

Inhaltsverzeichnis:

<b>1. Übersicht</b>	<b>2</b>
<b>2. Medikamente</b>	<b>3</b>
<b>3. Impfstoffe</b>	<b>4</b>
<b>4. Gentherapie</b>	<b>5</b>
<b>5. Diagnostik</b>	<b>6</b>
<b>6. Anhang 1: Vertiefungstexte</b>	<b>7</b>
Insulin. Die Vorteile gentechnischer Herstellung	7
Die Bluter-Krankheit	8
Wie funktioniert eine Impfung?	10
Ashanti DeSilva	11
Zystische Fibrose	12
Erste Erfolge	13
Somatische Gentherapie und Keimbahn-Therapie	14
Diagnose von Infektionskrankheiten	15
vorgeburtliche Diagnose	16
nachgeburtliche Diagnose	17
<b>7. Anhang 2: Didaktische Hinweise</b>	<b>18</b>
Kontrollfragen zu den allgemeinen Texten	19
Lösungen	20
Aufgaben zu einzelner Vertiefungstext	21
Meinungsbildung / Diskussion + Weitere Materialien	22
<b>Bildnachweis, Impressum</b>	<b>23</b>

## 1. Übersicht

In der Medizin gehört die Gentechnik schon seit zwei Jahrzehnten zum Alltag. 1982 wurde in den USA das erste gentechnisch hergestellte Medikament zugelassen, und drei Jahre später folgte der erste gentechnisch entwickelte Impfstoff.

Ebenfalls Mitte der Achtzigerjahre gelang die Entwicklung eines gentechnischen Tests zum Nachweis des HI-Virus in Blutproben, und 1998 konnten erstmals Menschen dank einer Gentherapie geheilt werden.

Diese konkreten Erfolge führten dazu, dass die Anwendung gentechnischer Methoden in der Medizin heute von einer Mehrheit der Bevölkerung gutgeheissen wird.

### **Was findest du in diesem Kapitel?**

In vier kurzen Abschnitten informieren wir dich über die wichtigsten Anwendungsmöglichkeiten der Gentechnik: Die Herstellung von Medikamenten und Impfstoffen, sowie die Diagnose von Krankheiten. Zudem erfährst du, was eine Gentherapie ist. Zu diesen Themen gibt es jeweils Zusatz-Materialien für besonders Interessierte. Du findest diese Vertiefungstexte im Anhang.



Forscher arbeitet mit DNS

## 2. Medikamente

Noch in den 80er Jahren lösten gentechnisch hergestellte Medikamente öffentliche Diskussionen aus. Heute ist die Gentechnik in der Medizin kaum mehr umstritten. Und für die Zukunft rechnen Forscher und Bevölkerung dank Gentechnik mit Fortschritten bei der Bekämpfung von schweren Krankheiten.

Bereits heute ist bei vielen neuen Medikamenten Gentechnik im Spiel. Wenn nicht bei der Produktion selbst, so bei der Entwicklung des Medikamentes oder bei der Erforschung der Krankheit. Dank Gentechnik können Medikamente hergestellt werden, die sonst gar nicht oder nur in ungenügenden Mengen zur Verfügung stünden. Und die Medikamente können viel reiner hergestellt werden als früher. Sie sind damit für den Menschen verträglicher.

Die Anzahl gentechnisch hergestellter Medikamente nimmt laufend zu. Heute sind in der Schweiz rund 60 gentechnisch hergestellte Medikamente zugelassen. Dazu kommen 13 Impfstoffe. (Stand Ende 2002)

Und die Forschung geht selbstverständlich weiter: Im Vordergrund stehen zurzeit die Behandlung von Krebs, AIDS und Störungen des zentralen Nervensystems wie Alzheimer, Parkinson und Multiple Sklerose.

### 2 Vertiefungen

Insulin oder: Die Vorteile gentechnischer Herstellung  
Bluter-Krankheit oder: Wie entsteht ein Medikament?



Diese Medikamente konnten dank gentechnischen Methoden entwickelt werden.

### 3. Impfstoffe

Auch bei der Entwicklung von Impfstoffen wird zunehmend Gentechnik eingesetzt. 1985 wurde der erste gentechnisch hergestellte Impfstoff zugelassen. Er schützt die geimpften Personen vor Gelbsucht (Hepatitis-B), eine der weltweit bedeutendsten Infektionskrankheiten bei Menschen.

Gentechnische Impfstoffe gegen Arthritis und gegen verschiedene Tumore sollen schon bald zur Verfügung stehen. Und intensiv geforscht wird an Impfstoffen gegen Parasiten, zum Beispiel gegen den Erreger der Malaria, an dem in Afrika jährlich zwei bis drei Millionen Menschen sterben.

Einige Impfstoffe werden aus menschlichem Blut gewonnen. Dabei besteht immer ein gewisses Infektionsrisiko, das nie vollständig ausgeschaltet werden kann. Hier bieten gentechnisch hergestellte Impfstoffe Vorteile. Denn bei der gentechnischen Herstellung von Medikamenten braucht es nur bestimmte Teile des Krankheitserregers, nicht mehr das ganze Virus. Damit ist nicht nur die Produktion sicherer geworden, auch für die Patienten konnte so das Risiko einer Ansteckung nochmals verringert werden.

Insgesamt sind heute mehr als ein Dutzend gentechnisch hergestellter Impfstoffe in der Schweiz zugelassen und im Handel erhältlich.

#### 1 Vertiefung

Wie funktioniert eine Impfung?



