MEDIZIN

Werkstatt der Zellen

Die Technik des therapeutischen Klonens verspricht Heilung bei Parkinson, Diabetes oder Krebs. Großbritannien erlaubt dazu jetzt Experimente mit Embryonalzellen. In Deutschland sorgt die Entscheidung für Empörung: Sollen Embryonen sterben, damit Schwerkranke gesund werden?

Es ist ein bemerkenswertes Phänomen der jüngeren Zeitgeschichte, dass sich Wissenschaftler immer dann der Kranken und Gebrechlichen dieser Welt erinnern, wenn es darum geht, Zukunftstechnologien konsensfähig zu machen.

Wäre es nicht beispielsweise wunderbar, den vom Pferd gestürzten und in der Folge querschnittsgelähmten US-Schauspieler Christopher Reeve nochmals den Supermann mimen zu sehen? Oder Muhammad Ali alias Cassius Clay: Wer wollte dem an Parkinson erkrankten Boxer die Möglichkeit verwehren, den „Thriller von Manila" zu wiederholen und Joe Frazier nochmals auf die Bretter zu schicken?

Heilsversprechungen dieser Art ließen auch das britische Parlament in der vorvergangenen Woche nicht unbeeindruckt. Mit großer Mehrheit beschlossen die Abgeordneten ein Gesetz, mit dem in England das Klonen von Embryonen für medizinische Zwecke erlaubt wird.

„Der potenzielle Nutzen dieser Forschung ist immens, vor allem für jene, die unter schrecklichen chronischen Krankheiten leiden", jubelte Yvette Cooper, Staatssekretärin im britischen Gesundheitsministerium. In Deutschland geriet die „FAZ" ins Schwärmen: „Die Evolution in unserer Hand", dichtete Herausgeber Frank Schirrmacher und ließ die „große Gesundheit" wie einen „sich potenzierenden Zellkern" durch die „aktuellen Zentraldebatten" geistern.

So viel Euphorie war selten. Doch was ist wirklich dran am Heilverfahren per Zellersatz? Durch den Parlamentsbeschluss wird es britischen Forschern künftig erlaubt, geklonten menschlichen Embryonen so genannte Stammzellen zu entnehmen, diese zu vervielfältigen und anschließend für medizinische Versuche zu verwenden. Älter als 14 Tage dürfen die verwendeten Embryonen allerdings nicht sein: Dann beginnt im britischen Königreich per Gesetz das menschliche Leben – und die kugeligen Zellgebilde (Blastozysten genannt) müssen getötet werden. Auch die Übertragung der klonierten Embryonen in eine Gebärmutter – das reproduktive Klonen wie beim Klonschaf Dolly – ist weiterhin verboten.

Dennoch eröffnet das neue Gesetz nach Ansicht von Wissenschaftlern erhebliche medizinische Perspektiven. Im Fall der an Parkinson leidenden Boxlegende Muhammad Ali etwa sähe das Heilungsszenario des so genannten therapeutischen Klonens so aus (siehe Grafik Seite 143): Ali würde eine beliebige Körperzelle entnommen, deren Erbgut die Forscher dann in eine vom Erbmaterial befreite menschliche Eizelle injizieren würden. Aus dem daraus heranwachsenden Embryo – gleichsam ein nachträglich erzeugter zweiter Ali – würden nach etwa einer Woche Stammzellen entnommen. Diese würden schließlich im Labor zu Nervenzellen herangezüchtet und dem kranken Ali mit der Hoffnung gespritzt, die zerstörten Zellen in seinem Gehirn zu ersetzen.

Das Faszinierende an dem Verfahren: Die aus den Stammzellen hervorgegangenen Nervenzellen wären – weil geklont – mit denen des Patienten praktisch identisch; sie hätten damit beste Chancen, nach der Transplantation nicht vom Organismus abgestoßen zu werden.

