

INHALT

GRUNDLAGEN

1. Was ist Biotechnologie?
2. Was ist Gentechnik?
3. Was hat das Klonen mit Gentechnik zu tun?

ANWENDUNGEN

4. Wie funktionieren biotechnologische Herstellungsverfahren?
5. Gibt es in Deutschland bereits biotechnologisch hergestellte Arzneimittel?
6. Welche Rolle spielt die Gentechnik in der Pflanzenzüchtung?
7. Welche Auswirkungen wird die Gentechnik auf die deutsche Landwirtschaft haben?

CHANCEN UND RISIKEN

8. Welche Chancen bietet die moderne Biotechnologie?
9. Wie gehen wir in Deutschland mit möglichen Risiken um?
10. Wie können langfristig auftretende Risiken der Biotechnologie abgeschätzt werden?
11. Was geschieht, wenn gentechnisch veränderte Mikroorganismen in die Umwelt gelangen?
12. Haben biotechnologisch hergestellte Stoffe (zum Beispiel Vitamine) andere Eigenschaften als herkömmlich produzierte Stoffe?
13. Können gentechnisch veränderte Lebensmittel Allergien auslösen?

ETHIK UND GESELLSCHAFT

14. Ist Gentechnik ein Eingriff in die Natur?
15. Ist der Einsatz der Biotechnologie ethisch vertretbar?

GRUNDLAGEN

1. Was ist Biotechnologie?

Als Biotechnologie bezeichnet man den Einsatz von Organismen, Zellen oder Zellbestandteilen in technisch nutzbaren Verfahren. Das kann bei der Produktion von Medikamenten und Diagnostika, der Erzeugung von Pflanzen mit bestimmten Eigenschaften oder Inhaltsstoffen sein sowie in zahlreichen weiteren Herstellungsprozessen – beispielsweise in der Chemie-, Textil- oder Lebensmittelindustrie. Heute wird die Biotechnologie beeinflusst von der Chemie, Biologie, Physik, Informatik, Material- und Ingenieurwissenschaft. Da die grundlegenden Mechanismen biologischer Vorgänge von Genen gesteuert werden, spielt in der modernen Biotechnologie die Gentechnik und die Erforschung des gesamten Erbmaterials von Lebewesen (Genomforschung) eine wichtige Rolle.

Die ersten biotechnologischen Anwendungen durch den Menschen fanden mit der Herstellung und Veredlung von Nahrungsmitteln wie Brot, Wein und Bier vermutlich schon vor etwa 5.000 Jahren statt. Weitere Beispiele für herkömmliche Biotechnologie sind Milchprodukte (Käse, Joghurt und Kefir) sowie Sauerkraut, die Abwasserreinigung in Kläranlagen und das Kompostieren.

2. Was ist Gentechnik?

Gentechnik ist ein Teilgebiet der modernen Biotechnologie. Sie steht als Oberbegriff für eine Reihe von Methoden zur Erforschung, Isolierung, Übertragung oder gezielten Veränderung des Erbmaterials. Einzelne informationstragende Abschnitte des Erbmaterials (Gene) können mit gentechnischen Methoden zwischen verwandten biologischen Arten und auch zwischen nicht verwandten Arten übertragen werden. Das erste gentechnische Experiment fand bereits 1973 statt. Damals wurde ein Stück Erbmaterial aus einem Virus in ein Bakterium übertragen. Heute greifen biotechnologische und gentechnische Verfahren oft eng ineinander, zum Beispiel bei der Produktion medizinisch wirksamer Eiweißstoffe mit Hilfe gentechnisch veränderter Bakterien in großen Kulturbehältern (Fermentern).

