

Das Wunder wird noch dauern

„Stammzellen in Reproduktion und Gehirn“ lautete das Thema eines Workshops

im japanischen Kobe. Auf Einladung der **MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT**, der

SCHERING FORSCHUNGSGESELLSCHAFT und des japanischen **RIKEN-ZENTRUMS**

FÜR ENTWICKLUNGSBIOLOGIE traf sich Anfang September eine internationale

Runde von Stammzellforschern, um sich über den aktuellen Stand ihres Fachs

auszutauschen – eines Fachs, in dem menschliches Wissen und Können an ethische

Grenzen stoßen. Dass ein solcher Konflikt nicht Stillstand bedeutet, sondern

durchaus anregend wirken und neue Denkansätze provozieren kann: Auch dafür

bietet die aktuelle Forschung an Stammzellen ein überzeugendes Beispiel.

FOTO: SCIENCE PHOTO LIBRARY

Unter Stammzellforschern kursiert eine heiß diskutierte Zahl: Die einen schätzen sie auf „etwa drei“, andere auf „sieben bis zehn“ oder „vielleicht auch 20“. Gemeint ist die Zahl der Proteine in einem magischen Cocktail, der erwachsene Körperzellen zu embryonalen Stammzellen umfunktionieren soll. Ein solches Elixier würde ein grundlegendes Problem lösen: Bisher sind embryonale Stammzellen nur aus Embryonen zu gewinnen – was jedoch viele Menschen strikt ablehnen und der Gesetzgeber als Vernichtung potenziellen Lebens verbietet.

Dabei gelten embryonale Stammzellen nach wie vor als eine der größten Hoffnungen der Medizin. Sie sollen eines Tages defekte Gewebe ersetzen: etwa bei Diabetikern die Inselzellen der Bauchspeicheldrüse, die zu wenig oder kein Insulin mehr liefern, oder bei Parkinson-Kranken die Nervenzellen, deren Dopaminproduktion erloschen ist.

Die zentrale Frage des Workshops in Kobe lautete: Wie lassen sich aus

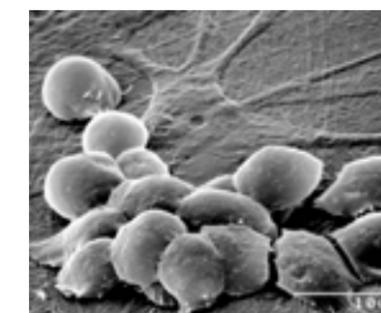
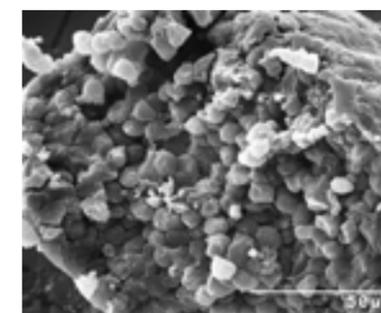
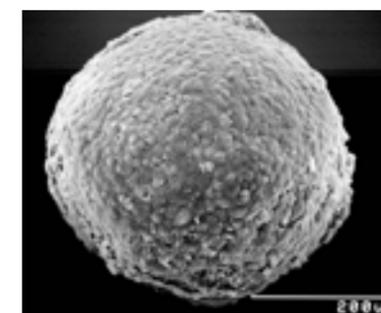
medizin in Münster, sicher: „Eines Tages werden Stammzellen Krankheiten heilen.“ Vermutlich aber in erster Linie solche, die durch den Ausfall einzelner Sorten von Zellen entstehen, wie das bei Diabetes oder Parkinson der Fall ist.

