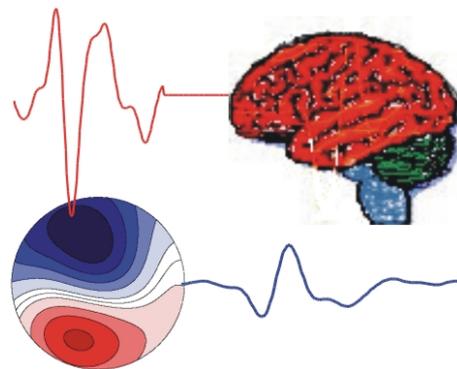


KOGNITIVE NEUROPHYSIOLOGIE DES MENSCHEN

HUMAN COGNITIVE NEUROPHYSIOLOGY



Impressum

Herausgeber: Wolfgang Skrandies

© 2017 W. Skrandies, Aulweg 129, D-35392 Giessen
wolfgang.skrandies@physiologie.med.uni-giessen.de

Editorial Board:

M. Doppelmayr, Mainz

A. Fallgatter, Tübingen

T. Koenig, Bern

H. Witte, Jena

ISSN 1867-576X

Inhalt — Contents

Mentale Repräsentation	1
Philosophische Überlegungen für Nicht-Philosophen	17
Abstracts of the 25 th German EEG/EP Mapping Meeting	19
Announcements — Ankündigungen	33

Mentale Repräsentation

MARTIN RUCHSOW
Fachkrankenhaus Christophsbad
Faurndauer Str. 6-28, 73035 Göppingen
martin.ruchsow@christophsbad.de

Abstract

“Mental representation” is one of the most central concepts in neuroscience and artificial intelligence (cf. Billman, 1998, p. 658), which in former times has been labelled “idea” (by Descartes and Locke) or “sense data” (by Moore and Russell). The notion of mental representations of external objects has to be contrasted with the notion of these external objects themselves: persons have direct access to their mental states but only indirect access to the objects of the outer world, a constellation which has been called “indirect realism” and which is characterized by a “veil of perception” (cf. Huemer, 2001, p. xix). The doctrine of indirect realism is often related to skepticism or idealism which denies either the reliability of our representations or the existence of the external world on the whole. Descartes, for example, supports representationalism. In order to avoid the aforementioned skeptical and idealistic consequences he relies on several metaphysical assumptions, which have been vehemently challenged in the aftermath. John Searle is a contemporary proponent of direct realism who thinks that representationalism is based on invalid arguments. He argues that there exists a world of material objects which is mind-independent and can be accessed directly. If Searle is right and there is no need for representations, how should neuroscience and artificial intelligence be re-conceptualized?

Keywords Representation, direct realism, skepticism, idealism

Einleitung

Repräsentation

„Repräsentation“ ist ein Schlüsselbegriff der Neuro- und Computerwissenschaften: „[T]here is no cognition without representation, and no cognitive science either.“ (Billman, 1998, S. 658) Nach Billman muss u. a. zwischen mentalen und neuronalen („physiological“) Repräsentationen unterschieden werden. Mentale Repräsentationen sind uns – zumindest gemäß der Descartes und Locke zugeschriebenen These von der Transparenz des Geistigen (siehe unten) – bewusst und

unmittelbar zugänglich. Der Begriff der neuronalen Repräsentation bezieht sich demgegenüber auf die Art und Weise, wie die Repräsentation – unabhängig von Bewusstseinsprozessen – durch die „Hardware“ des Gehirns realisiert wird. Die mittels funktioneller Kernspintomographie (fMRT) oder ereigniskorrelierter Potentiale (EKPs) generierten Karten des Gehirns (*brain maps*) sind Beispiele für derartige neuronale bzw. physiologische Repräsentationen, die Aussagen darüber erlauben, welche Hirnareale bei einer bestimmten Aufgabenstellung aktiv sind. Auf diese Weise lassen sich Hypothesen darüber entwickeln, wie die Welt und unser eige-

ner Körper in unseren Köpfen repräsentiert werden. (Vgl. Billman, 1998, S. 650 ff.)

Repräsentieren Gehirne überhaupt?

Patricia Churchland geht einen Schritt zurück und stellt in ihrem Buch *Brain-Wise. Studies in Neurophilosophy* (2002) die grundsätzliche Frage, ob Gehirne überhaupt repräsentieren oder ob sich z. B. das räumliche Orientierungsverhalten von Versuchsratten in einem Labyrinth besser durch das Stimulus-Response-Modell des Behaviorismus erklären lässt. Um zwischen diesen beiden Alternativen zu entscheiden, gab es eine Reihe von experimentellen Arbeiten, die die Annahme von mentalen Repräsentationen unterstützten. So haben Untersuchungen von O’Keefe und Dostrovsky (1971) und Packard und Teather (1997, 1998) gezeigt, dass Versuchsratten während des Trainings im Bereich des Hippocampus räumliche Repräsentationen ausbilden, die das Verhalten der Tiere steuern. Läsionen des Hippocampus führen dementsprechend zu einem sofortigen Verlust der räumlichen Orientierung bei den Ratten.

Inspiziert durch den Ansatz des *Parallel Distributed Processing (PDP)*, der Mitte der 1980er Jahre insbesondere durch James L. McClelland und David E. Rumelhart entwickelt wurde, kommen Churchland und Sejnowski zu der Überzeugung, dass Gehirne – ausgehend vom Input der Sinnesrezeptoren – aktiv ein neuronales Modell der Außenwelt erstellen, d. h. „brains are world-modelers“. (Churchland & Sejnowski, 1992, S. 143)

In den Neurowissenschaften war lange Zeit das Paradigma der Einzelzelleableitung (*single-cell research* bzw. *local-coding*) vorherrschend, das von einer zunehmenden Spezifizierung höherer Cortexareale ausging bis hin zur Annahme sogenannter „Großmutterneurone“ (*„grandmother cell“ theory*

of neural representation). Moderne konnektionistische Theorien gehen demgegenüber von einem *vector-coding* bzw. *distributed representing* aus. Die Grundidee des *vector-coding* besteht darin, dass „one and the same neuron may [...] participate in the representation of many different items, and no one neuron represents an item all by itself.“ (Churchland & Sejnowski, 1992, S. 164) Dabei gehen die meisten Netzwerkmodellierungen von „simple three-layer connectionist networks“ aus, in denen Aktivierungen (*occurent representations*) sich in Form von Erregungsmustern zeigen und „gespeicherte“ Repräsentationen (*stored representations*) in Form von Synapsenwichtungen kodiert sind. (Churchland & Sejnowski, 1992, S. 165)

Von den wahrnehmungsbezogenen, meist modalitätsspezifischen Repräsentationen, durch die ein neuronales Modell der Außenwelt entsteht, müssen andere Formen unterschieden werden, wie z. B. bedeutungsbezogene, sprachlich-semantische Repräsentationen. Nach einem heute allgemein akzeptierten Modell sind Wortbedeutungen netzwerkartig im sogenannten mentalen Lexikon abgespeichert. Die Bedeutungen der Wörter werden dabei durch Knoten repräsentiert, wobei die Knoten für ähnliche Begriffe („Tisch“, „Stuhl“), aber auch für gegensätzliche Begriffe wie „schwarz“ und „weiß“ nahe beieinander lokalisiert sind. Der Zugriff auf das mentale Lexikon wird häufig durch das Modell einer sich ausbreitenden Aktivierung (*spreading activation model*) beschrieben. (Vgl. Spitzer, 1996, S. 243)

Gegen eine derartige auf internalistischen Pfaden wandelnde Neurolinguistik (vgl. Blume, 2002, S. 116), die Wortbedeutungen im Gehirn eines individuellen Sprechers/Hörers lokalisiert, polemisiert der amerikanische Philosoph Hilary Putnam mit dem Slogan „Meanings just ain’t in the

head“ (Putnam, 1970, S. 704) Putnam plädiert für einen semantischen Externalismus, demzufolge das Sprechen und das Verstehen einer Sprache grundsätzlich das Unternehmen einer Gemeinschaft ist (gemäß Quines Feststellung „language is a social art“; Quine, 1960, S. ix). Die Gemeinschaft der Sprecher/Hörer ist es dann auch, die über korrektes oder unkorrektes Bedeutungsverstehen entscheidet.¹

Im Fokus der vorliegenden Arbeit steht nun weniger die aktuelle neurowissenschaftliche Debatte als vielmehr die philosophiehistorische Genese des zeitgenössischen Repräsentationsbegriffs. Dabei soll einem Hinweis Churchlands nachgegangen werden, die den Begriff der Repräsentation insbesondere auf die klassischen Ideenlehren von Des-

¹ (Semantische) Internalisten und Externalisten beantworten dementsprechend auch die Frage „Wie bekommen Repräsentationen ihre subjektbezogenen Bedeutungen?“ auf unterschiedliche Weise. Aus Sicht des Internalisten ist die individuelle Lerngeschichte für die Entstehung synaptischer Wichtungen („semantischer Knoten“; siehe oben) ausschlaggebend, während für den Externalisten die Sprachgemeinschaft ein korrektes Bedeutungsverstehen kontrolliert (Wittgenstein spricht in den *Philosophischen Untersuchungen* von einer Dressur oder einem Abrichten: „...ich bin zu einem bestimmten Reagieren auf dieses Zeichen abgerichtet worden, und so reagiere ich nun“ (§ 198)).

Aus Sicht des kanadischen Philosophen Charles Taylor, der stark von Wittgensteins externalistischer Sprachauffassung beeinflusst wurde, werden Menschen in einen Bedeutungsraum geboren, der sprachlich und kulturell präformiert ist. Insofern ist es ausgeschlossen, für sich allein ein Selbst zu sein: „I am a self only in relation to certain interlocutors. [...] A self exists only within what I call ‚webs of interlocution‘.“ (Taylor, 1989, S. 36) Für Taylor stellt sich somit eher die Frage: „Wie werden Subjekte in einem (vorgegebenen) Bedeutungsraum konstituiert?“ Man kann spekulieren, dass für semantische Internalisten das Subjekt/das Ich/die Person etwas Vorgegebenes ist, während für Externalisten Personalität erst durch Teilnahme an einer Kultur bzw. Sprachgemeinschaft entsteht. Internalisten neigen damit eher zu einer independenten (autonomen) und Externalisten zu einer interdependenten (sozial orientierten) Selbstkonstruktion. (Vgl. Hannover & Kühnen, 2002, S. 62 ff.)

cartes und Locke zurückführt. (Vgl. Churchland, 2002, S. 275)

Descartes Ideenlehre

Verschiedene Bedeutungen des Begriffs „Idee“

Was ist nun aber unter dem Begriff „Idee“ zu verstehen? René Descartes (1596–1650) gebraucht diesen Begriff auf höchst unterschiedliche Weise. (Vgl. Kemmerling, 2005, S. 22 ff.) Nach Descartes lassen sich u.a. folgende Bedeutungen von „Idee“ unterscheiden:

- a1) Ideen sind zum einen als Hirnzustände („Operationen des Verstandes“) aufzufassen. Descartes postuliert, dass in der Zirbeldrüse Ideen entstehen, wenn die Nerven einen Reiz an das Gehirn weiterleiten. Genau diese Ideen werden dann unmittelbar von der vernünftigen Seele betrachtet, wenn sie eine Wahrnehmung hat. (Vgl. Perler, 2006, S. 150) Descartes spricht hier auch von einer materiellen Betrachtungsweise des Begriffs der Idee (*idea materialiter spectata*), die er mit der objektiven Betrachtungsweise (*idea obiective spectata*) kontrastiert.
- a2) Die objektive Betrachtungsweise fasst Ideen nicht als Operationen des Verstandes auf, sondern „als das durch diese Operation bedingte repräsentierte Ding [...] auch wenn man gar nicht einmal voraussetzt, dass es außerhalb des Verstandes existiert.“ (Descartes, 1641/2009, S. 10; AT VII 8 ²) Die Aussage

² Die Abkürzung „AT“ bezieht sich auf die Standardgesamtausgabe von Charles Adam und Paul Tannery (Hrsg.): *Œuvres de Descartes* (11 Bände + Anhang), Léopold Cerf, Paris 1897–1913 (französisch und lateinisch); „VI“ bezieht sich auf die Schrift *Discourse de la Methode* (1637); „VII“ auf die *Meditationes de prima philosophia* (1641); „VIII“ auf die *Principia philosophiae* (1644).

„ich denke, dass die Sonne groß ist“ hat somit zwei Aspekte: erstens (*materialiter spectata*) den Akt des Denkens (den Hirnprozess) und zweitens (*obiective spectata*) das, was durch diesen Akt des Denkens repräsentiert wird, nämlich dass die Sonne groß ist. Diesen zweiten Aspekt kann man auch den repräsentativen Gehalt des Denkakts nennen. Der repräsentative Gehalt hat nicht immer eine propositionale Struktur, muss aber auch nicht den äußeren Gegenständen gleichen, wie das z. B. bei einem inneren Bild der Fall wäre. (Vgl. Perler, 2006, S. 152 f.)

