

Begleittext zum Foliensatz

Stammzellen – Therapie der Zukunft?

Stand: August 2013



**OPEN
SCIENCE**
Lebenswissenschaften im Dialog

www.openscience.or.at

office@openscience.or.at

Herausgeber:

Open Science – Lebenswissenschaften im Dialog
Campus Vienna Biocenter V / E1
1030 Wien

Open Science steht für den Dialog zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit. Der gemeinnützige, wissenschaftliche Verein setzt sich dafür ein, Lebenswissenschaften sichtbar, erlebbar und verständlich zu machen und eine eigenständige Meinungsbildung zu Themen der Lebenswissenschaften zu ermöglichen.

Mit freundlicher Unterstützung durch:



Folie 1: Stammzellen – Therapie der Zukunft?

Foliensatz von Open Science – Lebenswissenschaften im Dialog

Folie 2: Was sind Stammzellen?

Stammzellen sind ursprüngliche Zellen mit zwei besonderen Fähigkeiten: Durch Zellteilung können sie wieder Stammzellen bilden, sie haben daher die Fähigkeit zur Selbsterneuerung. Sie besitzen aber noch eine zweite wichtige Eigenschaft: sie können zu spezialisierten Zellen wie z.B. in Herz-, Muskel- oder Leberzellen ausreifen. Der komplexe Prozess der Ausreifung wird auch als „Differenzierung“ bezeichnet. Er läuft schrittweise unter Einwirkung verschiedener Botenstoffe und Signale aus der Umgebung der Zelle ab.

In der frühen Entwicklung eines Organismus teilen sich Zellen sehr schnell und entwickeln sich zu spezialisiertem Gewebe. Im fertig entwickelten Organismus muss eine Balance der Zellen gehalten werden. Da manche ausgereifte Zelltypen sich kaum mehr nachbilden können, gibt es Stammzellen, die abgestorbene Zellen kontinuierlich ersetzen. Besonders Blutzellen, Zellen des Verdauungstraktes und Hautzellen müssen ständig erneuert werden.

Folie 3: Einsatzmöglichkeiten

Ziel der Stammzellforschung ist es, neue Strategien zu entwickeln, um erkrankte, verletzte oder vorzeitig abgenutzte Gewebe zu reparieren oder zu ersetzen. Dies soll durch die Transplantation von Stammzellen oder daraus gezüchteten, reiferen Zellen geschehen. Erste Erfolge wurden bereits erzielt.

Zellersatztherapien

Die Fähigkeit von Stammzellen, verschiedene Gewebe bzw. Organe aufzubauen, weckt große Hoffnungen, im Patienten selbst fehlende Zelltypen nachwachsen zu lassen (z.B. durch lokale Injektion von Stammzellen) bzw. die benötigten Zellen im Labor vorzuzüchten und dem Patienten zu implantieren.

Beim Menschen werden Blutstammzellen aus Knochenmark oder aus Blut bereits bei Krebspatienten nach Chemo- oder Strahlentherapien, bei der Blutzellen zerstört werden, sowie zur Behandlung von Leukämie (Blutkrebs) routinemäßig eingesetzt. Das Knochenmark dafür kann entweder vom Patienten selbst (vor der Behandlung entnommen, autologe Transplantation) oder von einem Spender (allogene Transplantation) stammen.

Im Visier der ForscherInnen sind Krankheiten wie Rheuma, Diabetes, Herzdefekte, verschiedene Bluterkrankungen, Parkinson, Alzheimer und Multiple Sklerose. Basierend auf Stammzellen sollen neue Therapien entwickelt werden. In Tierversuchen ist dies bereits teilweise gelungen.

Tissue Engineering – Regenerative Medizin

Die Methode des **Tissue Engineering - Gewebezüchtung** – ist ein weiterer Einsatzort für Stammzellen. Es handelt sich dabei um eine multidisziplinäre Technologie, bei der Stammzellen sowie extrazelluläre

Bestandteile (biologische und synthetische) verwendet werden, um im Labor „Gewebe“ zu entwickeln, die dem Patienten wieder implantiert werden sollen.

Eine Vision von ÄrztInnen und WissenschaftlerInnen ist es, mit Hilfe des Tissue Engineerings komplexe Organe (z. B. Leber) außerhalb des menschlichen Körpers zu züchten. An der Umsetzung dieser Vision wird jedoch gezweifelt, da alle Zellen auch wirklich optimal mit Sauerstoff und Nahrung versorgt werden müssten und sich das gezüchtete Gewebe in den Organismus nahtlos einfügen müsste.

