publifocus

1-2002 *TA-SWISS* Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung

Inhalt

Projekt «publifocus»
Bürgerinnen und Bürger diskutieren kontroverse Themen an Veranstaltungen von *TA-SWISS*

Biologie I
Was sind Stammzellen?
Fact Sheet 1

Biologie II
Wie gewinnt man Stammzellen?
Fact Sheet 2

Medizin
Was sind die möglichen Anwendungen?
Fact Sheet 3

Recht
Wie ist die Rechtslage in der Schweiz und in anderen Ländern?
Fact Sheet 4

Ethik
Welche ethischen Fragen stellen sich?
Fact Sheet 5

Glossar

www.ta-swiss.ch

Das Projekt

«publifocus» zu Stammzellen

Das Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung *TA-SWISS* organisiert im April 2002 Diskussionsrunden unter dem Titel «publifocus». Bürgerinnen und Bürger erhalten die Gelegenheit, über die Stammzell-Forschung zu diskutieren.

Die Forschung an Stammzellen weckt grosse Hoffnungen, namentlich bei Patientinnen und Patienten, die an Krankheiten leiden, die bis jetzt noch als unheilbar gelten wie etwa Parkinson oder Alzheimer. Aber da für die Gewinnung der Stammzellen Embryonen vernichtet werden, stellen sich der Gesellschaft schwerwiegende Fragen: Lässt sich der Rückgriff auf menschliche Embryonen rechtfertigen? Haben Embryonen einen Rechtsanspruch auf Leben? Wann beginnt das Leben? Wie steht es um das Verhältnis zwischen Mutter und Embryo?

Diskussionrunden «publifocus»

Um die Hoffnungen und Befürchtungen der Bürgerinnen und Bürger besser zu verstehen führt *TA-SWISS* eine Serie von «publifocus» Veranstaltungen durch. Diese dauern im Unterschied zu grösseren und aufwändigeren Gesprächsplattformen wie etwas dem «PubliForum» (siehe Glossar) lediglich einige Stunden und finden im kleineren Rahmen statt. Auch werden keine Empfehlungen erarbeitet. Bei «publifocus» stehen die Diskussionen unter den Teilnehmenden im Mittelpunkt.

Insgesamt finden im April 2002 sechs «publifocus» Diskussionsabende statt: Drei in verschiedenen Sprachregionen und drei mit unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen. Dazu gehören erstens, direkt und indirekt Betroffene von Krankheiten, die mit Erkenntnissen der Stammzell-Forschung vielleicht einmal geheilt werden könnten. Zweitens, Frauen, deren Einstellung zur Verwendung von Embryonen für die Forschung möglicherweise beeinflusst ist durch die Erfahrung der Schwangerschaft. Und drittens, gläubige Menschen. Vor den Veranstaltungen erhalten die zirka zehn Teilnehmenden die beiliegenden Infor-mationsunterlagen zum Thema Stammzellen. Ablauf und Gehalt der moderierten Diskussion werden anschliessend analysiert, um die Werthaltungen und Einstellungen der Bürgerinnen und Bürger in Bezug auf die Stammzellen zu ermitteln. Diese Ergebnisse liefern einen Beitrag zur Vernehmlassung des Bundesgesetzes über die Forschung an Embryonen und werden im Sommer 2002 der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Die Durchführung von «publifocus» erfolgt in Koordination mit der Stiftung «Science et Cité».

Am Projekt beteiligte Personen
Projektbetreuerin : Danielle Bütschi, danielle.buetschi@swtr.admin.ch
Berichtsredaktion : Lucienne Rey, lucienne.rey@texterey.ch

Weitere Informationen zu «publifocus» finden sich unter: www.ta-swiss.ch. ■

Impressum

Herausgeber
Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung beim Schweizerischen Wissenschafts- und Technologierat

Birkenweg 61
CH-3003 Bern
Tel. ++41 (0) 31 322 99 63
Fax ++41 (0) 31 323 36 59
E-mail: ta@swtr.admin.ch

Texte
Ursula Pfister

Redaktion
Adrian Rüegsegger, Walter Grossenbacher-Mansuy

Wir danken folgenden Personen für ihre Rückmeldungen:
Dominik Büchel, Matthias Bürgin, Danielle Bütschi, Dora Fitzli, Dolores Krapf, Margrit Leuthold, Verena Schwander, Christoph Rehmann-Sutter, Lucienne Rey, Elisabeth Veya

Layout
Walter Grossenbacher-Mansuy

8. April 2002

Was sind Stammzellen?

Die Forschung an Stammzellen ist umstritten, weil dafür auch Embryonen verwendet werden. In der Diskussion tauchen immer wieder Fachbegriffe auf. Die Wichtigsten sind hier erklärt.

Alle Säugetiere, also auch die Menschen, bestehen aus rund 200 verschiedenen Zelltypen. Als Stammzellen bezeichnet man die Urzellen, aus denen der Organismus entsteht. Sie unterscheiden sich gegenüber anderen Zellen durch zwei Eigenschaften: Erstens besitzen sie die Fähigkeit, sich durch Zellteilung immer wieder selbst zu erneuern und zweitens können sie sich unter geeigneten Bedingungen zu verschiedenen Zelltypen weiterentwickeln. Die Kombination dieser Eigenschaften macht Stammzellen für medizinisch-technische Anwendungen so interessant.

Zwei verschiedene Arten

Stammzellen, die aus wenigen Tage alten Embryonen gewonnen werden, nennt man **embryonale Stammzellen** (ES-Zellen). Die Forschung an diesen Zellen ist deshalb umstritten, da der Embryo durch die Entnahme der Stammzellen getötet wird (siehe Fact Sheet 2). Auch geborenen bzw. erwachsenen Menschen kann man Stammzellen entnehmen, man spricht dann von **adulten Stammzellen** (lateinisch: adult = erwachsen). Diese kommen in zahlreichen Organen des Körpers vor (siehe insbesondere Fact Sheet 2). Die Arbeit mit solchen Zellen ist ethisch viel weniger problematisch, da der Spender oder die Spenderin dieser Zellen durch die Entnahme nicht geschädigt wird und zur Entnahme einwilligen kann. Forscherinnen und Forscher interessieren sich allerdings gegenwärtig stärker für die embryonalen Stammzellen, da sie von diesen vielfältigere Therapiemöglichkeiten erwarten als von den adulten. Zudem sind adulte Stammzellen beim heutigen Stand der Forschung – mit Ausnahme von Stammzellen aus dem Blut oder aus dem Knochenmark – nur sehr schwierig zu gewinnen und man geht davon aus, dass sie weniger lange in Zellkulturen gehalten werden können als die embryonalen Stammzellen. Auch aus diesen Gründen scheint es für manche Forscherinnen und Forscher derzeit notwendig zu sein, an embryonalen Stammzellen zu forschen.

