Nicht absehbar war bzw. unbeachtet blieb, dass diese aromatischen Chlorverbindungen im Boden sehr beständig sind, sich in Nahrungsketten anreichern können und schließlich damit die menschliche Gesundheit beeinträchtigen. Als problematisch erwiesen sich auch die Resistenzbildung bei Insekten.

Im Vergleich zur „Chemisierung der Landwirtschaft“ wurde der Einsatz der Gentechnik schon sehr früh von öffentlichen Diskussionen begleitet, die insbesondere in Frage stellten, ob der

Mensch das Recht hat, in die Natur einzugreifen. Breiter öffentlicher Protest folgte erst später, als die ersten Freisetzungsversuche geplant wurden. In der Zwischenzeit wurden längst, nahezu unbemerkt vom Verbraucher, gentechnisch gewonnene Zusatzstoffe wie Enzyme in der Lebensmittelproduktion eingesetzt.

Chemisierung und „Gen-Technisierung“ ist gemeinsam, dass sie weltweit eingesetzt werden und dass mögliche Auswirkungen ebenfalls globaler Art und nicht begrenzt sind. Unterschiede gibt es jedoch hinsichtlich der Rückholbarkeit bzw. der Möglichkeit, Eingriffe rückgängig zu machen. Für chlorierte Kohlenwasserstoffe gibt es ‚Senken‘, in denen sie sich entweder anreichern oder stillgelegt werden können, für veränderte Genpools gilt dies nicht.

Um die Reichweite und die Bedeutung gentechnischer Eingriffe verstehen zu können, ist die Kenntnis der gentechnischen Methoden und eine Auseinandersetzung mit ihren naturwissenschaftlichen Grundlagen unerlässlich. Erst damit kann erfasst werden, dass durch die Veränderung des Genpools auch die Richtung evolutionärer Prozesse beeinflusst wird.

Da die Konflikte aber nicht aus der objektiven Erfassung von Daten entstehen, sondern aus deren Bewertung, die wiederum von den jeweiligen Interessen abhängt, sind gesellschaftswissenschaftliche Methoden nötig, um Standpunkte und Argumentationslinien zu analysieren.

Eine Zusammenarbeit zwischen den entsprechenden Unterrichtsfächern – etwa Biologie und Politik – kann die SchülerInnen befähigen, ihren eigenen Standpunkt in dieser Auseinandersetzung zu finden. Die dabei entwickelten Kompetenzen (im Sinne von PISA handelt es sich hier um charakteristische „Cross Curriculum Competencies“) kommen den Lernenden dann auch in anderen thematischen Zusammenhängen zugute, ebenso in ihren täglichen Entscheidungen als Konsumenten.

Weiterführende Informationen

- <http://nabu-tuebingen.de/links/gentechnik.htm> (Linkseite des NABU Tübingen zu den verschiedenen Interessenträgern in der Auseinandersetzung um die „Grüne Gentechnik“)
- <http://www.vzbv.de/go/index.html> (Position der Verbraucherverbände)
- http://www.ekd.de/download/ungeloeste_fragen2003.pdf (Standortbestimmung der Kirchen)
- <http://archiv.greenpeace.de/> (insbesondere die Seiten „Zankapfel Gentechnik“)
- <http://www.bauernverband.de/> (Stellungnahmen zu den Kennzeichnungsrichtlinien)
- <http://www.rki.de/GENTEC/GENTEC.HTM> (Die Gentechnik-Seiten des Robert-Koch-Instituts, u.a. zuständig für die Genehmigung von Freilandversuchen)
- <http://www.m-ww.de/kontrovers/gentechnik/> (Medicine Worldwide; Argumente für und wider „Grüne Gentechnik“)
- <http://www.bayercropscience.de/de/bs/> (Übersicht zur „Grünen Gentechnik aus industrieller Sicht“)
- <http://www.profil.iva.de/profilonline.html> (online-Magazin des Industrieverbandes Agrar)
- B. Werber, L. Stäudel: Gene - Vergangenheit und Zukunft des Lebens. Materialien zum Unterricht, Sekundarstufe I, Heft 144, Wiesbaden 2000 (u.a. Grundlagen der Gentechnologie auf SI-Niveau)

