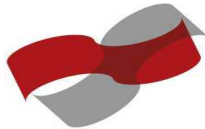


# Delphi-Studie

## Die Zukunft der Stammzellforschung in Deutschland

Juni 2004

Peter Wiedemann<sup>1</sup>, Judith Simon<sup>1</sup>, Jörg Niewöhner<sup>2</sup> und Christof Tannert<sup>2</sup>



**Arbeitsgruppe Bioethik & Wissen-  
schaftskommunikation**

**MDC**

MAX-DELBRÜCK-CENTRUM  
FÜR MOLEKULARE MEDIZIN BERLIN-BUCH

in der HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT e.V.

Forschungszentrum Jülich  
*in der Helmholtz-Gemeinschaft*



Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Projekts „Diskurs zu den ethischen Fragen der Biomedizin“

Für aktive Unterstützung bei dieser Arbeit danken wir Gisela Degen<sup>1</sup>, Dr. Silke Schicktanz<sup>1</sup>, Dr. Susanne Reif<sup>2</sup>, PD Dr. Gerd Kempermann<sup>2</sup> und Holger Schütz<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> FZJ

<sup>2</sup> MDC

## Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

1. Zielstellung dieser Studie war die Exploration der Zukunft der Stammzellforschung in Deutschland. Dazu wurden mittels der Delphi-Methode Experten und Expertinnen<sup>3</sup> aus Forschung, Kliniken und der Industrie befragt. Von 110 Experten, die nach Studium der einschlägigen Literatur zur Stammzellforschung und nach Konsultation ausgewiesener Forscher und Forscherinnen eingeladen wurden, nahmen 49 an der ersten und 36 an der zweiten Befragungsrunde teil.
2. Annähernd drei Viertel der Experten sind der Auffassung, dass mittelfristig (in den nächsten 11-20 Jahren) die meisten Grundlagenfragen zu embryonalen und zu gewebespezifischen Stammzellen gelöst sein werden und sich die Forschung auf die Optimierung der medizinisch-therapeutischen Anwendungen konzentriert.
3. Etwa 90% der Befragten gehen davon aus, dass innerhalb der nächsten 10 Jahre effiziente Verfahren zur Gewinnung und Anreicherung von verschiedenen humanen gewebespezifischen Stammzellen etabliert sind. Im Vergleich zur Forschung mit adulten Stammzellen werden die Fortschritte der Forschung mit embryonalen Stammzellen vorsichtiger beurteilt.
4. Im Bereich Therapie und Anwendung fällt auf, dass Forschung an embryonalen Stammzellen sich von der mit adulten Stammzellen unterscheidet. Insgesamt werden die Entwicklungen aus dem Gebiet der embryonalen Stammzellforschung als risikoreicher, v.a. für die Patienten, beurteilt. Zudem gewinnen bei diesen Thesen die gesellschaftliche Akzeptanz und die politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen als wichtige Einflussfaktoren deutlich an Relevanz.
5. Erste Einsatzmöglichkeiten für Stammzelltherapie werden bereits in 6-10 Jahren in den Bereichen koronare Herzerkrankungen und Diabetes mellitus erwartet. Die Linderung bzw. Heilung der Parkinsonschen Krankheit durch die Implantation von humanen embryonalen Stammzellen in das Gehirn des Patienten wird ebenfalls mehrheitlich innerhalb der nächsten 6-10 Jahre als möglich erachtet. Die Behandlung von Multipler Sklerose wird frühestens mittelfristig (in 11-15 Jahren) zu erreichen sein. Der erfolgreiche Einsatz humaner Stammzellen zur Regeneration der Nervenfasern bei Querschnittslähmungen wird ebenfalls überwiegend in 11-15 Jahren erwartet. Die Verhinderung bzw. Verzögerung von Morbus Alzheimer durch den Einsatz humaner Stammzellen scheint der Mehrheit frühestens in 11-20 Jahren machbar.
6. Wenn Risiken gesehen werden, so betreffen sie vor allem Patienten. Sie beziehen sich überwiegend auf die Nutzung embryonaler Stammzellen bzw. xenogener Zellen in der Transplantationsmedizin.
7. In Bezug auf den Forschungsstandort Deutschland dominieren eher zurückhaltende Szenarien. Zwar wünschen sich 70% eine führende Rolle Deutschlands in der adulten Stammzellforschung, aber über drei Viertel der Befragten gehen davon aus, dass eine solche Führungsrolle sowohl in Forschung als auch Patentanmeldung unwahrscheinlich ist.
8. Als das größte Risiko für Patienten, Forschung und Industrie wird die Abwanderung der Stammzellforscher auf Grund restriktiver Forschungsbedingungen für embryonale Stammzellforschung bewertet. Die Wahrscheinlichkeit dieser Entwicklung wird aber unterschiedlich beurteilt. Während die eine Hälfte der Experten die Abwanderung von mindestens 50% aller Stammzellforscher nicht für denkbar hält, geht die andere Hälfte davon aus, dass sich diese Abwanderung bereits in den nächsten 5 Jahren vollzogen haben wird.
9. Mittel- bis langfristig wird jedoch auch in Deutschland ein positives Umfeld für embryonale Stammzellforschung erwartet - dies bezieht sich sowohl auf deren Akzeptanz als auch auf die rechtlichen Rahmenbedingungen.
10. Der routinemäßige Einsatz von Stammzelllinien in der toxikologischen und pharmakologischen Forschung wird von allen Experten innerhalb der nächsten 15 Jahre erwartet und begrüßt. 44 % halten dies sogar schon für innerhalb der nächsten 5 Jahre realisierbar.

---

<sup>3</sup> In diesem Artikel wird aus Gründen der Lesbarkeit einheitlich die maskuline Form verwendet, gemeint sind jedoch immer alle Geschlechter.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Zielsetzung</b>	<b>4</b>
<b>2. Methode</b>	<b>4</b>
2.1 Delphi-Verfahren	4
2.2 Fragebogen	5
2.3 Auswahl der Experten	5
<b>3. Ergebnisse</b>	<b>6</b>
<b>3.1 Grundlagenforschung</b>	<b>6</b>
Forschung mit adulten vs. embryonalen Stammzellen	6
Züchtung und Transplantation	7
Chancen und Risiken	9
Wichtige Faktoren zur Realisierung	9
Bedeutung verschiedener Stammzelltypen in der Forschung	10
<b>3.2 Therapie und Anwendung</b>	<b>11</b>
Realisierungszeiträume	11
Chancen und Risiken	13
Wichtige Faktoren zur Realisierung	13
Zugang zu verschiedenen Zelllinientypen für therapeutische Zwecke	14
Einsatz humaner, adulter Stammzelltypen in medizinischer Therapie	15
<b>3.3 Gesellschaftliche Rahmenbedingungen</b>	<b>16</b>
Ethische Diskussion und Akzeptanz	16
Veränderungen der politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen	16
Kommerzialisierung der Stammzellforschung	17
Zelllinienbanken	17
Chancen und Risiken	18
Wichtige Faktoren zur Realisierung	19
Themen des öffentlichen und politischen Diskurses	20
<b>3.4. Auswirkungen auf verwandte Forschungsbereiche</b>	<b>21</b>
In-Vitro-Fertilisation, Keimbahntherapie und Klonen	21
Toxikologische und pharmakologische Forschung	21
Zelltherapie	21
Chancen & Risiken	22
Wichtigen Faktoren zur Realisierung	23
<b>Literatur</b>	<b>24</b>

# 1. Zielsetzung

Die vorliegende Studie ist im Rahmen des BMBF-geförderten Projektes „Diskurs zu den ethischen Fragen der Biomedizin“ (Förderzeitraum 2002-2004) entstanden und Resultat der Zusammenarbeit zwischen der Arbeitsgruppe für Bioethik und Wissenschaftskommunikation (AG BuW) am Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin (MDC) Berlin-Buch (Leitung Dr. Christof Tannert) und der Programmgruppe Mensch, Umwelt, Technik (MUT) am Forschungszentrum Jülich (Leitung: Dr. Peter Wiedemann).

Zielstellung dieser Studie war die Exploration der Zukunft der Stammzellenforschung in Deutschland. Im Mittelpunkt standen (1) Entwicklungen in der Grundlagenforschung, (2) Anwendungen in Diagnostik und Therapie von Krankheiten, (3) Auswirkungen auf verwandte Forschungsbereiche sowie (4) gesellschaftliche Rahmenbedingungen, die die Zukunft der Stammzellenforschung beeinflussen. Dazu wurden mittels der Delphi-Methode Experten aus Forschung, Kliniken und der Industrie befragt. Dieses Verfahren erscheint am ehesten geeignet, um mit einem vertretbaren Zeit- und Ressourcen-Aufwand zu reflektierten Expertenaussagen zu kommen.

Wie bei allen Prognosen hängt auch bei Delphi Verfahren die Belastbarkeit der Aussagen von der Qualität und Vollständigkeit der einbezogenen Expertise und dem Maße an Reflexion über dieselbe ab. Wir sind deshalb froh, dass wir für alle relevanten Felder der Stammzellenforschung ausgewiesene ExpertInnen und Experten, die in Deutschland auf diesem Felde tätig sind, zur Teilnahme an unserer Studie gewinnen konnten. Allerdings müssen auch unter optimalen Bedingung die prinzipiellen Aussagegrenzen der Delphi-Methode beachtet werden: Bestenfalls lassen sich Trends erkennen und wichtige Bedingungen ausmachen, die die Zukunft bestimmen werden. Diese Aussagen werden umso verlässlicher, je größer die beteiligte Expertenzahl ist, was nicht nur, aber auch eine Frage der Ressourcenausstattung einer solchen Studie ist.

