

3 Neurobiologie des Bewusstseins

Thilo Hinterberger

Bevor man sich der Neurobiologie des Bewusstseins zuwendet, ist es wichtig, den Begriff zu definieren und diese Definition im Hinterkopf zu behalten. Als *Arbeitsdefinition* möchte ich hier nennen: Bewusstsein ist das subjektive Erleben der Anteilnahme am Leben. Als Mensch bewusst zu sein bedeutet Mitwissender zu sein von einer Welt, wobei dies nicht unbedingt die objektive, materielle Welt zu sein braucht und es bedeutet auch von uns selbst zu wissen. Aus diesem Wissen heraus sind wir befähigt, Einfluss zu nehmen und zu gestalten.

Wie aber kommt es, dass gerade wir als Menschen, bestimmt aber auch höher entwickelte Tiere mit diesen Fähigkeiten und Möglichkeiten ausgestattet sind? Eine Antwort findet sich im Pflanzenreich. Diejenigen Lebewesen, die fest verwurzelt am Boden stehen brauchen keine Orientierung im Raum und zeigen daher auch kein ausgeprägtes und komplexes Reiz-Reaktionsverhalten. Aus diesem Grund benötigen sie keine die Umgebung abbildenden Sinnesorgane wie Augen und Ohren. Genau darauf hat sich jedoch das Nervensystem in Menschen und Tieren spezialisiert und dabei eine besondere Fülle von Bewusstseinsfunktionen entwickelt, die nicht nur dem Überleben des Organismus, sondern auch der Gestaltung dieses geistigen Innenraumes dient. Die Bewusstseinsfunktionen können dabei in einem hierarchischen Aufbau beschrieben werden. Im Folgenden sollte man im Auge behalten, dass Bewusstsein nicht Reizverarbeitung per se ist, sondern vielmehr die daraus gewonnene subjektive Erfahrung.

Hierarchie der Bewusstseinsfunktionen

Die unterste Stufe der Anteilnahme am Leben ist das Wissen und die Erfahrung von sich selbst.

Unser Körper ist durchzogen von Nervenbahnen, die Informationen vom eigenen Organismus sammeln und im Gehirn ein augenblickliches Wissen um die Existenz

bilden. Die Innervierung des Körpers bildet damit eine Grundlage zu dem, was wir Selbst nennen. Das ist der Anteil des Körpers am „Ich bin“. Damasio nennt dies auch das Proto-Selbst, welches jedoch noch kein selbst-bewusstes Selbst ist (Damasio 2001). Dennoch wird die Empfindung des Körpers als Ursprung der Emotionen gesehen. Ich erinnere an die James-Lange Theorie, welche die Frage aufwirft, ob ich denn nun weine weil ich traurig bin oder traurig bin, weil ich weine. Beides ist sehr eng miteinander verknüpft (James 1890).

So wie durch die Innervierung des Körpers die Grundlage für ein Selbstmodell geschaffen wird, so bilden die nach außen gerichteten Sinnesorgane die Grundlage für ein Modell der Welt da draußen. Dazu werden Bilder, Klänge und Geräusche verinnerlicht und damit ebenfalls zu einem Teil unseres Organismus. Im Gehirn organisieren sich die Sinneseindrücke zu einer Art Abbild von der Umgebung aber auch von uns selbst (vgl. die Selbstmodell-Theorie nach Thomas Metzinger 2011). Dieses Abbild ist eine Vorstellung, die auch als neuronal erzeugte interne Repräsentation verstanden werden kann. Diese wird auch als Karte erster Ordnung bezeichnet. Eine solche Repräsentation ist jedoch per se nicht bewusst, solange es keinen Beobachterprozess gibt. Einen solchen kann man sich als einen rekursiven Vorgang denken, der Muster dieser Karte erster Ordnung in eine Karte zweiter Ordnung kopiert und diese in Relation setzen kann. Dadurch entsteht Eigentümerschaft und man wird zum Besitzer und Deuter seines Wissens.

