

Revival der Hirntod-Debatte: Funktionelle Bildgebung für die Hirntod-Diagnostik

Sabine Müller

Eingegangen: 15. Juni 2009 / Angenommen: 31. August 2009 / Online publiziert: 29. Januar 2010
© Springer-Verlag 2010

Zusammenfassung Zum Hirntod werden zwei Fragen erneut kontrovers diskutiert: erstens, ob der Hirntod mit dem Tod gleichzusetzen ist, zweitens, wie man den Hirntod sicher diagnostiziert. Neue empirische Erkenntnisse erfordern eine neue Auseinandersetzung mit diesen Fragen: Erstens haben zahlreiche Studien ein längeres Überleben und die Integration von Körperfunktionen von hirntoten Patienten nachgewiesen. Der *President's Council on Bioethics* hat im Dezember 2008 eingestanden, dass die bisher vertretene Begründung für das Hirntodkriterium, nämlich die Annahme des engen zeitlichen und kausalen Zusammenhangs des Hirntodes und der Desintegration der körperlichen Funktionen, empirisch widerlegt sei. Trotzdem hält der Council am Hirntodkriterium fest, stützt es aber nun auf eine neue naturphilosophische statt empirische Begründung, die den lebenden Organismus über die aktive Auseinandersetzung mit der Welt als notwendiges Kriterium für Leben bestimmt. Diese naturphilosophische Begründung ist nicht falsifizierbar und scheint den Interessen der Transplantationsmedizin geschuldet. Zweitens geben Studien mit fMRT und PET an hirntoten Patienten Anlass, an der Reliabilität der üblichen Hirntoddiagnostik zu zweifeln. Aus ethischen Gründen sollte eine Hirntoddiagnostik auf dem Stand der besten verfügbaren Technologie gesetzlich vorgeschrieben werden, also zumindest die Angiographie, in Zweifelsfällen auch fMRT oder PET.

Schlüsselwörter Hirntod · Koma · Funktionelle Bildgebung · Organtransplantation

Revival of the brain death debate

Abstract *Definition of the Problem* With regard to brain death two issues are newly discussed controversially: first whether brain death and death are to be equalised; second how brain death is definitely diagnosed. *Arguments* New empirical findings necessitate a new debate about these issues: Firstly, several studies have documented a prolonged survival of

S. Müller (✉)

Division für Mind and Brain, Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie, Campus Charité Mitte, Charité – Universitätsmedizin Berlin, Charitéplatz 1, 10117 Berlin, Deutschland
E-Mail: sabine.mueller@hu-berlin.de

brain-dead patients as well as the integration of somatic functions. The *President's Council on Bioethics* has admitted in December 2008 that the hitherto main argument for the brain death criterion, namely the hypothesis of a close temporal and causal relationship between brain death and the disintegration of somatic functions, has been empirically disproved. Nevertheless the Council sticks to the brain death criterion, which it latterly justifies with a new definition of living organisms from natural philosophy instead of an empirical justification. This definition is based on the criterion of an active engagement with the surrounding world. This natural philosophy is not falsifiable and seems to be owed to the interests of the transplantation medicine. Secondly, fMRI and PET studies with brain-dead patients raise doubt about the reliability of the common diagnostics of brain death. *Conclusion* For ethical reasons, it should be regulated by law that the diagnosis of brain death has to be based on the best available technology, i.e. at least on angiography, in cases of doubt also on fMRI or PET.

Keywords Brain death · Coma · Functional imaging · Organ transplantation

Einleitung

Im Jahr 1998 hat der Neurologe Alan Shewmon in der Zeitschrift *Neurology* resigniert festgestellt, dass die Gleichsetzung von Hirntod und Tod eine der wenigen bioethischen Kontroversen dieses Dezenniums sei, die weitgehend beigelegt seien ([28], S. 1530). Zehn Jahre später geht die Hirntod-Debatte in eine neue Runde, nicht zuletzt wegen Shewmons Publikationen. Kontrovers diskutiert wird erstens, ob der Hirntod mit dem Tod gleichzusetzen ist, zweitens, wie der Hirntod sicher diagnostiziert werden kann. Neue empirische Erkenntnisse erfordern eine erneute Auseinandersetzung mit dem Hirntod, denn zum einen haben zahlreiche Studien ein längeres Überleben und die Integration von Körperfunktionen von hirntoten Patienten nachgewiesen; zum anderen stellen Studien mit fMRT und PET die Reliabilität der üblichen Hirntoddiagnostik in Frage. Im Folgenden wird untersucht, welche Bedeutung die aktuellen empirischen Befunde erstens für die Gleichsetzung von Hirntod und Tod und zweitens für die Hirntod-Diagnostik haben und welche Konsequenzen daraus für die Gewinnung von Transplantationsorganen gezogen werden sollten.

Die historische Hirntod-Debatte

Bekanntlich wurde vor Erfindung der Herzlungenmaschine im Jahr 1952 der irreversible Herzstillstand als Kriterium des Todes betrachtet. Der Herzstillstand hat unter natürlichen Bedingungen innerhalb von Minuten das Absterben des Gehirns zur Folge. Durch den Einsatz von Herzlungenmaschinen können das Absterben des Gehirns und das Herzversagen zeitlich auseinander fallen: Einerseits kann damit der Organismus hirntoter Patienten noch längere Zeit weiter funktionieren, andererseits können Patienten, deren Herz-Kreislaufsystem nicht mehr autonom arbeitet, am Leben und bei Bewusstsein gehalten werden. Der Begriff des Hirntodes ist aufgrund dieses Auseinanderfallens geprägt worden.

1968 hat das *Ad Hoc Committee of the Harvard Medical School to Examine the Definition of Brain Death* vorgeschlagen, das „irreversible Koma“ als neues Todeskriterium zu definieren. Als dessen Merkmale wurden festgelegt: (1) keine Rezeptivität und Reaktivität, (2) keine spontanen Bewegungen und Atmung, (3) keine Reflexe und (4) flaches Elektroenzephalogramm ([1], S. 337 f.). Das Komitee begründete die Notwendigkeit der neuen Todesdefinition wie folgt: „Our primary purpose is to define irreversible coma as a new cri-

terion for death. There are two reasons why there is need for a definition: (1) Improvements in resuscitative and supportive measures have led to increased efforts to save those who are desperately injured. Sometimes these efforts have only partial success so that the result is an individual whose heart continues to beat but whose brain is irreversibly damaged. The burden is great on patients who suffer permanent loss of intellect, on their families, on the hospitals, and on those in need of hospital beds already occupied by these comatose patients. (2) Obsolete criteria for the definition of death can lead to controversy in obtaining organs for transplantation“ ([1], S. 337).

