

## **Wie Menschen über andere nachdenken**

Rainer Bösel, Freie Universität Berlin

### Vorbemerkungen und Problemstellung

Für Hubert Rohracher war die Elektroenzephalographie (EEG) eine der wichtigsten psychologischen Untersuchungsmethoden. Damit inspirierte er nicht nur seine unmittelbaren Mitarbeiter, sondern auch viele Schüler, die durch seine Veranstaltungen zu einschlägiger Forschung angeregt wurden, ohne dass sie mit ihm direkten Kontakt pflegen konnten. Zu dieser Gruppe gehörend möchte ich im Folgenden über Weiterentwicklungen der von Hubert Rohracher ursprünglich angewandten, frequenzbasierten EEG-Analyse berichten.

Das psychologische Problemfeld, an Hand dessen die neueren EEG-Methoden beschrieben werden sollen, ist das Nachdenken über andere. Dieses Thema ist nicht so sehr mit einem Forschungsgebiet Rohrachers, sondern eher mit dem Anlass unseres Symposiums assoziiert. Annahmen und Urteile über Gedanken und Gefühle anderer Personen werden auch als subjektive „Theorie des Geistes“ bezeichnet. Derartige Annahmen und Zuschreibungsurteile bilden die Voraussetzung dafür, letztlich einen Sachverhalt aus dem Blickwinkel anderer zu sehen (Perspektivenübernahme).

Die Perspektivenübernahme gelingt in der Regel leicht, wenn viel Wissen über die andere Person existiert und ist bei großen sozialen oder kulturellen Unterschieden schwierig. Wir wissen, dass es manchen Personen oft an einschlägigem Wissen und Übung mangelt und dass es auch Pathologien gibt, die eine Perspektivenübernahme erschweren. Welche Hirnmechanismen sind bei der „Theorie des Geistes“ beteiligt?

### Untersuchungsanordnung „Vorstellen“

Eine erste Untersuchungsanordnung zu sozialen Vorstellungen soll die verwendete frequenzbasierte EEG-Methodik einführen und deren Nutzen veranschaulichen. Die Studie dazu wurde in Kooperation mit Sascha Tamm und Daniela Möller aus unserer Arbeitsgruppe durchgeführt. In dieser Untersuchung wurden im EEG-Labor 15 Personen gebeten sich vorzustellen, wie jemand eine einfache Tätigkeit ausführt, z.B. einen Rucksack packt. Insgesamt wurden 7 verschiedene Handlungen vorgegeben und jedes Mal sollte ein möglichst anschauliches Vorstellungsbild hergestellt werden (so genannte mentale Simulation). Zunächst wurde dies für die eigene Person gefordert; dann sollte man sich seinen

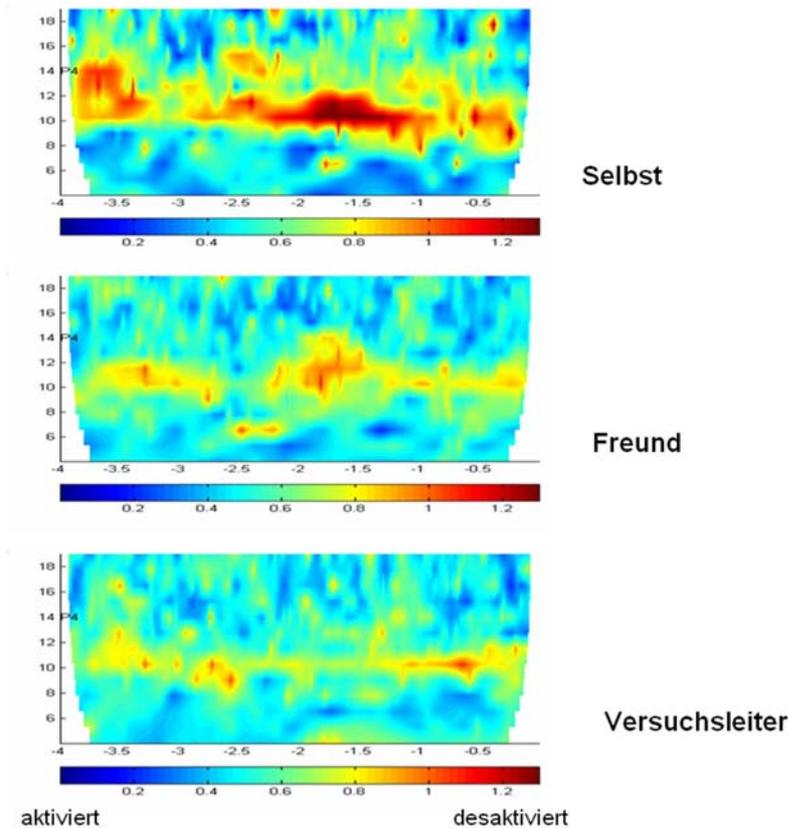
besten Freund vorstellen, wie er die Handlung ausführt, und schließlich wurde die Vorstellung für den nicht näher bekannten Versuchsleiter gefordert. Ein Tastendruck signalisierte das Gelingen des Vorstellungsbildes. Die Lokalisierung von funktioneller Spezialisierung in den Netzwerken der Großhirnrinde erfolgt offenbar nach einfachen Gesetzmäßigkeiten. Insbesondere für die Quadranten (rechts/links, frontal/parieto-temporal) ist eine für die meisten Menschen gültige, funktionelle Aufteilung durch viele Untersuchungen belegt (vgl. z.B. Bösel, 2006). Diese lässt sich durch eine merkmalsbezogene Verarbeitung rechtshemisphärisch und eine symbolische links charakterisieren, bzw. durch eine wissensbasierte in parieto-temporalen Regionen und entsprechende Kontrollfunktionen frontal.