Dieser Prozess des stetig neuen Erkennens und in Relation Setzens, so wird vermutet, schafft schließlich das Gefühl von Gegenwärtigkeit, von einem Jetzt. Das wäre der Zustand reiner Präsenz, auch Kernbewusstsein genannt (Damasio 2001). Physiologisch sind daran vor allem subkortikale Strukturen des limbischen Systems, der Thalamus, sowie der cinguläre Cortex beteiligt. Letzterer steht mit den Funktionen der Aufmerksamkeit und Raumorientierung in Zusammenhang. Betrachtet man das Gehirn als gigantisches neuronales Netz, dann stellen die Karten mehr oder weniger stabile Attraktorzustände des Netzes dar, welche auch die assoziativen Funktionen des Gedächtnisses zumindest teilweise erklären können. Die Reaktivierungen von Gedächtnisinhalten sind damit keine bedeutungslosen Muster, sondern Interaktionen mit dem, was wir mit Bedeutung gefüllt haben und in jedem Moment neu be-deuten können. Diejenigen Deutungen, die unser Selbst betreffen, stellen das Selbstbild und das autobiografische Selbst dar. Häufig konkurrieren verschiedene Gedächtnisinhalte miteinander und bieten dadurch eine Unbestimmtheit und erzeugen damit ein subjektives Gefühl von Freiheit im Erkennen und Assoziieren. Diesen Prozessen kann eine weitere Eigenschaft unserer Intelligenz zugeordnet werden: Das Neu-Bilden von Zeichen, Kategorien und Symbolen. Die mentalen Repräsentationsfähigkeiten sind damit auch nicht nur auf die (Re-)Konstruktion des Raumes mit seinen Objekten begrenzt, sondern auch zur Konstruktion abstrakter Objekte fähig, die keine Entsprechung im Außen besitzen. Ein solches Abstraktum ist das Konzept der Zeit als Dimension, welches wir als Denkprozess erschaffen. Gespeichertes wird in vorher und nachher eingeteilt und in Relation gesetzt. Da dies stets im Jetzt geschieht, ist die Suche nach einer objektiven Zeitdimension obsolet. Auch die physikalische Zeit in der Formulierung einer ausgedehnten Dimension ist damit ein Konstrukt menschlichen Denkens (Hinterberger 2002). Der gesunde Umgang mit Zeit erfordert damit eine Wachheit gegenüber unserer Körperrhythmen, Körperprozessen und unseren Denkgewohnheiten (Wittmann 2013).

Das menschliche Aufgabenspektrum reicht jedoch weit über das Persönliche hinaus, wodurch weitere Anforderungen an das menschliche Bewusstsein gestellt werden. Dies betrifft das Handlungsbewusstsein, das soziale und das kulturelle Bewusstsein. Dies umfasst die sozialen Kompetenzen, die Deutung von Emotionen, die empathische Fähigkeiten, sowie die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel um nur einige Beispiele zu nennen. Weitere Leistungen sind Bewertungsmechanismen und Fähigkeiten kontextbezogenen Planens, welche nicht nur Vorstellungen, sondern auch Strategien zur aktiven Umsetzung erfordern. Viele dieser Prozesse sind Mechanismen, weil sie meist kausale Gedankengänge erfordern. Obgleich das menschliche Bewusstsein mit einer Vielzahl von mentalen Prozessen einhergeht, erscheint es dennoch sinnvoll zu sein, diese funktionalen Prozesse soweit als möglich loszulösen von der Eigenschaft des bewussten Beobachtens, welches sich wahlweise die aufgeführten Funktionen vergegenwärtigen kann.

