

T. Galert, S. Schleim

Ermöglicht durch den Fortschritt in der neurowissenschaftlichen Forschung erhalten neue Methoden Einzug in die Behandlung psychischer und neurologischer Erkrankungen. Verfahren der Neurotransplantation, der elektrischen Hirnstimulation sowie der Neuroprothetik bieten Patienten eine Chance, denen mit herkömmlichen Mitteln nicht oder nicht mehr zu helfen ist. Neben therapeutischen Hoffnungen wecken diese neuen Interventionsformen jedoch auch Befürchtungen, die ganz allgemein gesprochen die psychische Integrität der mit ihnen behandelten Personen betreffen. Auffällig ist dabei, dass diese Befürchtungen nur selten mit Befunden zu den tatsächlichen Wirkungen und Nebenwirkungen der genannten Verfahren begründet werden. Grund zur Sorge scheint vielmehr zu bieten, dass sie „direkt“ in das Gehirn und damit in das Zentrum dessen eingreifen, was eine Person als solche auszeichnet. Unbestreitbar sind Injektionen von fremdem Hirngewebe oder Implantationen von Stimulationselektroden und Neuroprothesen in dem Sinn invasiv, dass es sich dabei um (mikro-)chirurgische Eingriffe handelt. Grundsätzlich liegt im gezielten Zugriff auf eng umgrenzte Hirnregionen allerdings auch die Chance, Dysfunktionen sehr viel präziser und ergo mit geringeren Nebenwirkungen zu beseitigen, als dies etwa mit der systemischen Verabreichung eines pharmazeutischen Präparats möglich ist. Es leuchtet daher kaum ein, dass neurochirurgischen Interventionen generell problematischere Folgen auf psychischer Ebene zugeschrieben werden als nur mittelbar auf das Gehirn einwirkenden Behandlungsansätzen.

Philosophie und Neurowissenschaften

Im psychiatrischen Bereich lässt sich der Generalverdacht gegen chirurgische Therapie-

Nervenheilkunde 2007; 26: 618–622

Nervenheilkunde 7/2007

Eingriff ins Gehirn oder Angriff auf die psychische Integrität?

konzepte auf die unrühmlichen Anfänge der Psychochirurgie zurückzuführen. Dies zeigt sich beispielsweise, wenn das Deutsche Ärzteblatt einen Bericht über (durchaus vielversprechende) erste Versuche, mit der Tiefenhirnstimulation therapierefraktäre Zwangsstörungen zu behandeln, mit der Überschrift „Rückkehr der Psychochirurgie“ versieht (1). Dabei verdeutlicht gerade die Tiefenhirnstimulation, die durch einen relativ sicheren stereotaktischen Eingriff vorbereitet wird, über die fortlaufend mögliche Anpassung einer Reihe von Stimulationsparametern höchst variabel eingesetzt werden kann

Das Thema in Kürze

- Neue Verfahren zur Behandlung neurologischer und psychiatrischer Erkrankungen greifen gezielt in das Gehirn ein.
- Erste Erfolge in klinischen Studien sind vor allem für die Tiefenhirnstimulation zu verbuchen. Verfahren der Neurotransplantation sind hingegen noch sehr umstritten.
- Bei Interventionen im Gehirn stellt sich generell die Frage nach psychischen Veränderungen der Patienten.
- Der in der öffentlichen Debatte oft befürchtete Wechsel der personalen Identität eines Patienten dürfte wohl nur in den seltensten Fällen eintreten.
- Persönlichkeitsveränderungen können dagegen auch das erklärte Behandlungsziel eines Eingriffs sein.
- Die größte Relevanz für die ethische Beurteilung von Eingriffen in das Gehirn haben subtile Veränderungen von Psyche und Persönlichkeit.
- Die jüngst erschienene Studie „Intervening in the Brain – Changing Psyche and Society“ behandelt ausführlich die medizinischen, rechtlichen und ethischen Aspekte von Gehirneingriffen.

