

## Wie Menschen denken, dass Menschen denken Computational Neuroscience zur Modellierung menschlicher Kognition

Eine der ältesten Fragen der psychologischen Forschung ist es, wie wir Menschen eigentlich denken. In anderen Worten: wie entsteht unser Erleben, Handeln und Fühlen? Ein stetig wachsender Forschungsbereich mit immer neuen Methoden versucht dieser Frage auf den Grund zu gehen. Während die Anfänge in einfachen Verhaltensexperimenten und theoretischen Modellen lagen, bieten die rasant fortschreitenden technologischen Entwicklungen immer neue Möglichkeiten, dem menschlichen Denken auf den Zahn zu fühlen. Ziel dieser Zusammenfassung ist es, einen Überblick über die Entwicklung der kognitiven Forschung zu geben, um schließlich im jungen Feld der „Computational Neuroscience“ anzugelangen.

### 1. Kognitive Psychologie

Die ersten Versuche, menschliches Handeln und Denken zu verstehen und vorherzusagen entstammen der Psychologie. Zuerst stand die **behaviorale Psychologie**, die das menschliche Gehirn wie eine Blackbox ansah und behauptete, Verhalten sei eine direkte Konsequenz des sensorischen Inputs. Das wichtigste Konzept ist dabei die Konditionierung (Pawlow, Skinner). Diesem Ansatz tritt die **Kognitionspsychologie** entgegen, welche sich zum Ziel macht, die „Blackbox“ zu beforschen, um die zugrundeliegenden Mechanismen zu verstehen. Dafür begannen Forscher in den 1950er und 1960er Jahren, die menschliche Informationsverarbeitung zu modellieren. Sie stellten sich Fragen wie: Wie verarbeitet das Gehirn Informationen? Wie entstehen Gedanken und Emotionen? Ein wichtiger Schritt war es, verschiedene kognitive Funktionen (Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Emotionen) zu kategorisieren und zu differenzieren.

### 2. Kognitionswissenschaften („Cognitive Science“)

In den 1970er Jahren entstand die Cognitive Science als interdisziplinäres Feld. Psychologen, Linguisten, Informatiker und Philosophen arbeiteten zusammen, um die Mechanismen des menschlichen Geistes zu verstehen. Hier wurden Modelle entwickelt, um kognitive Prozesse zu beschreiben. Ein Beispiel ist das „Information Processing Model“, das die menschliche Informationsverarbeitung als Verarbeitungsschritte ähnlich einem Computer darstellte. So bestehen nun zahlreiche Modelle, die die unterschiedlichen kognitiven Funktionen (z.B. Gedächtnis, Emotionen, Sinneswahrnehmung,...) unterteilt und ihre Funktionen beschreibt.

### 3. Neurowissenschaften („Neuroscience“)

Mit dem Aufkommen bildgebender Verfahren wie der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT) und der Elektroenzephalographie (EEG) eröffnet sich ein neues Forschungsfeld: die Neurowissenschaften. Dies dient nicht nur der strukturellen Beschreibung des Gehirns und seiner unterschiedlichen Komponenten. Auch die Aktivität kann mit bestimmten Verfahren gemessen werden.

### 4. Kognitionswissenschaften + Neurowissenschaften = kognitive Neurowissenschaften

In den 1980er und 1990er Jahren verschmolzen die Erkenntnisse aus der Cognitive Science und der Neuroscience zu einem neuen Forschungsbereich: die **kognitive Neurowissenschaften** („Cognitive Neuroscience“). In diesem noch sehr jungen Bereich, werden neuronale Mechanismen (also Gehirnprozesse) mit kognitiven Funktionen verknüpft. In anderen Worten werden die Modelle darüber, wie das Gehirn arbeitet nun direkt im lebenden menschlichen Gehirn untersucht. Forschende untersuchen, wie das Gehirn Wahrnehmung, Gedächtnis und Entscheidungsfindung unterstützt. Ein Beispiel ist die Erforschung des Arbeitsgedächtnisses und seiner neuronalen Grundlagen. Wird die Gehirnaktivität einer Person während einer kognitiven

Aufgabe mit der Aktivität im Ruhemodus verglichen, so können für die Aufgabe relevante Gehirnareale oder -netzwerke definiert werden. Basierend auf den Resultaten derartiger Forschung werden sprachgebundene Funktionen zum Beispiel eher links verortet, visuelle Verarbeitung (also das Sehen) im hinteren Teil des Gehirns und höhere Funktionen wie Planen und Organisieren im frontalen Teil, also hinter der Stirn.

## 5. Die Ära der Computational Neuroscience

Die letzten zwei Jahrzehnte haben einen rasanten Fortschritt in der Computational Neuroscience gebracht. Mathematische Modelle und Computersimulationen ermöglichen es, neuronale Prozesse zu simulieren, den Einfluss verschiedener Variablen zu analysieren und Verhalten vorherzusagen. Es werden sowohl Nervenzellen und neuronale Netzwerke als auch das Verhalten und von Individuen, ganzen Menschengruppen oder Ökosystemen modelliert. Die Modelle werden anhand von bestehenden oder explizit in Experimenten gesammelten Daten evaluiert. Wenn sie Verhalten dann korrekt vorhersagen können, erlaubt die Analyse der Wirkfaktoren im Modelle einen Einblick in den Einfluss der inkludierten Variablen.

### Fazit

Die Computational Neuroscience hat die Art und Weise, wie wir das Gehirn verstehen, revolutioniert. Sie eröffnet neue Wege, menschliche Kognition zu erforschen und zu erklären. Während Theorien und Modelle und die Beforschung menschlichen Verhaltens und Erlebens schon seit Anbeginn begleiten, erlauben Modelle im Bereich der CN aber auch, diese Modelle zu evaluieren und datengeleitet zu verbessern. Durch die Kombination von Biophysik, Mathematik und Informatik können wir dadurch nicht nur die Funktionsweise unseres eigenen Denkens und Fühlens besser entschlüsseln sondern auch Störungen besser verstehen, vorhersagen und gezielt die zugrundeliegenden Mechanismen behandeln.

### Quellen:

Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2007). *Neuroscience: Exploring the brain* (3rd ed.). Lippincott Williams & Wilkins Publishers.

Maderthaner, R. (2008). *Psychologie*. Facultas Verlags- und Buchhandels AG.

Stoyanov, D., Draganski, B., Brambilla, P., & Lamm, C. (2023). *Computational Neuroscience*. Human Press, Springer Nature.

Ward, J. (2015). *The student's guide to cognitive neuroscience* (3rd ed.). Psychology Press.

Williams, K. D., & Jarvis, B. (2006). Cyberball: A program for use in research on interpersonal ostracism and acceptance. *Behavior Research Methods*, 38(1), 174–180. <https://doi.org/10.3758/BF03192765>