Eine erste Verwendung fanden die Ergebnisse als Information für die „Bürgerkonferenz zur Stammzellforschung in Deutschland“, die gleichfalls ein Teil des genannten Forschungsprojektes war und im März 2004 abgeschlossen wurde ([www.bioethik-diskurs.de/Buergerkonferenz/Aktuelles/view](http://www.bioethik-diskurs.de/Buergerkonferenz/Aktuelles/view)). Darüber hinaus aber wollen die Autoren allen Interessierten und vor allem den wirtschaftlichen und politischen Entscheidungsträgern ein solides Orientierungswissen liefern.

## 2. Methode

### 2.1 Delphi-Verfahren

Die Delphi-Methode ist ein Verfahren zur Strukturierung einer Gruppenkommunikation über ein komplexes Problem (Linstone & Turoff, 1975), das Anfang der 50er Jahre des vorigen Jahrhunderts zur Unterstützung militär-strategischer Planungen entwickelt wurde (Gordon & Helmer, 1964) und mittlerweile in vielen zivilen Anwendungen und Ländern als Instrument zur vorausschauenden Erkennung längerfristiger Trends in der Wissenschafts- und Technikentwicklung eingesetzt wird.

Grundmerkmal der auch von uns verwendeten klassischen „Paper-and-Pencil-Delphi-Methode“ (Linstone & Turoff, 1975; Häder und Häder 2000; Aichholz 2002) ist der wiederholte Einsatz eines formalisierten Fragebogens, der vorgegebene Thesen enthält, die von Experten hinsichtlich verschiedener Kriterien zu bewerten sind. Nach der anonymen Auswertung der Antworten der ersten Runde werden den Teilnehmern die relativen Antworthäufigkeiten zurückgesandt. Die Experten bewerten daraufhin die Thesen und ggf. zusätzlich aufgestellte, ergänzende Thesen erneut unter Berücksichtigung der zurückgespiegelten Ergebnisse in mindestens einer weiteren Runde.

## 2.2 Fragebogen

Der Fragebogen der vorliegenden Delphi-Studie zur „Zukunft der Stammzellforschung in Deutschland“ umfasst 57 Thesen aus den Bereichen: (1) Grundlagenforschung, (2) Therapie und Anwendung, (3) gesellschaftliche Rahmenbedingungen sowie (4) Auswirkungen auf verwandte Forschungsbereiche. Der Umfang der vorliegenden Studie liegt damit im Bereich einer sog. Mini-Delphi-Studie<sup>4</sup>.

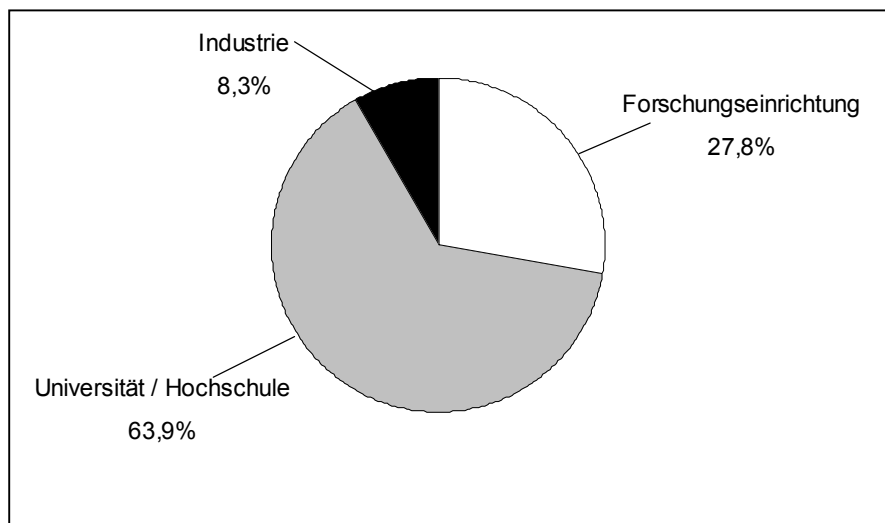
Die Thesen wurden der einschlägigen Literatur zur Stammzellforschung entnommen (vgl. NIH 2001, Martin und Haverich 2001, NAS 2002, Hüsing et al. 2003, CEC 2003) und wie folgt bewertet:

- hinsichtlich des zu erwartenden Zeitraums der Realisierung der Entwicklung,
- ihrer Erwünschtheit,
- den Chancen und Risiken für Patienten, Industrie und Forschung sowie
- hinsichtlich der wichtigsten Faktoren zur Realisierung in Deutschland.

## 2.3 Auswahl der Experten

Für die Zahl der Teilnehmer definiert die einschlägige Literatur keine genauen Grenzen, jedoch scheinen bereits Gruppengrößen zwischen 15 und 30 für stabile Ergebnisse zu sorgen (vgl. Häder und Häder, 2000).

Von 110 Experten, die nach Studium der einschlägigen Literatur zur Stammzellforschung und nach Konsultation ausgewiesener Forscher und Forscherinnen eingeladen wurden, nahmen 49 an der ersten und 36 an der zweiten Befragungsrunde teil. Dies entspricht einer ‚Panel-Mortalität‘ von 27%, die damit im Durchschnitt vergleichbarer Studien liegt (vgl. Rondé, 2003). Auch in der zweiten Runde konnte eine zufriedenstellende Abdeckung aller inhaltlich relevanten Forschungsbereiche erreicht werden. Die Experten rekrutierten sich aus folgenden Institutionen und Arbeitsgebieten:



**Abbildung 1: Derzeitige berufliche Wirkungsstätte der Experten**

<sup>4</sup> Mini-Delphi bedeutet nach Cuhls (1998) die reduzierte Anzahl von abgefragten Technologiefeldern, wohingegen Mini-Delphi nach Steinmüller (1997, S. 79) die teilweise Aufgabe der Anonymität bedeutet. Hier wird der Begriff im ersteren Sinne verwendet.

Schwerpunkte der Tätigkeiten (Mehrfachnennung möglich)	Prozentual
Angewandte Forschung und Technologienentwicklung	38,9%
Naturwissenschaftliche Grundlagenforschung	61,1%
Forschung zu sozialen, rechtlichen und ethischen Aspekten	16,74%
Medizinisch-klinische Praxis	19,7%
Beratung / Information	2,8%
Marketing / Produktvertrieb	0%
Sonstiges	5,6%

**Tabelle 1: Schwerpunkte der Tätigkeiten**

Im weiteren beziehen sich alle Angaben auf die zweite Runde. Aufgrund der Ressourcenausstattung des Projektes musste auf weitere Runden verzichtet werden.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Grundlagenforschung

#### Forschung mit adulten<sup>5</sup> vs. embryonalen Stammzellen

Annähernd drei Viertel der Experten sind der Auffassung, dass mittelfristig (in den nächsten 11-20 Jahren) die meisten Grundlagenfragen zu embryonalen und zu gewebespezifischen Stammzellen gelöst sein werden und sich die Forschung auf die Optimierung der medizinisch-therapeutischen Anwendungen konzentriert.

Entwicklungen im Bereich der Forschung mit adulten Stammzellen werden als ausgesprochen wünschenswert erachtet; die Zustimmung liegt hier zwischen 75% und 92%. Die vergleichbaren Werte zur Forschung mit embryonalen Stammzellen hingegen liegen mit 47% bis 61% deutlich niedriger.

Etwa 90% der Befragten gehen davon aus, dass innerhalb der nächsten 10 Jahre effiziente Verfahren zur Gewinnung und Anreicherung von verschiedenen humanen gewebespezifischen Stammzellen etabliert sind.

Die Möglichkeit der Zurückverwandlung dieser Stammzellen in pluripotente Stadien wird ebenfalls von annähernd 90% innerhalb der nächsten 15 Jahre erwartet. Diese Erkenntnisse werden zunächst durch Forschung mit tierischen Stammzellen (<5 Jahre) und mittelfristig (6-10 Jahre) verstärkt durch Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen entscheidend vorangebracht werden.

<sup>5</sup> Der Begriff „adulte Stammzellen“ ist unglücklich gewählt, aber leider eingebürgert. Stammzellen, embryonale wie „adulte“, sind eben nicht ausdifferenziert, also als solche nie in einem adulten Zustand. Gemeint sind mit „adulte Stammzellen“ die Herkünfte, nämlich aus ausdifferenzierten Geweben. Bezüglich ihrer Eigenschaften sind bessere Begriffe „gewebespezifische Stammzellen“ oder „somatische Stammzellen“ oder „Gewebestammzellen“. Da der Terminus technicus „adulte Stammzellen“ eingeführt ist, fügen wir uns in diesem Bericht jedoch meistens der Alltagssprache.

Im Vergleich zur Forschung mit adulten Stammzellen werden die Fortschritte der Forschung mit embryonalen Stammzellen vorsichtiger beurteilt. So halten zwar mehr als 70% die gezielte Ausdifferenzierung und Aufreinigung humaner embryonaler Stammzellen innerhalb der nächsten 10 Jahre für möglich, ein Viertel der Befragten jedoch hält die kontinuierliche Kultivierung und erfolgreiche Ausdifferenzierung dieses Zelltyps für illusorisch.