- a3) Descartes unterscheidet darüber hinaus zwischen angeborenen, erworbenen und erfundenen Ideen. Erworbene Ideen beruhen auf Wahrnehmungsprozessen; ihr repräsentativer Gehalt wird durch den jeweiligen Wahrnehmungsgegenstand festgelegt. Erfundene bzw. selbst gemachte Ideen beruhen auf der willkürlichen Verknüpfung von Wahrnehmungsgegenständen, während bei angeborenen Ideen ein bereits potentiell vorhandener Begriff wie z. B. derjenige Gottes oder der der Wahrheit nur aktualisiert werden muss. (Vgl. Perler, 2006, S. 154)

Indirekter Realismus

Gemäß Descartes' (und Lockes) Ideenlehre können wir absolute Gewissheit nur hinsichtlich unserer (bewussten) mentalen Repräsentationen (Ideen) besitzen, zu denen wir unmittelbaren privaten und privilegierten Zugang haben. Die Existenz der den Ideen korrespondierenden Gegenstände der Außenwelt ist demgegenüber höchst unsicher. Descartes' Position wird deshalb als indirekter Realismus bezeichnet. Dem indirekten Realismus liegt die bereits oben erwähnte These von der Transparenz des Geistigen zugrunde, der zufolge

gilt: „Es gehört zum Wesen mentaler Entitäten, *bewusst* zu sein in dem Sinne, dass sie ihrem Besitzer ihre Existenz und ihre Natur auf unmittelbare Weise mitteilen.“ (Haag, 2001, S. 14) Lex Newman spricht von einer „Mind-Better-Known-Than-Body Doctrine“, die besagt: Direkten Zugang haben wir nur zu unseren Ideen. Der Zugang zu den Gegenständen der Außenwelt ist nur indirekt möglich, d. h. durch Ideen vermittelt. (Vgl. Newman, 2016)

Aus Sicht des indirekten Realismus ist unsere Wahrnehmung somit durch eine Art Schleier (*veil of perception*) von der Realität getrennt. (Vgl. Huemer, 2001, S. 3) Nach dieser Auffassung scheinen unsere Ideen lediglich den Rückschluss zuzulassen, dass es Gegenstände gibt und dass diese unsere Ideen verursachen (im Sinne einer kausalen Theorie der Wahrnehmung. Vgl. Dicker, 2013, S. 34 ff.)

Gestützt wird der indirekte Realismus z. B. durch das *argument from illusion*, das die alltägliche Erfahrung aufgreift, dass ein Löffel oder Strohhalm in einem Glas Wasser – je nach Perspektive – abgeknickt erscheint. Das *argument from illusion* kann folgendermaßen ausformuliert werden:

- b1) Betrachte ich einen Löffel in einem Glas Wasser, so habe ich den Sinneseindruck, dass er abgeknickt ist.
- b2) Der Löffel ist aber nicht abgeknickt. (Dies sehe ich, sobald ich ihn aus dem Wasserglas entferne.)
.....
- b3) Daraus folgt: Da der Löffel nicht abgeknickt ist, kann er nicht Gegenstand meines Sinneseindrucks sein. Gegenstand meines Sinneseindrucks muss etwas Nicht-Physikalisches

sein, wie z. B. die Idee oder die mentale Repräsentation des Löffels.

In ähnlicher Weise funktioniert das *argument from hallucination*:

- c1) Im Rahmen einer drogeninduzierten Psychose habe ich den Sinneseindruck, in einer Ecke des Zimmers sitze ein kleiner roter Kobold.
- c2) Hinzukommende Personen versichern mir, dass es in dem Zimmer keine roten Kobolde gebe.
.....
- c3) Folglich kann kein physikalischer Gegenstand Ursache meiner (Wahn-)Wahrnehmung sein, sondern nur etwas Nicht-Physikalisches, wie z. B. das Vorstellungsbild eines roten Kobolds.

Philosophiegeschichtlich war der indirekte Realismus immer eng mit zwei häufig als bedrohlich empfundenen Positionen assoziiert, die die Fundamente und damit die Zuverlässigkeit allen Wissens bedrohten:

- d1) Dem Skeptizismus, demzufolge man niemals mit Sicherheit wissen kann, dass die Objekte der Außenwelt wirklich existieren (in Descartes' Terminologie: material wahr sind) und
- d2) dem Idealismus, aus dessen Sicht die Gegenstände der Außenwelt nicht existieren, sondern nur Ideenbündel im Bewusstsein des Betrachters sind. (Vgl. Huemer, 2001, S. 3)

In seinen *Meditationes de prima philosophia (1641/2009)* setzt sich Descartes u. a. kritisch mit der Position des Skeptikers auseinander, um zu zeigen, dass unsere mentalen Repräsentationen zuverlässig, d. h. material wahr sind. Eine Idee ist genau dann material wahr, wenn sie etwas Existierendes – und nicht einfach nichts – repräsentiert.

Die Idee z. B. eines Eichhörnchens ist somit als material wahr, während die Idee eines Einhorns als material falsch einzustufen ist. (Vgl. Betz, 2011, S. 36)

Im Folgenden soll exemplarisch anhand der *Meditationes* gezeigt werden, dass ein Vertreter des indirekten Realismus erheblichen argumentativen Aufwand betreiben muss, um zu zeigen, dass seine Ideen etwas Existierendes repräsentieren – und nicht einfach nichts.

Der systematische Zweifel

Descartes beginnt seine Überlegungen in der *Ersten Meditation* mit einem dreistufigen skeptischen Szenario:

- e1) Auf der ersten Stufe hält Descartes erst einmal fest, dass uns unsere Sinneswahrnehmungen manchmal täuschen können (insbesondere bei winzigen und weit entfernten Dingen. Vgl. Descartes, 1641/2009, S. 20; AT VII 18)
- e2) Darüber hinaus können wir niemals mit absoluter Sicherheit sagen, ob wir gerade wachen oder träumen. (Vgl. Descartes, 1641/2009, S. 21; AT VII 19)
- e3) Außerdem ist es jederzeit vorstellbar, dass ein böser und allmächtiger Dämon uns an die Realität einer Außenwelt glauben lässt, es aber „überhaupt keine Erde, keinen Himmel, kein ausgedehntes Ding [...] gibt – und all dies mir trotzdem genauso wie jetzt zu existieren scheint.“ (Vgl. Descartes, 1641/2009, S. 22; AT VII 21)

Descartes' Anliegen in den *Meditationes* ist es, den Skeptiker zu widerlegen. Er sucht nach einem sicheren (zweifelresistenten) Fundament (*fundamentum inconcussum*) für die Wissenschaften, also nach einem Gewissheitskriterium, das selbst

dem extremsten skeptischen Szenario standhalten kann. Bezogen auf Descartes' dreistufige Argumentation bestünde das extremste Zweifelsszenario in den Feststellungen:

e1') *Unsere Sinneswahrnehmungen täuschen uns immer.

e2') *Alle unsere Sinneswahrnehmungen sind erträumt.

e3') Wir werden andauernd von einem allmächtigen Dämon getäuscht.

Nach Auffassung der meisten Kommentatoren (z. B. Dicker, 2013, S. 27 ff.; Betz, 2011, S. 23 ff.) sind die Argumente e1') und e2') ungültig (worauf das Sternchen (*) hinweisen soll). Die Rede von Sinnestäuschungen und Traumzuständen setzt die Existenz von material wahren Sinneswahrnehmungen und von Wachzuständen voraus. Insofern ist es unmöglich, dass Personen durch *alle* ihre Sinneswahrnehmungen systematisch getäuscht werden oder dass sie *alle* erträumt sind. Daher sind die folgenden logischen Schlüsse (*modus ponens*) ungültig bzw. selbstwidersprüchlich:

e1'') *Wenn uns unsere Sinneswahrnehmungen manchmal täuschen können, dann ist es möglich, dass uns unsere Sinneswahrnehmungen immer täuschen.

Unsere Sinneswahrnehmungen täuschen uns manchmal.

.....

*Daraus folgt: Es ist möglich, dass uns unsere Sinneswahrnehmungen immer täuschen.

e2'') *Wenn es manchmal nicht möglich ist, „echte“ Sinneswahrnehmungen von erträumten zu unterscheiden, dann kann es sein, dass alle unsere Sinneswahrnehmungen erträumt sind.

Manchmal ist es nicht möglich, „echte“ Sinneswahrnehmungen von erträumten zu unterscheiden.

.....

*Daraus folgt: Es ist möglich, dass alle unsere Sinneswahrnehmungen erträumt sind.

Dicker nennt folgenden Grund für die Selbstwidersprüchlichkeit der Schlüsse e1'') und e2''): Wären die Konklusionen wahr, dann könnten wir keine Kenntnis der zweiten Prämissen haben. (Vgl. Dicker, 2013, S. 29)

Lediglich das Böser-Dämon-Szenario (dritte Stufe des systematischen Zweifels) lässt sich widerspruchsfrei behaupten, d. h. es ist durchaus möglich anzunehmen, dass jede Sinneswahrnehmung, die durch einen Stimulus verursacht wurde, auch durch einen bösen Dämon verursacht sein kann. (Vgl. Dicker, 2013, S. 37) Das bedeutet, das Böser-Dämon-Szenario stellt eine Art „litmus test“ for certainty“ dar (Vgl. Dicker, 2013, S. 40), so dass genau diejenigen meiner Überzeugungen, die mit dem Böser-Dämon-Szenario verträglich sind, als unumstößlich gewiss anzusehen sind. (Vgl. Betz, 2011, S. 54)

Exkurs: Das Cogito, die Wahrheitsregel und der Cartesianische Zirkel

In der *Zweiten Meditation* fragt Descartes nun, welche seiner Überzeugungen absolut gewiss sind, so dass sie dem Szenario eines bösen Dämons standhalten können. Sind die Überzeugungen, dass ich einen Körper habe, der sich ernährt, geht oder sinnlich wahrnimmt absolut zweifelresistent? Descartes verneint dies, da der Dämon mich ja gerade hinsichtlich der Existenz äußerer Gegenstände täuschen kann, zu denen auch mein Körper und seine Funktionen (wie ernähren, gehen und wahrnehmen) gehören. Wie ist es aber mit dem

Denken? „Hier werde ich fündig“, schreibt Descartes:

„Das Denken ist es; es allein kann nicht von mir getrennt werden. Ich bin, ich existiere; das ist sicher. (*Ego sum, ego existo; certum est.*) Wie lange aber? Nun, solange ich denke; denn vielleicht könnte es auch geschehen, dass ich, wenn ich alles Denken unterließe, so gleich völlig aufhörte zu sein.“ (Vgl. Descartes, 1641/2009, S. 30; AT VII 27)

Die bekannte Formel „*ego cogito, ergo sum*“, die Descartes' *fundamentum inconcussum* prägnant zusammenfasst, findet sich erst in den drei Jahre nach den *Meditationes* publizierten *Principia philosophiae*. (Vgl. Descartes, 1644/2005, S. 14; AT VIII A 7)

In einem zweiten Schritt versucht Descartes nun, aus dem *cogito* eine methodische Regel abzuleiten, mit deren Hilfe er zu weiteren zweifelresistenten Überzeugungen gelangen kann. Bereits in seiner Schrift *Discourse de la Methode* (1637/1996) demonstriert Descartes, wie das *cogito* ihn zu seiner Wahrheitsregel („Alles das, was ich *klar und deutlich* erfasse, ist wahr.“) führt:

„Ich hatte bemerkt, dass es in dieser Proposition *Ich denke, also bin ich* nur eines gab, das mich versicherte, die Wahrheit zu sagen, nämlich dass ich sehr deutlich sah, dass es nötig ist zu sein, um denken zu können. Ich urteilte deshalb, ich könne es als eine allgemeine Regel nehmen, dass alle Dinge, die wir sehr klar und sehr deutlich verstehen, wahr sind; wobei nur eine gewisse Schwierigkeit darin liegt, richtig zu bemerken, welche es sind die wir deut-

lich verstehen.“ (Descartes, 1637/1996, S. 30; AT VI 33)

Gary Hatfield bezeichnet diese Herleitung der Wahrheitsregel auch als Extraktionsargument (*extraction argument*), das sich wiederum formal als logischer Schluss (*modus tollens*) darstellen lässt:

- f1) Wenn das, was ich *klar und deutlich* erfasse, falsch sein könnte, dann wäre auch das *cogito* ungewiss.
- f2) Das *cogito* ist aber absolut gewiss.
.....
- f3) Daraus folgt: Das, was ich *klar und deutlich* erfasse, kann nicht falsch sein. (Vgl. Hatfield, 2003, S. 180)

Descartes scheint sich aber hinsichtlich der Gültigkeit der Wahrheitsregel nicht ganz schlüssig gewesen zu sein. Auch spätere Kommentatoren sehen die Gefahr, die Wahrheitsregel ausschließlich im Sinne subjektiver Gewissheit zu verstehen. (Vgl. Perler, 2006, S. 158) Um diesem Missverständnis vorzubeugen, versucht Descartes in der *Dritten* und *Fünften Meditation* (anhand von Varianten des kosmologischen und des ontologischen Gottesbeweises) erstens die Existenz und zweitens die Güte Gottes nachzuweisen. Auf die Details von Descartes' sehr komplexer Argumentation kann im Rahmen dieser Arbeit nicht näher eingegangen werden. Der Einfachheit halber soll Descartes zugestanden werden, dass sein Versuch, die Existenz eines gütigen Gottes nachzuweisen, erfolgreich war.