Bewusstsein als Prozess

Die genannten Funktionen können nicht nur hierarchisch in Bezug auf ihre Komplexität gedacht werden, sondern auch in ihrem zeitlichen Entstehen. Dies soll anhand der ereigniskorrelierten Potenziale des EEGs (Elektroenzephalogramms) gemäß Abbildung 5 erläutert werden. Dort ist eine Schar von gemittelten Wellenzügen abgebildet, die an 12 unterschiedlichen Arealen am Kortex gegenüber dem globalen Mittelwert abgeleitet wurden. Die einzelnen Signalspitzen deuten dabei auf unterschiedliche Verarbeitungsprozesse hin, die ein Reiz auslöst, um schließlich bewusst wahrgenommen zu werden. Obgleich die Probanden in diesem Fall nur auf einfache Symbole auf einem Bildschirm achteten und danach mit einem Tastendruck reagieren sollten, kann die Reizantwortfunktion als typisch für vielerlei alltäglicher Eindrücke gesehen werden.

Im Fall eines visuell erfassten Ereignisreizes wird dieser von den Sehnerven über die Sehnervenkreuzung (optisches Chiasma) zunächst in die lateralen Kniehöcker (corpus geniculatum laterale) geleitet, und gelangt von dort in modifizierter Weise in die primären visuellen Areale. Dieser Prozess geschieht innerhalb von etwa 100 ms, sodass der Signalspitze (bei negativer Amplitude als N100 oder N1 bezeichnet) die Funktion der erfolgten Enkodierung des Signals und der primären Reizverarbeitung zugeschrieben werden kann. Die nachfolgende Komponente um etwa 200 ms nach dem Ereignis (N2) wird der Aufmerksamkeitslenkung zugeordnet (Rugg u. Coles 1995). Es findet hier ein Vorgang statt, der bestimmt, welcher Teil oder Aspekt des Ereignisses für die folgende Betrachtung für relevant erachtet wird. Dieser Vorgang ist noch vorbewusst. Erst die ab etwa 300 ms messbaren Signale kennzeichnen Vorgänge, die einer höheren konzeptuellen Verarbeitung zugeschrieben werden können, die dann bewusst werden. Hier findet sich die sogenannte P300-Komponente, die mit Gedächtnisvorgängen in Verbindung gebracht wird (Mangun 1995). Der Reiz wird analysiert und mit bekannten Mustern verglichen, assoziiert, Konzepte werden gebildet und schließlich wird der Reiz als das wahrgenommen, was aus diesem Interpretationsprozess resultiert. Das bedeutet jedoch auch, dass ein erst nach mehreren hundert Millisekunden bewusst gewordenes Ereignis in einem weiteren Prozess im Gehirn automatisch auf den Zeitpunkt des Geschehens zurückdatiert werden muss, um als ein konsistentes Jetzt erlebt werden zu können.

Ein Anwendungsaspekt der Messung von ereigniskorrelierten Potenzialen bei unterschiedlichen Stimulusarten liegt in der Möglichkeit, das Vorhandensein verschiede-

ner kognitiver Verarbeitungsebenen zu untersuchen und dadurch bewusstseinsrelevante Funktionen bei komatösen Patienten oder Patienten mit Locked-In-Syndrom nachzuweisen (Kotchoubey et al. 2005; Hinterberger et al. 2005).



Die komplexe Verarbeitung von Reizen führt nicht zwangsweise zu einer bewussten Wahrnehmung.

Auch in gesunden Menschen laufen viele komplexe Verarbeitungsprozesse unbewusst ab, wie beispielsweise die Kontrolle des muskulären Apparates beim Sprechen oder Essen oder andere Mechanismen. Daher kann auch bei komatösen Patienten aufgrund der Verarbeitungsmuster nicht eindeutig auf den Grad der Bewusstheit geschlossen werden.