Ein weiterer Dissens zeigt sich im Hinblick auf die Bewertung des Risikos der Übertragung von Krankheitserregern im Rahmen der Züchtung humaner embryonaler Stammzelllinien. Während ein Viertel der Befragten das Übertragungsrisiko für innerhalb der nächsten 5 Jahre und nahezu die Hälfte für innerhalb der nächsten 10 Jahre kontrollierbar hält, stuft die andere Hälfte der Befragten dies als niemals realisierbar ein.

## **Züchtung und Transplantation**

Die Mehrheit der Experten ist der Meinung, dass die gezielte Differenzierung und Vermehrung von Stammzellen sowohl *in vitro* als auch *in situ* in den nächsten 15 Jahren möglich sein werden. Tendenziell wird die Entwicklung *in situ* vorsichtiger beurteilt.

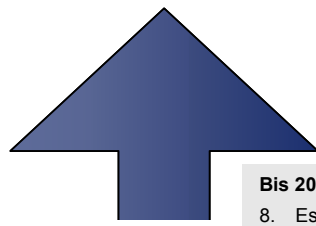
Nach Meinung von mehr als zwei Dritteln der Experten wird die Züchtung menschlicher Stammzellen in tierzellfreien Kulturbedingungen schon innerhalb der nächsten 5 Jahre als Standard etabliert sein. Ebenfalls optimistisch (in den nächsten 10 Jahren realisierbar) wird die nachhaltige Verminderung immunologischer Abstoßung von transplantierten allogenen Stammzellen bzw. Zelltransplantaten mittels Medikamenten beurteilt. Der kontrollierte und zielgenaue Einbau von Stammzellen in alle Bereiche einer Gewebeschädigung innerhalb des Organismus wird uneinheitlich bewertet; ungefähr 20% halten dies für innerhalb der nächsten 10 Jahre machbar, 38% innerhalb der nächsten 11-15 Jahre und 25% innerhalb der nächsten 16-20 Jahre.

Die Möglichkeit, eine eindeutige Charakterisierung humaner Stammzellen nach weltweit standardisiertem Protokoll zu erreichen, wird sehr unterschiedlich eingeschätzt: Je ein Drittel hält dies entweder für innerhalb der nächsten 6-10 Jahre oder für nie realisierbar, alle weiteren Einschätzungen verteilen sich nahezu gleichmäßig auf die verbleibenden Zeiträume.

Die Experten sind sich ebenfalls uneins, ob Tumorbildung oder falsche Ausdifferenzierung bei transplantierten humanen Stammzellen durch Medikamente oder den Einbau von Suizid-Genen ausgeschlossen werden kann. 40% der Befragten halten dies für nie realisierbar. Ein Viertel hält diese Entwicklung für innerhalb der nächsten 11-15 Jahre möglich, der Rest verteilt sich auf die übrigen Zeiträume.

Zu welchem Zeitpunkt pluripotente Zellen, die mittels therapeutischem Klonen gewonnen wurden, immunsuppressionsfrei transplantiert werden können, ist ebenfalls strittig. Ein Viertel der Befragten hält dies für nicht bzw. nicht in den nächsten 20 Jahren realisierbar. Ein weiteres Viertel dagegen glaubt an die Realisierbarkeit innerhalb der nächsten 10 Jahre.

Sehr skeptisch wird die Herstellung einer „künstlichen“ Stammzelle mit künstlichen Chromosomen und Zellbestandteilen beurteilt: Über die Hälfte der Experten hält diese Entwicklung für niemals realisierbar.



2023

**Bis 2023, später oder nie**

8. Es ist biotechnologisch gelungen, eine „künstliche“ Stammzelle mit künstlichen Chromosomen und Zellbestandteilen herzustellen.
9. Die gezielte Differenzierung und Vermehrung von Stammzellen erfolgt ausschließlich in situ, im Organismus, gesteuert durch Signale aus dem Körper und durch Medikamente optimiert.
18. Die meisten Grundlagenfragen zur embryonalen und gewebespezifischen Stammzellforschung sind gelöst und die Forschung konzentriert sich auf die Optimierung der medizinisch-therapeutischen Anwendungen.

2018

**Bis 2018**

3. Die Prozesse, die die Zurückverwandlung von gewebespezifischen Stammzellen in ein pluripotentes Stadium ermöglichen, sind weitgehend bekannt.
7. Humane embryonale Stammzelllinien lassen sich über einen Zeitraum von mindestens 15 Jahren kontinuierlich kultivieren und erfolgreich ausdifferenzieren.
12. Eine internationale Gewebekbank bietet ca. 4000 verschiedene menschliche embryonale Stammzelllinien aller humanen Histokompatibilitätsklassen
13. Die Gewinnung von pluripotenten Stammzellen mittels therapeutischem Klonen ermöglicht die immunsuppressionsfreie Transplantation von gezüchteten Zellen.
14. Die Tumorbildung oder falsche Ausdifferenzierung bei transplantierten humanen Stammzellen kann durch Medikamente oder die gentechnische Veränderung der Stammzellen (Einbau eines „Suizid-Gens“) ausgeschlossen werden.

2013

**Bis 2013**

1. Humane embryonale Stammzellen können gezielt ausdifferenziert und so aufgereinigt werden, dass der gewünschte Zelltyp rein und in beliebiger Menge zur Verfügung steht.
2. Effiziente Verfahren zur Gewinnung und Anreicherung von verschiedenen humanen gewebespezifischen, adulten Stammzellen sind etabliert.
5. Die Erkenntnisse aus der Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen haben die Zell-differenzierung, Umprogrammierung und Anreicherung bei humanen adulten Stammzellen entscheidend vorangebracht.
6. Alle humanen Stammzellen können nach weltweit standardisiertem Protokoll eindeutig charakterisiert werden.
10. Die Differenzierung und Vermehrung von menschlichen Stammzellen zu gewebespezifischen funktionsfähigen Zelltransplantaten erfolgt ausschließlich in vitro, im Labor.
- 10a. Die Differenzierung und Vermehrung von Stammzellen zu Zelltransplantaten erfolgt je nach Typ entweder in situ oder in vitro.
11. Stammzellen können kontrolliert und zielgenau in alle Bereiche einer Gewebeschädigung innerhalb des Organismus transplantiert werden.
15. Die vorhandenen humanen embryonalen Stammzelllinien können ohne das Risiko einer Übertragung von Krankheitserregern gezüchtet werden.
17. Lebenslange, regelmäßige Untersuchungen sind bei Patienten, die tierische Zelllinien als Zell- und Gewebetransplantate erhalten haben, gesetzlich vorgeschrieben.
19. Die immunologische Abstoßung von transplantierten allogenen Stammzellen bzw. Zelltransplantaten wird mittels Medikamenten nachhaltig vermindert.

2008

**Bis 2008**

4. Die Forschung mit tierischen Stammzellen hat die erfolgreiche Anwendung von Differenzierungs- bzw. Re-Programmierungsmechanismen bei humanen adulten Stammzellen entscheidend vorangetrieben.
16. Die Züchtung von menschlichen Stammzellen in vitro erfolgt standardmäßig in tierzellfreien Kulturbedingungen.

**Abbildung 2: Realisierungszeiträume in der Grundlagenforschung**

Anm. zu These 12: Die Anzahl von 4000 Linien ist eine Schätzung der European Science Foundation (zit. nach Hüsing et al., 2003, S. 120), ggf. müssen es noch mehr Zelllinien sein, um alle Klassen abzudecken.

Anm. zu These 10a: Die mit dem Zusatz a bezeichneten Fragen wurden nur in der zweiten Runde gestellt.

## Chancen und Risiken

Bei der Beurteilung von Chancen und Risiken wurden drei verschiedene Kategorien abgefragt (Patienten, Forschung, Unternehmen). Insgesamt dominiert deutlich die Chancenperspektive. Besonders für die Forschung werden *alle* Entwicklungen im Grundlagenbereich<sup>6</sup> als Chance beurteilt. Dieses gilt auch weitgehend für Unternehmen und Patienten. Jedoch werden hier die Entwicklung von künstlichen Stammzellen und die immunsuppressionsfreie Transplantation von pluripotenten Stammzellen *auch* als Risiko eingeschätzt.

Die Befragten sind sich weitgehend einig, dass sowohl Tumorbildung als auch die Übertragung von Krankheitserregern bei Stammzelltransplantationen (Stichwort: mouse feeder layer) zwar kontrollierbar sein werden, jedoch wird eine risikofreie Anwendung dieses Verfahrens von annähernd der Hälfte der Befragten ausgeschlossen.

Eine breite Anwendung wird also nur in Verbindung mit einem effektiven Risikomanagement möglich sein. Da sichere Monitoring-Verfahren und vor allem effektive Kontrollmöglichkeiten bisher nur unzureichend entwickelt sind -lebenslange Nachuntersuchungen werden beispielsweise sehr ambivalent bewertet- wird sich die fallbezogene Frage stellen, in welchen Situationen der Einsatz von Stammzelltransplantation nach konkreter Risiko-/Chancenabwägung überhaupt indiziert sein wird.

## Wichtige Faktoren zur Realisierung

Für alle Entwicklungen in der Forschung wird die Förderung durch den Staat mit großem Abstand als wichtigster Faktor gesehen. Danach folgt die internationale Zusammenarbeit. In weiterem Abstand folgt Forschungsförderung durch die Industrie. Die Faktoren Personal und Ausbildung sowie Technologietransfer zwischen Universitäten und Industrie werden für wenig bedeutend gehalten.

