

*Quine, M.S.*, 1996: Population Politics in Twentieth Century Europe: Fascist Dictatorships and Liberal Democracies. London

*Reade, W.*, 1872: The Martyrdom of Man. London

*Regis, E.*, 1990: Great Mambo Chicken and the Transhuman Condition: Science Slightly Over the Edge. Reading

*Rosen, Chr.*, 2004: Preaching Eugenics: Religious Leaders and the American Eugenics Movement. Oxford

*Schneider, S.*, 2009: Future Minds: Transhumanism, Cognitive Enhancement, and the Nature of Persons. In: Ravitsky, V.; Fiester, A.; Caplan, A.L. (Hg.): The Penn Center Guide to Bioethics. New York, S. 95–110

*Soloway, R.A.*, 1995: Demography and Degeneration: Eugenics and the Declining Birthrate in Twentieth-century Britain. Chapel Hill, N.C.

*Schummer, J.*, 2009: Nanotechnologie. Spiele mit Grenzen. Frankfurt a. M.

*Trent, J.W.*, 1994: Inventing the Feeble Mind: A History of Mental Retardation in the United States. Berkeley

*Wells, H.G.*, 1902: The Discovery of the Future. A Discourse Delivered to the Royal Institution on January 24, 1902. In: Nature 1684/65 (1902), S. 326–331

*Wolstenholme, G. (Hg.)*, 1963: Man and His Future. Boston

## Kontakt

Reinhard Heil  
 Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)  
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
 Karlstraße 11, 76133 Karlsruhe  
 Tel.: +49 (0) 7 21 / 6 08 - 2 68 15  
 E-Mail: [reinhard.heil@kit.edu](mailto:reinhard.heil@kit.edu)

« »

## Gentechnologische Eingriffe am Menschen

Visionen und Perspektiven im Kontext von Gentherapie und Stammzellforschung

von Lilian Marx-Stöltzing und Silke Domasch, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften

**Die unterschiedlichen Anwendungsbereiche der Gentechnologie sind mit einer Vielzahl von Visionen verbunden. Dabei ist es oft schwer, berechtigte Hoffnungen von unseriösen Heilsversprechungen zu unterscheiden. Dies ist jedoch für eine Technikfolgenabschätzung von zentraler Bedeutung. Mit den Entwicklungen in den Bereichen Gentherapie und Stammzellforschung werden exemplarisch zwei Anwendungsbereiche fokussiert, in denen es in besonderem Maße um gentechnologische Eingriffe am Menschen geht. Mittels einer Medienanalyse wird zunächst gezeigt, welche Visionen öffentlich gesetzt wurden. In einem zweiten Schritt werden diese medial repräsentierten – zumeist – Versprechen vor dem Hintergrund des aktuellen Sachstands gespiegelt, um sie abschließend im Kontext von Enhancement-Technologien einzuordnen.**

### 1 Einleitung

Viele der hochgesteckten Forschungsziele, die mit der Gentechnologie verbunden wurden, konnten auch nach langjähriger Forschung bisher nicht erreicht werden. Dennoch gibt es sowohl in der Grundlagenforschung als auch bei diagnostischen und therapeutischen Anwendungen deutliche Fortschritte (z. B. Beier et al. 2009; uniQure 2012). Mit Blick auf die damit verbundenen Visionen sind es vor allem die medizinischen Anwendungsgebiete der Gentechnologie, die in der Öffentlichkeit eine besondere Aufmerksamkeit erfahren haben. Die Themen Gentherapie und Stammzellforschung sind in diesem Kontext deswegen interessant, weil sie zum einen zwei Themengebiete der Gentechnologie repräsentieren, die symptomatisch für die Entwicklungen der Humanmedizin bzw. ihrer Grundlagenforschung stehen, und die zum anderen – auf unterschied-

liche Weise – für Visionen gentechnologischer Interventionen herangezogen werden.

Die Grenzen zwischen therapeutischen und nicht-therapeutischen Anwendungen gentechnologischer Verfahren und Techniken sind jedoch unscharf. Ohne die terminologische Diskussion um *Human Enhancement* an dieser Stelle führen zu können<sup>1</sup>, verstehen wir in Anlehnung an das Science and Technology Options Assessment Panel (STOA 2009) hierunter die Verbesserung individueller menschlicher Fähigkeiten auf technologischem oder pharmakologischem Wege. Versteht man Enhancement in diesem Sinne, kann zwischen verschiedenen Eingriffen unterschieden werden: 1) die Wiederherstellung von Körperfunktionen, 2) die Prävention von Fehlfunktionen<sup>2</sup>, 3) die therapeutische Verbesserung von Körperfunktionen sowie 4) nicht-therapeutische Verbesserungen (vgl. STOA 2009, S. 6, 19). Nicht-therapeutische Verbesserungen der menschlichen Natur werden im Folgenden auch als „Enhancement im engeren Sinne“ bezeichnet.

Anhand einer Medienanalyse soll nun nachfolgend herausgearbeitet werden, welche Visionen für gentechnologische Eingriffe am Menschen die öffentliche Debatte im Verlauf eines Jahres geprägt haben.<sup>3</sup> Diese medial aufgegriffenen Visionen werden dann vor dem Hintergrund des gegenwärtigen Sachstands in beiden Themenschwerpunkten reflektiert und abschließend in den Kontext des Enhancements eingeordnet.