Descartes behauptet, dass die einzelnen Argumentationsschritte seiner Gottesbeweise jeweils *klar und deutlich* zu erfassen sind. Damit benutzt er bereits die Wahrheitsregel, deren Gültigkeit er aber erst durch den Nachweis eines gütigen Gottes aufzeigen wollte. Damit scheint seine Argu-

mentation zirkulär zu werden, denn er behauptet gleichzeitig:

- g1) Die Wahrheitsregel gilt nur unter der Voraussetzung, dass ich zuvor die Existenz Gottes *klar und deutlich* erkannt habe und weiß, dass er kein Betrüger ist.
- g2) Dass Gott existiert und dass er kein Betrüger ist, kann ich nur unter der Voraussetzung *klar und deutlich* erkennen, dass die Wahrheitsregel gilt. (Vgl. Dicker, 2013, S. 145)

John Carriero macht darauf aufmerksam, dass Descartes zwischen verschiedenen Graden von Gewissheit unterscheidet, wodurch sich der Cartesianische Zirkel aus seiner Sicht vermeiden lässt. So differenziert der Autor der *Meditationes* zwischen *klarer und deutlicher* Erkenntnis (*cognitio*) auf der einen und gewisser, d. h. begründbarer Erkenntnis (*scientia* bzw. *episteme*) auf der anderen Seite bzw. zwischen sicherer (*certus*) und völlig sicherer (*plane certus*) Erkenntnis. (Vgl. Carriero, 2011, S. 312) Erst eine Person, die die metaphysische Fundierung allen Wissens eingesehen hat (durch das Wissen um die Existenz eines göttigen Gottes), ist in der Lage, *scientia* (und nicht nur *cognitio*) zu erlangen. Dementsprechend schreibt Descartes in der *Dritten Meditation*, dass ohne den Nachweis der Existenz Gottes Gründe zum Zweifeln an der Zuverlässigkeit unseres Wissens bleiben. Um diese Zweifelsgründe aufzuheben,

„muss ich prüfen, ob es Gott gibt, und wenn es ihn gibt, ob es möglich ist, dass er ein Betrüger ist. Es scheint mir nämlich, dass ich niemals irgend-eines anderen Dinges völlig sicher (*plane certus*) sein kann, solange mir dies unbekannt ist.“ (Descartes, 1641/2009, S. 41; AT VII 36)

Die Realität der Außenwelt

Der Exkurs über das *cogito*, die Wahrheitsregel und den Cartesianischen Zirkel zeigte, dass gewisse Erkenntnis (*scientia/episteme*) möglich ist, sobald wir nachgewiesen haben, dass ein göttiger Gott existiert. Ausgangspunkt des Exkurses war ja die Frage, ob unsere (erworbenen) Ideen material wahr sind, d. h. ob sie etwas Existierendes repräsentieren oder einfach nur nichts. Diese Fragestellung beantwortet Descartes nun zu Beginn der *Sechsten Meditation*, indem er vier verschiedene Alternativen diskutiert: 1.) Es ist denkbar, dass ich selbst Ursache meiner Ideen bin. Descartes verwirft diese Möglichkeit, indem er feststellt: „die Ideen, die ich selbst ausbildete, [sind; Ergänzung: M. R.] nicht so eindrucksvoll, wie die waren, die ich sinnlich erfasste.“ (Descartes, 1641/2009, S. 82; AT VII 75) Vorstellbar ist auch, dass 2.) Gott oder 3.) „irgendein anderes edleres Geschöpf als der Körper“ mir meine Ideen eingibt. Nach Descartes scheiden diese beiden Möglichkeiten ebenfalls aus: „Da Gott nun aber kein Schwindler ist, liegt es auf der Hand, dass er mir diese Ideen weder unmittelbar durch sich, noch vermittelt durch irgendein Geschöpf eingibt.“ (Descartes, 1641/2009, S. 86; AT VII 79) Somit bleibt nur Alternative 4.) übrig: Die Ideen, die sich dem Denken darbieten, rühren von Gegenständen der Außenwelt her und geben somit einen deutlichen Hinweis auf deren Existenz. Mehr noch, die Ideen ähneln den sie verursachenden Dingen: „Da ich von diesen Dingen allein aufgrund eben dieser Ideen Kenntnis besaß, konnte mir gar nichts anderes einfallen, als dass die Dinge den Ideen gleich seien.“

Primäre und sekundäre Qualitäten (Locke)

Ähnlich wie Descartes ist auch der Empirist John Locke (1632–1704) ein Vertreter der Ideenlehre und damit des indirekten Realismus, d. h. der Auffassung, dass Personen zwar direkten Zugang zu ihren Ideen, aber nur indirekten Zugang zu den diesen Ideen korrespondierenden Gegenständen haben. Lockes Position ist damit auch anfällig für einen „veil-of-perception scepticism“. (Vgl. Pyle, 2013, S. 34)

Im Unterschied zum Rationalismus Descartes' lehnt Locke in seinem Essay *Concerning Human Understanding* (1700/1975) die Existenz angeborener Ideen ab und nimmt an, „the Mind to be, as we say, white Paper, void of all Characters, without any *Ideas*.“ Wie kommen die Ideen dann aber in den Verstand? Darauf antwortet Locke mit einem einzigen Wort: „From *Experience*: In that, all our Knowledge is founded.“ (Locke, 1700/1975, S. 104; E II.i.2³)

Hinsichtlich der Erfahrung (*experience*) differenziert Locke dann noch einmal zwischen *sensation* und *reflection*, d. h. äußerer Wahrnehmung (durch die Sinne) und innerer Wahrnehmung (durch Introspektion). (Vgl. Locke, 1700/1975, S. 105; E II.i.4) Durch diese beiden Erfahrungsprozesse gelangt der Geist (rein passiv) zu einfachen Ideen (*simple ideas*). Komplexe Ideen (*complex ideas*), wie z. B. Relations- und Substanzbegriffe, entstehen durch Kombination einfacher Ideen und sind damit Produkte einer aktiven Tätigkeit des Verstandes. (Vgl. Locke, 1700/1975, S. 164; E II.xii.3) Einfache Ideen kann man also

nur erfahren, nicht erfinden. (Vgl. Specht, 2007, S.49)

Anders als Descartes war Locke ein Anhänger der Korpuskulartheorie, die er u. a. durch Robert Boyle kennenlernte, mit dem er zeitweise in engem Austausch stand. Die Korpuskulartheorie nimmt an, dass es kleinste, nicht weiter teilbare Grundbausteine der Materie gibt, die Korpuskeln bzw. Atome, die spezifische physikalische Eigenschaften aufweisen, die Locke Ideen von primären Qualitäten (*ideas of primary qualities*) nennt. Zu den Ideen primärer Qualitäten zählt Locke u. a. Festigkeit (*solidity*), Ausdehnung (*extension*), Gestalt (*figure*) und Beweglichkeit (*mobility*). (Vgl. Locke, 1700/1975, S. 135; E II.viii.9) Primäre Qualitäten sind wahrnehmungsunabhängige Eigenschaften von Körpern (d. h. *mind-independent*). Sie erzeugen einfache Ideen, die wirkliche Körpereigenschaften abbilden, bzw. diesen ähneln: „The *Ideas of primary Qualities of Bodies*, are *Resemblances of them*.“ (Locke, 1700/1975, S. 137; E II.viii.15) Sekundäre Qualitäten wie Farben, Töne, Gerüche, etc. entstehen durch Kombination primärer Qualitäten und sind wahrnehmungsabhängig (*mind-dependent*), d. h. sie haben keinerlei Ähnlichkeit mit wirklichen Körpereigenschaften. Nach welchen Regeln Gott primäre Qualitäten in sekundäre übersetzt, bleibt uns verschlossen. Insofern sind auch keine gesicherten Rückschlüsse aus Wahrnehmungsqualitäten auf die wirklichen Eigenschaften der Dinge möglich. (Vgl. Specht, 2007, S. 58)

Ähnlich wie Descartes ist auch Locke der Meinung, dass Gott Empfindungen mit Teilchenzuständen gekoppelt hat. (Vgl. Specht, 2007, S. 61) Damit hängt der Realitätsbezug der Ideen (von primären Qualitäten) von der Existenz und Güte Gottes ab. Die Existenz Gottes versucht Locke

³ Die Abkürzung „E“ bezieht sich auf die Standardausgabe: Locke, J. (1700/1975), *An Essay Concerning Human Understanding*, Peter H. Nidditch (Hrsg.). Oxford: Clarendon Press. Die Seitenangaben beziehen sich auf das englische Original. Zusätzlich wird nach dem Schema „Buch.Kapitel.Absatz“ zitiert.

ebenfalls mit Hilfe einer Variante des kosmologischen Beweises nachzuweisen. (Vgl. Locke, 1700/1975, S. 621; E IV.x.6)

Idealismus

Berkeley

George Berkeley (1685–1753) nimmt Lockes Unterscheidung (von Ideen) primärer und sekundärer Qualitäten auf, stellt aber in Frage, dass nur die sekundären, nicht aber die primären Qualitäten *mind-dependent* sein sollen. So schreibt Berkeley in seinem *Treatise Concerning the Principles of Human Knowledge* (1710; im Folgenden: PHK):

„They who assert that figure, motion, and the rest of the primary or original qualities do exist without the mind [...], do at the same time acknowledge that colours, sounds, heat, cold, and suchlike secondary qualities do not [exist without the mind; Ergänzung: M. R.]“ (Berkeley, 1710/2008b, S. 86, PHK Part I, § 10)

Darüber hinaus hält Berkeley die Annahme, dass sich sekundäre Qualitäten (wie z. B. Farben, Töne, Hitze und Kälte) von primären (wie z. B. Ausdehnung und Bewegung) abstrahieren bzw. separieren lassen, für unplausibel. So legt er Philonous, einem der Protagonisten seiner Abhandlung *Three Dialogues between Hylas and Philonous* (1713/2008a), die Worte in den Mund: „Can you even separate the ideas of extension and motion from the ideas of all those qualities which they [...] term *secondary*?“ Philonous beantwortet diese Frage, indem er sagt:

„Since therefore it is impossible even for the mind to disunite the ideas of extension and motion from all other sensible

qualities, doth it not follow, that where the one exist, there necessarily the other exist likewise?“ (Berkeley, 1713/2008a, S. 176 f.)

Georges Dicker bezeichnet Berkeleys Argumentation als „the argument from the impossibility of abstracting primary qualities from secondary qualities“, die er folgendermaßen zusammenfasst:

- h1) Wenn sich primäre und sekundäre Qualitäten nicht (klar und deutlich) voneinander unterscheiden lassen, dann können primäre und sekundäre Qualitäten nicht unabhängig voneinander existieren.
- h2) Primäre Qualitäten können nicht von sekundären unterschieden werden.
- h3) Sekundäre Qualitäten sind nichts anderes als Sinneswahrnehmungen (*sensations*) oder Ideen (*ideas*), die ausschließlich im Geist existieren.
.....
- h4) Daraus folgt: Primäre Qualitäten existieren ausschließlich im Geist. (Vgl. Dicker, 2011, S. 172)

Berkeleys Position lässt sich weiterhin durch die Schlagwörter „Idealismus“ und „Immaterialismus“ charakterisieren. Er erweitert seine Kritik an der *mind-independence* primärer Qualitäten zu einer generellen Kritik am Materialismus, den er als die Doktrin auffasst, dass materielle Dinge/Gegenstände unabhängig vom Geist existieren können. Berkeley vertritt demgegenüber eine immaterialistische Position, die die Existenz von Materie und damit von wahrnehmungsunabhängigen Gegenständen insgesamt leugnet.

Aus Berkeleys idealistischer Sicht besteht das Sein von Gegenständen in ihrem Wahrgenommenwerden bzw. in ihrer Wahrnehmung: *esse est per-*

cipi (aut percipere). Alle Dinge sind damit wahrnehmungsabhängig (*mind-dependent*) und existieren entweder im Geist oder sind vom Geist abhängig. (Vgl. Flage, 2016)

Lisa Downing fasst Berkeleys Argumentation für den Immaterialismus und Idealismus so zusammen:

- i1) Personen nehmen gewöhnliche Objekte (wie Häuser, Berge, etc.) wahr.
- i2) Personen nehmen ausschließlich Ideen wahr.
.....
- i3) Daraus folgt: Gewöhnliche Objekte sind Ideen (Vgl. Downing, 2013)

Berkeley unterscheidet genau genommen zwischen Sinnesideen (*ideas of sensation*) und Vorstellungsideen (*ideas of imagination*). Beide Arten von Ideen lassen sich leicht voneinander abgrenzen:

„The ideas of sense are allowed to have more reality in them, that is, to be more strong, orderly, and coherent than the creatures of the mind.“ (Berkeley, 1710/2008b, S. 95; PHK Part I, §33)

Hinsichtlich der Sinnesideen ist der menschliche Geist rein passiv; alleinige Ursache aller Sinnesideen ist Gott, wohingegen Vorstellungsideen von uns selbst hervorgerufen werden. (Vgl. Bettcher, 2007, S. 85 f.) Aus dieser Passivität des menschlichen Geistes bezüglich der Sinnesideen entwickelt Berkeley einen Gottesbeweis, den Dicker das „passivity argument for god’s existence“ nennt. (Vgl. Dicker, 2011, S. 230) In den *Principles of Human Knowledge* schreibt Berkeley:

„When in broad day-light I open my eyes, it is not in my power to choose

whether I shall see or no, or to determine what particular objects shall present themselves to my view; and so likewise as to the hearing and other senses; the ideas imprinted on them are not creatures of my will. There is therefore some other will or spirit that produces them.“ (Berkeley, 1710/2008b, S.95; PHK Part I, §29)

Dicker rekonstruiert Berkeleys *passivity argument* so:

- j1) Personen produzieren einen Teil ihrer Ideen selber (nämlich die Vorstellungsideen), ihre Sinnesideen werden jedoch nicht von ihnen verursacht und hängen nicht von ihrem Willen ab.
- j2) Diese Sinnesideen müssen somit einen anderen als den menschlichen Geist als Ursache haben.
- j3) Die Sinnesideen, die durch diesen Geist verursacht werden, zeichnen sich durch einen erstaunlichen Grad an Ordnung, Regularität und Schönheit aus.
.....
- j4) Daraus folgt: Dieser (nichtmenschliche) Geist kann somit nur Gott sein. (Vgl. Dicker, 2011, S. 232)

Als Zwischenergebnis kann festgehalten werden, dass indirekte Realisten wie Descartes, Locke und Berkeley die Zuverlässigkeit bzw. materiale Wahrheit ihrer Ideen jeweils nur durch den Nachweis der Existenz und Güte Gottes garantieren können. Dass die Ideen von Gegenständen wirklich mit den Gegenständen korrespondieren, hängt somit von theologischen Prämissen ab.