Nach Belkins [5] historischer Analyse des Reports des *Ad Hoc Committee* hatten dessen führende Mitglieder unterschiedliche Motive für die Forcierung der neurologischen Todesdefinition: Der Initiator und Vorsitzende des Komitees, der Anästhesie-Chefarzt Henry Beecher, wollte sinnlose künstliche Beatmungen bei nicht zu rettenden Patienten verhindern. Dem Neurologen und EEG-Pionier Robert Schwab ging es vor allem um die Etablierung der EEG-Diagnostik zur Feststellung des Todeszeitpunkts. Beecher und Schwab wollten den Hirntod als Zeitpunkt des legitimen Behandlungsabbruchs festschreiben, aber nicht als neue Definition des Todes. Genau dies wollten dagegen der Transplantationschirurg Joseph Murray und der Neurochirurg William Sweet; Letzterer vertrat die Notwendigkeit der Hirntod-Definition, um die Beschaffung von Transplantationsorganen zu erleichtern. Das Problem der Rechtssicherheit in der Organbeschaffung war drängend geworden, nachdem der Arzt Wada, der einem hirntoten Patienten Organe zur Transplantation entnommen hatte, in Japan wegen Mordes verurteilt worden war ([15], S. 900).

Hans Jonas warnte in „Against the Stream: Comments on the Definition and Redefinition of Death“ [13] vor der Verwechslung des Todes mit einem Kriterium, den Tod durch Therapieabbruch zuzulassen; diese Verwechslung würde den Weg dafür öffnen, das Hirntod-Kriterium in den Dienst der Organbeschaffung zu stellen. Der Therapieabbruch sei nur gerechtfertigt, wenn er dem Interesse des Patienten selbst diene. Jonas plädierte dafür, da wir die exakte Grenze zwischen Leben und Tod nicht kennen, im Zweifel den Koma-Patienten oder den Hirntoten so zu behandeln, als sei er noch auf der Seite des Lebens. Gerhard Roth stellte fest, dass die Gleichsetzung von Hirntod und Tod aus physiologischer Sicht unhaltbar sei. Wie der Fachwelt entgegen vieler Verlautbarungen seit langem bekannt sei, könne der Hirntod nicht völlig eindeutig diagnostiziert werden [24].

Kritik am Hirntodkonzept kam auch von entgegengesetzter Seite: So forderten u. a. Richard Zaner, Robert Veatch, Edward Bartlett, Stuart Youngner [32] und Jeff McMahan [18], den Tod einer Person mit dem Tod ihres Cortex gleichzusetzen, denn nur dieser bringe Bewusstsein und mentale Aktivität hervor, während der Hirnstamm nur das integrierte Funktionieren des gesamten Organismus gewährleiste. Auf Basis des Körper-Geist-Dualismus forderte McMahan, zwei Arten von Tod zu unterscheiden: erstens den Tod des Organismus (Hirnstammtod), zweitens den Tod der Person (Cortextod). Da der Cortex die Basis unseres Bewusstseins sei, sei das richtige Kriterium für den Tod das Kriterium des Cortextodes. Individuen im dauerhaften vegetativen Zustand sollten als Organspender verwendet werden, obschon ihre Organismen noch lebten. Da sie aber keine Personen mehr seien, sei ihre Tötung nicht verwerflicher als das Töten einer Pflanze ([18], S. 258).

Konsequenzen verschiedener Todes-Definitionen

Wie der Tod juristisch definiert wird und welche Methoden zu seiner Feststellung vorgeschrieben sind, hat für bestimmte Patienten existentielle Konsequenzen: Für Patienten im Locked-in-Syndrom, für Patienten im persistenten vegetativen Zustand (PVS) sowie für

	Locked-in-Syndrom	Dauerhaftes Koma (PVS)	Hirntod	„klassischer Tod“ (dauerhafter Herz-Kreislaufstillstand)
Cortextod-Theoretiker urteilen:	lebend	tot (human vegetable)	tot	tot
Hirntod-Theoretiker urteilen:	D, USA: lebend GB: tot	lebend	tot	tot
Organismustod-Theoretiker urteilen:	lebend	lebend	lebend	tot

Abb. 1 Unterschiedliche Bewertung von Zuständen an der Grenze von Leben und Tod in Abhängigkeit von der Todesdefinition

hirntote Patienten hängt von dem geltenden Todeskonzept ab, ob sie als lebend oder als tot eingestuft werden und ob ihnen Organe entnommen werden dürfen oder nicht (vgl. Abb. 1).

Beim *Locked-in-Syndrom*, das u. a. nach Hirnstamminfarkt und bei Amyotropher Lateralsklerose auftreten kann, funktioniert der Cortex noch, doch alle oder die meisten Hirnstammfunktionen sind ausgefallen, so dass ein Überleben nur mit maschineller Atemunterstützung möglich ist. Nach der Cortextod-, der Hirntod- und der Organismustod-Theorie gelten Locked-in-Patienten als lebend. Ein Patient mit *super locked-in syndrome* nach Hirnstamminfarkt würde in Großbritannien für tot erklärt, da dort die Hirntod-Definition als Hirnstammtod-Definition (*brainstem death*) interpretiert wird ([25]; siehe auch [33], S. 263 und [2], S. 603). Dieses Syndrom ist nur mit funktioneller Bildgebung oder elektrophysiologischen Messungen vom vollständigen Hirntod unterscheidbar ([15], S. 901 f.). Auch Locked-in-Patienten mit zentraler Gehörlosigkeit, die häufig durch Hirnstamminfarkt auftritt, laufen Gefahr, irrtümlich als komatös diagnostiziert zu werden [30].

Als *Persistent Vegetative State (PVS)* bzw. irreversibles Koma wird ein Koma eingestuft, das bei traumatischer Ursache länger als ein Jahr, bei nichttraumatischer Ursache länger als drei Monate dauert [20]. PVS-Patienten gelten gemäß dem Hirntod- und dem Organismustodkriterium als lebend, gemäß dem Cortextodkriterium dagegen als organismisch lebend, aber mental tot und damit als Organressource.

Unter dem *Hirntod* wird in den meisten westlichen Ländern (mit Ausnahme Großbritanniens) der Ausfall aller Hirnfunktionen verstanden (*whole-brain death*) ([33], S. 263; [2], S. 603–605). Im deutschen Transplantationsgesetz ist der Hirntod als Ausfall von Großhirn, Kleinhirn und Hirnstamm definiert; die Methoden zur Diagnose dieser Ausfälle sind von der Bundesärztekammer in Richtlinien umzusetzen ([8], § 3, Abs. 1, Nr. 2 und Abs. 2, Nr. 2). Auch diese Hirntoddefinition ist keine Ganzhirntoddefinition, denn sie setzt nicht den Ausfall aller Hirnfunktionen voraus, insbesondere nicht den der neuroendokrinen Funktionen der Hirnanhangdrüse ([2], S. 603–605).

Die „klassische“ Todesdefinition bestimmt den Tod als dauerhaften Herz-Kreislaufstillstand; danach ist kein integriertes Funktionieren der kritischen Systeme des Organismus mehr möglich, und es setzt eine unaufhaltsame Desintegration aller Teilsysteme ein.

