

Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen

Stand: Oktober 2010 Ansprechpartnerin: Minou Friele

Der Blickpunkt wurde verfasst und digital realisiert im Auftrag des Kompetenznetzwerks Stammzellforschung NRW (siehe Web-Adresse <http://www.stammzellen.nrw.de/de.html>) .

I. Naturwissenschaftlich-medizinischer Sachstand

Was sind Stammzellen?

Unter der Bezeichnung "Stammzellen" wird eine uneinheitliche Gruppe von Zellen zusammengefasst, die mindestens die folgenden zwei Eigenschaften gemeinsam haben:

- Stammzellen sind Vorläuferzellen von hoch differenzierten Zellen.
- Nach einer Teilung der Stammzellen können die Tochterzellen entweder wieder zu Stammzellen werden (self-renewal) oder sich gewebespezifisch, z.B. zu Herz-, Nerven-, Haut- oder Muskelzellen, differenzieren.

Stammzellen treten zuerst in der frühen Embryonalentwicklung auf. Bereits die befruchtete Eizelle (Zygote) stellt eine **totipotente** (siehe Modul Totipotenz, Pluripotenz) Stammzelle dar (**Abbildung 1**) (siehe Modul Frühe Embryonalentwicklung) , die die frühen **Embryonalstadien** (siehe Modul Frühe Embryonalentwicklung) durchläuft und aus der sich später alle Gewebe des menschlichen Körpers bilden. Je weiter die Spezialisierung der Tochterzellen einer Stammzelle voranschreitet, desto stärker wird das Spektrum ihrer Differenzierungsmöglichkeiten in verschiedene Gewebe eingeschränkt.

In vielen Geweben des erwachsenen Menschen existieren zeitlebens Stammzellen, die wichtige Aufgaben bei der Geweberegeneration und -reparatur erfüllen. Sie erhalten die Funktionsfähigkeit von Geweben und Organen aufrecht, indem sie differenzierte Zellen nachliefern und beschädigte oder abgestorbene Zellen ersetzen.

Die Einteilung und Benennung der Stammzellen erfolgt uneinheitlich und führt somit leicht zu Missverständnissen. Stammzellen werden entweder nach ihrer **Potentialität** (siehe Modul Totipotenz, Pluripotenz), gebräuchlicherweise aber nach der **Art ihrer Gewinnung** (siehe Modul Gewinnung menschlicher embryonaler Stammzellen) unterteilt und benannt. Im allgemeinen Sprachgebrauch hat sich die Unterscheidung zwischen adulten und embryonalen Stammzellen herausgebildet. Aus naturwissenschaftlicher Sicht genauer wäre es hier, einerseits von gewebespezifischen statt von adulten Stammzellen zu sprechen und andererseits von Stammzellen, die je nach Herkunft als

- EC-Zellen (embryonic carcinoma cells) aus embryonalen Tumorzellen,
- EG-Zellen (embryonic germ cells) aus den fötalen Vorläuferzellen der Geschlechtszellen,
- ES-Zellen (embryonic stem cells) aus frühen Embryonalstadien (Blastozysten) bezeichnet werden.

Die Gewinnung von ES-Zellen aus Blastozysten, bei der der frühe Embryo zerstört wird, ist ethisch besonders umstritten.

Für ES-Zellen konnten die folgenden Eigenschaften nachgewiesen werden:

- ES Zellen sind in Zellkultur unbegrenzt teilungsfähig.

<http://www.drze.de/im-blickpunkt/stammzellen> (1)

- Ihre Chromosomenzahl bleibt stabil.
- Sie besitzen die Fähigkeit, unter geeigneten Bedingungen alle Gewebe des Körpers zu bilden (**Pluripotenz**) (siehe Modul Totipotenz, Pluripotenz) .

Wie werden humane embryonale Stammzellen aus Blastozysten gewonnen?

Zur Gewinnung von embryonalen Stammzellen macht man sich vor allem die Technik der **In-vitro-Fertilisation (IVF)** (siehe Modul In-vitro-Fertilisation (IVF)) zunutze, die in der Reproduktionsmedizin etabliert wurde, um bei ungewollter Kinderlosigkeit eine Schwangerschaft herbeizuführen. Bei der Unfruchtbarkeitsbehandlung werden im Reagenzglas erzeugte Embryonen mit einem Katheter in der Gebärmutter der Frau platziert, wo sie sich zu einem Kind entwickeln können (**Abbildung 2**) (siehe Modul Embryonentransfer nach IVF) . Frühe, in vitro erzeugte Embryonen können aber auch zur Herstellung von embryonalen Stammzelllinien dienen.

Fünf bis sechs Tage nach der Befruchtung ist die **befruchtete Eizelle** (Zygote) (siehe Modul Frühe Embryonalentwicklung) zu einer Blastozyste herangereift. Diese besteht aus einer umhüllenden Zellschicht - dem so genannten Trophoblasten, aus dem der kindseitige Teil des Mutterkuchens hervorgeht - und aus der inneren Zellmasse, aus der sich der Fötus entwickelt.

Zur Gewinnung der Stammzellen (**Abbildung 3**) (siehe Modul Gewinnung menschlicher embryonaler Stammzellen) wird der Trophoblast entweder durch die Anwendung von Antikörpern oder durch Laserstrahlen zerstört, was eine Fortentwicklung des Embryos unmöglich macht. Die nun zugängliche innere Zellmasse wird in einer Zellkulturschale in einem speziellen Nährmedium aufgenommen und kultiviert. Die Zellen können unter den Zellkulturbedingungen weiter wachsen ohne sich zu differenzieren. Aus ihnen gehen die ES-Zellen hervor.

Es wurde bislang noch kein Verfahren entwickelt, das erlaubt, ES-Zellen zu gewinnen und gleichzeitig die Integrität und Entwicklungsfähigkeit des Embryos zu erhalten.

Zudem wird im Ausland intensiv daran geforscht, humane embryonale Stammzellen aus zuvor geklonten Embryonen (siehe Blickpunkt Forschungsklonen) oder aus durch **Parthenogenese** ('Jungfernzeugung') (siehe Modul Parthenogenese) erzeugten Embryonen zu isolieren.

Die künstliche Erzeugung von Blastozysten, die für die Gewinnung von ES-Zellen eingesetzt werden, ist auf verschiedene Art vorstellbar. Dementsprechend kann man ES-Zellen einteilen in:

- ES-Zellen aus durch **In-vitro-Fertilisation (IVF)** (siehe Modul In-vitro-Fertilisation (IVF)) erzeugten Blastozysten (**Abbildung 4**) (siehe Modul Entwicklung zur Blastozyste nach IVF) .
- ES-Zellen aus durch **Zellkerntransfer (SCNT)** (siehe Modul Zellkerntransfer (Somatic Cell Nuclear Transfer (SNCT))) erzeugten Blastozysten (sog. Forschungs- oder therapeutisches Klonen) (siehe Blickpunkt Forschungsklonen) (**Abbildung 5**) (siehe Modul Zellkerntransfer (Somatic Cell Nuclear Transfer (SNCT))) .
- ES-Zellen aus durch Parthenogenese erzeugte Blastozysten.

Bislang ist vor allem die IVF beim Menschen eingesetzt worden, um humane embryonale Stammzelllinien zu gewinnen. Außerdem ist es gelungen, embryonale Stammzelllinien aus Embryonen zu isolieren, die auf dem Weg der Parthenogenese erzeugt wurden. Stammzellen aus Klon- oder Parthemo-Embryonen und Stammzellen

aus IVF-Embryonen unterscheiden sich wahrscheinlich vor allem im Hinblick auf ihre Immunverträglichkeit. Bei einer Transplantation mit Gewebe aus IVF-ES-Zellen erwartet man starke Abstoßungsreaktionen, wie sie bei der Transplantation von fremdem Gewebe auftreten. Bei einer Transplantation mit Gewebe aus SCNT-ES-Zellen, dem so genannten therapeutischen Klonen (siehe Blickpunkt Forschungsklonen), oder mit Geweben aus Stammzellen aus Parthenogenese, erwartet man hingegen keine oder nur geringe Abwehrreaktionen, insofern Zellkernspender und Gewebeempfänger genetisch identisch wären.

Prinzipiell könnte die Technik des Zellkerntransfers auch für das reproduktive Klonen genutzt werden. Bei einigen Säugetierarten wurden auf diese Weise Embryonen aus Zellkerntransfer in den Uterus eingespült. Der erste erfolgreiche Versuch bei Säugetieren war die Erzeugung von Klonschaf Dolly. Diese Methode ist allerdings mit hohen Missbildungs- und Sterblichkeitsraten verbunden.

Was sind die Ziele der Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen?

Humane embryonale Stammzellen sind sowohl für die Grundlagenforschung als auch für die klinische Forschung von großem Interesse. Es wird angenommen, dass sie aufgrund ihrer Fähigkeit zur unbegrenzten Vermehrbarkeit eine schier unerschöpfliche Quelle zur Gewinnung von Zell- und Gewebeersatz darstellen. Aufgrund ihrer Differenzierungseigenschaften sind sie als Forschungsobjekt geeignet, um eine Vielzahl von Entwicklungsprozessen im Detail zu untersuchen.

In der Grundlagenforschung stehen die Aufklärung von molekularen Mechanismen der Spezialisierung einzelner Zellen sowie die Untersuchung der Organisation von Zellen im Gewebeverband und in Organen im Vordergrund. Darüber hinaus möchte man ein verbessertes Verständnis der Entwicklung und Regulation früher Stammzellstadien erreichen und die Mechanismen, die der Fähigkeit zu Vermehrung und Differenzierung zugrunde liegen, erforschen.

Im Rahmen der klinischen Forschung erhofft man sich von embryonalen Stammzellen die Möglichkeit zur Schaffung von Gewebeersatz, besonders im Hinblick auf solche Gewebe, die nur ein geringes oder gar kein Regenerationsvermögen aufweisen, wie z. B. Nervengewebe. Diskutiert werden die Anwendung von ES-Zellen zur Behandlung von verschiedenen Krankheiten, z. B. neurodegenerativer Erkrankungen wie Morbus Parkinson und Multiple Sklerose, Diabetes mellitus Typ 1 sowie Krankheiten des Herz-Kreislaufsystems. Es erscheint ebenfalls denkbar, dass ES-Zellen genetisch manipuliert werden und so im Rahmen einer Gentherapie etwa zur Wiederherstellung eines zerstörten Immunsystems eingesetzt werden könnten, wie zum Beispiel im Falle einer HIV-Erkrankung (siehe Web-Adresse <http://stm.sciencemag.org/content/2/36/36ra43.abstract?sid=dedaab31-25dd-4b78-a856-fd55b340fcf5>).

Was ist der derzeitige Stand der Forschung?

Seit der Gewinnung der ersten humanen ES-Zelllinien im Jahr 1998 ist die Forschung in diesem Bereich eher langsam vorangekommen. Dennoch liegen erste Ergebnisse zur In-vitro-Differenzierung von humanen embryonalen Stammzellen vor. Es ist bis jetzt gelungen, Vorläuferzellen von verschiedenen **Nervenzellen** (siehe Modul Nervenzellen), **Herzmuskel- und Blutgefäßzellen** (siehe Modul Herzmuskel- und Blutgefäßzellen), **Blutzellen** (siehe Modul Blutzellen), **Bauchspeicheldrüsenzellen, Leberzellen und Trophoblastenzellen** (siehe Modul Leber-, Bauchspeicheldrüsen- und Trophoblastenzellen) aus

humanen embryonalen Stammzellen zu generieren. Die Zuordnung der Vorläuferzellen zu einer dieser Gewebegruppen erfolgte dabei meist nicht durch den Nachweis ihrer Funktionalität, sondern aufgrund der von den Zellen gebildeten Oberflächenmoleküle. In einigen Fällen wurden die aus humanen ES-Zellen gewonnenen Vorläuferzellen in Modellorganismen, z.B. Mäuse und Hühner, transplantiert. Es gibt bislang jedoch wenig Hinweise auf eine funktionale Beteiligung der Zellen an einem Gewebeverband. Im Juli 2006 wurde die Gewinnung von **Spermien aus murinen embryonalen Stammzellen** (siehe Modul Spermien aus murinen Stammzellen) beschrieben.

Im Jahr 2008 veröffentlichten zwei Forschergruppen unabhängig voneinander Verfahren, mit denen erfolgreich menschliche somatische Zellen so **reprogrammiert** (siehe Modul Reprogrammierung) wurden, dass sie signifikante Eigenschaften von embryonalen Stammzellen aufwiesen. Derartige Zellen werden induzierte pluripotente Stammzellen (iPS-Zellen) genannt. Im Oktober 2009 hat die Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften zusammen mit der Nationalen Akademie der Wissenschaften (Leopoldina) eine **Stellungnahme** (siehe Modul Stellungnahme der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften und der Nationalen Akademie der Wissenschaften (Leopoldina)) zu dieser neuen Technik der Stammzellgewinnung veröffentlicht.

Die Gewinnung embryonaler Stammzellen nach Zellkerntransfer (sog. Klonen zu Forschungszwecken bzw. therapeutisches Klonen) beim Menschen erweist sich, abgesehen von den ethischen und rechtlichen Problemen, als technisch sehr schwierig und ist bislang noch nicht gelungen. 2004 hatte die Forschergruppe um den koreanischen Tierarzt **Hwang** (siehe Modul Betrug Hwang) die erfolgreiche Klonierung von menschlichen Zellen publiziert. Dies stellte sich jedoch als Betrug heraus. Tatsächlich gelungen war es der Forschergruppe hingegen, humane embryonale Stammzellen ohne Klonierungstechniken, auf dem Weg der **Parthenogenese** (siehe Modul Parthenogenese) zu gewinnen. Hierbei wird eine Eizelle so aktiviert, dass sie sich ohne Zugabe eines Spermiums zu teilen beginnt. Auch andere Forschergruppen arbeiten derzeit an Möglichkeiten, aus den so erzeugten Embryonen Stammzellen zu gewinnen, um diese wiederum in verschiedene Zellarten auszudifferenzieren. Da die so erzeugten Embryonen nur bedingt entwicklungsfähig sind, wird ihre Verwendung zu Forschungszwecken oft als ethisch weniger bedenklich eingestuft, als Forschung an entwicklungsfähigen Embryonen.

Auch in weiteren Forschungsansätzen wird versucht, mögliche ethische Bedenken bezüglich des Embryonenverbrauchs bei der Stammzellgewinnung zu umgehen. Zum Beispiel wird versucht, Stammzellen zu kultivieren, die zuvor aus **Fruchtwasser** (siehe Modul Stammzellen aus Fruchtwasser) isoliert wurden. So wurde beschrieben, dass aus derartigen Zellen bereits menschliche Fett-, Muskel-, Knochen-, Nerven- und Leberzellen gezüchtet worden sind.

Eine baldige klinische Anwendung der Stammzellforschung galt lange als unrealistisch. Angebote für stammzellbasierte Therapien wurden allenfalls von dubiosen Privatkliniken in Ländern ohne entgegenwirkende Regulierungen beworben. Im Oktober 2010 haben Ärzte im Shepherd Center in Atlanta, USA erstmals einen teilweise gelähmten Patienten mit embryonalen Stammzellen behandelt. Der Eingriff erfolgte im Rahmen einer im Januar 2010 von der US-Arzneimittelbehörde FDA zugelassenen klinischen Studie des Biotechnikunternehmens Geron. An der Phase 1 Studie sollen insgesamt zehn Patienten in sieben Kliniken in den USA teilnehmen. Ziel ist zunächst, die Sicherheit der Methode bei der Anwendung beim Menschen

zu prüfen. Langfristig geht es darum, dass Querschnittgelähmte ihre Gefühls- und Bewegungsfähigkeit zurückgewinnen. Im Rahmen der so genannten GRNOPC1 Therapie werden dem Patienten um die 2 Millionen aus embryonalen Stammzellen gewonnene Vorläuferzellen von Oligodendrozyten injiziert. Die Forscher hoffen, dass sich die Vorläuferzellen in myelinproduzierende Oligodendrozyten umwandeln, welche die Weiterleitung von Nervenimpulsen ermöglichen. Über den Ausgang des Versuchs wurde noch nichts bekannt.

Was sind die offenen Fragen und Probleme?

Sowohl für embryonale Stammzellen als auch für adulte Stammzellen sind im Hinblick auf eine mögliche klinische Anwendung die folgenden Kriterien zu berücksichtigen:

- **Vermehrbarkeit:** Die Stammzellen müssen in Kultur in ausreichender Menge vermehrbar sein.
- **Differenzierbarkeit:** Sie müssen sich zur Ausdifferenzierung in den jeweils benötigten Zelltyp anregen lassen.
- **Reinheit:** Es müssen ausdifferenzierte Zellen eines einzigen Zelltyps gewonnen werden können, keine Zellgemische.
- **Zielgenaue Integrierbarkeit:** Der Zell- oder Gewebeersatz muss sich im Körper an die richtige Stelle transplantieren lassen.
- **Sicherheit vor Tumorbildung:** Es muss gewährleistet werden, dass die Transplantate nicht unkontrolliert weiter wachsen oder Tumore bilden können.
- **Dauerhafte therapeutische Effektivität:** Die Transplantate müssen im Organismus ihre Funktionalität unter Beweis stellen und eine therapeutische Wirkung auch über einen längeren Zeitraum entfalten.
- **Immunverträglichkeit:** Die Zelltransplantate sollten vom Immunsystem des Empfängerorganismus nicht abgestoßen werden.

Die Forschung an humanen embryonalen Stammzellen steht noch am Anfang, die Beantwortung der folgenden Fragen aus der Grundlagenforschung stellt eine Voraussetzung für ihre erfolgreiche reguläre Anwendbarkeit in der regenerativen Medizin dar:

- Wie können ES-Zellen effizient gewonnen werden?
- Sind alle ES-Stammzelllinien gleich?
- Wie können ES-Zellen genetisch verändert werden?
- Wie wird die Differenzierung der Tochterzellen von Stammzellen reguliert?
- Welche neuen Methoden und Werkzeuge werden benötigt, um diese Differenzierung in vivo und in vitro zu messen und zu steuern?

Gibt es Alternativen zur Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen?

Als Alternativen für die Forschung an humanen embryonalen Stammzellen werden vor allem die gewebespezifischen, adulten Stammzellen angesehen, zu denen man auch Stammzellen aus Nabelschnurblut zählt.

Die Grundlagenforschung untersucht, wie sich humane embryonale Stammzellen kultivieren, differenzieren und manipulieren lassen. Diese spezifischen Eigenschaften können nur an den ES-Zelllinien selber untersucht werden; adulte Stammzellen stellen für diesen Bereich deshalb keine Alternative dar.

