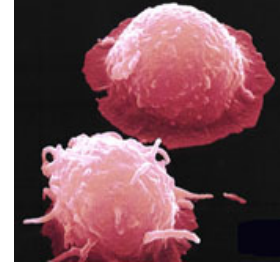


Inhaltsverzeichnis:

1. Übersicht	2
2. Stammzellen	3
3. Klonen	4
4. Anhang 1: Vertiefungstexte	6
Adulte Stammzellen	6
Embryonale Stammzellen	7
Embryonale und adulte Stammzellen	8
Dolly, das erste geklonte Säugetier	9
Erfolgreich geklont	11
Klonen - Technik und offene Fragen	13
Therapeutisches Klonen	14
5. Anhang 2: Didaktische Hinweise	15
Lernkontrollen und Arbeitsaufträge	16
Lösungen	17
Bildnachweis, Impressum	18

1. Übersicht

Das menschliche Genom ist zwar seit wenigen Jahren weitgehend entschlüsselt. Es enthält aber weiterhin sehr viele Geheimnisse. Entsprechend intensiv wird denn auch geforscht. Weltweit suchen Forschungsteams nach weiteren Erkenntnissen im Grundlagenbereich aber auch mit dem erklärten Ziel, Heilverfahren im Kampf gegen konkrete Krankheiten zu entdecken und zu entwickeln. Die Hoffnungen sind gross, dass gefürchtete Krankheiten wie Krebs, Alzheimer, oder verschiedene Herzkrankheiten dank der Biotechnologie bekämpft werden können.



Adulte Stammzellen

Das Interesse der Medien und der Öffentlichkeit an einigen Forschungsgebieten ist riesig. So sorgen die Forschung an Stammzellen oder das Klonen von Tieren immer wieder für Schlagzeilen und öffentliche Debatten. In der Schweiz gab es im Herbst 2004 eine Volksabstimmung über Regeln für die Forschung an Stammzellen. Und im gleichen Zeitraum diskutierte die UNO über Möglichkeiten und Grenzen des Klonens.

Auch das Erbgut von Pflanzen wird intensiv erforscht. In diesem Kapitel beschränken wir uns allerdings auf die Darstellung der beiden Forschungsgebiete Stammzellen und Klone.

2. Stammzellen

Die Forschung an Stammzellen ist ein neues Gebiet der Biologie und Medizin. Viele Forscherinnen und Forscher in der ganzen Welt beschäftigen sich in den letzten Jahren intensiv mit Stammzellen. Es besteht die Hoffnung, dass auf diesem Weg eines Tages schwere und bisher unheilbare Krankheiten behandelt werden können.

Stammzellen sind Zellen in einem Entwicklungsstadium, aus dem sie sich zu vielen verschiedenen Gewebearten fortentwickeln können. Möglicherweise lässt sich diese Eigenschaft eines Tages so nutzen, dass gezielt Ersatzgewebe aus Stammzellen gezüchtet werden kann. Möglich scheint auch, dass die Alzheimer'sche Erkrankung, Herzmuskelschwäche oder Diabetes behandelt oder gar geheilt werden können.

Stammzellen können sich zu verschiedenen Zelltypen mit den entsprechenden Funktionen entwickeln. Nach einer Zellteilung wird die eine Tochterzelle wiederum zur Stammzelle, während sich die andere zu einem spezialisierten Zelltypen differenziert. Die Zellen können sich in geeigneten "Zellkulturen" praktisch unbegrenzt vermehren. Die Stammzellen können dann genutzt werden, um abgestorbene oder erkrankte Zellen zu ersetzen. Damit sollte es möglich werden, Krankheiten zu heilen, die mit einem Verlust von Zellen verbunden sind. Die bereits genannten Krankheiten Alzheimer, Diabetes oder auch Herzmuskelschwäche gehören dazu.

Forschungsergebnisse an Mäusen liegen bereits vor. Am Genfer Universitätsspital ist es zum Beispiel gelungen, Mäuseherzen mit Hilfe von Mäusestammzellen zu stärken.