Auch andere zerstörte oder beschädigte Gewebe und Organe hoffen die Forscher mit dieser Technik reparieren zu können (siehe Grafik Seite 147). Neben Parkinson erwarten die Wissenschaftler etwa Fortschritte in der Behandlung von Osteoporose, Krebs, Verletzungen des Rückenmarks oder Leberzirrhose. Neuronen für Alzheimerkranke, Herzzellen für Infarktopfer und Insulin produzierende Inselzellen für Diabetiker stehen ebenfalls auf der Wunschliste der Biochemiker. Dass sich diese beeindruckende Palette von Heilsversprechen in den Köpfen

S. ELLERINGMANN / BILDERBERG

Stammzellforschung im Biolabor
Zauberelixier der Medizin

der Forscher festsetzen konnte, liegt an den tatsächlich fast magisch anmutenden Eigenschaften der so genannten embryonalen Stammzellen. Wie das Zauberelixier einer zukünftigen Medizin können sie sich einerseits gleichsam unendlich selbst reproduzieren – andererseits sind sie in der Lage, sich in fast alle der 210 bekannten Typen menschlicher Körperzellen zu verwandeln. Stammzellen sind der Ursprung der Blutzellen, die durch die Aorta pulsen, der Muskelzellen, die den Tennisarm antreiben, und der Nervenzellen, die im Gehirn das Gesetz des Pythagoras speichern.

Diese Wandlungsfähigkeit der in der frühen Embryonalentwicklung des Menschen entstehenden Stammzellen macht sie zum idealen Rohstoff für ein umfassendes Ersatzteillager des menschlichen Körpers. Fast überall im Organismus, so die Hoffnung der Forscher, könnten sie Reparaturarbeiten an zerstörtem Gewebe vornehmen.

Doch besonders in Deutschland entfachte die britische Entscheidung einen Sturm der Entrüstung. Denn für die Herstellung embryonaler Stammzellen würde nicht nur ein geklonter Menschen-Embryo entstehen. Zudem würde dieser Embryo – laut deutscher Rechtsprechung bereits menschliches Leben – nach Gewinnung der Stammzellen getötet werden. Eine „Perversion menschlichen Denkens“ nannte dies der Kölner Erzbischof Kardinal Meisner. „Auch der frühe menschliche Keim hat Respekt verdient“, fordert Regine Kollek, Vorsitzende der Ethikkommission des deutschen Bundestages (siehe SPIEGEL-Gespräch, Seite 146).

Viele Forscher dagegen sehen in einem frühen Embryo oftmals nur das, was er faktisch ist: eine Kugel aus etwa 50 Zellen – kaum größer als der Punkt am Ende dieses Satzes. Sie werfen den Kritikern Doppelmoral vor. „In einer Gesellschaft, die Abtreibung im dritten Monat zulässt, ist es heuchlerisch, sich über die Entnahme von ein paar Zellen aus Blastozysten zu empören“, sagt etwa Davor Solter, Direktor des Max-Planck-Instituts für Immunbiologie in Freiburg.

Auch Oliver Brüstle vom Institut für Neuropathologie der Uniklinik Bonn hofft, dass Deutschland dem britischen Vorbild folgen wird. Zwar hält Brüstle Teile des therapeutischen Klonens für ethisch problematisch. Grundsätzlich jedoch ist er dafür, das Potenzial der Stammzellen für die Medizin nutzbar zu machen.