Moderner Idealismus

Idealistische Argumentationen finden sich jedoch nicht nur in der Philosophie des 17. und 18. Jahrhunderts, sondern auch in der zeitgenössischen Neurowissenschaft. Der Heidelberger Philosoph und Psychiater Thomas Fuchs spricht in seinem Buch *Das Gehirn – ein Beziehungsorgan* (2008) sogar vom „idealistischen Erbe der Hirnforschung“. Aus seiner Sicht gehört es zu den gängigen Überzeugungen von Neurowissenschaftlern und Neurophilosophen, dass „alles, was Menschen erleben, in Wahrheit eine Konstruktion oder Vorspiegelung ihrer Gehirne sei.“ (Fuchs, 2008, S. 25 ff.) Als Beleg seiner These zitiert Fuchs u. a. Gerhard Roth, der auf die Frage, wie denn die Welt (aus dem Kopf) nach draußen komme, antwortete: „Sie kommt nicht nach draußen, sie verlässt das Gehirn gar nicht.“ (Roth, 2003, S. 48; zit. nach Fuchs, 2008, S. 25) Zu einer vergleichbaren Auffassung kommt auch der britische Physiker und Biochemiker Francis Crick, der feststellt: „Was Sie sehen, ist nicht, was *wirklich* da ist; es ist das, wovon Ihr Gehirn *glaubt*, es sei da.“ (Crick, 1994, S. 30; zit. nach Fuchs, 2008, S. 26) Gemäß dieser „neurokonstruktivistischen Konzeption ist die reale Welt also in dramatischer Weise verschieden von der, die wir erleben.“ Unsere Neuronen und Synapsen vermitteln nur die Illusion einer Außenwelt, während wir in Wahrheit eingesperrt bleiben in die Höhlen unserer Schädel. Die Neurowissenschaft lehrt uns, dass wir die naive Vorstellung aufgeben müssen, durch unsere Wahrnehmungsprozesse seien wir mit den Dingen selbst in Kontakt. (Fuchs, 2008, S. 26)

Direkter Realismus (Searle, Dreyfus und Taylor)

Aus Sicht eines direkten Realisten lassen sich die Irrwege des Skeptizismus und Idealismus durch den Verzicht auf mentale Repräsentationen vermeiden. Die Position des direkten Realisten kann dabei folgendermaßen charakterisiert werden:

- k1) Es gibt materielle Objekte.
- k2) Unsere Sinneswahrnehmungen liefern zuverlässige (material wahre) Informationen über diese materiellen Objekte.
- k3) Materielle Objekte und deren Eigenschaften existieren unabhängig von unseren Sinneswahrnehmungen und unserem Geist (d. h. sie sind *mind-independent*).
- k4) Durch unsere Sinneswahrnehmungen nehmen wir materielle Objekte direkt (d. h. ohne „zwischengeschaltete“ Repräsentationen) wahr. (Vgl. Preston, 2015)

Für Hubert Dreyfus und Charles Taylor ist das Konzept mentaler Repräsentationen, das sie *inner/outer picture* bzw. *I/O-picture* nennen, bis heute prägend. Ihr Buch *Retrieving Realism* (2015) beginnt mit einem Zitat aus Wittgensteins *Philosophischen Untersuchungen*: „Ein Bild hielt uns gefangen. Und heraus konnten wir nicht, denn es lag in unserer Sprache, und sie schien es uns nur unerbittlich zu wiederholen.“ (Wittgenstein, 1953/1984, § 115) Aus Dreyfus' und Taylors Sicht ist das „Bild“ des indirekten Realismus u. a. durch eine „*only through*“ *structure* gekennzeichnet, wonach menschliche Organismen prinzipiell von ihrer Umwelt abgekoppelt sind und der Kontakt zur Außenwelt ausschließlich durch Repräsentationen bzw. Ideen vermittelt wird. (Vgl. Dreyfus & Taylor, 2015, S. 10 ff.) Diesem Bild eines desengagierten Beobachters setzen Dreyfus und Taylor das

Konzept eines „agent as engaged, as embedded in a culture, a form of life, a ‚world‘ of involvements“ entgegen, der in direktem Kontakt mit seiner Umwelt steht. (Dreyfus & Taylor, 2015, S. 91)⁴

Auch der amerikanische Philosoph John Searle kritisiert in seinem Buch *Seeing Things as They Are* (2015) den indirekten Realismus. Er setzt bei der zweiten Prämisse von Berkeleys Argumentation für den Immaterialismus und Idealismus an (vgl. i2): „Personen nehmen ausschließlich Ideen wahr“, die er als „bad argument“ bezeichnet. Aus seiner Sicht besteht ein gravierender Unterschied zwischen den Sätzen „Ich nehme den Tisch wahr.“ und „ich nehme meine Idee bzw. meine Sinnesdaten eines Tisches wahr“. (Vgl. Searle, 2015, S. 24 ff.) Im ersten Fall ist der Tisch Gegenstand meiner Aufmerksamkeit, im zweiten ist meine Aufmerksamkeit selbst Gegenstand meiner Aufmerksamkeit, d. h. wir sind der Versuchung erlegen, „to treat the visual experience itself as the object of the visual experience.“ (Searle, 2015, S. 26) Für Searle ist dies ein typisches Beispiel für die „Verhexung unseres Verstandes durch die Mittel unserer Sprache.“ (Wittgenstein, 1953/1984, § 109) Hier entsteht ein philosophisches Problem dadurch, dass wir die Logik und Grammatik unserer Sprache missverstehen, indem wir das Verb „wahrnehmen“ durch ein unzulässiges Akkusativobjekt („meine Idee bzw. meine Sinnesdaten eines Tisches“) ergänzen.

⁴ Das I/O-picture mit seiner dualistischen Kontrastierung von Körper und Geist führt z.B. auch zu einer spezifischen Interpretation der Libet-Experimente zur Willensfreiheit: Ist mein Körper von meinem Bewusstsein, das ich bin, strikt getrennt, dann geht die körperliche Reaktion (das Bereitschaftspotential) meiner „eigenen“ (bewussten) Entscheidung voraus. Nach Meyer-Abich hat Descartes' dualistische Grundannahme die Konsequenz, meine Willensfreiheit in Frage zu stellen. Ein spinozistischer (d. h. monistischer) Ansatz, der mich meinen Körper als „beseelte Leiblichkeit“ erleben lässt, könne diesen „Fehlschluss“ vermeiden. (Vgl. Meyer-Abich, 2014, S. 287 ff)

Wenn Searle, Dreyfus und Taylor Recht haben mit ihren Argumenten gegen den indirekten Realismus, dann stellt sich abschließend die Frage,

- wie eine Neurowissenschaft ohne Repräsentationen vorstellbar ist und
- was dann eigentlich bildgebende Verfahren wie ereigniskorrelierte Potentiale (EKPs) und die funktionelle Kernspintomographie (fMRT) messen.

Hinsichtlich der zweiten Frage sind sich die meisten Neurowissenschaftler darin einig, dass es durch (hochauflösende) funktionelle Kernspintomographie möglich ist, *in vivo* individuelle spezifische kortikale Mikrostrukturen zu identifizieren, die mit entsprechenden kortikalen Funktionen korrelieren. Die kortikale Funktion eines Hirnareals manifestiert sich in Form von lokalen Feldpotentialen (*local field potentials*), bei denen es sich um die Summenpotentiale exzitatorischer oder inhibitorischer Neuronenverbände handelt. (Vgl. Turner, 2016, S. 2 ff.) Verbesserte experimentelle und messtechnische Zugänge haben in den letzten Jahren zu einer enorm verfeinerten Parzellierung des Kortex geführt (Vgl. Glasser et al., 2016, S. 171 ff.) bei einer gleichzeitigen Optimierung der Auswertemethoden von fMRT-Daten, insbesondere hinsichtlich des sogenannten *resting state*. (Vgl. Tong et al., 2015, S. 2 ff.; Eklund, Nichols & Knutsson, 2016, S. 7900 ff.)

Die erste Frage nach einer Neurowissenschaft ohne Repräsentationen lässt sich u. U. durch eine Modifikation des Repräsentationsbegriffs beantworten. Diese Strategie verfolgt Andy Clark, aus dessen Sicht Gehirne als „Vorhersagemaschinen“ (*prediction machines*) aufzufassen sind, deren Hauptaufgabe in der Fehlerkorrektur (*error correction*) besteht, d. h. in einer Minimierung der Abweichung unserer Vorhersagen von den tat-

sächlichen Konstellationen der Außenwelt. (Vgl. Clark, 2013, S. 181) Neuronale Repräsentationen enkodieren dann „probability density distributions“, was eine Abkehr vom traditionellen Repräsentationsbegriff impliziert. (Vgl. Clark, 2013, S. 188) Dieser sehr interessante Ansatz sollte durch weitere Studien untermauert werden.

Literatur

- Berkeley, G. (2008a). Three Dialogues between Hylas and Philonous. In D. M. Clarke (Hrsg.), *George Berkeley – Philosophical Writings*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. (Originalausgabe 1713)
- Berkeley, G. (2008b). A Treatise Concerning the Principles of Human Knowledge. In D. M. Clarke (Hrsg.), *George Berkeley – Philosophical Writings*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. (Originalausgabe 1710)
- Bettcher, T. M. (2007). *Berkeley's Philosophy of Spirit: Consciousness, Ontology, and the Elusive Spirit*. London: Continuum.
- Betz, G. (2011). *Descartes' „Meditationen“: Ein systematischer Kommentar*. Stuttgart: Reclam.
- Billman, D. (1998). Representations. In W. Bechtel & G. Graham (Hrsg.), *A Companion to Cognitive Science* (S. 649–659). Malden, Mass.: Blackwell.
- Blume, T. (2002). *Wittgensteins Schmerzen. Ein halbes Jahrhundert im Rückblick*. Paderborn: mentis.
- Carriero, J. (2011). The Cartesian Circle and the Foundations of Knowledge. In J. Broughton & J. Carriero (Hrsg.), *A Companion to Descartes* (S. 302–318). Malden, Mass.: Wiley-Blackwell.
- Churchland, P. S. (2002). *Brain-Wise. Studies in Neurophilosophy*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Churchland, P. S. & Sejnowski, T. J. (1992). *The Computational Brain*. Cambridge, Mass.: MIT.
- Clark, A. (2013). Whatever Next? Predictive Brains, Situated Agents, and the Future of Cognitive Science. *Behavioral and Brain Sciences*, 36, 181–253.
- Crick, F. (1994). *Was die Seele wirklich ist. Die naturwissenschaftliche Erforschung des Bewusstseins*. München: Artemis & Winkler.
- Descartes, R. (1622 f./1897–1913). *Œuvres de descartes* (C. Adam & P. Tannery, Hrsg.). Paris: Léopold Cerf. (11 Bände + Anhang, französisch und lateinisch)
- Descartes, R. (1996). Von der Methode des richtigen Vernunftgebrauchs und der wissenschaftlichen Forschung. In R. Descartes (Hrsg.), *Philosophische Schriften in einem Band*. Hamburg: Meiner. (Originalausgabe 1637)
- Descartes, R. (2005). *Die Prinzipien der Philosophie*. Hamburg: Meiner. (Originalausgabe 1644)
- Descartes, R. (2009). *Meditationen. Mit sämtlichen Einwänden und Er widerungen*. Hamburg: Meiner. (Originalausgabe 1641)
- Dicker, G. (2011). *Berkeley's Idealism. A Critical Examination*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Dicker, G. (2013). *Descartes. An Analytical and Historical Introduction* (2. Aufl.). Oxford, New York: Oxford University Press.
- Downing, L. (2013). George Berkeley. In E. N. Zalta (Hrsg.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Zugriff am 15. Nov. 2016 auf <http://plato.stanford.edu/archives/spr2013/entries/berkeley/>
- Dreyfus, H. & Taylor, C. (2015). *Retrieving Realism*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