Nun möchten die Forscher mit menschlichen Stammzellen prüfen, ob ähnliche Erfolge auch bei Menschen möglich sind.

Bis erfolgreiche Anwendungen dieser Methode bei Menschen Wirklichkeit werden, dauert es aber auch im besten Fall noch einige Jahre. Viele Forscher sprechen davon, dass es noch mindestens 10 bis 15 Jahre dauern werde, bis Anwendungen der Stammzellenforschung an Menschen möglich sind.

3 Vertiefungen

Adulte Stammzellen

Embryonale Stammzellen

Vergleich adulte - embryonale Stammzellen



5 Tage alter Kaninchen-Embryo. Der Pfeil zeigt auf die Gegend, in der sich die Stammzellen befinden

3. Klonen

Es dürfte nicht allzu viele Forschungsgebiete geben, die im Verlauf der letzten zehn Jahre so viele Schlagzeilen geliefert haben wie das Klonen. "Kopien" von Tieren oder gar Menschen herstellen zu können, scheint für viele Menschen ein sehnlicher Wunsch, für andere hingegen ein Albtraum zu sein. Worum geht es dabei genau?

Ein Klon ist eine genetisch identische Kopie einer Zelle oder eines gesamten Organismus. Ein Klon besitzt also genau die gleichen Gene wie das Lebewesen, aus dem er gezeugt wurde. Für Gärtner oder Landwirte gehören Klone zum Alltag: Erdbeerpflanzen beispielsweise werden ungeschlechtlich vermehrt. Ihre Ausläufer oder Ableger sind Klone.

Auch aus einer Kartoffelknolle wächst ein Klon der Elternpflanze. Und wer Begonien oder Weiden mittels Stecklingen vermehrt, züchtet ebenfalls Klone. Auch eineiige Zwillinge, die durch eine frühe Teilung des Embryos entstehen, sind natürliche Klone, da sie identisches Erbgut enthalten.

Für Aufsehen sorgen aber nicht diese natürlich vorkommenden Klone. Für Schlagzeilen und intensive Diskussionen sorgen gentechnisch hergestellte Lebewesen, besonders Säugetiere.

Im Sommer 1996 kam das Klonschaf Dolly zur Welt. Einem schottischen Forschungsteam war es gelungen, ein Lamm zu züchten, das die genau gleichen Gene hatte wie seine genetische Mutter. Dolly verdankte sein Leben biotechnologischen Methoden. Seine Gene stammten aus einer Euterzelle eines Schafes. Das war für sich alleine schon eine Sensation, denn bis dahin hatte man angenommen, dass nur aus Eizellen neues Leben entstehen könne.

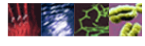
Im Verlauf der folgenden Jahre kamen Klone anderer Tierarten zur Welt: Maus, Katze, Rind, Pferd und andere.

Im Winter 2002/2003 behaupteten Angehörige einer religiösen Sekte in Nordamerika, sie hätten einen Menschen geklont. Beweise für diese Behauptung wurden allerdings nie vorgelegt und es wird allgemein vermutet, dass diese Ankündigung lediglich ein skrupelloser Werbegag war.

Trotzdem löste diese Behauptung enormes öffentliches Interesse und heftige Diskussionen aus: Wird Klonen unsere Welt verändern? Dürfen Menschen alles tun, was technisch machbar ist oder gibt es ethische Grenzen? Soll Klonen grundsätzlich verboten werden? Diese Fragen dürften uns noch einige Zeit beschäftigen!



Klonschaf Dolly



4 Vertiefungen

Dolly

geklonte Tierarten

Technik und offene Fragen

Therapeutisches Klonen

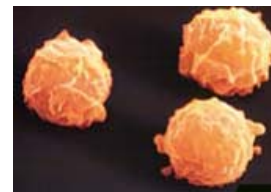
Vertiefungstext: Adulte Stammzellen

Wissenschaftler unterscheiden zwischen mehreren Arten von Stammzellen. Die wichtigsten sind die adulten (erwachsenen) Stammzellen und die embryonalen Stammzellen.