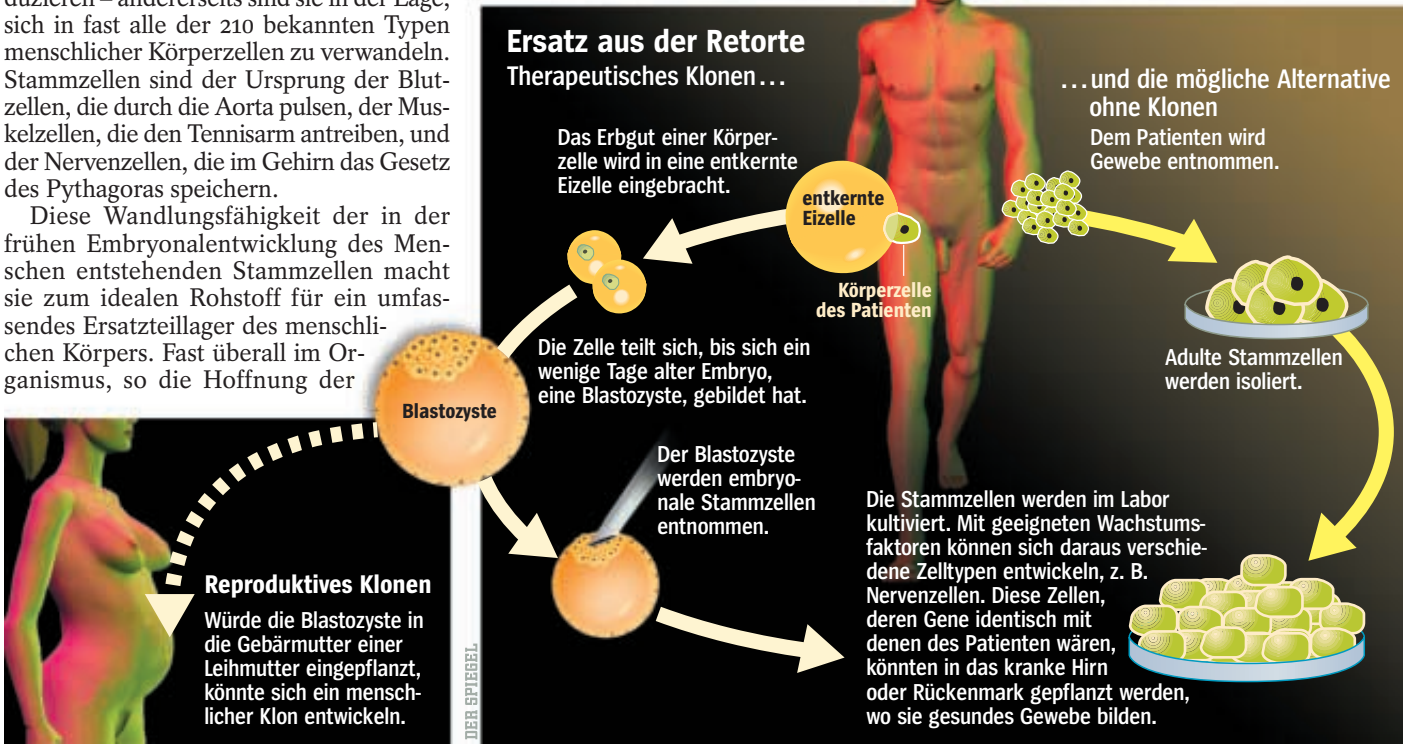
Schon 1998 schuf Brüstle zusammen mit Kollegen aus embryonalen Stammzellen von Mäusen die Vorstufe bestimmter Hirn- und Nervenzellen. Diese injizierten die Forscher erbkranken Ratten, denen der natürliche Schutzschild der Nervenfasern, das Myelin, fehlte. Bei einigen der Tiere entwickelte sich daraufhin innerhalb von zwei Wochen das fehlende Schutzgewebe.

Anderen Wissenschaftlern gelang es, embryonale Stammzellen von Mäusen in funktionsfähige Herzmuskelzellen zu verwandeln. Australische Forscher ließen jüngst Nerven- und Muskelzellen in der Kulturschale wachsen.

Solche Erfolge können indes nicht darüber hinwegtäuschen, dass gerade diese „Umprogrammierung“ von Stammzellen in funktionierende Körperzellen von den Forschern noch kaum verstanden wird. „Embryonale Stammzellen könnten theoretisch Zellen für jedes Organ im Körper liefern“, sagt Solter: „Wie wir die Zellen davon überzeugen können, dies auch zu tun, müssen wir jedoch noch lernen.“

Zwar verwandeln sich in der Embryonalentwicklung und auch im Körper des Erwachsenen ständig Stammzellen in die verschiedensten Körperzellen. Schleierhaft jedoch bleibt den Forschern, welche Mechanismen die Ausdifferenzierung bewirken. Um beispielsweise eine embryonale Stammzelle im Labor dazu zu bringen, sich in eine Insulin produzierende Zelle für den Einsatz in der Bauchspeicheldrüse zu verwandeln, seien nicht weniger als fünf Entwicklungsschritte nötig, erläutert Solter.

Nicht alle Forscher sehen daher die embryonalen Stammzellen als die beste Wahl an, um künftigen Patienten neue Knochen- oder Leberzellen wachsen zu lassen. Neben ethischen Bedenken sprechen auch ganz praktische Nachteile



DER SPIEGEL

Kanzler mit Reagenzglas

Die deutsche Biotech-Branche boomt – ein Argument für die Regierung, dem Beispiel England zu folgen?

Der Kanzler kam heimlich, ganz gegen seine Gewohnheit. Ohne Pressetross huschte Gerhard Schröder im Dezember in einen unscheinbaren Altbau in Berlin-Charlottenburg. Im Heubnerweg 6 residiert das Max-Planck-Institut für molekulare Genetik. Kaum jemand vermutet hier das deutsche Zentrum des weltweit vernetzten Humangenomprojekts, das den Erbcode des Menschen knacken und nutzbar machen soll.