3. Was hat das Klonen mit Gentechnik zu tun?

Klone sind genetisch identische Lebewesen. Eineiige Zwillinge oder Pflanzen, die sich durch Ableger vermehren, sind natürliche Klone. Im Fall des Schafes Dolly wurde ein Zellkern (Teil der Zelle, der das Erbmaterial enthält) aus einer Euterzelle in eine Eizelle übertragen, aus der man zuvor den Zellkern entfernt hatte. Die Eizelle wurde dann zur Entwicklung gebracht und von einem Mutterschaf ausgetragen. Dieses Experiment wurde von mehreren Arbeitsgruppen unter anderem mit Mäusen und Rindern wiederholt und bestätigt. Wissenschaftlich betrachtet, handelt es sich hier um Methoden der Fortpflanzungsbiologie, die vor allem für die angewandte Tierzucht von Interesse sind. Sie haben mit der Gentechnik im eigentlichen Sinne nichts zu tun, sondern zählen zur Biotechnologie.

In Deutschland sind das Klonen von Menschen, die Herstellung von Embryonen zu Forschungszwecken und der Eingriff in die menschliche Keimbahn gesetzlich verboten.

ANWENDUNGEN

4. Wie funktionieren biotechnologische Herstellungsverfahren?

Lebende Organismen, zum Beispiel Mikroorganismen und Pflanzen sowie deren Bestandteile können chemische Substanzen sehr effizient umwandeln. Diese Stoffumwandlungen laufen im Gegensatz zu vielen chemischen Herstellungsverfahren in einem oder wenigen Schritten bei gemäßigten Temperaturen ab.

Die biochemische Arbeit wird von einer bestimmten Klasse von Eiweißstoffen – den Enzymen – verrichtet, die als biologische Katalysatoren jeweils auf bestimmte Umwandlungen spezialisiert sind und dabei nicht verbraucht werden. Die Geschwindigkeit, Umweltverträglichkeit und Vielfalt biochemischer Stoffumwandlungen machen Organismen und deren Enzyme zu einem wichtigen Hilfsmittel der verarbeitenden Industrie. Sie können herkömmliche Herstellungsverfahren ergänzen oder sogar ersetzen. Ihre Anwendung reduziert in der Regel den Einsatz von Wasser, Energie und Rohstoffen und führt zu geringerem Abfallaufkommen. Heute werden unter anderem Vitamine und Eiweißbausteine (Aminosäuren) für Lebensmittel beziehungsweise Tierfutter, Arzneimittelwirkstoffe, Grundstoffe für Kosmetika oder biologisch abbaubare Kunststoffe in großem Maßstab durch Biokatalyse produziert.

5. Gibt es in Deutschland bereits biotechnologisch hergestellte Arzneimittel?

Bestimmte Krankheiten werden dadurch hervorgerufen, dass im Körper ein Eiweiß nicht gebildet wird oder schlecht funktioniert. Durch Zufuhr des fehlenden Eiweißstoffs, beispielsweise über die Blutbahn, können die Krankheitssymptome gemindert oder behoben werden. In der Vergangenheit wurden solche medizinisch wirksamen Eiweißstoffe unter anderem aus menschlichem Spenderblut gewonnen. Dadurch bestand jedoch die Gefahr einer Verunreinigung des Wirkstoffs mit Krankheitserregern wie AIDS- oder Hepatitisviren. Einige wichtige Eiweiße kommen darüber hinaus im Blut in nur so geringer Menge vor, dass sie für medizinische Zwecke nicht gewonnen werden können.

Diese Probleme sind behoben, seit man den genetischen Bauplan für ein gewünschtes Eiweiß in Bakterien, Hefen und höhere Zellen gentechnisch übertragen kann. Mit ihrer Hilfe produziert man heute im industriellen Maßstab zahlreiche Arzneimittelwirkstoffe und Impfstoffe.

Das älteste Beispiel für einen gentechnisch produzierten Wirkstoff ist das menschliche Bauchspeicheldrüsenhormon Insulin. Es dient zur Behandlung der Zuckerkrankheit und erhielt im Jahr 1982 die Marktzulassung. Im April 2007 waren in Deutschland bereits 122 gentechnisch hergestellte Arzneimittel mit 92 Wirkstoffen in der Apotheke zu kaufen. 16 davon werden hierzulande produziert. Man schätzt, dass im Jahr 2020 rund 50 Prozent aller Arzneimittel aus gentechnischer Produktion stammen werden.

