

Rainer Goebel

## Einblicke ins Gehirn



Geboren 1964 in Fulda. Studium der Psychologie und Informatik in Marburg. 1990–1994 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TU Braunschweig am Lehrstuhl von Prof. Dirk Vorberg. 1995 Promotion über ein oszillatorisches neuronales Netzwerk-Modell zur Simulation von visueller Aufmerksamkeit und perceptiver Organisation. Seit 1994 wissenschaftlicher Mitarbeiter in der von Prof. Wolf Singer geleiteten Abteilung für Neurophysiologie am Max-Planck-Institut für Hirnforschung in Frankfurt am Main, seit 1996 dort Leitung einer Arbeitsgruppe für funktionelle Magnetresonanztomographie und Magnetoenzephalographie. 1993 Heinz-Maier-Leibnitz-Förderpreis auf dem Gebiet der Kognitionsforschung für eine Arbeit über das „Bindungsproblem“, vergeben vom Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft. 1994 Heinz-Billing Preis zur Förderung des wissenschaftlichen Rechnens für die Entwicklung eines Softwarepakets zur Simulation neuronaler Netzwerke, vergeben von der Max-Planck-Gesellschaft. Veröffentlichungen in Fachzeitschriften, Buch: *Visuelle Aufmerksamkeit und perceptive Organisation: Eine Integration neurobiologischer und psychologischer Befunde durch ein neuronales Netzwerk-Modell*. Göttingen: Hogrefe (im Druck). Hauptarbeitsgebiete: visuelle Informationsverarbeitung, neuronale Netzwerkmodelle, Softwareentwicklung für fortgeschrittene Auswerteverfahren von Daten aus bildgebenden Verfahren, Einsatz bildgebender Verfahren zur Untersuchung von bewußten und unbewußten kognitiven Leistungen. – Adresse: Max-Planck-Institut für Hirnforschung, Deutschordensstraße 46, 60528 Frankfurt/Main.

Mein Interesse an der Arbeitsweise des Gehirns wurde während meiner Oberstufenzeit durch die Lektüre des Buches *Denken, Lernen, Vergessen* von Frederic Vester geweckt. Ich war fasziniert von der Darstellung des Aufbaus und der Funktion des menschlichen Gehirns: Milliarden Nerven-

zellen, über Synapsen zu komplexen Netzwerken verschaltet – Grundlage aller kognitiven Vorgänge! Der Gedanke, daß unzählige „kleine Blitze“ im Gehirn – so stellte ich mir die Aktivität der Nervenzellen vor – das Substrat unserer Gedanken, Erinnerungen und Gefühle sein sollten, erschien mir unfaßbar: Wie sollte dieses Chaos in der Lage sein, *ganzheitliche* Wahrnehmungen, Vorstellungen und Gedanken hervorzubringen?

In den letzten Jahren habe ich versucht, auf diese damals in mir geweckten Fragen Antworten zu finden. Als Methode wählte ich im Rahmen meiner Promotion die Erstellung und Simulation neuronaler Netzwerkmodelle zur visuellen Informationsverarbeitung. Auch wenn die von mir entwickelten Modelle als extreme Simplifizierungen hochkomplexer neuronaler Prozesse angesehen werden müssen, so helfen sie doch, konkretere Vorstellungen über die vielfältigen Interaktionen innerhalb und zwischen modular organisierten Zellverbänden zu entwickeln. Ja, man glaubt sogar zu erahnen, wie komplexe kognitive Leistungen als emergente Eigenschaften der gleichzeitigen Aktivität vieler einfacher Zellen entstehen können. Meine Netzwerkmodelle wurden zunehmend neurobiologisch inspiriert, insbesondere durch Befunde, die gezeigt hatten, daß kognitive Prozesse auf der Aktivität ausgedehnter Hirnregionen und auf einer massiv parallelen Informationsverarbeitung beruhen. So gibt es beispielsweise Hirnareale, die auf die Analyse von Bewegung, Farbe oder Form spezialisiert sind. Da das Gehirn stets mit Reizeindrücken von mehreren Objekten beschäftigt ist, wurde die Frage immer wichtiger, auf welche Weise hochgradig verteilte Nervenzellpopulationen zu kohärenten und funktionell wirksamen Verbänden integriert werden können. Als Lösung für dieses sogenannte „Bindungsproblem“ wurde die These vorgeschlagen, daß sich Nervenzellen innerhalb und zwischen Hirnarealen durch Millisekunden präzise Synchronisationen ihrer Antworten zu Zellensembles zusammenschließen. Diese „zeitliche Kodierung“ ermöglicht es, daß mehrere kohärente Ensembles nebeneinander koexistieren können. In den letzten zehn Jahren sind zahlreiche physiologische Studien durchgeführt worden, deren Ergebnisse mit dieser These der synchronen Oszillationen kompatibel sind. Diese Befunde hatten meine Bemühungen sowie die zahlreicher anderer Forscher weltweit nachhaltig beeinflußt.