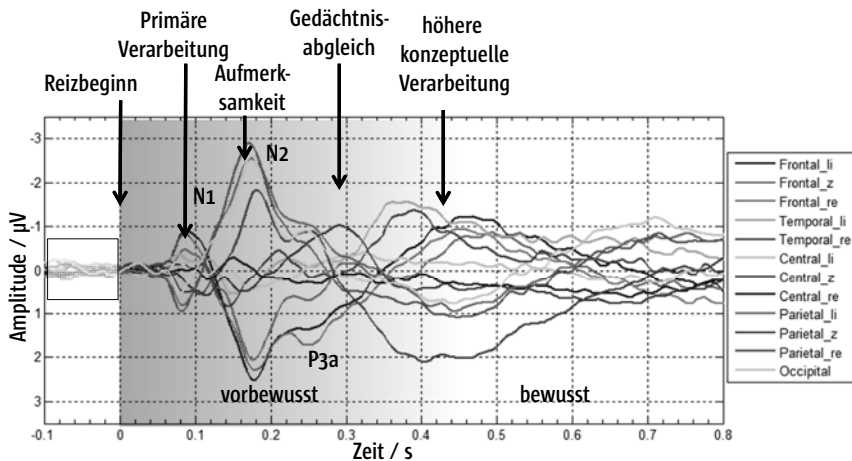


Abb. 5 Ereigniskorrelierte Potenziale des EEGs als Antwortfunktion eines visuellen Ereignisses. Die Signale wurden abgeleitet an unterschiedlichen Regionen von der Schädeloberfläche. Jede Kurve enthält den Mittelwert aus 50 Probanden, die jeweils etwa 96 Reizen ausgesetzt wurden.

Wachheit und Bewusstheit

Dass die Komplexität der Reiz-Reaktionsverarbeitung nicht direkt mit dem Grad der Bewusstheit in Zusammenhang steht, legt auch die Analyse traumähnlicher Zustände nahe. Daher scheint der Versuch sinnvoll, die Domäne des Mentalen modellhaft in zwei Dimensionen zu zerlegen und eine Unterscheidung zwischen

- Wachheit und
- Bewusstheit

einzuführen.

Die **Dimension der Wachheit** (auch Vigilanz oder Daueraufmerksamkeit genannt) sei definiert durch die Funktionsbereitschaft des Organismus, auf zufällig auftretende Ereignisse kritisch reagieren zu können. Diese Ereignisse werden als Sinnesreize emp-

fangen, kognitiv verarbeitet und gegebenenfalls in Form einer körperlichen Reaktion beantwortet. Dazu muss das Gehirn als informationsverarbeitendes System in seiner Reiz-Reaktionsbereitschaft aktiv sein. Diese Form der Wachheit können wir messen über Reaktionstests, kognitive Aufgabenstellungen, usw. Damit existieren für die Wachheit objektive Kriterien.

Als zweite **Dimension** sei der **Grad der Bewusstheit** angenommen. Bewusstsein ist hier definiert als das subjektive Erleben von mentalen Zuständen. Es ist ein persönliches, intimes Erleben worüber der Erlebende selbst nur Auskunft geben kann. Dennoch versucht die Neurowissenschaft, robuste Korrelate für dieses Erleben zu finden, um objektive Aussagen über die Bewusstheit machen zu können.

Mittels dieser beiden Dimensionen lässt sich gemäß Abbildung 6 eine Karte mentaler Zustände erstellen. Nach oben nimmt die Bewusstheit zu, während nach rechts die Wachheit zunimmt. Unten links finden sich demnach Zustände wieder, wie sie im tiefen Koma oder in tiefer Narkose auftreten. Daran schließt sich der Tiefschlaf an. Und da in vielen gewöhnlich erlebten Zuständen Wachheit und Bewusstheit gekoppelt erscheinen, lassen sich diese in der Diagonale über den leichten Schlaf und Halbschlaf bis zum Wachbewusstsein auftragen.

Der Traumschlaf dagegen zeigt sich in einer Bewusstheit bei geringer Wachheit und im Klartraum kann höchste Bewusstheit erlebt werden ohne wach zu sein (Schredl u. Erlacher 2004). Im Klartraum finden Menschen sich in einer sinnlichen internen Traumrepräsentation, innerhalb der sie sich ihrer Selbst bewusst sind und willentlich agieren können, jedoch ohne Beteiligung der äußeren Sinne. Im Schlaf bleibt Bewusstsein in der ‚Innenwelt‘. Anders verhält es sich mit den vielen Automatismen, die uns im Alltag begleiten. Vieles tun wir, ohne uns darüber wirklich bewusst zu werden (Schreiben, Autofahren, Zungenbewegungen beim Essen und



Abb. 6 Versuch der Trennung von Bewusstheit und Wachheit, wodurch sich eine Karte verschiedener mentaler Zustände erstellen lässt.