Genfood

An den Begriffen „Genfood“ und „Biolebensmittel“ werden die Konflikte um die Nahrungsmittelproduktion deutlich. Nahrungsmittel sind in jedem Fall organisches Material, enthalten also Gene und sind Resultat biologischer Stoffwechselprozesse. Obwohl beide Begriffe damit auf alle Nahrungsmittel anwendbar sind, sollen durch sie in Kurzform aber unterschiedliche Produktionsbedingungen und -methoden benannt und bewertet werden.

„Genfood“ hat sich trotz mangelnder begrifflicher Trennschärfe als Kürzel im Alltag und teilweise auch in der öffentlichen Debatte eingebürgert. Es steht für „Lebensmittel auf der

Basis gentechnisch veränderter Organismen“ (GVOs). Was unter einem gentechnisch veränderten Organismus zu verstehen ist, ist durch nationales und internationales Recht definiert.

Hinweis

Die gegenwärtig massive Abneigung der Mehrzahl der Verbraucher/innen, Lebensmittel auf Basis von GVOs zu konsumieren, gründet auf einer vermuteten hohen Gesundheitsgefährdung, die jedoch wahrscheinlich gering ist. Weder besteht eine unmittelbare Gefahr durch die von GVOs stammende bzw. in ihnen enthaltene DNS, noch gibt es bislang Hinweise, dass durch gentechnisch veränderte Erbinformationen neue gesundheitsgefährdende Stoffe entstehen.

Jedoch werden durch die Einschleusung artfremder Gene, z.B. aus Nüssen, auch artfremde Inhaltsstoffe in anderen Pflanzen produziert, die bekanntermaßen Allergie auslösend sein können. Diskutiert wird darüber hinaus die Gefahr, dass Resistenz-Gene aus transgenen Pflanzen auf körpereigene Bakterien (z.B. im Darm) übertragen werden und im Krankheitsfall den Behandlungserfolg durch Antibiotika verhindern.

Angesichts der Unklarheiten bzgl. möglicher Gesundheitsgefahren durch den Verzehr von gentechnisch veränderten Lebensmitteln, besonders aber bei negativer Bewertung der ökologischen Risiken durch den Anbau von GVOs gibt es für VerbraucherInnen gute Gründe, sich gegen den Konsum von Genfood zu entscheiden. Jedoch bestehen für die Konsumenten wenige Möglichkeiten, das Angebot kritisch zu sichten. Ursache hierfür ist die vielfältige Verwendung von Produkten von GVOs.

Hinweis

Während man die ‚Antimatsch-Tomate‘ im Regal liegen lassen könnte, ist es für den Laien unmöglich zu erkennen, ob in einer Ketchup-Zubereitung GVOs verarbeitet worden sind.

Den einzigen Anhaltspunkt für eine gezielte Kaufentscheidung gibt die Kennzeichnungspflicht, die wiederum Bestandteil eines Gesetzeswerkes ist, welches die Freisetzung und das In-Verkehr-Bringen von GVOs regelt. In die Regelungen einbezogen sind auch Produkte und Zubereitungen, die mittelbar oder teilweise Bestandteile von GVOs enthalten. Allerdings wurde der Ansatz, die Prozessqualität von Produkten zu deklarieren, dabei nicht durchgängig eingehalten.

Zum Beispiel Soja

Die Sojabohne ist die Kulturpflanze mit dem weltweit höchsten Anteil gentechnisch veränderter Sorten. Die gentechnischen Veränderungen haben vor allem Herbizidresistenz und Änderungen in der Fettsäure- bzw. Aminosäure-Zusammensetzung zum Ziel.