Mentale Simulationen der beschriebenen Art beanspruchen den Scheitellappen (inferior parietal) der rechten Großhirnrinden-Hemisphäre (Ruby & Decety 2001). Je nach dem Ausmaß der subjektiven Schwierigkeit erfolgt also eine mentale Simulation entweder unter Aktivierung des Scheitellappens oder automatisiert und dann begleitet von parietaler Ruheaktivität.

Während der Versuche wurde das EEG aufgezeichnet. Die Auswertung erfolgte gesondert für jeden Vorstellungsverlauf, der sich meist über einige Sekunden erstreckte, und zwar unter Verwendung einer neu entwickelten Methode zur Kurzzeitfrequenzanalyse (S-Transformation; Tamm 2005). Mit Hilfe der S-Transformation ist es möglich, Frequenzanteile innerhalb kleiner Zeitbereiche zu untersuchen, wobei die Frequenzschätzung durch die Verwendung verschieden großer Zeitfenster für verschiedene Frequenzen optimiert werden kann.

Da sich Ruheaktivität in Arealen der Großhirnrinde im Alpha-Frequenzband des EEG abbildet, wurde die Alpha-Aktivität als Indikatorfrequenz im EEG herangezogen („frequency of interest“). An Hand dieser Indikatorfrequenz wurde anschließend der kritische Zeitbereich ermittelt („time of interest“), wo in den Mittelwertdiagrammen der größte Unterschied zwischen den Bedingungen (Selbst, Freund, Versuchsleiter) auftrat. Das war der Fall im Zeitbereich zwischen 2 und 1.5 s vor dem Tastendruck, der anschließend die gelungene mentale Simulation signalisierte (Fig. 1). Für einige der Vorstellungsaufgaben ist sogar eine Abstufung zwischen Selbst (Ruheaktivität), Freund (weniger Alpha) und Versuchsleiter (fast vollständige Alpha-Unterdrückung) zu erkennen.

P4, n= 15



**Fig. 1 Zeitverlauf beim Vorstellen von Handlungen .** Stelle Dir vor, wie jemand (Du selbst, Dein bester Freund, ein Versuchsleiter) einen Rucksack packt. Dargestellt ist der EEG-Verlauf für die Zeit von 4 s vor bis zur Antwortabgabe an einem Ableitort rechts inferior parietal (P4). Etwa auf halber Höhe der Bilder ist das Alpha-Band zu erkennen (ca. 10 Hz; Desaktivierungen im Bild hell, nur die maximalen Alphawerte erscheinen dunkel). Maximale Bedingungsunterschiede 2-1.5 s vor Antwortabgabe.

### Untersuchungsanordnung „Urteilen“

Sozialrelevante Situationen sind durch Interaktionen zwischen mehreren Personen gekennzeichnet. Zwar erfordern Urteile darüber auch eine Vorstellung darüber, wie sich andere Personen verhalten werden, beziehen sich jedoch in der Regel auf komplexere Sachverhalte als die in der eben beschriebenen Anordnung untersuchten. Interaktionen zwischen Personen werden meist in Form von sozialen Geschichten vermittelt, die mehr oder weniger leicht zu beurteilen sind.