Alle Zellkulturen, die von der selben Stammzelle abstammen, werden unter dem Begriff **Stammzell-Linie** zusammen gefasst.

Verschiedene Entwicklungsmöglichkeiten

Nicht alle Arten von Stammzellen besitzen die gleichen Möglichkeiten, verschiedene Typen von Zellen und Geweben hervorzubringen (Potenzialität). Im Verlauf der Entwicklung nimmt diese Fähigkeit von den «Alleskönnern» (**totipotente Stammzellen**) über die «Vieleskönner» (**pluripotente Stammzellen**) bis zu den «Mehrfachkönnern» (**multipotente Stammzellen**) kontinuierlich ab. Bis anhin ging man davon aus, dass dieser Verlust an Entwicklungsmöglichkeiten nicht rückgängig gemacht werden kann. Neuere Forschungsergebnisse scheinen aber darauf hin zu deuten, dass bei adulten Stammzellen (siehe Fact Sheet 2) eine Rückführung in eine höhere Potenzialität, also zu mehr Können, unter gewissen, heute noch wenig bekannten Bedingungen, möglich sein könnte.

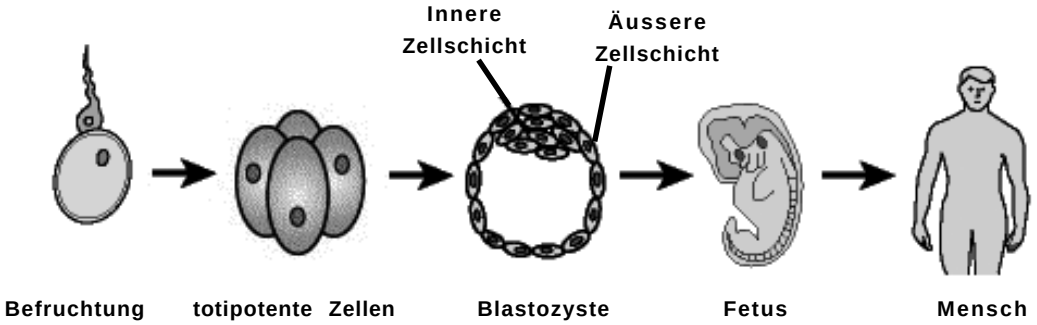
Blastozyste

Als Blastozyste (Keimblase) bezeichnet man den fünf bis sechs Tage alten Embryo, ein hohlkugelförmiges Gebilde, das aus zwei Zellschichten besteht: Mit den Zellen der äusseren Schicht nistet sich der Embryo in die Gebärmutter ein. Aus diesen Zellen entstehen Nabelschnur und Plazenta. Die innere Zellschicht bildet durch weitere Zellteilungen den Fetus. Die einzelnen Zellen sind nicht mehr fähig, einen kompletten Organismus auszubilden, weshalb man heute von der Pluripotenz dieser Zellen ausgeht. Die pluripotenten embryonalen Stammzellen befinden sich in der inneren Zellschicht.

Jede Zelle noch ein Mensch...

Eine totipotente Stammzelle entsteht durch die Verschmelzung einer weiblichen Eizelle mit einer männlichen Samenzelle: Die nun befruchtete Eizelle hat die Fähigkeit, sich zu einem vollständigen Organismus zu entwickeln. Auf ihrem Weg vom Eileiter zur Gebärmutter

Von der befruchteten Eizelle zum Menschen



Quelle: www.nih.gov/news/stemcell/fig1b2.gif

beginnt sie sich zu teilen. Ihre Tochterzellen behalten die Totipotenz bis ins Achtzellstadium (drei Zellteilungen).

...«nur» noch Zellen und Gewebe
Am fünften Tag nach der Befruchtung befindet sich der Embryo im Blastozysten-Stadium (siehe Kasten). Die **Blastozyste** enthält in ihrer inneren Zellschicht pluripotente embryonale Stammzellen. Die einzelnen Zellen der Blastozyste sind nicht mehr totipotent. Genau diese Zellen stehen im Mittelpunkt des Interesses, wenn Forscher und Forscherinnen von den menschlichen embryonalen Stammzellen sprechen, die sie zur Entwicklung neuer Therapieverfahren benutzen möchten (siehe Fact Sheet 3). Es sollen also Zellen verwendet werden, die nicht mehr die Fähigkeit (Potenzialität) haben, sich zu einem vollständigen Organismus zu entwickeln, wohl aber noch eine Vielzahl verschiedener Zell- und Gewebetypen hervorbringen können.
Im fertigen Organismus sind multipotente adulte Stammzellen für die Geweberegeneration und -reparatur zuständig: Sie liefern differenzierte Zellen nach, welche die Funktionstüchtigkeit von Geweben und Organen aufrecht erhalten und beschädigte oder abgestorbene Zellen ersetzen. So wird beispielsweise die Darmschleimhaut kontinuierlich erneuert. Aber auch in Gehirn, Knochenmark, Blut, Blutgefässen, Skelettmuskeln, Haut, Augenhornhaut, Augennetzhaut, Zahnmark, Leber und Bauchspeicheldrüse kommen adulte Stammzellen vor (siehe Fact Sheet 2).

Vom Embryo zum Fetus
Der Übergang vom Embryo zum Fetus (auch Fötus) wird nicht einheitlich definiert. Gemäss dem britischem Gesetz ist die Forschung am Embryo zugelassen, bis dieser maximal 14 Tage alt ist. Bis zu diesem Zeitpunkt ist er ein für das menschliche Auge unsichtbares, nicht differenziertes kugelförmiges Zellgebilde («Zellklümpchen») noch ohne Organe, Nervensystem oder Gehirn. Er besitzt nur eine sehr beschränkte Lebensfähigkeit: Von fünf Embryonen in diesem Stadium überlebt nur einer bis zur Geburt. Etwa am 14. Tag hat sich der Embryo in der Gebärmutter eingenistet, er ist dann im Ultraschall von blossem Auge sichtbar. Er entwickelt ab der vierten Woche Organe, Muskeln und ein funktionierendes Nervensystem. Mit Abschluss der Organentwicklung bezeichnet man den Embryo als Fetus. Der Fetus hat ab der 25. Schwangerschafts-Woche eine Lebensfähigkeit von 84% (d.h. 84 von 100 Feten in diesem Stadium überleben bis zur Geburt). Die Frauenheilkunde setzt die Grenze zwischen Embryo und Fetus wie folgt an: Sie bezeichnet den sich entwickelnden Menschen bis zur 8. Schwangerschafts-Woche als Embryo. Ab der achten Schwangerschafts-Woche bis zur Geburt spricht sie vom Fetus (vgl. Fact Sheet 2: embryonale Keimzellen und neonatale Stammzellen). ■