Sojabohnen sind Roh- und Grundstoff für unzählige Lebensmittel, -zutaten und -zusatzstoffe:

- pflanzliches Öle und Fette, Sojaöl
- Lecithin und andere Emulgatoren
- Tocopherol / Vitamin E
- Sojamehl, Sojaschrot
- verschiedene Sojaweißpräparate, vor allem bei Fertigprodukten
- Sojaprodukte wie Tofu, Sojasauce, Miso und Tempeh
- Ersatzprodukte für Fleisch und Milch: Sojamilch, Sojapuddings

Sojaschrote und die nach der Ölabtrennung anfallenden Reststoffe werden als Vieh- und Haustierfutter verwendet. Allein in der EU werden jährlich 30 Millionen Sojaprodukte an Tiere verfüttert.

Die Tabelle im Anhang stellt die Anbauflächen gentechnisch veränderter Sojapflanzen weltweit dar. Die Prozentangaben geben (auf das jeweilige Land bezogen) den Anteil der mit gentechnisch verändertem Soja bebauten Fläche an der Gesamtsojaanbaufläche wieder.

Die USA, Argentinien und Brasilien produzieren zusammen mehr als 80 Prozent des weltweit angebauten Soja.

Dass diese Regelungen nicht die vom kritischen Verbraucher gewünschte Eindeutigkeit und Schärfe aufweisen, hängt u.a. damit zusammen, dass nationales Recht sich an den existierenden Richtlinien auf EU-Ebene ausrichten muss. Diese Richtlinien haben zum einen Kompromisscharakter bezogen auf die unterschiedlichen Vorstellungen innerhalb der europäischen Gemeinschaft, zum anderen sind sie auch Ergebnis politischer Aushandlungsprozesse zwischen Welthandelspartnern, insbesondere zwischen Europa und den USA.

Didaktischer Hinweis

Mit der Thematisierung der möglichen Auswirkungen von gentechnisch veränderten Lebensmitteln (Genfood) auf die Gesundheit der VerbraucherInnen und der Diskussion der rechtlichen Regelungen für das sog. In-den-Verkehr-Bringen wird eine Brücke zum unmittelbaren Alltag der SchülerInnen geschlagen. In diesem Zusammenhang soll deutlich werden, dass sich bewusste Kaufentscheidungen nur bedingt auf Kennzeichnungen und rechtliche Regelungen stützen können, und dass es zur Wahrnehmung berechtigter Interessen gilt, sich in die politischen Entscheidungsprozesse aktiv einzubringen.

Herausgearbeitet werden kann zudem, dass beim Einsatz gentechnischer Methoden weitgehend ökonomische Interessen entscheidend sind, auch wenn moralische Gesichtspunkte als Begründung von Entwicklungen angeführt werden, etwa die „Beseitigung des Welthungers“ durch Gentechnik.

Um den eigenen Standpunkt in Bezug auf gentechnisch veränderte Lebensmittel zu formulieren und darstellen zu können, muss den SchülerInnen Gelegenheit zur Auseinandersetzung gegeben werden. Dazu gehört die Analyse des eigenen Unbehagens, die Unterscheidung zwischen wissenschaftlich Fassbarem und dem emotional bzw. ethisch Begründeten, z.B. die grundsätzliche Ablehnung von „Eingriffen in die Natur“. Der Unterricht muss daher sowohl die naturwissenschaftlichen Grundlagen bereit stellen, die rechtliche Lage und ihre gesellschaftliche Bestimmtheit zur Diskussion stellen wie auch die Spannweite ethischer Beurteilungen erkennbar machen. Am Beispiel der Kennzeichnungsregelungen kann zudem deutlich gemacht werden, wie Kompromisse verschiedener Interessensvertreter zu Stande kommen.

Rollenspiele bieten sich als Methode der Auseinandersetzung an.