Am besten erforscht ist derzeit die Herstellung von vitalem Hautersatz, der vor allem bei Personen mit großflächigen Verbrennungen benötigt wird. Darüber hinaus können bereits Knochen oder Knorpel gezüchtet werden, die in der Orthopädie bzw. der Zahn-, Kiefer und Knochenchirurgie zur Anwendung kommen.

Ausführliche Infos unter <http://oe1.orf.at/45341.html>

Folie 4: Arten

Bis jetzt wurden zwei Arten von Stammzellen unterschieden: **Embryonale Stammzellen** und **Adulte Stammzellen**. Im Jahr 2007 ist jedoch ein Durchbruch in der Stammzellforschung gelungen, der zu einer dritten Kategorie an Stammzellen führte, den **induzierten Pluripotente Stammzellen** (iPS). Diese Stammzellen konnten aus adulten Körperzellen gezüchtet werden (daher „induziert“) und ähneln in ihren Eigenschaften den embryonalen Stammzellen.

Embryonale Stammzellen werden aus dem frühen Embryo (Blastozyste) gewonnen. Aus ihnen gehen sämtliche Körperzellen hervor. Stammen sie aus einem Fötus, werden sie als fetale Stammzellen bezeichnet. **Adulte Stammzellen** sind eine heterogene Gruppe von Stammzellen. Zu ihnen werden gewebespezifische Stammzellen im adulten Körper (ab der Geburt), Stammzellen im Nabelschnurblut und Stammzellen im Fruchtwasser gezählt. Die Bezeichnung „Gewebespezifische Stammzellen“ bedeutet, dass die in fast allen Organen und Geweben vorkommenden adulten Stammzellen sich je nach ihrer Lokalisierung (z.B. in Knochenmark, Leber, Herz, Haut etc.) voneinander unterscheiden. Das bekannteste Beispiel sind die so genannten hämatopoietischen Stammzellen im Knochenmark, die sämtliche Zellen des Blutes wie z.B. rote und weiße Blutkörperchen ständig neu bilden. Aber auch in anderen Organen wie z.B. in der Haut und im Darm ersetzen Stammzellen die laufend absterbenden Zellen und ermöglichen die Wundheilung.

Folie 5: Potenz

Der Begriff der „Potenz“ beschreibt die Fähigkeit von Stammzellen, sich in die verschiedensten Zellarten zu entwickeln.

- **Totipotenz:** Die **befruchtete Eizelle** steht am Beginn des menschlichen Lebens. Nachdem Ei- und Samenzelle verschmelzen entsteht die **Zygote**. Sie nistet sich in die Gebärmutter ein. Da aus ihr ein komplettes, lebensfähiges Individuum entsteht, wird die Zygote als **totipotent** bezeichnet. Für die Entwicklung von Säugetieren geht man davon aus, dass embryonale Zellen bis längstens zum 8-

Zell-Stadium totipotent sind. D.h. aus jeder einzelnen der 8 Zellen kann sich theoretisch ein Individuum entwickeln.

- **Pluripotenz:** Embryonale Stammzellen können sich in alle Zelltypen des Körpers entwickeln („differenzieren“), jedoch nicht mehr in ein gesamtes Lebewesen. Ihre Potenz ist geringer als die einer Zygote, daher sind sie **pluripotent**.
- **Multipotenz:** Adulte Stammzellen sind multipotent, da sie sich üblicherweise nur mehr in die Zelltypen jenes Gewebes/Organs entwickeln, in dem sie lokalisiert sind. Beispielsweise zählen dazu neuronale Stammzellen in bestimmten Regionen des Gehirns, retinale Stammzellen in der Netzhaut, mesenchymale Stammzellen in Knochenmark, Fettgewebe und Haut oder hämatopoetische Stammzellen im Blut. Da jede Zelle im Körper eine begrenzte Lebensdauer hat, sind adulte Stammzellen notwendig, um absterbende Zellen zu ersetzen und somit die Funktionsfähigkeit von Organen und Geweben aufrecht zu erhalten.