Bei Fragen der Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen gewinnen die politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen an Bedeutung. Andere Randbedingungen, wie beispielsweise internationale Märkte, die Information der Öffentlichkeit oder die Art der Krankenversorgung, spielen eine untergeordnete Rolle.

---

<sup>6</sup> Differenzierungs- und Vermehrungsprozesse von Stammzellen zu Zelltransplantaten (je nach Typ *in situ* oder *in vitro*), die eindeutige Charakterisierung humaner Stammzellen nach einem standardisierten Protokoll, die zielgenaue und kontrollierte Transplantation von Stammzellen in alle Bereiche eines Organismus, die Züchtung menschlicher Stammzellen in tierzellfreien Kulturbedingungen, sowie die Minderung der immunologischen Abstoßung transplantierte Zellen durch Medikamente.

## Bedeutung verschiedener Stammzelltypen in der Forschung

15 verschiedene Zelltypen unterschiedlicher Herkünfte und Differenzierungspotentiale sollten hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Forschung in den nächsten 10 Jahren beurteilt werden.

Nach absteigender Relevanz sortiert zeigt sich, dass humanen gewebespezifischen (adulten) Stammzellen die größte Bedeutung zugeordnet wird. Fast alle Experten (94%) halten Stammzellen dieser Herkunft für sehr wichtig.

Als wichtig für die Forschung werden humane embryonale Stammzellen aus der Blastozyste, genetisch veränderte humane adulte Stammzellen, Stammzellen aus Nabelschnurblut, genetisch veränderte humane embryonale Stammzellen sowie humane fetale Stammzellen angesehen.

Als unwichtig hingegen werden humane Keimbahn-Stammzellen (Embryonic Germ Cells), quasi-autologes Gewebe (durch therapeutisches Klonen) sowie umprogrammierte humane Tumorzellen eingeschätzt. Tierische embryonale und tierische gewebespezifische Stammzellen halten zwischen 78% und 87% der Experten für sehr wichtig für die Forschung.

Bezüglich des Differenzierungspotentials wird erwartungsgemäß pluripotenten Stammzellen die meiste Bedeutung für die Forschung beigelegt (94%), insbesondere pluripotenten Knochenmarksstammzellen (88,9%). Multipotente Stammzellen halten rund 81% für sehr wichtig, Vorläuferzellen werden von 94,3% der Experten für wichtig bzw. sehr wichtig gehalten.

	Relative Häufigkeit in %				
	ungültig & nicht beurteilt	völlig unwichtig	unwichtig	wichtig	sehr wichtig
Humane gewebespezifische, adulte Stammzellen	0	2,8	0	2,8	94,4
Humane embryonale Stammzellen aus der Blastozyste	0	0	19,4	27,8	52,8
Genetisch veränderte humane adulte Stammzellen	0	0	16,7	44,4	38,9
Stammzellen aus Nabelschnurblut	0	2,8	13,9	41,7	41,7
Genetisch veränderte humane embryonale Stammzellen	0	0	27,8	55,6	16,7
Humane Stammzellen aus fötalem Gewebe	0	5,6	50,0	30,6	13,9
Humane Keimbahn-Stammzellen (Embryonic Germ Cells)	0	8,6	71,4	14,3	5,7
Quasi-autologes Gewebe durch therapeutisches Klonen	2,9	20	45,7	0	34,3
Umprogrammierte humane Tumorzellen (z.B. Teratokarzinome)	0	13,9	69,4	11,1	5,6
Tierische embryonale Stammzellen	0	2,8	2,8	8,3	86,1
Tierische gewebespezifische Stammzellen	0	0	13,9	8,3	77,8
Pluripotente Stammzellen	0	0	0	5,6	94,4
Pluripotente Knochenmarksstammzellen	0	2,8	0	8,3	88,9
Multipotente Stammzellen	0	0	2,8	16,7	80,6
Vorläuferzellen	2,9	0	5,7	45,7	48,6

**Tabelle 3: Bedeutung verschiedener Stammzelltypen in der Forschung**

## 3.2 Therapie und Anwendung

### Realisierungszeiträume

Im Bereich Therapie und Anwendung der Stammzellenforschung fällt auf, dass sich die Beurteilung der Forschung mit embryonalen Stammzellen durchgängig von der Beurteilung der Forschung mit adulten Stammzellen unterscheidet. Insgesamt werden die Entwicklungen auf dem Gebiet der embryonalen Stammzellforschung als risikoreicher, v.a. für die Patienten, beurteilt. Zudem gewinnen hier die gesellschaftliche Akzeptanz und die politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen als wichtige Einflussfaktoren deutlich an Relevanz.

Krankheitsbild	Bewertung
Diabetes mellitus	Sowohl der Einsatz insulinproduzierender Zellen aus adulten Stammzellen als auch die <i>In-Vitro</i> -Gewinnung insulinproduzierender Zellen aus humanen embryonalen Stammzellen wird für die nächsten 6-10 Jahre erwartet. Problematisch erscheint hingegen die Verpflanzung verkapselter xenogener, d.h. lebender tierischer Inselzellen zur Diabetestherapie.
Herzinfarkt	Die Behandlung koronarer Erkrankungen wird als eine der realistischsten und frühesten Anwendungsgebiete für die Stammzelltherapie angesehen. Die Mehrheit der Forscher hält die Behandlung von erkranktem Herzmuskelgewebe, z.B. nach einem Herzinfarkt, durch autologe, d.h. vom selben Patienten gewonnene, adulte Stammzellen bereits in 6-10 Jahren für möglich.
Morbus Parkinson	Die Linderung bzw. Heilung der Parkinsonschen Krankheit durch die Implantation von humanen embryonalen Stammzellen in das Gehirn des Patienten wird mehrheitlich innerhalb der nächsten 6-10 Jahren als möglich erachtet. Allerdings halten ca. 14% dies für nie realisierbar.
Multiple Sklerose	Die Behandlung von Multipler Sklerose wird frühestens mittelfristig (in 11-15 Jahren) zu erreichen sein. Das zeitweise Aufhalten der Erkrankung in ersten klinischen Versuchen durch die Verpflanzung von Gliazellen aus humanen embryonalen Stammzellen bzw. daraus gezüchteten Vorläuferzellen wird mehrheitlich in 11-15 Jahren erwartet. 17% der Befragten halten dies allerdings grundsätzlich für nicht realisierbar.
Querschnittslähmung	Der erfolgreiche Einsatz humaner Stammzellen zur Regeneration der Nervenfasern bei Querschnittslähmungen wird ebenfalls mehrheitlich in 11-15 Jahren erwartet. Auch hier halten 10% der Experten dies für nicht realisierbar.
Morbus Alzheimer	Die Verhinderung bzw. Verzögerung von Morbus Alzheimer durch den Einsatz humaner Stammzellen scheint der Mehrheit frühestens in 11-20 Jahren machbar. Allerdings halten 10% der Experten dies für niemals, weitere 36% für nicht innerhalb der nächsten 20 Jahre realisierbar.
Züchtung komplexer Organe	Äußerst skeptisch zeigen sich die Experten in Bezug auf die Züchtung komplexer Organe wie Niere, Leber und Herz aus Stammzellen <i>in vitro</i> . Fast 90% der Befragten halten dies für nicht in den nächsten 20 Jahren bzw. nie realisierbar.