Weiterführende Informationen

- <http://www.genfood.at/> (Informationsseite der österreichischen Medien-Agentur brainbows)
- <http://www.transgen.de/> (Online-Informationssystem der Verbraucherinitiative e.V. „Transparenz für Gentechnik bei Lebensmitteln“)
- Gentechnologie. Wochenschau Nr. 2, März/April 2003 (Originaltexte aus Printmedien und Internet, hier: Kapitel C)
- <http://netzwerk-regenbogen.de/> (Stellungnahmen und Standpunkte zu Ökologie, Wirtschaft und Politik)

Gentechnik in der Medizin

Umfrageergebnisse im deutschen Sprachraum zeigen seit Jahren ein widersprüchliches Bild: Zum einen hat sich die mehrheitlich ablehnende Haltung der VerbraucherInnen zu „genmanipulierter Nahrung“ stabilisiert, zum anderen wächst die Akzeptanz der Gentechnik in der Medizin, zum Teil mit überhöhten Erwartungen.

Die Hoffnung, mittels gentechnischer Eingriffe genetisch bedingte Erkrankungen heilen zu können oder sogar zum Verschwinden zu bringen, war Ausgangspunkt und Motor der Entwicklung gentechnischer Methoden. Während man befürchtete, dass durch die kurative Medizin der Prozess der natürlichen Auslese unterbunden wurde und sich so das

menschliche Erbgut verschlechtern würde, erwartete man von der Genchirurgie positive Korrekturen.

Hinweis

Tatsächlich sind bis heute nur wenige erfolgreiche Gentherapien durchgeführt worden, auch scheint für die nähere Zukunft kein Durchbruch zu erwarten.

Kombiniert mit fortgeschrittenen Verfahren der Reproduktionsmedizin entfalten gentechnische Methoden inzwischen aber durchaus eine gewisse Wirksamkeit in Richtung Selektion. Bei der PID (pränatalen Implantationsdiagnostik) werden im Reagenzglas befruchtete Eizellen nach Erreichen des 8-Zellen-Stadiums auf mögliche unerwünschte genetische Dispositionen untersucht. In den Uterus implantiert werden dann nur solche Keime, die keine Schäden erwarten lassen. Damit wird - auf individueller Ebene – Selektion betrieben.

Während man die individuellen Motive von Eltern, die sich zur PID entschließen, weil sie für ihr Kind eine genetisch bedingte Erkrankung befürchten, durchaus respektieren kann, ergeben sich aus einer möglichen breiten Anwendung der PID erhebliche gesellschaftliche Veränderungen.

Die Akzeptanz von Personen mit genetisch bedingten Behinderungen könnte sich deutlich vermindern, da unterstellt wird, dass man hier hätte gezielt ‚verhindern‘ und der Solidargemeinschaft eine Last ersparen können.

Der bestechende Ansatz der Gentherapie, ein falsch funktionierendes Gen zu ersetzen, stößt in der Praxis auf erhebliche Probleme, die auf unterschiedlichen Ebenen zu finden sind:

Bislang konnten keine ‚Gen-Fähren‘ für den Transfer der Ersatzgene gefunden werden, deren Einsatz ohne Komplikationen und Nebenwirkungen verlaufen wäre.

Manipulierte Zellen, die die gewünschten Eigenschaften aufweisen, überdauern nach der Einschleusung in den Körper nur kurze Zeit.

Auch wenn es gelingt, gentechnisch veränderte Zellen in den Körper zurück zu transferieren, ist keineswegs gewiss, dass die veränderte Erbinformation auch im gewünschten Sinn wirksam wird.

Auch andere Behandlungsansätze auf der Basis gentechnischer Methoden wie z.B. der Einsatz monoklonaler Antikörper befinden sich gegenwärtig immer noch im Versuchsstadium. Eine viel größere Rolle als in der Behandlung von Krebs spielen Antikörper jedoch derzeit in der Krebsdiagnostik.

Bedeutsamer und erfolgreicher, auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten, ist der Einsatz gentechnischer Methoden bei der Herstellung von Medikamenten. Dazu werden Gene, die die Information für die Produktion eines bestimmten Wirkstoffes tragen, in einen Wirtsorganismus eingeschleust und später der Wirkstoff aus den Zellen isoliert.