Das **Ausreifen von Stammzellen („Differenzierung“)** in einen bestimmten Zelltyp läuft schrittweise über verschiedene **Vorläuferzellen** ab. Vorläuferzellen sind **determiniert**, ihr Entwicklungsweg ist bereits festgelegt. Sie entwickeln sich in die spezialisierten Zelltypen des jeweiligen Ursprungsgewebes (z.B. neuronale Vorläuferzellen entwickeln sich in Nervenzellen, gliale Vorläuferzellen in Gliazellen, die Nervenstränge umhüllen). Vorläuferzellen haben nur mehr eine begrenzte Fähigkeit zur Selbsterneuerung. Wenn die Spezialisierung eines Zelltyps abgeschlossen ist (die Zelle ist „differenziert“), geht auch ihre Fähigkeit zur Zellteilung verloren (die Zelle ist „postmitotisch“).

Wichtig: Die Ausreifung von Stammzellen in spezialisierte Zelltypen geht mit einer immer geringer werdenden Potenz und größer werdenden Determinierung der Zellen einher.

Folie 6: Beispiele

Aus der totipotenten Zygote entsteht ca. 3 Tage nach der Befruchtung durch Zellteilungen die **Morula**, ein kugeliges Zellhaufen aus 8-32 Zellen. Nach 5-6 Tagen bildet sich ein hohles, kugelförmiges Gebilde, das bereits aus ca. 100 Zellen besteht und als **Blastozyste** bezeichnet wird. Sie nistet sich in die Gebärmutter ein.

Embryonale Stammzellen werden aus der inneren Zellmasse (Embryoblast) von Blastozysten gewonnen. Sie sind *in vitro* praktisch unbegrenzt vermehrbar und können sich (zumindest theoretisch) in der Kulturschale im Labor in alle Zelltypen des Körpers entwickeln. Ein vollständiges Lebewesen kann aus ihnen jedoch nicht rekonstruiert werden.

Folie 7: Beispiele

Gewebespezifische Stammzellen sind multipotente Zellen, aus ihnen gehen die verschiedenen Zelltypen des jeweiligen Ursprungsgewebes hervor. Im Bild ist eine adulte Stammzelle des Knochenmarks zu sehen. Im Knochenmark gibt es verschiedene adulte Stammzellen: hämatopoietische Stammzellen (→

Blutbildung), endotheliale Stammzellen (→ Bildung von Blutgefäßen) sowie mesenchymale Stammzellen (→ Bildung von Bindegewebe).

Vorläuferzellen wurden bereits in der Beschreibung Folie 4 näher erläutert.

Folie 8: Embryonale Stammzellen (ES-Zellen)

Eine befruchtete Eizelle (Zygote) entwickelt sich durch Zellteilung innerhalb von vier Tagen zu einem Embryo von etwa 0,15 Millimeter Größe (Blastozystenstadium). Stammzellen aus sehr frühen Stadien des Embryos sind in ihrer Funktion noch in keiner Weise festgelegt. Aus ihnen können praktisch alle rund 200 verschiedenen Zelltypen und somit jedes Gewebe aus allen 3 Keimblättern Ektoderm (z.B. zentrales Nervensystem, Haut und Haare), Entoderm (z.B. Verdauungssystem, Lunge, Schilddrüse) und Mesoderm (z.B. Skelett, glatte Muskulatur, Herz, Blut und Milz) des menschlichen Körpers hervorgehen.

Folie 9: Blastozystengewinnung

Embryonale Stammzellen werden derzeit hauptsächlich aus überzähligen Embryonen, die im Zuge von künstlichen Befruchtungen entstanden sind, gewonnen. Eine weitere Quelle wären Blastozysten, die durch therapeutisches Klonen hergestellt wurden.

Folie 10: Vor- und Nachteile

Die Pluripotenz von embryonalen Stammzellen ist ihr großer Vorteil gegenüber den adulten Stammzellen. Ihr **immenses Potential** liegt darin, sämtliche Zellarten, die für Therapien benötigt würden, im Labor vorzuzüchten und dem/r Patienten/in zu implantieren.

Die Diskussion rund um die embryonalen Stammzellen ist vielschichtig. Die Herstellung der gewünschten Zelltypen in vitro in der Kulturschale ist sehr schwierig und jahrelange Forschungsarbeiten sind nötig, um die geeigneten Kulturbedingungen dafür überhaupt zu finden. Die Forschung an embryonalen Stammzellen ist ethisch umstritten, da Embryonen verbraucht werden, die theoretisch das Potenzial haben, einen vollständigen Menschen hervorzubringen. Deshalb gilt es sorgfältig abzuwägen zwischen der Würde und dem Schutz jedes menschlichen Individuums und der Heilung schwerster, bislang meist unheilbarer Krankheiten.