Um die Hirnaktivität beim Beurteilen sozialer Situationen analysieren zu können, wurden für eine weitere Untersuchung kurze Geschichten konstruiert, die unterschiedlich leicht zu verstehen waren. Diese Untersuchung erfolgte in Kooperation mit Milena Reisen und auch wieder mit Sascha Tamm aus unserer Arbeitsgruppe. 21 Geschichten wurden 49 Schülern im Alter von 15-18 Jahren zur Beurteilung vorgelegt. Je sieben Geschichten waren

eindeutig leicht bzw. schwer zu beurteilen. Die restlichen wurden verworfen. Im folgenden wird je ein Beispiel für die ausgewählten Geschichten vorgestellt.

Leichte Geschichte: Max ist ein selbstbewusster und begeisterter Fußballspieler. Seit er den Verein gewechselt hat, sitzt er bei den Spielen häufig auf der Ersatzbank. - Der Trainer sagt zu Max kurz vor Ende eines Spiels, dass er sich für die Einwechslung bereit machen soll. Max antwortet, dass *er jetzt nicht mehr spielen will*. Warum sagt er das?

Schwierige Geschichte: Sarah und ihre beste Freundin sind seit klein auf unzertrennlich. Sarah ist in Ben verliebt und ihre Freundin soll herausfinden, ob Ben ebenfalls an Sarah interessiert ist. - Ben gesteht Sarahs Freundin, dass er statt in Sarah in sie verliebt ist. Sarahs Freundin erzählt ihr, dass *er ein Idiot ist und sie ihn vergessen soll*. Warum sagt sie das?

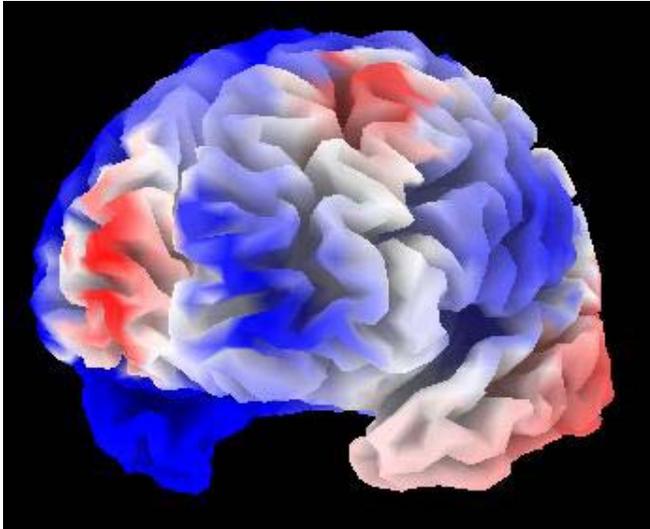
Aufgaben dieser Art erfordern vom Leser eine Evaluation des Textzusammenhangs. Eine solche Evaluation beansprucht den Stirnlappen (medial frontal) der linken Großhirnhemisphäre (Gallagher u.a. 2000). Je nach dem Ausmaß der subjektiven Schwierigkeit sollte die mentale Evaluation unter Aktivierung des Stirnlappens oder automatisiert begleitet von frontaler Ruheaktivität erfolgen. Da sich Ruheaktivität im Alpha-Frequenzband des EEG abbildet, wurde auch in der folgenden Untersuchung entsprechend der bereits berichteten Analyse die Alpha-Aktivität als Indikatorfrequenz im EEG herangezogen.

Wir baten 15 neu angeworbene Schüler ins EEG-Labor und präsentierten ihnen die ausgewählten 14 Geschichten in zufälliger Reihenfolge auf einem Bildschirm. Der jeweils letzte Halbsatz jeder Geschichte musste, wenn der Anfang der Geschichte verstanden war, durch einen Tastendruck aufgerufen werden. Mit diesem Tastendruck wurde auch die EEG-Aufzeichnung gestartet und lief so lange, bis die abschließende Frage mündlich beantwortet wurde.

Für die Auswertung des EEGs wurde als Kenngröße die über leichte bzw. schwierige Aufgaben gemittelte Alpha-Aktivität bei 10.7 Hz gewählt. Geringe Aktivität wurde als Kennzeichen hoher Beanspruchung gewertet; dies wurde für schwierige Aufgaben im Vergleich zu leichten erwartet. In dieser Untersuchung war keine ereignisbezogene Auswertung möglich. Im Vordergrund stand weniger der Zeitverlauf als vielmehr die Lokalisation der cerebralen Beanspruchung in verschiedenen Regionen der Großhirnrinde. Die mit Hilfe einer Frequenzanalyse ermittelten Daten wurden mit einem speziellen Verfahren topographisch verortet (LORETA; Pascual-Marqui u.a. 2002).