6. Welche Rolle spielt die Gentechnik in der Pflanzenzüchtung?

Gentechnik spielt in der Pflanzenzucht eine wichtige Rolle, denn mit ihrer Hilfe können neue Eigenschaften sehr viel gezielter und schneller auf Kulturpflanzen übertragen werden als mit den herkömmlichen Züchtungsmethoden. Weiterhin helfen gentechnische Nachweisverfahren dem Pflanzenzüchter, äußerlich unsichtbare Eigenschaften (Schädlingsresistenzen, Qualitätsmerkmale) oder Infektionen mit Krankheitserregern frühzeitig zu erkennen.

Heutige und zukünftige Ziele der Gentechnik in der Pflanzenzüchtung sind die Sicherung von Erträgen, die Erhöhung der Nahrungsqualität sowie die Verbesserung der Transport-, Lager- und Verarbeitungsfähigkeit. Weitere Bestrebungen zielen darauf ab, Arzneimittelwirkstoffe und Impfstoffe in Nutzpflanzen zu produzieren.

7. Welche Auswirkungen wird die Gentechnik auf die deutsche Landwirtschaft haben?

Längerfristige Prognosen sind derzeit schwierig, da sich die meisten gentechnisch veränderten Pflanzen in Deutschland noch im Forschungs- oder Prüfungsstadium befinden. Ob gentechnisch veränderte Sorten bei uns ähnlich flächendeckend angepflanzt werden wie beispielsweise in den Vereinigten Staaten, hängt von der Entscheidung der Landwirte ab: Sie müssen abwägen, ob sich die neuen Sorten für das jeweilige Anbaugebiet eignen und im Vergleich zu herkömmlichen Sorten wirtschaftliche Vorteile bringen. Eine gänzliche Umstellung der deutschen Landwirtschaft auf den Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen ist mittelfristig nicht zu erwarten. Vielmehr ist die Gentechnik ein weiteres Hilfsmittel, das die klassischen Methoden der Kreuzung, Prüfung und Auslese in der heimischen Pflanzenzüchtung in bestimmten Fällen sinnvoll ergänzen kann.

CHANCEN UND RISIKEN

8. Welche Chancen bietet die moderne Biotechnologie?

In der Medizin hat der Fortschritt in der Biotechnologie das Wissen über die biochemischen Vorgänge im menschlichen Körper erheblich erweitert. Medizinische Nachweis- und Behandlungsverfahren wurden in den letzten 20 Jahren durch Biotechnologie erheblich verbessert. Dadurch können heute Krankheiten früher und eindeutiger erkannt und effizienter behandelt werden. Für die Zukunft erwartet man, dass die Biotechnologie wichtige Beiträge zu einer besseren Diagnose und Therapie bedeutender Volkskrankheiten wie Krebs, Herz-Kreislauf-Leiden und Erkrankungen des Nervensystems leisten wird.

In der Landwirtschaft bietet Biotechnologie die Möglichkeit, gentechnisch veränderte Pflanzen mit verbesserter Schädlingsresistenz und Anpassungsfähigkeit an klimatische Bedingungen wie Hitze oder Trockenheit zu erzeugen. Ein weiteres wichtiges Einsatzfeld ist die Nutzung von Pflanzen als nachwachsende Rohstoffe für die verarbeitende Industrie. Daraus ergeben sich Vorteile der Sicherung landwirtschaftlicher Erträge mit umweltverträglichen Pflanzenschutzstrategien, neuer Erwerbsquellen für Landwirte und die Schonung fossiler Ressourcen. Weiterhin ergibt sich die Perspektive, Pflanzen mit höherem Nährstoffgehalt speziell in Ländern mit unzureichender Nahrungsmittelversorgung anzubauen.