Leicht ratlos, aber hoch interessiert, stand der Bundeskanzler vor Robotern, die Erbmoleküle analysieren, blickte in Kühlschränke mit biochemischem Archivmaterial, stülpte Kittel und Kopfhäubchen über, um Analysematerial in ein Reagenzglas zu pfriemeln.

„Eine ähnliche Revolution wie seinerzeit die Erfindung des Computers“, prophezeite Institutsleiter Hans Lehrach dem Kanzler. Darauf bat Schröder den Professor, einen Blick auf ein mitgebrachtes Manuskript zu richten, das er gut eine Woche später in der „Woche“ veröffentlichte: „Schaun Sie doch mal, ob das alles so richtig ist.“

Die Bio- und Gentechnologie, sagt Schröder, gehöre zu seinen wichtigsten Angelegenheiten in der zweiten Hälfte der Legislaturperiode. Schließlich sei das nicht nur in der rot-grünen Koalition, sondern „in der Gesellschaft ein außerordentlich kontroverses Thema“. Die Regierung komme um eine „grundsätzliche Positionsbestimmung“ nicht herum.

Schröder, der sich schwierige Sachverhalte lieber im Gespräch aneignet als durch Lektüre dicker Bücher, diskutierte über Monate hinweg mit zwei anerkannten Experten der deutschen Biotechnologie: mit Ernst-Ludwig Winnacker, dem Präsidenten der Deutschen Forschungsgemeinschaft, und mit Detlev Ganten, dem Direktor des Max-Delbrück-Centrums in Berlin-Buch.

Winnacker und Ganten erläuterten dem Kanzler die wissenschaftlichen, aber auch die ökonomischen Zusammenhänge des Wettbewerbs um Bio- und Genpatente. „Wenn wir in Deutschland eine sehr restriktive Regelung bekommen, passiert uns das Gleiche wie in den achtziger Jahren“, warnt Ganten. „Damals sind uns die guten Wissenschaftler ausgewandert, ganze Forschungsabteilungen waren abgehängt von der internationalen Entwicklung.“ Das dürfe nicht noch einmal passieren.

Eher zum Abwarten riet sein Kollege Winnacker. Der Genomforscher hält nichts davon, das in Großbritannien zulässige therapeutische Klonen auch in Deutschland zuzulassen. Allerdings plädiert er dafür, „die Forschung an erwachsenen Stammzellen voranzutreiben“. Wenn Deutschland diesen ethisch weniger problematischen Weg erfolgreich gehe, „haben wir sogar einen Exportschlager“, so Winnacker.

Noch vor wenigen Jahren galt die Bundesrepublik in der Biotech-Industrie als Land, das den Anschluss verpasst hatte. Das lukrative Geschäft mit den Genen hatten die Amerikaner und Briten scheinbar unter sich aufgeteilt.

M. URBAN

Besucher Schröder*: *Blick aufs Manuskript*

Mittlerweile setzten die Gentech-Unternehmer zu einer rasanten Aufholjagd an. Überall im Land entwickelten sich regelrechte Biotech-Valleys: Im Rheinland, in der Region zwischen Darmstadt und Heidelberg, rund um Jena und in Berlin-Buch ballen sich Dutzende Start-up-Firmen, rund um Martinsried bei München sind es gar über 70.

Meist geht es den fast 500 Biotech-Firmen um die Entwicklung neuer Medikamente, etwa gegen Krebs oder Diabetes. Alles in allem beschäftigt die deutsche Biotech-Branche direkt über 40 000 Mitarbeiter, Tendenz: rasant steigend.

Diese Argumente lassen den Kanzler nicht unbeeindruckt. Schröder, heißt es im Kanzleramt, wolle alle Wege möglichst offen halten, aber vor allem „keine Restriktionen erlassen, die später Chancen verbauen“.

Entsprechend strömt der Subventionssegen der Bundesregierung in die deutsche Biotech-Branche. In den Jahren 2000 und 2001, rechnet das Forschungsministerium vor, fließen mehr als 500 Millionen Mark öffentliche Fördermittel in die Genomforschung. Hiermit liege Deutschland, so das Ministerium von Edelgard Bulmahn, im internationalen Vergleich an zweiter Stelle hinter den USA.