Bekanntestes und wichtigstes Beispiel ist Insulin aus gentechnisch manipulierten Bakterien. Inzwischen gibt es innerhalb der EU mehr als 40 Medikamente aus gentechnischer Produktion. Hergestellt werden einerseits komplexe Wirkstoffe, die im Labor nur mit höchstem Aufwand synthetisiert werden können, andererseits aber auch Massenprodukte wie einfache Aminosäuren, die als Nahrungsergänzungsmittel verkauft werden.

Geradezu revolutioniert wurde der Markt für Diagnostika durch die Anwendung gentechnischer Methoden. Mittels Gen-Chips, auf deren Oberfläche reaktionsfähige DNS-Sequenzen aufgebracht sind, kann eine Vielzahl von genetisch bedingten Erkrankungen festgestellt werden; monoklonale Antikörper dienen zum Nachweis spezifischer Stoffwechselprodukte, wie sie etwa während einer Schwangerschaft auftreten.

Inwieweit die Anwendung gentechnischer Methoden die Kosten des Gesundheitswesens verändern, ist derzeit noch nicht absehbar. Einerseits könnten die Produktionskosten für

Medikamente deutlich geringer werden, jedoch stehen dem patentrechtliche Hürden entgegen.

Gentechnisch hergestellte individuell angepasste Medikamente eröffnen einen schier unabsehbaren Raum für segmentierte patentgeschützte Arzneimittelmärkte. Das dürfte die Arzneimittelkosten eher in die Höhe treiben. Ähnliches gilt für die neuen diagnostischen Möglichkeiten. Die zunehmende Erhebung von Daten, auch oft für die Diagnose unwichtiger, wird ebenfalls zur Kostensteigerung beitragen.

Didaktischer Hinweis

Die hohen Erwartungen an den Einsatz gentechnischer Methoden in der Medizin gehen einher mit einer deutlichen Akzeptanz für diese Verfahren und Produkte. Ähnlich wie bei der Einstellung zu gentechnisch veränderten Lebensmitteln, wo eine überhöhte Gefährdungserwartung festzustellen ist, scheinen hier emotionale Bewertungen eine zentrale Rolle zu spielen.

Wichtig erscheint die Diskussion zwischen vermeidbaren und unvermeidbaren Risiken, die sich für den medizinischen Bereich anders darstellen kann als für den Ernährungsbereich.

Für den Unterricht sollten daher – parallel zur Auseinandersetzung mit den naturwissenschaftlichen Grundlagen – eine Reihe von Fragen thematisiert werden, die das Verhältnis der Person zum Gegenstand aufhellen können:

Worauf richten sich die Erwartungen beim Einsatz gentechnischer Verfahren in der Medizin? Inwieweit beziehen sich diese Erwartungen auf die eigene Person bzw. auf die Menschheit insgesamt?

Auf welche Informationsquellen stützen sich diese Erwartungen? Welche Interessen sind möglicherweise mit bestimmten Informationen verbunden?

Die so bewusst gemachten Erwartungen und ihre Randbedingungen können dann mit dem Stand der Forschung und Entwicklung konfrontiert werden. Ziel ist auch hier die kritische (und selbstkritische) Beurteilung der Möglichkeiten durch die SchülerInnen.

Weiterführende Informationen

- <http://www.krebsinformation.de/> (Krebsinformationsdienst des Deutschen Krebsforschungszentrums Heidelberg, u.a. Informationen über monoklonale Antikörper)
- <http://www.lifescience.de/bioschool/> (Onlinemagazin zur Bio- und Gentechnologie, u.a. zur Gen-Chips)
- <http://www.leu.bw.schule.de/index.html> (Unterrichtsmaterialien z.B. des Fraunhofer Instituts Karlsruhe auf dem Bildungsserver des Landesinstituts für Erziehung und Unterricht Stuttgart)
- Gentechnologie. Wochenschau Nr. 2, März/April 2003 (Originaltexte aus Printmedien und Internet, hier: Kapitel D)

Gentechnik und informationelle Selbstbestimmung

Gentechnische Analysen liefern stets eine riesige Menge Daten.