EINE METHODE IN DER DISKUSSION

Aus maßgeschneiderten embryonalen Stammzellen mit dem Erbgut des Patienten könnten neue Gewebe wachsen, die vom Körper des Empfängers nicht abgestoßen würden. Zurzeit gibt es allerdings nur eine einzige, äußerst umstrittene Methode, um pluripotente embryonale Stammzellen zu gewinnen: Entkernte Eizellen werden mit dem Kern einer Körperzelle des Patienten versehen. Einige der zahlreichen Moleküle in der Eizelle programmieren den neuen Zellkern in seinen ursprünglichen Zustand zurück. In der Folge entsteht ein Embryo, in dessen Innern sich die begehrten Stammzellen finden. Um an sie heranzukom-

Embryo mehr bilden kann – selbst wenn sie den Kern einer Körperzelle erhält.“ Das ließe sich wahrscheinlich mittels RNA-Interferenz erreichen. Bei diesem noch vergleichsweise jungen Verfahren wird ein kurzes Stück Ribonukleinsäure (siRNA) in die Eizelle gespritzt. Dieser RNA-Schnipsel ist so zusammengesetzt, dass er mit der Boten-RNA jenes Gens reagiert, nach dessen Informationen die äußere Hülle des Embryos entsteht. Der so konstruierte Komplex aus RNA wird in der Zelle als fremd und fehlerhaft erkannt und abgebaut – und deshalb keine Hülle gebildet. Diese ist aber unerlässlich, damit sich der Embryo in der Gebärmutter einnisten kann. Was immer nun in die so vorbereitete Eizelle gespritzt wird: Es kann daraus nie ein lebensfähiger Embryo entstehen.

„Und wo kein Embryo entsteht, kann auch keiner zerstört werden“, sagt Schöler. Mittelfristig bieten Stammzellen vor allem die Chance, „Krankheiten in die Kulturschale zu holen“. Dafür könnte zum Beispiel



Ein Embryoid-Körper, bestehend aus einer Vielzahl embryonaler Stammzellen (links), der Zellklumpen aufgebrochen (Mitte) sowie einzelne Stammzellen (rechts). Embryonale Stammzellen sind pluripotent – sie können sich in jeden der 200 Zelltypen des Körpers differenzieren.

erwachsenen Zellen – also ohne Rückgriff auf Eizellen und Embryonen – pluripotente Stammzellen gewinnen und daraus gesunde Gewebe entwickeln? Pluripotente Stammzellen können keinen lebenden Organismus, wohl aber alle seine Gewebe einschließlich der Ei- und Samenzellen bilden. Und obwohl es noch viele Hürden zu überwinden gilt, ist Hans Schöler, Direktor am Max-Planck-Institut für molekulare Bio-

men, muss der Embryo jedoch zerstört werden. „Dies ist momentan die einzige Methode, die zu maßgeschneiderten Stammzellen eines Patienten führt“, betont Schöler. „Alle anderen Möglichkeiten sind Wechsel auf die Zukunft.“

Schöler sieht allerdings einen Weg, ethische Probleme zu umgehen: „Man könnte bereits die Eizelle mit einem genetischen Trick derart verändern, dass sich daraus gar kein

ein Zellkern eines an einer genetisch bedingten Nervenkrankheit leidenden Kindes in eine entkernte Eizelle eingesetzt werden. Die daraus entstehenden Stammzellen würden denselben genetischen Defekt aufweisen, der bei dem Kind vorliegt. Weiter ließen sich sowohl diese kranken als auch gesunde Stammzellen gleichzeitig zu Nervenzellen differenzieren, um nach Abweichungen zu suchen. „Gen-Chips können zeigen, welche

FOTOS: KATHERINA PSYTHAKI/MPI FÜR MOLEKULARE BIOMEDIZIN

WAS IN STAMMZELLEN STECKT

Mit dem Wort Potenz beschreiben Entwicklungsbiologen die Fähigkeit bestimmter Zellen und Gewebe, sich zu differenzieren. Am wenigsten festgelegt ist die befruchtete Eizelle: Sie kann sich noch in einen ganzen Menschen verwandeln. Eine Hautzelle hingegen bringt bei der Teilung nur noch weitere Hautzellen hervor – ihr Entwicklungspotenzial ist wesentlich geringer. Die Fähigkeit zur Differenzierung nimmt in der folgenden Reihenfolge beständig ab, die Übergänge sind fließend.