Hirntod gleich Tod?

Einige künstlich beatmete Hirntote haben noch etliche somatische Funktionen, die auf eine körperliche Integration hinweisen: Sie halten ihre Homöostase durch zahlreiche endokrine und kardiovaskuläre Funktionen aufrecht, regulieren selbständig ihre Körpertemperatur, bekämpfen Infektionen (u. a. durch Fieber) und Verletzungen, reagieren mit Katecholamin- und Blutdruckanstieg auf Schmerzreize, produzieren Exkremate und scheiden diese aus. Hirntote Kinder wachsen und setzen ggf. ihre Geschlechtsentwicklung fort [29]. Hirntote Schwangere können die Schwangerschaft über Monate aufrecht erhalten und von gesunden Kindern entbunden werden; bis 2003 wurden zehn erfolgreiche Schwangerschaften von Hirntoten dokumentiert [22]. Die Annahme, dass nach dem Hirntod unmittelbar und notwendig der Herzstillstand und die körperliche Desintegration eintreten, ist durch ca. 175 dokumentierte Fälle (bis 1998) widerlegt worden, in denen zwischen Hirntod und Herzstillstand mindestens eine Woche und bis zu 14 Jahre lagen. Die durchschnittlichen Überlebenszeiten wären noch höher, wenn nicht der Tod durch Beendigung der lebenserhaltenden Maßnahmen bzw. durch Organentnahme eingetreten wäre [28]. Durch die Fälle „chronischen Hirntodes“ [28] wird die Hypothese der engen kausalen und zeitlichen Relation von Hirntod und Tod des gesamten Organismus widerlegt.

Dieter Birnbacher kommt zu der Schlussfolgerung, dass „der Hirntod als Kriterium des *organismischen* Todes klarerweise ungeeignet“ sei ([6], S. 474). Birnbacher vertritt die Univozität des Todesbegriffs (statt der Unterscheidung eines organismischen und eines mentalistischen Todes) und rechtfertigt eine organismische statt einer mentalistischen Definition von Leben, da Leben und Tod primär biologische Begriffe seien und das mentale Leben temporal in das organismische Leben eingebettet sei. Er folgert daher: „Bei der Explantation von Organen von Hirntoten werden einem *lebenden Organismus* Organe entnommen, was angesichts des Univozitätsdesiderats darauf hinausläuft, dass diese Organe einem *lebenden menschlichen Individuum* entnommen werden“ ([6], S. 475). Statt Hirntote entgegen der empirischen Evidenzen für tot zu erklären, fordert Birnbacher, die *dead donor rule* für Transplantation aufzugeben, d. h. die Vorschrift, dass nur aus Toten lebensnotwendige Organe entnommen werden dürfen. Trotzdem plädiert Birnbacher mit ethischen Argumenten für die Beibehaltung des Hirntodkriteriums: In ethischer Hinsicht habe das bewusste Leben einen höheren Wert und eine höhere Schutzwürdigkeit als das unbewusste. Das Hirntodkriterium sei geeignet, den Bewusstseinstod festzustellen und daher pragmatisch gerechtfertigt, um den Zeitpunkt für einen Behandlungsabbruch und ggf. eine Organexplantation zu bestimmen. Birnbacher stellt fest, dass „das Hirntodkriterium kein adäquates Kriterium für den Tod [ist], sondern ein Kriterium für den unter ethischen Gesichtspunkten primär relevanten, aber mit dem Tod *simpliciter* nicht zusammenfallenden *mental*en Tod“ ([6], S. 475).

Diese Argumentation ist mit einer naturwissenschaftlichen Sichtweise kompatibel, doch in der Ethik ist die Abstufung der Schutzwürdigkeit von Lebewesen aufgrund wertbegründender Eigenschaften wie Bewusstsein eins der am erbittertsten umkämpften Prinzipien. Widerstand gegen Birnbachers Absage an die *dead donor rule* ist auch von Seiten der Juristen und Ärzte zu erwarten: Das Eingeständnis, dass Ärzte durch Organexplantation lebende menschliche Individuen töten, steht im Gegensatz zu dem Verbot aktiver Sterbehilfe. Würde der Gesetzgeber Birnbachers Argumentation folgen, müsste er die Hirntoddefinition aus dem Transplantationsgesetz streichen und entweder die aktive Sterbehilfe für hirntote Patienten durch Organexplantation legalisieren oder die Explantation von Organen aus hirntoten, aber organismisch noch lebenden Patienten verbieten. Die Organexplantation wäre dann nur noch zu erlauben, wenn Hirntod und Herzstillstand nachgewiesen worden

sind. Das hätte allerdings zur Folge, dass die besten Organe nicht mehr für Transplantationen zur Verfügung stünden.

Auch der *President's Council on Bioethics* hat auf diese Forschungsergebnisse reagiert: In dem im Dezember 2008 publizierten *White Paper: „Controversies in the Determination of Death“* [23] konstatiert er, dass der anhaltende Dissens zum Hirntod-Kriterium sowie neue empirische Ergebnisse zum integrierten Funktionieren des Körpers von Hirntoten eine erneute Debatte über den Hirntod erforderten ([23], S. 6). Es wird eingeräumt, dass das integrierte Funktionieren des Körpers nicht unbedingt kurz nach Eintritt des Hirntodes aufhöre ([23], S. 57). Bisher galt die Annahme über den unterstellten engen zeitlichen und kausalen Zusammenhang als das Hauptargument für die Gleichsetzung von Hirntod und Tod. Dieses Argument ist nach Auffassung des Council nicht mehr aufrecht zu halten. Das Gehirn sei, wie Shewmon bereits konstatiert hat, *nicht* der Integrator der verschiedenen Körperfunktionen; vielmehr sei die Integration eine emergente Eigenschaft des ganzen Organismus ([23], S. 39 f.). Der Council räumt auch ein, dass die Behauptung, kurz nach dem Hirntod trete unweigerlich der Tod ein, kaum überprüft und sogar eine selbsterfüllende Prophezeiung sei: Patienten mit der Diagnose Hirntod würden entweder Organspender oder ihre künstliche Beatmung würde abgestellt ([23], S. 41 f., 55; vgl. auch [28], S. 1542).