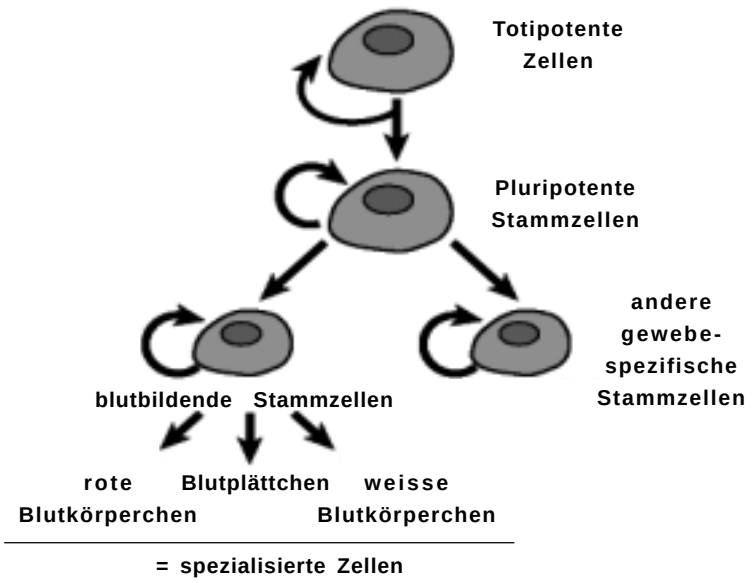
Totipotente Stammzellen
Als totipotent gelten Zellen, welche die Fähigkeit haben, einen kompletten Organismus zu bilden. Totipotent ist die befruchtete Eizelle. Wenn man die Erkenntnisse aus Tierversuchen auf den Menschen überträgt, sind auch die ersten drei aus der befruchteten Eizelle durch Zellteilung hervorgegangenen Stadien (also bis zum Achtzellstadium) totipotent.

Pluripotente Stammzellen
Als pluripotent gelten Zellen, welche die Fähigkeit haben, sich in viele verschiedene Gewebezelltypen zu verwandeln, jedoch nicht mehr in der Lage sind, sich zu einem vollständigen Organismus zu entwickeln. Pluripotent sind embryonale Stammzellen aus der inneren Zellschicht der Blastozyste und embryonale Keimzellen (siehe Fact Sheet 2).

Multipotente Stammzellen
Multipotente Stammzellen sind bereits gewebespezifisch, können aber innerhalb ihres Gewebes alle vorkommenden Zellen ausbilden: Aus Blut bildenden Stammzellen entstehen z.B. rote oder weisse Blutkörperchen sowie Blutplättchen. Adulte Stammzellen gelten als multipotent. Erste Versuche mit tierischen Stammzellen (z.B. von Mäusen) im Reagenzglas deuten aber darauf hin, dass adulte Stammzellen doch wieder in ein pluripotentes Stadium zurück versetzt werden können. Ob das auch für menschliche Stammzellen gilt, muss die Zukunft weisen.

www.ta-swiss.ch

Stammzellen und deren unterschiedlichen Entwicklungspotenziale



Quelle: www.nih.gov/news/stemcell/fig2.gif

Wie gewinnt man Stammzellen?

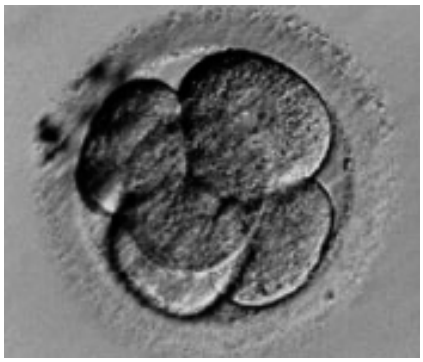
Die Frage wie die Forschenden zu den Stammzellen kommen gehört zu den umstrittensten Punkten in der Diskussion. Grundlegend ist dabei der Unterschied zwischen den adulten und den embryonalen Stammzellen **.**

Stammzellen können aus dem Gewebe oder Blut bereits geborener Menschen (adulte Stammzellen) oder von wenigen Tage alten Embryonen gewonnen werden. Der grosse Unterschied: Während die Gewinnung von adulten Stammzellen das Leben des Spenders bzw. der Spenderin nicht gefährdet, zerstört die Entnahme von embryonalen Stammzellen den Embryo; er kann sich nicht weiter entwickeln.

Embryonale Stammzellen

Die embryonalen Stammzellen können von **überzähligen Embryonen** aus der **in-vitro-Fertilisation** stammen. Die Embryonen könnten theoretisch auch zu Forschungszwecken produziert werden, was aber in der Schweiz verboten ist. In beiden Fällen wird die äussere Zellschicht des fünf bis sechs Tage alten Embryos (Blastozyste) mit Laser oder einer biochemischen Reaktion entfernt. Aus der inneren Zellmasse gewinnt man die Stammzellen und kultiviert sie in einem speziellen Nährmedium. Der Embryo wird dabei zerstört. Dank ihrer Fähigkeit zur Selbsterneuerung kann man Stammzellen im Labor längere Zeit halten und vermehren. Diese Art der Gewinnung von embryonalen Stammzellen gelang beim Menschen erstmals 1998.

Embryo im 8-Zellstadium



www.hsk-wiesbaden.de/ Inn_Onko_artikel050201.htm

Therapeutisches Klonen

Eine weitere Möglichkeit zur Gewinnung von embryonalen Stammzellen ist das so genannte therapeutische Klonen: Man entnimmt der Körperzelle eines erwachsenen Menschen das Erbgut und überträgt es in eine Eizelle, welcher zuvor der Zellkern entfernt wurde. In der Fachsprache heisst das **Zellkerntransfer**. Entwickelt sich daraus ein Embryo, möchte man aus seinem Blastozysten-Stadium embryonale Stammzellen gewinnen und im Labor kultivieren. Durch therapeutisches Klonen soll kein Mensch erzeugt werden.
Es geht alleine darum, embryonale Stammzellen für therapeutische Zwecke (siehe Fact Sheet 3, Potenzial der embryonalen Stammzellen) zu gewinnen, ohne dass es dabei zu Abstossungsreaktionen gebenüber transplantierten Zellen kommt. Das therapeutische Klonen ist momentan z.B. in Grossbritannien, den USA und Israel erlaubt. Das Verfahren wurde in den USA schon angewendet, doch ist es im entsprechenden Experiment nicht gelungen, embryonale Stammzellen zu erhalten.