- Eklund, A., Nichols, T. E. & Knutsson, H. (2016). Cluster Failure: Why fMRI Inferences for Spatial Extent have Inflated False-positive Rates. *PNAS*, *113*, 7900–7905.
- Flage, D. E. (2016). George Berkeley (1685–1753). In J. Fieser & B. Dowden (Hrsg.), *The Internet Encyclopedia of Philosophy*. Zugriff am 15. Nov. 2016 auf <http://www.iep.utm.edu/berkeley/>
- Fuchs, T. (2008). *Das Gehirn – ein Beziehungsorgan. Eine phänomenologisch-ökologische Konzeption*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Glasser, M. F. et al. (2016). A Multi-modal Parcellation of Human Cerebral Cortex. *Nature*, *536*, 171–178.
- Haag, J. (2001). *Der Blick nach innen. Wahrnehmung und Introspektion*. Paderborn: mentis.
- Hannover, B. & Kühnen, U. (2002). Der Einfluss unabhängiger und interdependenter Selbstkonstruktion auf die Informationsverarbeitung im sozialen Kontext. *Psychologische Rundschau*, *53*, 61–76.
- Hatfield, G. (2003). *Descartes and the Meditations*. London: Routledge.
- Huemer, M. (2001). *Skepticism and the Veil of Perception*. Lanham: Rowman & Littlefield.
- Kemmerling, A. (2005). *Ideen des Ichs. Studien zu Descartes' Philosophie* (2. Aufl.). Frankfurt/Main: Vittorio Klostermann.
- Locke, J. (1975). *An Essay Concerning Human Understanding* (4. Aufl.; P. H. Nidditch, Hrsg.). Oxford: Clarendon Press. (Originalausgabe 1700)
- Meyer-Abich, K. M. (2014). Der Geist im Leib oder: Warum die Hirnforschung nur dann ein Ärgernis ist, wenn man sie falsch interpretiert. *Scheidewege*, *42*, 276–297.
- Newman, L. (2016). Descartes' Epistemology. In E. N. Zalta (Hrsg.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Zugriff am 11. Feb. 2017 auf <http://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/descartes-epistemology/>
- O'Keefe, J. & Dostrovsky, J. (1971). The Hippocampus as a Spatial Map. Preliminary Evidence from Unit Activity in the Freely Moving Rat. *Experimental Brain Research*, *34*, 171–175.
- Packard, M. G. & Teather, L. A. (1997). Double Dissociation of Hippocampal and Dorsal-Striatal Memory Systems by Posttraining Intracerebral Injections of 2-Amino-5-Phosphonopentanoic Acid. *Behavioral Neuroscience*, *111*, 543–551.
- Packard, M. G. & Teather, L. A. (1998). Amygdala Modulations of Multiple Memory Systems: Hippocampus and Caudate-Putamen. *Neurobiology of Learning and Memory*, *69*, 163–203.
- Perler, D. (2006). *René Descartes* (2. Aufl.). München: C. H. Beck.
- Preston, J. (2015). *2nd Year Core Course: Theory of Knowledge*. Zugriff am 16. Nov. 2016 auf <http://www.reading.ac.uk/AcaDepts/1d/Philos/jmp/Theory%20of%20Knowledge/NaiveRealism.htm>
- Putnam, H. (1970). Meaning and Reference. *The Journal of Philosophy*, *70*, 699–711.
- Pyle, A. J. (2013). *Locke*. Cambridge, UK: Polity Press.
- Quine, W. v. O. (1960). *Word and Object*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Roth, G. (2003). *Aus Sicht des Gehirns*. Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Rumelhart, D. E., McClelland, J. & the PDP Research Group. (1986). *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Searle, J. R. (2015). *Seeing Things as They Are. A Theory of Perception*. Oxford, New York:

- Oxford University Press.
- Specht, R. (2007). *John Locke* (2. Aufl.). München: C. H. Beck.
- Spitzer, M. (1996). *Geist im Netz*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Taylor, C. (1989). *Sources of the Self. The Making of the Modern Identity*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Tong, Y. et al. (2015). Can Apparent Resting State Connectivity Arise from Systematic Fluctuations? *Frontiers in Human Neuroscience*, 9 (285).
- Turner, R. (2016). Uses, Misuses, New Uses and Fundamental Limitations of Magnetic Resonance Imaging in Cognitive Science. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 371 (1705). Zugriff auf <http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/371/1705/20150349>
- Wittgenstein, L. (1984). Philosophische Untersuchungen. In L. Wittgenstein (Hrsg.), *Werkausgabe* (Bd. 1). Frankfurt/Main: Suhrkamp. (Originalausgabe 1953)

Philosophische Überlegungen für Nicht-Philosophen

WOLFGANG SKRANDIES

Physiologisches Institut der Justus-Liebig-Universität

Aulweg 129, 35392 Gießen

wolfgang.skrandies@physiologie.med.uni-giessen.de

Dies ist ein Buch über Philosophie, das sicher auch für Hirnforscher und andere Naturwissenschaftler interessant ist. Schon ein Titel wie *Der Affe stammt vom Menschen ab* weckt die Neugier, ist er doch völlig kontraintuitiv. Warum sollte der Affe vom Menschen abstammen, schließlich ist die gängige Meinung, dass dies nicht stimmt. Gerade solche scheinbar widersinnigen Aussagen aus vielen unterschiedlichen Wissensbereichen sollen zum Denken anspornen.

In einem einleitenden Kapitel wird der Begriff der „Philosophischen Etüden“ erklärt; diese Bezeichnung ist vor allem im französischen Sprachraum als „études philosophiques“ verbreitet. Die Bezeichnung Etüden erinnert an das Üben beim Klavierspielen. Man sollte also die einzelnen Kapitel als Denküben oder Anregungen zum Nachdenken beschreiben, die in diesem Buch vor allem auf etablierte Meinungen angewendet werden. Grundlage dafür ist, dass Denken und Nachdenken in ähnlicher Weise geübt werden können und müssen wie andere kognitive oder motorische Fähigkeiten. Also sollte man sich ruhig Zeit dafür nehmen, schließlich kostet das Üben des Spielens eines Musikinstruments oder das Training im Sport ebenfalls viel Zeit. Und niemand behauptet, dass das immer spielerisch einfach sein muss.

Dieses Buch lässt sich wohl am besten als *Lesebuch* charakterisieren: anhand von vierundzwanzig, inhaltlich sehr unterschiedlichen und kurz-

en Kapiteln werden Vorurteile (und „irriges Meinungen,“) besprochen. Das inhaltliche Spektrum reicht sehr weit, von biologisch-medizinischen Fragen (*Der Mensch stammt vom Affen ab*, *Gehirne arbeiten wie Computer* oder *Essen ist Nahrungsaufnahme*) über Themen der Physik (*Die Physik sagt uns, wie die Welt wirklich aussieht*), Geschichte (*Geschichte ist der Ablauf von Ereignissen* oder *Das Mittelalter war finster*), Gesellschaft (*Recht ist Konvention* oder *Der Mensch ist ein vorteilsmaximierendes Wesen*), Kunst und Kultur (*Schön ist, was gefällt* oder *Kultur ist relativ*) bis zur Philosophie (*Philosophen schreiben unverständliches (und unnützes) Zeug* oder *Die Welt ist alles, was der Fall ist*). Nicht nur Philosophen erkennen unschwer die Quellen solcher Aussagen.

Es handelt sich um unabhängige, nicht aufeinander aufbauende Kapitel, in denen zunächst eine „bekannte Tatsache“ beschrieben wird, die dann aus alternativen Blickwinkeln beleuchtet und interpretiert wird. Die große inhaltliche Breite führt dazu, dass wohl jeder Leser interessante Themen findet. Dabei werden unterschiedliche Positionen und Interpretationen dargestellt, wobei man durch den Verweis auf die umfangreiche Sekundärliteratur inhaltliche Fragen vertiefen und nachlesen kann. Günter Fröhlich geht es primär nicht um Antworten auf Fragen, sondern – eher im Gegenteil – um das „Infrage stellen“ und Überprüfen von

Vorurteilen, also um das Denken im eigentlichen Sinne.

Auch Biologen und andere Naturwissenschaftler finden Anregungen: die Betrachtung einer „Geschlossenheit der kausalen Welt“, in der „alles Wissen [...] mit den Methoden der Physik erklärt werden kann“, wird auch in den Neurowissenschaften und vielen anderen Wissenschaften wie der Biologie oder Chemie als „sakrosankte Wahrheit“ angesehen. Dies regt dazu an, den eigenen Standpunkt zu überdenken. Die oft in Publikationen zu findende Aussage, es ginge bei neurophysiologischen Untersuchungen um die Informationsverarbeitung des Gehirns, erscheint bei längerem Nachdenken etwas zu einfach. Ob komplexe kognitive Leistungen wirklich hauptsächlich „*als eine Art Rechenergebnis des Gehirns*“ zu betrachten sind, darf durchaus kritisch hinterfragt werden. In ähnlicher Weise wird an anderer Stelle der Begriff eines „*neuronalen Determinismus*“ diskutiert.

Der Text ist gut und flüssig geschrieben, und er bietet eine anregende Lektüre, die man immer wieder gerne zur Hand nimmt. Insgesamt ist es ein sehr lesenswertes Buch, zeigt es doch, wie breit das Spektrum an interessanten Inhalten sein kann. Gerade jetzt, wo sogar (nicht nur die deutschen) Universitäten aus unerklärlichen Gründen weniger akademische Bildung als Ausbildung vermitteln, ist ein solch breit gefächertes Ansatz sehr zu begrüßen.

Günter Fröhlich, *Der Affe stammt vom Menschen ab: Philosophische Etüden über unsere Vorurteile*. Felix Meiner Verlag, Hamburg, 2016, 341 S., ISBN 978-3787329885, 21,90 €

Abstracts of the 25th German EEG/EP Mapping Meeting, Giessen, October 28–30, 2016

Mentale Repräsentation M. Ruchsow *Fachkrankenhaus Christophsbad, Göppingen*

Der Begriff der Repräsentation stellt eines der zentralen Konzepte sowohl der Neurowissenschaften als auch der künstliche-Intelligenz-Forschung dar. Vorläufer dieses Konzeptes finden sich bereits in den Ideenlehren von Descartes und Locke. Allen diesen Ansätzen ist die Vorstellung gemeinsam, dass ein direkter Zugang zu den Objekten der Außenwelt nicht möglich ist, sondern durch Repräsentationen bzw. Ideen vermittelt werden muss. Der Repräsentationalismus läuft darum häufig auf einen Skeptizismus oder Idealismus hinaus, der entweder die Zuverlässigkeit unserer Repräsentationen anzweifelt oder die Existenz der Außenwelt insgesamt infrage stellt. Diesen skeptischen Konsequenzen möchte z. B. Descartes in seinen Meditationen (1641) entgehen, indem er durch die Annahme eines gütigen Gottes nachzuweisen versucht, dass unsere Ideen „material wahr“ d. h. zuverlässig sind. John Searle, Charles Taylor und Hubert Dreyfus sind zeitgenössische Vertreter eines direkten Realismus, aus deren Sicht dem Repräsentationalismus invalide Argumente zugrunde liegen. Searles Überlegungen basieren dabei vor allem auf seinen Arbeiten zur Sprechakttheorie und Intentionalität, während Taylor und Dreyfus dem sogenannten Embodiment-Ansatz zuzurechnen sind. Kritisch zu diskutieren bleibt, wie eine Neurowissenschaft zu konzipieren ist, die auf den Begriff der Repräsentation gänzlich verzichtet.

Körperliche Aktivität und Hirnfunktion am Beispiel der Alpha-Peak-Frequenz im EEG

Mierau (1), B. Gutmann (1), T. Hülsdünker (1), M. Leyendecker (1), J. Mierau (1), K. Knaepen (1), K. Karamanidis (2), H. K. Strüder (1) & J. Lefebvre (3), (4) (1) *Institute of Movement and Neurosciences, German Sport University Cologne* (2) *Institute of Movement and Sport Gerontology, German Sport University Cologne* (3) *Krembil Research Institute, University Health Network, Toronto, Ontario, Canada* (4) *Department of Mathematics, University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada*

Alpha activity is the dominant rhythm in the healthy adult human brain, consisting of pervasive oscillations at frequencies between 8 and 13 Hz. The alpha rhythm has been extensively studied and constitutes a reliable biomarker of brain state. The average peak frequency of the alpha oscillations (APF) has been shown to be a highly heritable and robust neurophysiological trait of cognitive capacity that remains stable over the years, and then gradually declines with age or presence of pathological conditions. Despite this apparent long term stability however, growing evidence shows that the alpha-peak frequency is highly dynamic over shorter time scales, whereby alpha oscillations briefly accelerate or slow down depending on an individual's state. This talk will focus on recent research addressing the short term (acute) and long term (chronic) relationship between APF and different types of physical and sensorimotor

behaviour. The results of these studies extend previous research focusing on APF and the cognitive domain, and provide further support for the view that the peak frequency of alpha oscillations is highly dynamic at shorter time scales constituting an even richer source of information about brain dynamics than was initially thought. Moreover, these results indicate that the resting state APF recorded at recording sites overlying the sensorimotor areas of the cortex is closely related to selective aspects of human locomotion, and, in contrast to cognitive training, the APF was found to increase after sensorimotor skill training in older adults. As such, taking together converging experimental and computational results from numerous recent studies, we propose that alpha frequency variability at shorter time scales forms the basis of an adaptive mechanism mirroring the activation level of neural populations and discuss one candidate mechanism underlying this effect in involvement in neural coding.

Kortikale Netzwerke in Zusammenhang mit der Regulation des Gleichgewichts B. Pester(1), A. Mierau(2), T. Hülzdünker(2), K. Schiecke(1), H. K. Strüder(2) & H. Witte(1)
(1) *Bernstein Group for Computational Neuroscience Jena, Institute of Medical Statistics, Computer Sciences and Documentation, Jena University Hospital, Friedrich Schiller University Jena*
(2) *Institute of Movement and Neurosciences, German Sport University Cologne*

Balance control is a fundamental component of human everyday motor activities such as standing or walking, and its impairment is associated with an increased risk of falling. Previous studies have identified significant modulations in cortical activity during balance control comprising frontal, central and parietal regions. How-

ever, exact neurobiological mechanisms are still unclear and, in particular, it is not known how cortical regions interact with each other in order to meet the demands of balance control. In this study, cortical connectivity networks during a static and a dynamic balancing task were investigated by means of generalized partial directed coherence (PDC), a timevariant, frequency-selective and scale-invariant functional connectivity analysis tool. Subject-individual analysis was complemented by a tensor decomposition of the group results. Electroencephalographic (EEG) data from thirty-seven subjects were recorded during ten periods of static (i. e. stable surface) and ten periods of dynamic (i. e. unstable surface) single leg balancing, alternately. The results indicate the development of two topographically delimitable connectivity networks after the transition from static to dynamic balancing; one network is associated to the theta frequency band and the other one to the alpha frequency band. The theta network mainly comprises electrodes located at the frontal, central and parietal cortex; in the alpha network, the main direction of interactions (processing) is from occipital nodes O1 and O2 to parietal and to centro-parietal areas. It can be concluded that at least two cortical networks are involved in maintaining upright posture and balance. Furthermore, our results indicate that PDC is capable of minimizing the influence of movement-related artifacts which makes it a particularly valuable analysis tool for mobile EEG research. The application of tensor decomposition offers important additional information on an individualized level for each subject.