Auf dem Gebiet des Gewebeersatzes aus adulten Stammzellen sind bis heute einige therapeutische Verfahren hervorgegangen, die in der Klinik zum Teil bereits eingesetzt werden, so z.B. die Knochenmarktransplantation nach einer Strahlentherapie (blutbildende Stammzellen) oder die Regeneration von Haut nach Verbrennungen (hautbildende Stammzellen). Hieraus kann aber nicht auf eine besondere Eignung von adulten Stammzellen für die Verwirklichung der weiter oben genannten Ziele der klinischen Forschung geschlossen werden. Für eine Beurteilung der Eignung sind die genannten Kriterien, Vermehrbarkeit, Reinheit, Differenzierbarkeit etc., maßgeblich.

Aus heutiger Sicht lässt sich vermuten, dass adulte Stammzellen in Bezug auf Reinheit, Sicherheit vor Tumorbildung und Immunverträglichkeit für die klinische Anwendung besser geeignet sind als ES-Zellen. Dabei ist allerdings zu bedenken, dass auch die Verwendung adulter Stammzellen in der therapeutischen Praxis nicht frei von Risiken ist, die es noch weiter zu verstehen und, wenn möglich, einzudämmen gilt.

In Bezug auf Vermehrbarkeit und Differenzierbarkeit lässt der gegenwärtige Stand der Forschung einen deutlichen Vorteil für ES-Zellen erkennen, wobei die Immunverträglichkeit von ES-Zellen aus SCNT-Blastozysten wahrscheinlich denen der adulten Stammzellen entsprechen dürfte. Zum jetzigen Zeitpunkt kann man aus naturwissenschaftlicher Sicht keine begründete Abschätzung liefern, die einer der beiden Forschungsrichtungen in Bezug auf ihre klinischen Anwendungsmöglichkeiten den Vorrang vor der anderen einräumen könnte.

Ein seit einiger Zeit versuchen Forscher, pluripotente Stammzellen direkt aus Gewebematerial zu gewinnen. Ob dieser Ansatz bereits erfolgreich getestet wurde, ist derzeit heftig umstritten. Im Frühsommer 2010 brach diesbezüglich eine Kontroverse zwischen Stammzellforschern aus. Ein Team um den Tübinger Anatomieprofessors Skutella hatte im Jahre 2008 in einer Veröffentlichung behauptet, pluripotente Stammzellen ohne Umweg über einen Embryo direkt aus dem Gewebe menschlicher Hoden gewonnen zu haben. Renommierte Stammzellforscher, wie der Münsteraner Hans Schöler zweifeln die Ergebnisse dieser Studie Skutellas an und kritisieren dessen wissenschaftliches Vorgehen. Skutella und sein Forschungsteam kündigten an, die umstrittenen Stammzellen noch einmal heranzuzüchten und die Ergebnisse erneut zu publizieren. Eine Publikation der Ergebnisse der wiederholten Studie steht derzeit aus.

Eine weitere gelegentlich diskutierte Alternative zur Forschung an humanen embryonalen Stammzellen ist die ausschließliche Forschung am Tiermodell. Auch an Mäuse-Stammzellen, so ein geläufiges Argument, lassen sich die Kultivierbarkeit sowie die Mechanismen der Differenzierung von Stammzellen erforschen. Die Forschung an diesen Zellen ist zudem nicht reglementiert und Vorexperimente mit ihnen dienen häufig der Planung und Rechtfertigung anschließender Folgeexperimente mit humanen Stammzellen. Ein Problem besteht jedoch in der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf den Menschen, da die Differenzierungsmechanismen embryonaler Mäuse-Stammzellen zum Teil durch andere Wachstumsfaktoren gesteuert werden als bei humanen embryonalen Stammzellen. Eine Lösung dieser Problematik schien sich 2007 abzuzeichnen, als die Forscher Ludovic Vallier und Gabrielle Brons Zellen aus weiterentwickelten Mäuse-Föten isolierten, die auf die getesteten Wachstumsfaktoren genauso reagierten wie humane embryonale Stammzellen. Allerdings zeigen neue Forschungsergebnisse von 2010, dass sich auch diese sogenannten **Epiblast-Stammzellen** (siehe Modul Epiblast-Stammzellen) der Mäuse nicht mit humanen embryonalen Stammzellen gleichsetzen lassen. Die Forscher um Hans Schöler fanden heraus, dass diese Zellen zwar ähnlich auf bestimmte Wachstumsfaktoren,

wie Activin reagieren, jedoch andere Mechanismen dahinter stecken, wodurch die Forschung an diesen Epiblast-Stammzellen der Mäuse irreführend sei.

II. Ausgewählte nationale und internationale Gesetze und Regelungen

Dossier Stammzellforschung

Eine Zusammenstellung einschlägiger Gesetzestexte, Richtlinien und Stellungnahmen zur Stammzellforschung aus einer Vielzahl von europäischen und außereuropäischen Ländern bietet das Dossier Stammzellforschung (siehe Web-Adresse <http://www.drze.de/publikationen/dossiers/stammzellforschung>) .

1. Internationale Regelungen

Weder auf der Ebene der Vereinten Nationen (UNO / UNESCO) noch auf gesamteuropäischer Ebene (Europarat / Europäische Union) existieren direkt einschlägige Regelungen zur Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen. Jedoch gibt es auf beiden Ebenen Stellungnahmen sowie Regelungen bzw. Regulierungsbemühungen in Bezug auf die Anwendung von Klontechniken im Humanbereich, die mittelbar auch für die Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen relevant sind. Auf der Ebene der Europäischen Union sind ferner die im Zusammenhang mit dem Sechsten Forschungsrahmenprogramm stehenden Regelungen in Bezug auf eine gemeinschaftliche Förderung der Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen von Bedeutung.

UNO / UNESCO

In seinem Report " **The Use of Embryonic Stem Cells in Therapeutic Research** " (siehe Modul IBC-Report) vom 6. April 2001 stellt das International Bioethics Committee (IBC) der UNESCO fest, dass es sich bei der Frage, wie die Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen zu regeln sei, um eine ethische Frage handle, deren Entscheidung das Recht wie auch die Pflicht einer jeden einzelnen Gesellschaft selber sei. Vor diesem Hintergrund spricht sich das IBC für staatlich geförderte, freie und informierte öffentliche Debatten auf nationaler Ebene aus. Es empfiehlt, Embryonenforschung, wo sie erlaubt wird, einer staatlichen Regulierung zu unterstellen, die eine angemessene Beachtung der ethischen Aspekte gewährleistet. Die Verwendung so genannter überzähliger Embryonen zur Stammzellforschung sei an die freie und informierte Zustimmung der Spender zu binden. Die Forschungsvorhaben sollen von Ethikkomitees überprüft werden. Ferner plädiert das IBC für eine sorgfältige Abwägung der Vorteile und Risiken alternativer Techniken der Stammzellgewinnung. Es bekräftigt, dass die **Kerntransfertechnik** (siehe Modul Zellkerntransfer (Somatic Cell Nuclear Transfer (SNCT))) nur im Rahmen therapeutischer Forschung genutzt werden solle.

Zu den Bestimmungen zu Klonierungsfragen siehe: Blickpunkt Forschungsklonen.

Europarat

Nach Artikel 18 (2) des am 4. April 1997 zur Unterzeichnung aufgelegten **Übereinkommens zum Schutz der Menschenrechte und der Menschenwürde im Hinblick auf die Anwendung von Biologie und Medizin** (siehe Modul Übereinkommen über Menschenrechte und Biomedizin) ist "die Erzeugung menschlicher Embryonen zu Forschungszwecken verboten". Artikel 18 (1) lautet: "Die Rechtsordnung hat einen angemessenen Schutz des Embryos zu gewährleisten, sofern sie Forschung an Embryonen in vitro zulässt". Was unter einem angemessenen Schutz zu verstehen ist, wird jedoch nicht weiter ausgeführt. Damit

bleibt den Mitgliedsstaaten eine bedingte Zulassung der Forschung mit so genannten überzähligen Embryonen unbenommen. Das Übereinkommen ist u.a. auch von Deutschland noch nicht gezeichnet worden.

Zu den Bestimmungen zu Klonierungsfragen siehe: Blickpunkt Forschungsklonen.

Europäische Union

Die von der Europäischen Kommission eingesetzte "Europäische Gruppe für Ethik der Naturwissenschaften und der neuen Technologie (EGE)" führt in ihrer **Stellungnahme zu den ethischen Aspekten der Forschung und der Verwendung embryonaler Stammzellen vom 14. November 2000** (siehe Modul Europäische Gruppe für Ethik der Naturwissenschaften und der neuen Technologie (EGE)) aus, dass es im Rahmen des Europäischen Pluralismus jedem Mitgliedstaat selbst obliege, Embryonenforschung zu verbieten oder zu erlauben. Im letzteren Fall erfordere die Achtung der Menschenwürde eine Regelung der Embryonenforschung sowie Garantien gegen die Gefahr eines willkürlichen Experimentierens und einer Instrumentalisierung menschlicher Embryonen. Wo Forschung mit embryonalen Stammzellen erlaubt sei, müsse sie einer strengen öffentlichen Kontrolle durch eine zentrale Stelle ähnlich der Human Fertilisation and Embryology Authority (HFEA) in Großbritannien unterstellt werden. Die Erzeugung von Embryonen mit für die Stammzellgewinnung gespendeten Keimzellen sei ethisch unakzeptabel, wenn so genannte überzählige Embryonen eine alternative Quelle darstellten. Auch sei die Herstellung von Embryonen durch **Zellkerntransfer** (siehe Modul Zellkerntransfer (Somatic Cell Nuclear Transfer (SCNT))) für die Erforschung von Stammzelltherapien gegenwärtig noch verfrüht, weil ein großer Bereich der Forschung zunächst mit alternativen Quellen humaner Stammzellen (von so genannten überzähligen Embryonen, fetalen Geweben und adulten Stammzellen) durchzuführen sei.

Am 30. September 2002 wurde das "Sechste Rahmenprogramm der Europäischen Gemeinschaft im Bereich der Forschung, technologischen Entwicklung und Demonstration als Beitrag zur Verwirklichung des Europäischen Forschungsraums und zur Innovation (2002-2006)" verabschiedet. Einer der von diesem Programm geförderten Bereiche umfasst Biowissenschaft, Genomik und Biotechnologie. Bei der Durchführung dieses Programms und bei den entsprechenden Forschungstätigkeiten sind laut **Beschluss des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Juni 2002** (siehe Modul Beschluss des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Juni 2002) die ethischen Grundprinzipien zu beachten, die sich aus der Charta der Grundrechte der Europäischen Union und dem Übereinkommen des Europarates über Menschenrechte und Biomedizin sowie dem Zusatzprotokoll über das Verbot des Klonens von Menschen ergeben. Gemäß einer **Entscheidung des Rates vom 30. September 2002** (siehe Modul Entscheidung des Rates vom 30. September 2002) sind Forschungstätigkeiten zur Züchtung menschlicher Embryonen -auch durch Kerntransfer somatischer Zellen- ausschließlich zu Forschungszwecken oder zur Gewinnung von Stammzellen von der Förderung auszunehmen. Sonstige Forschungsvorhaben mit menschlichen Embryonen oder humanen embryonalen Stammzellen sollen von der Europäischen Kommission ethisch geprüft und dann einem Regelungsausschuss vorgelegt werden. Die Festlegung detaillierter Durchführungsvorschriften solle durch den Rat bis zum 31. Dezember 2003 erfolgen. Die Kommission erklärte am selben Tag, während dieser Zeit und bis zur Festlegung der Durchführungsvorschriften die Förderung von Forschungsvorhaben mit menschlichen Embryonen oder humanen embryonalen Stammzellen, ausgenommen die Untersuchung von in Banken bestehenden oder in Kulturen isolierten humanen embryonalen Stammzellen, auszusetzen.

Am 9. Juli 2003 legte die Kommission dem Rat einen Regelungsvorschlag vor, auf den das Europäische Parlament am 19. November 2003 mit einem legislativen Entschließungsantrag antwortete. Der **Kommissions-Vorschlag** (siehe Modul Regelungsvorschlag der Europäischen Kommission) sah vor, dass in Gemeinschaftsmittel geförderten Forschungstätigkeiten nur vorhandene überzählige menschliche Embryonen verwendet werden dürfen, die vor dem 27. Juni 2002 erzeugt worden sind. Nach dem **Entschließungsantrag des Parlamentes** (siehe Modul Legislativer Entschließungsantrag des Europäischen Parlaments) soll die Herstellung humaner embryonaler Stammzellen zwar ebenfalls nur dann finanziert werden, wenn es sich bei den hierfür verwendeten Embryonen um überzählige Embryonen im Frühstadium (bis zum vierzehnten Tag) handelt, eine Stichtagsregelung wurde aber abgelehnt. In seinen Beratungen am 26. November und am 3. Dezember 2003 konnte der Rat bezüglich der Durchführungsbestimmungen keine Einigung erzielen. Am 18. Februar 2004 erklärte **Forschungskommissar Philippe Busquin** (siehe Modul Erklärung von Forschungskommissar Philippe Busquin), dass die Kommission vorerst auf eine Förderung der umstrittenen Herstellung von humanen embryonalen Stammzellen verzichte.

Nicht zuletzt hat auch die Frage nach einer möglichen **Patentierbarkeit** (siehe Modul Patentierbarkeit von Stammzellen) von Stammzellen an Aktualität gewonnen. Während das Bundespatentgericht 2006 in Deutschland für Klarheit gesorgt hat, bleibt die Frage über ein **europäisches Stammzellpatent** (siehe Modul Debatte im Europäischen Patentamt) offen.

Internationale Gesellschaft für Stammzellforschung (ISSCR)

Die **Internationale Gesellschaft für Stammzellforschung (The International Society for Stem Cell Research - ISSCR)** (siehe Modul Internationale Gesellschaft für Stammzellforschung (ISSCR)) wurde im Jahr 2002 gegründet und ist eine unabhängige gemeinnützige Gesellschaft. Sie hat zur Aufgabe, den Austausch über Stammzellforschung zu fördern. Im Dezember 2006 veröffentlichte sie einen Katalog von Standards für die Arbeit mit humanen embryonalen Stammzellen. Forscher sollen sich per Selbstverpflichtung an diese Verordnung halten und unter anderem auf das Klonen von Menschen zu Reproduktionszwecken verzichten, nur unter strengen Auflagen Mischwesen aus Mensch und Tier (Chimären) herstellen und die Bezahlung von Eizellspenden einschränken. Darüber hinaus will die ISSCR erreichen, dass nur noch solche Studien von den namhaften Zeitschriften publiziert werden, bei denen diese Standards eingehalten worden sind.

2. Einzelstaatliche Regelungen

Zu den Regelungen der Stammzellforschung in den einzelnen Ländern Europas, aber auch weltweit, lesen Sie bitte auch den DRZE-Sachstandsbericht " Präimplantationsdiagnostik, Embryonenforschung, Therapeutisches Klonen - Ein vergleichender Überblick zur Rechtslage in ausgewählten Ländern " (siehe Web-Adresse <http://www.drze.de/publikationen/sachstandsberichte/band-3>) .

Belgien

In Belgien wird die Stammzellforschung durch das " **Gesetz über die Forschung an Embryonen in vitro** " (siehe Modul Gesetz über die Forschung an Embryonen in vitro) vom 11. Mai 2003 geregelt. Demzufolge ist es in Belgien gesetzlich erlaubt, an Embryonen innerhalb von 14 Tagen nach der Befruchtung zu forschen. Bedingung ist, dass mit der Forschung therapeutische Ziele verfolgt und Erkenntnisse über die Prävention oder

die Behandlung von Krankheiten gewonnen werden. Auch die Gewinnung neuer Kenntnisse in den Bereichen Fruchtbarkeit, Sterilität und Organ-Gewebetransplantation stellen Gründe für die Forschung an Embryonen *in vitro* dar, wenn keine anderen Forschungsmethoden qualitativ gleichwertige Ergebnisse versprechen. Die Herstellung von Embryonen eigens zu Forschungszwecken ist generell verboten, wird aber zugelassen, wenn die vorhandenen überzähligen Embryonen nicht den Bedarf des Forschungsvorhabens decken.

Deutschland

Das seit 1. Januar 1991 geltende **Embryonenschutzgesetz** (siehe Modul Embryonenschutzgesetz) verbietet die Erzeugung eines Embryos "zu einem anderen Zweck als der Herbeiführung einer Schwangerschaft". Zudem untersagt es die Verwendung eines Embryos "zu einem nicht seiner Erhaltung dienenden Zweck". Ferner stellt es denjenigen unter Strafe, "der künstlich bewirkt, dass ein menschlicher Embryo mit der gleichen Erbinformation wie ein anderer Embryo, ein Fötus, ein Mensch oder ein Verstorbener entsteht". Als Embryo gilt dabei bereits "jede einem Embryo entnommene **totipotente** (siehe Modul Totipotenz, Pluripotenz) Zelle, die sich bei Vorliegen der dafür erforderlichen weiteren Voraussetzungen zu einem Individuum zu entwickeln vermag". Damit ist die Erzeugung von Embryonen zu Forschungszwecken untersagt. Ebenso ist die nicht ihrer Erhaltung dienende Verwendung von Embryonen zur Gewinnung von Stammzellen verboten. Dieses Verbot gilt unabhängig davon, ob die auf diese Weise gewonnenen Stammzellen totipotent sind oder nicht, und erstreckt sich auch auf so genannte überzählige Embryonen. Ob das **Embryonenschutzgesetz** (siehe Modul Embryonenschutzgesetz) auch das so genannte therapeutische Klonen verbietet, oder ob diesbezüglich eine Regelungslücke vorliegt, wird unter Rechtsexperten kontrovers diskutiert.

Die Einfuhr und die Verwendung von embryonalen Stammzellen, die nicht totipotent sind, werden durch das am 28. Juni 2002 verabschiedete **Stammzellgesetz** (siehe Modul Stammzellgesetz) geregelt. Demnach sind die Einfuhr und die Verwendung solcher Zellen nur unter bestimmten Voraussetzungen zulässig: Sie müssen "in Übereinstimmung mit der Rechtslage im Herkunftsland vor dem 1. Januar 2002" und aus Embryonen gewonnen worden sein, die "im Wege der medizinisch unterstützten extrakorporalen Befruchtung zum Zwecke der Herbeiführung einer Schwangerschaft erzeugt worden" sind und "endgültig nicht mehr für diesen Zweck verwendet wurden". Für die Überlassung dieser Embryonen zur Stammzellgewinnung darf "kein Entgelt oder sonstiger geldwerter Vorteil gewährt oder versprochen" worden sein. Ferner müssen die mit den Stammzellen verfolgten Forschungsarbeiten "hochrangigen Forschungszielen" dienen und "soweit wie möglich in *In-vitro*-Modellen mit tierischen Zellen oder in Tierversuchen vorgeklärt" worden sein. Der angestrebte wissenschaftliche Erkenntnisgewinn darf sich "voraussichtlich nur mit embryonalen Stammzellen erreichen" lassen. Das Vorliegen dieser Voraussetzungen ist von einer "durch Rechtsverordnung des Bundesministeriums für Gesundheit zu bestimmende[n] Behörde aus seinem Geschäftsbereich" zu überprüfen, die dabei von einer bei ihr einzurichtenden, interdisziplinär zusammengesetzten, unabhängigen "Zentrale[n] Ethik-Kommission für Stammzellforschung" zu beraten ist.