und zudem durch die Möglichkeit zum Entfernen der Elektroden näherungsweise reversibel ist, wie wenig moderne neurochirurgische Behandlungskonzepte für psychiatrische Störungen mit den kruden psychochirurgischen Ausschaltungsoperationen vergangener Jahre vergleichbar sind. – Freilich kann man die genannten Vorzüge der Tiefenhirnstimulation anerkennen und es dennoch beunruhigend finden, dass sich mit ihr psychische Merkmale von Patienten gewissermaßen per Fernbedienung manipulieren lassen. Mit dieser Möglichkeit zur Fremdbestimmung verbindet sich Sorge um die *Autonomie* der betroffenen Personen. Entsprechend lädt die Neurotransplantation offenbar im besonderen Maße dazu ein, um die *Identität* der mit ihr behandelten Personen zu bangen. So wurde dieser Interventionsform die erstaunliche Ehre zuteil, im Jahre 1996 einen ganzen Workshop auf einem großen Philosophiekongress gewidmet zu bekommen unter dem Titel „Personenidentität und Hirngewebe-Transplantation“ (2). Dass Philosophen so sensibel auf die Neurotransplantation reagieren, liegt vielleicht daran, dass sie sich in Gedankenexperimenten schon seit langem mit den theoretischen Herausforderungen herumplagen, die von Gehirntransplantationen ausgehen würden. Womöglich wäre das Interesse geschwunden, hätte sich herumgesprochen, wie weit die in der Erprobung befindlichen Verfahren mit der Übertragung von Hirngewebeportionen im Mikroliterbereich von der Vision einer Transplantation ganzer Gehirne entfernt sind.

Allerdings sind die Autoren dieses Beitrags davon überzeugt, dass die Frage danach, welche Folgen es für die psychische Integrität einer Person haben mag, wenn in ihr Gehirn eingegriffen wird, durchaus mit einigem Recht auf einem Philosophiekongress verhandelt werden kann. Voraussetzung für die Beantwortung dieser Frage und damit für die ethische Beurteilung einer Interventionsform ist nämlich zunächst eine sorgfältige, begriffliche Fassung der *möglichen* Folgen von Eingriffen in das Gehirn.

Die befürchteten Nebenwirkungen solcher Eingriffe werden in der öffentlichen Debatte ziemlich austauschbar und ohne klare Differenzierung als Verlust beziehungsweise nachteilige Veränderung der persönlichen Identität, der Persönlichkeit oder auch der Individualität angesprochen. Daneben sorgt man sich auch um die Autonomie oder Authentizität betroffener Personen. Dabei ist alles andere als klar, was man sich genauer unter diesen Übeln vorzustellen hat und in welchem Verhältnis sie zueinander stehen. Solche begriffliche Klärungsarbeit zu leisten und danach die angemessenen normativen Schlussfolgerungen zu ziehen, gehört zum Aufgabenbereich von Philosophen. Im letzten Teil dieses Artikels werden wir auf das Ineinandergreifen von wissenschaftstheoretischen und ethischen Fragestellungen zurückkommen, das bei der Untersuchung und Bewertung der möglichen Folgen von Eingriffen in das Gehirn zu berücksichtigen ist. Doch zuvor soll in aller Kürze der Entwicklungsstand der Neurotransplantation und der Tiefenhirnstimulation referiert werden. Denn für die rationale Beurteilung der Folgen, welche die Anwendung einer bestimmten Interventionsform für die psychische Integrität von Personen haben mag, ist selbstverständlich eine genaue Kenntnis ihrer Wirkweise ebenso unerlässlich wie die begrifflich präzise Darstellung ihrer Folgen.