Der Council weist die Definition des Todes als bloß soziales oder juristisches Konstrukt zurück, ebenso wie das Konzept von zwei Toden, das zwischen dem Tod der Person und dem Tod des Organismus unterscheidet ([23], S. 49 f.). Er konstatiert, dass das derzeit juristisch geltende Hirntodkriterium philosophisch nicht überzeugen könne, wenn die bei einigen Hirntoten nachgewiesene Integration körperlicher Funktionen ein hinreichendes Kriterium für einen Organismus als Ganzes (*organism as a whole*) wäre. Der Council stellt daher ein anderes Konzept von Ganzheit vor, das das Kriterium der Integration der körperlichen Funktionen aufgibt und die „Intuition“ unterstützt, dass der Körper nach dem Hirntod kein organismisches Ganzes mehr sei: „Determining whether an organism remains a whole depends on recognizing the persistence or cessation of the fundamental vital work of a living organism – the work of self-preservation, achieved through the organism's needdriven commerce with the surrounding world“ ([23], S. 60). Die Arbeit der Selbsterhaltung durch Auseinandersetzung mit der Umgebung drücke sich in drei fundamentalen Fähigkeiten aus: (1) der Offenheit für die Welt, d. h. Empfänglichkeit für Reize und Signale der Umgebung, (2) der Fähigkeit, auf die Welt einzuwirken, um selektiv zu erhalten, was man brauche, (3) der gefühlten Notwendigkeit, die den Organismus antreibe, so zu handeln wie er müsse, um zu erlangen, was er brauche und was seine Offenheit ihn als verfügbar erkennen lasse. Diese Fähigkeiten zeigten sich in Anzeichen von Bewusstsein oder Wachheit, in Schmerzreaktionen und im spontanen Atmen ([23], S. 61 f.). Wenn ein Patient weder spontan atme noch Anzeichen von Bewusstsein zeige, sei er als tot zu betrachten. Somit sei der Hirntod doch das geeignete Kriterium zur Feststellung des Todes – nicht weil damit der völlige Verlust integrierten körperlichen Funktionierens einhergehe, sondern weil er ein Zeichen sei, dass der Organismus nicht mehr die wesentliche Arbeit leisten könne, die lebende Dinge charakterisiere ([23], S. 64 f.).

Der *President's Council on Bioethics* hält also am Hirntod-Kriterium fest, auch wenn er das Hauptargument, mit dem dieses bisher gerechtfertigt wurde, als empirisch widerlegt anerkennt; stattdessen bietet er eine neue Begründung dafür an, die auf einer „philosophischen Konzeption der biologischen Realität organismischen Lebens“ basiere ([23], S. 66, Übers. S. M.).

Diese neue philosophische Begründung ist allerdings problematisch: Erstens weicht diese Definition des lebenden Organismus vom naturwissenschaftlichen Verständnis des Lebens ab; sie ist so eng gefasst, dass danach auch Embryonen keine Lebewesen sind, da sie wie

Hirntote weder selbständig atmen noch Anzeichen von Bewusstsein zeigen. Zweitens erfüllt auch die Verdauung die drei Kriterien dieser Definition, und diese funktioniert bei manchen Hirntoten noch (1. Rezeptivität für Nahrungsstimuli, 2. die Fähigkeit, aus der zugeführten Nahrung selektiv das zu erlangen, was gebraucht wird, 3. die gefühlte Notwendigkeit, die den Organismus antreibt zu verdauen, um die Nährstoffe zu erlangen, die er braucht und als verfügbar erkennt).

Drittens ist die Neuausrichtung der Begründung, mit der das Hirntod-Kriterium unterstützt wird, von den Autoren nicht in erster Linie, aber ausdrücklich *auch* mit den Erfordernissen der Transplantationsmedizin gerechtfertigt ([23], S. 10), und zwar mit folgendem Argument: Würde das Hirntod-Kriterium aufgegeben, dürfte man entweder keine Organe aus künstlich beatmeten Patienten, deren Herz noch schlägt, entnehmen – was einen massiven Rückgang qualitativ hochwertiger Organe zur Folge hätte –, oder man müsste die *dead donor rule* aufgeben, und beide Optionen seien nicht vertretbar ([23], S. 69–74). Den Tod so zu definieren, dass er den Interessen der Transplantationsmedizin dient, erweckt allerdings den Eindruck einer interessengeleiteten Ethik, die überdies das wissenschaftliche Prinzip der Falsifizierbarkeit missachtet. Denn obwohl die empirische Hypothese, mit der bisher die These „Hirntod = Tod“ begründet wurde, falsifiziert worden ist, wird diese These nicht aufgegeben, sondern eine neue Begründung eingeführt – die statt auf einer falsifizierbaren empirischen Hypothese auf einer naturphilosophischen Setzung basiert.

Wie Axel Bauer schon für die Rechtfertigung der im Deutschen Transplantationsgesetz festgelegten Hirntod-Definition festgestellt hat, ist eine solche teleologische, also auf die Ziele der Transplantationsmedizin ausgerichtete Argumentation wissenschaftlich und ethisch hoch problematisch ([3], S. 1154 f.).

Einige Mitglieder des Council, z. B. Alfonso Gómez-Lobo, haben sich der Position des Council nicht angeschlossen und sind der Meinung, dass keine Gewissheit bestehe, ob Patienten mit vollständigem Hirntod leben oder tot sind, und dass sie erst nach irreversiblen Herzstillstand ggf. zur Organentnahme freizugeben seien ([23], S. 91, 95–101).

Studien mit funktioneller Bildgebung an bewusstseinsgestörten Patienten

Die Frage, ob der Tod einer Person mit ihrem Hirntod zusammenfällt, lässt sich durch die funktionelle Bildgebung zwar nicht entscheiden, weil sie von der Definition der Begriffe „Person“ und „Tod“ abhängt. Doch mittels funktioneller Bildgebung lässt sich Hirnaktivität weit sensibler und zuverlässiger feststellen und lokalisieren als mit den derzeit gebräuchlichen klinischen und apparativen Methoden, und damit werden genauere Aussagen über den Zustand des Gehirns von als hirntot diagnostizierten Menschen möglich. Die wenigen fMRT- und PET-Studien an bewusstseinsgestörten Patienten [9, 10, 15, 16, 21, 26, 27, 33] stellen bisherige Annahmen in Frage und liefern Zündstoff für die Debatte über den angemessenen Umgang mit diesen Patienten.

PET-Untersuchungen von Steven Laureys [15] haben bei PVS-Patienten eine immerhin ungefähr halb so große Hirnstoffwechselaktivität wie bei gesunden Personen nachgewiesen. Auch in Cortexarealen war Aktivität als Reaktion auf schmerzhafte Stimuli nachweisbar. Komapatienten als „cortextot“ zu bezeichnen, ist demnach falsch.

Owen et al. [21] haben bei einer PVS-Patientin mit fMRT gezeigt, dass sie sich auf Anweisung hin vorstellen konnte, Tennis zu spielen oder die Räume ihrer Wohnung zu durchqueren; dabei waren ihre neuronalen Reaktionen ununterscheidbar von denen gesunder Probanden. Dieses Resultat lässt darauf schließen, dass Sprachverständnis, Motivation und visuelles Vorstellungsvermögen erhalten waren. Giacino und Smart ([10], S. 617) wei-

sen allerdings darauf hin, dass der Zustand der Patientin zwar nach den britischen Richtlinien als *Persistent Vegetative State* (PVS) eingestuft wurde, während er nach den US-amerikanischen Richtlinien als *Minimal Conscious State* (MCS) bestimmt worden wäre, da die Patientin bereits eine visuelle Fixierung zeigte.