Zuständige Behörde ist gemäß einer entsprechenden **Verordnung vom 18. Juli 2002** (siehe Modul Verordnung vom 18. Juli 2002) das Robert Koch Institut (RKI). Eine laufend aktualisierte **Übersicht über die bisher genehmigten Forschungsprojekte** (siehe Modul Übersicht des Robert Koch Instituts über die bisher genehmigten Forschungsprojekte) findet sich auf den Internet-Seiten des RKI (Stand 28. August 2007: 23 Genehmigungen).

Als besonderes Problem von deutschen Forschern wird die eingeschränkte Nutzung der verstärkten Förderung von Stammzellforschung mit EU-Mitteln betrachtet. Aufgrund der restriktiven Gesetzgebung ist es deutschen Forschern nur in wenigen Fällen möglich, EU-Stammzellforschungsförderung in Anspruch zu nehmen.

Nach langer kontroverser Diskussion stimmte der Deutsche Bundestag am 11. April 2008 für eine Änderung des Stammzellgesetzes. Dabei wurde eine **Verschiebung des Stichtags** (siehe Modul Neue Diskussion um Stichtagsregelung) zum Import von embryonalen Stammzellen vom 01. Januar 2002 auf den 01. Mai 2007 beschlossen. Anstoß zur erneuten Debatte und schließlich zur Änderung des Gesetzes gaben Positionspapiere der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) sowie des Nationalen Ethikrats aus den Jahren 2006 und 2007. Zudem stellt sich das Problem der **Patentierung** (siehe Modul Patentierbarkeit von Stammzellen) von Forschungsverfahren und -ergebnissen mit embryonalen Stammzellen. Im Jahr 1999 hatte der Bonner Forscher Prof. Oliver Brüstle das Patent darauf erhalten, aus menschlichen Embryonen neuronale Stammzellen zu entwickeln. Aufgrund des Verstoßes gegen die öffentliche Ordnung und die guten Sitten, welcher mit der Zerstörung der benötigten Embryonen einhergehe, klagte die Umweltorganisation Greenpeace gegen dieses Patent. Das Bundespatentgericht erklärte am 05. Dezember 2006 das 1999 erteilte Patent in Hinblick auf den Verstoß gegen die öffentliche Ordnung sowie mit Verweis auf das Embryonenschutzgesetz und das Stammzellgesetz in Teilen für nichtig. Das Patent gilt daher nun nicht mehr für die Entwicklung solcher Zellen, die aus humanen Stammzellen aus Embryonen stammen. Das Patent bleibt jedoch für die Gewinnung der Zellen bestehen, die aus humanen Stammzellen stammen, die ihrerseits nicht aus Embryonen, sondern aus Keimzellen gewonnen werden.

Frankreich

Das **Loi no. 94-654** (siehe Modul Loi no. 94-654) Art. L. 152-3 vom 29. Juli 1994 gestattet die Erzeugung eines Embryos in vitro nur im Rahmen der medizinisch assistierten Fortpflanzung. Die Erzeugung eines Embryos in vitro zu Forschungszwecken ist somit verboten. Dieses Verbot wird in Art. L. 152-8 noch einmal ausdrücklich formuliert. Dieser Artikel untersagt außerdem grundsätzlich jegliche Forschung mit Embryonen. Diese ist nur ausnahmsweise zulässig. Voraussetzung für eine Zulassung ist, dass dem Embryo kein Schaden zugefügt werden kann, eine medizinische Zielsetzung vorliegt und beide Eltern sowie die zuständige Prüfungskommission zuvor zugestimmt haben. Eine den Embryo schädigende Gewinnung humaner embryonaler Stammzellen ist damit nicht erlaubt. Die Einfuhr und Verwendung humaner embryonaler Stammzellen ist nicht verboten.

Am 11. Dezember 2003 wurde von der Nationalversammlung in zweiter Lesung eine Neufassung der auch das Loi no. 94-654 umfassenden Bioethikgesetze von 1994 angenommen. Der **Gesetzentwurf** (siehe Modul Gesetzentwurf Projet de loi relatif à la bioéthique) sah weiterhin ein Verbot der verbrauchenden Embryonenforschung vor. Dieses Verbot sollte jedoch für fünf Jahre ausgesetzt werden.

Am 8. Juli 2004 wurde das neue **französische Bioethikgesetz** (siehe Modul Französisches Bioethikgesetz) (Loi no. 2004-800 vom 6. August 2004) von der Assemblée Nationale und dem Senat verabschiedet. Wie im Gesetzentwurf vorgesehen bestätigen auch die neuen Regelungen grundsätzlich das seit 1994 geltende Verbot der Stammzell- und Embryonenforschung. Gleichwohl wird die Forschung an überzähligen menschlichen Embryonen innerhalb eines Zeitraums von fünf Jahren erlaubt. Während dieser Zeit sollen die Forschung mit menschlichen Embryonen und die Gewinnung von humanen embryonalen Stammzellen

unter bestimmten Voraussetzungen erlaubt sein. Zu diesen Voraussetzungen gehört, dass die Embryonen in vitro zur Herbeiführung einer Schwangerschaft erzeugt wurden und nicht mehr für diesen Zweck gebraucht werden. Zudem müssen sich mit den Forschungsvorhaben bedeutende therapeutische Fortschritte erreichen lassen können, die nach wissenschaftlichem Erkenntnisstand nicht in vergleichbarer Effizienz mit alternativen Mitteln erzielbar sind.

Die Einhaltung der Regelungen wird durch eine zuständige Behörde, die **Agence de la biomédecine** (siehe Modul Agence de la biomédecine) , kontrolliert. Auch die Ein- und Ausfuhr humaner embryonaler Stammzellen werden an die Genehmigung der Agence de la biomédecine gebunden.

Weiterhin bleibt jedoch jede Form des menschlichen Klonens untersagt.

Großbritannien

Nach dem **Fertilisation and Embryology Act von 1990** (siehe Modul Human Fertilisation and Embryology Act 1990) dürfen Embryonen unter bestimmten Voraussetzungen für Forschungszwecke verwendet und "auch durch Kerntransfer, das so genannte therapeutische Klonen" erzeugt werden. Zu den Voraussetzungen gehört, dass die genetischen Eltern zustimmen und der für die Forschung verwendete Embryo noch keinen Primitivstreifen hat bzw. nicht älter als 14 Tage ist. Zudem muss eine Lizenz der zuständigen Kontrollbehörde, der Human Fertilisation and Embryology Authority (HFEA), vorliegen. Bedingung für die Lizenzvergabe ist, dass das Forschungsvorhaben darauf abzielt, Infertilitätstherapien oder Verhütungsmethoden zu verbessern, Kenntnisse über die Ursachen von Fehlgeburten oder Erbkrankheiten zu vermehren oder Methoden zur Entdeckung von Gen- oder Chromosomanomalien bei Embryonen vor der Implantation zu entwickeln. Das Forschungsvorhaben muss im Hinblick auf diese Ziele alternativlos sein.

Durch die am 31. Januar 2001 in Kraft getretenen **Human Fertilisation and Embryology (Research Purposes) Regulations** (siehe Modul The Human Fertilisation and Embryology Research Purposes Regulations 2001) wurde die Liste lizenzfähiger Forschungsziele im Blick auf die Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen erweitert. Demnach können die Verwendung wie auch die Erzeugung von Embryonen zu Forschungszwecken auch dann eine Lizenz erhalten, wenn die Forschungsvorhaben die Absicht verfolgen, das Wissen über die **Embryonalentwicklung** (siehe Modul Frühe Embryonalentwicklung) oder über schwere Krankheiten zu erweitern oder derartiges Wissen in die Entwicklung von Therapien für schwere Krankheiten umzusetzen. Eine laufend aktuell gehaltene **Liste der bisher lizenzierten Forschungsprojekte mit humanen embryonalen Stammzellen** (siehe Modul Übersicht der HFEA über die von ihr lizenzierten Forschungsprojekte mit humanen embryonalen Stammzellen) (Stand 16. September 2005: 33 Lizenzen) befindet sich auf den Internet-Seiten der HFEA.

Die aktuelle Stammzelledebatte in Großbritannien bezieht sich auf neue Forschungsanträge, die an die HFEA gestellt wurden. In ihnen wird die Lizenz erbeten, **Tier/Mensch-Mischwesen (Hybriden)** (siehe Modul Anträge zur Gewinnung von Hybriden) herzustellen und zu erforschen. Nachdem die HFEA zunächst Sondergenehmigungen erteilte, soll nun eine gesetzliche Regelung geschaffen werden, die es britischen Forschern ermöglicht, Chimären-Embryonen zu Forschungszwecken herzustellen.

Die Niederlande

Stammzellforschung wird in den Niederlanden durch den **Embryos Act** (siehe Modul Die Niederlande) von 2002 geregelt. Zuvor war Forschung an bereits existierenden Stammzelllinien erlaubt, die Regelungen bedurften jedoch einer Ergänzung. Dem Embryos Act zufolge ist zwar die Erzeugung von Embryonen zu Forschungszwecken verboten, die Forschung an humanen embryonalen Stammzellen indes erlaubt. Dazu dürfen Stammzellen aus so genannten überzähligen Embryonen bis 14 Tage nach der Befruchtung und nach vorheriger Einwilligung der Eltern gewonnen werden. Die derartige Gewinnung von Stammzellen und auch ihre Nutzung für die Forschung bedarf der Genehmigung durch die Kontrollbehörde Central Committee for Research Involving Human Subjects (CCMO).

Die Schweiz

Nach einer Volksabstimmung am 28. November 2004 reguliert in der Schweiz das **Stammzellenforschungsgesetz (StFG)** (siehe Modul Die Schweiz) vom 19.12.2003 die Forschung mit embryonalen Stammzellen. Die Stammzellforschungsverordnung konkretisiert das Gesetz und legt unter anderem die Voraussetzungen für die Bewilligung eines Forschungsprojekts mit Stammzellen dar. Hiernach ist zwar die Herstellung von Embryonen eigens zu Forschungszwecken verboten, Stammzellen dürfen aber aus überzähligen Embryonen bis zum siebten Tag ihrer Entwicklung gewonnen werden, wenn das Elternpaar damit einverstanden ist und das Bundesamt für Gesundheit das entsprechende Forschungsprojekt bewilligt. Gegenstand des Forschungsprojekts muss die Feststellung, Behandlung und Verhinderung menschlicher Krankheiten oder die Entwicklungsbiologie des Menschen sein. Dabei muss gewährleistet werden, dass qualitativ gleichwertige Erkenntnisse nicht auf anderem Weg gewonnen werden können und das Projekt ethisch vertretbar ist. Zudem dürfen aus überzähligen Embryonen gewonnene embryonale Stammzellen zu Zwecken der Forschung nach einer Bewilligung durch das Bundesamt für Gesundheit aus dem Ausland importiert werden. Exportiert werden dürfen Stammzellen nur dann, wenn im Zielland eine der schweizerischen Forschungsbedingungen entsprechende Rechtslage herrscht.

USA

In den USA wird die Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen bislang nicht explizit auf Bundesebene geregelt. Vielmehr liegt die diesbezügliche Gesetzgebungskompetenz bei den einzelnen Staaten (Überblick über die Rechtslage in den verschiedenen Bundesstaaten) (siehe Web-Adresse <http://www.ncsl.org/IssuesResearch/Health/HumanCloningLaws/tabid/14284/Default.aspx>). Politischer Einfluss auf die Forschung mit embryonalen Stammzellen wird jedoch auch auf Bundesebene genommen, insofern die Forschung mit staatlichen Mitteln gestattet oder verboten wird. Private und öffentlich geförderte Forschung unterliegen damit unterschiedlichen Bestimmungen.

Der ehemalige Präsident George W. Bush hatte im Jahr 2001 eine staatliche Unterstützung für Forschungsprojekte mit Stammzelllinien, die nach August 2001 hergestellt worden waren, untersagt. Die Förderung wurde zudem auf Forschung an solchen embryonalen Stammzelllinien beschränkt, die aus überzähligen, ursprünglich zu Fortpflanzungszwecken erzeugten Embryonen und mit dem informierten Einverständnis der Spender gewonnen worden waren. Diese Beschränkung der staatlichen Finanzierung auf Forschung an älteren Stammzelllinien wurde im März 2009 von dem amtierenden Präsidenten Barack Obama teilweise außer Kraft gesetzt. Staatliche Mittel dürfen nun auch Wissenschaftlern zuteilwerden, die mit

neueren Stammzelllinien forschen. Beibehalten wurde die Bestimmung, dass allein an Stammzelllinien aus überzähligen Embryonen geforscht werden darf, diese also nicht eigens zum Zweck der Stammzellgewinnung erzeugt werden dürfen. Derzeit sind bei der Bundesbehörde National Institut of Health (NIH) 75 menschliche embryonale Stammzelllinien zur potenziellen Förderung registriert. Auch die neuen Bestimmungen gelten allein für öffentlich finanzierte Forschung. Privat finanzierte Forschung ist weniger strengen Auflagen unterworfen und darf eigens zu Forschungszwecken erzeugte Embryonen verwenden.

Der neue Regierungskurs unter US-Präsident Obama schien zunächst an einem Gerichtsbeschluss zu scheitern. Ende August 2010 gelang es einer Klägergruppe um mehrere christliche Organisationen und Forscher adulter Stammzellen per Eilentscheidung einen vorläufigen Stopp der finanziellen Förderung zu erwirken, bis ein Grundsatzurteil gesprochen sei. Der Richter Royce Lamberth stützte sein Urteil auf das Argument, dass die derzeitige wissenschaftliche Praxis das Töten von menschlichen Embryonen erfordere und daher nicht durch den Staat zu unterstützen sei. Gegen dieses Urteil wurde von Seiten der Regierung Berufung eingelegt und das Weiße Haus forderte die Umsetzung des ersten Gerichtsentscheidungs auszusetzen, solange das Berufungsverfahren läuft. Auf diese Weise sollte verhindert werden, dass laufende Projekte gestoppt und dabei die Ergebnisse von Jahren wissenschaftlicher Forschung zunichte gemacht werden. Diesem Antrag der Regierung wurde im September 2010 stattgegeben und die Berufungsrichter hoben das erste Förderverbot vorläufig auf. Eine endgültige gesetzliche Lösung, sowie das Urteil über die ursprüngliche Klage der christlichen Organisationen und Forscher stehen derzeit aus. Die Regierung will ihre Argumentation in der Berufung vor allem darauf aufbauen, dass Millionen von schwer kranken Menschen durch die Forschung geholfen werden könnte und ein Forschungsstopp diesen Menschen erheblichen Schaden zuführen würde. Eine Übersicht über weitere gegenwärtig im Kongress anhängige Gesetzentwürfe im Zusammenhang mit der Forschung an humanen embryonalen Stammzellen findet sich auf den Internet-Seiten der National Institutes of Health (NIH) (siehe Web-Adresse <http://www.nih.gov/>) .

III. Kernfragen der ethischen Diskussion

Eine bewährte Methode der ethischen Beurteilung einer Handlung besteht darin, zum einen nach der Legitimität der mit der Handlung verfolgten Ziele zu fragen, und zum anderen nach der Legitimität der hierbei angewandten Mittel.

Die von der Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen verfolgten Ziele, sei es die biologische Grundlagenforschung, sei es die Forschung in therapeutischer Absicht, (vgl. Teil I: "Naturwissenschaftlich-medizinischer Sachstand"), werden gemeinhin nicht nur als legitim, sondern darüber hinaus sogar als hochrangig anerkannt. Uneinigkeit besteht jedoch in der Frage, ob die im Rahmen dieser Forschung eingesetzten Mittel vertretbar sind, insbesondere, ob die Verwendung und - nach gegenwärtigem Stand der Technik - v. a. die Zerstörung menschlicher Embryonen akzeptabel sein kann.

Diese Uneinigkeit zeigt sich nicht zuletzt in den gegenwärtigen Gesetzgebungsdebatten und den zum Teil deutlich voneinander abweichenden nationalen und internationalen Regelungen (vgl. Teil II: "Ausgewählte nationale und internationale Gesetze und Regelungen"). Dabei kommen verschiedene ethische Aspekte und Überlegungen zum Tragen, die von den Teilnehmern der Debatte teils unterschiedlich gewichtet werden.

Im Mittelpunkt der ethischen Diskussion steht die Frage nach der Schutzwürdigkeit des menschlichen Embryos, und ob diese es gestattet, Embryonen zur Gewinnung von Stammzellen zu verbrauchen oder sogar eigens zu diesem Zweck zu erzeugen (1). Darüber hinaus wird diskutiert, ob eine etwaige Unzulässigkeit verbrauchender Embryonenforschung auch für so genannte überzählige Embryonen (2) und für Kerntransfer-Embryonen gilt, die nicht auf "herkömmlichem" Wege durch die Verschmelzung der Kerne zweier Keimzellen entstehen (3). Da die Vertretbarkeit der Mittel auch davon abhängt, welche anderen Mittel zur Verfügung stehen, spielt schließlich die Frage nach etwaigen Alternativen eine wichtige Rolle (4).

1. Die Frage nach der Schutzwürdigkeit des menschlichen Embryos

In der **Auseinandersetzung um die Schutzwürdigkeit** (siehe Modul Auseinandersetzung um die Schutzwürdigkeit des menschlichen Embryos) des menschlichen Embryos werden zwei unterschiedliche Grundpositionen vertreten.

Die erste Grundposition spricht dem Embryo von Beginn an - d.h. bereits mit Abschluss der Kernverschmelzung - dieselbe Schutzwürdigkeit zu, die dem geborenen Menschen aufgrund seines Personseins eignet. Der moralische Status des frühen Embryos wird daher ausgehend vom autonomen Subjekt, zu dem er sich der Möglichkeit nach entwickeln kann, bestimmt. Ein Embryo, gleich welcher Entwicklungsstufe, darf demnach niemals für fremde Zwecke, so hochrangig sie auch sein mögen, instrumentalisiert werden.

Gemäß der zweiten Grundposition kommt dem Embryo die dem geborenen Menschen aufgrund seines Personseins eigene Schutzwürdigkeit erst mit dem Erreichen einer bestimmten Entwicklungsstufe zu. Vor Erreichen dieser Entwicklungsstufe wird dem Embryo eine bloß abgestufte Schutzwürdigkeit zugesprochen.