Der LORETA-Algorithmus zur EEG-Auswertung verrechnet die Daten so gegeneinander, dass sie die EEG-Variationen in einem räumlichen Koordinatensystem

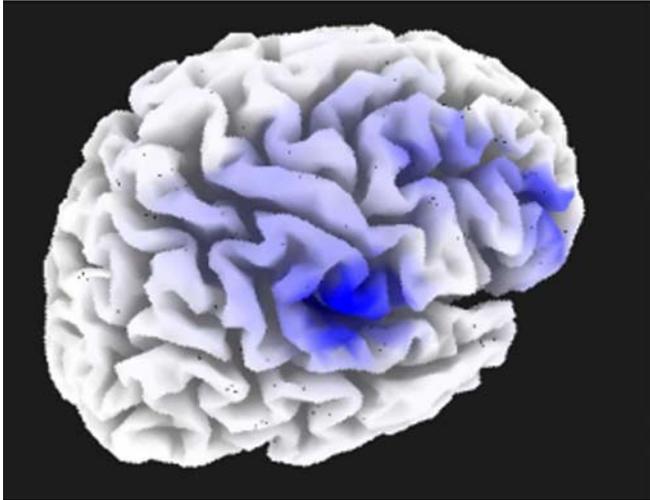
wiedergeben und prüft mit einem speziellen statistischen Verfahren die Auslenkungen auf wechselseitige Bedeutsamkeit. Die im Folgenden gezeigten LORETA-Darstellungen zeigen das Ausmaß der statistischen Bedeutsamkeit von EEG-Variationen.



**Fig. 2 Zusammenhangs-Verständnis beim Beurteilen von Geschichten.** Eben wurde eine Geschichte über eine sozial handelnde Person gelesen. Für die Handlung soll ein Grund angegeben werden. Dazu muss die Geschichte verstanden werden, also ein Zusammenhangs-Verständnis aufgebaut werden. Dargestellt ist das Ausmaß der Alpha-Unterdrückung (Differenzen zwischen den Bedingungen als Maß für Aktivierung, im Bild dunkel) auf der Großhirnrinde. Die Ansicht auf das Gehirn erfolgt hier von links vorne. Maximale Aktivierung kann links medial frontal beobachtet werden.

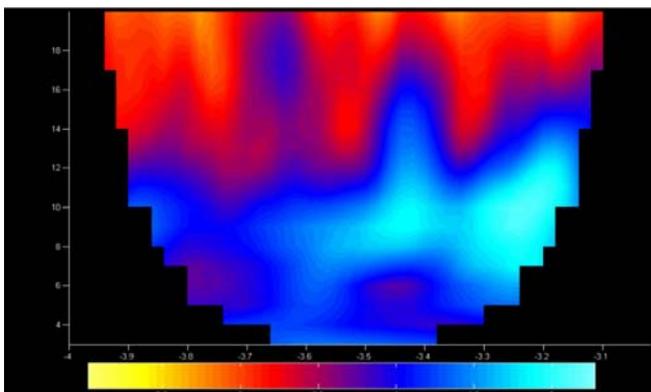
Wie vermutet, zeigt sich bei der Beantwortung schwieriger Aufgaben im Vergleich zu leichten eine deutliche Reduktion der EEG-Ruheaktivität im medialen Frontalcortex (Fig. 2). Dieses Ergebnis kann als erschwertes symbolisches Zusammenhangs-Verständnis bei den schwierigen sozialrelevanten Geschichten gedeutet werden. Darüber hinaus sind nach dem LORETA-Bild mindestens zwei weitere Hirnregionen beim Nachdenken über die präsentierten Geschichten auffällig: der obere Teil des Schläfenlappens links und der inferiore Scheitellappen rechts.

Der obere Teil des Schläfenlappens entspricht dem dort zu lokalisierenden Sprachareal, das bei der Verarbeitung von sprachlichem Material immer aktiv ist. Die Aktivität im inferioren Scheitellappen liegt nicht genau an der Stelle, die in der Untersuchungsanordnung zum „Vorstellen“ aktiv war, sondern etwas weiter unten im so genannten parieto-temporalen Übergangsgebiet (Fig. 3). Dieses ist üblicherweise aktiv, wenn Unterscheidungen zwischen eigenen und fremden Handlungen erfolgen sollen (Saxe & Kanwisher 2003). In der vorliegenden Anordnung kann es als Begleiteffekt bei der mentalen Simulation von Handlungen anderer Personen aufgefasst werden.



