

# Theorie – Experiment – Simulation

## Eine neurowissenschaftliche Perspektive

Stefan Rotter

Computational Neuroscience Lab  
Bernstein Center Freiburg & Fakultät für Biologie  
Universität Freiburg, Germany



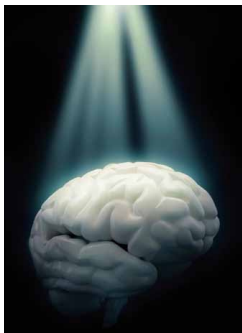
Die wissenschaftlichen Ziele des HBP  
aus neurowissenschaftlicher Perspektive  
(als kritische Einordnung)

## Disclaimer (Haftungsausschluss)

### Meine Einschätzung des HBP

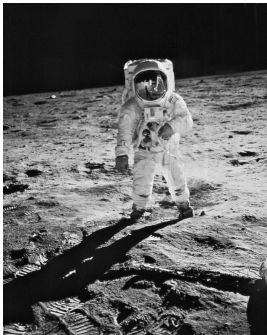
- ▶ ist subjektiv und geprägt von eigenen Erfahrungen
- ▶ basiert nicht auf Kenntnis von Details und Budget
- ▶ ist geprägt von Konkurrenz und Kooperation

Understanding the human brain is one of the greatest challenges facing 21st century science. If we can rise to the challenge, we can gain fundamental insights into what it means to be human, develop new treatments for brain diseases and build revolutionary new Information and Communications Technologies (ICT). In this report, we argue that the convergence between ICT and biology has reached a point at which it can turn this dream into reality.



The Human Brain Project. A Report to the European Commission. April 2012

Understanding the human brain is one of the greatest challenges facing 21st century science. If we can rise to the challenge, we can gain fundamental insights into what it means to be human, develop new treatments for brain diseases and build revolutionary new Information and Communications Technologies (ICT). In this report, we argue that the convergence between ICT and biology has reached a point at which it can turn this dream into reality.



The Human Brain Project. A Report to the European Commission. April 2012

Das HBP hat mehrere Ziele und muss viele Probleme gleichzeitig lösen:

1. **Organisation**

Großprojekt & Forschungsinfrastruktur

2. **Technologie**

Hardware & Software neuer Computer

3. **Wissenschaft**

Neurobiologie & Hirnforschung

4. **Medizin**

Verstehen & Heilen von Krankheiten

Neurowissenschaften und medizinische Anwendungen stehen nicht an erster Stelle.



Sind die Forschungsziele des HBP richtig gewählt und realistisch machbar?

Die Liste der Ziele im HBP ist umfassend und inhaltlich sehr breit. Das Konsortium ist groß und auf Zuwachs ausgelegt. Das HBP ist unter anderem auch eine **Förderorganisation**, welche die europäische Forschungsförderung auf dem Gebiet für die kommenden zehn Jahre wesentlich (mit-)bestimmen kann.

Das Zehnjahresprogramm ist anfangs konkret und in die Zukunft hinein naturgemäß eher spekulativ. Die anvisierten Fernziele sind sehr ehrgeizig, und es ist unwahrscheinlich, daß alle im Antrag skizzierten Ziele erreicht werden. Es geht eher um eine verbesserte **Forschungsinfrastruktur** für die Zukunft.

Die Suche nach dem Higgs-Teilchen in CERN war/ist getrieben durch klare theoretische Vorhersagen. Für die Funktion des Gehirns gibt es bis jetzt **keine Theorie**. Und schon gar keine, die mit all den vielfältigen Experimenten kompatibel ist. Es wäre möglicherweise interessanter gewesen, die Entwicklung so einer Theorie ins Zentrum des Projekts zu stellen.



## Computersimulation als Forschungsinfrastruktur

Ein System (hier: Gehirn), das man in all seinen Details verstanden hat, kann man mit einem Computer simulieren.



Ein System (hier: Gehirn), das man mit einem Computer simuliert, ist automatisch in all seinen Details verstanden.

Die Darstellung im Antrag nimmt an manchen Stellen die Verwechslung der beiden Aussagen in Kauf. Manch einer zieht daraus vielleicht falsche Schlüsse.

Bisher ist es nur gelungen, das Nervensystem eines Fadenwurms (302 Nervenzellen) vollständig zu kartieren.

Wie soll das beim Gehirn [des Menschen] gelingen – mit ca. 100 Milliarden Nervenzellen?

Vom Fadenwurm *C. elegans* kennt man tatsächlich alle 302 Neurone mit Namen, und alle chemischen Synapsen zwischen den Neuronen sind tabelliert. Man kennt aber z.B. nicht die elektrischen Synapsen, die vermutlich für die Funktion dieses kleinen Nervensystems auch von zentraler Bedeutung sind.

Um das Besondere eines individuellen Gehirns zu **simulieren**, muss es – Zelle für Zelle, Synapse für Synapse – vollständig kartiert werden. Das ist derzeit technisch nicht möglich. Um allgemeine Prinzipien der Funktionsweise von Gehirnen zu **verstehen**, braucht man eine abstrakte Vorstellung (Theorie), was von der Struktur der Netzwerke wichtig ist, und was nicht.

Eine solche reduzierte und abstrahierte Beschreibung nennt man ein **Modell**. Modelle gibt es in allen Naturwissenschaften, aber auch in anderen Wissenschaftsbereichen. Sie entstehen in einem kollektiven wissenschaftlichen Prozess, in dem sich Experimentatoren und Theoretiker gegenseitig herausfordern.

Ist eine Simulation des Gehirns überhaupt hilfreich?

Computersimulationen (von Teilen) des Gehirns können in jeder Phase des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses hilfreich sein:

1. **Exploration** des Verhaltens unbekannter Systeme
2. **Selektion** potentiell geeigneter Modelle
3. **Verifikation** einer Theorie und seiner Kompatibilität mit dem Experiment

In den Neurowissenschaften sind Computersimulationen seit langem ein essentielles Werkzeug im Dienst der Forschung. Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit der Simulationen sind missionskritisch.

Keinesfalls kann eine Computersimulationen das eigentliche Ziel der Forschung sein. Auch ist es nach Stand der Forschung nicht plausibel, warum das gesamte menschliche Gehirn simuliert werden muß. (Rechtfertigung neuer Supercomputer?)

Was können die intendierten Erkenntnisse tatsächlich zur Heilung von Hirnerkrankungen wie Parkinson, Alzheimer, Autismus einerseits und andererseits zur Entwicklung neuer Computer- bzw. Roboter-Technologien beitragen?

In dem Maße, wie auf der Basis von Modellen neue Einsichten in Funktionszusammenhänge entwickelt werden, kann dies selbstverständlich auch zu neuen Erkenntnissen über die Dysfunktion (= Krankheit) des Gehirns führen. Simulationen alleine (ohne theoretischen Unterbau) dürften hier aber nicht ausreichen.

Die Entwicklung neuartiger Hardware nach Vorbild biologischer Gehirne liegt nahe, setzt aber wiederum eine detaillierte Theorie für die Funktion des Gehirns voraus. Ein simples Kopieren der Bauteile dürfte hier wiederum nicht ausreichen.