Reproduktives Klonen

Würde man den künstlich hergestellten Embryo in eine Gebärmutter einpflanzen (reproduktives Klonen), könnte theoretisch ein genetisch identischer Nachkomme des Zellkernspenders bzw. der –Spenderin, also ein geklonter Doppelgänger entstehen (Schaf Dolly entstand so). Geklont wurden bisher Frösche, Katzen, Mäuse, Rinder, Schafe, Schweine und Ziegen. Viele geklonte Tiere werden deformiert geboren und auch die nicht deformierten leiden oft unter chronischen Krankheiten. Sie sterben deutlich früher als normal gezeugte Tiere.
Reproduktives Klonen von Menschen ist in praktisch allen Ländern, die eine Regelung in diesem Bereich haben verboten.

Embryonale Keimzellen

Etwa gleichzeitig mit der Gewinnung menschlicher embryonaler Stammzellen wurde damit begonnen, embryonale Stammzellen aus Keimzellen von fünf bis zehn Wochen alten Feten zu gewinnen. Die Feten stammen von Fehlgeburten oder Abtreibungen. Zur Unterscheidung von embryonalen Stammzellen nennt man so gewonnene Zellen embryonale Keimzellen. Wie die embryonalen Stamm-

In-vitro-Fertilisation (IVF)

Mit IVF wird die medizinisch unterstützte Befruchtung bezeichnet, bei welcher eine reife Eizelle ausserhalb des weiblichen Körpers mit Samenzellen verschmolzen wird. Die Eizellen entnimmt man direkt aus den Eierstöcken, nachdem ihr Heranreifen durch Hormone stimuliert wurde. Die befruchtete Eizelle wird ein paar Tage in einem Brutkasten gelagert und dann in die Gebärmutter der Frau eingebracht, wo sie sich wie ein natürlich gezeugtes Kind entwickeln kann.

Überzählige Embryonen

Für die in-vitro-Fertilisation braucht man oft mehr als einen Versuch. Aus diesem Grund werden mehr Eizellen befruchtet, als unmittelbar eingepflanzt werden können. Pro Behandlung dürfen in der Schweiz maximal drei Eizellen zu Embryonen entwickelt werden. Nur frisch befruchtete (imprägnierte) Eizellen dürfen tiefgefroren und für weitere Behandlungen aufbewahrt werden. Das ist in der Schweiz während maximal fünf Jahren erlaubt. Nach Ablauf dieser Frist oder sobald die Eizellen nicht mehr der IVF dienen, müssen sie vernichtet werden.

zellen sind auch die embryonalen Keimzellen pluripotent. Doch auf Grund von Untersuchungen an Mäusen hat man erhebliche Zweifel, dass die embryonalen lKeimzellen ebenso vielfältige Entwicklungsmöglichkeiten haben wie die embryonalen Stammzellen.

Keimzellen
Als Keimzellen werden Ei- oder Samenzellen einschliesslich ihrer Vorläuferzellen bezeichnet. Die Keimzellen wandern während der Embryonalentwicklung in die Genitalleisten ein. Aus den Genitalleisten im Embryo entwickeln sich später die Geschlechtsorgane.

Adulte Stammzellen
In verschiedenen Geweben geborener Menschen kommen die adulten Stammzellen vor: Gehirn, Knochenmark, Blut, Blutgefässe, Skelettmuskeln, Haut, Darmschleimhaut, Augenhornhaut, Augennetzhaut, Zahnmark, Leber und Bauchspeicheldrüse. Über ihre Eigenschaften ist noch sehr wenig bekannt. Das hat damit zu tun, dass sie nur in sehr geringer Zahl in den genannten Geweben vorkommen. Sie unterscheiden sich stark je nach Gewebetyp und lassen sich nur sehr schwer identifizieren. Am meisten Erfahrung hat man heute mit der Gewinnung von Blut bildenden Stammzellen. Sie können aus dem Knochenmark eines Spenders, aus dem Blut der erkrankten Person oder aus Nabelschnurblut gewonnen werden. Bis vor wenigen Jahren wurden nach der Geburt eines Kindes die Nachgeburt (Nabelschnur und Plazenta) im Krankenhaus entsorgt. Heute weiss man, dass das Blut aus Nabelschnur und Plazenta reich an Blut bildenden Stammzellen ist. Die Transplantation dieser **neonatalen** (neugeburtlichen) **Stammzellen** kann eine Knochenmarktransplantation ersetzen (siehe Fact Sheets 1 und 3). Nabelschnurblut wird daher in vielen Zentren sofort nach der Geburt in einem Beutel gesammelt, eingefroren und in einer Nabelschnurbank bis zur Verwendung gelagert, sofern die Eltern in die Spende einwilligen. Das Prozedere ist für Mutter und Kind absolut ungefährlich. ■

Was sind die möglichen Anwendungen?

Adulte Stammzellen werden heute in Therapien am Menschen bereits eingesetzt. Bei den embryonalen Stammzellen sind hingegen noch viele Fragen offen. Die Grundlagenforschung dazu läuft erst seit wenigen Jahren.

Die viel diskutierten embryonalen Stammzellen können beim Menschen erst seit 1998 im Labor kultiviert werden. Experimente mit diesen Zellen gehören deshalb zum Bereich der Grundlagenforschung. Praktische Anwendungen dürften noch einige Zeit auf sich warten lassen. Doch erste Ergebnisse mit menschlichen Zellen sowie die langjährige Erfahrung aus Versuchen mit embryonalen Stammzellen von Tieren stellen vielfältige Anwendungsmöglichkeiten in Aussicht. Im Gegensatz dazu hat man mit adulten Stammzellen von Menschen schon sehr viel Erfahrung.

Das (erhoffte) Potenzial embryonaler Stammzellen

Nervenzellen-Erkrankungen
Erst Mitte der 90er Jahre hat man herausgefunden, dass sich Nervenzellen des Gehirns (Neuronen) entgegen der damals herrschenden Lehrmeinung regenerieren können. Seitdem hofft man auf eine Therapie, die Krankheiten wie Parkinson, Alzheimer oder Multiple Sklerose definitiv heilt: Aus embryonalen Stammzellen sollen Nervenzellen gewonnen werden, welche die zerstörten Neuronen ersetzen und so die Patienten bzw. Patientinnen von Medikamenten und deren Nebenwirkungen unabhängig machen. Auch für die Behandlung von Rückenmarksverletzungen (z.B. Tetra- und Paraplegiker), bei denen viele verschiedene Zelltypen betroffen sind, hofft man eines Tages eine wirksame Zellersatz-Therapie mit Stammzellen zu finden.