Hinweis

So hat das internationale Human Genom Projekt gezeigt, dass das menschliche Erbgut aus etwa 3,2 Milliarden Basenpaaren besteht.

Ähnlich wie bei einer unbekanntem Sprache bedeutet die Kenntnis der Zeichenfolge aber noch nicht, dass man den Informationsgehalt im Detail bereits kenne. Umgekehrt zeigen zahlreiche Patente, dass bestimmte entschlüsselte Sequenzen nicht nur von wissenschaftlichem sondern auch von großem wirtschaftlichem Interesse sein können. Insgesamt rechnet man damit, dass das menschliche Genom 30 - 40.000 Gene umfasst.

Daten aus Genanalysen beschreiben den Menschen auf unterschiedlichen Ebenen: Zum einen charakterisieren sie die Art „Mensch“, zum anderen charakterisieren sie auch ein Individuum.

Hinweis

Personenbezogene Daten aber sind besonders schutzbedürftig. Die Kontenbewegungen oder die Kreditkartennutzung verraten vieles über die Lebensumstände einer Person, Konsumverhalten, Reiselust, Spendenverhalten oder finanzielle Spielräume, und machen ihn leicht zum Objekt personalisierter Werbung. Welche Informationen gentechnisch gewonnene Daten über einen Menschen offenbaren und welche Risiken sich damit verbinden, können bislang nur angedeutet werden.

Beispiel 1: Der genetische Fingerabdruck

Die Möglichkeit, einen genetischen Fingerabdruck zu kriminalistischen Zwecken zu erstellen ist noch relativ neu, hat aber bereits die Rechtsprechung verändert. Aus Spuren von menschlichem Gewebe (Haut, Blut, Sperma, Speichel) wird DNA isoliert und solche Abschnitte untersucht, die bei jedem Menschen stark variieren.

Die Gesamtheit der Information ergibt für jeden Menschen ein charakteristisches Profil. Wie bei einem Fingerabdruck, der keine Auskunft über Größe oder Haarfarbe seines Trägers gibt, kann mit dem genetischen Fingerabdruck auch nur die Identität einer Person festgestellt werden. In kriminaltechnischen DNA-Datenbanken des BKA sind also keine Daten über die Persönlichkeit eines Menschen gespeichert, denn die beim genetischen Fingerabdruck untersuchten DNA-Bereiche enthalten keinerlei Information über Körperaufbau oder Intelligenz und Einstellungen ihres Trägers. Missbrauch ist hier also kaum möglich.

Beispiel 2: Genetische Dispositionen

Daten aus einer genetischen Analyse, die aus medizinischen Gründen durchgeführt wird, müssen als hoch sensibel betrachtet werden.

Hinweis

So kann im Einzelfall durch Genanalyse geklärt werden, ob eine Person aus einer Familie mit genetisch bedingten Krankheiten selbst Träger der entsprechenden Erbanlage ist oder nicht. Ähnlich können genetische Dispositionen für verschiedene Krebserkrankungen festgestellt werden.

Während die entsprechende Information für die betroffene Person oftmals von großer Bedeutung sein kann, ist die Verfügung darüber durch Dritte in jedem Fall problematisch:

Der ‚gläserne Arbeitnehmer‘ läuft Gefahr, bereits wegen erblicher Dispositionen von einem Arbeitgeber nicht eingestellt zu werden; erste Fälle sind inzwischen bekannt geworden.

Der ‚gläserne Versicherte‘ muss mit Risikozuschlägen rechnen; bereits heute ist er verpflichtet, etwa vorliegende Daten – auch aus einer Genanalyse – seinem Versicherungsträger mitzuteilen.

Unter diesen Randbedingungen stellt sich die Frage des Rechts auf informationelle Selbstbestimmung neu und grundsätzlich. Dies schließt auch die Frage ein, welche Informationen der Einzelne über sich selbst bekommen möchte.