Eine fMRT-Studie von Schiff et al. [26] an Patienten im minimalen Bewusstseinszustand zeigt, dass deren kortikale Antworten auf gesprochene Sprache und Berührungen sich kaum von denen gesunder Kontrollpersonen unterscheiden. Dies deutet darauf hin, dass sowohl Sprachverständnis als auch Stimmerkennung erhalten sind. Die Autoren nehmen an, dass bei diesen Patienten trotz ihrer Unfähigkeit, Anweisungen zu befolgen oder zu kommunizieren, noch weit verteilte kortikale Systeme existieren, die kognitiven und sensorischen Funktionen dienen. Sie fordern aus humanitären Gründen, Patienten mit Störungen des Bewusstseins auch mit fMRT zu untersuchen.

Giacino et al. [9] kommen in ihrer Review zu dem Schluss, dass der vegetative Zustand ein globales Diskonnektivitätssyndrom darstellt, in dem die primären Cortexareale von Assoziationsarealen höherer Ordnung funktionell abgetrennt sind. Nichtsdestotrotz sind bei vielen PVS-Patienten kortikale Areale im primären visuellen, auditorischen und somatosensorischen Cortex noch funktionsfähig und reagieren spezifisch auf die Präsentation von Gesichtern, gesprochener Sprache und Schmerzreizen, auch wenn diese nicht mehr auf höheren Ebenen integriert und somit vermutlich nicht bewusst werden. Derartige Reaktionen sind nur mit funktioneller Bildgebung nachweisbar. Diese ermöglicht auch zu differenzieren, ob die klinisch beobachteten fehlenden Reaktionen auf Anweisungen die Folge von verminderter Erregung, von Aphasie, Akinesie oder motorischen Defiziten sind. Elektrophysiologische Untersuchungen und fMRT könnten in Zukunft eine große Rolle in der Differentialdiagnostik bei Störungen des Bewusstseins spielen, die Identifizierung noch funktionierender, aber funktionell abgetrennter Areale ermöglichen und die Planung geeigneter Rehabilitationsmaßnahmen unterstützen.

Komapatienten könnte in Zukunft durch Tiefe Hirnstimulation geholfen werden. Schiff et al. [27] berichten von einem Patienten, der sich seit einem vor sechs Jahren erlittenen schweren Hirntrauma in einem minimalen Bewusstseinszustand befand und durch bilaterale Stimulation des Thalamus deutliche Verbesserungen der Kommunikation und Bewegung erfahren hat. Sie nehmen an, dass die Thalamus-Stimulation die durch das Trauma gestörte Erregungsregulation kompensiert hat, so dass die noch weitgehend intakten kortikalen Netzwerke wieder aktiviert wurden. Dass diese noch intakt waren, hatten Schiff und Kollegen aufgrund von fMRT- und PET-Untersuchungen des Patienten angenommen.

Noch ist diese Forschung ganz am Anfang, und Judy Illes et al. [12] bemerken zu Recht, dass größere Fallzahlen, Multi-Center-Studien und einheitliche Scanning-Paradigmen erforderlich sind, um den klinischen Nutzen von fMRT-Studien für Patienten mit schweren Bewusstseinsbeeinträchtigungen bewerten zu können. Doch die Erfahrungen von Patienten, die ein Koma überstanden haben, sind Anlass genug, sie nicht vorschnell aufzugeben oder zur Organentnahme zu bestimmen. Ein Beispiel für ein Leben in der *terra incognita* zwischen Locked-in-Zustand, Koma und Hirntod ist Julia Tavalaro, die als junge Frau zwei Schlaganfälle erlitt und sechs Jahre lang für hirntot gehalten wurde, obwohl sie nach einigen Monaten im Koma bei vollem Bewusstsein, aber „locked-in“ war [31].

Hirntod-Diagnostik

In Deutschland ist der Hirntod als Kriterium für eine straffreie Organentnahme vorgeschrieben, und dieser ist als Ausfall von Großhirn, Kleinhirn und Hirnstamm definiert. Die Metho-

den zur Diagnose dieser Ausfälle sind vom Gesetzgeber „dem Stand der medizinischen Wissenschaft“ anheim gestellt worden, der von der Bundesärztekammer festzustellen und in Richtlinien zur Feststellung des Todes umzusetzen ist ([8], § 3, Abs. 1, Nr. 2 und Abs. 2, Nr. 2). Die Situation in den USA ist analog ([2], S. 603).

Die Bundesärztekammer hat 1998 den folgenden Ablauf für die Feststellung des Hirntodes vorgeschrieben [7]: Im ersten Schritt ist zu prüfen, welche Hirnschädigung vorliegt: primär oder sekundär, falls primär: supratentoriell (in den Hirnhemisphären) oder infratentoriell (in der hinteren Schädelgrube). Außerdem sind bestimmte Befunde auszuschließen, und zwar Intoxikation, Relaxation, metabolisches Koma, Hypothermie, Hypovolämie, postinfektiöse Polyneuritis. Im zweiten Schritt muss festgestellt werden, dass Koma, Areflexie und Atemstillstand vorliegen. Im dritten Schritt ist festzustellen, dass die Hirnschädigung irreversibel ist. Dafür ist eine bestimmte Beobachtungszeit und/oder ergänzende apparative Diagnostik vorgeschrieben.

Zwingend vorgeschrieben von der Bundesärztekammer ist apparative Diagnostik nur bei Kindern bis zum vollendeten zweiten Lebensjahr sowie bei primärer infratentorieller Hirnschädigung. Andernfalls reicht eine Beobachtungszeit von 12 bis 72 Stunden (je nach Art der Hirnschädigung) für den Nachweis der Irreversibilität. Die Richtlinien der Bundesärztekammer stellen explizit fest: „Der Hirntod kann in jeder Intensivstation auch ohne ergänzende apparative Diagnostik festgestellt werden“ ([7], S. A-1861).

Die von der Bundesärztekammer vorgeschriebene Diagnostik erfasst nur Teilbereiche des Gehirns: Bei Patienten, für die keine apparative Diagnostik vorgeschrieben ist (z. B. bei sekundärer Hirnschädigung nach Herz-Kreislaufstillstand), müssen nur Hirnstamm-Funktionen untersucht werden (Koma, Apnoe, Areflexie). Die Funktionen des Cortex sowie des Klein- und Mittelhirns werden dabei überhaupt nicht untersucht. Denn ein Koma ist kein hinreichendes Symptom zur Diagnose einer Cortex-Schädigung; auch Störungen des retikulären aktivierenden Systems (RAS) im Hirnstamm können ein Koma verursachen ([33], S. 271 f.). Demnach kann nach der von der Bundesärztekammer vorgeschriebenen Diagnostik ein Patient mit intaktem Cortex, der aber in Folge einer Hirnstammschädigung bewusstlos ist, nicht selbständig atmet und keine Hirnstammreflexe zeigt, fälschlicherweise als hirntot diagnostiziert und zur Organentnahme freigegeben werden.