Arzt impft ein Kleinkind

## 4. Gentherapie

Der Name "Gentherapie" sagt bereits, was gemeint ist: Krankheiten sollen mit Genen therapiert (behandelt) werden. Die Gentherapie wurde entwickelt, um schwere Erbkrankheiten zu behandeln, die durch ein einzelnes defektes Gen verursacht werden.

Die Theorie ist einfach: Eine gesunde Version des Gens, das für die Krankheit verantwortlich ist, wird in die kranken Körperzellen hineingeschleust und ersetzt dort das defekte Gen. Wie wenn man bei einer Organtransplantation ein defektes Organ durch ein gesundes ersetzt, nur dass bei der Gentherapie eben Gene und nicht Organe ausgetauscht werden.

Die Hoffnungen sind gross, dass bald Krankheiten behandelt werden können, bei denen die Medizin heute noch hilflos ist. Gross sind allerdings auch die praktischen Schwierigkeiten auf dem Weg dorthin: Wie kommt das Gen an den gewünschten Ort? Kann es Nebenwirkungen geben, wenn das Gen in einer anderen Umgebung zu wirken beginnt? Hier sind noch längst nicht alle Fragen gelöst. Trotzdem konnten Ärzte in den letzten Jahren bereits einige Erfolge vermelden. Und die Forschung läuft auf Hochtouren: Weltweit liefen im Frühling 2003 rund 600 Studien.

### 4 Vertiefungen

Ashanti DeSilva - die allererste Gen-Therapie

Cystische Fibrose

Erste Erfolge

Somatische Gentherapie und Keimbahn-Therapie



Einige Krankheiten sind an ein einzelnes Gen gebunden - in dieser schematischen Darstellung dargestellt durch einen der Ringe.

## 5. Diagnostik

Gentechnische Methoden werden heute auch genutzt, um Krankheiten zu erkennen.

Die Bestimmung von Infektionserregern erfolgt heute vielfach auf gentechnischer Basis. Das ist schneller und zuverlässiger als die herkömmlichen Tests. Und Zeitgewinn kann entscheidend sein im Kampf gegen eine Krankheit.

Gendiagnosen erlauben es aber auch, Veranlagungen für gewisse Erkrankungen abzuklären. Das erleichtert die Vorsorge durch regelmässige ärztliche Kontrollen. Und so steigt die Wahrscheinlichkeit, dass die Krankheit in einem Zeitpunkt entdeckt werden kann, wo eine Heilung noch möglich ist.

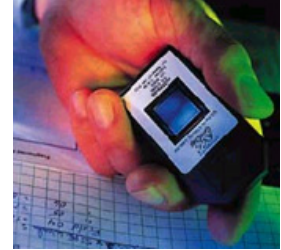
Und es ist möglich, Erbkrankheiten zu erkennen, die auf einem Fehler in einem Gen beruhen. Solche vorgeburtlichen Gen-Tests werden dann in Anspruch genommen, wenn in der Verwandtschaft des Paares eine schwere Erbkrankheit vorkommt. Im Falle eines krankhaften Befunds haben die Eltern heutzutage aber vielfach nur zwei Möglichkeiten: Sie entscheiden sich für ein Leben mit einem behinderten Kind oder für den Schwangerschaftsabbruch. Bei vielen Erbkrankheiten ist eine Heilung aber noch nicht möglich.

### 3 Vertiefungen

Diagnose von Infektionskrankheiten

Vorgeburtliche Diagnostik

Nachgeburtliche Diagnostik



Der Gen-Chip wird dazu eingesetzt, die genetischen Informationen von kranken und gesunden Zellen zu vergleichen.

## Vertiefungstext: Insulin. Die Vorteile gentechnischer Herstellung

Das erste gentechnisch hergestellte Medikament für Menschen war Insulin. Es wird benötigt, um Diabetes (Zuckerkrankheit) zu behandeln. Die Betroffenen haben einen erhöhten Zuckergehalt im Blut, weil das für den Abbau von Zucker verantwortliche Hormon Insulin bei ihnen nicht ausreichend wirkt oder ihr Körper zu wenig Insulin produziert. Der Körper ist dadurch geschwächt und für Infektionen anfälliger. Allein in der Schweiz sind rund 40'000 Menschen auf dieses Medikament angewiesen.

Insulin für Diabetiker wurde bisher aus den Bauchspeicheldrüsen von Rindern oder Schweinen gewonnen.

Trotz aller Vorsichtsmassnahmen besteht bei diesem Vorgehen immer die Gefahr, dass Krankheitserreger vom Spendertier auf den Menschen übertragen werden. Diese Gefahr besteht bei gentechnisch hergestelltem Insulin nicht mehr.

Und die gentechnische Herstellung von Insulin hat einen zweiten gewichtigen Vorteil: Das Medikament ist in Zusammensetzung und Wirkung mit menschlichem Insulin praktisch identisch. So gibt es viel weniger Nebenwirkungen. Gentechnisch hergestelltes Insulin wird denn auch als Human-Insulin bezeichnet.

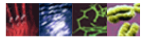
Um das Insulin für einen einzigen Diabetiker zu erzeugen, mussten früher durchschnittlich alle vier Tage ein Schwein geschlachtet werden. In einem chemisch aufwändigen Verfahren wurde das Insulin aus der Bauchspeicheldrüse gewonnen.

Die Drüsen wurden unter grossem Energieaufwand tiefgefroren und vom Schlachthaus zur Verarbeitung transportiert. Dort fielen zudem giftige Lösungsmittel an, die später entsorgt werden mussten. Dank dem gentechnischen Herstellungsverfahren bestehen diese Probleme nicht mehr.