Neurotransplantation und Tiefenhirnstimulation

Auch wenn die Forschung zur Neurotransplantation im Säugetier mehr als 100 Jahre in die Vergangenheit reicht (3), gab es erst Ende der 1970er- und Anfang der 1980er-Jahre aufgrund des erstmaligen therapeutisch motivierten Einsatzes beim Morbus Parkinson einen deutlichen Anstieg der Zahl und der Breite an Untersuchungen zu dieser Methode, insbesondere im Hinblick auf die Behandlung von Hirnerkrankungen (4–6). Wie bereits angedeutet, werden bei Verfahren der Neurotransplantation wenige Mikroliter einer Suspension entwicklungsfähiger Nervenzellen in geschädigte Hirnregionen der Patienten eingespritzt. Die thera-

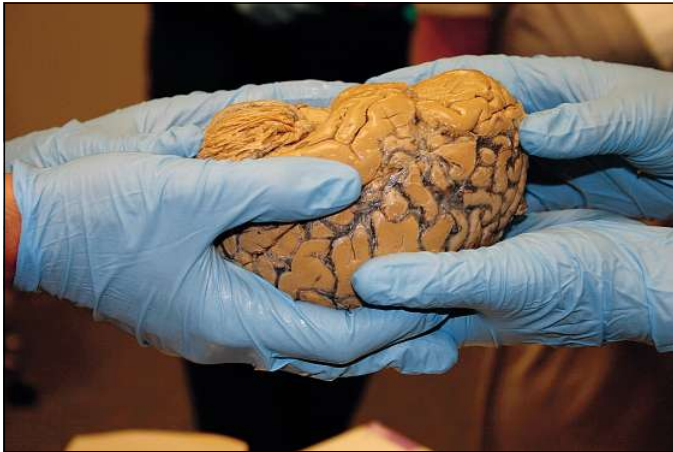
peutische Wirkung soll vor allem dadurch zustande kommen, dass sich implantierte Nervenzellen in umliegendes Empfängerzellgewebe integrieren und durch Sekretion von Neurotransmittern gestörte Funktionskreisläufe „reparieren“. Zu Beginn der 1990er-Jahre erfolgten erste klinische Studien zur Neurotransplantation (7, 8). Im Blickpunkt der Forscher standen hauptsächlich therapeutische Maßnahmen für Patienten mit neurodegenerativen Erkrankungen wie dem Parkinson-Syndrom oder der Chorea Huntington (9, 10). Aber auch im Hinblick auf Schlaganfälle (11–13) oder Schädelhirntraumata (14) werden Anwendungen der Neurotransplantation erprobt. Die vorliegenden Ergebnisse prospektiver Studien mit Parkinson- (15, 16) oder Chorea-Huntington-Patienten (17) zeigten nur geringe oder gar keine signifikanten Verbesserungen in der behandelten Gruppe. Allerdings sind diese Studien wegen methodischer

Offene Fragen

- Für welches Spektrum an neurologischen und psychiatrischen Erkrankungen bieten gezielte Gehirninterventionen eine sinnvolle Therapiemöglichkeit?
- Werden die Verfahren der Tiefenhirnstimulation und der Neurotransplantation in naher Zukunft Standardeingriffe der neurologischen und psychiatrischen Behandlung darstellen?
- Lassen sich nicht nur offenkundige Persönlichkeitsveränderungen unmittelbar nach einem Eingriff, sondern auch schleichende Auswirkungen, die sich erst mittel- und langfristig ergeben, zuverlässig erheben und werden solche Ergebnisse die Gestaltung von Therapien beeinflussen?
- Wie lassen sich die Beschreibungsmittel für mögliche Folgen von Eingriffen in das Gehirn weiter verfeinern?
- Können Philosophie, Rechtswissenschaft und Medizin in gemeinsamer Arbeit die Patienten- und Rechtssicherheit verbessern sowie für eine bessere Aufklärung der Öffentlichkeit sorgen?