Die klinische Anwendung von embryonalen Stammzellen ist in nächster Zukunft aus verschiedenen Gründen noch nicht absehbar. Bei der Transplantation von Zellen, die aus embryonalen Stammzellen kultiviert wurden, besteht die Gefahr der Tumorbildung. Wenn sich unter den transplantierten Zellen noch embryonale Stammzellen befinden, die sich noch nicht in den gewünschten Zelltyp spezialisiert haben, können diese zu einem so genannten Teratom heranwachsen, einem Tumor aus unterschiedlichsten Zelltypen.

Folie 11: Therapeutisches Klonen – Ziel, Potenzial

Da embryonale Stammzellen im Falle einer Transplantation höchstwahrscheinlich vom Immunsystem des Patienten/der Patientin als „fremd“ erkannt und abgestoßen werden würde, gibt es den Ansatz des **Therapeutischen Klonens**. Ziel der Technik ist es, embryonale Stammzellen herzustellen, die genetisch identisch mit dem Patienten/der Patientin sind und dadurch nicht vom Körper abgestoßen werden. Therapeutisches Klonen ist beim Menschen bis jetzt noch nicht gelungen.

Folie 12: Therapeutisches Klonen – Ablauf

Der Begriff Klonen bezeichnet allgemein die künstliche Herstellung einer genetisch identischen Kopie eines Lebewesens durch Fortpflanzungstechnik.

Beim Therapeutischen Klonen werden aus den Körperzellen von PatientInnen Embryonen geklont, aus denen sich nach wenigen Tagen embryonale Stammzellen gewinnen lassen. Bei der Gewinnung der Stammzellen wird der Embryo zerstört, somit entwickelt sich kein geklontes lebensfähiges Individuum.

Ablauf:

- Gesunde Körperzellen werden dem Patienten/der Patientin entnommen. Daraus werden Zellkerne, die das genetische Material des Patienten/der Patientin enthalten, gewonnen.
- Aus einer Eizelle, die von einer Frau gespendet wurde (Eizellspende), wird der Zellkern entfernt. Mithilfe der Technik des „somatischen Kerntransfers“ (siehe Foliensatz „Klonen“) wird der Zellkern des Patienten/der Patientin in die Eizelle eingebracht. Es kann auch die gesamte Zelle mit der Eizelle verschmolzen werden.
- Die „rekonstruierte“ Eizelle wächst in der Kulturschale weiter, sie teilt sich und ein mehrzelliger Embryo entsteht, aus dem embryonale Stammzellen gewonnen werden.
- Die embryonalen Stammzellen werden in den gewünschten Zelltyp gezüchtet und diese werden dem Patienten/der Patientin transplantiert.

Folie 13: Therapeutisches Klonen – ethische Bedenken

Therapeutisches Klonen ist ethisch umstritten und wirft viele Fragen auf, wie z.B. Wann beginnt das Leben? Welchen rechtlichen Status hat ein Embryo? Gibt es Gründe, die eine verbrauchende Embryonenforschung rechtfertigen? Welche Rolle spielen Eizellspenderinnen (ein sehr schmerzhafter operativer Eingriff)? etc.

Einen Beitrag zu diesem Thema von DDr. Matthias Beck, Institut für Ethik und Recht in der Medizin, Universität Wien finden Sie unter <http://www.dieuniversitaetonline.at/dossiers/beitrag/news/reproduktives-vs-therapeutisches-klonen/81.html>.

Folie 14: Adulte Stammzellen

Im menschlichen Körper gibt es ab der Geburt bis hin ins Alter verschiedene Typen von Stammzellen. Diese so genannten **adulten Stammzellen** findet man im Knochenmark, im Blut und in vermutlich allen Organen wie z.B. Knochen, Knorpel, Haut und Darm, jedoch in geringer Menge. Sie haben ein limitiertes Entwicklungspotential, d.h. sie sind nicht mehr so flexibel wie embryonale Stammzellen, sondern entwickeln sich sehr wahrscheinlich nur noch zu den Zelltypen „ihres“ jeweiligen Organs, man nennt sie daher auch **multipotent**. Adulte Stammzellen ersetzen die laufend absterbenden Zellen in Geweben und ermöglichen die Wundheilung.