Tabelle 2: Realisierungszeiträume klinischer Anwendungen der Stammzellforschung

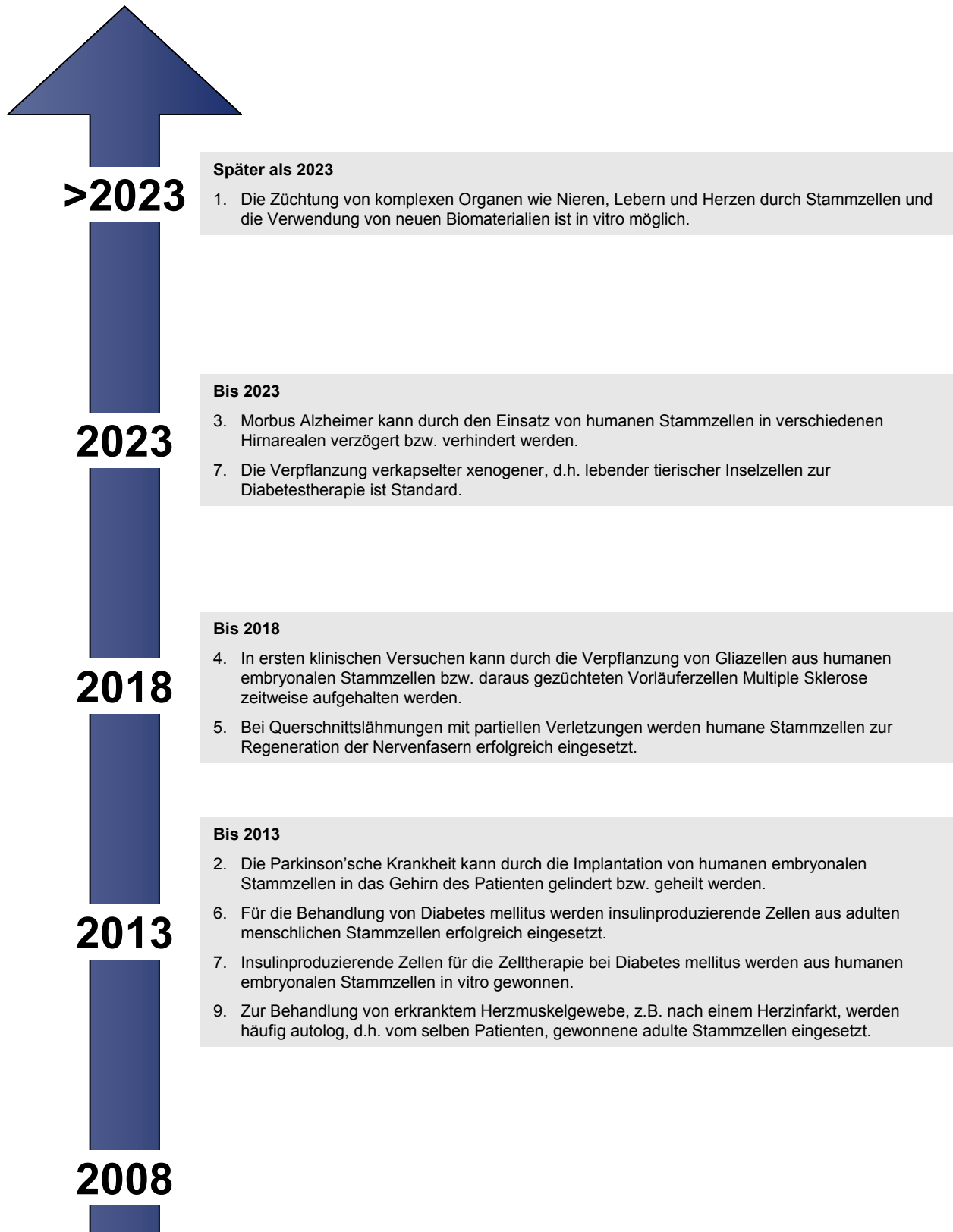


Abbildung 3: Realisierungszeiträume in Therapie und Anwendung

## **Chancen und Risiken**

Die meisten Entwicklungen im Bereich Therapie und Anwendung werden eindeutig als Chance gesehen. Dies gilt besonders im Hinblick auf die Verwendung adulter Stammzellen zur Behandlung von Diabetes mellitus und Erkrankungen des Herzmuskelgewebes sowie den Einsatz humaner Stammzellen bei Querschnittslähmungen. Sie werden von jeweils über 80% der Befragten als Chance beurteilt.

Wenn Risiken gesehen werden, so betreffen sie vor allem Patienten. Sie beziehen sich überwiegend auf die Nutzung embryonaler Stammzellen bzw. xenogener Zellen in der Transplantationsmedizin.

Unternehmerische Risiken korrelieren positiv mit Risikoeinschätzungen für die Patienten.

## **Wichtige Faktoren zur Realisierung**

Insgesamt zeigt sich bei den „Wichtigen Faktoren zur Realisierung“ ein einheitliches Bild. Die Forschungsförderung durch den Staat wird durchweg als wichtigster Faktor gesehen, gefolgt von industrieller Forschungsförderung und internationaler Zusammenarbeit. Politisch-rechtliche Rahmenbedingungen sowie gesellschaftliche Akzeptanz werden für die Forschung mit embryonalen Stammzellen als relevant betrachtet.

## Zugang zu verschiedenen Zelllinientypen für therapeutische Zwecke

Die Wahrscheinlichkeit des unbegrenzten Zugangs zu zehn Zelllinientypen für therapeutische Zwecke in 10 Jahren sollte von den Experten eingeschätzt werden. Hier zeigt sich in absteigender Reihung, dass pluripotente Knochenmarksstammzellen, Stammzellen aus Nabelschnurblut sowie humane gewebespezifische (adulte) Stammzellen mit der höchsten Wahrscheinlichkeit („Gibt es auf jeden Fall“) für therapeutische Zwecke zur Verfügung stehen werden. Zwischen 69% und 85% der Befragten sind sich diesbezüglich sicher, fast alle übrigen halten es zumindest für wahrscheinlich.

In Bezug auf allogene Zelllinien von humanen Spendern in Gewebebanken und gentechnisch veränderte humane Stammzellen verschiedener Art hält die Mehrheit der Befragten eine Verfügbarkeit für sehr wahrscheinlich.

Unsicher sind die Experten hinsichtlich humaner Stammzellen aus fötalem Gewebe, humaner embryonaler Stammzellen aus der Blastozyste, porciner Insel-Stammzellen für Xenotransplantationen, humaner Keimbahn-Stammzellen sowie quasi-autologem Gewebe, das auf der Grundlage von therapeutischem Klonen gewonnen werden soll. Ein unbegrenzter Zugang zu diesen Zelllinien wird mehrheitlich nicht innerhalb der nächsten 10 Jahre erwartet.

	Relative Häufigkeit in %				
	ungültig & nicht beurteilt	gibt es auf keinen Fall	gibt es vermutlich nicht	gibt es vermutlich	gibt es auf jeden Fall
Allogene Zelllinien von humanen Spendern in Gewebebanken	0	0	17,1	48,6	34,3
Gentechnisch veränderte humane Stammzellen verschiedener Art	0	5,7	34,3	51,4	8,6
Humane embryonale Stammzellen aus der Blastozyste	0	11,4	51,4	22,9	14,3
Humane gewebespezifische, adulte Stammzellen	0	0	0	31,4	68,6
Humane Keimbahn-Stammzellen (Embryonic Germ Cells)	0	14,3	65,7	17,1	2,9
Humane Stammzellen aus fötalem Gewebe	0	8,6	48,6	25,7	17,1
Pluripotente Knochenmarksstammzellen	0	2,9	0	11,7	85,7
Porcine Insel-Stammzellen für Xenotransplantation	0	11,4	45,7	37,1	5,7
Quasi-autologes Gewebe durch therapeutisches Klonen	0	31,4	60	8,6	0
Stammzellen aus Nabelschnurblut	0	0	5,7	11,4	82,9

**Tabelle 4: Zugang zu verschiedenen Zelllinientypen für therapeutische Zwecke**

## Einsatz humaner, adulter Stammzelltypen in medizinischer Therapie

In 10 Jahren erwarten die Experten mehrheitlich den standardmäßigen Einsatz aller zu bewertenden humanen adulten Stammzelltypen in der medizinischen Therapie (z.B. Zelltransplantationen, Tissue Engineering, Zellsysteme für regenerative Medizin).

Konsens liegt bezüglich hämatopoetischer Stammzellen vor. Alle Experten erwarten deren breiten Einsatz in den nächsten 10 Jahren. Große Zuversicht herrscht auch hinsichtlich mesenchymaler und epidermaler Stammzellen. Zwischen 77% und 85% sind sich sicher, dass diese Stammzelltypen breite Anwendung finden werden, die verbleibenden Experten halten dies zumindest für wahrscheinlich.

Nach absteigender Relevanz wird jedoch auch der Einsatz von Osteoblasten, Hepatozyten-Vorläuferzellen, neuronalen Stammzellen, Myoblasten / Muskel-Stammzellen, Pankreas-Stammzellen sowie von intestinalen Stammzellen innerhalb der nächsten 10 Jahre als wahrscheinlich erachtet.

	Relative Häufigkeit in %				
	Ungültig & nicht beurteilt	gibt es auf keinen Fall	gibt es vermutlich nicht	gibt es vermutlich	gibt es auf jeden Fall
Hämatopoetische Stammzellen	0	0	0	0	100
Hepatozyten-Vorläuferzellen	5,7	0	15,2	69,7	15,2
Mesenchymale Stammzellen	5,7	0	0	15,2	84,8
Myoblasten / Muskel-Stammzellen	2,9	2,9	20,6	67,6	8,8
Neuronale Stammzellen	0	0	22,9	60	17,1
Osteoblasten	5,7	0	9,1	63,6	27,3
Pankreas-Stammzellen	0	2,9	22,9	65,7	8,6
Stammzellen der Haut (Epidermale Stammzellen)	2,9	0	2,9	20,6	76,5
Stammzellen des Dünndarms (Intestinale Stammzellen)	8,6	0	34,4	62,5	3,1

**Tabelle 5: Einsatz verschiedener Stammzelltypen in medizinischer Therapie**

### **3.3 Gesellschaftliche Rahmenbedingungen**

#### **Ethische Diskussion und Akzeptanz**

Eine große Mehrheit der Befragten (~90%) geht davon aus, dass die öffentliche Diskussion um die ethischen Aspekte der Gewinnung von embryonalen Stammzellen dazu führt, dass in *naher Zukunft* die Forschung mit adulten Stammzellen stärker gefördert werden wird. Mit dieser Fokussierung werden überwiegend Chancen und kaum Risiken verbunden.

Fast zwei Drittel der Befragten (~62%) sind der Auffassung, dass die Mehrheit der Bevölkerung *mittelfristig* (in 6-15 Jahren) die Verwendung von humanen embryonalen Stammzellen aufgrund des erfolgreichen Einsatzes in der Medizin befürworten wird. Allerdings hält nur ein Drittel der Befragten dies für wünschenswert. Hier werden auch Risiken für die Patienten gesehen. Ein Fünftel ist der Überzeugung, dass sich diese Akzeptanz nie einstellen wird.

#### **Veränderungen der politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen**

Nahezu 90% der Experten gehen davon aus, dass sich ein internationales *De-Facto*-Verbot der Erforschung und Verwendung humaner embryonaler Stammzellen nie durchsetzen wird. Eine solche restriktive Regulation wird mehrheitlich auch als Risiko für Patienten, Forschung und Unternehmen angesehen.