Lange kann Schröder seinen Versuch, sich in konkreten Streitfragen nicht festzulegen, nicht mehr durchhalten. Gesundheitsministerin Andrea Fischer will schon im Januar den ersten Entwurf des Fortpflanzungsmedizingesetzes vorlegen. Soll die Untersuchung von Embryonen auf Gendefekte, in Belgien üblich, künftig auch in Deutschland erlaubt werden? Fischer ist strikt dagegen. Eine Selektion von werdendem Leben im Reagenzglas wäre für die gläubige Christin eine „unerträgliche Vorstellung“.

Bislang war dies im Parlament nahezu unumstritten. Nur die FDP-Forschungsexpertin Ulrike Flach sprach sich öffentlich dafür aus, Gentests im Reagenzglas nicht kategorisch abzulehnen. Doch Schröders Aufsatz ließ Andrea Fischer aufschrecken. „Diskutiert werden“ müsse, so der Kanzler, „ob es für uns Gründe gibt, die in vielen EU-Ländern bereits praktizierte Präimplantationsdiagnostik in Deutschland zuzulassen“.

Die Gesundheitsministerin argwöhnt seither: „Wir müssen wohl fürchten, der will das erlauben.“

Jürgen Hogrefe, Alexander Neubacher

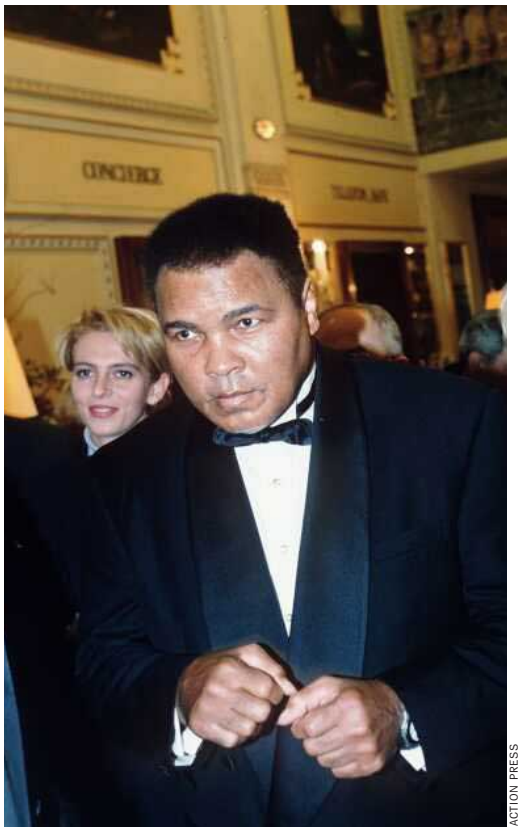
* Am 12. Dezember im Ressourcenzentrum des Deutschen Humangenomprojekts beim Max-Planck-Institut in Berlin mit Andrea Fischer und Edelgard Bulmahn, rechts hinten: Professor Detlev Ganten.

gegen den Weg über den Embryo. So würden nach dem heutigen Stand der Forschung im Schnitt 280 menschliche Eizellen benötigt, um für nur einen einzigen Patienten embryonale Stammzellen zu kultivieren. Eine der wenigen denkbaren Möglichkeiten für den therapeutischen Ei-Segen: Weiblichen Unfallopfern könnten wie bislang schon Leber oder Niere zukünftig auch die Eierstöcke entnommen werden.

Angesichts solcher Szenarien suchen viele Forscher nach Alternativen zum therapeutischen Klonen, die es gleichwohl erlauben könnten, das medizinische Potenzial der Stammzellen zu nutzen. Hoffnungen machen ihnen dabei vor allem die so genannten „adulten“ Stammzellen, die im Körper jedes Menschen Zeit seines Lebens die Funktion eines Reparaturdienstes übernehmen.

In etwa 20 Organen inklusive der Muskeln, der Knochen, der Haut und des Nervengewebes haben die Forscher diesen Zelltyp mittlerweile aufgespürt. Einfache Verfahren wie die Knochenmarkstransplantation sind bereits im Einsatz. Parkinsonpatienten werden seit Jahren neuronale Stammzellen aus abgetriebenen Föten in die zerstörten Gehirnregionen transplantiert.

Das gesamte therapeutische Potenzial der adulten Stammzellen beginnen die Forscher jedoch erst zu erahnen. Neuere Studien legen nahe, dass auch sie in der Lage sind, sich chamäleonhaft in eine ganze Palette von Zelltypen zu verwandeln.