Schwierigkeiten in die Kritik geraten. Teilweise ist es bei Parkinson-Patienten nach der Transplantation vermehrt zu Dyskinesien gekommen, über deren Ursache noch keine endgültige Klarheit besteht (18). Das klinische Potenzial der Neurotransplantation ist daher zum gegenwärtigen Stand der Forschung umstritten. Zur Formulierung von Richtlinien für einen verantwortungsvollen Umgang mit diesem Verfahren wurde bereits in den 1990er-Jahren das „Network of European CNS Transplantation and Restoration“ gegründet (19, 20). Seine Empfehlungen befassen sich besonders mit der Transplantatgewinnung aus fetalen Zellen. Bisher ist es weder durch xenogene Transplantationen (21) noch durch Züchtung von Stammzelllinien gelungen, auf abgetriebene menschliche Feten für die Transplantatgewinnung zu verzichten.

Die elektrische Tiefenhirnstimulation wurde zuerst zur Behandlung von Schmerzen (22, 23) oder spastischen Lähmungen (24) beim Menschen eingesetzt. Bei diesem Verfahren werden durch permanent implantierte Elektroden ein oder mehrere Hirnareale stimuliert, um krankheitsbezogenen Dysfunktionen meist durch Hemmung überproportional agierender Neuronenpopulationen entgegenzuwirken. Dabei ergeben sich durch Variation der Stromstärke und Stimulationsfrequenz zahlreiche Kombinationsmöglichkeiten, die unterschiedlich auf die Zielstrukturen wirken können. Mit der Anwendung der Methode zur Behandlung des Parkinson-Syndroms begann man in den 90er-Jahren. Studien am Ende dieser Dekade belegten erste Behandlungserfolge bei einer hohen Sicherheit des Eingriffs (25, 26). Diese positiven Befunde werden auch von neueren klinischen Studien gestützt, in denen eine Kombination von Tiefenhirnstimulation und medikamentöser Therapie untersucht wurde (27). Insbesondere in der Phase der Einstellung der Stimulationsparameter können bei der Tiefenhirnstimulation Nebenwirkungen im psychischen Bereich auftreten. Beispielsweise kam es bei einer Parkinson-Patientin zu einer vorübergehenden depressiven Episode (28), in zwei anderen Fällen löste die Stimulation spontanes heiteres Lachen aus (29). Angesichts solcher scheinbar direkt psychotroper Wirkungen ist es naheliegend, dass die Tiefenstimulation seit einigen Jahren



Eingriffe in das Gehirn umfassen meist nur kleinste Areale, sind aber nach wie vor höchst umstritten. (Bildquelle: www.fotolia.de 1255295)

auch bei der Behandlung psychiatrischer Störungsbilder erprobt wird. Wie bereits kurz erwähnt, wurden erste Belege für ihre therapeutische Wirksamkeit an Patienten mit schweren Zwangsstörungen gesammelt (30, 31). In einer neueren Studie mit einer kleinen Patientengruppe wurde gezeigt, dass die Tiefenhirnstimulation bei vier von sechs Patienten mit einer sonst therapieresistenten Depression nach einem halben Jahr zur Besserung führte (32, 33). Eine gerade erschienene Studie hat bei drei Patienten, denen Elektroden bilateral in den Nucleus accumbens implantiert wurden, nach vielen gescheiterten Behandlungsversuchen eine vorläufige Verbesserung der depressiven Symptomatik durch Tiefenhirnstimulation gezeigt (38). Insgesamt liegen für das therapeutische Potenzial der Tiefenhirnstimulation derzeit überzeugendere Befunde vor als für Verfahren der Neurotransplantation. Für beide Interventionsformen gilt jedoch, dass es weiterer Studien und insbesondere Langzeitstudien bedarf, um ihre Wirkweisen zu klären und zu belastbaren Aussagen zum jeweiligen Risiko-Nutzen-Verhältnis therapeutischer Eingriffe zu gelangen.