Zuckerkrankheit
Für die Zuckerkrankheit (Diabetes), die häufigste Stoffwechselkrankheit der Welt, gibt es trotz bekannter Ursache noch keine heilende Therapie. Man hofft, inskünftig embryonale Stammzellen dazu zu bringen, die durch die Zuckerkrankheit zerstörten Insulin produzierenden Zellen zu ersetzen und so die Insulinproduktion im Körper auf natürlich Weise zu regulieren. Die gefürchteten Spätschäden wie Herzinfarkt, Erblindung und Nierenversagen könnten so verhindert werden.

Epilepsien
Zelltherapien mit Stammzellen könnten auch eingesetzt werden, um einen Wirkstoff direkt an einen gewünschten Ort im Körper zu bringen, was die Nebenwirkungen deutlich reduzieren würde. So könnten beispielsweise Epilepsien oder chronische Schmerzen mit embryonalen Stammzellen behandelt werden, die Epilepsie-Medikamente oder Schmerzmittel direkt am Ort des Geschehens freisetzen könnten.

Herzmuskel-Erkrankungen
Beim Herzinfarkt hofft man, inskünftig das geschädigte Herzmuskel-Gewebe durch neue, aus Stammzellen produzierte Herzmuskel-Zellen zu ersetzen. An der Universität Genf läuft seit kurzem ein vom Nationalfonds finanziertes Grundlagen-Forschungsprojekt: Dabei soll untersucht werden, wie man embryonale Stammzellen gezielt dazu bringen kann, Herzmuskel-Zellen zu bilden. Auch bei anderen Organen möchte man Zellmaterial für die Reparatur einsetzen: Denkbar sind neue Herzklappen, Blutgefässe, Lungen-, Leber-, Darm- und Nierengewebe etc.

Bereits gängige Praxis – Therapie mit adulten Stammzellen
Die Blut bildenden Stammzellen sind die am besten bekannten adulten Stammzellen. An ihnen wird seit fünfzig Jahren geforscht. Sie sind auch der einzige Stammzellentyp, der heute bereits in der Klinik zur Anwendung kommt. Bei Blutkrebs (Leukämien und Lymphome) beispielsweise müssen die entarteten Blutzellen mittels Chemotherapie eliminiert werden. Leider tötet diese Therapie nicht nur die Krebszellen, sondern das gesamte Knochenmark. Mit einer Stammzellen-Transplantation nach der Chemotherapie können die behandelten Personen wieder neue Blutkörperchen bilden. Früher transplantierte man das Knochenmark eines anderen Menschen. Die Spendenden wurden dabei mit einer Kurznarkose belastet, und bei den Empfängern bzw. Empfängerinnen bestand die Gefahr der Abstossung, weswegen immer eine Spenderperson mit möglichst ähnlichem Knochenmark gefunden werden musste. Heute nutzt man den Umstand, dass Blutstammzellen in geringerer Zahl auch im Blutkreislauf des Körpers vorkommen: Die Stammzellen werden den Krebspatienten bzw. -patientinnen vor der Chemotherapie aus dem eigenen Blut entnommen, tiefgefroren und nach der Therapie wieder zurückgegeben. Den ganzen Vorgang nennt man **autologe Stammzellen-Transplantation**.

Klinische Forschung mit adulten Stammzellen
Ein Schweizer Forscherteam unter Basler Führung untersucht momentan den Nutzen der autologen Stammzellen-Transplantation bei der Behandlung von **Autoimmunkrankheiten**. Bei diesen Krankheiten muss das Immunsystem so gut als möglich mit Medikamenten unterdrückt werden. Je höher die Mittel dosiert werden, desto besser die Wirkung. Leider bedeutet eine höhere Dosierung immer auch stärkere Nebenwirkungen. Der Patient bzw. die Patientin wird äusserst anfällig für Infektionen und ist auch einem erhöhten Krebsrisiko ausgesetzt.

Die Stammzellen-Transplantation kann die Beschwerden vieler Patienten bzw. Patientinnen deutlich lindern. Aber sie ist nicht ohne Risiko: Bei den bereits durchgeführten Behandlungen kam es verein-

Autoimmunkrankheiten
Unter dem Sammelbegriff Autoimmun-Erkrankungen oder -krankheiten fasst man verschiedene chronische Krankheiten, die durch eine Überreaktion des Immunsystems ausgelöst werden, zusammen. Die Abwehrzellen der Betroffenen greifen körpereigenes Gewebe an und verursachen schwere, teils lebensbedrohliche Schäden an Organen. Autoimmun-Erkrankungen sind unter anderem Multiple Sklerose, Rheumatoide Arthritis (früher Polyarthritis) oder Gelenksentzündungen bei Kindern und Jugendlichen (Chronische Juvenile Arthritis).

zelt auch zu Todesfällen. Deshalb behandelt man momentan nur Erkrankte, deren Zustand gemäss zwei unabhängigen Fachpersonen bereits lebensbedrohlich ist.

Forschung noch im Tierversuch
Im Tierexperiment hat man adulte Stammzellen bereits zu Herzmuskel-, Knorpel- und Blutgefässzellen «umprogrammieren» können. Die **tierischen adulten Stammzellen** konnten also wieder in einen pluripotenten Zustand zurückversetzt werden. Ob das auch mit menschlichen adulten Stammzellen funktioniert, weiss man noch nicht sicher. Man sucht auch noch nach der geeigneten Methode, die Zellen dazu zu bringen, sich zum gewünschten Gewebe zu entwickeln. In Zukunft hofft man, auf diese Weise ganze Organe zu züchten, um den Engpass in der Organverfügbarkeit für die Transplantation zu umgehen.

Immunabwehr überlisten
Ein Problem der Transplantationsmedizin – die Abstossung eines fremden Organs durch die Immunabwehr des Patienten bzw. der Patientin – besteht aber auch bei der Verwendung von im Reagenzglas gezüchteten Organen. Das könnte man umgehen, wenn man das neue Organ aus adulten Stammzellen des Organempfängers oder durch therapeutisches Klonen (vgl. Fact Sheet 2) züchten könnte. ■

Wie ist die Rechtslage in der Schweiz und in anderen Ländern?