Neurophysiologische Determinanten einer besseren visuomotorischen Leistungsfähigkeit bei Badmintonspielern T. Hülzdünker,

H.K. Strüder & A. Mierau *Institute of Movement and Neurosciences, German Sport University Cologne*

For athletes participating in visuomotor demanding sports it is essential to perceive visual cues in the field of view and initiate a targeted motor response under critical time pressure. These athletes typically outperform non-athletes in visuomotor reaction tasks, however, the underlying mechanisms of this advantage remain unclear. This study aimed to determine the neurophysiological processes contributing to superior visuomotor performance in athletes using visual-evoked potentials (VEP) and visuomotor reaction tasks. Visual and visuomotor performance was investigated in skilled badminton players and age-matched, non-athletic controls. In two experiments visual perception and visuomotor reaction were analyzed in response to chromatic and achromatic pattern reversal (15 athletes, 28 non-athletes) as well as radial motion onset (25 athletes, 28 non-athletes) visual stimuli, respectively. A 64-channel EEG system was used to determine the latency of visual perception/processing in the visual cortex as well as visuomotor transformation in the pre- and supplementary motor region (BA6). In addition, initial muscular activation and visuomotor reaction time (VMRT) as indicated by the EMG onset and a button press, respectively were measured. Athletes revealed a faster EMG onset and VMRT accompanied by an earlier visuomotor transformation in BA6 when reacting to both contrast and motion visual stimuli. In contrast visual perception/processing was faster in athletes only in response to motion but not contrast visual stimuli. The latency of motion perception/processing and visuomotor transformation was related to EMG onset and VMRT. The results indicate superior visuomotor perfor-

mance in badminton athletes is related to motion perception in the visual cortex and visuomotor transformation in BA6. Earlier visual perception in athletes only in response to visual motion but not contrast stimuli suggests selective adaptations in the visual system depending on the visual demands of the sport. In contrast, the athletes' faster visuomotor transformation may reflect a general adaptation independent of the visual signal.

Non-invasive Modulation des impliziten motorischen Sequenzlernens V. Krause *Institut für Klinische Neurowissenschaften und Medizinische Psychologie, Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf*

Die zeitlich präzise Bewegungssteuerung geht mit synchronisierter oszillatorischer Aktivität innerhalb eines kortiko-subkortikalen Netzwerks einher. Innerhalb des Netzwerks ist der primäre motorische Kortex (M1) für die Akquisition motorischer Sequenzen relevant. Unter Verwendung der Magnetenzephalographie (MEG) konnten wir zeigen, dass die oszillatorische motorkortikale Aktivität im Alpha- (8–12 Hz) und Betafrequenzbereich (13–30 Hz) in Abhängigkeit von motorischem Lernen variiert. Zur non-invasiven Modulation der Dynamik kortikaler Aktivität eignen sich die transkranielle Wechsel- (tACS) und Gleichstromstimulation (tDCS): Während die tACS kortikale Oszillationen frequenzspezifisch moduliert, erlaubt die tDCS die Modulation kortikaler Erregbarkeit. Zur Untersuchung des impliziten motorischen Sequenzlernens verwendeten wir eine sequentielle und randomisierte Bedingung der seriellen Reaktionszeitaufgabe (SRTT) und variierten systematisch den Zeitpunkt der tACS und tDCS (vor vs. während vs. nach dem Lernen). Die anodale tDCS über M1 vor dem Lernen fazi-

tierte die anschließende Sequenzakquisition, während die anodale tDCS während des Lernens unspezifisch die Reaktionszeiten in der sequentiellen und randomisierten Bedingung beschleunigte. Dieser Effekt zeigte sich ausschließlich bei Probanden mit langsamen Reaktionszeiten. Die tACS über M1 im Alpha- (10 Hz) und Betaband (20 Hz) während des motorischen Lernens führte zu einer Verbesserung der Sequenzakquisition im Vergleich zur Scheinstimulation. Zusätzlich verringerte die 20 Hz tACS die Interferenzanfälligkeit gegenüber der randomisierten Bedingung. Bei Applikation der 20 Hz tACS über M1 nach dem Lernen wurde der Abruf der erlernten Sequenz faziilitiert. Die anodale und kathodale tDCS über M1 zeigte einen vergleichbaren Effekt. Die Ergebnisse unterstützen die Hypothese, dass motorkortikale Oszillationen im Betaband ein Bewegungsmuster stabilisieren. Darüber hinaus lässt sich vermuten, dass die Nacheffekte der 20 Hz tACS mit veränderter motorkortikaler Erregbarkeit einhergehen – möglicherweise im Sinne funktioneller und/oder neuroplastischer Reorganisation. Somit unterstreichen die vorliegenden Ergebnisse die Relevanz von Betaband-Oszillationen und veränderter motorkortikaler Erregbarkeit für implizites motorisches Lernen.

After-effects of transcranial alternating current stimulation (tACS) on motor learning: a simultaneous tACS-EEG-fNIRS study A. Berger & M. Doppelmayr *Department of Sportpsychology, Institute of Sport Science, University of Mainz*

Motor learning is associated with changes of synchronized oscillatory activity at alpha (8–12 Hz) and beta (12–30 Hz) frequencies. Numerous studies demonstrated the frequencyspecific modulation of tACS on ongoing oscillatory

activity, cortical excitability and motor behavior. However, the underlying mechanisms by which these oscillations are modulated, how long these modulations last and to what extent they influence motor learning are still unresolved. Thus, we combined electroencephalography (EEG) and functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) during a visuomotor coordination task to investigate electrophysiological and hemodynamic effects of tACS on motor learning. Fifteen righthanded participants without any neurological disorders performed a visuomotor coordination task while tACS at 10 Hz, 20 Hz or sham stimulation over the parietal cortex (P3/P4) was applied for 20 minutes. Before and after (0 min., 30 min., 1 day, 4 days, 7 days) tACS, movement speed and accuracy of visuomotor coordination were assessed. In addition, cortical activity was examined using fNIRS (NIRSport System, NIRx, 20 channels, wavelengths: 760 nm 850 nm, Sampling rate: 7,81 Hz) and EEG (Starstim, Neuroelectrics, P3/P4/Fpz/Fz/Cz/Pz/Oz/VEOG). Because analysis of the recorded data is still at the beginning no results can be provided yet. However, comparatively after-effects of 10 Hz and 20 Hz tACS on visuomotor learning, cortical oscillations and brain activation patterns in motor cortical regions are expected.

Sport Stacking Performance and Learning is Influenced by anodal High-Definition transcranial Direct Current Stimulation (HD-tDCS) N. H. Pixa & M. Doppelmayr *Institute of Sport Science, Johannes Gutenberg-University, Mainz*

In sport stacking twelve specially designed cups have to be built up (stack up) and dismantled (stack down) in predefined patterns (3-6-3 i. e. 3 cups left, 6 in the middle and 3 right & 1-10-

1) as fast as possible. These goal-oriented motions require different perceptual-motor skills as well as visuo-motor coordination. The parietal cortex (PC) and the primary motor cortex (M1) are strongly involved in these processes. Purpose of the study was to examine the enhancement of motor learning by High-Definition anodal transcranial Direct Current Stimulation (HD-atDCS). To modulate neural activity we applied an amperage of 1 milliampere (mA) via small gel-electrodes (3,14 cm² Ag/AgCl) with a duration of 15 minutes. Forty-eight volunteers (22 female; age M=24.25; SD=2.31) participated in this doubleblind study at five consecutive days. In the pretest, the posttest and the follow-up test sport stacking was performed. Between pretest and posttest three training sessions with simultaneous stimulation were realized. While the M1-STIM-group received HD-atDCS at C1 and C2 and the participants of the PC-STIM-group at Cpz and Pz in the control-group only sham stimulation was applied. Analyzing the best sport stacking performance of the 3-6-3, two-way ANOVA with repeated measures revealed a significant main effect for TIME [F(5,225)=200.98, $p < .001$, $\eta^2 = .817$] and a significant TIME \times GROUP interaction [F(10,225)=2.73, $p < .05$, $\eta^2 = .108$], with improved performance for both STIM-groups. For the 1-10-1 a significant effect for TIME [F(5,225)=136.09, $p < .001$, $\eta^2 = .752$] was found. The TIME \times GROUP interaction ($p > .05$) resulted only in a statistical trend [F(10,225)=1.91, $p = .10$, $\eta^2 = .078$]. For none of the tasks a significant main effect for GROUP was found ($p > .05$). The data implicates, that HD-atDCS over PC and over M1 enhance the learning of sport stacking. However, this effect might depend on the complexity of the required stacking formation, thus

further research is needed to investigate and differentiate these effects.

Multisensorisch ausgelöste elektrische Hirnaktivität: Erste Ergebnisse J. Henkel, A. Klein & W. Skrandies *Physiologisches Institut, Justus-Liebig-Universität, Gießen*

Das Ziel unserer Studie ist, Effekte durch die Präsentation von somatosensorischen, akustischen und visuellen Reizen einzeln und in Kombination auf die ausgelöste hirnelektrische Aktivität zu ermitteln und zu vergleichen. Eine Frage ist, ob sich die Aktivität nach Gabe von kombinierten Reizen von der Linearkombination der ausgelösten Aktivität nach Einzelreizen unterscheidet. Es existieren viele Veröffentlichungen, die den Wahrnehmungsvorgang nur einer oder zweier Modalitäten beschreiben, wobei gleichzeitig aufgenommene Reize unterschiedlicher Modalitäten nicht zeitgleich im Gehirn verarbeitet werden, sondern im ZNS integriert werden. Der Ablauf des Experiments gliederte sich in Vortests und einen Hauptversuch. Im Vortest wird zunächst die Wahrnehmungsschwelle der Probanden in der jeweiligen Reizmodalität ermittelt und durch die Präsentation von musterumkehrenden Schachbrettreizen die typische Aktivität bei N75 und P100 detektiert. Im Hauptexperiment werden die somatosensorischen (S), akustischen (A) und visuellen Reize (V) überschwellig sowohl einzeln als auch in Kombination (AV/SV/AS/ASV) in randomisierter Reihenfolge präsentiert. Bei den Reizen handelt es sich um ein Schachbrettmuster mit geringem Kontrast, weißes Rauschen und einen mechanischen Reiz, bei dem ein Metallstift gegen den Zeigefinger der linken Hand tippt. Zur Kontrolle der Aufmerksamkeit gibt es ein Ausfallen aller Reizklassen, welches unregelmäßig auftritt und gezählt werden muss. Es gibt 10 Blöcke mit je-

weils 20 Reizen für jede der 7 Reizklassen. Es werden 40 freiwillige und neurologisch unauffällige Probanden getestet. Über die Globale Feldstärke (GFP) können in den einzelnen Reizklassen unterschiedlich viele Komponenten der evozierten elektrischen Hirnaktivität definiert werden. Die Latenz und Amplitude des jeweiligen Maximums der GFP und die Position der positiven und negativen Ladungsschwerpunkte zum entsprechenden Zeitpunkt werden zur weiteren Analyse herangezogen. Für die Komponenten, in denen A beteiligt ist, ergeben sich 3 Maxima mit ähnlichen Latenzen, für V 3 vergleichbare Maxima und für S 2 Maxima. Durch Varianzanalysen mit Messwiederholungen wurde die Signifikanz geprüft. Für alle Modalitäten gab es zahlreiche signifikante Effekte. Die Globale Feldstärke ist für die 1. auditorische Komponente (bei ungefähr 176 ms; $F(3,111)=129,19$; $p<0,000$) für den Einzelreiz A alleine am schwächsten ($1,98\ \mu\text{V}$), für die Kombination AS etwas stärker ($2,35\ \mu\text{V}$), nimmt bei der Kombination AV weiter zu ($3,27\ \mu\text{V}$) und hat für ASV den höchsten Wert ($3,68\ \mu\text{V}$). Die 2. sensorische Komponente (etwa 92 ms Latenz; $F(3,111)=3,26$; $p<0,0241$) zeigt als Tendenz die geringste Latenz, für die Reizkombination SV (87 ms), die sich dadurch deutlich von den anderen Kombinationen und dem Einzelreiz abhebt (V: 92,21 ms; AV: 94,11 ms; ASV: 94,47 ms). Auch die positiven und negativen Ladungsschwerpunkte verhalten sich für die jeweiligen Reizkombinationen unterschiedlich: Der positive Ladungsschwerpunkt der 1. somatosensorischen Komponente verändert sich geringfügig, aber signifikant in der sagittalen und lateralen Richtung ($F(3,111)=3,34$; $p<0,02$): das Maximum liegt hinter der Mittellinie, mit einer leichten Verschiebung nach rechts. Sowohl die positiven als auch die negativen Schwerpunkte sind bei Einzelrei-

zung (S) deutlicher lateralisiert als bei der Kombination der Modalitäten, und sie unterscheiden sich auch in der anterior-posterior-Richtung. Zusammenfassend wird deutlich, dass die gefundenen Effekte nicht aus der linearen Überlagerung der Einzelreize stammen, sondern durch die Integrationsleistung des ZNS neue Reizantworten zustande kommen.