Adulte Stammzellen sind noch nicht ganz ausgereifte Zellen. Sie erneuern sich im Körper ein Leben lang. Adulte Stammzellen sind eine Art Ersatzzellen. Sie sorgen beispielsweise dafür, dass Haare und Fingernägel ständig nachwachsen, dass sich unsere Haut etwa drei Mal pro Jahr erneuert oder dass laufend neue Blutzellen entstehen. Stammzellen gibt es in den meisten Organen des Körpers. Sie liefern also spezialisierte Zellen nach und sorgen dafür, dass sich viele unserer Organe mit ihren Zellen immer wieder erneuern.

Adulte Stammzellen sind nicht einfach aufzuspüren. Und es ist auch nicht ganz einfach, sie zu vermehren. Trotz dieser Schwierigkeiten werden adulte Stammzellen heute bereits medizinisch verwendet. Zum Beispiel, um Leukämie (Blutkrebs) zu bekämpfen.

Und in Düsseldorf (Deutschland) werden Patienten nach einem Herzinfarkt seit einiger Zeit erfolgreich mit adulten Stammzellen aus Knochenmark behandelt. Diese Behandlungsmethode beruht auf der Fähigkeit körpereigener Stammzellen, den Wiederaufbau von beschädigtem Gewebe voranzutreiben.



Stammzellen aus dem Knochenmark

Vertiefungstext: Embryonale Stammzellen

Embryonale Stammzellen sind Zellen, die in ihrer Entwicklung noch nicht festgelegt sind. Sie können sich zu jedem der rund 200 Zelltypen des menschlichen Körpers entwickeln, also zu Herzmuskel, Nerven-, Leber-, Blutzellen usw. Diese Vielseitigkeit macht sie für die Forschung interessant. Können beispielsweise die geschädigten Nervenzellen einer querschnittgelähmten Person durch gesunde Zellen ersetzt werden? Ist es möglich, geschwächte Herzmuskeln dank Stammzellen wieder kräftiger zu machen? Solche Fragen und Hoffnungen beschäftigen Forscherinnen und Forscher weltweit.



embryonale Stammzellen

Embryonale Stammzellen stammen aus einem Embryo, der erst wenige Tage alt ist. Es ist erwiesen, dass sich diese Zellen zu einer Vielzahl von verschiedenen Zellen weiterentwickeln können. Unklar ist aber noch, wie diese Entwicklung im Detail vor sich geht. Noch sind längst nicht alle Bedingungen klar, die nötig sind, damit eine embryonale Stammzelle zu einer bestimmten Körperzelle wird. Hier steht noch viel Forschungsarbeit bevor.

Neben Hoffnungen und offenen Fragen gibt es aber auch Gründe, die dazu führen, dass die Forschung an embryonalen Stammzellen umstritten ist. Es ist nämlich nicht möglich, embryonale Stammzellen zu gewinnen, ohne dabei den Embryo zu zerstören.

Allerdings dürfen keine Embryonen zur Gewinnung von Stammzellen gezüchtet werden. Die verwendeten Embryonen sind fast ausnahmslos sogenannten überzählige Embryonen, die für eine künstliche Befruchtung bereitgestellt, aber nicht verwendet worden sind. Diese überzähligen Embryonen werden nach Ablauf einer gewissen Frist ohnehin vernichtet und können durch die Stammzellenforschung wenigstens zu wissenschaftlichen Zwecken genutzt werden.

In der Schweiz gibt es seit Herbst 2004 ein Gesetz, das die Forschung an embryonalen Stammzellen regelt. Die Gewinnung von Stammzellen ist unter strengen Bedingungen erlaubt. Nur wenn die Forschenden diese Bedingungen einhalten, können ihre Arbeiten an Stammzellen bewilligt werden.

Vertiefungstext: Embryonale und adulte Stammzellen

Die beiden Arten von Stammzellen haben je Vor- und Nachteile.

