

Rita Hansl, Wien

Wie Menschen denken, dass Menschen denken

Von der Kognitionstheorie zur Modellierung menschlicher Kognition

Die Welt, in der wir leben, wird oft als unsere Realität bezeichnet. Wir sehen Farben, spüren Objekte, fühlen Emotionen, sprechen mit Personen. Wir können zwischen Traum und Realität unterscheiden, uns in einen Film oder ein Buch vertiefen und diese Fantasiewelt wieder verlassen. Es ist deshalb im ersten Moment wohl schwierig zu akzeptieren, dass all das, was wir wahrnehmen, nicht die objektive Realität darstellt. Alle Eindrücke, die wir als Wirklichkeit erkennen, sind streng genommen Interpretationen der Stimuli, die unser Gehirn durch die verschiedenen Sinnesorgane erhält. Deutlich wird das zum Beispiel beim Geschmack von (oder Ekel vor) Koriander, der Uneinigkeit über einen Farbton oder darüber, ob ein Kind dem Vater oder der Mutter ähnlicher sieht. Schönheit liegt demnach also nicht im Auge, sondern vielmehr im Gehirn der Betrachtenden. Wir können jedoch nicht nur entscheiden, ob wir selbst Koriander mögen, und unsere Essenbestellung entsprechend anpassen. Wir können uns auch daran erinnern, welche Farben unsere Freundin Lisa meistens trägt und basierend darauf entscheiden, welche Blumen wir ihr schenken werden. Doch wie schafft es unser Gehirn, all diese Informationen aufzunehmen, zu sortieren und dann wieder richtig zusammenzuführen, und das alles während wir, ohne zu stolpern, durch den Supermarkt laufen und den Wocheneinkauf erledigen?

Das wissenschaftliche Feld, das sich mit Fragen zu menschlichem Denken und Handeln beschäftigt, ist traditionell die Psychologie. Durch die laufenden technischen Neuerungen gibt es

aber immer neue Möglichkeiten, dem menschlichen Denken auf den Grund zu gehen, wodurch immer differenziertere Forschungsbereiche entstehen. Begeben wir uns also gemeinsam auf eine Reise durch die Geschichte und die Entwicklungen von menschlichen Gedanken über das menschliche Denken.

Kognitive Psychologie

Die ersten Versuche, menschliches Handeln und Denken zu verstehen und vorherzusagen entstammen der Psychologie. Am Anfang 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 war dabei die Konditionierung (Pawlow, Skinner).



Fig 1. Blackbox-Modell des Behaviorismus

In den 1960ern trat diesem Ansatz in der sogenannten „**Kognitiven Wende**“ die **Kognitionspsychologie** entgegen, welche sich zum Ziel machte, die „Blackbox“ zu beforschen, um die zugrundeliegenden Mechanismen zu verstehen. Verhalten wird seither nicht mehr als einfache Reaktion auf Reize gesehen, sondern durch komplexe, hierarchische Regulierungs-

prozesse erklärt. Dem „**wissenschaftlichen Paradigma**“ folgend, begannen Psycholog:innen diese Prozesse der Informationsverarbeitung zu modellieren und systematisch zu beforschen. Die Statistik hielt Einzug in die psychologische Forschung, und die Zahl der Psychologiestudierenden vervielfachte sich. Die kognitive Psychologie stellt sich Fragen wie: Wie verarbeitet das Gehirn Informationen? Wie entstehen Gedanken und Emotionen? Ein wichtiger Schritt war, verschiedene **kognitive Funktionen** (Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Emotionen) zu kategorisieren und zu differenzieren. Für jede dieser kognitiven Domänen wurden dann Modelle erstellt, die die zugrundeliegende Funktionsweise beschreiben sollen. Beispiele sind das Gedächtnismodell von Atkinson & Shiffrin (1968), Banduras Sozial-kognitive Theorie für das Lernen am Modell (1979) oder die Theorien zur Entstehung von Emotionen von Cannon-Bard und James-Lange (1884). Ein wichtiger Schritt in der Formulierung dieser Theorien war und ist immer auch die empirische Überprüfung. Die Psychologie ist daher die Königsdisziplin für die „Operationalisierung“, also das Messbar-machen von latenten (= abstrakten, nicht direkt messbaren) Konstrukten. Durch raffinierte Experimente werden Konstrukte wie Aufmerksamkeitsfunktionen, Gedächtnis und Sprachkenntnisse quantifiziert, um nach dem Prinzip der „Falsifikation“ Hypothesen zu prüfen.

Kognitionswissenschaften („Cognitive Science“)

Mit dem generellen Wachstum der verschiedenen Forschungsfelder breitete sich auch die mittlerweile omnipräsente Frage der zugrundeliegenden kognitiven Prozesse aus. Seit den 1970er Jahren wird der Begriff der **Kognitionswissenschaften** („**Cognitive Science**“) verwendet, um alle Bereiche mit Interesse an Kognition und Verhalten in Mensch und auch Tier zusammenzufassen. In diesem interdisziplinären Feld treffen sich unter anderem Psychologie, Linguistik, Neurowissenschaften, Philosophie, Biologie, um die Mechanismen von

Denken, Handeln und Bewusstsein zu erforschen. Mit dem Input durch weitere Disziplinen wurden auch weitere Modelle mit neuen Ansätzen entwickelt. Zugrundeliegendes Modell ist oftmals die „Information Processing Theory“, das die menschliche Informationsverarbeitung als Reihe von Verarbeitungsschritten ähnlich wie in einem Computer darstellt. Das Gehirn bzw. das Nervensystem werden dabei als „Hardware“ betrachtet, während kognitive Funktionen und Fähigkeiten die „Software“ darstellen, die von unserem Gehirn abgespielt wird.