Mögliche Verletzungen der psychischen Integrität

Der gegenwärtige Stand der Forschung gestattet also noch keine abschließende Beantwortung der *empirischen* Frage, zu welchen Wirkungen, Nebenwirkungen und Langzeitfolgen Neurotransplantation und Tiefen-

hirnstimulation im psychischen Bereich tatsächlich führen. Wenden wir uns nun der *begrifflichen* Frage zu, welche Folgen Eingriffe ins Gehirn überhaupt haben können. Gleichzeitig wird es dabei auch um die *normative* Frage nach der Bewertung möglicher Folgen gehen. Wer beispielsweise dafür eintreten möchte, dass die Durchführung einer bestimmten Intervention in einem gegebenen Kontext unterlassen werden sollte, muss zu jeder der genannten Fragen Stellung beziehen. Bei der Entscheidung über die Zulässigkeit beziehungsweise Unzulässigkeit medizinischer Eingriffe wird in aller Regel eine Güterabwägung zwischen dem zu erwartenden Nutzen und dem möglicherweise auftretenden Schaden vorgenommen. Ob einer Person in der Folge eines Eingriffs ein Schaden entstanden ist, hängt in den meisten Fällen von ihrer Bewertung der Folgen ab. Allerdings gilt für bestimmte Folgen, wie etwa das Eintreten des Todes, dass sie (fast) von jedermann unter (fast) allen Umständen als ein Übel betrachtet werden. Solche Folgen sind allenfalls als mögliche Nebenwirkungen akzeptabel, wenn der wahrscheinlich eintretende Nutzen eines Eingriffs das Risiko ihres Auftretens rechtfertigt.

Es ist erforderlich, diese sehr grundlegenden medizinethischen Gemeinplätze in Erinnerung zu rufen, um die Debatte über mögliche psychische Schäden durch Interventionen am Gehirn ins rechte Licht zu setzen. Gelegentlich ähnelt diese Debatte nämlich denen über die Zulässigkeit von Abtreibungen oder gentechnischen Keimbahninterventionen. Folgt man beispielsweise den Ausführungen des Bonner Neurophy-

siologen Detlef Linke (34), so gewinnt man den Eindruck, mit der Transplantation von Hirngewebe werde eine absolut schutzwürdige moralische Grenze überschritten. Diese Grenze wird häufig mit der Formulierung markiert, solche Interventionen stellten einen Eingriff in die personale Identität dar. Dabei liegt keineswegs auf der Hand, was unter dieser Folge eines neurochirurgischen Eingriffs zu verstehen ist. In einem klaren Sinn wird eine Person bereits dann zu einer anderen, wenn sich ihre Persönlichkeit, also bestimmte ihrer kognitiven, emotionalen und motivationalen Charakteristika, zentrale Werteinstellung oder ihr Selbstverständnis, verändert. Nicht jede Persönlichkeitsveränderung muss von Nachteil sein, vielmehr sind manche aus der Perspektive des Betroffenen durchaus wünschenswert. Es ist deshalb nicht leicht einzusehen, warum Interventionen, in deren Folge die Persönlichkeit von Patienten sich vorteilhaft verändert, grundsätzlich inakzeptabel sein sollten. Denkt man beispielsweise an die Behandlung von Persönlichkeitsstörungen, so könnten Persönlichkeitsveränderungen sogar zu den legitimen Zwecken psychiatrischer Interventionen gehören.

Anders liegt der Fall, wenn in der Folge eines Eingriffs am Gehirn regelrecht eine neue Person an Stelle der Person tritt, die der Patient einmal war. Einen derartigen Wechsel der personalen Identität könnte man wohl dann konstatieren, wenn eine Intervention zu einer vollständigen retrograden Amnesie führen würde, sodass die nach einem Eingriff in Erscheinung tretende Person keine Möglichkeit zur erinnernden Bezugnahme auf das Leben der vor dem Eingriff vorhandenen Person hätte. So verstanden, wird bei einem Wechsel der personalen Identität eine Person ausgelöscht, und es spricht alles dafür, diese Folge als intendiertes Ziel einer Intervention auszuschließen (35). Dennoch kann ein Eingriff, der mit geringer Wahrscheinlichkeit einen Wechsel personaler Identität als Nebenwirkung hat, ebenso wie einer mit Mortalitätsrisiko unter bestimmten Umständen legitim sein – wenn es nämlich eine entsprechend gravierende Gefahr für Leib oder Leben abzuwenden oder zu beseitigen gilt. Außerdem ist klar, dass es sich in dieser Lesart bei einem Wechsel personaler Identität nicht etwa um

eine ganz neuartige Gefahr handelt, die erstmals durch die besonders tiefgreifende Wirkweise neuer neurochirurgischer Verfahren auftreten würde.