Sprechen, ...), sie erfordern jedoch ein hohes Maß an Wachheit und Reaktionsbereitschaft. Und oft beherrschen halbautomatische Abläufe sogar unsere Handlungen, weshalb die Abbildung einen Bereich der Alltagstrance enthält, einen Begriff, den Wilfried Belschner geprägt hat (Belschner 2008). Dieses Modell erlaubt auch eine Differenzierung komatöser Zustände. Häufig hört man vom sogenannten Wachkoma oder vegetativem Zustand. Das sind Patienten, die zwar Schlaf-Wachzyklen zeigen, jedoch keine Anzeichen von Bewusstsein oder nur minimales Bewusstsein aufweisen. Schließlich gibt es noch Patienten, die zwar wach und bewusst sind, aber dennoch keine Möglichkeit besitzen, darüber Auskunft zu geben z.B. aufgrund einer neuromuskulären Erkrankung wie der Amyotrophen Lateralsklerose (ALS). Diese Menschen befinden sich im Zustand des Locked-In und es lohnt sich der Versuch, beispielsweise mittels eines Gehirn-Computer-Kommunikationssystem ihnen die Möglichkeit der Kommunikation zurückzugeben indem die Gehirnsignale selbst zum Kommunikationsmedium werden (Hinterberger et al. 2007). Den Grad des Bewusstseins korrekt zu bestimmen, gehört daher zu einer wichtigen, aber oft sehr schwierigen Aufgabe (Kotchoubey et al. 2005).

Leider vermag dieses zweidimensionale Modell nicht alle Bewusstseinszustände zu fassen, sodass es eventuell sinnvoll wäre, eine dritte Dimension einzuführen, welche den **Grad der Komplexität bzw. die Art und Weise der Informationsverarbeitung** betrachtet.

Bewusstsein zwischen Meditation und Alltag

Für eine erfolgreiche Lebensgestaltung, aber auch für eine hinreichende Bewältigung des Alltags sind die eingangs beschriebenen Funktionen des Wachbewusstseins unerlässlich. Der Ruf nach mehr Bewusstsein für die Umwelt, für die Not hilfsbedürftiger Mitmenschen, für eine Nachhaltigkeit in der Finanzwirtschaft, usw., wie wir ihn tagtäglich in unserer westlichen Gesellschaft wahrnehmen können, deutet daraufhin, dass Bewusstsein als ein wesentlicher Faktor für die Umsetzung menschlicher Werte betrachtet wird. Dabei wird meist eine Erhöhung der Integrationsleistung in unseren Denk- und Handlungsprozessen im Sinne des Einbeziehens größerer Kontexte in die zu treffenden Entscheidungen gefordert, also auch das Hinausdenken über die eigenen und gewohnten Interessenslagen. Wem dies gelingt, besitzt damit die Fähigkeit etwas ‚Gutes‘ zu schaffen. Bewusstsein ist somit ein Kompetenzwerkzeug und dies umfasst ebenso die derzeitig propagierten Kompetenzen, wie beispielsweise Fachkompetenzen, Kommunikative Kompetenzen, Beziehungs- und Gruppenkompetenzen, Emotionale Kompetenzen, Wirkungs- und Handlungskompetenzen.

Da diese Kompetenzen in unserem Kulturkreis häufig als notwendig für ein erfolgreiches und glückliches Leben erachtet werden besteht die Gefahr, das Bewusstsein ausschließlich unter dem Aspekt der Zweckmäßigkeit zu betrachten.

Im Gegensatz dazu dienen Praktiken der Meditation und Kontemplation ebenfalls als Werkzeuge zur Selbsterforschung und Schulung des Bewusstseins. Die Essenz dieser Praktiken zeigen jedoch einige von den bisher genannten Vorgehensweisen zur Erlangung „höheren Bewusstseins“ abweichenden Züge.