## 2 Medial vermittelte Visionen der Gentherapie

Die Möglichkeit verändernder Eingriffe in das menschliche Genom wird mit der modernen Biomedizin zunehmend realistischer. Die gezielte Übertragung von Genen oder Genbestandteilen (Gentransfer) in menschliche Zellen mündete Ende 2012 in die erste Zulassung eines Gentherapeutikums in der westlichen Welt.<sup>4</sup> Die Grundidee einer Gentherapie ist es, Krankheiten, die durch Mutationen entstanden sind oder entstehen, durch die Korrektur des Fehlers im Genom zu behandeln; dabei kann prinzipiell nach Ziel und Eingriffstiefe unterschieden werden. Auf dem *therapeutischen Eingriff in Körperzellen* liegt der Fokus der medialen Berichterstattung.

Der *Eingriff in die menschliche Keimbahn* findet gar keine Erwähnung; ein Gentransfer im *nicht-therapeutischen Bereich* wird im Kontext von Gendoping einmal erwähnt. In Bezug auf Visionen, die in diesem Kontext medial eine Rolle spielen, kristallisieren sich drei Aspekte heraus, wobei es hauptsächlich um potenzielle *therapeutische* Anwendungen (a) geht; daneben spielen das Scheitern früherer Visionen (b) sowie Missbrauchsszenarien (c) eine untergeordnete Rolle.

### a) Visionen therapeutischer Zielsetzungen

Die Berichterstattung über Gentherapie ist ganz klar von einzelnen Fortschritten in der Grundlagenforschung dominiert. Es werden vor allem tierexperimentelle Erfolge verzeichnet: Unter dem Titel „Leuchten für die Aids-Forschung“ (Süddeutsche.de, 12.9.2011) wird erstmals über einen Gentransfer durch genetische Modifikation von Keimzellen in einem Fleischfresser (d. h. Katzen) berichtet. Dadurch erhoffen sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ein besseres Verständnis der Krankheit, auch beim Menschen. In anderen Zusammenhängen funktionierte eine HIV-Impfung im Test an Mäusen (ZEIT online, 1.12.2011): Ein Team nutzte ein unschädlich gemachtes Adenovirus als Genfähre, um die Bauanleitung eines Antikörpers gegen das HI-Virus in die Zellen der Mäuse zu transportieren. Gleichwohl bliebe unklar, ob sich diese Ergebnisse auf den Menschen übertragen lassen und finanziell lohnend wären. Ebenfalls im Mausmodell konnten Forscherinnen und Forscher aus umprogrammierten Hautzellen gesunde Tiere züchten (Spiegel online, 13.7.2011). Ein „langfristiges Ziel der Forschungsarbeiten“ sei es, Menschen Zellen zu entnehmen, diese im Labor zu induzierten pluripotenten Stammzellen zurück zu verwandeln, sie genetisch zu korrigieren und sie anschließend den Patienten wieder einzusetzen. Mit einer solchen kombinierten Zell- und Gentherapie solle „eines Tages“ Patientinnen und Patienten mit seltenen Stoffwechselerkrankungen geholfen werden.

Von ersten *klinischen* Erfolgen wird im Rahmen einer Pilotstudie berichtet: Mittels Gentherapie wollen Ärzte „Krebspatienten vor schweren Nebenwirkungen der Chemotherapie bewahren“ (Spiegel online, 10.5.2012). Dabei werden Blutstammzellen gentechnisch so verändert, dass diese modifizierten Zellen des Knochenmarks

sich als „unempfindlich gegen ein bei der Krebstherapie verwendetes Zellgift“ erwiesen. Diese Strategie beseitige eine der größten Hürden für eine effektive Chemotherapie bei aggressiven Krebsformen. Allerdings seien die Kosten für solche Gentherapien schwer abzuschätzen.

#### *b) Scheitern früherer Visionen*

Die frühen Erwartungen in Bezug auf die medizinischen Möglichkeiten der Gentechnologie werden, gerade die in Aussicht gestellten Versprechen die Gentherapie betreffend, kritisch herausgestellt: Vor knapp 15 Jahren riefen Wissenschaftler die genetische Revolution aus; damals gab es Vorhersagen, „dass in 15 bis 20 Jahren die Medizin im Wesentlichen aus Gentherapie bestehen würde“ (Spiegel online, 12.12.2011). „Aufbruch, Euphorie und Entdeckergeist“ seien einer „gewissen Ernüchterung“ gewichen; es bedürfe einer kritischeren und vor allem differenzierten Betrachtung des Feldes (ebd.).

#### *c) Schreckensszenarien*

Vermeintlich „negative“ Visionen, wie zum Beispiel der Eingriff in die menschliche Keimbahn oder ein Gentransfer im nicht-therapeutischen Bereich, finden sich sehr selten im medialen Diskurs. Lediglich ein Text thematisiert Gendoping (ZEIT online, 22.2.2012): Im Kontext sportlicher Leistungssteigerung werden Missbrauchsszenarien beschrieben, die beim einzelnen Sportler „durch Manipulation des Erbgutes“ die Ausdauer, die Schmerztoleranz und die Willensstärke beeinflussen könnten. Die hierfür notwendigen Grundlagen seien ursprünglich zu medizinischen Zwecken entwickelt worden und könnten jetzt für den gezielten „Missbrauch der gentechnischen Werkzeuge“ eingesetzt werden. Darüber hinaus ist im selben Kontext von einer potenziellen Gefährdung der biologischen Sicherheit die Rede, denn „Doping wird ansteckend“ (ebd.): Wenn Viren als Genfähren genutzt werden, wird in der Regel die Herstellung in überwachten Labors kontrolliert. Bei fehlenden medizinischen Sicherheitsstandards und Kontrollen im „stillen Kämmerlein dopender Sportler“ bestünde die Gefahr der Übertragung auf Unbeteiligte.