Embryonale Stammzellen haben ein grösseres Entwicklungspotenzial als adulte Stammzellen. Anders ausgedrückt: adulte Stammzellen haben einige Möglichkeiten nicht mehr, die embryonale Stammzellen noch haben.



Stammzellen bei der Teilung

Embryonale Stammzellen sind technisch einfacher zu gewinnen als adulte. Hauptgrund ist der, dass es klar ist, an welcher Stelle sie gesucht werden müssen. Adulte Stammzellen hingegen sind schwieriger zu finden. Sie machen nur einen kleinen Teil des Gewebes aus, aus dem sie heute gewonnen werden (Nabelschnurblut, Knochenmark usw.)

Adulte Stammzellen werden bereits medizinisch genutzt. Vor allem bei Leukämien (Blutkrebs) werden adulte Stammzellen erfolgreich eingesetzt.

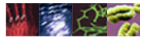
Bei den embryonalen Stammzellen dürfte es noch einige Jahre dauern, bis medizinische Anwendungen möglich werden. Die Grundlagenforschung läuft noch.

Bei einer Therapie mit adulten Stammzellen sind keine Abwehrreaktionen des Immunsystems zu erwarten. Die Zellen stammen aus dem Körper des Patienten und sind darum optimal angepasst.

Bei embryonalen Stammzellen hingegen sind Abwehrreaktionen wahrscheinlich. Eine Anpassung an das Immunsystem des Patienten ist aber möglich. Das "therapeutische Klonen" ist das dafür geeignete Verfahren. Dieses Verfahren ist aber ethisch umstritten, weil der Schritt zum Klonen klein scheint. Wegen diesen Bedenken ist es in der Schweiz auch grundsätzlich verboten.

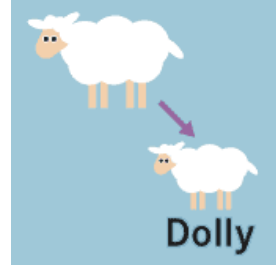
Auch embryonale Stammzellen selber sind ethisch umstritten: Bei der Gewinnung der embryonalen Stammzellen wird der Embryo zerstört. Darf menschliches Leben aber in seinen frühesten Entwicklungsstadien für medizinische Zwecke genutzt werden? So fragen sich Ethiker und die Gesellschaft. In der Schweiz ist diese Frage seit dem Herbst 2004 mit einem neuen Gesetz geklärt. Die Gewinnung von embryonalen Stammzellen für die Forschung ist unter strengen Bedingungen erlaubt.

Bei adulten Stammzellen stellen sich diese ethischen Fragen nicht.



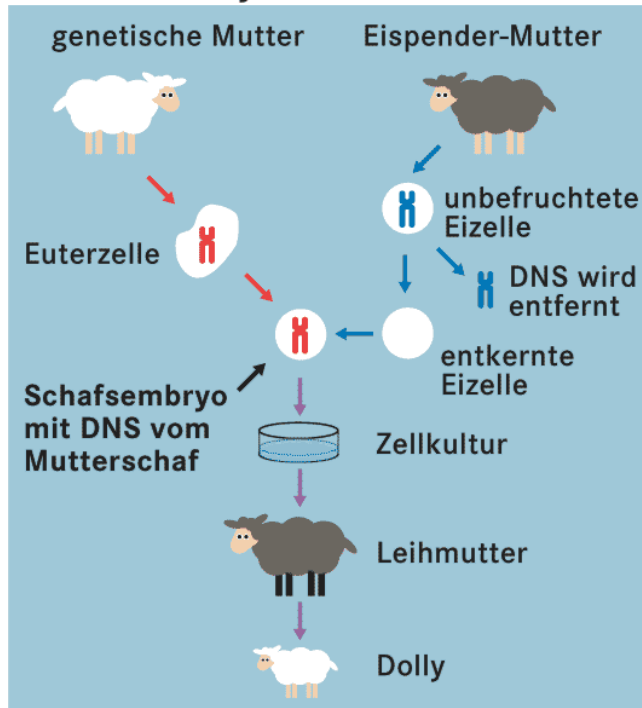
Vertiefungstext: Dolly, das erste geklonte Säugetier

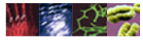
Im Sommer 1996 kam in Schottland das Lamm Dolly zur Welt. Diese Geburt machte weltweit Schlagzeilen, denn Dolly war das erste geklonte Säugetier. Dolly war die perfekte Kopie der "Mutter", eines sechs Jahre alten Schafes. Schlagzeilen wiesen auch darauf hin, dass Dolly drei Mütter, aber keinen Vater habe.