An dieser Stelle kann nicht der Nachweis erbracht werden, dass auch die anderen Schlagworte in der Debatte über die möglichen Folgen von Eingriffen in das Gehirn wie z. B. Authentizität, Autonomie oder Individualität ungeeignet sind, um normative Grenzen zu ziehen, deren Unverletzlichkeit grundsätzlich gegen die Entwicklung oder Nutzung solcher Interventionen spräche. Wir verweisen jedoch auf die jüngst erschienene Studie „Intervening in the Brain – Changing Psyche and Society“ (36), in der die hier angerissene Fragestellungen weit gründlicher behandelt werden. Diese Studie, an der einer der Autoren (T. G.) mitgewirkt hat, ist Resultat eines zweieinhalbjährigen interdisziplinären Projekts, in dem Neurowissenschaftler, Neurochirurgen, Psychiater, Philosophen und ein Rechtswissenschaftler das gesamte Spektrum der Bedenken untersucht haben, die gegen Eingriffe in das Gehirn geltend gemacht werden (37). Ein wichtiges Ergebnis dieser Kooperation ist, dass die Verengung der öffentlichen Debatte auf radikale und offenkundige Verletzungen der psychischen Integrität von Patienten höchst problematische Konsequenzen haben kann. Zum einen mag die vage Befürchtung, nach einem Eingriff am Gehirn nicht mehr „der zu sein, der man war“, einzelne Patienten dazu bewegen, sich gegen eine Erfolg versprechende therapeutische Maßnahme zu entscheiden. Zum anderen mag die vorwiegende Beschäftigung mit dramatischen psychischen Veränderungen die Aufmerksamkeit von unscheinbaren Nebenwirkungen ablenken, die eigentlich größeren Anlass zur Sorge geben. Die Rede ist von subtilen Veränderungen der Psyche im Allgemeinen und der Persönlichkeit im Besonderen. Solche Veränderungen können selbst für den Betroffenen schwer zu entdecken sein, weil sie sich nur sehr allmählich anbahnen mögen oder nur in besonderen Situationen auffällig werden. Wenn gegenüber neurochirurgischen Verfahren wie der Neurotransplantation oder der Tiefenhirnstimulation Skepsis angebracht ist, dann weil das methodische Instrumentarium für den Nachweis subtiler psychischer Folgeerscheinungen derartiger Interventionen kaum ent-

wickelt ist und jedenfalls zu wenig genutzt wird. Gerade in diesem Bereich bedarf es des Dialogs zwischen Medizin, Philosophie und Rechtswissenschaft, um die Patientensicherheit zu optimieren, Rechtssicherheit für die Entwicklung und Anwendung innovativer medizinischer Interventionen zu schaffen und die Öffentlichkeit über die mit ihnen verbundenen Möglichkeiten und Risiken aufzuklären.

Danksagung

Die Autoren danken Herrn Prof. Dr. Steffen Rosahl, Helios Klinikum Erfurt, Abteilung für Neurochirurgie, sowie Herrn Prof. Dr. Dr. Henrik Walter, Universitätsklinikum Bonn, Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie, Abteilung für Medizinische Psychologie, für ihre hilfreichen Anmerkungen zu einem Entwurf dieses Beitrags.