Diabetes-Patienten spritzen sich Insulin





## Vertiefungstext: Die Bluter-Krankheit

Das Blut hat viele besondere Eigenschaften. Eine dieser Eigenschaften ist die Fähigkeit, bei einer Verletzung zu gerinnen. So schützt sich der Körper vor dem Verbluten. Bis sich ein Wundpfropf gebildet hat, dauert es in der Regel 5-10 Minuten.

Bei vielen Menschen funktioniert die Blutgerinnung aber schlecht. Eine Wunde blutet bei diesen Menschen bis zu 20 Minuten. Das kann gefährlich sein. Der Blutverlust kann in dieser Zeit lebensbedrohlich werden. Die verzögerte Gerinnung wird als Bluter-Krankheit bezeichnet.

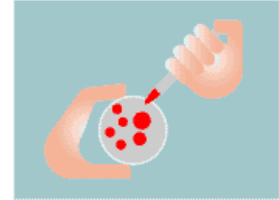
Ursache für die Bluter-Krankheit ist ein einzelnes defektes Gen. Aufgrund dieses Defekts ist einer von 13 Gerinnungsfaktoren wirkungslos. Damit die Gerinnung eines Bluters normal verläuft, braucht er diesen Gerinnungsfaktor - den Faktor VIII - von aussen. Bisher stammte der Faktor VIII aus Blutkonserven. Seit einiger Zeit ist es nun auch möglich, diesen Gerinnungsfaktor gentechnisch herzustellen.

Und das geht - stark vereinfacht - so:

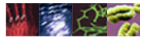
Ein gesundes Gen, das für die Produktion des Faktors VIII zuständig ist, wird aufgespürt. Sogenannte Gensonden übernehmen diese Arbeit. Dann wird das Gen isoliert. Nun wird das Gen in ein spezielles, ringförmiges Mini-Chromosom eingefügt. Dieses Mini-Chromosom wird als Plasmid bezeichnet. Es wird an einer bestimmten Stelle aufgeschnitten. Dazu verwenden die Fachleute Restriktionsenzyme, eine Art molekularer Schere. Das gewünschte Gen wird an den Schnittstellen eingefügt, der Ring wieder geschlossen. Das Ergebnis ist ein neu zusammengesetztes (rekombiniertes) Plasmid.

Das rekombinierte Plasmid wird anschliessend in eine Wirtszelle, z.B. ein Bakterium, eingeschleust. Wenn alles klappt, beginnt das eingefügte Gen zu wirken: Die Wirtszellen stellen den gewünschten Faktor VIII her.

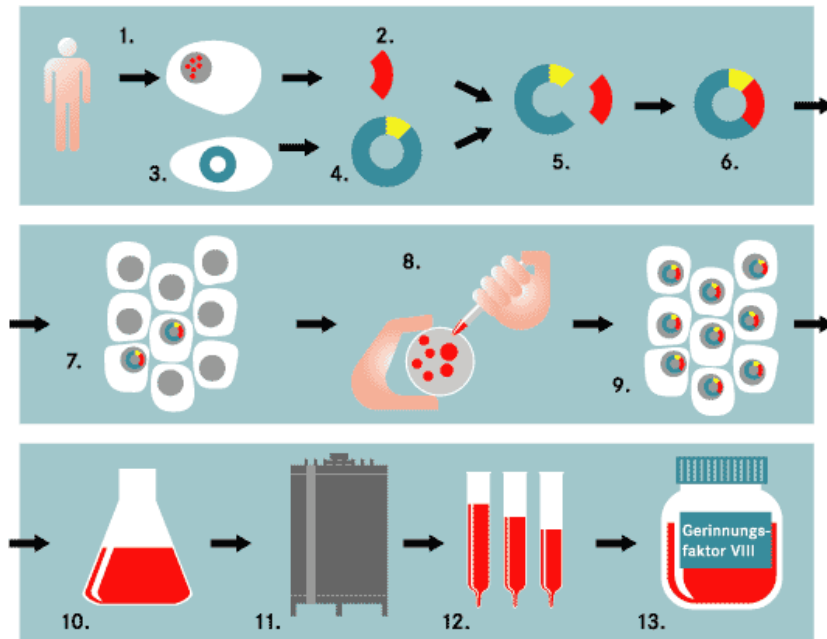
Schliesslich werden jene Wirtszellen vermehrt, die besonders viel Faktor VIII herstellen. Der Gerinnungsfaktor VIII muss nun noch gereinigt und aufbereitet werden. Dann ist das gentechnisch produzierte Medikament fertig.



Rekombiniertes Plasmid



## Biotechnologie: Medizin



1. Gene aus menschlicher Zelle isolieren
2. menschliches Gen Gerinnungsfaktor VIII
3. Bakterium mit Minichromosom (sogenanntes Plasmid)
4. Plasmid markieren
5. Plasmid neu zusammensetzen (rekombinieren)
6. "Gentaxi": rekombinantes Plasmid
7. Zellen mit eingeschleusten Genen (nur einzelne Zellen haben im Zellkern das Plasmid)
8. Auswahl mit Hilfe des Markiergens
9. nur Zellen mit eingeschleusten Genen überleben
10. Zellen vermehren
11. Zellen produzieren Gerinnungsfaktor
12. Gerinnungsfaktor isolieren
13. Gerinnungsfaktor aufbereiten

## Vertiefungstext: Wie funktioniert eine Impfung?

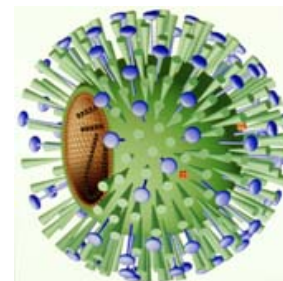
Der Körper reagiert mit Abwehrreaktionen auf Infektionen mit Krankheitserregern. Er bildet Abwehrstoffe (Antikörper) gegen diese Krankheitserreger. Diese Antikörper töten die Erreger, die Krankheit kann damit gar nicht ausbrechen oder klingt rasch wieder ab. Nach einer Infektion ist der Körper einige Zeit nicht mehr anfällig gegen die gleichen Krankheitserreger, er ist immun.