Der Geburt von Dolly waren zahllose Versuche vorausgegangen, die Zellklonung durchzuführen. In einem einzigen Fall klappte es schliesslich. Die Forscher entnahmen einem Schaf eine unbefruchtete Eizelle. Aus dieser Eizelle entfernten sie den Zellkern mit der gesamten Erbinformation. Einem anderen Schaf, Dollys genetischer Mutter, wurde eine Euterzelle entnommen. Der Zellkern dieser Euterzelle wurde in die leere Hülle der entkernten Eizelle eingesetzt. Hier sollte sich der fremde Kern wieder zurückentwickeln: Vom Kern einer "erwachsenen" Euterzelle zum Kern einer embryonalen Zelle. Um dies zu erreichen, wendeten die Forscher verschiedene Techniken an: Mit Hilfe von elektrischen Impulsen gelang es, die Teilung der Eizelle anzuregen. Damit konnte sich ein Klon-Embryo entwickeln. Dieser Embryo wurde einer Leihmutter eingepflanzt, die ein paar Monate später ein gesundes Lamm zur Welt brachte: Dolly - die genetisch exakte Kopie eines erwachsenen Schafes.

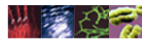
Klonschaf Dolly





Biotechnologie: Forschung

Mit knapp zwei Jahren brachte Dolly ein Lamm zur Welt. Dieses Lamm war auf natürlichem Weg gezeugt worden. Im Verlauf der Zeit zeigten sich aber auch Probleme. Dolly hatte Übergewicht und musste Diät halten. Sie bekam mit 5 Jahren Arthritis und sie alterte viel zu schnell. Im Februar 2003 musste sie wegen einer Lungenentzündung eingeschläfert werden. Sie wurde nur halb so alt wie Schafe üblicherweise werden. Auch der Tod von Dolly machte weltweit Schlagzeilen. Der frühzeitige Tod von Dolly liess zum Beispiel die Vermutung auftauchen, dass das Alter der genetischen Mutter mitvererbt wird. Ist ein Klon also bei der Geburt bereits so "alt" wie seine Mutter bei der Entnahme des genetischen Materials?



Vertiefungstext: Erfolgreich geklont

Die Technik des Klonens beschäftigt Wissenschaftler seit geraumer Zeit. Weltweit wurde und wird intensiv geforscht. Inzwischen lässt sich ein kleinerer Zoo betreiben mit all den Tierarten, die bereits erfolgreich geklont worden sind: Neben Schafen sind das: Mäuse, Kühe, Schweine, Ziegen, Kaninchen, Katze, Reh, Ratte, Pferd und Maultier.

Der Aufwand war überall riesig. Meist wurden mehrere hundert Eizellen verbraucht bis sich eine einzelne Eizelle so entwickelte wie erhofft. Und meist waren 10 oder mehr Leihmütter nötig. Klonversuche gab es auch mit Hunden und Affen. Diese Versuche sind aber bisher ausnahmslos gescheitert. Und die Probleme sind auch dort beträchtlich, wo es Erfolge zu verzeichnen gab: vorzeitige Alterung, Krankheiten gehören häufig dazu.

Trotz diesen Schwierigkeiten und vielen ungeklärten Fragen erklären einige, zumeist zweifelhafte Forscher seit Jahren, sie arbeiteten daran, den Menschen klonen.

Einige Daten:

1996

Dolly wird in Schottland geboren.

1997

In Hawaii werden die ersten Mäuse geklont.