Literatur

1. Weniger T. Rückkehr der Psychochirurgie. Deutsches Ärzteblatt. 2004; 101: A2597-A2598.
2. Hubig C, Poser H (eds.). *Cognitio humana – Dynamik des Wissens und der Werte*. Berlin: Akademischer Verlag 1997.
3. Woerly S, Marchand R. 100 years of Neurotransplantation in the mammals. *Neurochirurgie*. 1990; 36 (2): 71–95.
4. Das GD, Hallas BH, Das KG. Transplantation of neural tissues in the brains of laboratory mammals – technical details and comments. *Experientia*. 1979; 35 (2): 143–153.
5. Houle JD, Das GD. Freezing of embryonic neural tissue and its transplantation in the rat brain. *Brain Research*. 1980; 192 (2): 570–574.
6. Low WC, Lewis PR, Bunch ST, Dunnett SB, Thomas SR, Iversen SD et al. Function recovery following neural transplantation of embryonic septal nuclei in adult rats with septohippocampal lesions. *Nature*. 1982; 300 (5889): 260–262.
7. Bjorklund A. Neural transplantation – an experimental tool with clinical possibilities. *Trends in Neurosciences* 1991 Aug; 14 (8): 319–322.
8. Lindvall O. Neural Transplantation. *Cell transplantation* 1995 Jul-Aug; 4 (4): 393–400.
9. Shannon KM, Kordower JH. Neural transplantation for Huntington's disease: Experimental rationale and recommendations for clinical trials. *Cell Transplantation* 1996 Mar-Apr; 5 (2): 339–352.
10. Lindvall O. Neural transplantation: a hope for patients with Parkinson's disease. *Neuroreport* 1997 Sep; 8 (14): R3-R10.
11. Johansson BB, Grabowski M. Functional recovery after brain infarction – plasticity and neural transplantation. *Brain Pathology* 1994 Jan; 4 (1): 85–95.
12. Kondziolka D, Wechsler L, Achim C. Neural transplantation for stroke. *Journal of Clinical Neuroscience* 2002 May; 9 (3): 225–230.
13. Kondziolka D, Steinberg GK, Wechsler L, Meltzer CC, Elder E, Gebel J et al. Neurotransplantation

for patients with subcortical motor stroke: a phase 2 randomized trial. *Journal of Neurosurgery* 2005 Jul; 103 (1): 38–45.

14. Wennersten A, Meijer X, Holmin S, Wahlberg L, Mathiesen T. Proliferation, migration, and differentiation of human neural stem/progenitor cells after transplantation into a rat model of traumatic brain injury. *Journal of Neurosurgery* 2004 Jan; 100 (1): 88–96.
15. Olanow CW, Goetz CG, Kordower JH, Stoessl AJ, Sossi V, Brin MF et al. A double-blind controlled trial of bilateral fetal nigral transplantation in Parkinson's disease. *Annals of Neurology* 2003 Sep; 54 (3): 403–414.
16. Freed CR, Greene PE, Breeze RE, Tsai WY, DuMouchel W, Kao R et al. Transplantation of embryonic dopamine neurons for severe Parkinson's disease. *New England Journal of Medicine* 2001 Mar; 344 (10): 710–719.
17. Bachoud-Levi A, Remy P, Nguyen JP, Brugieres P, Lefaucheur JP, Bourdet C et al. Motor and cognitive improvements in patients with Huntington's disease after neural transplantation. *Lancet* 2000 Dec; 356 (9246): 1975–1979.
18. Hagell P, Piccini P, Bjorklund A, Brundin P, Rehnrona S, Widner H et al. Dyskinesias following neural transplantation in Parkinson's disease. *Nature Neuroscience* 2002 Jul; 5 (7): 627–628.
19. Boer GJ. Ethical guidelines for the use of human embryonic or fetal tissue for experimental and clinical neurotransplantation and research. *Journal of Neurology* 1994 Dec; 242 (1): 1–13.
20. <http://www.nectar-org.eu>
21. Bei diesen wird auf Hirngewebe von Schweineembryonen zurückgegriffen. Deacon T, Schumacher J, Dinsmore J, Thomas C, Palmer P, Kott S, et al. Histological evidence of fetal pig neural cell survival after transplantation into a patient with Parkinson's disease. *Nature Medicine* 1997 Mar; 3 (3): 350–353.
22. Boethius J, Meyerson BA. Treatment of benign and malignant pain by chronic deep brain-stimulation. *Acta Neurochirurgica* 1977; 37 (3–4): 298.
23. Plotkin R. Results in 60 cases of deep brain-stimulation for chronic intractable pain. *Applied Neurophysiology* 1982; 45 (1–2): 173–178.
24. Munding F. Deep brain-stimulation in pyramidal and extrapyramidal motor disorders, spasticity and dyskinesias. *Physics in Medicine and Biology* 1980; 25 (5): 992.
25. Ondo W, Jankovic J, Schwartz K, Almaguer M, Simpson RK. Unilateral thalamic deep brain stimulation for refractory essential tremor and Parkinson's disease tremor. *Neurology* 1998 Oct; 51 (4): 1063–1069.
26. Kumar R, Lozano AM, Kim YJ, Hutchison WD, Sime E, Hallett E, et al. Double-blind evaluation of subthalamic nucleus deep brain stimulation in advanced Parkinson's disease. *Neurology* 1998 Sep; 51 (3): 850–855.
27. Deuschl G, Schade-Brittinger C, Krack P, Volkmann J, Schafer H, Botzel K et al. A randomized trial of deep-brain stimulation for Parkinson's disease. *New England Journal of Medicine* 2006 Aug; 355 (9): 896–908.