Forschung an Embryonen ist an der Schweiz bislang verboten – nicht jedoch jene an importierten Stammzellen. Es besteht ein gesetzlicher Handlungsbedarf. Die Vernehmlassung des neuen Embryonenforschungsgesetz findet im Frühsommer 2002 statt. Im Ausland ist die Rechtslage sehr unterschiedlich.

Die Forschung am Menschen ist in der Schweiz in der Bundesverfassung und mit verschiedenen Gesetzen geregelt, wobei das Fortpflanzungsmedizingesetz den umstrittenen Bereich der Embryonenforschung am direktesten tangiert.

Schweizer Bundesverfassung
In der Bundesverfassung regelt der Artikel 119 die Fortpflanzungsmedizin und Gentechnologie im Humanbereich. So sind alle Arten des Klonens und Eingriffe in das Erbgut menschlicher Keimzellen und Embryonen unzulässig. Auch darf im Zusammenhang mit der medizinisch unterstützten Fortpflanzung keine Forschung betrieben werden. Embryonenspende und Handel mit Embryonen sind nicht zulässig.

Fortpflanzungsmedizingesetz
Das Fortpflanzungsmedizingesetz (FMedG) vom 18. Dezember 1998 enthält die für die Forschung an menschlichen Embryonen relevanten Vorschriften. Es verbietet das Erzeugen von Embryonen zu Forschungszwecken, die Gewinnung von Zellen aus einem Embryo im Reagenzglas, das Klonen (therapeutisches und reproduktives Klonen, siehe Fact Sheet 2) und den Eingriff ins Erbgut von Embryonen.

Embryonenforschungsgesetz in Vorbereitung
Im Frühjahr 2002 wird ein Gesetzesentwurf in die Vernehmlassung geschickt werden, der sich mit der Forschung an Embryonen befasst (Embryonenforschungsgesetz). Darin sollen sämtliche Fragen im Zusammenhang mit der Verwendung menschlicher Embryonen in Forschung geregelt werden. So auch die Frage des Imports, der Verwendung überzähliger Embryonen aus der IVF und die Forschung an embryonalen Stammzellen. Gemäss den Übergangsbestimmungen des Fortpflanzungsmedizingesetzes dürfen noch vorhandene überzählige Embryonen – die es gemäss Rechtsordnung in der Schweiz eigentlich gar nicht geben dürfte – bis spätestens Ende 2003 aufbewahrt werden (siehe Fact Sheet 2). Nicht gesetzlich geregelt ist bis heute der Import von Stammzellen. Diese Gesetzeslücke hat es dem Nationalfonds (SNF) im Herbst 2001 ermöglicht, ein Genfer Projekt zur Grundlagenforschung mit importierten embryonalen Stammzellen zu bewilligen.

Gesetz Forschung am Menschen
Ein umfassenderes Gesetz über die Forschung am Menschen ist derzeit in Ausarbeitung. Die Vernehmlassung dazu wird voraussichtlich im Frühjahr 2003 erfolgen. Dieses Gesetz soll die Würde des Menschen in der Forschung schützen, ohne die Wissenschaftsfreiheit ungerechtfertigt einzuschränken. Es ist beabsichtigt, das Bundesgesetz über die Forschung an menschlichen Embryonen zu einem späteren Zeitpunkt in das Gesetz über die Forschung am Menschen zu integrieren.

Die Situation in Europa ...
Die Gesetzgebung zur Embryonenforschung in den verschiedenen europäischen Ländern könnte uneinheitlicher nicht sein. Sie reicht vom strikten Verbot wie in *Irland* bis zu komplett fehlenden Bestimmungen wie in *Portugal*. Der Import von und die Forschung an embryonalen Stammzellen sind je nach Land unterschiedlich geregelt. Das reproduktive und - mit Ausnahmen - auch das therapeutische Klonen sind aber praktisch überall untersagt.
Im Februar 2002 hat der Bundestag in *Deutschland* den Import von aus überzähligen Embryonen nach IVF gewonnenen Stammzellen unter strengen Auflagen erlaubt. Die entsprechende gesetzliche Regelung soll bis im Sommer 2002 ausgearbeitet werden. Therapeutisches und reproduktives Klonen sind verboten.

Frankreich sieht vor, die Stammzellforschung mit überzähligen Embryonen zu erlauben, aber die Schaffung von Embryonen zu Forschungszwecken zu verbieten. Therapeutisches und reproduktives Klonen bleiben verboten. Der Entscheid wird im Juni 2002 erwartet.

Grossbritannien erlaubt seit 1990 die Forschung an Embryonen bis zum 14. Tag zur Verbesserung der medizinisch unterstützten Befruchtung. Im Februar 2002 kam die definitive Erlaubnis zum therapeutischen Klonen hinzu. Das reproduktive Klonen wurde verboten.

Auch *Schweden* erlaubt die Forschung an embryonalen Stammzellen bis zum 14. Tag sowie ihre Herstellung zu Forschungszwecken (therapeutisches Klonen), verbietet aber das reproduktive Klonen. Nach vierzehn Tagen müssen die Embryonen zerstört werden. Ähnlich liberale Gesetze haben auch die *Niederlande*.

In *Italien* werden in Ermangelung gesetzlicher Regelungen die Vorgaben des na-

tionalen Bioethik-Komitees angewendet. Klonen wird abgelehnt und für die Forschung dürfen embryonale Stammzellen nur überzähligen Embryonen entnommen werden.

Auch in *Griechenland* gibt es keine gesetzliche Regelung. Die Gesundheitsbehörde hat das Klonen untersagt. Die Embryonenforschung bis zum 14. Tag ist zulässig. Überzählige Embryonen dürfen für die Forschung gespendet werden.

In aussereuropäischen Ländern ...
Seit Herbst 2001 dürfen in *Australien* Stammzellen aus überzähligen Emryonen für die Forschung verwendet werden. Das therapeutische Klonen wurde nicht verboten, untersteht aber einem dreijährigen Moratorium. Das reproduktive Klonen ist verboten.

In *Israel* sind Forschung an embryonalen Stammzellen und therapeutisches Klonen erlaubt. Im jüdischen Glauben gilt der Embryo erst im Alter von 40 Tagen als beseelt, weshalb keinerlei Bedenken für die Forschung aufkommen. Das reproduktive Klonen untersteht seit 1999 einem fünfjährigen Moratorium.