1. TOTIPOTENZ (auch Omnipotenz genannt): Fähigkeit einer einzigen Zelle, einen kompletten, lebensfähigen Organismus aufzubauen. Beispiel ist die befruchtete Eizelle. Für Hans Schöler sind auch Stammzellen, die sich in alle Zelltypen eines Organismus differenzieren können, totipotent.

2. PLURIPOTENZ: Pluripotente Zellen können sich noch in nahezu alle Zellen differenzieren, aber keinen lebenden Organismus mehr begründen. Beispiel hierfür sind embryonale Stammzellen.

3. MULTIPOTENZ: Multipotente Zellen können noch eine Vielzahl verschiedener Abkömmlinge hervorbringen. Klassisches Beispiel sind die hämatopoetischen Stammzellen des Blut bildenden Systems – die Grundlage aller Blutzellen.

4. OLIGOPOTENZ: Fähigkeit einer Zelle, sich in wenige Abkömmlinge zu differenzieren. Auch dazu das Beispiel der Blutbildung: Hämatopoetische Stammzellen bringen die so genannten lymphoiden oder myeloiden Stammzellen hervor, die die Blutzellen schaffen.

5. UNIPOTENZ: Den Abschluss bilden unipotente Zellen. Sie vermögen nur noch Zellen ihres eigenen Typs hervorzubringen. Beispiel sind die Fibroblasten (Hautzellen).

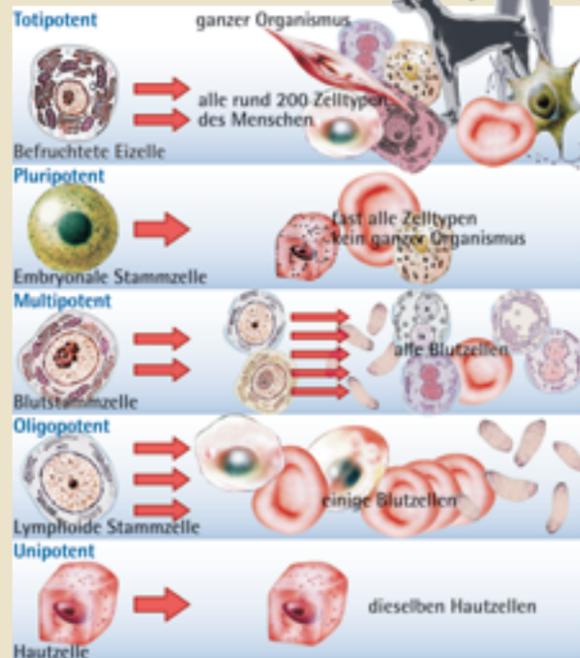


ILLUSTRATION: ROHRER

zeugung, dass es hierzu bald wichtige Schlüsselveröffentlichungen geben wird“, sagt Hans Schöler.

Shin-Ichi Nishikawa vom Riken-Zentrum für Entwicklungsbiologie in Kobe befasst sich hingegen vor allem mit der Frage, was eine Stammzelle im Körper über Jahre hinweg in ihrem besonderen Status erhält. Mit DNA-Chips analysiert er dazu, welche Erbanlagen in ruhenden und welche in sich differenzierenden Stammzellen aktiv sind. Eines seiner Resultate: Stammzellen lesen ihre so genannten Housekeeping-Gene schwächer ab. Diese Gene bilden die minimale Ausstattung der Zelle; sie sorgen etwa für grundlegende Funktionen wie den Stoffwechsel oder den Aufbau des Zellskelettes.

Nishikawas Institut arbeitet inzwischen an einer umfassenden Datenbank, in der die Genprofile zahlreicher Stammzellen sowie vieler ihrer Mischformen gespeichert werden. Damit wollen die Forscher eines Tages den Weg von der ruhenden zur sich differenzierenden Zelle verfolgen. Das System steht auch anderen Wissenschaftlern zur Verfügung. Damit lässt sich unter anderem die Frage beantworten: Welche Substanzen sind nötig, damit eine Stammzelle eine Stammzelle bleibt – und welche Faktoren lenken sie auf einen neuen Weg?