In Fällen, in denen eine apparative Diagnostik vorgeschrieben ist, muss also zusätzlich der Cortex z. B. mittels EEG untersucht werden. Doch auch bei dieser erweiterten Diagnostik werden das Kleinhirn und das Mittelhirn (mit dem die Gefühle regulierenden limbischen System) nicht erfasst.

Lionel Zuckier und Johanna Kolano weisen darauf hin, dass in Zweifelsfällen zusätzliche Diagnostik eingesetzt werden könne, was allerdings auch von deren Verfügbarkeit, insbesondere nach Feierabend und am Wochenende abhängt. Als Zweifelsfälle gelten u. a. Patienten, bei denen die Ursache der Gehirnverletzung nicht bekannt ist, zusätzlich zentral wirkende Sedativa oder neuromuskulär hemmende Substanzen involviert sind oder die klinische Untersuchung nicht vollständig möglich war, z. B. wegen eines Gesichtstraumas oder Pupillenanomalitäten. Neben dem EEG kommen zur zusätzlichen Diagnostik Messungen somatosensorisch evozierter Potentiale, Kontrastangiographie, transkraneller Dopplerultraschall und Radionuklid-Methoden in Frage. Zu Letzteren gehören die Radionuklid-Angiographie und die parenchymale Bildgebung. Da mit der Radionuklid-Angiographie die hintere Schädelgrube nicht angemessen beurteilbar ist, hat sie laut Zuckier und Kolano für die Hirntod-Diagnostik nur begrenzten Wert [33]. Die parenchymale Bildgebung mit SPECT (Single-Photon Emission Computed Tomography) ist ihrer Ansicht nach die einzige bildgebende Methode, die auch den Hirnstamm klar visualisieren kann und daher am besten für die Hirntoddiagnostik geeignet ist ([33], S. 264–268, 272).

In der Fachliteratur sind etliche Fälle beschrieben worden, in denen Patienten aufgrund der klinischen Diagnostik als hirntot klassifiziert wurden, bei denen aber mit apparativer Diagnostik zerebraler Blutfluss oder elektrische Hirnaktivität nachgewiesen wurde [33]. Es wird daher immer wieder moniert, dass die klinische und die apparative Hirntoddiagnostik nicht vollständig kongruent sind und zu unterschiedlichen Ergebnissen in der Beurteilung einiger Patienten kommen [33, 2]. Nach einer aktuellen Begutachtung von allen Hirntoddiagnosen innerhalb von vier Jahren an der Universitätsklinik Newark stellten Zuckier und Kolano fest, dass bei 21 von 188 Fällen (11%) eine permanente Gehirndurchblutung trotz klinisch festgestelltem Hirntod nachgewiesen wurde [33]. Verantwortlich für diese Diskrepanzen sind erstens die unterschiedliche Sensitivität der Methoden, zweitens die Tatsache, dass die klinische Untersuchung nur den Hirnstamm evaluiert, während bestimmte apparative Diagnosemethoden das gesamte Gehirn darstellen können ([33], S. 269–271).

Da aber das Hirntodkriterium gesetzlich als Todeskriterium festgelegt worden ist und daran die straffreie Organentnahme geknüpft ist, sind klinische Untersuchungen ohne apparative Diagnostik unzureichend, da sie den Cortex nicht angemessen erfassen können.

Baron et al. [2] haben zahlreiche Unterschiede zwischen den Richtlinien zur Hirntoddiagnostik verschiedener Staaten und sogar US- bzw. kanadischer Bundesstaaten festgestellt. Das wird auch vom *President's Council on Bioethics* konstatiert ([23], S. 35, 46). Die Unterschiede betreffen vor allem bestimmte Grenzwerte für die diagnostischen Tests (z. B. zum Pupillenreflex, zur Apnoe und zur Kerntemperatur) sowie die Bestimmungen, unter welchen Bedingungen apparative Diagnostik eingesetzt werden muss. Diese Diskrepanzen reflektieren nach Ansicht von Baron et al. einen Mangel an wissenschaftlichen Evidenzen in der Fachliteratur, durch die die von den verschiedenen Fachgremien gesetzten Grenzwerte begründet werden können [2].

Reaktionen von hirntoten Patienten bei der Organexplantation

Eine Untersuchung von Gramm et al. [11] hat gezeigt, dass bei 6,7% (2 von 30) der als hirntot diagnostizierten Organspender die Konzentrationen von Noradrenalin, Dopamin und Adrenalin sowie Blutdruck und Herzfrequenz bei der Organentnahme sprunghaft anstiegen. Sie nehmen an, dass diese Effekte nur auf Rückenmarksreflexaktivität beruhen, da der Hirntod auch angiographisch festgestellt worden war; für diese Hypothese führen sie allerdings keine wissenschaftliche Studie an. Eine andere mögliche Ursache ist, dass eine angiographische Methode verwendet wurde, die die Durchblutung des Hirnstamms nicht angemessen darstellen kann; dazu sind allerdings keine Angaben zu finden.

Britische Anästhesisten haben im Jahr 2000 in der Zeitschrift *Anaesthesia* Vollnarkose für hirntote Organspender gefordert, um mögliche Schmerzen auszuschalten [4]. Der britische Anästhesist Dr. Philip Keep sagte gegenüber der BBC: „Nurses get really, really upset. You stick the knife in and the pulse and blood pressure shoot up. [...] If you don't give anything at all, the patient will start moving and wriggling around and it's impossible to do the operation.“ Er befürworte Organtransplantationen, würde aber nur dann einen Spenderausweis bei sich tragen, wenn er wüsste, dass er vor der Organentnahme anästhesisiert würde [4].

Während über das Schmerzempfinden von hirntoten Patienten Dissens besteht, gibt es keinen Zweifel am Schmerzempfinden von Locked-in-Patienten. Trotzdem ist in Großbritannien de facto eine Entnahme innerer Organe aus Locked-in-Patienten ohne Betäubung erlaubt, da dort das *Hirnstammtodkriterium* gilt und weder Angiographien noch Anästhesie für mutmaßlich Hirntote üblich sind. Selbst bei Verabreichung von Vollnarkose würde die

Organentnahme aus Locked-in-Patienten den Tatbestand des Totschlags erfüllen. Dieser ließe sich in den meisten Fällen auch nicht als (gesetzeswidrige) aktive Sterbehilfe rechtfertigen, da die meisten dieser Patienten weiterleben möchten, auch wenn der Locked-in-Zustand für gesunde Menschen als nicht lebenswert erscheinen mag [14].