Gegen viele Krankheiten sind wir von Natur aus immun. Gegen einige Krankheitserreger werden wir - nach einer Infektion - immun. Und mit Impfungen können wir uns gegen einige gefährliche Krankheiten schützen, ohne diese Krankheit wirklich durchmachen zu müssen.

Um einen Impfschutz zu erreichen, muss der Körper mit dem Krankheitserreger in Kontakt kommen. Dabei muss aber natürlich darauf geachtet werden, dass die Krankheit nicht wirklich ausbrechen kann. Der Erreger muss also so verändert werden, dass er zwar eine Immun-Antwort auslöst, aber keine Erkrankung bewirkt oder höchstens eine sehr leichte Form. Um dieses Ziel zu erreichen, hat die medizinische Forschung verschiedene Möglichkeiten gefunden:

- a) Der Erreger kann so geschwächt werden, dass nur noch die Antikörper gebildet werden, die Krankheit hingegen nicht ausbricht.
- b) Der Erreger wird mit Chemikalien vollständig lahmgelegt.
- c) Es werden nur die Teile des Erregers verwendet, die für die gewünschte Abwehrreaktion nötig sind.

Die Gentechnik hat die Gewinnung von Impfstoffen verbessert. Es sind reinere und damit sicherere Impfstoffe möglich. Die Gefährlichkeit der Krankheitserreger in den Impfstoffen kann noch besser kontrolliert werden. Und schliesslich ist auch die Herstellung in den Labors sicherer geworden, weil nicht mehr mit richtigen Krankheitserregern gearbeitet werden muss, sondern nur noch mit Teilen davon.



Schematische Darstellung eines Grippe-Virus

## Vertiefungstext: Ashanti DeSilva

1990 wurde erstmals eine Gen-Therapie durchgeführt. Die Patientin war damals vier Jahre alt und litt an einer seltenen und sehr schweren Erbkrankheit. Der Gen-Defekt hat zur Folge, dass bestimmte weisse Blutkörperchen, die Infektionen abwehren sollten, im Körper nicht richtig funktionieren. Das Immunsystem des Kindes ist dadurch so sehr geschwächt, dass selbst eine sonst harmlose Grippe lebensgefährlich ist. Kinder mit dieser Krankheit verbringen ihr ohnehin meist kurzes Leben in einem sterilen Plastikzelt, das sie von der Umwelt abschirmt.

Beim vierjährigen Mädchen nahmen die Infektionen trotz Plastikzelt und Behandlung mit Medikamenten lebensbedrohlich zu. Die Eltern entschieden deshalb, eine Gentherapie durchführen zu lassen. Etwas, was es bis dahin erst in der Theorie gab.

Die Patientin, Ashanti DeSilva, erhielt im September 1990 eine Infusion von weissen Blutkörperchen. Das Besondere daran: Diese Blutkörperchen stammten zwar ursprünglich von Ashanti selber. Sie waren im Labor aber so behandelt worden, dass sie nun ein Gen enthielten, das Ashanti bislang gefehlt hatte. Dieses Gen sorgt dafür, dass ein Enzym hergestellt wird, das für die Abwehrkräfte des Körpers von grosser Bedeutung ist. Die Ärzte hofften, dass die behandelten Blutkörperchen auch in Ashantis Körper dieses Enzym herstellen würden.

Nachdem diese Behandlung über vier Monate hinweg wiederholt worden war, zeigten sich die ersten Erfolge. Ashantis Abwehrsystem wurde tatsächlich gestärkt. Die Zahl der vorher fast fehlenden Art von Blutkörperchen, sogenannte T-Zellen, erreichte fast wieder normale Werte.

Allerdings hatte das Kind parallel zur Gentherapie weiterhin die frühere Behandlung erhalten. Dabei handelt es sich um ein Präparat, welches das fehlende Enzym enthält und ebenfalls zu einem Anstieg der T-Zellen führen kann.

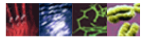
Diese gleichzeitige Weiterführung der bisherigen Behandlung war Voraussetzung gewesen, dass die Gen-Therapie überhaupt durchgeführt werden durfte. Der Behandlungserfolg ist darum nicht eindeutig der Gentherapie zuzuschreiben.

Ashanti lebt heute ein relativ normales Leben. Die Enzym-Spritzen erhält sie immer noch. Ob diese Spritzen oder die Gen-Therapie sie gesund hält, weiss niemand genau.

Trotzdem: Die Geschichte von Ashanti löste nicht nur einige Diskussionen aus. Sie weckte und weckt auch Hoffnungen auf Heilungsmöglichkeiten der Gen-Therapie.



Ashanti mit Arzt



## Vertiefungstext: Fibrose

Eine der häufigsten Erbkrankheiten in Europa ist die zystische Fibrose, eine Erkrankung des Stoffwechsels. Eines von 2000 Neugeborenen ist davon betroffen.