Um die Stammzellen des Körpers über lange Zeit vorrätig zu halten, schafft ihnen der Organismus eine Reihe von Nischen. Diese „Ruhezonen“ stehen im Mittelpunkt der Arbeit von Yann Barrandon von der Ecole Polytechnique Fédérale in Lausanne. Ein solcher Schutzraum findet sich in den Follikeln der Tasthaare von Ratten. Ein Teil der Stammzellen, die sich hier langsam teilen, bleibt in diesem Reservoir zurück, während überzählige auswandern und zur Bildung der Haare beitragen.

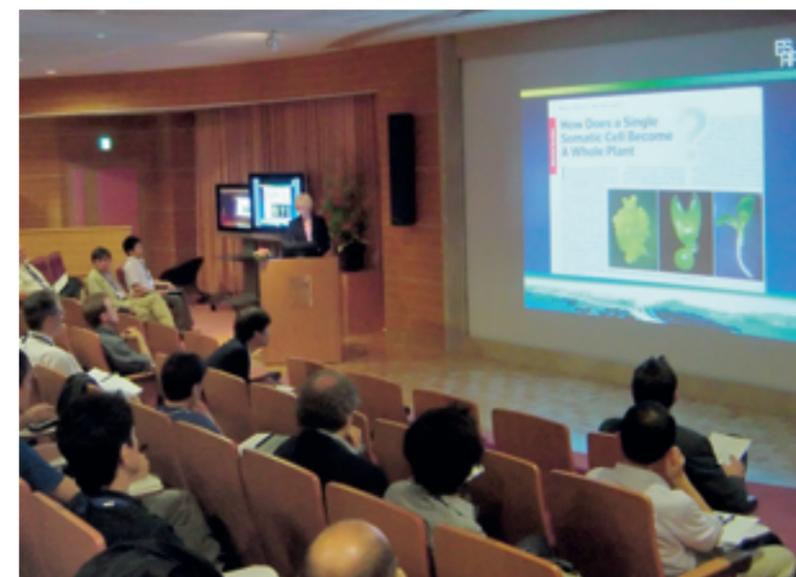
In einem seiner Experimente übertrug Barrandon eine einzelne dieser Stammzellen auf ein anderes, nacktes Tier. Sie teilte sich dort vielfach

und trug bei künstlichen Verletzungen zur Regeneration der Haut bei. Die Tochterzellen ließen sich weiter von dem zweiten Tier auf ein drittes übertragen – und behielten auch dort ihre regenerative Funktion. Ein weiteres Reservoir von sich selbst erhaltenden Stammzellen vermutet Barrandon auch unterhalb der Hornhaut des Auges, und zwar auch in der des Menschen. Stammzellnischen kennen die Forscher außerdem im Knochenmark oder im Darm.

DER CHROMOSOMENSATZ – EINFACH VERDOPPELT

Ein anderes Verfahren zur Rückprogrammierung von Körperzellen nutzt bereits vorhandene embryonale Stammzellen. In einem Aufsehen erregenden Experiment programmieren Forscher um Kevin Eggan von der Harvard-Universität in Boston Hautzellen von Erwachsenen so um, dass sie die Eigenschaften embryonaler Stammzellen zurückerlangten. Statt wie bisher den Zellkern in eine reife Eizelle einzusetzen, verschmolzen sie die Hautzellen mit embryonalen Stammzellen. Heraus kam eine Stammzellchimäre: ein Fusionsprodukt mit dem doppelten Chromosomensatz, also mit 92 statt der beim Menschen üblichen 46 Chromosomen. Trotzdem verhielt sich dieses Konstrukt in vieler Hinsicht wie eine embryonale Stammzelle.

Diese hohe Chromosomenzahl sei allerdings nicht so ungewöhnlich, wie das auf den ersten Blick anmu-



Auf der Konferenz trugen Forscher ihre jüngsten Ergebnisse vor. Heiß diskutiert wurde auch die Frage, wie viele Proteine für eine Umprogrammierung von Körper- zu Stammzellen nötig sind.

tet, erklärt der Max-Planck-Forscher Tobias Cantz: „Auch viele Leberzellen haben mehr als 46 Chromosomen und vermehren sich damit prächtig.“ Versuche wie die von Eggan hatte Hans Schöler schon vor etwa einem Jahr mit Mäusezellen unternommen. Da das Verfahren die Produktion eines Embryos umgeht, wird es – auch in den Medien – mit vielen Vorbehalten bedacht und weckt große Hoffnungen. Doch müssen einige Hürden überwunden werden, bevor man solche neuen Fusionszellen für Therapien einsetzt.