Die verbrauchende Forschung mit Embryonen unterhalb der maßgeblichen Entwicklungsstufe ist demgemäß zwar moralisch rechtfertigungsbedürftig, aber nicht grundsätzlich ausgeschlossen. Bei einer entsprechenden

Hochrangigkeit der Ziele und Alternativlosigkeit der Mittel ist sie nicht nur moralisch zulässig, sondern gegebenenfalls auch geboten. Gleiches kann für die Herstellung von Embryonen zu Forschungszwecken gelten. Vertreter der ersten Position verwenden zumeist die folgenden **Argumente** (siehe Modul Argumente für den Würdeschutz) . Zum einen besitze der Embryo von Anfang an das Potential, zur Person zu werden (Potentialitätsargument). Zudem entwickle sich der Embryo nach Abschluss der Kernverschmelzung in einem kontinuierlichen Prozess zur Person. Deshalb könne der Beginn der Schutzwürdigkeit, wolle man willkürliche Setzungen vermeiden, auch nur an diesem Zeitpunkt festgemacht werden. (Kontinuitäts- und Identitätsargument) Außerdem widerspreche es dem Grundgedanken der Menschenwürde, den Würdeschutz von einer anderen Eigenschaft abhängig zu machen als allein der, ein menschliches Lebewesen zu sein (Argument der Spezieszugehörigkeit).

Anhänger der zweiten Position, die dem Embryo erst mit dem Erreichen einer bestimmten Entwicklungsstufe die volle Schutzwürdigkeit zusprechen, setzen unterschiedliche Entwicklungsstufen als maßgeblich an. Einige halten die **Einnistung** (siehe Modul Frühe Embryonalentwicklung) in die Gebärmutter für entscheidend. Der Embryo sei erst von diesem Zeitpunkt an wirklich entwicklungsfähig. Andere plädieren für die Ausbildung des Primitivstreifens als Kriterium. Erst dann sei die Möglichkeit einer Mehrlingsbildung ausgeschlossen und die Individuation beendet. Wieder andere halten das Vorhandensein der neuronalen Voraussetzungen für solche Vermögen wie Schmerzempfindung oder Interessensfähigkeit für zentral. Diese seien erforderlich, um überhaupt Ansprüche unterhalten und darauf bezogene Schutzansprüche begründen zu können.

Die erste Position liegt dem **deutschen Embryonenschutzgesetz** (siehe Modul Embryonenschutzgesetz) zu Grunde, das die Herstellung von Embryonen zu Forschungszwecken wie auch die Verwendung von Embryonen zu einem nicht ihrer Erhaltung dienenden Zweck verbietet. Auf der zweiten Position baut das britische Regelungsmodell auf (**Fertilisation and Embryology Act von 1990** (siehe Modul Human Fertilisation and Embryology Act 1990) / **Human Fertilisation and Embryology (Research Purposes) Regulations von 2001** (siehe Modul The Human Fertilisation and Embryology Research Purposes Regulations 2001)) . Demnach ist es - unter bestimmten weiteren Voraussetzungen - nicht nur erlaubt, überzählige Embryonen für definierte Forschungsziele bis zur Ausbildung des Primitivstreifens zu verbrauchen, sondern auch Embryonen eigens für diese Ziele herzustellen.

2. Die Frage nach der Zulässigkeit der Forschung mit so genannten überzähligen Embryonen

In zahlreichen Ländern, in denen In-vitro-Fertilisations-Behandlungen erlaubt sind und durchgeführt werden, gibt es so genannte überzählige Embryonen. Damit sind Embryonen gemeint, die bei einer **In-vitro-Fertilisation (IVF)** (siehe Modul In-vitro-Fertilisation (IVF)) erzeugt, aber nicht in die Gebärmutter übertragen wurden und von den Eltern auch nicht mehr für eine Übertragung gebraucht werden - etwa weil die Mutter erkrankt oder verstorben ist, oder weil sie auf eine Übertragung verzichtet.

Sollen solche Embryonen für die Gewinnung von Stammzellen genutzt und dabei zerstört werden dürfen?

Nach Meinung der **Befürworter** (siehe Modul Positionen zur Gewinnung von Stammzellen aus so genannten überzähligen Embryonen) stellt ihre Verwendung zur Stammzellgewinnung keine unzulässige Instrumentalisierung dar. Diese Embryonen entwickelten sich ohnehin nicht mehr zu einem Kind und seien

notwendig "dem Tode geweiht". Es bestehe nur noch die Wahl, sie entweder absterben zu lassen oder unbegrenzt zu lagern.

Gegner (siehe Modul Positionen zur Gewinnung von Stammzellen aus so genannten überzähligen Embryonen) bezweifeln, dass solche Embryonen notwendig "dem Tode geweiht" sind. Sie verweisen auf die Möglichkeit der Embryooption. Ferner befürchten sie, dass die Freigabe so genannter überzähliger Embryonen für die Stammzellgewinnung IVF-Anbieter wie auch IVF-Nutzer künftig dazu verleiten könnte, künstlich noch mehr solcher Embryonen zu produzieren, um sie dann der Forschung zur Verfügung zu stellen. Die **Befürworter** (siehe Modul Positionen zur Gewinnung von Stammzellen aus so genannten überzähligen Embryonen) halten dem entgegen, dass eine künstliche Herstellung so genannter überzähliger Embryonen durch entsprechende Gesetze verhindert werden könne. Die Embryooption wird von ihnen vor allem mit dem Argument abgelehnt, dass eine gespaltene Mutterschaft mit erheblichen Risiken für das Kind verbunden sei. Außerdem geben sie zu bedenken, dass eine Freigabe der Embryooption verdeckte Leihmutterschaften, Zwangsadoptionen und eine Kommerzialisierung zur Folge haben könnte. Embryonen, die über längere Zeit kryokonserviert würden, erlitten zudem Schädigungen, die eine weitergehende Entwicklung verhinderten. Solche Embryonen seien deshalb für eine Embryooption unbrauchbar.

3. Die Frage nach der Zulässigkeit der Forschung mit Kerntransfer-Embryonen und ihrer Erzeugung

Die Entwicklung vielseitiger patientenspezifischer Therapieverfahren bisher unheilbarer Krankheiten verspricht man sich durch den Einsatz spezifisch klonierter Stammzellen. Die Technik ihrer Gewinnung (Zellkerntransfer) sowie die rechtlichen Regelungen ihrer Verwendung und die ethische Diskussion werden im Blickpunkt Forschungsklonen (siehe Blickpunkt Forschungsklonen) dargelegt.

4. Die Frage nach den Alternativen zur Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen

Ethisch weniger problematische Mittel sind ethisch problematischeren Mitteln vorzuziehen, sofern sie zu denselben Zielen führen. Ethisch problematischere Mittel müssen deshalb zur Erreichung der angestrebten Ziele nicht nur geeignet, sondern auch notwendig sein, um ethisch vertreten werden zu können.

Kritiker bezweifeln, dass die Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen alternativlos ist. Sie gehen davon aus, dass die mit ihr verfolgten Ziele in der Grundlagen- wie auch in der therapeutischen Forschung sich auch mit gewebespezifischen **adulten Stammzellen** (siehe Modul Adulte Stammzellen) erreichen lassen. Die Gewinnung und Nutzung dieser Zellen sei ethisch weniger problematisch. Sie böten außerdem den Vorteil, dass sich aus ihnen leichter Zelltransplantate herstellen ließen, die auch immunkompatibel sind, da adulte Stammzellen direkt aus dem Organismus des Transplantatempfängers selbst gewonnen werden könnten. Mit embryonalen Stammzellen sei die Herstellung autologer Zelltransplantate nur über den Umweg des so genannten therapeutischen Klonens möglich. Zudem sei bei Zelltransplantaten, die aus adulten Stammzellen hergestellt würden, das Risiko, dass Tumore entstünden, geringer. Mit adulten Stammzellen habe man auch schon therapeutische Erfolge erzielt, während dies mit embryonalen Stammzellen noch nicht gelungen sei. Einige der mit adulten Stammzellen entwickelten therapeutischen Verfahren seien inzwischen sogar schon klinischer Standard.

Dem wird entgegengehalten, dass adulte Stammzellen im Vergleich zu embryonalen Stammzellen nach bisheriger Erkenntnis ein weitaus geringeres Differenzierungspotential aufweisen. Die Anzahl der Gewebetypen, die aus adulten Stammzellen gewonnen werden könnten, sei deshalb wahrscheinlich sehr beschränkt. Zudem ließen sich adulte Stammzellen oftmals gar nicht in dem Maß vermehren, wie es für die Herstellung von therapeutisch wirksamen Zelltransplantaten erforderlich sei. Für ein tieferes Verständnis der Mechanismen, nach denen sich humane Zellen differenzieren, redifferenzieren und vermehren, sei die Forschung an humanen embryonalen Stammzellen unverzichtbar. Die Aufklärung dieser Mechanismen sei auch eine notwendige Voraussetzung für die Weiterentwicklung von adulten Stammzelltherapien.

Autorennachweis

Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen

•

Naturwissenschaftlich-medizinischer Sachstand

Verfasst von Herbert Püttmann (2004), grundlegend überarbeitet von Simone Hornbergs-Schwetzel (2006), überarbeitet von Simone Hornbergs-Schwetzel (2007, 2008), überarbeitet von Verena Braun (2010), überarbeitet von Lisa Retterath (2010), überarbeitet von Minou Friele (2010)

•

Ausgewählte nationale und internationale Gesetze und Regelungen

Verfasst von Ingo Hillebrand (2004), überarbeitet von Simone Hornbergs-Schwetzel (2006, 2007, 2008), überarbeitet von Sebastian Mutke (2008), überarbeitet von Lisa Tambornino (2009)

•

Kernfragen der ethischen Diskussion

Verfasst von Ingo Hillebrand (2004), überarbeitet von Simone Hornbergs-Schwetzel (2006, 2007, 2008)

Module

Module zum Blickpunkt Stammzellen



Adulte Stammzellen

Adulte Stammzellen

Zum Begriff der "adulten Stammzellen" und der Frage nach den Alternativen vgl. insgesamt auch Teil I dieses Blickpunkts: "Naturwissenschaftlich-medizinischer Sachstand".



Agence de la biomédecine

Frankreich: Agence de la biomédecine

Eine Zusammenfassung der Aufgaben der Agence de la biomédecine - Englische Version



Allgemeine Erklärung über das menschliche Genom und Menschenrechte

Allgemeine Erklärung über das menschliche Genom und Menschenrechte

Universal Declaration on the Human Genome and Human Rights [11. November 1997] - Englische Fassung
Allgemeine Erklärung über das menschliche Genom und Menschenrechte [11. November 1997] - Deutsche Fassung



Anträge zur Gewinnung von Hybriden

Anträge zur Gewinnung von Hybriden

Im November 2006 hat Dr. Lyle Armstrong der University of Newcastle upon Tyne bei der HFEA beantragt, mit Eizellen der Kuh menschliche Embryonen zu klonieren, um aus ihnen embryonale Stammzellen gewinnen zu können. Aufgrund der Knappheit von humanen Einzellen sei die Verwendung von tierischen Zellen nötig, um Grundlagenwissen zu erlangen und Therapiemöglichkeiten zu entwickeln. Die HFEA erklärte in einer Pressemitteilung, dass nicht vor Januar 2007 mit einem Ergebnis über die Zulassung gerechnet werden dürfe.
Newcastle University (2006): Researchers seek permission for stem cell work using animal eggs.

Human Fertilisation and Embryology Authority (2006): Use of animal eggs in embryo research. Online-Version
In Reaktion darauf hat das britische Gesundheitsministerium (Department of Health) am 27. Mai 2007 den Gesetzesentwurf "Human Tissues and Embryos (Draft) Bill" vorgelegt, mit dem der "Human Fertilisation and Embryology Act" revidiert werden soll. Darin sind unter anderem Lockerung der Forschungsverbote an Hybriden und Chimären wie auch die Etablierung einer einheitlichen Regulierungsbehörde (Regulatory Authority for Tissue and Embryos - RATE) vorgesehen. Die RATE soll die Arbeit der Human Fertilisation and Embryology Authority (HFEA) und der Human Tissue Authority (HTA) übernehmen.

Department of Health (2007): Human Tissues and Embryos (Draft) Bill.

Auch aufgrund eines weiteren Antrags zur Erstellung und Erforschung von Hybriden hat die HFEA nach dreimonatiger Befragung der britischen Bevölkerung und eingehender Prüfung eine grundsätzliche Entscheidung darüber treffen wollen, wie mit derartigen Anträgen zu verfahren sei. Am 05. September 2007 hat die HFEA daraufhin befunden, dass es keinen fundamentalen Grund gebe, cytoplasmatische Hybridforschung zu untersagen. Demnach kann die Gewinnung und Erforschung von embryonalen Tier/Mensch-Mischwesen in Einzelfällen von der HFEA genehmigt werden. Forscher müssen in den entsprechenden Anträgen nachweisen, dass derartige Forschung sowohl notwendig als auch wünschenswert ist. Über die zur Zeit vorliegenden beiden Anträge zur Gewinnung von Embryonen aus tierischen Eizellen und menschlichem Genom wird voraussichtlich bis November diesen Jahres entschieden werden.

Human Fertilisation and Embryology Authority (2007): HFEA statement on its decision regarding hybrid embryos.

Im Januar 2008 hat die HFEA beide Anträge zur Forschung an Tier/Mensch-Hybriden bewilligt. Beide Anträge hätten sämtliche gesetzlichen Anforderungen erfüllt, so dass nun jeweils für ein Jahr unter bestimmten Auflagen an cytoplasmatischen Hybridembryonen geforscht werden darf.

Human Fertilisation and Embryology Authority (2008): HFEA Statement on licensing of applications to carry out research using human-animal cytoplasmic hybrid embryos. Online-Version



Argumente für den Würdeschutz

Argumente für den Würdeschutz

Die vier gängigen Argumente für den Würdeschutz des frühen Embryos (Potentialitätsargument, Kontinuitätsargument, Identitätsargument, Argument der Spezieszugehörigkeit) werden im Blickpunkt "Klonen zu Forschungszwecken" kurz erläutert.

Blickpunkt "Klonen zu Forschungszwecken"



Auseinandersetzung um die Schutzwürdigkeit des menschlichen Embryos

Schutzwürdigkeit des menschlichen Embryos: Grundpositionen

Einen Überblick über die Grundpositionen gibt die Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages "Recht und Ethik der modernen Medizin" in ihrem Teilbericht zur Stammzellforschung [21. November 2001; relevante Stelle: S. 72-81]:

Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages "Recht und Ethik der modernen Medizin": Zweiter Zwischenbericht der Enquete-Kommission Recht und Ethik der modernen Medizin - Teilbericht Stammzellforschung [21. November 2001] - Deutsche Originalfassung



Behandlungsmöglichkeiten von Diabetes Typ 1 mit Stammzellen

Behandlungsmöglichkeiten von Diabetes Typ 1 mit Stammzellen

Typ-1 Diabetes mellitus bezeichnet eine Autoimmunerkrankung, bei der das Immunsystem des Betroffenen die Insulin produzierenden Betazellen der Bauchspeicheldrüse im Rahmen einer Entzündungsreaktion angreift. Die darauf einsetzende Zerstörung der Betazellen führt zu einem gesundheitsschädigenden Insulinmangel. Bisher wurde Diabetes Typ 1 vor allem mit der künstlichen Zuführung des fehlenden Hormons in Form von Insulinpräparaten, behandelt. Diese Therapie erlaubt jedoch keine Heilung im engeren Sinne. Der fehlende körpereigene Stoff muss dem Patienten vielmehr bis zum Lebensende zugeführt werden. Die Forschung im Bereich der Behandlung von Diabetes Typ 1 mit embryonalen, aber auch adulten Stammzellen zielt hingegen auf eine Etablierung endgültiger Heilungsmöglichkeit.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind beispielhaft folgende Forschungsergebnisse zu verzeichnen:

Einem Wissenschaftlerteam um Julio Voltarelli gelang es im Jahr 2007 ein Verfahren zu entwickeln, dass Diabetes Typ 1 Patienten zwar nicht dauerhaft heilt, den Diabetes aber zumindest zeitweilig zum Verschwinden zu bringt. 15 Freiwilligen im Alter von 14 bis 31, bei denen kurz zuvor Diabetes Typ 1 diagnostiziert worden war, wurden Stammzellen aus dem Knochenmark entnommen. Im Folgenden wurden ihre gesamten Immunzellen durch Medikamente abgetötet, um ihnen dann ihre eigenen Stammzellen intravenös wieder zu verabreichen. 12 der 15 Patienten hatten sich nach wenigen Tagen so weit erholt, dass sie keine Insulininjektionen mehr benötigten. Dieser Effekt hielt im Durchschnitt 18 Monate an, bei einem Patienten sogar 35 Monate. Weitere kontrollierende Studien stehen jedoch derzeit noch aus.

US-Forschern um Evert Kroon gelang es 2008, Mäuse, deren Beta-Zellen chemisch zerstört worden waren, mit humanen embryonalen Stammzellen zu therapieren. In der Studie wurden auf der Basis menschlicher embryonaler Stammzellen Bauchspeicheldrüsengewebe gezüchtet, welches den Versuchsmäusen eingepflanzt wurde. Nach circa einem Monat bildeten sich aus dem menschlichen Gewebe Zellen, welche in Abhängigkeit vom Blutzuckerspiegel Insulin synthetisierten. Nach drei Monaten produzierte ein Großteil der Mäuse sogar genug Insulin um den künstlich hervorgerufenen Diabetes auszugleichen. Inwieweit die Ergebnisse des Tierversuches jedoch auf den Menschen übertragen werden können, ist noch fraglich.

Voltarelli, J.C./ Couri, C.E./ Stracieri, A.B./ Oliveira, M.C./ Moraes, D.A./ Pieroni, F./ Coutinho, M./ Malmegrim, K.C./ Foss-freitas, M.C./ Somoos, B.P./ Foss, M.C./ Squiers, E./ Burt, R.K. (2007): Autologous nonmyeloablative hematopoietic stem cell transplantation in newly diagnosed type 1 diabetesmellitus. In: JAMA 297 (14): 1568-76.