1998

Die ersten geklonten Rinder werden in Amerika geboren.

2000

In Schottland werden die ersten geklonten Ferkel geboren.

2001

Die erste geklonte Katze kommt in Texas zu Welt.

2002

Kaninchen werden geklont.

Angeblich wird am 26.12.2002 der erste geklonte Mensch geboren. Beweise für diese Geburt fehlen allerdings. In der Fachwelt wird die Sekte, die diese Geburt gemeldet hat, nicht ernst genommen.

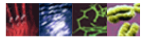
2003

Dolly stirbt.

Zum ersten Mal werden Reh, Ratte, Pferd und Maultier geklont.

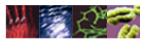


Die erste geklonte Katze im Alter von 7 Wochen



2004

Ein Forscherteam in Südkorea hat einen menschlichen Embryo bis zum 200-Zell-Stadium geklont. Das Ziel des Teams: aus dem geklonten menschlichen Embryo eine so genannte Stammzelllinie zu entwickeln (mehr dazu im Vertiefungstext "Therapeutisches Klonen"). Die UNO lehnt ein generelles Verbot des Klonens ab. Einige Länder wollen das Klonen völlig verbieten; andere Länder möchten das "therapeutische Klonen" zulassen. Es kommt keine Einigung zustande.



Vertiefungstext: Klonen - Technik und offene Fragen

Klonen ist theoretisch einfach, in der Praxis aber sehr kompliziert und aufwändig. Der Erfolg ist auch nach Jahren intensiven Forschens alles andere als garantiert.

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten, Säugetiere zu klonen. Bei der ersten werden embryonale "Zellhaufen", durch einen Eingriff geteilt. "Zellhaufen" sind Zellen, die aus einer Befruchtung hervorgegangen sind und sich noch in einer frühen Entwicklungsphase befinden. Durch diese Teilung des Embryos entstehen auf künstlichem Weg eineiige Mehrlinge.

Meist wird aber eine andere Methode verwendet, so auch bei Dolly: der Zellkern-Transfer oder die Zellkern-Transplantation. Dabei wird aus einer Eizelle der Zellkern mit den genetischen Informationen entfernt. In diese entkernte Eizelle wird nun der Zellkern einer anderen Zelle gegeben (im Falle von Dolly einer Euterzelle). Damit sich die Zelle zu teilen beginnt, braucht es eine so genannte Reprogrammierung.

Diese Reprogrammierung hat zum Ziel, das "erwachsene" genetische Programm des neu eingesetzten Erbguts zu löschen und das "embryonale" zu aktivieren. Erst nach einer solchen Reprogrammierung kann die normale Zellreifung starten. Bei einer normalen Befruchtung wird diese Zellteilung durch das Spermium ausgelöst. Bei einer geklonten Zelle werden die Reprogrammierung und die Reifung durch künstliche chemikalische oder physikalische Reize in Gang gesetzt.

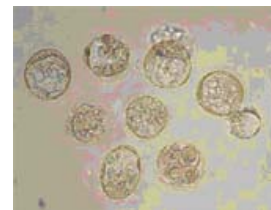
Noch unklar ist, warum so viele Klonversuche fehlschlagen. Es wird vermutet, dass nicht nur die Abfolge der Gene auf der DNS eine Rolle spielt. Wichtig scheint auch, wie, wann und warum die Gene im Laufe der Entwicklung eines Organismus ein- oder ausgeschaltet werden. Der Fachausdruck für diese Vorgänge heisst Epigenetik. Das griechische Wort Epi bedeutet "ausserhalb". Epigenetik liegt also ausserhalb der klassischen Genetik. Epigenetische Prozesse sind zum Beispiel dafür verantwortlich, warum eineiige Zwillinge trotz identischem Erbgut nicht genau gleich aussehen. Epigenetische Veränderungen werden durch verschiedene Schaltermoleküle, Eiweiße und andere Signalstoffe der Zelle eingeleitet. Sie sind unter anderem beteiligt an der Krebsentstehung und bestimmen, welche Eigenschaften vom Vater und welche von der Mutter vererbt werden. Die Vermutung liegt also nahe, dass die Epigenetik mitverantwortlich ist für verschiedene Probleme beim Klonen.