Viele Hoffnungen richten sich darauf, jene Substanz oder Substanzen in embryonalen Stammzellen aufzu-

spüren, die in der Lage sind, den Kern einer erwachsenen Zelle zurück zu programmieren. Das Zytoplasma der Stammzellen alleine reicht dafür nicht. Vermutlich befinden sich die gesuchten Proteine im Innern des Zellkerns der embryonalen Stammzelle oder sie haften ihm außen an. Daraus leitete Jeong Tae Do, wie Cantz ein Mitarbeiter Schölers, in Kobe den Vorschlag ab, die Chromosomen der embryonalen Stammzellen kurz vor der Fusion zu entfernen oder zu zerstören – denn für die Umprogrammierung seien nur die Proteine des Kerns, nicht aber dessen DNA nötig. Damit ließe sich vielleicht verhindern, dass das Fusions-

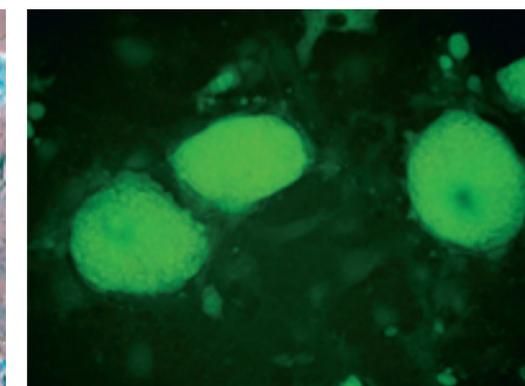
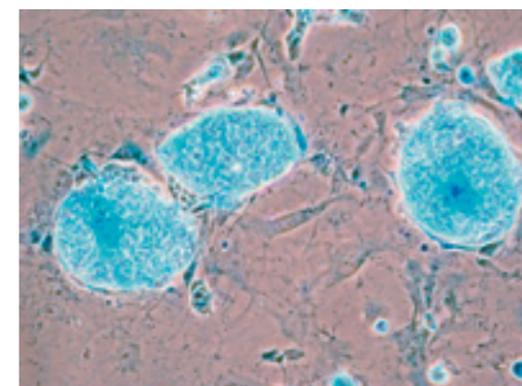
Erbanlagen im Laufe der Entwicklung in der gesunden und welche in der kranken Zelle aktiviert werden“, erklärt der Max-Planck-Forscher. „Wir könnten so den Krankheitsverlauf verstehen – und ihn dann später vielleicht auch beeinflussen.“

MODELLE, DIE DEM PATIENTEN HELFEN

Viele Forscher bemühen sich, maßgeschneiderte embryonale Stammzellen zu schaffen. Ausgangsmaterial könnten Zellen von Patienten sein, die an Querschnittslähmung, Typ-1-Diabetes oder Hypogammaglobulinämie, einem Immundefekt, leiden. Mit solchen Stammzelllinien stünden dann Modelle dieser Krankheiten bereit. Im Mai 2005 hatte Hwang Woo Suk von der National-

universität Seoul im US-Journal SCIENCE tatsächlich von solchen Zellen berichtet. Die Daten waren allerdings gefälscht, was erst Ende 2005, also nach dem Kongress in Kobe, öffentlich wurde. Hwang trat nach diesen Enthüllungen von all seinen Ämtern zurück.