Während meiner Zeit am Wissenschaftskolleg konnte ich die in diesem Rahmen durchgeführten Studien in dreierlei Hinsicht vertiefen. Zum einen durch die Zusammenarbeit mit meinem Kollegen Andreas Engel – einem der Pioniere der erwähnten physiologischen Studien zum Bindungsproblem. Obwohl wir seit mehreren Jahren am gleichen Institut arbeiten, entwickelte sich erst während der gemeinsamen Zeit in Berlin eine wirklich intensive Zusammenarbeit. Zum anderen wurde es mir ermöglicht, zusammen mit Andreas Engel einen Workshop zu diesem

Thema zu organisieren (siehe gesonderten Seminarbericht). Schließlich fand ich die Zeit, ein Buch fertigzustellen, daß ich auf der Grundlage meiner Promotion begonnen hatte, aber in Frankfurt bis dato nicht beenden konnte.

Neben diesen theoretischen Studien wurde für mich die experimentelle Arbeit mit neuen bildgebenden Verfahren in den letzten Jahren immer bedeutsamer, geben sie doch einen direkten Einblick in die Arbeitsweise des menschlichen Gehirns. Die Entwicklung und Anwendung nichtinvasiver Techniken zur Darstellung aktiver Hirnbereiche beim Menschen sind in den letzten Jahren zu einem wichtigen Bestandteil der kognitiven Neurowissenschaft geworden. Die beiden wesentlichsten dieser Techniken, um neuronale Vorgänge am Menschen zu beobachten, sind zum einen die Ableitung elektrischer oder magnetischer Signale von der Schädeloberfläche, insbesondere die Elektroenzephalographie (EEG) und die Magnetoenzephalographie (MEG) und zum anderen die tomographische Bildgebung metabolischer Vorgänge wie die Positronenemissionstomographie (PET) und die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT). Oberflächenableitungen (EEG, MEG) liefern ein zeitlich hochaufgelöstes Signal im Millisekundenbereich, lassen aber nur indirekte und räumlich ungenaue Schlüsse auf die Lokalisation neuronaler Aktivität zu. Die tomographischen Verfahren PET und fMRT erlauben eine weitaus präzisere räumliche Zuordnung aktiver Hirnbereiche im Bereich von 2–3 mm (fMRT) bzw. ca. 8 mm (PET). Das gemessene Signal ist hier aber nur indirekt an die elektrischen neuronalen Prozesse gekoppelt und zeitlich gering aufgelöst. Die integrative Verwendung beider Verfahren verspricht Vorteile, da die Stärken der jeweiligen Methode – die zeitliche oder räumliche Auflösung – kombiniert werden können. Über eine geeignete Kombination beider Techniken konnte ich mit Prof. Scherg aus Heidelberg diskutieren, der für einige Tage als Gast am Kolleg weilte.

Während der Zeit in Berlin gelang es mir nun endlich, eine Vielfalt von Daten auszuwerten, die aus Experimenten mit bildgebenden Verfahren zuvor in Frankfurt erhoben worden waren. Diese umfaßten u. a. Studien zur illusionären Wahrnehmung von Konturen und Bewegungen, Experimente zur Generierung visueller Vorstellungen und Experimente zum visuellen Kurzzeitgedächtnis. Als ein weiteres Beispiel seien fMRT-Messungen zum „Blindsehen“ (blindsight) genannt. Dieser anscheinend paradoxe Begriff wurde für bestimmte Patienten mit Verletzungen im primären visuellen Kortex (Area V1) eingeführt. Da dieses Areal der Hauptzugang für die visuelle Informationsverarbeitung in die Hirnrinde darstellt, sind Personen mit Läsionen in diesem Areal „kortikal blind“. Da das primäre Sehsystem ein zweidimensionales Abbild des Gesichtsfeldes enthält, beschränkt sich diese Blindheit auf jenen Raumausschnitt, der von