Kroon, Evert/ Martinson, Laura A./ Kadoya, Kuniko/ Bang, Anne G./ Kelly, Olivia G./ Eliazer, Susan/ Young, Holly/ Richardson, Mike/ Smart, Nora G./ Cunningham, Justine/ Augulick, Alan D./ D'Amour, Kevin D./ Carpenter, Melissa K./ Baetge, Emmanuel E. (2008): Pancreatic endoderm derived from human embryonic stem cells generates glucose-responsive insulin-secreting cells in vivo. In: Nature Biotechnology, Published online: 20 February 2008



Behandlungsmöglichkeiten von HIV mit Stammzellen

Behandlungsmöglichkeiten von HIV mit Stammzellen

Einige Wissenschaftler, die den Einsatz von adulten Stammzellen zur Behandlung von HIV-Infektionen erforschen, versuchen Nutzen aus einer Genmutation zu ziehen, von der etwa ein Prozent der europäischen

Bevölkerung betroffen ist. Die Mutation betrifft ein Gen, das die Synthese des Chemokin-Rezeptor-5 (CCR5) codiert. CCR5 liegt normalerweise auf der Oberfläche von Blutzellen und wird von den AIDS-Viren als Andockstelle gebraucht. Ist das Gen für CCR5 mutiert, kann der Rezeptor nicht oder nur schadhaft hergestellt werden und das Virus kann die Zelle nicht befallen. Menschen, die ausschließlich diese schadhaften Rezeptoren besitzen, haben somit einen gewissen Schutz vor der Infektion mit dem Virus.

Im Anschluss an die Chemotherapie eines HIV-infizierten Leukämiepatienten waren im Jahr 2008 an der Berliner Charité Zellen eines Spenders mit einer CCR5-Gen-Mutation zum Einsatz gekommen. Der behandelnde Mediziner Gero Hütter stellte fest, dass nach Abschluss der Therapie keine AIDS-Viren im Blut des Patienten mehr nachweisbar waren. Dieser Erfolg muss vorerst als glücklicher Einzelfall betrachtet werden, da die Wahrscheinlichkeit einen geeigneten Spender mit der entsprechenden Genmutation zu finden sehr gering ist. Zudem bringt die Chemotherapie schwerwiegende Risiken mit sich.

Die Idee veränderte CCR5-Rezeptoren zur Behandlung von HIV-Infektionen zu nutzen wurde in weiteren Studien aufgegriffen. Eine Forschergruppe um David DiGiusto führte im Jahr 2010 in einer Studie eine genetische Veränderung an einem Teil der gesunden Blutzellen durch, die krebserkrankten Probanden injiziert wurden. Dabei entfernten sie das Gen für den Chemokin-Rezeptor-5, sodass dieser nicht mehr hergestellt werden konnte. Die modifizierten Zellen wurden den Patienten dann in Kombination mit gewöhnlichen Blutstammzellen gegeben. Die kombinierte Gabe modifizierter und nicht modifizierter Stammzellen diente dabei dazu, die Sicherheit der Probanden zu gewährleisten, falls wenn die veränderten Zellen versagen. Weitere Untersuchungen müssen zeigen, ob eine Therapie von HIV-Infektionen mit modifizierten Blutstammzellen möglich ist.

Patel, P./ Hanson, D.L./ Sullivan, P.S./ Novak, R.M./ Moorman, A.C./ Tong, T.C./ Holmberg, S.D./ Boorke, J.T. (2008): Incidence of types of cancer among HIV-infected persons compared with the general population in the United States, 1992-2003. In: *Ann Intern Med.* 148 (10), 146.

DiGiusto, David L./ Krishnan, Amrita/ Li, Lijing/ Li, Haitang/ Li, Shirley/ Rao, Anitha/ Mi, Shu/ Yam, Priscilla/ Stinson, Sherri/ Kalos, Michael/ Alvarnas, Joseph/ Lacey, Simon F./ Yee, Jiing-Kuan/ Li, Mingjie/ Couture, Larry/ Hsu, David/ Forman, Stephen J./ Rossi, John J./ Zaia, John A. (2010): RNA-Based Gene Therapy for HIV with Lentiviral Vector-Modified CD34+ Cells in Patients Undergoing Transplantation for AIDS-Related Lymphoma. In: *SciTranslMed* 2 (36), 36-43.



Behandlungsmöglichkeiten von Morbus Parkinson mit Stammzellen

Morbus Parkinson

Morbus Parkinson ist eine langsam fortschreitende neuronal-degenerative Erkrankung des Gehirns. Charakteristisch für diese Erkrankung ist das Absterben der Nervenzellen in dopaminreichen Hirnregionen, vornehmlich betroffen ist dabei der Kernkomplex des Mittelhirns und Bestandteil des motorischen Systems der Basalganglien, genannt Substantia nigra. Der daraus resultierende Mangel an synthetisiertem Dopamin, Botenstoff und Hormon des menschlichen Körpers, löst die für Parkinson typische Verlangsamung aller Bewegungen (Hypokinese), Bewegungsarmut, bis hin zur Bewegungslosigkeit (Akinese) aus. Des Weiteren kommt es aufgrund des Dopaminmangels zu einer ungleichen Konzentration an Neurotransmittern und das

starke Übergewicht an Acetylcholin und Glutamat im Körper des Betroffenen rufen Zittern (Tremor) und Muskelsteifheit (Rigor) hervor.

Einen der jüngsten Forschungsansätze im Bereich der Parkinsontherapie stellt die Behandlung mit embryonalen Stammzellen dar. In einem Versuch von 2008 wurden aus 24 an Parkinson erkrankten Mäusen via Zellkerntransfer 187 murine Stammzelllinien etabliert, die zur Herstellung von Dopamin notwendig sind. Nach Injektion der Neuronen in die jeweilige Spendermaus kam es zu keinen besonderen Immunreaktionen. Vielmehr zeigte sich eine deutliche Linderung der Parkinson-Symptome. Inwiefern diese Ergebnisse auf den Menschen übertragbar sind, ist derzeit unbekannt.

Tabar, Viviane / Tomishima, Mark / Panagiotakos, Georgia / Wakayama, Sayaka / Menon, Jayanthi / Chan, Bill / Mizutani, Eiji / Al-Shamy, George / Ohta, Hiroshi / Wakayama, Teruhiko / Studer, Lorenz (2008): Therapeutic cloning in individual parkinsonian mice. In: Nature Medicine, Published online: 23 March 2008.



Beschluss des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Juni 2002

Sechstes Forschungsrahmenprogramm: Beschluss des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Juni 2002

Beschluss Nr. 1513/2002/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über das Sechste Rahmenprogramm der Europäischen Gemeinschaft im Bereich der Forschung, technologischen Entwicklung und Demonstration als Beitrag zur Verwirklichung des Europäischen Forschungsraums und zur Innovation (2002-2006) [27. Juni 2002] - Deutsche Fassung



Betrug Hwang

Betrug Hwang

Die Ergebnisse der Forschergruppe um Hwang sind vom Science-Magazin aufgrund der nachgewiesenen Manipulation widerrufen worden.

Special Online Collection: Hwang et al. and Stem Cell Issues.



Blutzellen

Blutzellen

Eine Zusammenstellung von Arbeiten, die sich mit der in vitro Differenzierung von humanen embryonalen Stammzellen in hematopoetische Zellen beschäftigen:

Wang, L. / Li, L. / Menendez, P. / Cerdan, C. / Bhatia, M. (2005): Human embryonic stem cells maintained in the absence of mouse embryonic fibroblasts or conditioned media are capable of hematopoietic development. In: Blood 105, 4598-4603.

Wang, J. / Zhao, H.P. / Lin, G. / Xie, C.Q. / Nie, D.S. / Wang, Q.R. / Lu, G.X. (2005): In vitro hematopoietic differentiation of human embryonic stem cells induced by co-culture with human bone marrow stromal cells and low dose cytokines. In: Cell Biology International 29(8), 654-661.

Wang, L. / Menendez, P. / Shojaei, F. / Li, L. / Mazurier, F. / Dick, J.E. / Cerdan, C. / Levac, K. / Bhatia, M. (2005): Generation of hematopoietic repopulating cells from human embryonic stem cells independent of ectopic HOXB4 expression. In: The Journal of Experimental Medicine 201, 1603-1614.

Chadwick, K. / Wang, L. / Li, L. / Menendez, P. / Murdoch, B. / Rouleau, A. / Bhatia, M. (2003): Cytokines and BMP-4 promote hematopoietic differentiation of human embryonic stem cells. In: Blood 102, 906-915.

Kaufman, D.S. / Hanson, E.T. / Lewis, R.L. / Auerbach, R. / Thomson, J.A. (2001): Hematopoietic colony-forming cells derived from human embryonic stem cells. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS) 98, 1716-1721.



Debatte im Europäischen Patentamt

Debatte im Europäischen Patentamt

Die Patentanmeldung Nr. 96903521.1 der Wisconsin Alumni Research Foundation (WARF) mit der Bezeichnung - EP 0770125 "Stammzellen aus Primatenembryonen" - wurde 2004 von Prüfungsabteilung des EPA abgelehnt. Das Unternehmen hat daraufhin Beschwerde eingelegt, die im Juni 2008 vor der Großen Beschwerdekammer des EPA verhandelt wurde, jedoch ohne eine klare gesetzliche Regelung zu erreichen.



Die Niederlande

Die Niederlande

Zu den Besonderheiten zum Verbot des Klonens in den Niederlanden lesen sie bitten den entsprechenden Abschnitt im Blickpunkt " Forschungsklonen ".

Central Committee for Research Involving Human Subjects: (CCMO)

Act containing rules relating to the use of gametes and embryos (Embryos Act) vom 20. Juni 2002.



Die Schweiz

Die Schweiz

Das allgemeine Verbot des Klonierens humaner Zellen und des Eingriffs ins menschliche Erbgut findet sich in der Schweiz bereits auf verfassungsrechtlicher Ebene. So lautet Artikel 119, Absatz 2a: "Alle Arten des Klonens und Eingriffe in das Erbgut menschlicher Keimzellen und Embryonen sind unzulässig."

Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, Artikel 119: "Fortpflanzungsmedizin und Gentechnologie im Humanbereich".

Bundesgesetz über die Forschung an embryonalen Stammzellen (Stammzellenforschungsgesetz, StFG) (In Kraft getreten am 1. März 2005).

Verordnung über die Forschung an embryonalen Stammzellen (Stammzellenforschungsverordnung, VStFG) (In Kraft getreten am 1. März 2005).

Das Verfahren und der Stand der Bewilligungen von Forschungsprojekten mit humanen embryonalen Stammzellen wird auf den Seiten des schweizerischen Bundesamtes für Gesundheit dargelegt.



Embryonenschutzgesetz

Embryonenschutzgesetz

Gesetz zum Schutz von Embryonen (Embryonenschutzgesetz - ESchG) vom 13. Dezember 1990, Bundesgesetzblatt 1990 Teil I S. 2746-2748, geändert durch Artikel 22 des Gesetzes vom 23. Oktober 2001 (Bundesgesetzblatt 2001 Teil I S. 2702)



Embryonentransfer nach IVF

Embryonentransfer nach IVF

Abbildung 2 : Bei der assistierten Reproduktion erfolgt nach einer In-vitro-Fertilisation (IVF) der hier dargestellte Transfer von Embryonen in die Gebärmutterhöhle



Entscheidung des Rates vom 30. September 2002

Sechstes Forschungsrahmenprogramm: Entscheidung des Rates vom 30. September 2002

Entscheidung des Rates vom 30. September 2002 über ein spezifisches Programm im Bereich der Forschung, technologischen Entwicklung und Demonstration: "Integration und Stärkung des Europäischen Forschungsraums" (2002-2006) - Deutsche Fassung



Entscheidung von Präsident George W. Bush vom 9. August 2001 zur staatlichen Förderung der Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen

Entscheidung von Präsident George W. Bush vom 9. August 2001 zur staatlichen Förderung der Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen

Erste Richtlinien zur Förderung der Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen sind bereits unter der Clinton-Administration im August 2000 verfasst worden. Am 25. April 2001 eröffnete eine reguläre Revision der anhängigen Förderanträge Präsident George W. Bush die Gelegenheit, die Förderungsbedingungen zu reformulieren:

National Institutes of Health Guidelines for Research Using Human Pluripotent Stem Cells [25. August 2000] - Englische Originalfassung

National Institutes of Health Guidelines for Research Using Human Pluripotent Stem Cells: Correction [25. August 2000] - Englische Originalfassung

Remarks by the President George W. Bush on Stem Cell Research [9. August 2001] - Englische Originalfassung

Fact Sheet: Embryonic Stem Cell Research [9.August 2001] - Englische Originalfassung



Entwicklung zur Blastozyste nach IVF

Entwicklung zur Blastozyste nach IVF



Epiblast-Stammzellen

Epiblast-Stammzellen

Epiblast Stammzellen werden ca. zwei Wochen nach der Befruchtung der Eizelle aus dem Epiblast der Blastozyste entnommen und stellen somit Stammzellen eines späteren Entwicklungsstadiums da als die im Allgemeinen als embryonale Stammzellen bezeichneten Zellen.

Der Epiblast ist ein einschichtiges Deckgewebe, welches sich aus dem äußeren Teil des Embryoblasten bildet und dem Trophoblasten anliegt.

Von Mäusen stammende Epiblast-Stammzellen erschienen seit den Forschungsergebnissen von Ludovic Vallier und Gabrielle Brons 2007 als eine echte Alternative zu der Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen, da sie auf die getesteten Wachstumsfaktoren genauso reagierten wie humane embryonale Stammzellen. Forschungsergebnisse der Arbeitsgruppe um Hans Schöler von 2010 zeigten jedoch, dass unter anderem der Wachstumsfaktor Activin bei Epiblast-Stammzellen andere Mechanismen auslöst als bei humanen embryonalen Stammzellen.

I. Gabrielle M. Brons / Lucy E. Smithers / Matthew W. B. Trotter / Peter Rugg-Gunn / Bowen Sun / Susana M. Chuva de Sousa Lopes / Sarah K. Howlett / Amanda Clarkson / Lars Ahrlund-Richter / Roger A. Pedersen / Ludovic Vallier (2007): Derivation of pluripotent epiblast stem cells from mammalian embryos. In: Nature, 441 (448): 191-196.

Boris Greber / Guangming Wu / Christof Bernemann / Jin Young Joo / Dong Wook Han / Kinarm Ko / Natalia Tapia / Davood Sabour / Jared Sternecker / Paul Tesar / Hans R. Schöler (2010): Conserved and divergent roles of FGF signaling in mouse epiblast stem cells and human embryonic stem cells. In Cell Stem Cell, 6 (3): 215-226.

Presseinformation des Maxplanck Instituts für molekulare Biomedizin Münster vom 04.03.2010 über eine neue Studie, die die Unterschiede zwischen den Stammzellen von Mensch und Maus.



Erklärung von Forschungskommissar Philippe Busquin

Erklärung von Forschungskommissar Philippe Busquin

Erklärung von Forschungskommissar Philippe Busquin zur Förderung der Herstellung humaner embryonaler Stammzellen [Quelle: Ärztezeitung, 20. Februar 2004] - Deutsche Originalfassung



Erläuternder Bericht zum Zusatzprotokoll über das Verbot des Klonens von menschlichen Lebewesen

Erläuternder Bericht zum Zusatzprotokoll über das Verbot des Klonens von menschlichen Lebewesen

Erläuternder Bericht zum Zusatzprotokoll über das Verbot des Klonens von menschlichen Lebewesen
[Relevante Stelle: Punkt 6] - Englische Originalfassung



Europäische Gruppe für Ethik der Naturwissenschaften und der neuen Technologie (EGE)

**Europäische Gruppe für Ethik der Naturwissenschaften und der neuen Technologie (EGE):
Stellungnahme zu den ethischen Aspekten der Forschung und der Verwendung embryonaler
Stammzellen vom 14. November 2000**

Stellungnahme zu den ethischen Aspekten der Forschung und der Verwendung embryonaler Stammzellen vom
14. November 2000 - Englische Originalfassung Online-Version



Französisches Bioethikgesetz

Frankreich: Bioethikgesetz: Loi n° 2004-800 du 6 août 2004 relative à la bioéthique

Loi n° 2004-800 du 6 août 2004 relative à la bioéthique [6. August 2004] - Französische Originalfassung



Frühe Embryonalentwicklung

Frühe Embryonalentwicklung

Abbildung 1: Darstellung des etwa einwöchigen Weges einer befruchteten Eizelle (Zygote) vom Eisprung (Ovulation) über die Befruchtung (Fertilisation) bis zum Beginn der Einnistung (Implantation oder Nidation) in der Gebärmutter (Uterus).

Eine kurze Darstellung des etwa einwöchigen Weges einer befruchteten Eizelle (Zygote) vom Eisprung (Ovulation) über die Befruchtung (Fertilisation) bis zur Einnistung (Implantation oder Nidation) in der Gebärmutter (Uterus):

Tag 1: Kurz vor dem Eisprung beendet die Eizelle die erste Reifeteilung. Sobald die Samenzelle in die Eizelle eingedrungen ist, wird auch die zweite Reifeteilung abgeschlossen. In der Eizelle sind weibliches und männliches Erbgut als so genannte Vorkerne erkennbar. Mit der Vereinigung der Vorkerne ist die Befruchtung abgeschlossen und die Zygote beginnt sich zu teilen (Furchungsteilung). Ab diesem Zeitpunkt spricht man von einem Embryo.

Tag 2-4: Während des Transports durch den Eileiter setzen sich die Teilungen fort, so entstehen nacheinander vierzellige, achtzellige und dann mehrzellige Stadien.

Tag 5-6: Mit einer Zellzahl von 32 bis 58 beginnt sich die Blastozyste zu bilden, indem sich die außen liegenden Zellen zum umhüllenden Trophoblast und die inneren Zellen zum Embryoblast (innere Zellmasse) differenzieren.

Tag 7-9: Bevor sich die Blastozyste in der Gebärmutterschleimhaut einnistet, verlässt sie die schützende Glashaut (zona pellucida), ein Vorgang, der als "hatching" oder "Schlüpfen" bezeichnet wird.

Eine vertiefende Darstellung wird im dritten Kapitel der Studie des Zentrums für Technologiefolgen-Abschätzung "Menschliche Stammzellen" und im Bericht der amerikanischen President's Council of Bioethics, von Heinemann (2005), sowie von Heinemann / Kersten (2006: DRZE- Sachstandsbericht Stammzellforschung) gegeben.

Drews, Ulrich (1993). Taschenatlas der Embryologie. Stuttgart, New York.

Heinemann, Thomas (2005): Klonieren beim Menschen. Analyse des Methodenspektrums und internationaler Vergleich der ethischen Bewertungskriterien. Berlin, New York: De Gruyter.

Heinemann, Thomas / Kersten, Jens (2006): Stammzellforschung. Naturwissenschaftliche, rechtliche und ethische Aspekte. Bd. 4 der Reihe Ethik in den Biowissenschaften - Sachstandsberichte des DRZE. Freiburg i.B.: Verlag Karl Alber.