Bei dieser Krankheit bewirkt ein Gendefekt, dass gewisse Zellen (z.B. in der Lunge) einen zähen Schleim produzieren, der sich in den betroffenen Organen ablagert. Das führt zu einer lebensbedrohlichen Schädigung vor allem der Atemwege. Diese Schleim-Ablagerungen können aber auch schwere Infektionen und Entzündungen bewirken. Mit den herkömmlichen Medikamenten gelingt es nur, die Zerstörung der Organe zu verlangsamen und das Leiden zu mindern. Eine Heilung aber ist mit den heutigen Mitteln nicht möglich. Die Lebenserwartung der Patienten liegt bei lediglich 30 Jahren.

Mit Hilfe der Gentherapie wird nun versucht, gesunde Kopien des Gens in die Lungenzellen einzuschleusen. Wird das funktionierende Gen von den kranken Zellen aufgenommen, so kann es im Idealfall das defekte Gen ersetzen. Es besteht die Hoffnung, mit diesem Ansatz die normalerweise tödlich verlaufende Krankheit nicht nur behandeln, sondern eines Tages vielleicht heilen zu können.



Gentechnik-Forscherin mit diversen Labor-Utensilien.

## Vertiefungstext: Erste Erfolge

Der erste Gentherapieversuch an einem Menschen wurde im September 1990 in den USA durchgeführt. Weil neben der Gen-Behandlung auch die frühere Behandlung weitergeführt wurde, ist in diesem Fall nicht völlig klar, welcher Behandlungs-Art der Erfolg zuzuschreiben ist (genauere Darstellung in Vertiefung Ashanti DeSilva). In den Jahren 2000 bis 2002 gelangen nun allerdings mehrere Heilungen von ähnlichen Immun-Krankheiten, die eindeutig einer Gentherapie zugeschrieben werden können.



Der kleine Rhys kann dank Gen-Therapie jetzt auch draussen spielen.

Im Sommer 1998 konnte das St.-Elisabeth-Spital in Boston den ersten eindeutigen Erfolg in der Geschichte der Gentherapie vermelden: Patientinnen mit Füßen, die vom sogenannten Faulbrand befallen waren, wurden gentherapeutisch behandelt. Sie konnten so vor einer Amputation bewahrt werden.

Und zu den Erfolgsgeschichten gehört auch die Behandlung der Bluterkrankheit. Eine amerikanische Studie mit sechs Patienten ergab im Jahre 2001 ermutigende Resultate. Neben dem gentechnisch hergestellten Medikament gegen den Mangel am Gerinnungsfaktor VIII (siehe Vertiefung Die Bluter-Krankheit) steht so wohl bald auch eine Gentherapie zur Verfügung.

Insgesamt haben seit 1990 weltweit mehrere tausend Patientinnen und Patienten an experimentellen Gentherapien teilgenommen. Es sind längst nicht mehr nur Erbkrankheiten, die mit einer Gen-Therapie behandelt werden. Auch weit verbreitete Krankheiten wie Herz-Kreislauf-Leiden, Krebs und Infektionskrankheiten werden auf diesem Weg bekämpft.

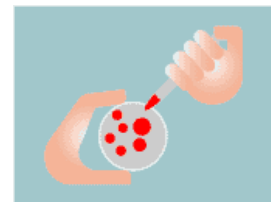
Wie jede neue Behandlungsmethode ist aber auch der Weg der Gentherapie vom Labor bis zur routinemässigen Anwendung in den Spitälern mit Rückschlägen verbunden. Was sich als Theorie so einfach und elegant anhört, lässt sich in der Praxis leider nicht so simpel umsetzen. Es gibt noch viele technische Hürden zu überspringen und Sicherheitsanforderungen zu erfüllen, bevor die Gentherapie zum medizinischen Alltag gehören wird.

## Vertiefungstext: Somatische Gentherapie und Keimbahn-Therapie

Bei der Gentherapie gilt es zu unterscheiden, ob die Therapie an Körperzellen oder an den Geschlechtszellen durchgeführt wird.

Erlaubt ist nur die Therapie an Körperzellen. Diese Art der Gen-Therapie wird auch somatische Gen-Therapie genannt. Es besteht die Hoffnung, dass die somatische Gentherapie bald Erfolge im Kampf gegen schwere oder sogar tödliche Krankheiten möglich macht. Trotz erster Erfolge steckt die Gentherapie allerdings noch in den Kinderschuhen. Die praktischen Schwierigkeiten sind gross.

Die genetische Therapie von Geschlechtszellen ist grundsätzlich verboten. Bei dieser Art der Therapie - auch Keimbahntherapie genannt - würde die genetische Veränderung an die Nachkommen weitervererbt. Damit bestünde die Gefahr, dass "Menschen nach Mass" gemacht werden könnten. Das ist nicht erwünscht. Darum hat die Schweiz die Keimbahntherapie bereits 1992 verboten. Dieses Verbot steht seither in der Verfassung.



Eingriffe in das Erbgut menschlicher Keimzellen und Embryonen sind unzulässig

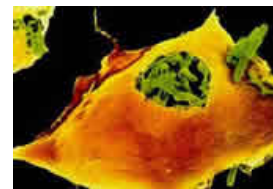
### **Art. 119 Fortpflanzungsmedizin und Gentechnologie im Humanbereich**

- 1 Der Mensch ist vor Missbräuchen der Fortpflanzungsmedizin und der Gentechnologie geschützt.
- 2 Der Bund erlässt Vorschriften über den Umgang mit menschlichem Keim- und Erbgut. Er sorgt dabei für den Schutz der Menschenwürde, der Persönlichkeit und der Familie und beachtet insbesondere folgende Grundsätze:
  - a. Alle Arten des Klonens und Eingriffe in das Erbgut menschlicher Keimzellen und Embryonen sind unzulässig.