Der unbeschränkte Import von embryonalen Stammzellen weltweit wird in den nächsten 6 - 15 Jahren von der Hälfte der Befragten erwartet. Allerdings sieht ungefähr ein Drittel dies für nie bzw. für nicht in den nächsten 20 Jahren als realisierbar an. Unabhängig von diesen Differenzen werden mit einem solchen schrankenfreien Import deutlich mehr Chancen als Risiken verknüpft.

Eine Lockerung des Embryonenschutzgesetzes, die die Forschung mit Embryonen bis zum 14. Tag erlauben würde, wird mehrheitlich innerhalb der nächsten 6-15 Jahre erwartet. Ein Drittel der Experten hält es aber für ausgeschlossen, dass sich diese Veränderung zugunsten der Forschung mit embryonalen Stammzellen innerhalb der nächsten 20 Jahre ergibt bzw. glaubt, dass sie nie eintreten wird. Unbenommen dieser unterschiedlichen Erwartungen werden damit aber überwiegend Chancen für Forschung, Patienten und Unternehmen verknüpft.

Eine weitergehende Öffnung des Embryonenschutzgesetzes, welche die Forschung an Embryonen jenseits des 14. Tages erlauben würde, wird von fast allen Befragten niemals oder aber zumindest nicht innerhalb der nächsten 20 Jahre erwartet.

#### **Forschungsstandort Deutschland**

In Bezug auf den Forschungsstandort Deutschland dominieren eher zurückhaltende Szenarien. Zwar wünschen sich 70% eine führende Rolle Deutschlands in der Stammzellforschung, aber über drei Viertel der Befragten gehen davon aus, dass eine solche Führungsrolle sowohl in Forschung als auch Patentanmeldung im Bereich der adulten Stammzellen unwahrscheinlich ist.

Als das größte Risiko für Patienten, Forschung und Industrie wird die Abwanderung der Stammzellforscher auf Grund restriktiver Forschungsbedingungen für embryonale Stammzellforschung bewertet. Die Wahrscheinlichkeit dieser Entwicklung wird aber unterschiedlich beurteilt. Während die eine Hälfte der Experten die Abwanderung von mindestens 50% aller Stammzellforscher nicht für denkbar hält, geht die andere Hälfte davon aus, dass sich diese Abwanderung bereits in den nächsten 5 Jahren vollzogen haben wird.

Mittel- bis langfristig werden jedoch auch in Deutschland positive Rahmenbedingungen erwartet - dies bezieht sich sowohl auf die Akzeptanz der embryonalen Stammzellenforschung als auch auf die rechtlichen Rahmenbedingungen (siehe oben).

## **Kommerzialisierung der Stammzellforschung**

Mehr als die Hälfte der Befragten hält es für unzutreffend, dass die Stammzellforschung in Deutschland vorrangig von der Industrie betrieben wird (56%) und sich ausschließlich an der Marktrelevanz möglicher Zelltherapien ausrichtet (59%). Allerdings erwartet ungefähr ein Fünftel diese Entwicklungen innerhalb der nächsten 10 Jahre. Vorwiegend wird eine solche Kommerzialisierung der Forschung als Risiko für die Patienten, aber auch für die Forschung angesehen.

Mehr als drei Viertel gehen davon aus, dass Zelltherapien in den nächsten 10 Jahren keinen wesentlichen Bestandteil der Gewinne der Biotechnologie-Industrie ausmachen werden, obwohl eine solche Entwicklung auch als Chance angesehen wird.

Dass die Patentierung der meisten embryonalen und gewebespezifischen Stammzelllinien und der daraus entstandenen Produkte die Forschungs- und Therapiekosten erhöht, wird von der Mehrheit innerhalb der nächsten 15 Jahre erwartet, obwohl weniger als 10% diese Entwicklung für wünschenswert halten. 20% (embryonal) bzw. 32% (adult) glauben nicht, dass es jemals zu einer solchen Patentierung kommen wird.

## **Zelllinienbanken**

Die Erstellung einer deutschlandweiten Zelllinienbank durch die Zusammenarbeit von Forschungseinrichtungen mit Patientengruppen wird von 59% der Experten innerhalb der nächsten 6-10 Jahre erwartet. Darüber hinaus halten es jedoch zwei Drittel für nicht realisierbar, dass Patientengruppen eigene Biobanken mit verschiedenen humanen Stammzellen bzw. sonstigen Zelllinien etablieren und finanzieren und auf der Mitbestimmung von Forschungszielen bestehen. Auch würde diese Entwicklung nur von einem Fünftel für wünschenswert gehalten, und mehrheitlich werden hier Risiken für die öffentliche Forschung gesehen.

Die Etablierung einer auf dem Non-Profit-Prinzip basierenden nationalen Biobank, welche humane adulte und embryonale Stammzellen für die öffentliche Forschung anbietet, wird von 68% der Befragten in den nächsten 10 Jahren erwartet. 75% halten diese Entwicklung für wünschenswert und sehen darin übereinstimmend Chancen für die Forschung. Gleiches gilt für ein nicht-kommerziell organisiertes internationales „Human Stem Cells Project“, bei dem die Charakterisierung, Archivierung und Bereitstellung aller Stammzelllinien für die weltweite Forschung angestrebt wird. Das betrachten 89% als wünschenswert und 80% gehen davon aus, dass dies innerhalb der nächsten 10 Jahre eintreten wird.

Eine steigende Bereitschaft der Bevölkerung zur Stammzellspende erwartet mehr als die Hälfte der Experten (52%) innerhalb der nächsten 6-10 Jahre. Zwar würde eine solche Entwicklung eindeutig als Chance verstanden, jedoch halten trotzdem über 70% hohe finanzielle Anreize in diesem Bereich weder für realisierbar noch wünschenswert, sondern eindeutig für riskant.

## Chancen und Risiken

Eindeutig als Risiko erachtet wird die mögliche Abwanderung deutscher Stammzellforscher ins Ausland. Gleiches gilt für ein internationales *de facto* Verbot embryonaler Stammzellforschung, eine kommerzielle Ausrichtung der Stammzellforschung sowie alle kostentreibenden Maßnahmen (z.B. Patentierung).

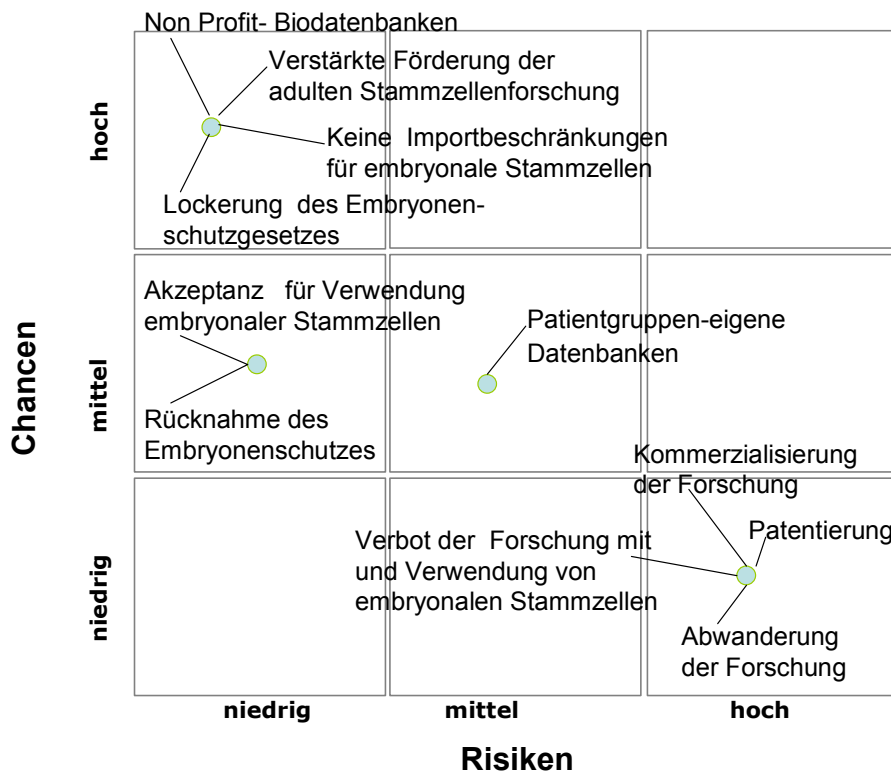


Abbildung 4: Chancen und Risiken für die Forschung

Eine verstärkte staatliche Förderung der Forschung mit adulten Stammzellen wird eindeutig als Chance begriffen. Gleiches gilt für den unbeschränkten Import von embryonalen Zellen sowie für die Einrichtungen von Non-Profit-Biodatenbanken und eine Lockerung der gesetzlichen Regelungen, die in Deutschland Forschung mit Embryonen bis zum 14. Tag erlauben würden.

Die Mitbestimmung von Forschungsinhalten durch Patientengruppen *via* Etablierung eigener Biobanken wird für die Forschung als problematisch angesehen.

Die Rücknahme des Embryonenschutzgesetzes (Forschung mit Embryonen jenseits des 14. Tages) wird nicht als entscheidende Chance angesehen, allerdings werden damit auch nur geringe Risiken für die Forschung verbunden.

Chancen und Risiken der Forschung sind weitgehend deckungsgleich mit den Chancen und Risiken für die Patienten: Was für die Forschung gut ist – ist gut für die Patienten und umgekehrt. Deutlich abweichend davon wird die Frage der Etablierung eigener Biobanken durch Patientengruppen und deren so gegebener Einflussnahme auf die Forschung beurteilt. Hier werden für Patienten überwiegend Chancen, aber für die Forschung vornehmlich Risiken gesehen. Eine weitere Differenz betrifft Risiken, die mit der mehrheitlichen Akzeptanz der Verwendung embryonaler Stammzellen zusammenhängen. Hier werden kaum Risiken für die Forschung, wohl aber für Patienten gesehen.