Wie häufig Fehldiagnosen des Todes, die zur Organentnahme aus überlebenschfähigen Patienten führen, sind, ist völlig unbekannt, da derartige Fehldiagnosen nur in den seltensten Fällen bemerkt werden. Ein solcher Fall wurde 2008 aus Texas berichtet: Ein 21-jähriger Patient wurde nach schwerem Hirntrauma als hirntot diagnostiziert; dazu war zweimal der zerebrale Blutfluss untersucht worden. Weil der Hubschrauber des Explantationsteams Verspätung hatte und weil Angehörige mit einem einfachen Schmerztest Reaktionen des Patienten nachwiesen, wurde die Organentnahme abgesagt. Nach einigen Tagen erwachte der Patient und nach wenigen Wochen war er vollständig geheilt [19].

Ein weiterer aktueller Fall einer falschen Todesdiagnose, die beinahe zur Tötung eines Patienten durch Organexplantation geführt hat, wurde 2008 in Frankreich bekannt: Ein 45-jähriger Mann erlitt einen Herzinfarkt und wurde in das Pariser Krankenhaus *Pitié Salpêtrière* eingeliefert – eins von neun französischen Krankenhäusern, die an einer experimentellen Studie teilnehmen, bei der Organe nicht erst nach dem Hirntod entnommen werden dürfen, sondern schon nach mehrminütigem Herzstillstand (*Non-Heart-Beating-Donation*). Weil das Herz des Patienten nicht mehr selbständig schlug und die Ärzte entschieden, dass sie seine Herzkranzgefäße nicht erweitern konnten, sollte nach 90 Minuten die Entnahme seiner Organe beginnen. Als die Chirurgen damit beginnen wollten, atmete der Mann wieder und seine Pupillen reagierten auf Licht. Wenige Monate später konnte er wieder sprechen und laufen [17]. Die *Non-Heart-Beating-Donation* ist in den USA, Kanada, Australien, den Niederlanden, Großbritannien, Belgien, Spanien, Österreich, der Schweiz, Norwegen und der Türkei erlaubt [3]. In Deutschland lehnt die Bundesärztekammer diese Regelung derzeit ab [17].

Fazit und Desiderat

Darüber, dass lebensnotwendige Organe nur aus Toten entnommen werden sollten, besteht weitgehend Konsens. Eine Explantation lebensnotwendiger Organe aus einem lebenden Patienten wäre juristisch als Tötung zu betrachten. Ggf. könnte sie mit Argumenten für aktive Sterbehilfe begründet werden; nichtsdestotrotz ist sie weder mit geltendem deutschen Recht noch mit der ärztlichen Standesethik kompatibel. Daher ist Birnbachers Forderung, hirntote Patienten zur Organexplantation freizugeben, obwohl sie im naturwissenschaftlichen Sinne noch leben, eine provozierende Position. Dagegen ist die Verteidigung der Gleichsetzung von Hirntod und Tod gegen empirische Evidenzen durch den *President's Council on Bioethics* ein Zugeständnis an das Tötungsverbot – allerdings um den Preis einer interessengeleiteten und wissenschaftlich unhaltbaren Umdefinition von Leben. Ob damit das Ziel, politisch und juristisch brisante Diskussionen über die Organtransplantation zu verhindern, erreicht wird, ist zweifelhaft. Wünschenswert wäre eine offene Debatte über den Hirntod unter Einschluss der Öffentlichkeit, insbesondere über die Frage, ob es legitim ist, aus Hirntoten, die noch eine Integration somatischer Funktionen zeigen, lebensnotwendige Organe zu explantieren, und wenn ja, unter welchen Bedingungen. Sollte die Beendigung organismischen menschlichen Lebens unter bestimmten Bedingungen erlaubt sein, z.B. wenn der Hirntote zuvor aktive Sterbehilfe gewünscht hat oder sich bereit erklärt hat, sein Leben aus altruistischen Gründen durch Organspende zu verkürzen? Da die u. a. von Birnbacher vertretene Bewertung eines nur noch organismischen Lebens als weniger schützenswert sowohl unter Ethikern als auch

in der Bevölkerung umstritten ist, sollte eine solche Wertsetzung nicht zur Grundlage der Gesetzgebung werden, sondern der Entscheidung jedes Einzelnen überlassen werden. Konkret heißt das, dass jeder Bürger entscheiden sollte, ob er zur Organspende bereit ist oder nicht, und falls ja, ob dafür die Hirntod-Diagnose ausreichen soll oder zusätzlich der Herzstillstand eingetreten sein muss. Für die explantierenden Ärzte sollte die Organentnahme aus Hirntoten straffrei bleiben, auch wenn sie dadurch Leben beenden. Eine analoge Situation besteht beim Schwangerschaftsabbruch: Auch hier akzeptiert der Gesetzgeber unter bestimmten Bedingungen, dass menschliches Leben getötet wird.

Auch wenn aus ethischen, juristischen, politischen und/oder ökonomischen Gründen am Hirntod-Kriterium festgehalten werden sollte, ist zumindest eine valide Hirntod-Diagnostik auf dem aktuellen wissenschaftlichen und technischen Stand zu fordern. Daher sollte die zerebrale Angiographie für die Hirntoddiagnostik zwingend vorgeschrieben werden, in Zweifelsfällen auch fMRT, PET oder SPECT. Die *Non-Heart-Beating-Donation*, bei der auf Hirntoddiagnostik verzichtet wird, sollte grundsätzlich verboten bleiben bzw. werden.

Die Forderung nach Verbesserung der Hirntoddiagnostik stößt selbstverständlich auf Widerstand, nicht nur weil sie steigende Kosten zur Folge hätte, sondern auch weil eine verbesserte Hirntoddiagnostik das Organaufkommen verringern könnte – schätzungsweise um ca. 10% [33]. Doch das Argument des „Organmangels“ ist keine Rechtfertigung, um billiger in Kauf zu nehmen, dass Organe aus nicht toten Patienten entnommen werden, deren Einverständnis dazu nicht gegeben ist.

Der „Organmangel“, also die Kluft zwischen Organnachfrage und -angebot, ist keine Naturkonstante ([3], S. 1161), sondern ein strukturelles Problem.¹ Da die Schere zwischen Angebot und Nachfrage nicht nur durch Maßnahmen zur Erhöhung des Organangebots verkleinert werden kann, sondern auch durch Maßnahmen zur Verringerung der Nachfrage (insbesondere durch Prävention von Krankheiten, die zum Organversagen führen), sind ethisch bedenkliche Methoden zur Steigerung des Angebots nicht gerechtfertigt.

Für Patienten, denen Organe entnommen werden sollen, damit andere Menschen davon gesundheitlich oder ökonomisch profitieren, sollten besonders hohe Maßstäbe zu deren Schutz und Sicherheit angelegt werden. Daraus folgt, dass für potentielle Organspender sicher ausgeschlossen werden muss, dass sie (gegen ihren Willen) durch die Organentnahme getötet werden und dabei unter Angst, Stress oder Schmerzen leiden. Daher sollten funktionelle Bildgebung zur Sicherung der Hirntod-Diagnose sowie Vollnarkose für die Entnahme gesetzlich vorgeschrieben werden, um bei nicht messbarer Hirnaktivität oder im Fall von Messfehlern Angst und Schmerzen auszuschließen.