28. Bejjani BP, Damier P, Arnulf I, Thivard L, Bonnet AM, Dormont D et al. Transient acute depression induced by high-frequency deep-brain stimulation. *New England Journal of Medicine* 1999 May; 340 (19): 1476–1480.
29. Krack P, Kumar R, Ardouin C, Dowsey PL, McVicker JM, Benabid AL et al. Mirthful laughter induced by subthalamic nucleus stimulation. *Movement Disorders* 2001 Sep; 16 (5): 867–875.
30. Nuttin B, Cosyns P, Demeulemeester H, Gybels J, Meyerson B. Electrical stimulation in anterior limbs of internal capsules in patients with obsessive-compulsive disorder. *Lancet* 1999 Oct 30; 354 (9189): 1526.
31. Nuttin BJ, Gabriels LA, Cosyns PR, Meyerson BA, Andreevitch S, Sunaert SG et al. Long-term electrical capsular stimulation in patients with obsessive-compulsive disorder. *Neurosurgery* 2003 Jun; 52 (6): 1263–1272.
32. Mayberg HS, Lozano AM, Voon V, McNeely HE, Seminowicz D, Hamani C et al. Deep brain stimulation for treatment-resistant depression. *Neuron* 2005 Mar; 45 (5): 651–660.
33. Padberg F, Grossheinrich N, Schonfeldt-Lecuona C, Pogarell O. Update on vagus nerve stimulation and deep brain stimulation in depression. *Nervenheilkunde* 2006; 25 (8): 635–640.
34. Linke D. *Hirnverpflanzung – Die erste Unsterblichkeit auf Erden*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt 1993.
35. Galert T. Inwiefern können Eingriffe in das Gehirn die personale Identität bedrohen? In: Bora A, Decker M, Grunwald A, Renn O (eds.). *Technik in einer fragilen Welt*. Berlin: Edition Sigma 2005; 91–99.
36. Merkel R, Boer G, Fegert F, Galert T, Hartmann D, Nuttin B et al. *Intervening in the Brain. Changing Psyche and Society*. Heidelberg: Springer; 2007.
37. http://www.europaeische-akademie-aw.de/pages/arbeitsgruppen_forschung/projektgruppen_interveninginpsychiccapacities.
38. Schlaepfer TE et al. Deep brain stimulation to reward circuitry alleviates anhedonia in refractory major depression. *Neuropsychopharmacology*, 2007, advance online publication, 11 April 2007; doi:10.1038/sj.npp.1301408.

Korrespondenzadresse:

Dr. phil. Thorsten Galert
Europäische Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH
Wilhelmstraße 56, 53474 Bad Neuenahr-Ahrweiler