Hüsing , Bärbel / Engels, Eve-Marie / Frietsch, Rainer / Gaisser, Sibylle / Menrad, Klaus / Rubin, Beatrix / Schubert, Lilian / Schweizer, Rainer / Zimmer, René (2003): Menschliche Stammzellen. Bern.

President's Council of Bioethics (2004). Monitoring stem cell research. Washington, DC.

National Institutes of Health, Department of Health and Human Service (2001). Stem cells: Scientific progress and future research directions.



Gesetz über die Forschung an Embryonen in vitro

Belgien: Gesetz über die Forschung an Embryonen in vitro

Gesetz über die Forschung an Embryonen in vitro. Original: Moniteur Belge 174e annee, N. 116. 05. April 2004, 18875. [zum Dokument über den Button 2004000078]



Gesetzentwurf Projet de loi relatif à la bioéthique

Frankreich, Gesetzentwurf: Projet de loi relatif à la bioéthique

Projet de loi adopté avec modifications par l'Assemblée nationale en deuxième lecture relatif à la bioéthique [Gesetzentwurf in der am 11. Dezember 2003 von der Nationalversammlung in zweiter Lesung angenommenen Fassung] - Französische Originalfassung

Der aktuelle Verlauf der Gesetzesinitiative ist auf den Internet-Seiten des Senats dokumentiert:

Projet de loi relatif à la bioéthique: Dossier législatif des Senats

Zur Regulierung der Embryonenforschung in Frankreich hat auch die dortige Nationale Ethikkommission, das Comité Consultatif National d'Ethique pour les Sciences de la Vie et de la Santé (CCNE), bereits mehrere Male Stellung genommen, zuletzt in der Opinion Nr. 67 vom 18. Januar 2001 zum damaligen vorläufigen

Entwurf zur Änderung der Bioethikgesetze. Das CCNE sprach sich darin für eine vorsichtige Öffnung der Embryonenforschung für therapeutische Zwecke aus:

Avis N°67 sur l'avant-projet de révision des lois de Bioéthique [27. Januar 2000] - Französische Originalfassung

Opinion N°67 on the preliminary draft revision of the laws on bioethics [18. Januar 2001] - Englische Übersetzung



Gewinnung menschlicher embryonaler Stammzellen

Gewinnung menschlicher embryonaler Stammzellen

Abbildung 3 : Zur Gewinnung der Stammzellen wird der Trophoblast durch Antikörpern oder durch Laserstrahlen zerstört. Die innere Zellmasse wird in einer Zellkulturschale in einem speziellen Nährmedium aufgenommen und kultiviert. Die Zellen können sich unter den Zellkulturbedingungen zu ES-Zellen entwickeln. Diese können sich entweder unbegrenzt weiter teilen oder durch Zugabe von spezifischen Wachstumsfaktoren zur Differenzierung in verschiedene Gewebetypen angeregt werden.

Denkbare Möglichkeiten der Gewinnung von menschlichen Stammzellen (nach Heinemann / Kersten 2006)

1. Gewinnung und Kultivierung von embryonalen Stammzellen aus

(1) menschlichen Keimzell-Tumoren (EC-Zellen) (2) menschlichen Föten (EG-Zellen) (3) menschlichen Embryonen (ES-Zellen), die erzeugt bzw. gewonnen wurden durch

(a) Spülung aus der Gebärmutter (Uteruslavage) (b) In-vitro-Fertilisation (IVF)

(i) als "überzählige" Embryonen im Rahmen einer medizinisch assistierten Reproduktion

(ii) eigens zu Forschungszwecken ("Forschungsembryonen"), mit (#) natürlichen Gameten (#) Gameten, die aus ES-Zelllinien erzeugt wurden (hypothetisch)

(c) Klonierungstechniken

(i) embryo splitting (Blastomere-separation) (ii) Transfer eines Zellkerns in eine Eizelle ("therapeutisches Klonieren" bzw. "Forschungsklonieren"), wobei es sich bei den verwendeten Eizellen handeln kann um

(#) menschliche Eizellen (#) Eizellen von Tierspezies

(d) alternative Methoden zur Erzeugung menschlicher ES-Zellen

i) aus Embryonen nach stadienspezifischer externer Hemmung ihrer Entwicklung (ii) Erzeugung von Embryonen durch Parthenogenese (iii) Erzeugung von Embryonen mit genetisch manipulierten Gameten (iv) Erzeugung von Embryonen durch altered nuclear transfer (ANT) (v) Erzeugung von ES-Zellen durch Reprogrammierung somatischer Zellen

2. Gewinnung und Kultivierung von gewebespezifischen Stammzellen aus

(1) *kindlichen und erwachsenen somatischen Geweben (adulte Stammzellen)* (2) *Nabelschnurblut bzw. Nabelschnurgewebe*

Zur möglichen Gewinnung von humanen Stammzellen durch Transfer eines Zellkerns in eine Eizelle (Forschungsklonieren) siehe:

DRZE-Blickpunkt Forschungsklonen . (Diese Technik ist beim Menschen noch nicht erfolgreich durchgeführt worden.)

Heinemann, Thomas / Kersten, Jens (2006): Stammzellforschung. Naturwissenschaftliche, rechtliche und ethische Aspekte. Bd. 4 der Reihe Ethik in den Biowissenschaften - Sachstandsberichte des DRZE. Freiburg i.B.: Verlag Karl Alber: 18.



Herzmuskel- und Blutgefäßzellen

Herzmuskel- und Blutgefäßzellen

Eine Auswahl von Arbeiten, die sich mit der in vitro Differenzierung von humanen embryonalen Stammzellen in kardiale und vaskuläre Zellen beschäftigen:

Heng, B.C. / Haider, H.K. / Sim, E.K. / Cao, T. / Tong, G.Q. / Ng, S.C. (2005): Comments about possible use of human embryonic stem cell-derived cardiomyocytes to direct autologous adult stem cells into the cardiomyogenic lineage. In: *Acta Cardiologica* 60(1), 7-12.

Smits, A.M. / van Vliet, P. / Hassink, R.J. / Goumans, M.J. / Doevendans, P.A. (2005): The role of stem cells in cardiac regeneration. In: *Journal of Cellular and Molecular Medicine* 9(1), 25-36.

Reppel, M. / Boettinger, C. / Hescheler, J. (2004): Beta-adrenergic and muscarinic modulation of human embryonic stem cell-derived cardiomyocytes. In: *Cell Physiology Biochemistry*.

He, J.Q. / Ma, Y. / Lee, Y. / Thomson, J.A. / Kamp, T.J. / (2003): Human embryonic stem cells develop into multiple types of cardiac myocytes: action potential characterization. In: *Circulation Research* 93(1) (Epub 5.Juni 2003)

Mummery, C. / Ward-van Oostwaard D. / Doevendans, P. / Spijker, R. / van den Brink, S. / Hassink, R. / van der Heyden, M. / Opthof, T. / Pera, M. / de la Riviere, A.B. / Passier, R. / Tertoolen, L. (2003): Differentiation of human embryonic stem cells to cardiomyocytes: role of coculture with visceral endoderm-like cells. In: *Circulation* 107(21), 2733-2740.

Levenberg, S. / Golub, J.S. / Amit, M. / Itskovitz-Eldor, J. / Langer, R. (2002): Endothelial cells derived from human embryonic stem cells. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 99, 4391-4396.

Kehat, I / Kenyagin-Karsenti, D. / Snir, M. / Segev, H. / Amit, M. / Gepstein, A. / Livne, E / Binah, O / Itskovitz-Eldor, J. / Gepstein, L. (2001): Human embryonic stem cells can differentiate into myocytes with structural and functional properties of cardiomyocytes. In: *The Journal of Clinical Investigation* 108, 407-414.



Human Cloning Act of 2003

Gesetzentwurf: Human Cloning Act of 2003

An act to amend title 18, United States Code, to prohibit human cloning (H.R.534): [Gesetzentwurf: verabschiedet vom House of Representatives am 27. Februar 2003, vom Senat angenommen und das erste mal gelesen am 27. Februar 2003, zweite Lesung und Platzierung auf dem Kalender am 3. März 2003] - Englische Originalfassung

Präsident George W. Bush hat in seiner Entscheidung vom 9. August 2001 zur staatlichen Förderung der Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen zugleich die Einrichtung eines President's Council on Bioethics verfügt. Dieses legte am 11. Juli 2002 einen Report "Human Cloning and Human Dignity. An Ethical Inquiry" vor. In diesem Report stimmten 10 der 18 Mitglieder des Council für ein vierjähriges Moratorium des so genannten therapeutischen Klonens, 7 Mitglieder sprachen sich für eine sofortige, bedingte Zulassung aus. Im Januar 2004 publizierte das Council einen Report "Monitoring Stem Cell Reserach":

The President's Council on Bioethics: Report: Human Cloning and Human Dignity: An Ethical Inquiry [11. Juli 2002] - Englische Originalfassung

The President's Council on Bioethics: Report: Monitoring Stem Cell Research [Januar 2004] - Englische Originalfassung



Human Fertilisation and Embryology Act 1990

Human Fertilisation and Embryology Act 1990

Human Fertilisation and Embryology Act 1990 - Englische Originalfassung



IBC-Report

IBC-Report: The Use of Embryonic Stem Cells in Therapeutic Research

IBC-Report: The Use of Embryonic Stem Cells in Therapeutic Research. Report of the IBC on the Ethical Aspects of Human Embryonic Stem Cell Research [6. April 2001] - Englische Originalfassung



In-vitro-Fertilisation (IVF)

In-vitro-Fertilisation (IVF)

Als In-vitro-Fertilisation (IVF) oder Zeugung im Reagenzglas wird eine reproduktionsmedizinische Technik bezeichnet, bei der die Befruchtung einer Eizelle im Rahmen einer Unfruchtbarkeitsbehandlung außerhalb des Körpers vorgenommen wird. Dazu werden Eizellen nach hormoneller Stimulation von den Eierstöcken abgesaugt. Der Eingriff sowie die hormonelle Behandlung stellen eine erhebliche Belastung für die Frau dar, deren Eizellen entnommen werden.

Spermien werden durch Ejakulation gewonnen und aufbereitet. Die Ei- und Samenzellen werden im Reagenzglas zusammengebracht, es erfolgt die Befruchtung. Die entstehende Zygote entwickelt sich in vitro in gleicher Weise wie auf natürlichem Wege zum frühen Embryo: Abbildung 1

Bei einer Unfruchtbarkeitsbehandlung werden bis zu drei Embryonen mit Hilfe eines Katheters in der Gebärmutter der Frau platziert, wo sie sich zu einem Kind entwickeln können: Abbildung 2

Bei der Gewinnung von ES-Zellen werden, unter Verlust der Integrität und Entwicklungsfähigkeit des Embryos, Zellen aus der inneren Zellmasse der Blastozyste in einem Nährmedium aufgenommen. Aus einigen dieser Zellen entwickeln sich die ES-Zellen: Abbildung 3

Steck, Thomas (2001). Praxis der Fortpflanzungsmedizin. Stuttgart: Schattauer



Internationale Gesellschaft für Stammzellforschung (ISSCR)

Internationale Gesellschaft für Stammzellforschung (ISSCR)

Die Internationale Gesellschaft für Stammzellforschung (International Society for Stem Cell Research - ISSCR) wurde 2002 gegründet und hat ihren Sitz in Northbrook im US-Staat Illinois. Eine Zusammenfassung der Richtlinien wurde im Februar 2007 in Science veröffentlicht.

Internationale Gesellschaft für Stammzellforschung (ISSCR).

International Society for Stem Cell Research (2006): Guidelines for the Conduct of Human Embryonic Stem Cell Research (Version , December 21, 2006). Englische Originalfassung.

The ISSCR Guidelines for Human Embryonic Stem Cell Research. In : Science 315 (5812), 603 - 604 (02. Februar 2007). Englische Originalfassung.



Kalifornien

Kalifornien

Health and safety code. Division 106. Part 5. Chapter 3: California stem cell research and cures bond Act (Sections 125290.10-125292.10) [2004]

Health and safety code. Division 106. Part 5.5: Use of human cells (Section 125300-125320) [2004]



Leber-, Bauchspeicheldrüsen- und Trophoblastenzellen

Leber-, Bauchspeicheldrüsen- und Trophoblastenzellen

Arbeiten, die sich mit der in vitro Differenzierung von humanen embryonalen Stammzellen in verschiedene Zellen beschäftigen:

Lavon, N. / Yanuka, O. / Benvenisty, N. (2004): Differentiation and isolation of hepatic-like cells from human embryonic stem cells. In: Differentiation 72(5), 230-238.

Hansson, M. / Tonning, A. / Frandsen, U. / Petri, A. / Rajagopal, J. / Englund, M.C. / Heller, R.S. / Hakansson, J. / Fleckner, J. / Skold, H.N. / Melton, D. / Semb, H. / Serup, P. (2004): Artifactual insulin release from differentiated embryonic stem cells. In: Diabetes 53, 2603-2609.

Ben-Yehudah, A. / Witchel, S.F. / Hyun, S.H. / Chaillet, J.R. / Schatten, G. (2004): Can diabetes be cured by therapeutic cloning? In: Pediatric Diabetes 5(2), 79-87.

- Lechner, A. (2004): Stem cells and regenerative medicine for the treatment of type 1 diabetes: the challenges lying ahead. In: *Pediatric Diabetes* 5(2), 88-93.
- Gerami-Naini, B. / Dovzhenko, O.V. / Durning, M. / Wegner, F.H. / Thomson, J.A. / Golos, T.G. (2004): Trophoblast differentiation in embryoid bodies derived from human embryonic stem cells. In: *Endocrinology* 145(4), 1517-1524.
- Soares, M.J. / Wolfe, M.W. (2004): Human embryonic stem cells assemble and fulfill their developmental destiny. In: *Endocrinology* 145(4), 1514-1516.
- Rambhatla, L. / Chiu, C.P. / Kundu, P. / Peng, Y. / Carpenter, M.K. (2003): Generation of hepatocyte-like cells from human embryonic stem cells. In: *Cell Transplantation* 12(1), 1-11.
- Xu, R.H. / Chen, X. / Li, D.S. / Li, R. / Addicks, G.C. / Glennon, C. / Zwaka, T.P. / Thomson, J.A. (2002): BMP4 initiates human embryonic stem cell differentiation to trophoblast. In: *Nature Biotechnology* 20(12), 1261-1264.
- Assady, S. / Maor, G. / Amit, M. / Itskovitz-Eldor, J. / Skorecki, K.L. / Tzukerman, M. (2001): Insulin production by human embryonic stem cells. In: *Diabetes* 50, 1691-1697.



Legislativer Entschließungsantrag des Europäischen Parlaments

Sechstes Forschungsrahmenprogramm: Legislativer Entschließungsantrag des Europäischen Parlaments

Legislative Entschließung des Europäischen Parlaments zu dem Vorschlag für einen Beschluss des Rates zur Änderung der Entscheidung 2002/834/EG über das spezifische Programm im Bereich der Forschung, technologischen Entwicklung und Demonstration: "Integration und Stärkung des Europäischen Forschungsraums" (2002-2006) [19. November 2003] - Deutsche Fassung



Loi no. 94-654

Loi n° 94-654

Loi n° 94-654 du 29 juillet 1994 relative au don et à l'utilisation des éléments et produits du corps humain, à l'assistance médicale à la procréation et au diagnostic prénatal [29. Juli 1994] - Französische Originalfassung



Nervenzellen

Nervenzellen

Eine Zusammenstellung von Arbeiten, die sich mit der in vitro Differenzierung von humanen embryonalen Stammzellen in neuronale Zellen beschäftigen:

Gerrard, L. / Rodgers, L. / Cui, W. (2005): Differentiation of human embryonic stem cells to neural lineages in adherent culture by blocking bone morphogenetic protein signalling. In: *Stem Cells* 23, 1234-1241.

- Shin, S. / Mitalipova, M. / Noggle, S. / Tibbitts, D. / Venable, A. / Rao, R. / Stice, S. L. (2006): Long term proliferation of human embryonic stem cell-derived neuroepithelial cells using defined adherent culture conditions. In: *Stem Cells* 2006,24(1), 125-138 (Epub 11. August 2005).
- Pomp, O. / Brokhman, I. / Ben-Dor, I. / Reubinoff, B.E. / Goldstein, R.S. (2005): Generation of peripheral sensory and sympathetic neurons and neural crest cells from human embryonic stem cells. In: *Stem Cells* 23: 923-930.
- Pan, Y. /Chen, X. / Wang, S. / Yang, S. / Bai, X. / Chi, X. / Lib, K. / Liu, B. / Li, L. (2005): In vitro neuronal differentiation of cultured human embryonic germ cells. In: *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 327(2): 548-556.
- Schulz, T.C. / Noggle, S.A. / Palmarini, G.M. / Weiler, D.A. / Lyons, I.D. / Pensa, K.A. / Meedeniya, A.C.B. / Davidson, B.P. / Lambert, N.A. / Condie, B.G. (2004): Differentiation of Human Embryonic Stem Cells to Dopaminergic Neurons in Serum-Free Suspension Culture. In: *Stem Cells* 22: 1218-1238.
- Perrier A.L. / Tabar V. / Barberi T. / Rubio M.E. / Bruses, J. / Topf, N. / Harrison, N.L. / Studer, L. (2004): Derivation of midbrain dopamine neurons from human embryonic stem cells. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 101: 12543-12548.
- Zhang, S.C. / Wernig, M. / Duncan, I.D. / Brüstle, O. / Thomson, J.A. (2001). In vitro differentiation of transplantable neural precursors from human embryonic stem cells. In: *Nature Biotechnology* 19: 1129-1133.
- Reubinoff, B.E. / Itsykson, P. / Turetsky, T. / Pera, M.F. / Reinhartz, E. / Itzik A. / Ben-Hur, T. (2001): Neural progenitors from human embryonic stem cells. In: *Nature Biotechnology* 19: 1134-1140.
- Carpenter, M.K. / Inokuma, M.S. / Denham, J. / Mujtaba, T. / Chiu, C.P. / Rao, M.S. (2001): Enrichment of neurons and neural precursors from human embryonic stem cells. In: *Experimental Neurology* 172(2): 383-397.
- Schuldiner, M / Eiges, R. / Eden, A. / Yanuka, O. / Itskovitz-Eldor, J. / Goldstein, R.S. / Benvenisty, N. (2001): Induced neuronal differentiation of human embryonic stem cells. In: *Brain Research* 913(2), 201-205.