China ist sehr aktiv in der Stammzellen-Forschung. Künstliche Befruchtungen werden in hoher Zahl durchgeführt. Die dabei produzierten Embryonen unterliegen keinerlei Schutz. Alles, was technisch machbar ist, kann auch gemacht werden. Die Zahl der bestehenden embryonalen Stammzell-Linien (siehe Fact Sheet 2) ist nicht bekannt. Die Prioritäten Chinas liegen im medizinischen Nutzen für eine grösstmögliche Anzahl Chinesen.

In den *USA* unterliegen die mit öffentlichen Geldern finanzierten Institute strengen Vorschriften: Einzig die Stammzell-Linien aus überzähligen Embryonen nach IVF, die schon vor dem 9. August 2001 existierten sind für die Forschung zulässig. Das nationale Gesundheitsamt (NIH) musste ein Register der zulässigen Stammzell-Linien erstellen, das heute fast 80 Zell-Linien umfasst. Für privat finanzierte Forschungszentren gelten weniger strenge Vorschriften, mit Ausnahme des Klonens: Das reproduktive Klonen ist in den meisten Bundesstaaten verboten, das therapeutische Klonen hingegen erlaubt. Die Rechtssituation führt dazu, dass gewisse Forscher neben ihrem Arbeitsplatz im staatlichen Institut noch einen Laborplatz an einem Privatinstitut haben, um so die restriktiven Vorschriften zu umgehen.

In *Kanada* wurden kürzlich neue Richtlinien vorgeschlagen, nach welchen die Forschung an überzähligen Embryos nach IVF sowie an fetalem Gewebe nach Abtreibungen erlaubt werden soll. Für das therapeutische Klonen wurde ein Moratorium verlangt, da diese Technik «automatisch zum reproduktiven Klonen führen würde.» ■

Welche ethischen Fragen stellen sich?

Wann beginnt das Leben? Haben Embryonen einen Rechtsanspruch auf Leben? Soll das therapeutische Klonen erlaubt werden? Wie steht es z.B. um das Verhältnis zwischen Mutter und Embryo? Welche Fragen haben Sie?

Die Frage, ob embryonale Stammzellforschung am Menschen ethisch vertretbar ist oder nicht, kann niemand absolut beantworten, denn je nach Grundauffassung gibt es unterschiedliche Wahrheiten. Es liegt an der jeweiligen Gesellschaft zu entscheiden, an welche dieser Wahrheiten sich die gesetzgebende Behörde und die Forschung eines Landes halten sollen.

Forschung um jeden Preis?
Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) postuliert ein Recht auf körperliche und geistige Gesundheit für alle Menschen. Das gibt der Gesellschaft die moralische Verpflichtung zur Wahrnehmung aller Heilungschancen. Die Frage ist nur, wie weit diese Verpflichtung geht:

- Welche Opfer sind für das Wohl der Lebenden gerechtfertigt?
- Ist das Recht der kranken Menschen ausreichendes Argument zur Vernichtung von Embryonen?
- Ist die Forschung an menschlichen embryonalen Stammzellen eine Notwendigkeit?
- Sind ethisch unproblematischere andere Möglichkeiten vorstellbar?

Heilung zu welchem Preis?
Um vielen bisher nicht heilbaren Patienten zu helfen, suchen Ärzte und Wissenschaftler ständig nach neuen therapeutischen Möglichkeiten. Dieses Streben muss aber die Anerkennung bestimmter Grundrechte des Menschen gewährleisten: Es wäre nicht gerechtfertigt, einem Menschen das Lebensrecht abzusprechen, nur weil man anderen damit helfen könnte.

- Aber gilt dies auch für Embryonen?
- Darf die Forschung aus einem lebenden Embryo Zellen gewinnen und damit sein Absterben in Kauf nehmen, um damit vielleicht anderen Menschen helfen zu können?

Die Haltung der Kirchen
Innerhalb der christlichen Kirchen gehen die Meinungen z.T. auseinander. Für die römisch-katholische Kirche ist die Antwort auf die gestellten Fragen allerdings klar: Das menschliche Leben beginnt mit der Befruchtung der Eizelle. Der Embryo steht damit von Beginn weg unter Tötungsverbot und darf nicht im Interesse Dritter geopfert werden. Diese Argumentation setzt voraus, dass man den Embryo als Träger von Grundrechten betrachtet. Und genau an dieser Frage scheiden sich die Geister:

- Hat ein Embryo dieselbe Schutzwürdigkeit wie eine geborene Person?
- Besitzt der Embryo den Schutz der Menschenwürde?

Die entscheidende Frage ist, wieweit die Schweiz bei der Zulassung und Regelung der Forschung an menschlichen embryonalen Stammzellen in Zukunft gehen soll.

Der Status des Embryos
Statt sich für das eine oder andere zu entscheiden, könnte man den Embryo aber auch als noch nicht voll gültiges Mitglied der Gemeinschaft ansehen, das trotzdem kein reines Objekt ist: Man müsste ihn respektieren, ganz gleich ob er nun als Person angesehen wird oder nicht. Der Tod des Embryos wäre unter allen Umständen zu vermeiden und dürfte nur in Extremfällen hingenommen werden. Verwaiste Embryonen dürfte es also unter keinen Umständen geben. Wenn es aber trotzdem solche Embryonen gibt:

- Was geschieht mit ihnen?
- Sollen diese zu Forschungszwecken verwendet werden dürfen?

Was darf mit Embryos geschehen?
Kann man einerseits – wie dies im Fall der Stammzellenforschung die Gegner postulieren – einem wenige Tage alten Embryo, der sich noch nicht in die Gebärmutter eingenistet hat, Personenstatus verleihen. Und andererseits – wie im Fall einer Abtreibung – vorgeburtliches Leben bis zur zwölften Schwangerschaftswoche beenden? Man kann argumentieren, dass beim Schwangerschaftsabbruch die als wichtiger eingestuften Persönlichkeitsrechte der Mutter tangiert werden, während der Embryo im Reagenzglas niemandes Interessen bedroht. Tatsächlich werden Schwangerschaftsabbrüche aber oft vorgenommen, ohne dass eine existentielle Not der Mutter vorliegt.

- Wenn die Familienplanung durch Schwangerschaftsabbruch eine Rechtfertigung für das Töten des Embryos ist, kann dann nicht auch die mögliche Heilung Dritter das Beenden embryonalen Lebens rechtfertigen?