### **3 Diskussion vor dem Hintergrund des aktuellen Sachstands zur Gentherapie**

Die mediale Diskussion spiegelt hinsichtlich des Forschungsstandes durchaus die gegenwärtige Situation wider: Die anfänglich hohen Erwartungen bezüglich einer frühen Marktreife bereits in den 1990er Jahren haben sich als unrealistisch herausgestellt. Das Feld ist heute ganz überwiegend in der Grundlagenforschung, d. h. es wird eine ganze Reihe von präklinischen Experimenten und Tierversuchen unternommen, die helfen, sowohl Wirkprinzipien als auch die Ursachen von Nebenwirkungen des therapeutischen Gentransfers besser zu verstehen. Daneben gab und gibt es wesentliche Erkenntnisse aus angrenzenden Disziplinen (u. a. molekulare Toxikologie oder Bildgebungsverfahren), die wesentlich zum Erkenntnisgewinn des Feldes beigetragen haben (vgl. Fehse et al. 2011, S. 100).

Für die Zulassung eines Gentransfer-Arzneimittels müssen klinische Studien zur Wirksamkeit und Toxizität durchlaufen werden. Mit Stand Juni 2012 sind ca. 1.840 internationale Gentherapie-studien verzeichnet; davon befinden sich knapp 60 Prozent in Phase 1,<sup>5</sup> d. h. konkrete Anwendungen und etablierte „Gentherapien sind weiterhin eine Zukunftsvision“ (ZEIT online, 22.2.2012). Erste klinische Studien mit therapeutischem Effekt gab es vereinzelt bei einigen monokausalen, genetisch bedingten Krankheiten.<sup>6</sup> Das im Herbst letzten Jahres zugelassene Glybera® ist das erste Genterapeutikum in der westlichen Welt; auch dieses Medikament soll Patientinnen und Patienten mit einer sehr seltenen, erblichen Erkrankung eine Behandlungsoption bieten (uniQure 2012). In der Gesamtschau der beforschten Indikationen reihen sich allerdings die seltenen, monogenen Erkrankungen weit hinter den onkologischen Indikationen ein; zusammen mit kardiovaskulären und Infektionskrankheiten machen diese vier Indikationen den weitaus größten Teil der Studien aus.<sup>7</sup> Insofern passen die in den Presstexten aufgegriffenen Indikationen (Krebserkrankungen und HIV) durchaus in dieses Bild.

Die Kosten einer Gentherapie werden in den Presseartikeln als „schwer abzuschätzen“ bis „sehr teuer“ eingestuft. Damit wird auch hier nachweislich realistisch auf den hohen finanziellen Aufwand hingewiesen, der von der

wissenschaftlichen Community in beiderlei Hinsicht geteilt wird (vgl. u. a. Fehse et al. 2011, S. 85,100; Lenk 2011, S. 218).

In Bezug auf das Scheitern früher Visionen ist die Gentherapie ein eindrückliches Beispiel: Frühe Experimente, in denen erfolgreich funktionelle Gene in Zellkulturen übertragen wurden, bestärkten bereits um 1980 die Hoffnung auf den Einsatz der Gentherapie; und auch im Tierversuch wurden spektakuläre Erfolge erzielt. Beides erregte öffentliche Aufmerksamkeit und veranlasste Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu gewagten Prognosen. Insofern war die Desillusionierung vorhersehbar, die mit dem Tod des 18-jährigen Jesse Gelsinger 1999 bestätigt zu werden schien. Allerdings zeichneten sich ab dem Jahr 2000 auch vereinzelte klinische Erfolge ab, die aber nach wie vor von Rückschlägen und schweren Zwischenfällen begleitet werden (Domasch/Fehse 2011).<sup>8</sup>

Das Stichwort Gendoping, das in den Medientexten zusammen mit potenziellen Missbrauchsszenarien genannt wird, ist auch in der wissenschaftlichen Literatur der letzten Jahre präsent: Die Debatte ist hier jedoch durch verschiedene Perspektiven aus Medizin, Sport- und Rechtswissenschaften, Medizinethik etc. gekennzeichnet, die den Diskussionsstand in seiner Heterogenität von Meinungen und Standpunkten abbildet (vgl. u. a. Gerlinger et al. 2008; Lenk 2011; Körner/Schardien 2012).

#### 4 Medial vermittelte Visionen der Stammzellforschung

Stammzellen sind Zellen, die das Potenzial haben, sich asymmetrisch zu teilen: Sie können sich einerseits selbst erneuern (also wieder Stammzellen hervorbringen) und andererseits spezialisierte Zelltypen bilden.<sup>9</sup> Im Textkorpus können sechs verschiedene Visionen gentechnologischer Eingriffe am Menschen (a bis f) unterschieden werden:

##### a) Visionen zur Realisierung wissenschaftlicher Zielsetzungen

Mit der Stammzellforschung ist in vielen Artikeln die Hoffnung auf Erkenntnisgewinn verbunden, wie etwa das Verständnis von Differenzierungs- sowie von Regenerationsmechanismen verschiedener Gewebetypen. Dieser wird jedoch als Vo-

oraussetzung zur Erreichung therapeutischer Ziele beschrieben. Auch Zweifel an bisherigen Erkenntnissen (z. B. SZ, 15.10.2011) werden thematisiert.