ACTION PRESS

B. STRONG / SIPA PRESS

Parkinsonkranker Ali, querschnittsgelähmter Reeve: *Heilung durch umprogrammierte Helferlein?*

Schwedische Wissenschaftler etwa übertrugen im vergangenen Jahr Stammzellen aus dem Gehirn erwachsener Mäuse in Mäuseembryonen, woraufhin sich die Zellen eigenständig in Lungen-, Herz-, Darm- und Nervenzellen umprogrammierten. Kalifornischen Forschern gelang es gar, mit Hilfe Blut bildender Stammzellen lebergeschädigten Mäusen zu helfen. Sie injizierten Zellen aus dem Knochenmark gesunder Tiere in die kranken Mäuse. Schon 50 Stammzellen reichten aus, um die Leberfunktion der Nager zu normalisieren.

Könnten also auch adulte Stammzellen das Zeug haben, künftig als universelles Reparaturset des Körpers zum Einsatz zu kommen? Der wesentliche Vorteil im Vergleich zum Einsatz embryonaler Stammzellen: Das ethisch umstrittene Klonen und Töten von Embryonen könnte auf diese Weise elegant umgangen werden.

Allerdings vermögen auch hier erste Erfolge die noch vorherrschende Ahnungslosigkeit der Forscher kaum zu kaschieren. Als besonders schwierig erweist es sich, der potenten Zellen überhaupt habhaft zu werden. Denn um Abstoßungsreaktionen nach der Implantation der mobilen Eingreiftruppen zu vermeiden, müssten sie idealerweise vom kranken Patienten selbst stammen – doch bei bestimmten Krankheiten sind körpereigene Stammzellen selbst verändert und deshalb unbrauchbar.

„Wenn die Stammzellen sowieso im erkrankten Organ vorkommen – warum helfen sie dem Patienten dann nicht von allein?“, fragt Solter: „Es ist kaum einzusehen, warum es etwas bringen sollte, die Zellen dem Patienten zu entnehmen, sie zu vermehren und wieder zu injizieren.“

In Zukunft wollen die Erforscher der körpereigenen Heinzelmännchen daher am liebsten zweigleisig fahren. „Wir müssen alle Stammzellen intensiv untersuchen, um langfristig entscheiden zu können, welche Zellen für welche Therapie geeignet sind“, fordert Brüstle. Dabei müsse auch eine intensive Risikoabschätzung der neuen Methoden betrieben werden. Denn während die Chancen der Stammzelltherapie ausgiebig diskutiert werden, bleiben die möglichen Gefahren bislang meist unerwähnt.

Aus ihren Erfahrungen mit dem Klonen von Tieren, bei dem nur ein Bruchteil der Experimente gelingt, erwarten die Forscher beispielsweise ernste Probleme bei der Qualität der embryonalen Stammzellen. Falsch programmierte oder fehlgeleitete Helferlein könnten für den Patienten fatale Folgen haben. „Unerwünschte Gewebe“ und Tumoren könnten wachsen, räumt Brüstle ein: „Wir brauchen einen langen Sicherheitsvorlauf, um das alles zu prüfen.“

Trotz dieser Unwägbarkeiten fordert Brüstle die Änderung des deutschen Embryonenschutzgesetzes, um auch in Deutschland embryonale Stammzellen gewinnen zu können. Bis es so weit ist, will der Wissenschaftler eine Lücke im hiesigen Gesetzeswerk nutzen, die es schon heute erlaubt, die Stammzellen menschlicher Embryonen nach Deutschland zu importieren. Im Labor will Brüstle dann versuchen, diese Zellen mittels geeigneter Nährmedien in Nerven- und Stützzellen zu verwandeln – um in ferner Zukunft vielleicht einmal einem Muhammad Ali zu neuem Intellekt verhelfen zu können.

Vor allzu großer Euphorie jedoch warnen die Biotechniker. „Es wird sicher fünf bis zehn Jahre dauern, bis man überhaupt die Anwendbarkeit in der Medizin abschätzen kann“, sagt Brüstle. Damit die neue Technik nicht an den eigenen Ansprüchen scheitert, sei es wichtig, „auf keinen Fall zu viel zu früh“ zu versprechen.

„Es gibt keinen theoretischen Grund zu glauben, dass therapeutisches Klonen unmöglich ist“, formuliert Immunbiologe Solter die Wissensnot der Forscher: „Allerdings gibt es auch kein theoretisches Problem, zum Jupiter zu fliegen – trotzdem hat es bis heute noch kein Mensch dorthin geschafft.“

Philip Bethge