Sie wurden bis jetzt in vielen Organen und Geweben identifiziert, die Charakterisierung von Zellen mit Stammzell-Eigenschaften, die nur in geringer Anzahl vorkommen, ist jedoch ein langwieriger Forschungsprozess. Limitierend ist ihre begrenzte Lebensdauer, es ist schwierig, adulte Stammzellen in der Kulturschale zu züchten.

ForscherInnen ist es bereits gelungen, aus menschlichen Stammzellen des Knochenmarks, die relativ gut beforscht sind und auch bereits routinemäßig bei der Knochenmarkstransplantation zum Einsatz kommen, unter entsprechenden Kulturbedingungen reife Nervenzellen zu entwickeln. Dieser Ansatz könnte z.B. für PatientInnen mit neuronalen Erkrankungen, wie z.B. Parkinson, hilfreich sein.

Im Tierversuch ist dieses „Umprogrammieren“ von Stammzellen bereits auch mit Stammzellen anderer Gewebe gelungen. Die Bedingungen und Faktoren, die ein solches Umprogrammieren von adulten Stammzellen ermöglichen, werden derzeit intensiv beforscht, um adulte Stammzellen als Alternative zu den embryonalen Stammzellen nutzen zu können z.B. ist es möglich im Reagenzglas aus Hautzellen Nervenzellen oder Herzmuskelzellen mit Hilfe von Faktoren, die wichtig für das Einschalten von Genen sind, umzuwandeln.

Als relativ neue und vielseitige Quelle verschiedener adulter Stammzellen gilt das Nabelschnurblut. Auch im Fruchtwasser wurden bereits Stammzellen entdeckt, die die Eigenschaften adulter Stammzellen besitzen. Neue Forschungsarbeiten zeigen, dass rund 1% aller Zellen im Fruchtwasser Stammzell-Eigenschaften aufweisen.

Folie 15: Vor- und Nachteile

Der große Vorteil bei der Verwendung von adulten Stammzellen zu Therapiezwecken ist, dass sie den PatientInnen selbst entnommen werden könnten und keine Embryonen verbraucht werden (daher ethisch unbedenklich). Im Falle einer Transplantation werden adulte Stammzellen des Patienten/der Patientin nicht abgestoßen.

Nachteile sind, dass adulte Stammzellen im Vergleich zu embryonalen Stammzellen ein nur sehr eingeschränktes Entwicklungspotential haben und sich im Labor nicht unbegrenzt vermehren lassen. Ihre Identifizierung in den verschiedenen Geweben und Organen ist sehr aufwändig, da sie nur in geringer Menge vorhanden sind.

Folie 16: Stammzellen aus Nabelschnurblut

Als relativ neue und vielseitige Quelle verschiedener adulter Stammzellen gilt das **Nabelschnurblut**. Diese Zellen sind zwar schon geprägt, entsprechen aber noch am ehesten den embryonalen Stammzellen. Sie haben das Potential das gesamte blutbildende System des Menschen neu aufzubauen. Aber auch Stammzellen für Leber-, Knorpel-, Muskel-, Herzmuskel- und andere Gewebe wurden im Nabelschnurblut gefunden. Wenn diese Zellen in die jeweiligen Organe gelangen, können sie vermutlich die entsprechenden Gewebe bilden.

Das Blut aus der Nabelschnur kann unmittelbar nach der Geburt gewonnen werden. Mit dem Einverständnis der Eltern kann es anonym einer Blutbank zur Verfügung gestellt werden und im Zuge einer „allogenen Transplantation“ als Alternative zur Knochenmarkstransplantation verwendet werden. Weltweit gibt es bereits mehrere Nabelschnurblutbanken.

Mittlerweile gibt es auch die Möglichkeit, das Nabelschnurblut als „Vorsorge“ individuell lagern zu lassen, die im Rahmen einer „autologen Transplantation“ zum Einsatz kommen soll. Man hofft damit bestimmte, später auftretende Krankheiten behandeln zu können. Derzeit gibt es allerdings noch keine gesicherten Anwendungen, da die Menge, die bei der Geburt gewonnen werden kann, nicht ausreicht, um einen Erwachsenen zu behandeln.