##### b) Visionen therapeutischer Zielsetzungen

Therapeutische Zielsetzungen sind die mit Abstand am häufigsten dargestellten Visionen und werden in mehr als einem Drittel aller Artikel beschrieben. Durch die sog. „regenerative Medizin“ sollen funktionell gestörte Zellen, Gewebe und Organe einerseits durch gezüchtete Zellen oder Gewebe biologisch ersetzt werden, oder ihre Funktion soll durch die Anregung körpereigener Regenerationsprozesse wiederhergestellt werden (z. B. SZ, 19.10.2011b). Dies soll u. a. die Therapie von Herzinfarkt, Muskelschwäche und neurodegenerativen Erkrankungen ermöglichen (SZ, 14.9.2011). Dabei werden insbesondere drei unterschiedliche Hoffnungsträger diskutiert: embryonale Stammzellen (ES), adulte Stammzellen (AS) und induzierte pluripotente Stammzellen (iPS).<sup>10</sup>

Bei der Forschung an *ES-Zellen* spielt in Deutschland die ethische Diskussion aufgrund der nötigen Zerstörung von Embryonen eine besondere Rolle und wird in sehr vielen Artikeln erwähnt. Therapeutischen Visionen dienen daher der Rechtfertigung dieser Forschung. Prominentes Beispiel ist dabei der erfolgreiche Versuch, ES-Zellen ins Auge von fast Blinden zu spritzen, die dadurch besser sehen konnten (SZ, 27.1.2012). Konkrete Erfolge werden sonst eher selten beschrieben, vielmehr wird darauf hingewiesen, dass es bislang noch keine etablierten Therapien gibt.

Die bisherigen therapeutischen Erfolge der Stammzellforschung beschränken sich mit wenigen Ausnahmen auf *AS-Zellen* und hier insbesondere auf die Heilung von Leukämien durch Knochenmarkspenden, die bereits seit 40 Jahren etabliert sind (SZ, 26.4.2012b), und für die in vielen Artikeln Werbung gemacht wird, um Spender zu gewinnen (z. B. SZ, 10.4.2012). AS-Zellen haben somit viel Raum in der Berichterstattung, was ihre aktuelle therapeutische Bedeutung spiegelt. Doch auch bei AS-Zellen gibt es visionäre Anwendungsbereiche, etwa eine synthetisch hergestellte Luftröhre (SZ, 9.7.2011), eine „Haut vom Fließband“ (FAZ, 6.5.2012) oder die Gewinnung von Eizellen aus Oogonien-Stammzellen (OSC) bei Mäusen (FAZ, 28.2.

2012; Spiegel, 5.3.2012). Als Nachteil gegenüber ES- und iPS-Zellen wird jedoch das eingeschränkte Differenzierungspotenzial gesehen.

*iPS-Zellen* sollen patientenspezifisch, besser immunverträglich und problemlos zu gewinnen sein (SZ, 26.4.2012a). Allerdings wird auch auf bestehende Ungewissheiten hingewiesen und vor möglichen Risiken gewarnt. Anvisiert wird ihre Nutzung etwa für die Forschung, um Aussagen über Medikamentenwirkungen auf die Zellen individueller Patientinnen und Patienten zu gewinnen. Da die Forschung an ES-Zellen umstritten ist, stellen viele Artikel die Frage, ob die als weniger problematisch bewerteten iPS- oder AS-Zellen sie überflüssig machen könnten. Die hohen Erwartungen an die Stammzellforschung werden in fast allen Artikeln, die therapeutische Zielsetzungen vorstellen, relativiert (z. B. SZ, 26.4.2012b; FAZ, 15.11.2011).

#### c) „Retterkinder“ als Stammzellspender

Eine weitere Vision ist der umstrittene und in Deutschland verbotene Einsatz der Präimplantationsdiagnostik (PID) zur Erzeugung von sog. „Retterkindern“ mittels PID, die so ausgewählt werden, dass sie als Stammzellspender für ihre kranken Geschwister dienen können (DIE ZEIT, 4.7.2011). Dies stellt in dem Sinne ein nicht-therapeutisches Enhancement dar, als die genetische Auswahl nicht der Therapie des erzeugten Kindes, sondern seines Geschwisters dient. Ebenfalls zum nicht-therapeutischen Enhancement können Schönheitseingriffe mittels Stammzellen gezählt werden, die im Sinne einer „wunscherfüllenden Medizin“ (Kettner 2009) ohne medizinische Indikation durchgeführt werden.

#### d) Vision der Reduktion von Tierversuchen

Eine gelegentlich mit der Stammzellforschung verbundene Vision ist die, dass Stammzellen oder daraus gezüchtete Gewebe zur Reduktion der Anzahl von Tierversuchen für die Medizin beitragen könnten (z. B. FAZ, 6.5.2012). Es wird davon ausgegangen, dass mittels Stammzellen insbesondere toxikologische und pharmakologische Tests an Tieren durch *in vitro*-Tests ersetzt werden könnten und deren Ergebnisse möglicherweise besser übertragbar sein könnten als Tierversuche (ebd.).

#### e) Ökonomische Visionen

Es wird erwartet, dass sich die Erkenntnisse der Stammzellforschung in gut zu vermarktende Produkte umsetzen lassen; allerdings wird in vielen Artikeln die Patentierungsproblematik diskutiert. Dabei steht die Sorge vor einer Kommerzialisierung von Embryonenforschung (SZ, 18.10.2011) der Sorge gegenüber, dass Investoren abgeschreckt werden könnten (z. B. SZ, 19.10.2011a; FAZ, 18.10.2011). Auch die Wettbewerbsfähigkeit des Forschungsstandorts Deutschland, eine mögliche Kostensenkung im Gesundheitswesen oder die Frage nach der Übernahme der Therapiekosten durch Krankenversicherungen werden diskutiert.