Alles, was die Kommerzialisierung der Forschung betrifft – insbesondere die Patentierung - sowie deren Marktrelevanz verbessert, wird als Chance für Unternehmen wahrgenommen.

## Wichtige Faktoren zur Realisierung

Die Zukunft der gesellschaftlichen Rahmenbedingungen der Stammzellforschung ist von einer ganzen Reihe von Faktoren abhängig. Das Zusammenspiel der Einflussfaktoren zeigt Abbildung 5.

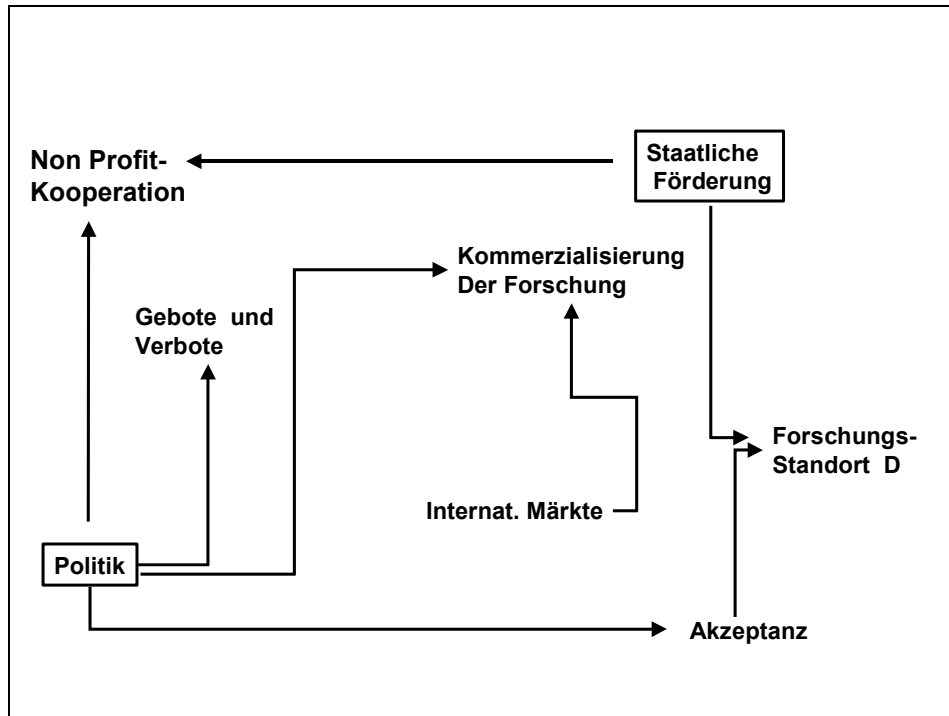


Abbildung 5: Beziehungen zwischen den Einflussfaktoren

Die gesellschaftliche Akzeptanz spielt für die Befragten vor allem bei der Forschung mit embryonalen Stammzellen, ihrer gesellschaftlichen Wahrnehmung und der nationalen und internationalen rechtlichen Regelungen eine Rolle.

Öffentlich zugängliche Informationen nehmen bei Entwicklungen einen zentralen Platz ein, wenn diese gesellschaftliche Akzeptanz oder Partizipation erfordern, z.B. bei Zellspende sowie bei der Befürwortung des Einsatzes von embryonalen Stammzellen.

Die wirtschaftliche Nutzung der Stammzellforschung, z.B. durch Patentierung und Marktrelevanz der Forschung, wird überwiegend durch private Investitionen, die Verfügbarkeit internationaler Märkte sowie z. T. durch die politischen Rahmenbedingungen und die staatliche Forschungsförderung beeinflusst.

Der Standort Deutschland, d.h. eine führende Rolle Deutschlands in diesem Bereich der Biomedizin, wird vor allem von der staatlichen und privaten Forschungsförderung abhängig gesehen. Für mögliche negative Entwicklungen wie die Abwanderung von Stammzellforschern in das Ausland sind darüber hinaus vor allem politische Rahmenbedingungen und die gesellschaftliche Akzeptanz kritische Einflussgrößen.

## Themen des öffentlichen und politischen Diskurses

Jeweils über die Hälfte der Befragten geht davon aus, dass der öffentliche und politische Diskurs zur Stammzellforschung in den nächsten 5 Jahren sehr stark durch Fragen zum Status des Embryos, zur Ächtung des Klonens sowie zu einer gerechten Gesundheitsversorgung geprägt sein wird.

Außerdem wird erwartet, dass Veränderungen des Menschenbildes, die Sicherung der Forschungsfreiheit in der Debatte ebenso wie wirtschaftliche Gewinne ebenfalls von Gewicht sein werden, auch wenn diesen Faktoren eine etwas geringere Bedeutung zugesprochen wird als den oben aufgeführten Themen. Ein Wandel des Gesundheitsverständnisses wird ebenfalls als wichtiges Problem empfunden. Weniger präsent im öffentlichen und politischen Diskurs der nächsten 5 Jahre wird nach Ansicht der Experten ein Anwachsen der Rechte der Patienten einnehmen. Eine explizite Berücksichtigung der Frauenrolle wird als unwichtig erachtet.

	Relative Häufigkeit in %				
	Ungültig & nicht beurteilt	völlig unwichtig	unwichtig	wichtig	sehr wichtig
Allgemeines Ächten des Klonens	0	0	8,6	20	71,4
Gerechte Gesundheitsversorgung	0	0	14,3	31,4	54,3
Mehr Rechte von Patienten	0	2,9	31,4	62,9	2,9
Rücksicht auf Frauenrolle	0	22,9	60	14,3	2,9
Sicherung der Forschungsfreiheit	2,9	0	11,8	58,8	29,4
Status des Embryos	0	0	0	22,9	77,1
Veränderung des Menschenbildes	0	0	5,7	45,7	48,6
Wandel des Gesundheitsverständnisses	0	0	25,7	45,7	28,6
Wirtschaftliche Gewinne	0	0	14,3	57,1	28,6

**Tabelle 6: Themen des öffentlichen und politischen Diskurses**

### **3.4. Auswirkungen auf verwandte Forschungsbereiche**

#### **In-Vitro-Fertilisation, Keimbahntherapie und Klonen**

Entwicklungen in diesem Komplex werden im Vergleich zu Entwicklungen in der Grundlagenforschung sowie in Therapie und Anwendung skeptischer beurteilt, sowohl hinsichtlich des Zeitraums ihrer Realisierung als auch ihrer Erwünschtheit. So wird die Durchführung einer Keimbahntherapie am Menschen nur von 8,3% aller Befragten erwünscht und von über 80% auch nicht innerhalb der nächsten 20 Jahre bzw. niemals in Deutschland erwartet.

Therapeutisches Klonen<sup>7</sup> zur Erzeugung humaner embryonaler Stammzellen für die Zelltherapie erwarten 55% der Experten ebenfalls nicht innerhalb der nächsten 20 Jahre, knapp ein Fünftel sogar niemals. Obwohl auch die Verwendung überzähliger Embryonen für die Herstellung neuer Stammzelllinien strittig beurteilt wird, erwarten 60% eine solche Praxis innerhalb der nächsten 10 Jahre.

Eine Verbesserung der Technik des reproduktiven Klonens beim Menschen durch Kenntnisse aus der Stammzellforschung scheint die Experten in zwei Lager zu spalten. 44% halten dies für niemals realisierbar, weitere 17% zumindest nicht innerhalb der nächsten 20 Jahre. Allerdings erwartet nahezu ein Drittel diese Verbesserung bereits innerhalb der nächsten 10 Jahre. Verbesserungen des reproduktiven Klonens beim Säugetier hingegen werden mehrheitlich sehr optimistisch betrachtet. Über 80% der Forscher halten dies in den nächsten 10 Jahren für machbar, 50% sogar innerhalb der nächsten 5 Jahre.

Alle diese Entwicklungen in den Bereichen der In-vitro-Fertilisation sowie des therapeutischen und reproduktiven Klonens werden von deutlich weniger als der Hälfte der Experten (14-39%) als wünschenswert erachtet.

#### **Toxikologische und pharmakologische Forschung**

Optimistisch wird die Nutzung der Stammzellforschung in der toxikologischen und pharmakologischen Forschung bewertet. Den routinemäßige Einsatz von Stammzelllinien in diesem Forschungsbereich erwarten alle Experten innerhalb der nächsten 15 Jahre. 44% halten dies sogar schon für innerhalb der nächsten 5 Jahre realisierbar. Eine daraus folgende 30%ige Reduktion der Tierversuche erwartet zwar die Hälfte der Experten innerhalb der nächsten 10 Jahre, allerdings hält ein Viertel diese Reduktion auch für niemals erreichbar. Diese Entwicklungen werden von einer deutlichen Mehrheit (>80%) der Experten als sehr wünschenswert beurteilt.

#### **Zelltherapie**

Vorsichtiger sind die Einschätzungen bezüglich der Reduktion von Gewebeschäden infolge von Herz-/Kreislauf-Erkrankungen, Infektionskrankheiten und Organ- oder Stoffwechselerkrankungen sowie bezüglich der Reduktion von Nierentransplantationen. Diese Anwendungen werden zwar, wie sich bereits im Fragenkomplex zu Therapie und Anwendung zeigte, grundsätzlich als realisierbar angesehen, aber in ihrer breiten Anwendung von der Mehrheit der Experten nicht innerhalb der nächsten 20 Jahre erwartet. Allerdings werden diese Entwicklungen von 80 bzw. 89% der Experten erwünscht.