Zellkern-Transfer

Vertiefungstext: Therapeutisches Klonen

Das Klonen von Menschen, genauer die künstliche Herstellung genetisch identischer Menschen, ist weltweit verboten. Das hindert gewisse wissenschaftliche Aussenseiter aber nicht, immer wieder Klon-Versuche am Menschen anzukündigen, oder gar Geburten von Klonen bekannt zu geben. Fachleute bezweifeln aber, dass solche Behauptungen der Wahrheit entsprechen. Viel zu gross sind die Probleme, die beim Klonen noch ungelöst sind.



geklonte menschliche Embryonen

Dennoch wird in vielen seriösen Labors sehr intensiv an menschlichen geklonten Embryonen geforscht. Ziel dieser Forschungsarbeiten ist hingegen nicht das "reproduktive Klonen", also die Züchtung genetisch identischer Menschen. Ziel ist es, bestimmte Zellen zu gewinnen, sogenannte embryonale Stammzellen. Diese Stammzellen sollen für die Therapie verschiedener Erkrankungen genutzt werden. Dieser Forschungsansatz wird darum als "therapeutisches Klonen" bezeichnet. Therapeutisches Klonen eröffnet die Möglichkeit, Zellen oder Gewebe zu züchten, die das gleiche Erbgut enthalten wie Zellen oder Gewebe eines Patienten. Vorteil: Solche Zellen und solche Gewebe werden nach der Transplantation vom Immunsystem des Patienten nicht abgestossen.

(Mehr dazu erfährst du im Vertiefungstext über embryonale und adulte Stammzellen)

In einem südkoreanischen Labor ist der Beweis im Frühjahr 2004 gelungen: therapeutisches Klonen ist machbar. Damit ist klar: Es ist möglich, embryonale Stammzellen auf diesem Weg zu gewinnen. Und diese Stammzellen entwickeln sich tatsächlich zu verschiedensten Typen von Zellen und Geweben. Die Hoffnung, auf diesem Weg Krankheiten wie Alzheimer oder Diabetes heilen zu können, besteht also weiterhin.

Diese Art von Forschung bleibt aber weiterhin umstritten. Viele Länder haben sowohl das reproduktive als auch das therapeutische Klonen verboten. Zu diesen Ländern gehört auch die Schweiz. Einige Länder verbieten zwar das reproduktive Klonen, erlauben aber therapeutisches Klonen. Zu diesen Ländern gehören zum Beispiel Grossbritannien und einige asiatische Staaten, darunter Südkorea. Freilich gibt es auch dort Kritiker der Klonforschung. Die Diskussion wird bestimmt weitergehen.

5. Anhang 2: Didaktische Hinweise

Voraussetzungen: Das Kapitel setzt Grundkenntnisse in Genetik voraus. Es ist so gestaltet, dass es gegen Schluss der Beschäftigung mit Genetik und Biotechnologie behandelt werden sollte.

Ziele: Die Lernenden lernen die wichtigsten Forschungsbereiche der Biotechnologie kennen. Sie wissen, was oft gehörte Ausdrücke wie "Stammzellen" und "Klonen" bedeuten. Sie erfahren, wo die ethischen und gesellschaftlichen Diskussionspunkte sind.

Aktuelle Zeitungsartikel oder Debatten sollten im Unterricht mitberücksichtigt werden. Einige Zeitungen oder auch Dokumentarsendungen am Fernsehen sind so formuliert, dass sie im Unterricht verwendet werden können. Viele Materialien zur Abstimmung über die Stammzellenforschung (Ende November 2004) gehören dazu.