#### f) Negative Visionen: Missbrauch

Zu den beschriebenen Visionen gehören auch negative Visionen, etwa die als bewusster Missbrauch aufgefassten Methoden des Klonens (SZ, 16.3.2012), der Keimbahneingriffe oder der Herstellung von Mischwesen aus Mensch und Tier (SZ, 28.9.2011). Häufig erwähnt wird auch die PID und deren gesetzliche Neuregelung, die mit Ängsten vor einer „schiefen Ebene“ verbunden ist (Spiegel, 27.6.2011; FAZ, 7.7.2011). Auch vor gravierenden Nebenwirkungen von Stammzelltherapien wird gewarnt. Es werden Fälschungsskandale (z. B. DIE ZEIT, 30.9.2011) in den Zusammenhang der Stammzellforschung gestellt oder auch vor Scharlatanerie, Hying von Forschungsergebnissen und unseriösen Angeboten gewarnt (z. B. FAZ, 11.8.2011).

## 5 Diskussion vor dem Hintergrund des aktuellen Sachstands zur Stammzellforschung

Die Stammzellforschung hat in den letzten Jahren großes öffentliches Interesse erfahren, wozu auch die Entdeckung der iPS-Zellen beigetragen hat, welche mit dem Nobelpreis für Medizin 2012 geehrt wurde. Sowohl die Zeitungsartikel als auch die Fachliteratur rücken Visionen wissenschaftlicher und therapeutischer Zielsetzungen in den Vordergrund, relativieren diese aber dann durch Hinweise auf den noch großen Forschungsbedarf und die Komplexität der For-

schungsfragen. Es wird anscheinend versucht, ein „Hypen“ des Bereichs zu vermeiden.

Die Forschung an ES-Zellen ist in Deutschland in den letzten Jahren eher stagniert.<sup>11</sup> Ganz im Gegensatz dazu steht der deutliche Anstieg der weltweiten Publikationen zu hES-Zellen in wissenschaftlichen Fachzeitschriften (Kobold/Löser zit. n. Brüstle 2012; Löser et al. 2011). Die Forschung an adulten Stammzellen und zunehmend an iPS-Zellen ist in Deutschland ausgeprägter. Während in der öffentlichen Wahrnehmung therapeutische Zielsetzungen überwiegen, sind in der wissenschaftlichen Diskussion auch andere Ziele prominent. Dazu gehören etwa der zellvermittelte Gentransfer oder die Gewinnung von ES-Zellen nach Zellkerntransfer (therapeutisches Klonen) (z. B. Kompetenznetz 2012). Zur Grundlagenforschung gehören die Entdeckung neuer Gene, entwicklungsbiologischer Programme sowie von Signalen für die Umprogrammierung adulter Stammzellen. Bisher sind alle drei Zelltypen (ES, AS und iPS) mit Vor- und Nachteilen verbunden<sup>12</sup> und der Vergleich zwischen ihnen bleibt wichtig (Brüstle 2012).

Ob es durch die Stammzellforschung zu einer Verringerung von Tierversuchen kommen wird, bleibt derzeit offen. Zelluläre Krankheitsmodelle werden bereits erforscht (Löser et al. 2011). Die Patentierung wird seitens der Wissenschaftsorganisationen für die Realisierung ökonomischer Visionen als zentral angesehen (z. B. Allianz 2011).

Bezüglich des Missbrauchsrisikos wird vor Internetanbietern gewarnt, die im Zusammenhang mit adulten Stammzellen nicht gesicherte Behauptungen aufstellen (ÄkNo 2012; Kompetenznetz 2012). Auch auf schwere Nebenwirkungen von Stammzelltherapien bis hin zu Todesfällen wird verwiesen.

## 6 Perspektiven auf Therapie und Enhancement

In der Zusammenschau der beispielhaft diskutierten Themengebiete wird vor allem eines deutlich: Beide Felder befinden sich primär im Stadium der Grundlagenforschung (mit Ausnahme bestimmter Anwendungen von AS-Zellen), wobei einzelne therapeutische Erfolge geschildert werden. Gentechnologische Visionen, wie sie in den

Medien formuliert werden, beziehen sich nachweislich primär auf *therapeutische* Zielsetzungen. Auf beiden Gebieten spiegelt die Berichterstattung in den Medien durchaus und in verschiedenerlei Hinsicht den aktuellen Sachstand wider. Neben dem rein zahlenmäßigen Unterschied in der Berichterstattung (83 zu acht Artikeln), und damit wahrscheinlich in Relation, steht die Beobachtung, dass mit der Stammzellforschung mehr Visionen formuliert werden: Dies mag für die Gentherapie daran liegen, dass der frühere Hype mit dem Tod von Jesse Gelsinger nachhaltig relativiert wurde. Im Gegensatz dazu werden im Kontext der Stammzellforschung weitere Visionen diskutiert, die auf ethisch unproblematischere (als embryonale) Stammzellen abzielen, eine Reduktion von Tierversuchen anvisieren und vereinzelt auf ökonomische Visionen hinweisen. Mit dem letzten Punkt wird bereits eine Brücke zu eher problematischen Szenarien geschlagen (Patentierungsverbot oder Brain Drain). Konkrete Missbrauchsszenarien werden wiederum für beide Felder formuliert, wobei diese in beiden Themenfeldern verhältnismäßig wenig präsent sind.

Um gentechnologische Eingriffe am Menschen geht es bei der Stammzellforschung auf verschiedene Weise: um gentechnologische Eingriffe an frühen Menschen (Embryonen), an menschlichen Zellen in verschiedenen Stadien (ES-, AS-, iPS-Zellen) sowie am ganzen Menschen als Patient, an dem eine Stammzellbehandlung durchgeführt wird. Bei der Gentherapie ist von gentechnologischen Eingriffen am Menschen hingegen in erster Linie im Sinne von Eingriffen an bereits geborenen Menschen die Rede; Eingriffe im Sinne einer Keimbahntherapie sind denkbar, werden für Menschen jedoch abgelehnt und nur im Tierversuch durchgeführt.