Neue Diskussion um Stichtagsregelung

Neue Diskussion um Stichtagsregelung

Am 10. November 2006 hat die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) eine neue Stellungnahme zur Stammzellforschung vorgestellt. Darin fordert sie den Gesetzgeber auf, das Stammzellgesetz dahingehend zu ändern, dass die Stichtagsregelung abgeschafft wird, nach der nur Stammzellen importiert werden dürfen, die vor dem 01. Januar 2002 gewonnen worden sind. Zudem sollten deutsche Forscher auch zu anderen Zwecken als zur Gewinnung von Grundlagenwissen Forschung an humanen embryonalen Stammzellen betreiben dürfen. Das heißt, auch für diagnostische, präventive oder therapeutische Zwecke sollen Stammzellen aus sogenannten überzähligen Embryonen importiert werden dürfen. Zudem fordert die DFG die Straffreiheit für deutsche Forscher, die bei internationalen Kooperationen mitwirken, in denen in Deutschland verbotene Stammzellforschung betrieben wird. Das Klonieren des Menschen sowie Eingriffe in die menschliche Keimbahn sollen auch der DFG zufolge weiterhin verboten bleiben.

Die Bundesforschungsministerin Annette Schavan erklärte im Anschluss öffentlich, dass der Schutz des menschlichen Lebens nicht zur Disposition stehe. Von Deutschland dürfe keinerlei Anreiz zur Zerstörung von Embryonen ausgehen, weshalb die Bundesregierung an der Stichtagsregelung festhalten wolle. Die Rechtsunsicherheit hinsichtlich der Teilnahme an internationalen Forschungs Kooperation solle hingegen geprüft werden.

Bundeskanzlerin Merkel unterstützte in einem Interview die Ausführungen von Annette Schavan und betonte, dass sie eine völlige Aufgabe der Stichtagsregelung für ausgeschlossen halte. Zudem verwies sie auf die Notwendigkeit einer intensiven Debatte, falls eine Änderung des Stammzellgesetzes erforderlich werden sollte. Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) (2006): Stammzellforschung in Deutschland - Möglichkeiten und Perspektiven. Stellungnahme der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Bundesforschungsministerin Annette Schavan (2006): Stellungnahme zur Stammzellforschung.

Bundeskanzlerin Angela Merkel (2006): Weg der Reform geht weiter. Interview mit der Deutschen Presseagentur (dpa)

Am 16. Juli 2007 hat der Nationale Ethikrat eine Stellungnahme "Zur Frage einer Änderung des Stammzellgesetzes" publiziert. In dieser plädieren 14 der 24 Mitglieder für die Aufhebung der Stichtagsregelung und die Entkriminalisierung von Forschern, die an internationalen Stammzellforschungsprojekten mitarbeiten. Anstelle der Stichtagsregelung solle eine behördliche Einzelfallprüfung zur Forschung an embryonalen Stammzellen erfolgen. Neun Mitglieder sehen in der Novellierung des Stammzellgesetzes eine solche Veränderung des Konsens von 2002, dass die gesamte Debatte um den Embryonenschutz in Deutschland neu geführt werden müsse. Einige plädieren daher für die Beibehaltung des bisherigen Stichtages, andere für eine neue Diskussion des Embryonenschutzgesetzes. Ein Mitglied des Nationalen Ethikrats votiert für die Verschiebung des Stichtags nach vorne.

Nationaler Ethikrat (2007): Zur Frage einer Änderung des Stammzellgesetzes. Stellungnahme.

Am 11. April 2008 stimmte der Deutsche Bundestag nach mehreren Expertenanhörungen für eine einmalige Verschiebung des Stichtags vom 01. Januar 2002 auf den 01. Mai 2007. Zudem soll nur die Verwendung von embryonalen Stammzellen, die sich im Inland befinden, unter Strafe gestellt werden, wenn keine Genehmigung vorliegt. So herrscht bezüglich der Stammzellforschung von Deutschen im Ausland größere Rechtsklarheit. Damit wurde einer von fünf Gesetzesentwürfen zur Änderung des Stammzellgesetzes angenommen. Insbesondere die absolute Freigabe von Stammzellforschung mit Einzelfallprüfungen zum Import als auch das totale Verbot von Stammzellforschung wurden abgelehnt.

Antrag (16/7981) der Abgeordneten René Röspel (SPD), Ilse Aigner (CDU/CSU) und Jörg Tauss (SPD): Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Stammzellgesetzes. Online-Version



NIH-Übersicht über weitere gegenwärtig im US-Kongress anhängige Gesetzesentwürfe

NIH-Übersicht über weitere gegenwärtig im US-Kongress anhängige Gesetzesentwürfe

National Institutes of Health (NIH): Pending Stem Cell Research and Cloning Legislation - Englische Originalfassung



Parthenogenese

Parthogenese zur Gewinnung von Stammzellen

Mit dem Begriff Parthenogenese („Jungfernzeugung“) wird ein Verfahren der künstlichen Erzeugung von Embryonen bezeichnet, bei der sich der Embryo aus einer unbefruchteten Eizelle entwickelt. Es kommt hierbei nicht zur Verschmelzung von männlichem und weiblichem Erbgut. Vielmehr ist das gesamte Erbgut weiblichen Ursprungs. In der Natur kommt Parthenogenese bei einigen Insekten- und Reptilienarten (sehr selten Vögeln) vor, nicht aber bei Säugetieren. Auf künstlich induziertem Weg ist es jedoch gelungen, eine Parthenogenese in vitro einzuleiten und im Tierversuch, z. B. mit Mäusen und nicht-menschlichen Primaten, auch parthenogenetische Stammzellen zu gewinnen. Die ersten Stammzellen aus parthenogenetisch erzeugten menschlichen Embryonen wurden von dem Koreanischen Forscher Hwang und seinem Team gewonnen. Das Team war durch die Behauptung bekannt geworden, erstmals Stammzellen aus geklonten menschlichen Embryonen gewonnen zu haben. Diese Behauptung erwies sich als gefälscht, tatsächlich hatte das Team aber Partho-Embryonen, auch Parthenogenoten genannt, erzeugt. Zwischenzeitlich ist es weiteren Forschergruppen gelungen, Stammzellen aus humanen parthenogenetisch erzeugten Embryonen zu isolieren, so dass das Verfahren heute als technisch machbar gilt. Unklar ist bislang jedoch, ob die so erzeugten Stammzellen auch dazu geeignet sind, implantiert zu werden. Die Verwendung von Parthenoten zur Gewinnung von Stammzellen wird von vielen als ethisch weniger problematische Alternative zur Forschung an IVF-Embryonen eingeschätzt, da ihnen nach bisherigen Erkenntnissen das Entwicklungspotential über das Blastozystenstadium hinaus fehlt. Als problematisch gilt, dass bereits die Entwicklung des Verfahrens einen beträchtlichen Eizellenbedarf impliziert und mögliche Ergebnisse im Erfolgsfall allein Frauen als den Spenderinnen der Eizellen zugutekommen können.

Revazova ES, Turovets NA, Kochetkova OD, et al. Patient-Specific Stem Cell Lines Derived from Human Parthenogenetic Blastocysts. *Cloning and Stem Cells* 2007; 9:1-9.

Kim K, Ng K, Rugg-Gunn P, et al. Recombination Signatures Distinguish Embryonic Stem Cells Derived by Parthenogenesis and Somatic Cell Nuclear Transfer. *Cell Stem Cell* 2007; 1:346-352.



Patentierbarkeit von Stammzellen

Patentierbarkeit von Stammzellen

Die Fortschritte in der Forschung, wie auch gesetzliche Reaktionen darauf haben die Frage nach der Patentierbarkeit von Stammzellen aufgeworfen und zum Gegenstand rechtlicher und ethischer Diskussionen gemacht. 2006 erließ das Bundespatentgericht in Deutschland das Urteil zum Verbot der Patentierbarkeit von Stammzellen, da das Verfahren ihrer Gewinnung eine zwangsläufige Vernichtung der Embryonen zu letztlich kommerziellen und gewerblichen Zwecken beinhalte, was der ihnen zukommenden Menschenwürde widerspreche.

Urteil vom 05.Dezember 2006

2009 verwies der Bundesgerichtshof (BGH) in Karlsruhe bei einer Entscheidung über die umstrittene Patentierbarkeit menschlicher embryonaler Stammzellen jedoch auf den Europäischen Gerichtshof (EuGH). In dem Rechtsstreit ging es um das 1999 genehmigte Patent des Bonner Stammzellforschers Oliver Brüstle zur wirtschaftlichen Nutzung von Zellen aus geklonten menschlichen Embryonen. Der Stammzellforscher hatte Berufung gegen ein Urteil des Bundespatentgerichts von 2006 eingelegt, das sein Patent auf Grundlage des Embryonenschutzgesetzes stark einschränkte. Das Gericht entschied, das Urteil vorübergehend zurückzuhalten und vorerst durch den Europäischen Gerichtshof klären zu lassen, ob auch die aus einem bestimmten Stadium der befruchteten Eizelle entnommenen Stammzellen, als Embryo anzusehen seien, obwohl sie die Fähigkeit eingebüßt haben, sich zu einem menschlichen Organismus zu entwickeln. Des Weiteren solle geklärt werden, ob jede gewerbliche Verwendung von Stammzellen auch eine "Verwendung zu industriellen und kommerziellen Zwecken" darstelle. Die Entscheidung des Europäischen Gerichtshofs steht noch aus.

Beschluss des Bundesgerichtshofs/ Xa-Zivilsenat vom 17.12.2009 in der Patentnichtigkeitssache (Xa ZR 58/07) Pressemitteilung des Bundesgerichtshofs Nr.231/2009

Eine klare Regelung für die europäischen Stammzellpatente gibt es noch nicht. Zwar entschied die Große Beschwerdekammer (GBK) des Europäischen Patentamts (EPA) im Zuge der Beschwerde zur sog. Wisconsin Alumni Research (WARF)/Thomson-Patentanmeldung, dass keine Patente für Erfindungen erteilt werden, die zwangsläufig mit der Verwendung und Vernichtung von menschlichen Embryonen einhergehen, betonte aber, dass diese Entscheidung nur die Zerstörung und anschließende Kultivierung von Embryonen betreffe und nicht die weitere Forschung mit den so gewonnenen Stammzellen. Welche Auswirkungen dieses Urteil nun für die Patentierung von embryonalen Stammzellen haben mag, wird sich wahrscheinlich erst in der Bearbeitung der ca. 200 Patentanträge im Bezug auf Stammzellen zeigen.

Entscheidung der Großen Beschwerdekammer vom 25. November 2008 (G2/06)



Positionen zur Gewinnung von Stammzellen aus so genannten überzähligen Embryonen

Gewinnung von Stammzellen aus so genannten überzähligen Embryonen: Befürworter und Gegner

Das deutsche Embryonenschutzgesetz verbietet die Verwendung eines Embryos zu einem nicht seiner Erhaltung dienenden Zweck. Damit ist auch die Verwendung so genannter überzähliger Embryonen zur Stammzellgewinnung verboten. Das Stammzellgesetz gestattet - unter bestimmten Voraussetzungen - die Einfuhr von Stammzellen, die aus überzähligen Embryonen gewonnen wurden. Zu den Voraussetzungen gehört, dass diese Stammzellen vor dem 1. Januar 2002 gewonnen wurden. Die DFG hat sich in den "Empfehlungen der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Forschung mit menschlichen Stammzellen" vom 3. Mai 2001 ihre Meinung zur Gewinnung embryonaler Stammzellen aus so genannten überzähligen Embryonen geäußert. Für den Fall, dass sich die importierbaren ES- Zellen "als objektiv nicht geeignet

erweisen" oder die "Forschungsarbeiten mit ihnen in nicht zu rechtfertigender Weise eingeschränkt" sein sollten, plädiert die DFG für eine bedingte Freigabe der Herstellung embryonaler Stammzellen aus überzähligen Embryonen. Die Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages "Recht und Ethik der modernen Medizin" hat sich in ihrem "Zweiten Zwischenbericht: Teilbericht Stammzellforschung" vom 12. November 2001 gegen "eine rechtliche Freigabe der Gewinnung von Stammzelllinien aus sog. 'überzähligen' Embryonen durch Änderung des Schutzstandards des Embryonenschutzgesetzes" ausgesprochen. Die Mitglieder des Nationalen Ethikrates haben in ihrer "Stellungnahme zum Import menschlicher embryonaler Stammzellen" vom 20. Dezember 2001 in der Frage nach der Gewinnung von embryonalen Stammzellen im Inland aus so genannten überzähligen Embryonen uneinheitlich votiert: 9 von 25 Mitglieder sprachen sich für eine bedingte ethische Zulässigkeit aus.

Gesetz zum Schutz von Embryonen (Embryonenschutzgesetz - EschG) [13. Dezember 1990, Inkrafttretung 1. Januar 1991] - Deutsche Originalfassung

Gesetz zur Sicherstellung des Embryonenschutzes im Zusammenhang mit Einfuhr und Verwendung menschlicher embryonaler Stammzellen (Stammzellgesetz - StZG) [28. Juni 2002, Inkrafttretung 1. Juli 2002] - Deutsche Originalfassung

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG): Empfehlungen der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Forschung mit menschlichen Stammzellen [3. Mai 2001]

Empfehlungen der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Forschung mit menschlichen Stammzellen: Naturwissenschaftlicher Hintergrund, Juristischer Hintergrund, Ethischer Hintergrund [3. Mai 2001] - Deutsche Originalfassung

Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages "Recht und Ethik der modernen Medizin": Zweiter Zwischenbericht der Enquete-Kommission Recht und Ethik der modernen Medizin - Teilbericht Stammzellforschung [12. November 2001] - Deutsche Originalfassung

Nationaler Ethikrat: Stellungnahme zum Import menschlicher embryonaler Stammzellen [20. Dezember 2001] - Deutsche Fassung



Regelungsvorschlag der Europäischen Kommission

Sechstes Forschungsrahmenprogramm: Regelungsvorschlag der Europäischen Kommission

Vorschlag der Europäischen Kommission für eine Entscheidung des Rates zur Änderung der Entscheidung 2002/834/EG über das spezifische Programm im Bereich der Forschung, technologischen Entwicklung und Demonstration: Integration und Stärkung des Europäischen Forschungsraums (2002-2006) [9. Juli 2003] - Deutsche Fassung



Reprogrammierung

Reprogrammierung

Sowohl eine japanische als auch eine US-amerikanische Forschergruppe publizierten im November 2007 unabhängig voneinander die erfolgreiche Reprogrammierung von menschlichen Haut- bzw.

Bindegewebszellen zu Stammzellen. Bei der Reprogrammierung wird somatischen Zellen spezifisches Genmaterial eingeschleust, so dass sie signifikante Eigenschaften von embryonalen Stammzellen aufweisen. Dazu gehört etwa die Eigenschaft, sich unter geeigneten Bedingungen in bestimmte Zell- oder Gewebetypen differenzieren zu können. Auf diese Weise gewonnene Stammzellen werden "induzierte pluripotente Stammzellen" (iPS) genannt. Langfristig erhofft man sich durch derartige Verfahren Stammzellen zu gewinnen, ohne Embryonen zerstören zu müssen.

Kazutoshi Takahashi / Koji Tanabe / Mari Ohnuki / Megumi Narita / Tomoko Ichisaka / Kiichiro Tomoda / Shinya Yamanaka (2007): Induction of Pluripotent Stem Cells from Adult Human Fibroblasts by Defined Factors. In: Cell 131 (4).

Junying Yu / Maxim A. Vodyanik / Kim Smuga-Otto / Jessica Antosiewicz-Bourget / Jennifer L Frane / Shulan Tian / Jeff Nie / Gudrun A. Jonsdottir / Victor Ruotti / Ron Stewart / Igor I. Slukvin / James A. Thomson (2007): Induced Pluripotent Stem Cell Lines Derived from Human Somatic Cells. In: Science (20. Nov. 2007).



Spermien aus murinen Stammzellen

Spermien aus murinen Stammzellen

Mit den aus Stammzellen der Maus gewonnenen spermienähnlichen Zellen wurden erfolgreich Eizellen befruchtet, aus denen sich nach Implantation in den Uterus offenbar lebensfähige Tiere entwickelten. Diese hatten indes atypische Größen und wurden höchstens fünf Monate alt.

Karim Nayernia et. al (2006): In Vitro-Differentiated Embryonic Stem Cells Give Rise to Male Gametes that Can Generate Offspring Mice. In: Developmental Cell, 11: 125-132.



Stammzellen aus Fruchtwasser

Stammzellen aus Fruchtwasser

Im Rahmen der sogenannten Fruchtwasserpunktion (Amniozentese) bei vorgeburtlichen Untersuchungen des Embryos im Mutterleib, haben Forscher im US-Staat North Carolina aus dem entnommenen Fruchtwasser Stammzellen isoliert. Diese konnten in Kultur genommen werden und zeigten zwar keine Totipotenz, aber dennoch eine hohe Plastizität auf.

Paolo De Coppi / Georg Bartsch Jr / M Minhaj Siddiqui / Tao Xu / Cesar C Santos / Laura Perin / Gustavo Mostoslavsky / Angéline C Serre / Evan Y Snyder / James J Yoo / Mark E Furth / Shay Soker / Anthony Atala (2007): Isolation of amniotic stem cell lines with potential for therapy. In: Nature Biotechnology (25), 100-106. (Published online: 7 January 2007).



Stammzellgesetz

Stammzellgesetz

Gesetz zur Sicherstellung des Embryonenschutzes im Zusammenhang mit Einfuhr und Verwendung menschlicher embryonaler Stammzellen (Stammzellgesetz) StZG vom 28. Juni 2002, Bundesgesetzblatt <http://www.drze.de/im-blickpunkt/stammzellen> (41)

Jahrgang 2002 Teil I Nr. 42, S. 2277 vom 29. Juni 2002, zuletzt geändert am 25. November 2003, durch Bundesgesetzblatt Jahrgang 2003 Teil I Nr. 56, S. 2304 vom 27. November 2003.