Untersuchung der Abfolge multisensorischer kausaler Inferenz mit multivariater EEG Dekodierung Tim Rohe (1), Uta Noppeney (2) & Ann-Christine Ehlis (1), (3) (1) *Department of Psychiatry and Psychotherapy, University of Tuebingen* (2) *Centre for Computational Neuroscience and Cognitive Robotics, University of Birmingham, UK* (3) *LEAD Graduate School, University of Tuebingen*

Humans integrate signals from multiple modalities to obtain qualitatively richer and more reliable multisensory representations of their environment. At any time, the brain is faced with many multisensory signals arising from different objects. Thus, to obtain a veridical representation of the environment, the brain needs to integrate signals only if they arise from a common cause, and to segregate signals from independent causes. Psychophysical studies demonstrated that humans infer a common cause if they perceive a small temporal, spatial and structural discrepancy of the multisensory signals. Current fMRI studies demonstrate that a cortical hierarchy implements causal inference as a spatially distributed process, but the temporal evolution of the brain's causal inference processes is unknown. In an audiovisual double-flash paradigm, participants were presented with one to four synchronous flashes and beeps and were tasked to count the number of either the beeps or the flashes. As predicted by

causal inference, participants integrated the signals if a small numerical discrepancy suggested a common source, but they segregated the signals in case of large discrepancies. Using multivariate pattern analysis on 64 channel EEG recordings, the number of multisensory signals was decoded with high accuracy from the scalp distribution of ERPs starting from approximately 200 ms after stimulus onset. Decoding the relative weighting of the audiovisual signals suggested that the signals are weighted as predicted by causal inference in later ERP components: In case of a small signal discrepancy the signals are integrated independently from the attentional focus while in case of a larger discrepancy the signal which has to be counted attains a larger weight. In conclusion, the study suggests that the brain implements multisensory causal inference processes rather late in the processing hierarchy. Further, the spatiotemporal distribution of causal inference processes will be analyzed using source localization and the impact of psychiatric disorders such as psychosis on multisensory causal inference will be investigated.

Gamma-band oscillations as correlate of nociceptive processing U. Baumgärtner, C. Heid, A. Mouraux, S. Schuh-Hofer & R.-D. Treede *Zentrum für Biomedizin und Medizintechnik Mannheim, Medizinische Fakultät Mannheim, Universität Heidelberg*

Numerous studies have used ERP-waveforms of the EEG both with nociceptive as well as tactile stimuli to answer research questions or as a functional marker of the sensory system to clinically test the integrity of signaling pathways. Recent studies brought forward the idea that gamma-band-oscillations (GBOs) between 35 and 100 Hz may play an important role in conscious percep-

tion and could be a specific marker for the perception of pain. In this study, we aimed to test whether GBOs can be reliably induced, whether they code stimulus intensity, and whether they are specific for nociceptive stimuli compared to tactile, non-nociceptive stimuli, and whether they show a scalp distribution compatible with generation in the primary somatosensory cortex. A 17-channel EEG was recorded in 12 healthy volunteers (6 females, 6 males) with 1 kHz continuous sampling. In different blocks of 90 stimuli each, nociceptive laser stimuli of three different intensities (one intensity at pain threshold, two intensities above) and pneumatic tactile stimuli at two intensities (supra threshold; 2 and 4 bars; not painful) were delivered to the right hand and foot including one repetition, resulting in 180 stimuli per location and modality. Data were segmented into epochs of 3 s (1 s pre stimulus interval), and subjected to a wavelet-based time frequency analysis (Letwave 6 by A. Mouraux, Brussels) in two separate analyses for the frequency ranges of 1–30 Hz and 30–100 Hz. Our results indicate that there is high variability between subjects with respect to occurrence and signal strength of the gamma response. Averaged across subjects, a significant increase in gamma during the first 500 ms following the stimulus was observed for nociceptive stimuli only in a frequency range between 40 and 70 Hz in close temporal relation with the evoked EEG-response in the time domain. Both, the gamma and the evoked responses increased with stimulus intensity. A contralateral topography of the scalp area overlaying the primary somatosensory cortex is suggested. The difference in the appearance of GBOs between laser (painful) and pneumatic (tactile) stimuli could mean this response might be specific for the perception of pain. Whether higher salience of the

nociceptive stimulus plays a critical role cannot be excluded. These results may help to get a better objective understanding of the perception of pain. Given the variability of individual responses, a clinical application would currently not warrant unambiguous results, but GBOs could be a promising marker in the future.

Supported by Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG SFB1158 (B05)

EEG Beta 2 Power als Marker für Gedächtnisdefizite A. Kaiser *Universitätsinstitut für Klinische Psychologie, Uniklinikum Salzburg*

Gedächtnisdefizite sind bei fast allen Formen der Demenz feststellbar, welche mit der elektroenzephalografischen (EEG) Beta Power korreliert sind. EEG Beta Power kann die Progression von Alzheimer im Stadium der leichten kognitiven Beeinträchtigung vorhersagen und könnte ein möglicher Surrogatmarker für Gedächtnisdefizite sein. In dieser Studie wird frontale und parietale EEG Beta Power bezüglich der Korrelation mit den Ergebnissen eines Gedächtnistests untersucht. Dazu wurde die EEG Beta Power in Ruhe mit geschlossenen Augen sowie während einer Rückwärtszählaufgabe mit geschlossenen Augen analysiert. 28 rechtshändige weibliche geriatrische Patientinnen (Alter=80,6) nahmen an der Studie teil. Es wurde Beta 1 (12,9–19,2 Hz) und Beta 2 (19,2–32,4 Hz) EEG power an F3, F4, Fz, P3, P4 und Pz mit dem unmittelbaren verbalen Abruf einer Wortliste, dem verzögerten Abruf sowie der Wiedererkennung der Wortliste und dem verzögerten Abruf visueller Information korreliert. Es konnten signifikante positive Korrelationen zwischen Beta 2 Power (frontal und parietal) und verzögertem Gedächtnisabruf gefunden werden. Diese konnten für F4, Fz, P4 und Pz im Ruhezustand gefunden werden. Die Korrelationen waren höher

in der Rückwärtszählbedingung ausgeprägt. EEG Beta 2 Power kann als Surrogatmarker für verbale Gedächtnisbeeinträchtigungen geriatrischer Patienten verwendet werden.

Kurven auf der Streckbank — eine einfache Methode zur Quantifizierung von Signalmorphologie A. Klein & W. Skrandies *Physiologisches Institut, Justus-Liebig-Universität, Gießen*

The analysis of evoked potential waveforms is often done using local minima and maxima of curve amplitudes and their respective latencies. This procedure, however easy, suppresses a considerable amount of information, because whole curves are condensed to two coordinates, and may even become problematic when certain participants in an experiment show no pronounced extrema at all. There is more to an evoked potential than the coordinates of its extrema, however, as it is known, for example, that evoked potentials may change over the lifetime of a person. Such changes affect latencies and amplitudes, but may also include the occurrence of additional peaks [1] or take the form of an after-discharge. [2, Fig. 3]. Classical differential geometry provides a method for quantifying such variable morphologies by means of measuring curve-length, which in its simplest form can be expressed as the “total variation” of a one-dimensional “curve”. We show results from two datasets, which could not be achieved as easily by conventional analyses of latency, amplitude, or global field power.

[1] A. Salamy Maturation of the auditory brainstem response from birth through early childhood. *J clin Neurophysiol.* 1984, 1, 293–329

[2] H. Umezaki, F. Morrell Developmental study of photic evoked responses in premature infants *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 28 (1970), pp. 55–63

Durch semantisches Lernen ausgelöste topographische Komponenten hirnelektrischer Aktivität

W. Skrandies (1) & H. Shinoda (2)
(1) Institute of Physiology, Justus-Liebig University Gießen (2) Risho University, Tokyo, Japan

We studied event-related brain activity elicited by reading learned (i.e., meaningful) or not learned (i.e., meaningless) Japanese symbols. Twenty healthy native German adults participated in a learning experiment. In a training phase of about 20 minutes, subjects acquired the meaning of 20 Kanji characters. As control stimuli 20 different Kanji characters with similar physical features were used. Stimuli were presented on a monitor, and electrical brain activity was obtained before and after learning. The learning performance of the subjects averaged 92.5% correct responses. EEG was measured simultaneously from 30 channels, artifacts were removed offline, and the data obtained before and after learning were compared. We found five spatial principal components that accounted for 83.8% of the variance. Significant interactions between training time (before/after learning) and stimulus (learning/control) illustrate the relation between successful learning and topographical changes of brain activity elicited by Kanji characters. Significant effects of learning were observed at short latencies in the order of about 100 ms. In addition, we present evidence that differences in the weighted combination of spatial components allow to identify experimental conditions successfully by linear discriminant analysis using topographical ERP data that had occurred at a single time point. Our data show how the scalp distribution of brain electrical activity relates to successful learning of semantic meaning.

Entwicklungen im EEG-basierten Mapping

D. Brandeis *Department of Child and Adolescent Psychiatry and Psychotherapy, Psychiatric Hospital, University of Zürich, Zürich, Switzerland*
Central Institute of Mental Health, Medical Faculty Mannheim/Heidelberg University, Mannheim, Germany

Wesentliche methodische und konzeptuelle Entwicklungen haben das EEG-basierte Mapping der letzten 25 Jahre geprägt. Dazu zählen das Electrical Neuroimaging mit EEG-basierten Tomographien und multimodaler Integration und Lokalisation, die Microstate Analysen und Zeit-Frequenzanalysen, sowie statistische Methoden wie ICA, Mustererkennung und Bootstrapping. Die Verfahren nutzen die räumliche Information und charakterisieren, trennen und klassieren EEG-Muster oft deutlich besser als konventionelle Ansätze. Damit liefern sie robuste und spezifischere EEG-Masse der zeitlichen Dynamik in neuronalen Netzwerken, insbesondere bei schnellen Prozessen welche eine hohe Auflösung im Zeit und Frequenzbereich erfordern, und werden zunehmend unabhängig validiert. Andere vielversprechende Ansätze wie die optische oder MR-basierte direkte tomographische Messung elektromagnetischer Felder konnten zumindest bisher nicht breit validiert werden. Im Anwendungsbereich wird EEG-mapping zunehmend wieder im Hinblick auf potentiell spezifische Biomarker und als Zielgröße für Neuromodulation kontrovers diskutiert. Nach unabhängiger Validierung, die allerdings noch weitgehend aussteht, liessen sich auf der Basis von EEG-mapping dimensionale Klassifikation, Subtypisierung und Behandlungsvorhersage im klinischen Bereich unterstützen. Immerhin lassen sich durch EEG-mapping schon robustere und spezifischere real-time Masse der Dynamik umschriebener Netzwerke gewinnen, welche besser validiert

sind und Anwendungen wie BCI, Neurofeedback und Monitoring im Alltag durch „wearable“ EEG verbessern können. Die erfolgreichere Weiterentwicklung erfordert eine noch bessere Standardisierung. Diese sollte Messung, Auswertung und Interpretation mit Test- und Datenqualität umfassen, und validierte Auflösungsgrenzen von EEG-basierten Verfahren durchgängig angemessen berücksichtigen.

Microstates, state spaces, and states hierarchies J. Wackermann, Independent Researcher
Gutach im Breisgau, Germany

Topographic analyses of the brain's electrical activity (EEG) led to the discovery of brain functional microstates, defined as periods of (quasi)stationary scalp field distributions and duration in the order of magnitude from tens to hundreds of milliseconds. Initially, the notion of microstate was closely related to that of macrostate, i. e., of higher-order units of the brain's spatio-temporal functional organization occurring on time-scales of seconds, minutes, or longer. Methods of microstates analysis have been developed and standardized up to a considerable stability and reproducibility of results. In contrast, relatively less effort and attention were paid to the macrostate concept itself, to relations between the microstate and macrostate levels of description, and the role of the latter in functional interpretation of microstates. Still, the problem of macrostates is pertinent to EEG studies of neural correlates of psychological phenomena (e. g., behavioral programs or states of consciousness) observable on supra-second time-scales. If microstates can be conceived of as “atoms of thought” (Lehmann), what and where are the “molecules”? Taking up this metaphor, we will speculate about molar structures composed of atomic elements, and aggrega-

te states of those higher-order entities. Arguably, the transition from micro- to macro-level does not consist merely in accumulation or averaging across larger time scales, but implies functional subordination, or “contextual colligation”. Building upon this hypothesis, two major strategies for identification of higher-order states will be drawn and discussed: bottom-up, studying transition dynamics of microstates, and top-down, based on “global descriptors” of full-scalp EEG. Either way we should arrive at a hierarchical structure of state spaces, ranging from momentary electrical states up to macrostate spaces, and allowing for assessment and measurement of brain functions on a broad variety of timescales.