Beide beschriebenen gentechnologischen Verfahren sind in erster Linie keine Enhancement-Technologien im engeren Sinne, da sie primär auf therapeutische Anwendungen ausgerichtet sind. Nicht-therapeutische Anwendungen sind zwar in beiden Kontexten denkbar (Keimbahntherapie/PID), werden aber innerhalb der wissenschaftlichen Community weitgehend abgelehnt. Bei der Gentherapie kommen – zumindest als Vision – alle Formen des Enhancements vor: Das Gendoping kann als klassisches Bei-

spiel für Enhancement im Sinne eines nicht-therapeutischen Einsatzes eingestuft werden. Eine Wiederherstellung von Körperfunktionen ist etwa das Ziel von Gentherapien bei Stoffwechselerkrankungen. Zum Enhancement im Sinne einer therapeutischen Verbesserung von Körperfunktionen gehört etwa die genetische Impfung, aber auch die genetische Veränderung von Blutstammzellen zur besseren Verträglichkeit von Chemotherapien. Dies ist eindeutig eine Eigenschaft, die so in der Natur nicht vorkommt, aber dennoch eine therapeutische Zielsetzung hat.

Auch bei der Stammzellforschung und ihren visionären Anwendungen geht es auf den ersten Blick um die Wiederherstellung von Körperfunktionen und nicht um eine Verbesserung menschlicher Fähigkeiten. Nicht-therapeutische Verbesserungen spielen auch im Kontext der Stammzellforschung eine untergeordnete Rolle und sind als negative Visionen einzuordnen. Sie werden weder in der Fachliteratur noch in den Zeitungsartikeln propagiert. Das Klonen zu Forschungszwecken oder die Herstellung von Mischwesen aus Mensch und Tier werden nicht als Verbesserungsmöglichkeiten der menschlichen Natur, sondern nur zur Gewinnung von Erkenntnissen im Rahmen der Forschung beschrieben. Die positiven Visionen im Bereich der Stammzellforschung beschränken sich somit auf therapeutische Zielsetzungen. Die Wiederherstellung von Körperfunktionen ist dabei erklärtes Ziel der Zelltherapien, die dann als Enhancement anzusehen ist, wenn sie über eine „restitutio ad integrum“ hinausgeht. Die Prävention von Fehlfunktionen ist ebenfalls ein wichtiges Ziel der Grundlagenforschung. Krankheitsmodelle und Erkenntnisse zur Reprogrammierung von Zellen sollen langfristig hier einfließen. Zum Enhancement im Sinne einer therapeutischen Verbesserung von Körperfunktionen gehört auch die Förderung einer besseren Regenerationsfähigkeit menschlicher Gewebe.

Für die Technikfolgenabschätzung ist es von besonderer Bedeutung, nicht nur die mit verschiedenen Techniken verbundenen Visionen und Schreckensszenarien zu berücksichtigen, sondern diese auch vor dem Hintergrund des aktuellen Sachstands und der Forschungsschwerpunkte zu bewerten. Bei der Enhancement-Debatte im Kontext gentechnologischer Eingriffe

am Menschen fällt dies schwer, da die Techniken zwar mit therapeutischen Zielen entwickelt werden, eine anderweitige Nutzung jedoch denkbar bleibt und die Methoden auch tierexperimentell weiterentwickelt werden.

### Anmerkungen

- 1) Eine detaillierte Auseinandersetzung mit dem Begriff des „Human Enhancements“ würde den Rahmen dieses Artikels sprengen. Siehe hierzu etwa Coenen et al. 2010 oder STOA 2009.
- 2) STOA 2009 unterscheiden hier nicht zwischen Wiederherstellung und Prävention.
- 3) Der hier zugrunde gelegte Korpus besteht aus medialen Beiträgen, die durch eine Volltextsuche (mit den Stichworten Stammzell\* und Gentherapie) aus den als Leitmedien ausgewählten überregionalen Zeitschriften Süddeutsche Zeitung, Frankfurter Allgemeine Zeitung, Der Spiegel und DIE ZEIT im Zeitraum vom 1.6.2011 bis 31.5.2012 via online-Recherche erhoben wurden. Die Texte wurden inhaltsanalytisch in Anlehnung an etablierte Verfahren der sog. Problemfelderhebung ausgewertet (vgl. zuletzt Diekämper/Hümpel 2012). Für den Bereich der Stammzellforschung wurden 83 Beiträge, für die Gentherapie acht Artikel recherchiert und ausgewertet. Bemerkenswert ist bereits dieser quantitative Unterschied.
- 4) Im November 2012 erhielt ein niederländisches Unternehmen von der Europäischen Kommission die Zulassung für das erste Gentherapie-Medikament (Glybera®); vgl. uniQure 2012.
- 5) Im Einzelnen vgl. Wiley, Gene Therapy Clinical Trials Worldwide, unter <http://www.abedia.com/wiley/phases.php> (download 12.12.12)
- 6) Insbesondere für den Bereich der Immundefekte, im Überblick Fehse et al. 2011, S. 83–92; im Einzelnen Santilli et al. 2008 oder Qasim et al. 2009.
- 7) Nach Wiley, <http://www.abedia.com/wiley/indications.php> (download 12.12.12)
- 8) Zur Geschichte und Entwicklung des Gentransfers bzw. der Gentherapie siehe auch DFG 2007, Graumann 2000 oder Fehse et al. 2011.
- 9) Für Definitionen und Erläuterungen siehe Beier et al. 2009 sowie Müller-Röber et al. 2009, S. 25–108.
- 10) Humane ES-Zellen (hES) werden aus der inneren Zellmasse einer menschlichen Blastozyste am 5.-7. Entwicklungstag gewonnen, der Embryo dabei zerstört. Sie können sich *in vitro* in sämtliche der über 200 Zelltypen des Körpers differenzieren. Bei AS-Zellen handelt es sich um gewebsspezifische