Dies kann anhand der folgenden Anweisungen verdeutlicht werden, die in der Meditationspraxis üblich sind (z.B. Kabat-Zinn 1990).

- Das **Sitzen in Stille** führt zu einer motorischen Ruhe und teilweisen sensorischen Deprivation in der die Reiz-Reaktionsbereitschaft reduziert wird. Der Meditierende nimmt die Umgebung zwar wahr, jedoch ohne darauf reagieren zu müssen.
- **Einfachheit** und Schlichtheit bedeutet, dass keine komplexen Denkmuster gefordert werden.
- **Anfängergeist** bedeutet, dass versucht wird, von assoziativen Denkmustern frei zu sein
- Achtsamkeit als Zustand nicht-wertender **Akzeptanz** bewirkt, dass Bewertungsmechanismen aufgegeben werden.
- Der Aspekt der **Präsenz** in der Achtsamkeitsmeditation hebt den Denkprozess der Erschaffung von Zeit auf
- und in fortgeschrittenen Stadien, in denen das **Selbst** und die Welt als Illusion erkannt werden, findet eine Aufhebung der Zuordnung in Subjekt und Objekt statt, die Aufhebung der basalen Funktionen, die für das Selbst- und das Weltmodell im Gehirn sorgen.

Diese Reduktion der Bewusstseinsfunktionen führt zu einem Zustand eines ‚reinen Seins‘, welcher in der Folge jedoch auch kein funktionaler Zustand mehr ist, um die Aufgaben des Alltags zu bewältigen. Allerdings können Menschen in der Fähigkeit zur Reduktion sogenannte ‚Seinsqualitäten‘ finden wie Friede, stille Freude, Gelassenheit, und mentale Erfrischung. Aus den reduzierten meditativen Zuständen heraus können damit Bewusstseinsqualitäten entstehen, die von Menschen ohne solchen Bezug häufig durch Aktivitäten versucht werden zu erlangen. Warum aber bildet die Reduktion der Funktionen die Grundlage für jene Qualitäten, die wir in unserem geschickten strategischen Alltagsleben anzustreben scheinen? Führen wir uns jetzt nochmals die Hierarchie der Bewusstseinsfunktionen vor Augen, dann scheint jede neu hinzukommende Gehirnleistung potenziell den Aufmerksamkeitsfokus auf sich zu ziehen und zu bannen. Dadurch werden die darunterliegenden Prozesse aus dem Bewusstsein gedrängt oder unterdrückt. Folglich finden wir in unserem Bewusstsein stets nur diejenigen Qualitäten, die dem aktuellen Aufmerksamkeitsfokus entsprechen. Die subjektiven Qualitäten der Stille, des Friedens und der Freiheit dagegen brauchen Freiräume in der Aufmerksamkeitslenkung, sowie das Ruhen intentionaler Regungen, die in der Meditation geübt werden können. Damit diese essenziellen Qualitäten mit den Leistungsaspekten unserer Kultur in einen sinnvollen Zusammenhang gebracht werden können, ist Forschung notwendig, um zu verstehen, wie die meditative Stille sowohl als bewusste Leere und gleichzeitig als Fülle erlebt werden kann, oder wie ein Zustand der sogenannten Nondualität in der Auflösung gleichzeitig als höchster Grad der Verbundenheit erlebt werden kann.

Um also nachhaltig Verantwortung für unser eigenes Leben, für das unserer Mitmenschen und für unsere Umwelt tragen zu können, braucht es einerseits den aktiven Aspekt des Bewusstseins, wozu die komplexen Fähigkeiten unseres Gehirns gehören, um mit den äußeren und inneren Aspekten des Lebens umzugehen. Andererseits können durch bewusste Deaktivierung von bewusstseinsbegleitenden Prozessen wesentliche Qualitäten zu einer Erfüllung menschlicher Werte wie Frieden, Freiheit, Verbundenheit, etc. geschaffen werden.



Es geht im Leben also vielmehr um ein gesundes Wechselspiel zwischen Kontemplation in Aktion. Das meditative Verweilen kann dann als Quelle für eine integrale und werteorientierte Haltung in der Ausübung unserer komplexen Alltagsaufgaben dienen.