Die Kenntnis genetisch bedingter Dispositionen, wie bei einer Disposition für Brustkrebs, stellt für jüngere Menschen möglicherweise eine Belastung dar, mit der schwer umzugehen ist.

Schließlich hat die umfassende Verfügbarkeit gentechnischer Analysen auch Folgen für die gesellschaftliche Bewertung von Krankheit und Behinderung. Potenzielle Eltern mit einem familiären Hintergrund, in dem genetisch bedingte Erkrankungen aufgetreten sind, geraten unter erheblichen Druck, „genetisch einwandfreie“ Kinder zu zeugen. Pränatale Diagnostik (und Präimplantationsdiagnostik) stellen dazu die Mittel bereit, und es dürfte künftig immer schwerer werden, sich solchen Untersuchungen zu verweigern.

Didaktischer Hinweis

Am deutlichsten wird für SchülerInnen die durch gentechnische Methoden veränderte Situation, wenn sie im Entscheidungsspiel mit der Möglichkeit konfrontiert werden, dass Nachkommen genetisch bedingte Erkrankungen haben könnten. Sie müssen – für sich – entscheiden, welche Diagnoseverfahren für sie akzeptabel sind und welche Konsequenzen sie daraus ziehen und welche Belastungen sie bereit wären, auf sich zu nehmen.

Auch die Frage, welche Macht mit der Verfügung über persönliche Daten in Händen Dritter verbunden ist, kann in einem Rollenspiel (z.B. „Einstellungsgespräch“) bearbeitet werden.

Zur Vorbereitung können gezielt Recherchen – real oder im Internet – bei Arbeitgebern oder Versicherern durchgeführt werden.

Weiterführende Informationen

- <http://www.dhgp.de/deutsch/> (Homepage des Deutschen Human Genom Projektes)
- <http://www.bdk-brandenburg.de/> (Bund Deutscher Kriminalbeamter; Informationen zum genetischen Fingerabdruck)
- http://www.jura.uni-erlangen.de/Lehrstuehle/RechtundTechnik/sa_deuerling2001.html
- (Juristische Bewertung von Genanalysen und Versicherungsrecht)
- B. Werber, L. Stäudel: Gene - Vergangenheit und Zukunft des Lebens. Materialien zum Unterricht, Sekundarstufe I, Heft 144, Wiesbaden 2000 (mit einem Vorschlag für ein Entscheidungsspiel „Kinder kriegen“)

Chronologie

- 1865 Entwicklung der Vererbungs-Gesetze durch Gregor Mendel.
- 1869 Entdeckung der Desoxyribonukleinsäure (DNS, englisch DNA).
- 1900 Wiederentdeckung der ‚Mendelschen Gesetze‘ durch Correns, Tschermak und De Vries.
- 1901 Beschreibung von Mutationen als Erbgutänderungen durch De Vries.
- 1906 Erstmalige Verwendung des Begriffes "Genetik".
- 1909 Bezeichnung der Mendelschen Erbfaktoren als ‚Gene‘.
- 1910 „Gene sind wie Perlen einer Kette auf den Chromosomen angeordnet“ (Th. H. Morgan).
- 1915 "The Mechanism of Mendelian Heredity" von Th. H. Morgan erscheint.
- 1923 Einrichtung des Lehrstuhls für "Rassenhygiene" in München.
- 1926 Nachweis der mutagenen Wirkung von Röntgenstrahlen an der Fruchtfliege Drosophila (Hermann Muller).
- 1933 "Gesetz zur Verhütung erbkranken Nachwuchses" in Nazi-Deutschland.
- 1938 Prägung des Begriffs „Molekularbiologie“
- 1944 Nachweis, dass die DNS Träger der Erbinformation ist (Oswald Avery).
- 1944 Entwicklung der Idee eines genetischen Codes durch Erwin Schrödinger in seinem Buch "What is life?".
- 1947 Entdeckung der "springenden Gene" durch Barbara McClintock.
- 1950 Entdeckung dass die vier "Basen" als Bausteine der DNS in Paaren vorliegen (Erwin Chargaff).
- 1953 James Watson und Francis Crick bauen als räumliches Modell der DNS ihre berühmte "Doppelhelix".
- 1956 Bestimmung der Zahl der menschlichen Chromosomen (46).
- 1961 Entwicklung von Modellen der "Gen-Regulation" (Francois Jacob und Jacques Monod).
- 1965 Entdeckung der "Restriktionsenzyme" durch Werner Arber.
- 1965 Entschlüsselung des "genetische Codes" (M. Nirenberg und andere).
- 1973 Erstes gentechnisch verändertes Bakterium.
- 1975 Beschluss eines Moratoriums zu bestimmten gentechnischen Experimenten (Konferenz von Asilomar)