sche Stammzellen, die in differenziertem Gewebe vorkommen und nur bestimmte Zelltypen bilden können. Bei iPS-Zellen werden bereits ausdifferenzierte Körperzellen (z. B. Hautzellen) durch bestimmte Faktoren wieder in einen ES-zellähnlichen Zustand zurückversetzt.

- 11) Im Einzelnen siehe [http://www.rki.de/DE/Content/Gesund/Stammzellen/Register/register\\_node.html](http://www.rki.de/DE/Content/Gesund/Stammzellen/Register/register_node.html) (download 19.11.12).
- 12) Die verschiedenen Stammzelltypen sowie den Forschungsstand in Deutschland beschreiben Löser et al. 2011.

## Literatur

### Medientexte, chronologisch

- Spiegel, 27.6.2011: Der Biss des Gewissens  
 DIE ZEIT, 4.7.2011: Mit Gewissen und Verstand  
 FAZ, 7.7.2011: Momente der Stille  
 SZ, 9.7.2011: Luftröhre aus dem Labor  
 Spiegel online, 13.7.2011: Aus reparierten Hautzellen wachsen gesunde Mäuse  
 FAZ, 11.8.2011: Bastelstunde am Jungbrunnen  
 Süddeutsche.de, 12.9.2011: Leuchten für die Aids-Forschung  
 SZ, 14.9.2011: Wo sind die Naiven?  
 SZ, 28.9.2011: Ethikrat warnt vor Mischwesen  
 DIE ZEIT, 30.9.2011: Die Methode Photoshop  
 SZ, 15.10.2011: Wissenschaftliche Hilfskräfte  
 FAZ, 18.10.2011: Embryonalzellen werden nicht zum Geschäftsmodell  
 SZ, 18.10.2011: Ganz im Sinne des Papstes  
 SZ, 19.10.2011a: Eine bittere Pille  
 SZ, 19.10.2011b: Unteilbare Menschenwürde  
 FAZ, 15.11.2011: Das eingestampfte Wunder  
 ZEIT online, 1.12.2011: Wissenschaftlern gelingt HIV-Impfung von Mäusen  
 Spiegel online, 12.12.2011: Private DNA-Analysen: „Wie bei einer Wahrsagerin“  
 SZ, 27.1.2012: Plötzlich konnte ich die Uhr lesen  
 ZEIT online, 22.2.2012: EPO war gestern, Doping wird ansteckend  
 FAZ, 28.2.2012: Kinderwunsch mit Stammzellen erfüllen  
 Spiegel, 5.3.2012: Eizellen aus dem Labor  
 SZ, 16.3.2012: Mammut? Njet! (Klonforscher Hwang, Klonen von Mammuts)  
 SZ, 10.4.2012: Kampf für Andi  
 SZ, 26.4.2012a: Glossar Stammzellen  
 SZ, 26.4.2012b: Viel Forschung, wenig Therapie  
 FAZ, 6.5.2012: Künstliche Haut von der Stange

Spiegel online, 10.5.2012: Mediziner helfen Krebskranken mit Gentherapie

### Zitierte Literatur

- Allianz, 2011: Pressemeldung der Allianz der Wissenschaftsorganisationen vom 7.12.2011 zum EuGH-Urteil; [http://www.dfg.de/download/pdf/dfg\\_im\\_profil/reden\\_stellungnahmen/2011/stellungnahme\\_allianz\\_eugh\\_urteil\\_stammzellen\\_111207.pdf](http://www.dfg.de/download/pdf/dfg_im_profil/reden_stellungnahmen/2011/stellungnahme_allianz_eugh_urteil_stammzellen_111207.pdf) (download 21.12.12)
- ÄkNo – Ärztekammer Nordrhein, 2012: Stellungnahme zur kommerziellen Anwendung adulter Stammzellen (Stand 27.8.2012); <http://www.aekno.de/page.asp?pageID=7400> (download 15.1.13)
- Beier, H.M.; Fehse, B.; Friedrich, B. et al., 2009: Neue Wege der Stammzellforschung. Reprogrammierung von differenzierten Körperzellen. Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften/Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina, Nationale Akademie der Wissenschaften (Hg.)
- Brüstle, O., 2012: Biomedizinische Anwendungen pluripotenter Stammzellen. Vortrag auf der Veranstaltung „10 Jahre Forschung mit humanen embryonalen Stammzellen in Deutschland, 6. September 2012“ des Robert-Koch-Instituts. Dokumentation: [http://www.rki.de/DE/Content/Kommissionen/ZES/Vortrag\\_Bruestle.pdf?sessionid=78D31E86C157991666BC7FC32EA78342.2\\_cid298?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.rki.de/DE/Content/Kommissionen/ZES/Vortrag_Bruestle.pdf?sessionid=78D31E86C157991666BC7FC32EA78342.2_cid298?__blob=publicationFile) (download 15.1.13)
- Coenen, Chr.; Gammel, St.; Heil, R. et al. (Hg.), 2010: Die Debatte über „Human Enhancement“. Historische, philosophische und ethische Aspekte der technologischen Verbesserung des Menschen. Bielefeld
- DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft, 2007: Entwicklung der Gentherapie. Weinheim
- Diekämper, J.; Hümpel, A., 2012: Synthetische Biologie in Deutschland. Eine methodische Einführung. In: Köchy, K.; Hümpel, A. (Hg.): Synthetische Biologie. Einwicklung einer neuen Ingenieurbiologie? Dornburg, S. 51–60
- Domasch, S.; Fehse, B., 2011: Gentherapie in Deutschland, eine Einführung. In: Fehse, B.; Domasch, S. (Hg.): Gentherapie in Deutschland. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme. Dornburg, S. 31–40
- Fehse, B.; Baum, Chr.; Schmidt, M. et al., 2011: Stand wissenschaftlicher und medizinischer Entwicklungen. In: Fehse, B.; Domasch, S. (Hg.): Gentherapie in Deutschland. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme. Dornburg, S. 41–126
- Gerlinger, K.; Petermann, Th.; Sauter, A., 2008: Gendoping. Wissenschaftliche Grundlagen – Einfallstore – Kontrolle. Berlin