Folie 17: Induzierte pluripotente Stammzellen (iPS)

2007 ist es mehreren Forschungsgruppen unabhängig voneinander gelungen adulte menschliche Zellen so umzuprogrammieren, dass sie Eigenschaften von embryonalen Stammzellen annehmen. Diese Zellen werden induzierte pluripotente Stammzellen oder iPS-Zellen genannt. Schon 2012 wurde dafür der Nobelpreis für Medizin an Shinya Yamanaka und John Gurdan verliehen.

Zum "**Reprogrammieren**" der adulten Zellen wurden mehrere Gene (meist 4) mit Hilfe von viralen Transportvehikeln (sogenannte „Vektoren“) in die Zellen eingeschleust. Diese Gene werden in die zelleigene DNA eingebaut und bewirken, dass das embryonale Programm der Zelle wieder angeschaltet wird. Verschiedenste Gewebe konnten in induzierte pluripotente Stammzellen umprogrammiert werden und diese Zellen haben die Fähigkeit zur unbegrenzten Teilung und sich in alle 3 Keimblätter zu entwickeln wiedererlangt. Unter Zugabe verschiedenster Wachstumsfaktoren konnten iPS-Zellen in verschiedenste Zelltypen z.B. Nerven-, Muskel-, Leber- und Fettzellen, differenziert werden.

Folie 18: Gewinnung

Ablauf der Schritte um Pluripotenz in normalen Körperzellen zu induzieren:

1. Normale Gewebezellen werden isoliert (z.B. Haut- oder Bindegewebszellen)
2. 4 Gene werden in die Zellen eingeschleust, zB mit Hilfe eines veränderten Virus
3. Einige wenige Zellen werden durch die Gene so verändert, dass sie zu iPS-Zellen werden
4. Die iPS-Zellen werden im Labor vermehrt und können in andere Gewebe differenziert werden

Folie 19: Vor- und Nachteile

Obwohl iPS-Zellen im Gegensatz zu embryonalen Stammzellen **ethisch unbedenklich** sind, da dabei kein Embryo hergestellt oder verbraucht wird, muss getestet werden ob iPS-Zellen wirklich sicher sind. Es gibt mittlerweile einige Möglichkeiten die Gene einzuschleusen. Ursprünglich wurden Retroviren als Vehikel verwendet. Da diese sich in die DNA integrieren, besteht dabei die Gefahr, dass sie mit wichtigen Genen interferieren und so Krebs auslösen könnten. Um iPS-Zellen zu validieren und zu verbessern, musste eine große Anzahl dieser Zellen aus vielen Menschen hergestellt werden und mit embryonalen Stammzellen verglichen werden. Eine patienten-spezifische Gewinnung erscheint unwahrscheinlich, da Stammzellen oft recht kurzfristig benötigt werden, wie z.B. nach einem Herzinfarkt. Vorstellbar ist eher eine Bank mit den verschiedensten iPS-Linien, die spezifische immunologische Eigenschaften besitzen, aus der dann eine immunologisch optimal geeignete gewählt wird. Allerdings müssen die Sicherheit und Eigenschaften von iPS-Zellen noch umfassend erforscht werden, bevor an einen Einsatz im Menschen überhaupt gedacht werden kann, denn die Gefahr von genetischen **Abnormitäten**, **Tumorbildung** oder einer **Abstoßung** durch das Immunsystem bestehen weiterhin.

Folie 20: Anwendung

Für einen therapeutischen Einsatz Patienten-eigener induzierter pluripotenter Stammzellen könnten Gendefekte repariert und die gewonnenen iPS-Zellen in das gewünschte Gewebe zu differenziert werden. Die „geheilten“ Zellen können dann dem Patienten wieder zugeführt werden. Ziel wäre es dem Patienten z.B. eine Hautbiopsie zu entnehmen und die Fibroblasten in der Zellkulturschale mit Hilfe von Faktoren umzuprogrammieren. Die daraus entstehenden iPS-Zellen können wiederum mit anderen Faktoren in das Wunschgewebe differenziert werden. Die kranken Zellen können nun außerhalb des Körpers repariert werden und dem Patienten wieder zugeführt werden. Induzierte Pluripotente Stammzellen könnten abseits ihres großen Therapie-Potentials zu einem besseren Verständnis der Mechanismen von Erkrankungen im Menschen beitragen bzw. zum Testen von neuen Medikamenten verwendet werden.