Wie die Einfuhr und Verwendung von humanen embryonalen Stammzellen zu regeln sei, war im Vorfeld der Verabschiedung des Stammzellgesetzes Gegenstand einer kontrovers geführten gesellschaftlichen Debatte, zu der u.a. die Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages "Recht und Ethik der modernen Medizin", der Nationale Ethikrat, die Deutsche Forschungsgemeinschaft, die Bundesärztekammer sowie verschiedene Bioethik-Länder-Kommissionen mit eigenen, zum Teil divergierenden Stellungnahmen beigetragen haben:

Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages "Recht und Ethik der modernen Medizin": Zweiter Zwischenbericht der Enquete-Kommission Recht und Ethik der modernen Medizin - Teilbericht Stammzellforschung [12. November 2001] - Deutsche Originalfassung Online-Version

Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages "Recht und Ethik der modernen Medizin": Kurzfassung ergänzend zum Zwischenbericht Stammzellforschung mit dem Schwerpunkt der Importproblematik [12. November 2001] - Deutsche Originalfassung

Nationaler Ethikrat: Stellungnahme zum Import menschlicher embryonaler Stammzellen [20. Dezember 2001] - Deutsche Fassung

Deutsche Forschungsgemeinschaft: Empfehlungen der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Forschung mit menschlichen Stammzellen [3. Mai 2001] - Deutsche Originalfassung

Bundesärztekammer: Zentrale Ethikkommission: Stellungnahme der Zentralen Ethikkommission zur Stammzellforschung [19. Juni 2002] - Deutsche Originalfassung Online-Version

Bundesärztekammer: Deutscher Ärztetag: Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen. Beschluss des 104. Deutschen Ärztetages, Ludwigshafen [25. Mai 2001] - Deutsche Originalfassung Online-Version

Deutsche Forschungsgemeinschaft: Empfehlungen der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Forschung mit menschlichen Stammzellen: Naturwissenschaftlicher Hintergrund, Juristischer Hintergrund, Ethischer Hintergrund [3. Mai 2001] - Deutsche Originalfassung Online-Version

Bioethik-Kommission Rheinland-Pfalz: Stellungnahme der Bioethik-Kommission Rheinland-Pfalz zum Import von und zur Forschung an humanen embryonalen pluripotenten Stammzellen [16. Januar 2002] - Deutsche Originalfassung

Bioethik-Kommission Bayern: Stellungnahme zum Import von und zur Forschung mit humanen embryonalen Stammzelllinien [07. Januar 2002] - Deutsche Originalfassung Online-Version

Bioethik-Kommission Bayern: Minderheitenvotum [10. Januar 2002] - Deutsche Originalfassung

Eine Dokumentation der Bundestags-Debatte zum Stammzellgesetz (einschließlich der Abstimmung) in deutscher Sprache findet sich auf den Internet-Seiten des Deutschen Bundestages:

Stenographischer Bericht 233. Sitzung, Berlin (Plenarprotokoll 14/233) [25. April 2002; relevante Stellen: Tagesordnungspunkt 7: Zweite und dritte Beratung des von den Abgeordneten Dr. Maria Böhmer, Wolf-Michael Catenhusen und weiteren Abgeordneten eingebrachten Entwurfs eines Gesetzes zur Sicherstellung des Embryonenschutzes im Zusammenhang mit Einfuhr und Verwendung menschlicher embryonaler Stammzellen (Stammzellgesetz) (Drucksache 14/8394, 14/8846) - 23209 D / Ergebnis der namentlichen Schlussabstimmung - 23231 D / Erklärungen nach §31 GO zur namentlichen Abstimmung (Anlagen 2-5) - 23255 D] - Deutsche Originalfassung

Am 27. Januar 2004 hat der Wissenschaftliche Beirat "Bio- und Gentechnologie" der CDU/CSU-Bundestagsfraktion "Biologische, rechtliche und ethische Überlegungen zu aktuellen Ergebnissen der Forschung an embryonalen Stammzellen sowie zum Begriff "Totipotenz" vorgelegt:

Wissenschaftlicher Beirat "Bio- und Gentechnologie" der CDU/CSU-Bundestagsfraktion: Biologische, rechtliche und ethische Überlegungen zu aktuellen Ergebnissen der Forschung an embryonalen Stammzellen sowie zum Begriff "Totipotenz" [27. Januar 2004] - Deutsche Originalfassung



Stellungnahme der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften und der Nationalen Akademie der Wissenschaften (Leopoldina)

Stellungnahme der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften und der Nationalen Akademie der Wissenschaften (Leopoldina)

Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften / Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina, Nationale Akademie der Wissenschaften (2009): Neue Wege der Stammzellforschung. Reprogrammierung von differenzierten Körperzellen. Berlin: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften.



Streit unter Stammzellforschern

Streit unter Stammzellforschern

Der derzeitige Streit unter deutschen Stammzellforschern hat eine im Jahre 2008 veröffentlichte Studie eines Forscherteams um den Tübinger Anatomieprofessor Thomas Skutella (Zentrum für Regenerationsbiologie und Regenerative Medizin (ZRM)) zum Gegenstand. Laut dieser war es Skutellas Team gelungen, aus Gewebematerial der Hoden erwachsener Männer sogenannte pluripotente Stammzellen zu züchten. Skutella behauptete zudem, aus diesen embryonalen Stammzellen sehr ähnlichen Zellen ließen sich spezialisierte Gewebezellen entwickeln. Skutellas Forschungsergebnisse wurden zunächst als Durchbruch in der Stammzellforschung erachtet, da sie darauf hoffen ließen, aus Zellen eines Erwachsenen eine unrestrictierte Quelle für funktionierendes Ersatzgewebe produzieren zu können, ohne Embryonen im Blastozystenstadium zerstören zu müssen.

Da es anderen Stammzellforschern, wie dem Team um den Münsteraner Stammzellforscher Hans Schöler, nicht gelang, Skutellas Ergebnisse zu reproduzieren, kam in der Stammzellwissenschaft nun Skepsis bezüglich Skutellas Studie auf. Zudem weigerte sich Skutella trotz mehrmaliger Aufforderung, anderen Forschern Proben seiner gezüchteten Stammzellen zugänglich zu machen mit der Begründung, er habe keine Einverständniserklärung der Patienten. Da dies jedoch eine gängige wissenschaftliche Praxis darstellt und eine Publikation in der "Nature" zudem dazu verpflichtet, wird Skutella nun vorgeworfen, er würde sich nicht an Forschungsstandards halten. Laut Schöler entwickelten sich unter Stammzellforschern mittlerweile sogar Zweifel, ob die umstrittenen Stammzellen überhaupt existierten.

Weiterhin fanden die Münsteraner Forscher und ihre Aachener Kollegen um Martin Zenke bei der Auswertung von Skutellas 2008 veröffentlichten Ergebnissen und Bildern heraus, dass es sich bei den "neuen" Stammzellen nicht um pluripotente Stammzellen handele. Vielmehr hätten Skutella und sein Forscherteam statt Stammzellen

wohl versehentlich Bindegewebszellen, sogenannte Fibroblasten, gezüchtet, welche sich aus menschlichem Hoden leicht gewinnen ließen; laut Schöler glichen sich die verglichenen Zellarten "wie ein Ei dem anderen". Die Forscher aus Münster und Aachen begründeten ihre Kritik zum einen damit, dass das sogenannte Genexpressionsmuster der von Skutella gezüchteten Zellen mit demjenigen von normalen Bindegewebszellen identisch sei, zum anderen würden Skutellas Zellen keine Teratome bilden, eine Art von Geschwülsten, die einen weiteren Nachweis für die Pluripotenz von Stammzellen darstelle.

Skutella verteidigte sich gegen die harsche Kritik seiner Kollegen mit der Begründung, Schöler&Co. hätten das Experiment nicht exakt nachvollzogen. Ein Vergleich von Daten, die im Abstand von mehreren Wochen und Monaten an unterschiedlichen Geräten entstanden seien, ermöglichten laut Skutella keine genauen Ergebnisse. Weiterhin seien die Zellen, mit denen die Studie 2008 durchgeführt wurde, mit anderen Zellen verunreinigt gewesen, weshalb Skutellas Team daran arbeite, in naher Zukunft neue Ergebnisse mit saubereren Zellen zu veröffentlichen.

Skutella et al. (2008): Generation of pluripotent stem cells from adult human testis. In: Nature 456, 344-349.

Schöler et al. (2010): Human adult germ line stem cells in question. In: Nature 465, E1.

Skutella et al. (2010): Conrad et al. reply. In: Nature 465 E3.

"Stammzellen-Streit. Forscher zanken um vermeintliche Wunderzellen". Spiegel-Online-Artikel vom 24. Juni 2010



The Human Fertilisation and Embryology Research Purposes Regulations 2001

The Human Fertilisation and Embryology (Research Purposes) Regulations 2001

The Human Fertilisation and Embryology (Research Purposes) Regulations 2001 [verabschiedet am 24. Januar 2001, in Kraft getreten am 31. Januar 2001] - Englische Originalfassung

Die Human Fertilisation and Embryology (Research Purposes) Regulations 2001 erhielten am 19. Dezember 2000 die Zustimmung vom Britischen Unterhaus und am 22. Januar 2001 vom Britischen Oberhaus. Wegbereitend war ein Bericht der von der Regierung eingesetzten Chief Medical Officer's Expert Group: Stem Cell Research: Medical Progress with Responsibility vom 16. August 2000. Dieser Bericht hatte die in den Regulations vorgenommene Erweiterung der lizenzfähigen Forschungsziele empfohlen. Im Zuge der Verabschiedung der Regulations wurde zunächst ein Moratorium vereinbart. Gemäß diesem Moratorium wurden Genehmigungen von Projekten, die entsprechend den Regulations neuerdings lizenzfähig sind, bis zur Vorlage eines Berichts des im März 2001 eingerichteten Sonderausschusses des Oberhauses ausgesetzt. Dieser Bericht wurde am 27. Februar 2002 vorgelegt. Er empfiehlt, neben der Forschung mit humanen adulten Stammzellen auch die Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen zuzulassen und zu fördern. Das therapeutische Potential von Stammzellen könne nicht voll ausgeschöpft werden, wenn nicht beide Ansätze zugleich verfolgt würden. Nach Vorlage des Berichts wurde das Moratorium aufgehoben:

Bericht der Chief Medical Officer's Expert Group: Stem Cell Research: Medical Progress with Responsibility [16. August 2000] - Englische Originalfassung

Internet-Dokumentation der Debatte im House of Commons [19. Dezember 2000]

Internet-Dokumentation der Debatte im House of Lords vom 22. Januar 2001

Report from The House of Lords Select Committee Stem Cell Research [27. Februar 2002] - Englische Originalfassung

Government Response to the House of Lords Select Committee Report on Stem Cell Research [dem Parlament vorgelegt im Juli 2002] - Englische Originalfassung



Totipotenz, Pluripotenz

Totipotenz, Pluripotenz

Totipotenz, Pluripotenz In der Wissenschaft werden die Begriffe Totipotenz und Pluripotenz jedoch in verschiedener Bedeutung gebraucht. Auf der einen Seite wird unter Totipotenz die Entwicklungsfähigkeit einer Zelle zu einem ganzen, wohlgeformten Organismus verstanden. Zugleich wird Totipotenz auch als das Vermögen einer Zelle (z.B. ES-Zelle) sich an allen differenzierenden Geweben einschließlich der Keimbahn zu beteiligen, verstanden (Beier 2001, Heinemann 2005). Ein experimenteller Nachweis ist derzeit weder von vorhandener Totipotenz noch von ihrem Ausschluss möglich.

Da Stammzellen im Laufe ihrer Entwicklung sich immer weiter differenzieren, verlieren sie an Entwicklungspotential. So verlieren sie bald die Möglichkeit, sich in vollständige Organismen zu entwickeln, behalten aber zunächst das Potential, sich in sämtliche Gewebetypen des Körpers zu differenzieren. Dieses Stadium wird als Pluripotenz bezeichnet (Heinemann 2005). Unabhängig davon wird diskutiert, ob menschliche embryonale Stammzellen sich unter den Bedingungen der Zellkultur in totipotente Zellen umwandeln können (Denker 1999, 2003).

Denker, Hans-Werner (1999). "Embryonale Stammzellen." *Ärztliche Nachrichten*. 8: 2. Denker, Hans-Werner (2003). Totipotenz oder Pluripotenz? Embryonale Stammzellen, die Alleskönner. In: *Deutsches Ärzteblatt* (100)42, 2728-2730.

Heinemann, Thomas (2000). "Klonierung menschlicher embryonaler Stammzellen. Zu den Statusargumenten aus naturwissenschaftlicher und moralphilosophischer Sicht." In: Ludger Honnefelder; Christian Streffer (Hrsg.). *Jahrbuch für Wissenschaft und Ethik* 5: 259-276.

Heinemann, Thomas (2005): *Klonieren beim Menschen. Analyse des Methodenspektrums und internationaler Vergleich der ethischen Bewertungskriterien*. Berlin, New York: De Gruyter.

Einen Überblick über den Verlauf der frühen Embryonalentwicklung unter besonderer Berücksichtigung der naturwissenschaftlichen Phänomene der Totipotenz und Pluripotenz gibt Beier:

Beier, Henning M. (2000). "Zum Status des menschlichen Embryos in vitro und in vivo vor der Implantation." *Reproduktionsmedizin* 16/5: 332-342.

Beier, Henning M. (2001). "Zur Problematik von Totipotenz und Pluripotenz." In: Bundesministerium für Bildung und Forschung. *Humane Stammzellen. Perspektiven und Grenzen in der regenerativen Medizin*. Stuttgart, New York: 55-70.



Übereinkommen über Menschenrechte und Biomedizin

Übereinkommen zum Schutz der Menschenrechte und der Menschenwürde im Hinblick auf die Anwendung von Biologie und Medizin: Übereinkommen über Menschenrechte und Biomedizin

Convention for the Protection of Human Rights and Dignity of the Human Being With Regard to the Application of Biology and Medicine: Convention on Human Rights and Biomedicine [opening for signature April 4th 1997; entry into force December 1st 1999] - Englische Originalfassung

Übereinkommen zum Schutz der Menschenrechte und der Menschenwürde im Hinblick auf die Anwendung von Biologie und Medizin [zur Unterzeichnung aufgelegt am 4. April 1997; für die Unterzeichnerstaaten in Kraft getreten am 1. Dezember 1999] - Nichtamtliche deutsche Übersetzung

Eine Übersicht über den aktuellen Unterschriften- und Ratifikationsstand in englischer Sprache findet sich auf den Internet-Seiten des Europarats.

Eine Übersicht über den aktuellen Unterschriften- und Ratifikationsstand in deutscher Sprache findet sich auf den Internet-Seiten des Europarats.



Übersicht der HFEA über die von ihr lizenzierten Forschungsprojekte mit humanen embryonalen Stammzellen

Übersicht der HFEA über die von ihr lizenzierten Forschungsprojekte mit humanen embryonalen Stammzellen

Übersicht der HFEA über die von ihr lizenzierten Forschungsprojekte mit humanen embryonalen Stammzellen
Online-Version

Die näheren Verfahrensregeln der HFEA bezüglich der Lizenzierung von Forschungsprojekten mit humanen embryonalen Stammzellen sind im Code of Practice der HFEA niedergelegt:

Code of Practice der HFEA [sechste Auflage, in Kraft getreten am 1. März 2004] - Englische Originalfassung



Übersicht des Robert Koch Instituts über die bisher genehmigten Forschungsprojekte

Übersicht des Robert Koch Instituts über die bisher genehmigten Forschungsprojekte

Übersicht des Robert Koch Instituts über die bisher genehmigten Forschungsprojekte mit humanen embryonalen Stammzellen

Tätigkeitsbericht der Zentralen Ethik-Kommission für Stammzellenforschung (ZES): Erster Bericht nach Inkrafttreten des Stammzellgesetzes (StZG) für den Zeitraum vom 22.07.2002 bis 30.09.2003

Zweiter Bericht nach Inkrafttreten des Stammzellgesetzes (StZG) für den Zeitraum vom 01.10.2003 bis 30.11.2004.

Dritter Bericht nach Inkrafttreten des Stammzellgesetzes (StZG) für den Zeitraum vom 01.12.2004 bis 30.11.2005.



Verordnung vom 18. Juli 2002

Verordnung vom 18. Juli 2002

Verordnung über die Zentrale Ethik-Kommission für Stammzellenforschung und über die zuständige Behörde nach dem Stammzellgesetz (ZES-Verordnung - ZESV) [18. Juli 2002] - Deutsche Originalfassung



Zellkerntransfer (Somatic Cell Nuclear Transfer (SNCT))

Zellkerntransfer (Somatic Cell Nuclear Transfer (SNCT))

Abbildung 5 : Die Eizellen werden entkernt, indem mit einer Mikropipette der Zellkern abgesaugt wird. Der Zellkern aus einer Körperzelle wird ebenfalls abgesaugt und in die entkernte Eizelle eingebracht. Danach kommt es zur so genannten Reprogrammierung, einem noch weitgehend unverstandenen Prozess, bei dem die DNA des eingebrachten Zellkerns durch Substanzen der Eizelle ihre Spezialisierung verliert. Dies ist eine Voraussetzung für die weitere Entwicklung. Nach der Aktivierung der Zelle durch Strom und verschiedene Mediumzustände beginnt die Eizelle mit dem Körperzellkern sich zu teilen und kann sich unter gegebenen Umständen bis zur Blastozyste oder noch weiter entwickeln.

Für den Zellkerntransfer werden Eizellen durch einen minimalinvasiven Eingriff nach hormoneller Behandlung gewonnen (siehe IVF). Die Eizellen werden entkernt, indem mit einer Mikropipette der Zellkern abgesaugt wird. Der Zellkern aus einer Körperzelle wird abgesaugt und in die entkernte Eizelle eingebracht. Danach kommt es zur so genannten Reprogrammierung, einem noch weitgehend unverstandenen Prozess, bei dem die DNA des eingebrachten Zellkerns durch Substanzen der Eizelle ihre Spezialisierung verliert. Dies ist eine Voraussetzung für ihre weitere Entwicklung. Nach der Aktivierung der Zelle durch Strom und verschiedene Mediumzusätze beginnt die Eizelle mit dem Körperzellkern sich zu teilen und kann sich unter gegebenen Umständen bis zur Blastozyste oder noch weiter entwickeln (siehe Abbildung)

Aus der Blastozyste können ES-Zellen gewonnen werden (siehe Abbildung 3).

Diese Technik kann bislang bei Säugetieren, nicht jedoch beim Menschen angewandt werden.

Bei einigen Säugetierarten wurden auch Embryonen aus Zellkerntransfer in den Uterus eingespült, ein Verfahren, das man als reproduktives Klonen bezeichnet. Diese Methode ist allerdings mit hohen Missbildungs- und Sterblichkeitsraten verbunden. Dennoch wurde 1997 durch Wilmut et al. das erste Säugetier erfolgreich geklont: das Schaf Dolly.

Wilmut, I. / Schnieke, A. E. / McWhir, J. / Kind, A. J. / Campbell, K. H. S. (1997): Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells. In: Nature 385, 810-813.



Zusatzprotokoll über das Verbot des Klonens von menschlichen Lebewesen

Zusatzprotokoll zum Übereinkommen zum Schutz der Menschenrechte und der Menschenwürde im Hinblick auf die Anwendung von Biologie und Medizin über das Verbot des Klonens von menschlichen Lebewesen

Zusatzprotokoll über das Verbot des Klonens von menschlichen Lebewesen [zur Unterzeichnung aufgelegt am 12. Januar 1998; für die Unterzeichnerstaaten in Kraft getreten am 1. März 2001] - Nichtamtliche deutsche Übersetzung Online-Version

Eine Übersicht über den aktuellen Unterschriften- und Ratifikationsstand in deutscher Sprache findet sich auf den Internet-Seiten des Europarats.