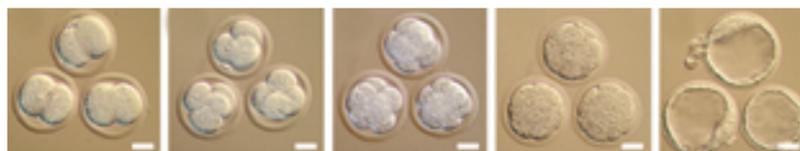
Derartige Modelle, so hieß es in Kobe, könnten einen Weg zu Therapien eröffnen. So könnten etwa Roboter in kurzer Zeit Hunderte oder Tausende Substanzen zu den immer gleichen Stammzellen pipettieren und automatisch prüfen, ob und welche Reaktion erfolgt. Ein solches Hochdurchsatz-Screening könnte Hinweise auf Medikamente liefern. Entsprechende Testroboter und computerlesbare Nachweisverfahren stehen zur Verfügung. „Ich bin der festen Über-



Ausdifferenzierte Körperzellen wurden mit embryonalen Stammzellen fusioniert (links). Bei diesen war das Gen für den Stammzellmarker Oct 4 mit dem Gen für das grün fluoreszierende Protein GFP gekoppelt worden. Die reprogrammierten Körperzellen fluoreszierten daher im Stadium der Pluripotenz grün. Die Fusionshybride sind also pluripotente Stammzellen, die sowohl die Gene der Körperzelle als auch der embryonalen Stammzelle exprimieren.



Stammzellforscher aus der Abteilung von Hans Schöler vom Max-Planck-Institut für molekulare Biomedizin arbeiten mit embryonalen Stammzellen der Maus: Die Wissenschaftler injizieren den Kern einer Körperzelle in eine Eizelle (links) – ein Verfahren, das sie als somatischen Kerntransfer bezeichnen. Die Bilder unten zeigen (von links) die Entwicklung geklonter Mausembryonen vom Zwei-, Vier- und Achtzellstadium über die Morula bis zur Blastozyste (150 bis 200 Zellen). Der weiße Balken entspricht 10 Mikrometer.



produkt die doppelte Chromosomenzahl aufweist.

Philippe Collas von der Universität Oslo arbeitet auf ähnlichem Gebiet. Er will die erwachsenen Zellen jedoch mit „ausgewählten Extrakten“ zu embryonalen Stammzellen transformieren, also nicht durch die Fusion mit anderen Zellen. Sein Ansatz, würde er funktionieren, wäre ein Schritt hin zum „Stammzellelixier“. Tatsächlich gelang es seinen Kollegen und ihm, Hautzellen mittels Zellextrakten umzugestalten: Unter dem Einfluss des Elixiers entwickelten sich daraus drei Zelllinien, die sehr große Ähnlichkeiten mit Zellen der Bauchspeicheldrüse, des Herzmuskels und mit Immunzellen zeigten.

Collas versucht jetzt, diejenigen Bestandteile aus seinem Extrakt herauszuholen, die diese Kraft zur Umprogrammierung haben – keine leichte Aufgabe bei einem sehr reichhaltigen Gemisch aus geschredderten Zellen. Ob er bislang Stammzellen hergestellt oder nur einen Zelltyp in einen anderen umgeformt hat, weiß Collas nicht sicher, meint aber: „Auf jeden Fall haben wir etwas programmiert.“ Und er räumt ein, dass seine Arbeit in gewissem Sinn der eines Alchemisten gleicht.

Denn vieles sei Zufall, und das nicht allein in seinem Labor: „Das Umprogrammieren einer Körperzelle gleicht zurzeit noch dem Stochern in einer Black Box.“

EINE HAND VOLL PROTEINE SOLL GENÜGEN?

Trotzdem hat Philippe Collas eine Vorstellung davon, was im Zellkern abläuft, wenn aus einer Körperzelle eine Stammzelle wird. Und weshalb dafür vielleicht nur eine Hand voll Protei-

ne nötig sind: Vermutlich seien die Chromosomen im Zellkern so eng gepackt, dass nur einige wenige Bereiche zugänglich sind – eben nur jene Gene, die in der erwachsenen Zelle nötig sind. Ein erstes Signalmolekül könnte dann dafür sorgen, dass sich die DNA umlagert, bisher aktive Bereiche verdichtet und stattdessen jene DNA-Bereiche freilegt, die das embryonale Programm starten: „Und dann reichen vielleicht noch zwei oder drei andere Faktoren, und die Umbildung setzt ein.“