Links, zusätzliche Materialien:

Verständlich formuliert ist die Dokumentation "Der kopierte Mensch" des WDR. Auf gut 20 Seiten sind die wichtigsten Fakten zusammengestellt (Klonen, Stammzellen, Epigenetik, Entwicklung eines Embryos; Gesetzgebung in ausgewählten Ländern) (<http://www.quarks.de/dyn/17125.phtml>)

Zum Thema Klonen existiert auch eine Mappe, die für Lernende der Sekundarstufe 1 geeignet ist: "Was ist Klonen?" von Silvia Burri Durrer, Verlag an der Ruhr.

Aufwand: 1 bis 2 Lektionen; fächerübergreifend ausbaubar

Mögliche Vorgehensweise:

Einstieg mit aktuellem Zeitungsartikel.

Gemeinsame Arbeit am Thema Klonen. Danach Gruppenarbeiten zu den Vertiefungstexten und zu "Stammzellen" und "Patente". Zu beachten ist dabei allerdings, dass die Texte zu den Stammzellen fachlich anspruchsvoll sind!

Lernkontrolle, Arbeitsaufträge

1. Nenne zwei Krankheiten, die vielleicht dank Stammzellenforschung besser bekämpft werden können.

2. Ergänze den folgenden Vergleich zwischen adulten und embryonalen Stammzellen.

	embryonale Stammzellen	adulte Stammzellen
Einsatzmöglichkeiten	sehr gross	
technische Schwierigkeiten der Gewinnung	mässig	
Anwendung heute		Ja, bei ...
ethische Probleme	Ja, weil ...	nein
Immunsystem		keine Probleme; adulte Stammzellen können aus dem eigenen Körper gewonnen werden

3. Nenne Klone in der Pflanzenwelt

4. Beschreibe den Unterschied zwischen therapeutischem und reproduktivem Klonen.

Lösungen

1.

Am grössten sind die Hoffnungen bei Krankheiten, die mit einem Verlust von Zellen verbunden sind: Alzheimer, Parkinson, Herzkrankheiten, Zuckerkrankheit.

2.

	embryonale Stammzellen	adulte Stammzellen
Einsatzmöglichkeiten	sehr gross	beschränkt
technische Schwierigkeiten der Gewinnung	mässig	gross
Anwendung heute	nein; Stadium Grundlagenforschung	Ja, z.B. bei Herzinfarktpatienten und bei Leukämie
ethische Probleme	Ja, weil der Embryo bei der Gewinnung der Stammzellen zerstört wird	nein
Immunsystem	Gefahr von Abwehrreaktionen	keine Probleme; adulte Stammzellen können aus dem eigenen Körper gewonnen werden

3.

In der Pflanzenwelt sind Klone recht häufig:

Die Ausläufer ("Ableger") von Erdbeeren sind Klone der Mutterpflanzen.

Aus Kartoffelknollen wachsen Klone der Mutterpflanze.

Stecklinge von Sträuchern oder Gehölzen sind Klone.

4.

Beim therapeutischen Klonen geht es um die Gewinnung von Stammzellen.

Beim reproduktiven Klonen ist das Ziel, identische Lebewesen herzustellen.

Bildnachweis Kapitel Forschung

1. Übersicht	"Von Embryonen und Stammzellen", Stiftung Science et Cité, o.J., S. 8
2. Stammzellen	www.northwestern.edu/science-outreach/stemcell
3. Klonen	www.millerandlevine.com/cloning
Vertiefungstexte	
adulte Stammzellen	"Von Embryonen und Stammzellen", Stiftung Science et Cité, o.J., S. 34
embryonale Stammzellen	Uni Basel; Dossiers zum Thema Stammzellen und Ethik
Vergleich adulte - embryonale Stammzellen	Prof. Hwang, Universität Seoul; http://biosci.snu.ac.kr
Erfolgreich geklont	Guardian, England; www.guardian.co.uk
Klonen - Technik	Westdeutscher Rundfunk; www.wdr5.de/sendungen
Therapeutisches Klonen	Prof. Hwang, Universität Seoul; http://biosci.snu.ac.kr

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

Grafik: Bea Kaufmann, Gestalterin, Zürich

Text: Jörg Häfliger, Lehrmittelautor und Publizist, Luzern