Komplexe soziale Kontexte, ökologische Validität und naturalistische Entscheidungsfindung T. Fehr *Zentrum für Kognitionswissenschaften, Universität Bremen*

Decisions in complex social situations are modulated by numerous factors, such as arousal, individual socialisation as well as state and trait factors, and idiosyncratic appraisal of contextual features. It has been shown that the dimensions of content- and presentation-related virtual and realistic properties of an applied experimental stimulation have to be considered separately, and that the respective neuro-scientific data have to be interpreted differentially (Fehr 2012). For example, it makes a fundamental difference, whether a child soldier socialized in a war zone or a middle European socialized child never involved in real killing of real people is confronted with a violence-related decision in a shooting-related context. Both individuals had elaborated different neural representations for the appraisal of what can be experienced as realistic and what not. Furthermore, previous studies suggest that the hetero-modal

association cortices play a particular role in the processing of emotionally modulated, complex social contexts (e. g., Fehr et al., 2014). Thus, individual socialisation can be assumed to play a substantial role in complex social behaviour such as in the case of pro-social and violent constellations. It is suggested to especially consider ecological validity in experimental procedures (e. g., quasi-realistic presentation of realistically appraisable content) and to additionally consider individual aspects (e. g., individual socialisation and respective mental strategies) as sufficiently as possible during the examination of socially relevant behaviour and its neural signature examined by means of functional neuroimaging (e. g., fMRI, PET and fNIRS) and/or biosignalanalysis (e. g., EEG and MEG) approaches.

Fehr, T. & Achziger, A., Roth, G., & Strüber, D. (2014). Neural correlates of the empathic perceptual processing of realistic social interaction scenarios displayed from a first-order perspective. *Brain Research*, 1583, 141–158.

Fehr, T. (2012). Neuronale Korrelate der Aggression beim Menschen - virtuelle Medien und reale Lebensumgebung. In: W. Kaminski & M. Lorber (Eds.), *Gamebased Learning*, München, kopaed.

EEG GABAergic markers in chronic neuropathic pain patients: asymmetric beta oscillation coincides with unilateral pain (preliminary results) A. C. Galvez (1), (2), C. Mancini[†] (1), J. Jendoubi[‡] (1), C. Donze[‡] (1), M. Mouton (1), T. Kuntzer (3), P. Zangger (4), J.-M. Annoni (1), P. Megevand (5), (6) & J.N. Chabwine (1) [†]Presenting author; [‡]Equally contributed to the study (1) *Laboratory for Cognitive and Neurological Sciences, University of Fribourg, Fribourg, Switzerland* (2) *Faculty of Biomedical Engineering, University of Los Andes, Bogotá, Colombia* (3) *Department of Clinical Neurosciences, Nerve-Muscle Unit, Lausanne University Hospital CHUV and University of Lausanne* (4) *Pain Clinic, Valais Hospital, Martigny, Switzerland* (5) *Neurology Division, Geneva University Hospital, Geneva, Switzerland* (6) *Wyss Center for Bio and Neuroengineering, Geneva, Switzerland*

Chronic pain is a major health problem with a significant impact on quality of life. In addition, complete pain relief is usually not achieved with analgesic therapy based on clinical criteria. Yet, considering physiological mechanisms underlying pain would allow more tailored and presumably more efficient treatment. Chronic pain is characterized by decreased cortical inhibition and lower GABAergic signaling in pain regulating areas that correlate with pain intensity. Most pain-related EEG studies so far focus on gamma activity, while the few existing results on beta activity are contradictory. Therefore, this observational multiple case study aimed at evaluating beta waves in chronic pain patients. Adult right-handed males with chronic (≥ 6 months) lower-limb peripheral neuropathic pain and healthy controls were submitted to individual questionnaire, clinical examination and a 20-minute, eyes-closed, resting-state EEG session (64-electrode BIOSEMI recording system). Data preprocessing and frequency analysis (only in trials displaying posterior alpha activity (8–13 Hz) as a criterion for wakefulness) were performed using MATLAB programs (Fieldtrip toolbox). In total, 6 patients (68 ± 18 y) and 6 controls (54 ± 10 y) were included. Despite low pain levels (1.5 ± 1 of 10 on the visual analog scale), patients displayed lower beta (13–30 Hz) power than controls ($0.44 \pm 0.18 \mu V^2$ versus $1.16 \pm 1.0 \mu V^2$, $p=0.05$), consistent with previously reported pain-related

decrease in cortical GABAergic signaling. Surprisingly, however, patients with unilateral pain (n=3) displayed a focal beta peak in the fronto-temporal region ipsilateral to the painful side, contrary to patients with bilateral +/- symmetric neuropathic pain (n=3) and control subjects, who had prominent frontal beta activity without lateralization. Asymmetric beta power in patients with unilateral pain can be interpreted as pain-induced reduction in contralateral GABAergic activity, possibly associated with ipsilateral compensatory cortical reorganization (a probably less effective mechanism in bilateral pain), supporting the hypothesis of brain plastic changes occurring in chronic pain. However, these preliminary data need further confirmation.

Das Bereitschaftspotential als Indikator für Antizipation beim Sprecherwechsel

H. M. Müller *AG Experimentelle Neurolinguistik, Universität Bielefeld*

Beim Sprechen beginnen intentionale Prozesse des sprachlichen Verhaltens sowie regelgeleitete Vorgänge der Sprachplanung naturgemäß vor der eigentlichen Äußerung. Neben dieser Zusammenführung von beabsichtigtem Sprachverhalten und Spracherzeugungsregeln entstehen in einem Dialog zusätzliche Abhängigkeiten durch Reglements beim Sprecherwechsel (turn taking). Dialogpartner antizipieren dabei die bevorstehenden Turn-Enden des jeweiligen Sprechers, um den eigenen Turn möglichst effizient platzieren zu können, so dass es weder zu Überlappungen, noch zu allzu großen Pausen zwischen zwei Turns kommt. Experimentelle Untersuchungen in diesem Bereich der Gesprächslinguistik wurden bislang überwiegend mit verhaltensbasierten Methoden durchgeführt. In diesem Beitrag wird die Messung des motorischen Bereitschaftspotentials (BP) im

EEG als Möglichkeit vorgestellt, anhand der zeitlichen Struktur sprechmotorischer Planungsprozesse die Turn-Antizipationsleistung von Gesprächspartnern im Dialog zu erfassen. Erste Ergebnisse zeigen, dass 1) die Sprechplanung im EEG eindeutig anhand des BP zu detektieren ist und 2) beim Hörer bereits ca. 900 ms vor dem tatsächlichen Sprecher-Turn-Ende eigene motorische Sprechplanung detektiert werden kann. Im Unterschied zur Reaktionszeitmessung erlaubt das EEG somit die früheste Bestimmung des Zeitpunktes, bei dem der Hörer noch während des Parsings ein bevorstehendes Turn-Ende erwartet. Unabhängig von der bewussten und verzögerten Hörerreaktion im Reaktionszeitexperiment erlaubt das EEG die direkte Untersuchung des Sprecherwechsels anhand von vorbewussten Antizipationsprozessen.

“Big Data“ in neuroscience H. Witte *Institut für Medizinische Statistik, Informatik und Dokumentation, Universität Jena*

This talk starts with the introduction of the term 'big data' (BD) which is connected with the four V's: volume, velocity, variety, and veracity. On the basis of the hype cycle the status of BD developments is discussed. Thereafter, the relationship between modern neuroscience and BD is elucidated. The conclusion is that the computation of functional interactions generates BD. The processing pipeline from BD to information, knowledge and action is briefly addressed. The challenges of BD can be tackled by different processing strategies. Four main directions of solutions can be identified: (1) By utilizing advanced computer technologies, (2) mathematical dimension reduction techniques, (3) new analysis and classification approaches, and (4) modeling. Advanced computer technologies such as GPU-accelerated computing (GPU-graphics processing

unit) and Apache Spark cluster computing help to tackle the volume of data. The computation of time-frequency maps of directed interactions between M recording sites (for one trial, subject, situation) produces a data dimension of $M \cdot (M - 1) \cdot N \cdot F$, where N is the number of sampling points and F is the number of frequency bins. Tensor decomposition and graph theoretical approaches (e. g. community tracking) are helpful to reduce the dimension of time-variant data. Machine learning, deep learning and multi-level analysis are approaches to analyze BD. The connection between structural and functional connectivity can be established by using advanced analysis, modeling and simulation concepts. The variety of data requires data integration concepts and data veracity can be solved by using imputation and modeling concepts. All these technological and mathematical concepts need to mesh together as tightly as possible.

Konnektivitätsanalysen auf der Basis räumlich hochaufgelöster Daten L. Leistritz, B. Pester, C. Schmidt & H. Witte *Institut für Medizinische Statistik, Informatik und Dokumentation, Universität Jena*

Die Quantifizierung von gerichtetem Informationstransfer zwischen interagierenden Regionen des menschlichen Gehirns stellt gegenwärtig eine sehr bedeutsame Fragestellung in den Neurowissenschaften dar, deren Beantwortung neue Erkenntnisse zur normalen und gestörten Hirnfunktion sowie bei der Beurteilung von Krankheits- und Therapieverläufen erbringen kann. Die fortschreitende Verbesserung und Optimierung der Verfahren zur Registrierung von Hirnaktivität ist dabei notwendigerweise mit der Entwicklung und Anwendung neuer, daran angepasster Analyseverfahren verbunden. Ein fundamentales Problem

stellt dabei die Identifikation von funktioneller Konnektivität zwischen sehr vielen räumlich verteilten Prozesskomponenten dar. Mit dem large scale Granger Causality Index (lsGCI) ist unlängst eine Methodik entwickelt worden, die es ermöglicht, gerichtete Interaktionen auf der Grundlage von sehr hochdimensionalen Zeitreihen zu untersuchen. Im Falle von fMRT-Daten mit Tausenden von Voxeln (Netzwerkknoten) bedeutet dies, dass Millionen von gerichteten Interaktionen (Netzwerkkanten) simultan betrachtet werden, was eine enorme Datenmenge auf Ergebnisebene darstellt. Die Vielzahl dieser Daten und deren Komplexität erfordern schließlich geeignete Verfahren zur der Weiterverarbeitung und Visualisierung. Ergebnisse von Konnektivitätsuntersuchungen können formal als Netzwerke (Graphen) betrachtet werden. Ausgehend von Ruhe-fMRT-Daten wird demonstriert wie graphentheoretische Verfahren dazu beitragen können, die in Konnektivitätsmaßen enthaltene Information bis hin zur statistischen Analyse zu verarbeiten. Das Hauptaugenmerk wird dabei auf die Identifikation von Netzwerkknoten gerichtet, die ähnliche Verbindungseigenschaften innerhalb des Netzwerkes haben. Hierfür können Verfahren zur Communitydetektion verwendet werden, welche letztlich eine Einteilung funktionell ähnlicher Netzwerkknoten in Cluster ermöglichen. Diese Cluster erlauben zusammen mit der anatomischen Lokalisation der Knoten eine dreidimensionale funktionelle Segmentierung des Gehirns.

Data organisation in neuroimage centers Daniel Güllmar (1), Karl-Heinz Herrmann (1), Jürgen R. Reichenbach (1,2) (1) *Medical Physics Group, Institute of Diagnostic and Interventional Radiology, University Hospital Jena, Germany* (2) *Michael Stifel Center for Data-driven and Simu-*

*lation Science Jena, Friedrich Schiller University
Jena, Jena, Germany*

Nowadays, the accruing data volume generated in modern neuroimaging centers adds up to several gigabytes on a daily basis, which is recorded in different research projects. Besides pure biomedical imaging data (MRI, CT, etc.) an increasing number of complementary data from other modalities (EEG, pulse, ECG, etc.) as well as Meta data are generated in various experiments. The structured, safe und flexible storage and administration of such research data represents one of the greatest challenges, which needs to be addressed in neuro imaging centers. At the Werner-Kaiser-MRT-Forschungszentrum in Jena we developed a storage concept build on several storage stages, which offers efficient (memory preserving), flexible (easy to extend) and simple data storage, usage and maintenance. The first stage provides modality specific import and storage of primary research data. The data processing within this stage is performed fully automatically. The second stage comprises mainly anonymization functions. Additionally, modality and data specific pre-processing steps can be integrated in this stage. The main reasons for these two separate stages are different security needs (access to the primary/first stage only for administrators), the reproducibility of preprocessing steps and different priorities for data backup. Furthermore, this storage gradation allows the safe integration of external source comprising sensible data (e. g. hospital PACS system). The dichotomy (primary/secondary) should be used if a center directly generates the data, otherwise both stages can be integrated into one. The third storage stage serves as working storage. Data from the second storage stage are assigned and joined into different projects. This data fusion can be realized by structured extraction of the data

from the second stage, but doubles the amount of data. The generation of (human readable) link structures or the direct access of analysis software on data in the second storage stage is substantially more memory preserving. This multi stage storage approach can be translated on a variety of data intense research areas, especially in the field of biomedical sciences. The distribution of the different stages on different hardware entities increases the amount of flexibility and data reliability.

Announcements — Ankündigungen

26. Deutsches EEG/EP Mapping Meeting 26th German EEG/EP Mapping Meeting

Conference language is German; English contributions (oral or poster) will be accepted.

Übersichtsvorträge/Lectures

N. Jaušovec (Maribor, Slovenien) Neurobiologische Grundlagen der Intelligenz.

H. M. Müller (Bielefeld) Technikmetaphern zur Erklärung der Hirnfunktion.

Symposien/Workshops

P. Milz & T. Fehr (Zürich/Bremen) Einfluss individueller mentaler Strategien auf lokale dynamische Hirnprozesse.

Anmeldeinformationen

Tagungsstätte Schloss Rauschholzhausen

Datum 3. bis 5. November 2017

Anmeldeschluss 15. August 2017

Information und Anmeldung <http://www.med.uni-giessen.de/physio/>