Graumann, S., 2000: Die somatische Gentherapie. Entwicklung und Anwendung aus ethischer Sicht. Tübingen

Kettner, M., 2009: Wunscherfüllende Medizin. Frankfurt a. M.

Kompetenznetz, 2012: Kompetenznetz Stammzellforschung NRW; <http://www.stammzellen.nrw.de/de/ueber-stammzellen.html> (download 21.12.12)

Körner, S.; Schardien, S. (Hg.), 2012: Höher Schneller Weiter. Gentechnologisches Enhancement im Spitzensport. Münster

Lenk, C., 2011: Gentransfer zwischen Therapie und Enhancement. In: Fehse, B.; Domasch, S. (Hg.): Gentherapie in Deutschland. Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme. Dornburg, S. 209–225

Löser, P.; Hanke, B.; Wobus, A.M., 2011: Humane pluripotente Stammzellen – Perspektiven ihrer Nutzung und die Forschungssituation in Deutschland. In: Naturwissenschaftliche Rundschau 64/9 (2011), S. 453–465

Müller-Röber, B.; Boysen, M.; Fehse, B. et al., 2009: Zweiter Gentechnologiebericht. Analyse einer Hochtechnologie. Dornburg

Qasim, W.; Gaspar, H.B.; Thrasher, A.J., 2009: Progress and prospects. Gene therapy for inherited immunodeficiencies. In: Gene Therapy 16/11 (2009), S. 1285–1291

Santilli, G.; Thornhill, S.I.; Kinnon, C. et al., 2008: Gene therapy of inherited immunodeficiencies. In: Expert Opinion on Biological Therapy 8/4 (2008), S. 397–407

STOA – Science and Technology Options Assessment, 2009: Human Enhancement Study. Brüssel; <http://www.itas.fzk.de/deu/lit/2009/coua09a.pdf> (download 15.1.13)

uniQure, 2012: Glybera® von uniQure. Die erste von der Europäischen Kommission zugelassene Gentherapie; <http://www.uniquire.com/uploads/News/uniQures%20Glybera%20first%20gene%20therapy%20approved%20by%20EC%20FINAL%20GERMAN.pdf> (download 5.11.12)

## Kontakt

Dr. rer. nat. Lilian Marx-Stölting

Dr. phil. Silke Domasch

Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften  
Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht  
Jägerstr. 22/23, 10117 Berlin

Internet: <http://www.gentechnologiebericht.de>



## Neurotechnologien, Spekulationen und TA

Was haben wir von der Debatte um pharmakologisches Neuroenhancement für die TA gelernt?

von Arnold Sauter und Katrin Gerlinger, TAB

**Seit einigen Jahren werden unter dem Begriff Neuroenhancement Hoffnungen auf eine spezifische und effiziente, wirkstoffbasierte Unterstützung kognitiver Leistungen geschürt – kein Wunder in einer immer expliziter auf Leistungsoptimierung ausgerichteten Lebenswelt. Wie realistisch die in der Öffentlichkeit viel diskutierten wissenschaftlichen Perspektiven pharmakologischer Interventionen zur Leistungssteigerung sind und welche gesellschaftlichen Herausforderungen sich daraus ergeben, hat das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) im Auftrag des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages untersucht. Der folgende Beitrag fasst zusammen, wieso dieses „Vision Assessment“ den Blick weg von den Erwartungen an die pharmakologische Wirkstoffentwicklung und hin zur Hinterfragung der Leistungsanforderungen in einer zunehmend globalisierten Ausbildungs- und Arbeitswelt richtet.**

### 1 Pharmakologische Beeinflussung der menschlichen Leistung

Für das Erbringen kognitiver Leistungen spielt das Gehirn die entscheidende Rolle. Trotz großer neurowissenschaftlicher Erkenntnisfortschritte können jedoch nach wie vor lediglich Teilprozesse der Funktionsweise des Gehirns erklärt werden. Selbst wenn es gelingen sollte, einzelne Hirnfunktionen gezielt anzuregen, sagt dies nichts über eine mögliche Praxisrelevanz der Effekte aus, weil davon auszugehen ist, dass unterschiedliche kognitive, aber auch sonstige psychische Fähigkeiten emotionaler und sozialer Art eine geistige Leistung, zumal im Arbeitsleben, erst in ihrem Zusammenspiel ermöglichen.

Zur Verbesserung psychischer Fähigkeiten werden verschiedene Strategien verfolgt, welche vor allem im Gehirn die Aktivität der Nervenzel-