(BV Art. 119 und 120)

## Vertiefungstext: Diagnose von Infektionskrankheiten

Für die Erkennung von Infektionskrankheiten gab es bisher zwei Methoden: Entweder wurden die Erreger selbst in Körperflüssigkeiten von Patienten bestimmt. Dazu mussten sie aber zuerst im Labor vermehrt werden - das kostete Zeit. Oder es wurden die Abwehrstoffe (Antikörper) identifiziert, die sich im Blut gebildet hatten. Auch das brauchte Zeit.



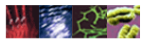
Tuberkulose-Erreger: Dank Gentechnik kann er viel rascher erkannt werden.

Beide Verfahren sind nicht in jedem Fall anwendbar und es dauert meist Tage, bis das Resultat vorliegt. Es kann zum Beispiel sein, dass sich der Erreger gar nicht im Labor züchten lässt oder dass er sich nur sehr langsam vermehrt. Wo eine Therapie zur Verfügung steht, spielt die Zeit aber meist eine wichtige Rolle. Oft gilt: Je früher der Infektionserreger erkannt wird, desto besser sind die Aussichten auf Heilung.

Heute kommen mehr und mehr gentechnische Diagnoseverfahren zum Einsatz. Gesucht wird dabei nach Abschnitten des Erbmaterials, das für den Erreger charakteristisch ist. Finden sich solche typischen Abschnitte, ist der Fall klar. Diagnosen können so viel schneller und zuverlässiger gestellt werden als mit den herkömmlichen Methoden.

Beispiel AIDS: Zwischen der Infektion mit HIV und dem Zeitpunkt, in dem HIV-Antikörper nachweisbar sind, können einige Wochen verstreichen. Lässt sich eine HIV-infizierte Person während dieser Zeitspanne mit einem Antikörper-Test untersuchen, fällt der Befund also negativ aus, obwohl die Person angesteckt ist. Demgegenüber ist der gentechnische Test, bei dem nicht Antikörper gegen den Erreger, sondern HIV-DNS nachgewiesen wird, bereits kürzeste Zeit nach der Ansteckung zuverlässig.

Ein zweites Beispiel: Die Tuberkulose, eine ansteckende Infektionskrankheit, tritt in Industrieländern seit einigen Jahren wieder vermehrt auf. Eine zuverlässige Diagnose des Erregers mit herkömmlichen Methoden dauerte zwei bis drei Wochen. Gentechnische Verfahren liefern das Resultat hingegen innerhalb von Stunden. Damit kann die Therapie entsprechend schneller eingeleitet werden. Die Chancen auf rasche Heilung steigen.



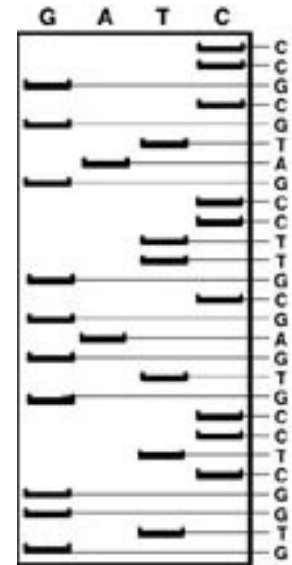
## Vertiefungstext: vorgeburtliche Diagnose

Es ist heute möglich, gewisse Erbkrankheiten bereits bei ungeborenen Kindern zu erkennen oder auszuschliessen. Solche Untersuchungen werden als vorgeburtliche Diagnose bezeichnet. Vorgeburtliche Gen-Tests werden dann vorgenommen, wenn in der Verwandtschaft der Eltern eine schwere Erbkrankheit vorkommt. Oder wenn bei anderen Untersuchungen der Verdacht auftaucht, dass beim Kind eine bestimmte genetisch bedingte Krankheit vorliegt.

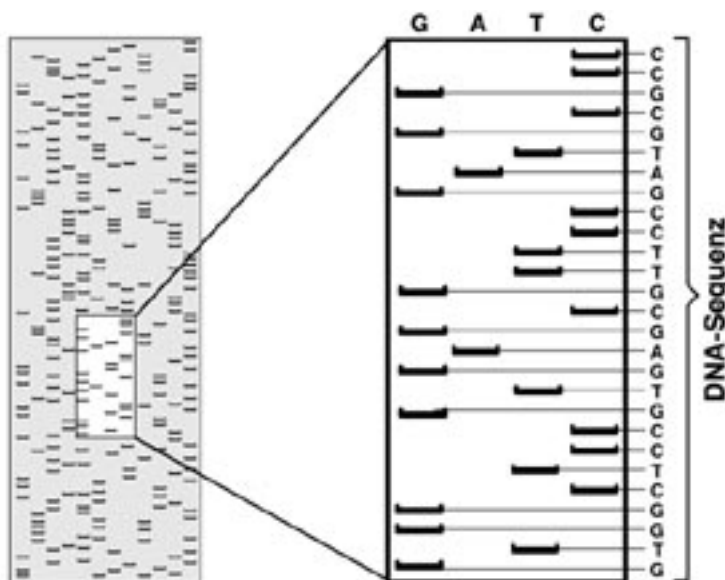
Für eine solche Untersuchung werden z.B. aus dem Fruchtwasser oder aus der Nabelschnur Zellen des Fötus entnommen und anschliessend getestet.