Literatur

- Belschner W (2008) Das Playbacktheater: Die Perspektive der Bewusstseinsforschung. In: Kasseler Beiträge zur Erziehungswissenschaft, Kassel Univ. Press, Kassel, S. 45ff.
- Damasio A (2001) Ich fühle, also bin ich – Die Entschlüsselung des Bewusstseins, Ullstein Taschenbuchverlag, München
- Hinterberger T, Wilhelm B, Mellinger J, Kotchoubey B, and Birbaumer N (2005) A Device for the Detection of Cognitive Brain Functions in Completely Paralyzed or Unresponsive Patients, IEEE Trans. on Biomedical Engineering, vol. 52, pp. 211–220
- Hinterberger T (2002) Time in Physics – An Artifact of Human Thinking? Journal of New Energy, vol. 6(3), pp. 85–88
- Hinterberger T, Nijboer F, Kübler A, Matuz T, Furdea A, Mochty U, Jordan M, Lal TN, Hill J, Mellinger J, Schroder M, Bensch M, Widmann G, Birbaumer N (2007) Brain Computer Interfaces for Communication in Paralysis: A Clinical-Experimental Approach. In Dornhege G, Millán JR, Hinterberger T, McFarland D, and Müller KR (Eds) Towards Brain-Computer Interfacing, pp. 43–64. MIT press, Cambridge, Massachusetts, London
- Hinterberger T (2011) The Sensorium: A Multimodal Neurofeedback Environment. Special Issue on Advances in Human-Computer Interaction
- James W (1890) The principles of psychology. Holt, New York. Nachdruck: Harvard University Press, Cambridge, 1983
- Kabat-Zinn J (1990) Gesund durch Meditation. Full Catastrophe Living. Das vollständige Grundlagenwerk. Erste vollständige Ausgabe. Otto Wilhelm Barth, München 2011. (Amerikanische Originalausgabe New York)
- Kotchoubey B, Lang S, Mezger G, Schmalohr D, Schneck M, Semmler A, Bostanov V, Birbaumer N (2005) Information processing in severe disorders of consciousness: Persistent vegetative state and minimally conscious state. Clinical Neurophysiology, 2005, 116, 2441–2453
- Lee J-H, Marzelli M, Jolesz FA, u. Yoo S-S (2010) Mind reading: An automated classification of thought processes from imagery fMRI data. Proc. International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 2010 (ICMLC), (S. 3174–3179). Qingdao, China
- Metzinger T (2011) Der Ego-Tunnel: Eine neue Philosophie des Selbst: Von der Hirnforschung zur Bewusstseinsethik. Berlin Verlag
- Schredl M u. Erlacher D (2004) Lucid dreaming frequency and personality. Personality and Individual Differences 37(7), 1463–1473
- Singer W (2001) Consciousness and the binding problem. Annals of the New York Academy of Sciences 929, 123–46
- Rugg MD u. Coles MGH (Hrsg.) (1995) Electrophysiology of mind: Event-related brain potentials and cognition, Oxford psychology series, No. 25. New York: Oxford University Press
- Mangun GR (1995) Neural mechanisms of visual selective attention. Psychophysiology 32:4–18
- Wittmann M (2013) Gefühlte Zeit: Kleine Psychologie des Zeitempfindens. Beck Verlag, 2013



Prof. Dr. rer. nat., Dipl. Phys. Thilo Hinterberger

studierte Physik an der Universität Ulm und promovierte in der Medizinischen Psychologie der Universität Tübingen. Seine Forschungstätigkeiten umfassen zahlreiche Projekte zu Themen wie der Gehirn-Computer-Kommunikation, des Neurofeedback sowie der Neuropsychologie veränderter Bewusstseinszustände, wie Meditation, Koma, außersinnlicher Wahrnehmung oder Hypnose. Seit 2011 ist er Professor für Angewandte Bewusstseinswissenschaften in der Psychosomatischen Medizin des Universitätsklinikums Regensburg.