der Läsion betroffen ist. Zeigt man Reize im blinden Bereich des Gesichtsfeldes, so berichten diese Patienten entsprechend ihrer Läsion, daß sie nichts sehen. Fordert man sie auf zu raten, ob und wo zu einem gegebenen Zeitpunkt ein Reiz gezeigt wurde, beteuern sie nachhaltig, daß sie dies nicht sagen können, da sie ja wirklich nichts sähen. Wenn man sie trotzdem dazu bringt zu raten, so findet man, daß sie doch weit überzufällig richtig antworten. Blindsightige Probanden sind also blind, was das *bewußte Sehen* angeht, sie haben aber ein gewisses *unbewußtes Sehvermögen*. In Zusammenarbeit mit Frau Prof. Stoerig konnten wir mit der funktionellen Magnetresonanztomographie nachweisen, daß bei Präsentation von Reizen im „blinden“ Gesichtsfeld eine starke Aktivierung in höheren visuellen Arealen zu finden ist, bei gleichzeitigem Fehlen jeglicher Aktivierung im primären visuellen Kortex. Die Information muß also über „Umwege“ zu höheren Arealen gelangt sein. Es ist bekannt, daß es schwache Verbindungen gibt, die von der Netzhaut im Auge über Umschaltstellen im Mittelhirn direkt zu höheren visuellen Arealen der Hirnrinde führen – diese Bahnen umgehen sozusagen den primären visuellen Kortex. Da diese „Umwege“ jedoch nur aus vergleichsweise wenigen Faserbündeln bestehen, hatten wir allenfalls eine schwache Aktivierung in der Hirnrinde erwartet. Eine geringe Aktivierung wäre auch kompatibel mit der These gewesen, daß eine nur schwache Aktivierung nicht zur bewußten Wahrnehmung führt. Wir waren jedoch verblüfft, daß der Grad der gefundenen Aktivierung genauso hoch war wie bei Präsentation von Reizen im intakten Gesichtsfeld. Dies führte zu der wichtigen Schlußfolgerung, daß Aktivierung in der Hirnrinde *nicht automatisch an bewußte Wahrnehmung gekoppelt* ist. Es muß also irgendeinen entscheidenden Unterschied in der Aktivierung höherer Areale geben, je nachdem ob diese über die normale Sehbahn erfolgt oder ob sie über alternative Bahnen dorthin gelangt. Was diesen Unterschied im Detail ausmacht, ist noch völlig offen. Die intensive Erforschung dieser Thematik könnte die Frage nach der Beziehung zwischen „Geist und Gehirn“ ein wenig erhellen.

Hätte ich diese Analysen nicht auch in Frankfurt durchführen können? Möglicherweise ja, aber sicher nicht mit der ausgezeichneten Unterstützung, die das Wissenschaftskolleg in jeder Hinsicht gewährt. Der bedeutendste Unterschied zu Frankfurt waren die zahlreichen fruchtbaren Gespräche und Diskussionen mit Insidern aber auch fachfremden Wissenschaftlern: Gerade der Versuch, fachkundigen Fellows meine Arbeit zu erläutern, führte dazu, daß ich mir über den einen oder anderen Punkt mehr Klarheit verschaffte. Durch das Bestreben, die Arbeit der anderen Fellows zu verstehen, lernte ich darüber hinaus, zahlreiche Fragen (nicht nur aus der Neurowissenschaft) aus einem mannigfaltigeren Blickwinkel heraus zu betrachten. Für diese Erfahrung bin ich vielen Fellows sehr

dankbar, insbesondere Eva Jablonka, Karl Corino, Eric Warrant, Andreas Engel, Raphael Ritz und Eckhart Schlicht. Mir wurde während meiner Zeit in Berlin auch schnell klar, daß ich anfangs einen großen Fehler begangen hatte: Wie konnte ich nur *freiwillig* meine Zeit auf 6 Monate beschränken? Daß es in Berlin interessant und anregend werden würde, hatte ich erwartet. Daß unsere Abreise Anfang April meiner Frau Claudia und mir aber so schwer fallen würde, war nicht abzusehen gewesen. Auch Eric's Whiskey konnte den „Wiko-Trennungsschmerz“ nicht heilen.