Folie 21: Rechtliche Situation

Die kulturelle Vielfalt Europas aber auch die unterschiedliche politische Geschichte der einzelnen Länder hat dazu geführt, dass sich die Gesetze für Embryonenforschung in den einzelnen Staaten heute zum Teil erheblich voneinander unterscheiden. Ob menschliche Embryonen für die Gewinnung embryonaler Stammzellen extra hergestellt bzw. geklont werden dürfen, ist rechtlich unterschiedlich geregelt. Zwar gibt es EU-weite Richtlinien, jedoch können diese unterschiedlich ausgelegt werden. Es steht also jedem Land zu frei über die Verwendung und Handhabung von Stammzellen zu entscheiden. Der Embryo besitzt nach der Rechtsordnung vieler Länder ab dem Zeitpunkt der Befruchtung „Würde“ und ist daher besonders schützenswert. Religiöse Hintergründe spielen auch eine Rolle. z.B. gilt im Judentum ein Embryo vor der Einnistung nur als potentiell menschliches Wesen. Bis zum 49.Tag bezeichnet ihn der Talmud als "einfaches Wasser". Mit der Beseelung am 49.Tag gilt der Embryo als schützenswürdiger Mensch. Im Islam findet der

Beginn des menschlichen Lebens mit der Einhauchung der Seele in den Körper statt. Hier gibt es zwei Interpretationen der Aussagen Mohammeds: Bis zur Einhauchung der Seele dauert es 40 bzw. 120 Tage.

Die Rechtslage in **Österreich** zu therapeutischem Klonen und embryonalen Stammzellforschung ist nicht eindeutig geregelt. Die Gewinnung von embryonalen Stammzellen aus Embryonen, die bei künstlichen Befruchtungen übrig bleiben, ist verboten. Die Forschung an embryonalen Stammzellen wurde bisher noch nie finanziell gefördert. In Österreich gibt es bezüglich Klonen grundsätzlich eine ablehnende Haltung. Im österreichischen Gesetz ist festgelegt, dass die Würde des Menschen geachtet werden muss. Nach dem österreichischen Fortpflanzungsgesetz von 1992 dürfen entwicklungsfähige Zellen, also Embryonen, nicht für andere Zwecke als für die medizinische Fortpflanzung verwendet werden.

In **Deutschland** verbietet das Embryonenschutzgesetz die Gewinnung von menschlichen embryonalen Stammzellen aus Embryonen. Es gibt allerdings eine Ausnahmeregelung, die den Import und die Forschung mit embryonalen Stammzelllinien, die vor dem 01.05.2007 gewonnen wurden, in Ausnahmefällen toleriert.

Das derzeitige Recht in den USA sieht kein Verbot der Entnahme von Stammzellen aus menschlichen Embryonen vor, wobei jeder Bundesstaat eigenständig entscheiden kann.

Im Menschenrechtsübereinkommen zur Biomedizin des **Europarates** wird die Erzeugung menschlicher Embryonen für Forschungszwecke ausdrücklich verboten. Außerdem ist es verboten, ein menschliches Lebewesen zu erzeugen, das mit einem anderen genetisch identisch ist. Das Übereinkommen wurde aber noch nicht von allen Mitgliedsstaaten unterzeichnet.

In **Großbritannien** ist die Forschung an menschlichen Embryonen innerhalb der ersten 14 Tage (ca. 1 mm Größe) zu bestimmten Zwecken erlaubt. Dabei stehen das therapeutische Klonen und speziell die Stammzell-Technologie im Mittelpunkt. Aber auch therapeutisches Klonen soll dort nur mit den Körperzellen des/der PatientIn, der/die das gezüchtete Gewebe benötigt, möglich sein.

Land	Forschung an ES-Zellen erlaubt	Gewinnung von ES-Zellen aus überzähligen Embryonen erlaubt	Therapeutisches Klonen erlaubt
Österreich	nicht eindeutig geregelt	nein	nicht eindeutig geregelt
Irland	nicht eindeutig geregelt	nicht eindeutig geregelt	nicht eindeutig geregelt
Italien	nein	nein	nein
Deutschland	ja (nur an solchen, die vor dem 1.Mai 2007 gewonnen wurden)	nein	nicht eindeutig geregelt
Schweiz, Niederlande, Finnland, Spanien, Griechenland, Frankreich	ja	ja	nein
Belgien, Großbritannien, Schweden	ja	ja	ja