Dabei kommen Collas von einer anderen, deutlich übersichtlicheren Seite Peter Schultz und Sheng Ding entgegen, die am Scripps Research Institute im kalifornischen La Jolla arbeiten. Sie suchen „verdächtige“ Moleküle, die sie ihren Zellkulturen zusetzen, und prüfen dann, ob sich die Zellen daraufhin zu Stammzellen verwandeln. Sie wissen deshalb ganz genau, was sich in ihren Versuchsansätzen befindet – anders als Kollegen, die mit Zellextrakten oder fusionierten Zellen arbeiten und ihre Versuchsansätze nach und nach eingrenzen müssen. Die US-Forscher fahnden unter anderem nach Substanzen, die Muskelzellen zu deren Vorläufern machen.



Die Vortragenden beim Workshop in Kobe, vorne links Hans Schöler vom Max-Planck-Institut für molekulare Biomedizin in Münster.

Auch der Entwicklungsbiologe und Max-Planck-Vizepräsident Herbert Jäckle ist sich sicher, dass es den gewünschten Ersatzteilkasten aus Stammzellen eines Tages geben wird. „Ich bin optimistisch und überzeugt davon, dass es funktioniert. Aber ich bin absolut pessimistisch, was die Zeit betrifft – dass es schon in fünf oder zehn Jahren so weit sein kann“, sagt der Direktor am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen.

REISE IN EIN UNBEKANNTES LAND

Jäckle betont, dass derzeit niemand weiß, was mit Stammzellen wirklich passiert, während sie wochen- oder monatelang in Kultur gehalten werden: „Selbst wenn es gelingen sollte, embryonale Stammzellen in Insulin produzierende Zellen umzuwandeln: Wie wollen wir sicherstellen, dass diese Zellen genau das tun, was wir möchten? Bei wie vielen der vielen hundert Gene einer solchen Zelle wollen wir prüfen, ob sie korrekt funktionieren? Bei fünf, bei zehn oder bei 15? Es ist irgendwann eine willkürliche Entscheidung, wann es den Medizinern mit dem Prüfen reicht.“

„Und das“, sagt Herbert Jäckle weiter, „ist noch nicht alles. Woher wollen wir wissen, wie lange die einmal umprogrammierten Zellen ihre Aufgabe wahrnehmen?“ Auch wisse heute niemand, was beim Umprogrammieren einer Körperzelle zurück zur embryonalen Zelle wirklich vor sich geht. Dass es funktioniert, sei erstaunlich genug, denn schließlich komme so etwas in der Natur gar nicht vor: Dort sorgt ein ausgefeiltes System im Gegenteil gerade dafür, dass sich das befruchtete Ei in jene gut organisierte Sammlung vieler Milliarden Körperzellen entwickelt, die den fortpflanzungsfähigen Organismus bilden.

Wie alle anderen Stammzellforscher betont Jäckle, dass – sollte es so weit kommen – nur differenzierte,

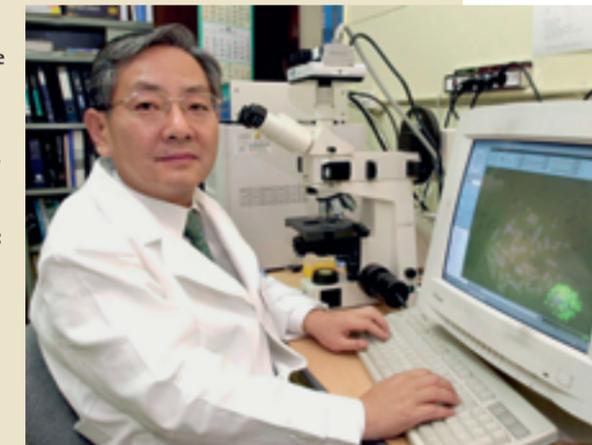
„ES IST UNMÖGLICH, KLONBABYS ZU SCHAFFEN“

Nach Ansicht des südkoreanischen Stammzellpioniers Shin Yong Moon besteht weder momentan noch in absehbarer Zeit die Gefahr, dass ein geklonter Mensch zur Welt kommt. „Es ist unmöglich, Babys durch reproduktives Klonen zu schaffen“, sagte der Forscher von der Koreanischen Nationaluniversität in Seoul im japanischen Kobe. Moon zählt zu den Forschern, die sich darum bemühen einen menschlichen Embryo zu klonen, um daraus embryonale Stammzellen zu gewinnen.