Herstellungsprozesse in der verarbeitenden Industrie können durch biotechnologische Verfahren wirtschaftlicher und umweltverträglicher werden. Die Biotechnologie ermöglicht es weiterhin, Verunreinigungen in Böden, Gewässern und Luft nachzuweisen und abzubauen.

9. Wie gehen wir in Deutschland mit möglichen Risiken um?

Seit 1990 ist das deutsche Gentechnikgesetz in Kraft. Es setzt Handlungsmaßstäbe zum Schutz von Mensch und Umwelt für den sicheren Umgang mit der Gentechnik und liefert gleichzeitig Rahmenbedingungen für die verantwortungsbewusste Weiterentwicklung gentechnischer Verfahren und Anwendungen.

Staatliche Stellen wie zum Beispiel Ministerien und das Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag unterstützen die Risikobegleitforschung, beispielsweise über Auswirkungen des Anbaus gentechnisch veränderter Pflanzen auf Ökosysteme.

Risikobegleitforschung und umfassende Kontrolle durch den Gesetzgeber ermöglichen in Deutschland und Europa einen verantwortlichen und sicheren Umgang mit der Gentechnik. Die verantwortungsbewusste Weiterentwicklung wird gewährleistet, indem die Ergebnisse der Risikobegleitforschung in Handhabungsvorschriften für gentechnische Produkte und Verfahren einfließen.

10. Wie können langfristig auftretende Risiken der Biotechnologie abgeschätzt werden?

In den 1980er-Jahren wurden erstmalig gentechnisch veränderte Pflanzen im Freiland untersucht. Alle Kulturen dieser Pflanzen wurden nach eingehender Sicherheitsüberprüfung durch Behörden als unbedenklich eingestuft. Eine Genehmigung zum Anbau wird dann erteilt, wenn schädliche Einwirkungen auf die menschliche Gesundheit und Umwelt nicht zu erwarten sind. Dennoch werden nach wie vor mögliche langfristige Auswirkungen eines großflächigen Anbaus auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit von der Wissenschaft und der Öffentlichkeit intensiv diskutiert. Um langfristige Risiken gentechnisch veränderter Pflanzen noch fundierter abschätzen zu können, werden auf internationaler Ebene systematische Beobachtungsprogramme durchgeführt. Ihr Ziel ist die Sammlung wissenschaftlicher Daten, um Sicherheitsbewertungen in Zukunft noch präziser vornehmen zu können. Regelmäßige Ergebnisberichte dienen als Grundlage für die Abschaffung von Sicherheitsvorkehrungen, wenn ein Risiko ausgeschlossen werden kann – oder deren Verstärkung, wenn ein bislang nur vorstellbares Risiko bewiesen wurde. Weiterhin haben die Ergebnisse der Sicherheitsforschung Einfluss auf die Entscheidung darüber, ob das Beobachtungsprogramm fortgesetzt wird.

11. Was geschieht, wenn gentechnisch veränderte Mikroorganismen in die Umwelt gelangen?

Gemäß dem Deutschen Gentechnikrecht muss ein Entweichen gentechnisch veränderter Mikroorganismen strikt verhindert werden. Deshalb werden die Mikroorganismen unter kontrollierten, abgeschlossenen Bedingungen gehalten.

Für den bestmöglichen Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz werden gentechnische Arbeiten in Forschungslabors und Produktionsstätten in vier Sicherheitsstufen (S1 bis S4) eingeteilt. Bei der Stufe S1 ist nicht von einem Risiko für Mensch und Umwelt auszugehen, während die Stufe S4 bereits bei Verdacht eines hohen Risikos gilt. Die Einteilung gentechnisch veränderter Organismen in Sicherheitsstufen berücksichtigt vor allem, wie gefährlich der Organismus sein kann, in den neue Erbinformationen übertragen werden. Beispielsweise wird das harmlose Darmbakterium *Escherichia coli* in die Stufe S1 eingeordnet und das hoch gefährliche Pockenvirus in die Stufe S4. Weiterhin berücksichtigt man mögliche Gefährdungen durch die neue Erbinformation und das Transportmittel, mit dem man sie überträgt. Je höher die Sicherheitsstufe, desto mehr Schutzvorkehrungen werden in der Labor- oder Produktionsanlage getroffen.