Stellt sich dann heraus, dass das ungeborene Kind die vermutete Erbkrankheit in sich trägt, haben die Eltern heutzutage in der Regel nur zwei Möglichkeiten: Sie entscheiden sich für ein Leben mit einem behinderten Kind oder für den Schwangerschaftsabbruch. Denn noch steht nur für wenige genetisch bedingte Krankheiten eine Therapie zur Verfügung.

Ein vorgeburtlicher Gen-Test kann also weitreichende Folgen für die angehenden Eltern haben. Darum werden solche Tests bestimmt nicht aus reiner Neugierde durchgeführt. Die umfassende Beratung durch eine Ärztin oder einen Arzt ist ein wichtiger Teil von solchen Diagnosen!



DNA-Sequenz



So wird der genetische Code lesbar gemacht.

## Vertiefungstext: nachgeburtliche Diagnose

Nachgeburtliche Gen-Tests sind genetische Untersuchungen, die kurz nach der Geburt durchgeführt werden. Sie werden in der Fachsprache als postnatale Diagnose bezeichnet.

Sie liefern Auskünfte über Gen-Defekte, die das Neugeborene in sich trägt. Allerdings kann die Gen-Diagnostik nicht sämtliche Erbgut-Fehler erkennen. Dafür fehlen heute noch viel zu viele Informationen über die Ursache von Krankheiten. Einige Erbkrankheiten sind aber gut genug erforscht. Über diese Erbkrankheiten kann ein Gen-Test Auskunft geben.

Chorea Huntington, eine Hirnerkrankung, zum Beispiel wird erst zwischen dem 30. und 50. Lebensjahr sichtbar. Der Gen-Defekt ist aber bereits bei der Geburt nachweisbar.

Auch vererbte Veranlagung für Krebs - sie machen 5 bis 10% aller Krebsfälle aus - wirken sich meist ebenfalls erst viel später im Leben aus.

Nützlich sind solche vorausschauenden Untersuchungen natürlich dann, wenn sich der Ausbruch der Krankheit durch geeignete Massnahmen verhindern lässt. Das ist zum Beispiel bei der Stoffwechselkrankheit PKU der Fall. Darum werden in der Schweiz alle Neugeborenen darauf untersucht, ob diese Krankheit bei ihnen auftreten kann.

Daneben gibt es aber auch Krankheiten, die zwar mit einem Gen-Test diagnostiziert, dann aber weder verhindert noch therapiert werden können. Die Gewissheit, später von einer schweren Krankheit betroffen zu werden, kann eine schwere Belastung sein. Solche Gen-Tests werden darum bestimmt nicht aus reiner Neugierde durchgeführt. Sie werden hauptsächlich dann eingesetzt, wenn bekannte Erbkrankheiten in den Familien der Eltern besonders häufig auftreten. Das Beratungs-Gespräch mit dem Arzt oder der Ärztin gehört darum unbedingt zu einem Gen-Test.



Ärztin studiert das Resultat einer Gen-Analyse.

## 7. Anhang 2: Didaktische Hinweise

### **Mögliches Vorgehen**

Alle Lernenden lesen die Übersicht und die Einleitungstexte zu den 4 Abschnitten. Das kann in der Klasse, in Gruppen oder in Einzel-Arbeit geschehen.

Nach diesem Einstieg wählen die Lernenden ein Vertiefungsthema. Die Vertiefungs-Texte veranschaulichen die generell gehaltenen Einstiegs-Texte.

Weil die Vertiefungs-Texte ebenfalls kurz gehalten sind, lohnt sich eine ausgedehnte Gruppen-Bildung kaum. Es ist auch nicht zwingend, dass die Klasse als Ganzes sämtliche Angebote bearbeitet.

**Voraussetzungen:** Kenntnis des Kapitels "Grundlagen" ist empfohlen.

**Aufwand:** maximal 2 Lektionen

**Lernkontrollen:** die Materie ist schwierig, Fachbegriffe lassen sich nicht vermeiden. Es ist daher sinnvoll, die wichtigsten Fach-Ausdrücke am Schluss der Einheit aufzugreifen, das Verständnis zu wiederholen und zu festigen.

Mögliche Formen:

- Richtig / falsch (basierend auf den Einstiegs-Texten, Beispiel anschliessend)
- Definition und Begriff korrekt zuordnen (v.a. zu den Vertiefungstexten)
- Grafische Darstellung (z.B. der gentechnischen Produktion von Insulin) gemeinsam beschriften; Vorlage zuerst entsprechend bearbeiten (geeignete Vorlagen: SJW Broschüre 2010 "Blickpunkt Gene", S. 15 oder "Gentechnik" (Verlag LCH), S. 52)



## Lösungen

1. Die vier Bereiche sind: die Herstellung von Medikamenten und Impfstoffen, die Gen-Therapie und die Diagnostik.
2. Die Aussagen a), b) und e) sind richtig.  
Die Aussagen c) und d) stimmen nicht. Sie müssen so korrigiert werden:  
c) In der Schweiz waren Ende 2002 etwa 60 gentechnisch hergestellter Medikamente zugelassen.  
d) Die Gentechnik ermöglicht eine raschere und zuverlässigere Erkennung von Erb- und anderen Krankheiten.
3. Weil nicht mehr gewartet werden muss, bis der Körper genügend Antikörper gebildet hat oder bis sich die Krankheits-Erreger im Labor so vermehrt haben, dass sie nachweisbar sind.
4. Die Gefährlichkeit der Krankheits-Erreger in den Impfstoffen kann noch besser kontrolliert werden.
5. Bei einer Gentherapie ersetzt ein gesundes, funktionstüchtiges Gen ein defektes Gen.