Unser Umgang mit vorgeburtlichem Leben macht deutlich, dass wir den Embryo in unserem Alltag kaum als Person betrachten, was es schwierig macht, den personalen Status des Embryos auf Dauer glaubwürdig zu vertreten: Kaum jemand hält z.B. die Verwendung von Spiralen zu Verhütungszwecken für moralisch verwerflich. Wäre der frühe Em-

bryo bereits eine Person, müsste man Spiralen umgehend verbieten. Sie verhindern die Einnistung einer befruchteten Eizelle in die Gebärmutter, was einer Abtötung gleich kommt und mit Menschenwürde nicht verträglich wäre.
Und wie steht es um Embryonen, die bei der künstlichen Befruchtung entstehen?

- Haben diese einen anderen moralischen Status als Embryonen im Mutterleib?

In praktisch allen Industrieländern muss die Einwilligung der Eltern des Embryos vorliegen, bevor er zu Forschungszwecken verwendet werden darf. Trotzdem wäre es denkbar, dass Frauen in armen Ländern als «Ei-Ressource» ausgebeutet werden, ohne einen Einfluss auf den Verwendungszweck der Eizellen zu haben. Auf diese Weise entstandene Embryonen könnten auch in Schweizer Labors landen, denn letztlich dürfte es ausserordentlich schwierig sein, ihre Herkunft zurück zu verfolgen.

- Wäre es nicht moralisch korrekter, selber Embryonen für Forschungszwecke herzustellen, statt sie zu importieren?

Wohin führt die Stammzellforschung?

Man kann sich auch fragen, wohin die Stammzellenforschung führen kann:

- Wollen wir mit einer durch embryonalen Stammzellen geförderten «Ersatzteilmedizin» dafür sorgen, dass immer mehr Menschen immer noch älter werden?
- Oder wollen wir das Leben in seiner Begrenztheit akzeptieren und darauf verzichten, den Tod immer noch mehr hinaus zu zögern?
- Wollen wir mit immer aufwändigeren Therapieverfahren weiter zur Kostensteigerung im Gesundheitswesen beitragen?

Konsequenzen für unfruchtbare Paare?

Wie sieht es aus mit den unfruchtbaren Paaren, die sich für eine IVF-Behandlung entscheiden?

- Geraten diese zukünftig unter Druck sich entscheiden zu müssen, ob sie die nicht eingepflanzten befruchteten Eizellen der Forschung überlassen sollen?
- Und warum sollten Embryonen zwar den Forschenden, nicht aber unfruchtbaren Paaren zur Adoption zur Verfügung stehen?

Und die Schweiz?

Hat ein kleines Land wie die Schweiz überhaupt die Möglichkeit für eine Sonderlösung?

- Wird nicht die Forschung so oder so weiter schreiten – vielleicht nicht bei uns, aber sicher in den Ländern, welche die Forschung an embryonalen Stammzellen erlauben?
- Müssten wir somit nicht auf ihre Errungenschaften verzichten, falls wir uns gegen die Forschung entscheiden, weil es moralisch verwerflich wäre, die «verbotene» Forschung den anderen zu überlassen und nur von deren Erkenntnissen zu profitieren?
- Bestünde in diesem Fall nicht die Gefahr der Zweiklassenmedizin durch einen «medizinischen» Tourismus, der es Menschen mit genügend Geld erlaubt, sich die Therapie dort zu holen, wo sie erlaubt ist?
- Oder lassen sich dieselben Ziele auch mit adulten Stammzellen erreichen? ■

Glossar

Adulte Stammzellen
Stammzellen, welche aus dem Körper eines geborenen Menschen entnommen werden, z.B. Blut-Stammzellen aus Rückenmark, Knochenmark oder Nabelschnurblut

Blastozyste
auch Keimblase genannt. Frühes Entwicklungsstadium (5. bis 6. Tag) des Embryos.

Embryo
Befruchtete Eizelle bis zur 8. Woche nach der Befruchtung, wobei in der 4. bis 8. Woche die Körperform ausgebildet wird und die Entwicklung aller Organe beginnt.

Embryonale Stammzellen
Stammzellen, welche aus einem Embryo im Stadium der Blastozyste entnommen werden. Dabei wird der Embryo vernichtet.

Fetus
auch Fötus. Ab der 8. Woche nach der Befruchtung bis zur Geburt des Babys. Grössenwachstum und Ausreifung der Organe.

Fötus
siehe Fetus

In-vitro-Fertilisation (IVF)
Befruchtung im Reagenzglas.

Keimblase
siehe Blastozyste.

Multipotente Stammzellen
sind bereits gewebespezifisch: Blutstammzellen bilden Blutzellen, Knochenstammzellen bilden Knochenzellen etc.

Pluripotente Stammzellen
können sich in viele verschiedene Zell- und Gewebetypen des Menschen spezialisieren und besitzen womöglich die Fähigkeit ganze Organe (wie Leber, Herz oder Niere) aufzubauen.

«publifocus»
Moderierte Diskussion unter einer Gruppe mit ca. zehn Bürgerinnen und Bürgern zu einem bestimmten Thema. Der Verlauf und die Argumente werden protokolliert und anschliessend von *TA-SWISS* ausgewertet.

«PubliForum»
Mehrtägiges moderiertes Verfahren mit einer Gruppe von ca. dreissig Bürgerinnen und Bürgern zu einem bestimmten Thema. Nach Vorbereitungen des Bürgerpanels, folgen eine Befragung der Auskunftspersonen, die Diskussion und Ausarbeitung eines Bürgerberichts mit Empfehlungen.
Siehe: www.publiforum.ch

Reproduktives Klonen
Einbringen von Erbsubstanz eines «Spenders» bzw. einer «Spenderin» in eine entkernte Eizelle mit dem Ziel, ein genetisch identisches Lebewesen («Klon») zu erzeugen.

Therapeutisches Klonen
Gewinnung embryonaler Stammzellen zu therapeutischen Zwecken durch das Einbringen von Erbsubstanz in eine entkernte Eizelle und anschliessende Entwicklung des Embryos bis zur Blastozyste.

Totipotente Stammzellen
besitzen die Fähigkeit, einen gesamten Organismus, das heisst einen lebensfähigen Menschen, zu bilden. Nur die befruchtete Eizelle und die Zellen bis zum 8-Zellen-Stadium sind – gemäss Erkenntnissen aus Tierversuchen – totipotent.

Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung (TA-SWISS)
untersucht die Chancen und Risiken neuer technologischer Entwicklungen mit Studien und unter Beizug der Bevölkerung durch Mitwirkungsverfahren (siehe «PubliForum», «publifocus» und www.ta-swiss.ch). Das TA-Zentrum ist dem Schweizerischen Wissenschafts- und Technologierat angegliedert. Der SWTR berät den Bundesrat in wissenschafts- und technologiepoitischen Belangen. ■