Die meisten industriell verwendeten Mikroben gelten als unbedenklich und werden in die Sicherheitsstufe S1 eingeordnet. Sie sind züchterisch oder gentechnisch an die Bedingungen in der Laborkultur angepasst und haben deshalb in der Umwelt kaum Überlebenschancen. Dennoch muss man ihre Anwendung bei den zuständigen Aufsichtsbehörden entsprechend der jeweiligen Sicherheitseinstufung anmelden beziehungsweise von diesen genehmigen lassen. Werden die Organismen durch unsachgemäße Handhabung im Labor oder der Produktionsanlage frei, muss der Verantwortliche für die gentechnischen Arbeiten den Vorfall den Aufsichtsbehörden melden und eine Beschreibung der getroffenen Schutz- und Entsorgungsmaßnahmen einreichen.

12. Haben biotechnologisch hergestellte Stoffe (zum Beispiel Vitamine) andere Eigenschaften als herkömmlich produzierte Stoffe?

Der chemische Aufbau von Vitaminen ist stets gleich, unabhängig von ihrer Herkunft oder den Verfahren, mit denen sie hergestellt oder gewonnen wurden. Deshalb ist es unmöglich, in Bezug auf ihre biologische Wirkung zwischen biotechnologisch oder chemisch hergestellten und aus natürlichen Quellen (zum Beispiel Früchten) gewonnenen Vitaminen zu unterscheiden. Das gilt auch für alle anderen Substanzen, sofern ihr Aufbau nicht gentechnisch gezielt verändert wurde. Der Gesetzgeber verlangt deshalb, dass diese – unabhängig vom Herstellungsweg – von guter Qualität und sicher sein müssen. Details regelt je nach Anwendung beispielsweise das Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz, die Kosmetikverordnung oder das Arzneimittelgesetz.

13. Können gentechnisch veränderte Lebensmittel Allergien auslösen?

Ein bis zwei Prozent aller Erwachsenen und fünf Prozent aller Kinder in Deutschland reagieren allergisch auf bestimmte Eiweißstoffe in der Nahrung. Für 90 Prozent aller Allergien sind nur zehn verschiedene Lebensmittel verantwortlich. Dabei sind immer die Eiweißstoffe des betreffenden Lebensmittels der kritische Faktor. Besonders häufig sind Allergien gegen Weizen, Nüsse, Fisch, Hühnerei, Kuhmilch und Krustentiere.

Da es in der Gentechnik möglich ist, einzelne Gene über biologische Artgrenzen hinweg zu übertragen, kann grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden, dass fremde Eiweiße (zum Beispiel aus gentechnisch veränderten Pflanzen) in Lebensmittelprodukten Allergien auslösen können.

In die Abschätzung eines Allergierisikos werden zahlreiche Faktoren einbezogen, darunter die Ähnlichkeit des neuen Eiweißstoffs mit bekannten Allergenen, Tests mit Blutserum von Allergikern, die Menge des Eiweißes im Lebensmittel und seine Stabilität im Verdauungstrakt. Letztere erlaubt Rückschlüsse darauf, ob das Eiweiß oder allergene Abbauprodukte in die Blutbahn gelangen und eventuell eine Immunantwort auslösen.