**Fig. 3 Simulation von Handlungen beim Beurteilen von Geschichten.** Dargestellt ist das Ausmaß der Alpha-Unterdrückung (Differenzen zwischen den Bedingungen als Maß für Aktivierung, im Bild dunkel) auf der Großhirnrinde. Die Ansicht auf das Gehirn erfolgt hier von rechts hinten. Maximale Aktivierung kann im parieto-temporalen Übergangsgebiet rechts beobachtet werden.

Für die bisher genannten, vor schwierigen sozialen Urteilen aktiven Verarbeitungsorte wurde eine Nachanalyse zum zeitlichen Maximum der jeweiligen Alpha-Unterdrückung vorgenommen. Dies erfolgte mit der für die erste Untersuchung erklärten Methode und erlaubte eine Rekonstruktion des zeitlichen Ablaufs für den gesamten Prozess. Danach tritt sehr früh, bereits mit der Aktivierung der *Sprachareale*, auch eine Aktivierung des *Zusammenhangs-Verständnisses* auf. Diese erreicht 4 bis 3 s vor Antwortbeginn ihr Maximum (s. Fig. 4). Der Abschluss von Imaginationsprozessen im Zusammenhang mit der *Simulation von Handlungen anderer Personen* liegt später, nämlich 2 bis 1.5 s vor Antwortbeginn (s. auch erste Untersuchung).



**Fig. 4 Zeitverlauf für das Zusammenhangs-Verständnis beim Beurteilen von Geschichten.** Dargestellt ist der EEG-Verlauf für die Zeit von 4 s vor bis 3 s vor Antwortabgabe an einem Ableitort links medial frontal (F3). Etwa auf halber Höhe der Bilder ist das Alpha-Band zu erkennen (ca. 10 Hz). Maximale Alpha-Unterdrückung (im Bild hell) ca. 3.5-3 s vor Antwortabgabe.

## Fazit

Wir müssen davon ausgehen, dass eine große Anzahl von Hirnfunktionen beim sozialen Wahrnehmen, Denken, Urteilen und Handeln beteiligt ist. Zu den hier erwähnten Funktionen treten andere, die mit sozialer Wahrnehmung, moralischem Wissen, Selbstwissen, schlussfolgernden Denken und nicht zuletzt mit Affektivität zu tun haben. Bildgebende Verfahren können mithelfen, diese Komponenten sichtbar zu machen. Die Elektroenzephalographie kann helfen, den zeitlichen Verlauf von sozialrelevanten Verarbeitungsprozessen und damit die Wechselwirkung der Komponenten zu analysieren. Damit können die EEG-Methoden, denen Hubert Rohracher so viel Vertrauen entgegenbrachte, künftig vielleicht sogar einen Beitrag leisten, wenn Menschen zu lernen versuchen, mehr Verständnis und Rücksichtnahme füreinander aufzubringen.

- Bösel R (2006) Das Gehirn. Eine funktionelle Anatomie für die Psychologie. Stuttgart: Kohlhammer.
- Gallagher HL, Happé F, Brunswick N, Fletcher PC, Frith U, Frith CD (2000) Reading the mind in cartoons and stories: an fMRI study of 'theory of mind' in verbal and nonverbal tasks. *Neuropsychologia* 38, 11-24.
- Pascual-Marqui RD, Esslen M, Kochi K, Lehmann D (2002) Functional imaging with low resolution brain electromagnetic tomography (LORETA): a review. *Methods & Findings in Experimental & Clinical Pharmacology* 24C, 91-95.
- Ruby P, Decety J (2001) Effect of subjective perspective taking during simulation of action: a PET investigation of agency. *Nature Neuroscience* 4, 546-550.
- Saxe, R. & Kanwisher, N. (2003). People thinking about thinking people. The role of the temporo-parietal junction in „theory of mind“. *NeuroImage* 19, 1835-1842.
- Tamm S (2005) Hochaufgelöste Zeit-Frequenz-Analysen ereigniskorrelierter EEG-Oszillationen mittels S-Transformation. Digitale Dissertation Freie Universität Berlin. <http://www.diss.fu-berlin.de/2005/252/index.html>.