Der Wissenschaftler wies darauf hin, dass mindestens 100 geklonte menschliche Embryonen in 100 Leihmütter eingepflanzt werden müssten, um nur einen geklonten Menschen zu erhalten. Höher sei die – bislang nur im Tierversuch ermittelte – Erfolgsrate nicht. „Es ist vollkommen klar, dass das unmöglich ist“, sagte Moon. Zudem gebe es für ein solches Vorhaben nicht genügend Spenderinnen von Eizellen; darin läge der zweite Grund, warum es nicht funktionieren würde. Und schließlich sei das reproduktive Klonen in Südkorea verboten.

Moon spricht sich dafür aus, mit jenen überzähligen Embryonen zu experimentieren, die in Fruchtbarkeitskliniken anfallen. Seine Frage: „Was ist ethischer? Die Embryonen vor der Forschung wegzuerwerfen oder nachher?“ Die besten Klonresultate gebe es allerdings mit frisch gespendeten Eizellen von unter 30-jährigen Frauen. Mit diesen Zellen arbeite daher auch seine Gruppe am liebsten. Gleichzeitig erklärte er, dass es einem seiner Mitarbeiter gelungen sei, Stammzellen zu Insulin produzierenden Zellen werden zu lassen. Diese ähnelten jenen der Bauchspeicheldrüse allerdings nur entfernt.

Der koreanische Forscher erwartet, dass die Nervenkrankheit Parkinson eines Tages das erste Leiden sein wird, bei dem Stammzellen Linderung bringen. Bei der Schüttellähmung sterben Nervenzellen des Gehirns, die den Botenstoff Dopamin herstellen. „Ich bin Mediziner. Vor jeder Anwendung von Stammzellen brauchen wir den klaren Beweis, dass solche Zellen absolut sicher sind. Noch ist aber überhaupt nicht die Zeit, an klinische Studien zu denken“, betonte Moon. Zuerst gelte es, die menschlichen Stammzellen im Labor zu etablieren und sie ohne Fehler zu vermehren: „Es könnte in der Kulturschale zu winzigen Fehlern kommen. Denn mit embryonalen Stammzellen verhält es sich wie mit meinem Sohn: Beide machen leider nicht immer das, was ich ihnen sage.“ Die hauptsächlichste Anwendung embryonaler Stammzellen sieht Moon zurzeit darin, zu einem tieferen Verständnis von Krankheiten zu gelangen. Erst dann stehe die weitere Frage an, ob und wie den Kranken zu helfen sei.



keinesfalls aber undifferenzierte Zellen in einen Patienten gespritzt werden dürfen. Andernfalls bestehe die große Gefahr, dass sich Teratome bilden: krebsähnliche Wucherungen der Stammzellen, die im Körper plötzlich unkontrolliert zu allen möglichen Gewebetypen auswachsen.

Dennoch erwartet der Wissenschaftler, dass sich Stammzellen irgendwann als Medikamente eignen werden: „Die erste Verhütungspille und die ersten Herztransplantationen hatten auch katastrophale Ergebnis-

se.“ Zugleich warnt er davor, in der Öffentlichkeit zu früh und zu viele Hoffnungen auf Stammzelltherapien zu wecken: „Viele arbeiten an diesem Thema, weil sie überzeugt sind, dass es eines Tages funktionieren wird. Es liegt aber noch ein sehr langer Weg vor uns, dessen Ende viele gar nicht mehr erleben werden.“ Momentan sei die Stammzelltherapie eine Willenserklärung der Wissenschaft. Und: „Manche vergessen, das klar zu sagen“, kritisiert Jäckle.

THILO RESENHOEFT

FOTO: PICTURE-ALLIANCE/DPA