Bei der Erzeugung gentechnisch veränderter Lebensmittel werden nur einzelne Gene beziehungsweise die entsprechenden Eiweiße übertragen. Deren Eigenschaften werden zuvor genau untersucht. So kann das Allergierisiko von gentechnisch hergestellten Nahrungsprodukten detailliert beschrieben werden. Um die Zulassung für ein solches Lebensmittel zu erhalten, muss der Hersteller dessen gesundheitliche Unbedenklichkeit durch zahlreiche Sicherheitsstudien nachweisen. Dazu gehören auch Untersuchungen zum Allergierisiko. Bei solchen Lebensmitteln greifen heute weitaus gründlichere und strengere Kontrollen als bei herkömmlicher Nahrung: Trotz etablierter Tests kann jedoch ein Restrisiko nicht ausgeschlossen werden. Dies gilt jedoch nicht nur für die Gentechnik. Auch mit tropischen Früchten, zum Beispiel der Kiwi oder der Papaya, kommen neue Eiweißstoffe auf den Tisch, die zuvor nie Bestandteil der Nahrung eines Europäers waren.

Allergene können mittels Gentechnik inaktiviert oder entfernt werden. Dies wird beispielsweise in Japan an Reis versucht, der ein Eiweiß enthält, auf das viele Japaner allergisch reagieren. In Deutschland leiden etwa 100.000 Menschen an Zöliakie. Hierbei geht es um eine Immunreaktion des Darms auf das Eiweiß „Gluten“ im Weizen, Roggen oder in der Gerste. Zöliakie-Patienten können die meisten Backwaren und Biere nicht zu sich nehmen. Mit Hilfe der Gentechnik versucht man, diese krankheitsauslösenden Eiweiße auszuschalten oder zu ersetzen, ohne dabei die Backeigenschaften des Getreides zu beeinträchtigen.

ETHIK UND GESELLSCHAFT

14. Ist Gentechnik ein Eingriff in die Natur?

Veränderungen des Erbmateriels finden als natürlicher Vorgang seit Milliarden von Jahren in lebenden Organismen statt. Diese Veränderungen treten unter anderem als Zufallsereignis in Form von so genannten Mutationen auf oder sind das Ergebnis der Neukombination von Erbanlagen bei der Fortpflanzung. Durch sie entstehen die biologische Artenvielfalt und die Anpassungsfähigkeit der Lebewesen an ihre Umwelt.

Sogar eine Übertragung von Erbsubstanz über bestimmte Artgrenzen hinweg findet in der Natur regelmäßig statt. Einige Beispiele: Bestimmte Bakterien übertragen ihre Erbmoleküle in Pflanzen, um sie zur Bildung von Nährstoffen zu veranlassen; Herpesviren können ihren genetischen Bauplan in das Erbgut unserer Körperzellen einbringen.

Der Mensch nutzt seit mehr als 8.000 Jahren die biologische Neukombination von Erbeigenschaften in der Pflanzenzüchtung. Durch Kreuzung und Auslese sind unsere modernen Kulturpflanzen entstanden. Sie unterscheiden sich zum Teil sehr stark von ihren Wildformen. Die Möglichkeiten der Gentechnik gehen allerdings über die beschriebenen Methoden weit hinaus. Mit Hilfe der Gentechnik kann man Erbmaterial ohne biologische Beschränkung in sehr kurzen Zeiträumen übertragen.

15. Ist der Einsatz der Biotechnologie ethisch vertretbar?

Die Verabschiedung von Gesetzeswerken wie dem Deutschen Gentechnikgesetz und die Arbeit von Ethikkommissionen dienen auch dem Ziel, möglichen Missbrauch der Gentechnik als Teil der Biotechnologie zu vermeiden. Diese Maßnahmen dienen dazu, Grenzen aufzuzeigen sowie verwerfliche Zielsetzungen und gefährliche Anwendungen zu verhindern. Ebenso unterstützt die ethische Begleitforschung sinnvolle und notwendige Anwendungen.

Darüber hinaus haben sich die Mitgliedsfirmen der Deutschen Industrievereinigung Biotechnologie (DIB) dem strengen ethischen Verhaltenscodex („Core ethical Values“) zum Schutz von Mensch und Umwelt des europäischen Biotechnologie-Verbandes EuropaBio verpflichtet. Große Bedeutung hat nicht zuletzt auch die gesellschaftliche Diskussion über Chancen und Risiken der Bio- und Gentechnologie. Sie muss gefördert und intensiv geführt werden.