- 1977 Klonierung eines menschlichen Gens.
- 1977 Genetische Informationen aus menschlichen Zellen werden in Bakterien eingeschleust.
- 1982 Vermarktung des ersten gentechnisch hergestellten Medikaments (Insulin) (USA).
- 1983 Entwicklung der "Polymerase-Kettenreaktion" zur Vermehrung kleinster DNS-Mengen (Kary Mullis).
- 1986 Erster Freilandversuch mit genetisch veränderten Tabak-Pflanzen (USA).
- 1988 Patentierung eines gentechnisch manipulierten Säugetiers (Krebsmaus) (USA).
- 1990 Vermarktung gentechnisch veränderter Backhefe (Großbritannien)
- 1990 Offizieller Beginn des internationalen "Human-Genom-Projekts".
- 1992 Internationale Übereinkunft zur Biologischen Vielfalt (Convention on Biological Diversity)
- 1993 Gesetz zur Regelung der Gentechnik (zuletzt geändert 2002)
- 1996 Entzifferung des gesamten Genoms eines höheren Organismus, der Bierhefe.
- 1997 Klon-Schaf „Dolly“.
- 1997 Novel-Food-Verordnung der EU.
- 1998 Zucht embryonaler Stammzellen des Menschen im Reagenzglas.
- 1998 Vollständige Entschlüsselung des Genoms eines vielzelligen Organismus (Fadenwurm).
- 2000 Vollständige Sequenzentschlüsselung und -analyse des humanen Chromosoms 21
- 2000 Verabschiedung des internationalen ‚Biosafety Protocols‘
- 2000 Entschlüsselung von 90 Prozent des menschlichen Erbguts durch Craig Venter.
- 2000 In-Kraft-Treten des Gentechnik-Gesetzes in Deutschland
- 2001 Veröffentlichung der Analyse des Human Genoms; Abschluss des "Human-Genom-Projekts".
- 2002 In-Kraft-Treten des Stammzellen-Gesetzes
- 2002 Verordnung der EU zur Lebensmittelsicherheit
- 2003 Empfehlungen der EU für die Koexistenz gentechnisch veränderter und nicht veränderter Kulturpflanzen
- 2003 Das Cartagena Protokoll über biologische Sicherheit tritt in Kraft
- 2003 Verordnung der EU über die Rückverfolgbarkeit und Kennzeichnung von genetisch veränderten Organismen und über die Rückverfolgbarkeit von aus genetisch veränderten Organismen hergestellten Lebensmitteln und Futtermitteln
- 2003 Verordnung der EU über die Rückverfolgbarkeit und Kennzeichnung von genetisch veränderten Organismen und über die Rückverfolgbarkeit von aus genetisch veränderten Organismen hergestellten Lebensmitteln und Futtermitteln

Tabelle

	Anbauflächen	
	2002	2003
EU-Länder	-	-
USA	22,4 Mio. Ha (entspr. 75 %)	24,3 Mio. Ha (entspr. 81 %)
Kanada	0,58 Mio. Ha (entspr. 60 %)	
Argentinien	12,8 Mio. Ha (entspr. 99 %)	12,6 Mio. ha (entspr. 99 %)
Brasilien	6,3 Mio. Ha (entspr. 35 %)	6,4 Mio. Ha (entspr. 35 %)