## Aufgabe zu einzelner Vertiefungstext

Aufgabe zum Vertiefungstext Bluter-Krankheit oder: Wie entsteht ein Medikament?

Variante 1: Text zerschneiden - Richtige Reihenfolge der einzelnen Schritte rekonstruieren lassen

Variante 2: Eine zeichnerische Darstellung des Vorgangs ohne Beschriftung abgeben - richtig anschreiben lassen.

Geeignete Vorlage:

2 Folien der GenSuisse zur gentechnischen Herstellung von Insulin. Diese Folien können problemlos an die Beschreibung in Med 2 angepasst werden. Sie sind abrufbar unter:

[http://www.gensuisse.ch/school/medi\\_1.html](http://www.gensuisse.ch/school/medi_1.html) und

[http://www.gensuisse.ch/school/medi\\_2.html](http://www.gensuisse.ch/school/medi_2.html)

Nutzbar sind auch die grafischen Darstellung der gentechnischen Herstellung eines Medikaments in der SJW-Broschüre 2010 "Blickpunkt Gene", S. 15 oder in "Gentechnik" (Verlag LCH), S. 52).

### **Meinungsbildung / Diskussion**

Die Anwendung von Gentechnik in der Medizin wird von einer Mehrheit der Schweizer Bevölkerung gutgeheissen. Trotzdem stellen sich in diesem Bereich natürlich einige brisante ethische Probleme. Hier darum einige Fragen, die für die Meinungsbildung oder eine Diskussion in der Klasse nützlich sein können.

- Gen-Diagnose: Ist die gentechnische Suche nach möglichen Erbkrankheiten sinnvoll, wenn (noch) keine Therapie besteht?
- Möchtest du wissen, ob du (wahrscheinlich) an einer unheilbaren Krankheit erkranken wirst? Möchtest du auch möglichst genau wissen, wann diese Krankheit beginnen wird? Wie würde eine solche Vorhersage dein Leben verändern?
- Sollen Eltern die Möglichkeiten vorgeburtlicher Gentests nützen? Sollen Eltern zu solchen Tests aufgefordert werden? Wie sollten sich Eltern verhalten, wenn bei einem solchen Test ein Gen-Defekt entdeckt wird? Sollte es dafür Vorschriften geben?
- In der Schweiz sind die genetischen Daten eines Menschen geschützt. Jede Person hat das Recht, nicht zu wissen, welche Gene sie hat. Das ist gesetzlich festgehalten. Was hältst du von diesem Gesetz?

Weiterer Hinweis:

Der Band "Gentechnik" des LCH enthält kurze Stellungnahmen von Persönlichkeiten zu einigen der genannten Fragen. Diese Stellungnahmen erleichtern die Meinungsbildung. Diese Stellungnahmen könnten ebenfalls in den Unterricht einbezogen werden.

In unseren Unterrichts-Unterlagen wird insbesondere das Thema "Landwirtschaft / Lebensmittel" kontrovers aufbereitet.

### **Weitere Materialien**

Stufengerechte Materialien zu medizinischen Anwendungen der Gentechnik sind im Internet eine Rarität. Ein Suchauftrag an die Lernenden ist darum nicht zweckmässig.

Nutzbar hingegen ist eine Meinungs-Umfrage zur Gentechnik, die im Juni 03 veröffentlicht worden ist. Die Studie ist abrufbar auf der Homepage des GfS-Forschungsinstituts: <http://www.gfs.ch/gentechnik-monitor-2003.pdf>

Die Schülerinnen und Schüler könnten mit der Kurzfassung oder mit Zeitungsberichten über die Studie arbeiten.

Auch eine eigene Umfrage unter Bekannten und Verwandten wäre denkbar.

## Bildnachweis Kapitel Medizin

Fonds der Chemischen Industrie,  
Frankfurt am Main, Deutschland  
Novartis, Basel

Public domain des Internet  
Roche, Basel

Verband Forschender  
Arzneimittelhersteller e.V., Berlin  
[www.bbc.co.uk/health](http://www.bbc.co.uk/health)

[www2.carthage.edu](http://www2.carthage.edu)  
[www.nai.de](http://www.nai.de)  
[www.gesundheit.de](http://www.gesundheit.de)

[www.labcorp.com](http://www.labcorp.com)  
[www.pbs.org](http://www.pbs.org)

Es ist nicht in allen Fällen gelungen, die Inhaber der Rechte aufzufinden.  
Berechtigte Ansprüche werden im Rahmen üblicher Vereinbarungen abgegolten.

Grafiken:  
Bea Kaufmann, Gestalterin, Zürich

Text:  
Jörg Häfliger, Lehrmittelautor und Publizist, Luzern

Vertiefung "Vorgeburtliche Diagnose"

Abschnitt 1: Übersicht und Vertiefung  
"Nachgeburtliche Diagnose"

Abschnitt 4: Gentherapie

Abschnitt 2: Medikamente und  
Vertiefung "Wie funktioniert eine  
Impfung?"

Abschnitt 3: Impfstoffe

Vertiefung "Erste Erfolge" und  
Vertiefung "Insulin"

Vertiefung "Zystische Fibrose"

Vertiefung "Insulin"

Vertiefung "Diagnose von  
Infektionskrankheiten"

Abschnitt 5: Diagnostik

Vertiefung "Ashanti DeSilva"