Eine Steigerung des Umsatzes von Immunsuppressiva durch einen Mehreinsatz von Zelltherapie wird mehrheitlich erst in 11-15 Jahren erwartet und auch nur von 14% der Experten erwünscht.

---

<sup>7</sup> Therapeutisches Klonen: Embryonenerzeugung für (Stamm)Zellgewinnung durch Zellkerntransfer in entkernte Eizellen.

## Chancen & Risiken

Als besonders chancenreich werden der Einsatz humaner Stammzelllinien in der toxikologischen Forschung und eine daraus folgende Reduktion von Tierversuchen erachtet. Auch die Reduktion der Notwendigkeit von Nierentransplantationen sowie von Folgen von Herz-/Kreislauf- und Infektionskrankheiten durch den Einsatz von Stammzelltherapie wird ebenfalls eindeutig als Chance für Patienten, Industrie und Forschung beurteilt.

Als riskant werden hingegen einhellig Entwicklungen in den Bereich des reproduktiven und therapeutischen Klonens beim Menschen sowie der Keimbahntherapie beim Menschen beurteilt.

Das reproduktive Klonen bei Säugetieren, ein steigender Umsatz von Immunsuppressiva durch einen verbreiteten Einsatz von Zelltherapien sowie die Nutzung überzähliger Embryonen für die Herstellung von Stammzelllinien werden für die Patienten als riskant erachtet. Für Industrie und Forschung werden diese Entwicklungen hingegen als Chance gesehen.

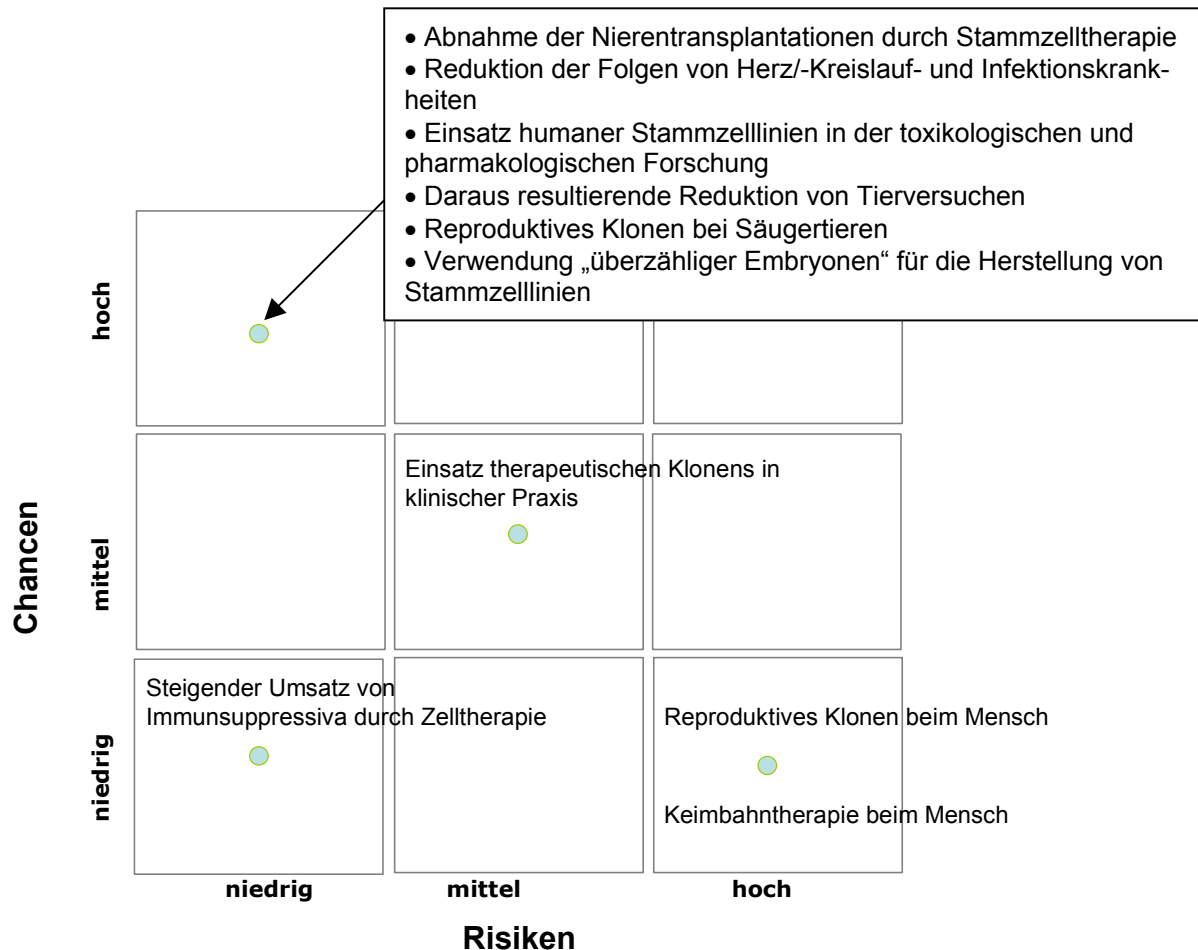


Abbildung 6: Chancen und Risiken für die Forschung in verwandten Forschungsbereichen

## **Wichtige Faktoren zur Realisierung**

Alle Entwicklungen, die klar als Chance und wünschenswert erachtet werden hängen vornehmlich von staatlicher und industrieller Forschungsförderung ab. Dazu gehören der Einsatz humaner Stammzelllinien in der toxikologischen Forschung und eine daraus folgende mögliche Reduktion von Tierversuchen, die Reduktion von Nierentransplantationen sowie der Folgen von Herz-/Kreislauf- und Infektionskrankheiten durch den frühzeitigen Einsatz von Stammzelltherapie.

Dagegen werden gesellschaftliche Akzeptanz und politisch-rechtliche Rahmenbedingungen dann als wichtigste Faktoren erachtet, wenn es um risikoreiche und wenig erwünschte Entwicklungen geht, wie z.B. Keimbahntherapien sowie reproduktives und therapeutisches Klonen beim Menschen.

Der steigende Umsatz von Immunsuppressiva durch einen verbreiteten Einsatz von Zelltherapie fällt aus beiden Mustern heraus und scheint vor allem von industrieller Forschungsförderung und gesetzlicher Krankenversorgung abhängig zu sein. Anzumerken ist hier, dass die Rolle der gesetzlichen und privaten Krankenversorgung bei fast keiner anderen Entwicklung als relevant erachtet wurde.

## Literatur

- Aichholzer, G. (2002): *Das Experten-Delphi: Methodische Grundlagen und Anwendungsfeld ,Technology Foresight'*. <http://www.oeaw.ac.at/ita/pdf/ita-02-05.pdf> , dergl. in: A. Bogner, B. Littig und W. Menz (Hg.) *Das Experteninterview. Theorie, Methode, Anwendung*. Opladen: Leske& Budrich.
- BMFT (1993): *Deutscher Delphi-Bericht zur Entwicklung von Wissenschaft und Technik*.
- BMFT (1998): *Delphi ,98 – Umfrage zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik*.
- Commission of the European Communities (2003): *Report on Human Embryonic Stem Cell Research*, Brüssel 96 S.
- Cuhls K. (1998): *Technikvorausschau in Japan*, Physica Verlag.
- Gordon, T.J. & Helmer, O. (1964). *Report on a Long Range Forecasting Study*. RAND Paper P-2982. Santa Monica, Calif.: RAND Corporation.
- Häder, M. & Häder, S. (2000): Die Delphi-Methode als Gegenstand methodischer Forschung. In: Häder, M. & Häder, S. (Hrsg.): *Die Delphi-Technik in den Sozialwissenschaften. Methodische Forschungen und innovative Anwendungen*. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.
- Hüsing B., Engels E.-M., Frietsch R. et al. (2003): *Menschliche Stammzellen*. Studie des Zentrums für Technikfolgen-Abschätzung Bern TA 44/2003 337 S.
- Linstone, H.A. (1978). The Delphi-Technique. In: Fowles, J. (Hrsg.) *Handbook of Futures Research*. Greenwood Press, Westport, Connecticut. S. 273-300.
- Linstone, H. A. and M. Turoff (2002): *The Delphi Method: Techniques and Applications*. Addison-Wesley Pub. Co.
- Martins, U. und A. Haverich (2001): *Potential adulter Stammzelle: Kann auf die Verwendung embryonaler Stammzellen verzichtet werden?* Gutachten für die Konrad-Adenauer-Stiftung.
- National Academy of Science (NAS) 2002: *Stem, cells and the future of regenerative medicine*. Washington: National Academie Press, 94 pp.
- National Institute of Health (NIH) 2001: *Stem Cells: scientific progress and future research directions*. Department of Health and Human Service, 106 pp+ appendix.
- Rondé, P. (2003): Delphi analysis of national specificities in selected innovative areas in Germany and France. *Technol. Forecast. Soc. Change* 70, 419-448.
- Steinmüller, K. (1997): *Grundlagen und Methoden der Zukunftsforschung*, Sekretariat für Zukunftsforschung Gelsenkirchen, Werkstattbericht 21.