Literatur

1. Ad Hoc Committee of the Harvard Medical School to Examine the Definition of Brain Death (1968) A definition of irreversible coma. *JAMA* 205(6):337–340
2. Baron L, Shemie SD, Teitelbaum J, Doig CJ (2006) Brief review: history, concept and controversies in the neurological determination of death. *Can J Anaesth* 53(6):602–608

¹ Die Kluft zwischen Organnachfrage und -angebot ist ein strukturelles Problem: Erstens steigt die Nachfrage nach Organen mit dem zunehmenden Durchschnittsalter sowie mit der Zunahme von Organversagen in Folge von Übergewicht, Medikamenten- und Drogenmissbrauch. Zweitens sind hohes Alter und schwere systemische Erkrankungen seltener als früher Ausschlusskriterien für eine Transplantation. Drittens wird eine Transplantation umso eher zur Therapie der Wahl, je mehr Transplantationen gelingen. Und viertens steigt mit der Zahl der Transplantationen die Zahl der Retransplantationen. Während die Nachfrage nach Organen steigt, sinkt das Angebot mit jeder Verbesserung der Verkehrssicherheit (Geschwindigkeitsbegrenzungen, Anschnallpflicht, Airbags) und der Therapie von Hirntraumata.

3. Bauer AW (2007) Wo bleibt die Würde des Menschen? Hirntodkonzept und Organspende aus ethischer Sicht. *Universitas* 11:1151–1162
4. BBC News (2000) Braindead pain fears ‘upset families’. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/886947.stm>. Zugegriffen 19. Nov. 2009
5. Belkin GS (2003) Brain death and the historical understanding of bioethics. *J Hist Med Allied Sci* 58(3):325–361
6. Birnbacher D (2007) Der Hirntod – eine pragmatische Verteidigung. *Jahrb Recht Ethik* 15:459–477
7. Bundesärztekammer (1998) Richtlinien zur Feststellung des Hirntodes. Dritte Fortschreibung 1997 mit Ergänzungen gemäß Transplantationsgesetz (TPG). *Dtsch Arztebl* 95:A-1861–1868
8. Deutscher Bundestag (1997) Gesetz über die Spende, Entnahme und Übertragung von Organen (Transplantationsgesetz – TPG) vom 5.11.1997. *Bundesgesetzblatt I*, S 2631. <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/tpg/gesamt.pdf>. Zugegriffen 13. Nov. 2009
9. Giacino JT, Hirsch J, Schiff ND et al (2006) Functional neuroimaging applications for assessment and rehabilitation planning in patients with disorders of consciousness. *Arch Phys Med Rehab* 87(12) Suppl 2:S67–S76
10. Giacino JT, Smart CM (2007) Recent advances in behavioral assessment of individuals with disorders of consciousness. *Curr Opin Neurol* 20(6):614–619
11. Gramm HJ, Zimmermann J, Meinhold H et al (1992) Hemodynamic responses to noxious stimuli in brain-dead organ donors. *Intens Care Med* 18:493–495
12. Illes J, Lau PW, Giacino JT (2008) Neuroimaging, impaired states of consciousness, and public outreach. *Nat Clin Pract Neuro* 4(10):542–543
13. Jonas H (1980) Against the stream: comments on the definition and redefinition of death. In: Jonas H *Philosophical essays*. University of Chicago Press, Chicago, S 132–140
14. Kübler A, Weber C, Birbaumer N (2006) Locked-in – freigegeben für den Tod? *ZfmE* 1:57–70
15. Laureys S (2005) Death, unconsciousness and the brain. *Nat Rev Neurosci* 6:899–909
16. Laureys S, Giacino JT, Schiff ND et al (2006) How should functional imaging of patients with disorders of consciousness contribute to their clinical rehabilitation needs? *Curr Opin Neurol* 19(6):520–527
17. Le Ker H (2008) Schon Herzstillstand reicht Ärzten für Organentnahme. *Spiegel Online*. <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,559972,00.html>. Zugegriffen 19. Nov. 2009
18. McMahan J (1998) Brain death, cortical death and persistent vegetative state. In: Kuhse H, Singer P (Hrsg) *A companion to bioethics*. Oxford University Press, Oxford, S 250–260
19. Morales N (2008) ‘Dead’ man recovering after ATV accident. *MSNBC.com*. <http://www.msnbc.msn.com/id/23768436/>. Zugegriffen 14. Jan. 2009
20. Multi-Society Task Force of PVS (1994) Medical aspects of the persistent vegetative state. *New Engl J Med* 330:1499–1508
21. Owen AM, Coleman MR, Boly M et al (2006) Detecting awareness in the vegetative state. *Science* 313:1402
22. Powner DJ, Bernstein IM (2003) Extended somatic support for pregnant women after brain death. *Crit Care Med* 31(4):1241–1249
23. President’s Council on Bioethics (2008) Controversies in the determination of death. A White Paper. Washington D.C. <http://www.bioethics.gov/reports/death/index.html>. Zugegriffen 19. Nov. 2009
24. Roth G (1995) „Hirntod“ bzw. „Hirntodkonzept“. 13. WP. Ausschub für Gesundheit. 17. Sitzung, 28.06.1995, S 24 f. http://www.transplantation-information.de/hirntod_transplantation/hirntod_kritik_dateien/hirntod_kritik.htm. Zugegriffen 3. Sept. 2009
25. Royal College of Physicians Working Group (1995) Criteria for the diagnosis of brain stem death. *J Roy Coll Phys Lond* 29:1869–1872
26. Schiff ND, Rodriguez-Moreno D, Kamal A (2005) fMRI reveals large-scale network activation in minimally conscious patients. *Neurology* 64(3):514–523
27. Schiff ND, Giacino JT, Kalmar K et al (2007) Behavioural improvements with thalamic stimulation after severe traumatic brain injury. *Nature* 448(7153):600–604
28. Shewmon DA (1998) Chronic ‘brain death’: meta-analysis and conceptual consequences. *Neurology* 51(6):1538–1545
29. Shewmon DA (2001) The brain and somatic integration: insights into the standard biological rationale for equating ‘brain death’ with death. *J Med Philos* 25(5):457–478
30. Smart CM, Giacino JT, Cullen T et al (2008) A case of locked-in syndrome complicated by central deafness. *Nat Clin Pract Neuro* 4(8):448–453
31. Tavalaro J, Tayson R (1998) Bis auf den Grund des Ozeans. Herder, Freiburg i.B.
32. Zaner RM (Hrsg) (1988) *Death: beyond whole-brain criteria*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht
33. Zuckier LS, Kolano J (2008) Radionuclide studies in the determination of brain death: criteria, concepts, and controversies. *Semin Nucl Med* 38(4):262–273