Neurowissenschaften („Neuroscience“)

Mit dem Aufkommen bildgebender und elektrophysiologischer Verfahren wie der Magnetresonanztomographie (MRT) und der Elektroenzephalographie (EEG) eröffnete sich ein neues Forschungsfeld: die Neurowissenschaften. Diese widmen sich nicht nur der strukturellen Beschreibung des Gehirns und seiner unterschiedlichen Komponenten. Forscher:innen können nun die Aktivität im lebenden Gehirn messen und visualisieren. Die Neurowissenschaften beschränken sich jedoch nicht auf das menschliche Gehirn, sondern sind generell an Nervensystemen interessiert. Ähnlich wie bei den Kognitionswissenschaften handelt es sich also auch hier um ein vielschichtiges Feld, dessen Inhalte von der Züchtung neuer Nervenzellen in der Petrischale über Experimente und Genmanipulation an Tieren (vor allem Fliegen, Mäuse, Ratten) bis eben zu Verhaltensexperimenten am Menschen reichen.

Kognitionswissenschaften + Neurowissenschaften = Cognitive Neuroscience

In den 1980er und 1990er Jahren verschmolzen die Erkenntnisse aus der Cognitive Science und der Neuroscience zu den kognitiven Neurowissenschaften („Cognitive Neuroscience“). In diesem noch jungen Bereich werden neuronale

Mechanismen (also Gehirnprozesse) mit kognitiven Funktionen verknüpft. Anders gesagt werden die Modelle darüber, wie das Gehirn arbeitet, nun direkt im lebenden menschlichen Gehirn untersucht. Forschende ergründen, wie das Gehirn Wahrnehmung, Gedächtnis und Entscheidungsfindung unterstützt.

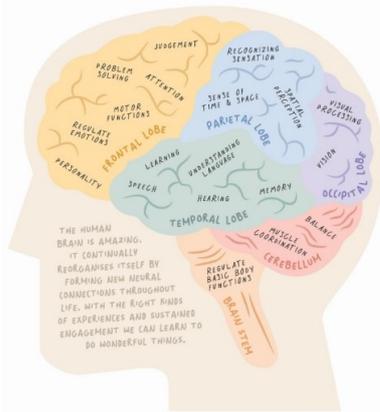


Fig 2. Gehirnfunktionen nach Gehirnareal
©Beth Kay

Ein Beispiel ist die Erforschung des Arbeitsgedächtnisses und seiner neuronalen Grundlagen. In vielen neurowissenschaftlichen Experimenten werden Versuchspersonen dazu aufgefordert, im MRT-Scanner eine bestimmte Aufgabe zu erfüllen. Zum Beispiel werden Emotionen weckende Bilder betrachtet, Reaktionstests absolviert oder Fragen beantwortet. Die Gehirnaktivität zum Zeitpunkt der Bearbeitung wird dann mit der „Baseline“, also dem Ruhezustand, verglichen, um auf die Gehirnareale oder -netzwerke zu schließen, die in die Aufgabe involviert sein könnten. So werden sprachgebundene Funktionen zum Beispiel eher links im Gehirn verortet, visuelle Verarbeitung (also das Sehen) im hinteren Teil und höhere Funktionen wie Planen und Organisieren im frontalen Teil, also hinter der Stirn. Die gesammelten Ergebnisse vieler Jahre Forschung in diesem Bereich deuten jedoch immer mehr darauf hin, dass nicht bestimmte Gehirnareale auf bestimmte Funktionen spezialisiert sind, sondern es bei komplexen Fähigkeiten wie Aufmerksamkeit oder sozialer Interaktion vor allem auf die Zusammenarbeit von ganzen Gehirnetzwerken ankommt.

Die Ära der Computational Neuroscience

Die letzten zwei Jahrzehnte haben aber nicht nur einen rasanten Fortschritt bei den verschiedenen Messgeräten erbracht, auch Computer, Rechenleistung und das so oft genannte Feld der Künstlichen Intelligenz inklusive maschinellen Lernens ermöglichen nun nie dagewesene Forschungsansätze. Diese computergestützten Methoden finden sich im Bereich der „Computational Neuroscience“ wieder. Mathematische Modelle und Computersimulationen ermöglichen es, verschiedenste Prozesse zu simulieren und den Einfluss der verschiedenen Variablen im Modell zu analysieren. Inhaltlich sind dabei kaum Grenzen zu erkennen, und so modellieren Forschende das Verhalten von Nervenzellen und neuronalen Netzwerken, aber auch das von Personen oder ganzer Gruppen von Menschen, Tieren oder Ökosystemen. In der Verhaltensökonomie werden solche Modelle zum Beispiel verwendet, um basierend auf bestehenden Daten vorherzusagen, wie sich Änderungen an einem Produkt, etwa das Hinzufügen von Koriander zu einem Lebensmittel, auf das Konsumverhalten auswirken können. Aber auch im klinischen Bereich finden mathematische Modelle immer mehr Anwendung. Zugrunde liegt dem die Annahme, dass psychische Störungen mit subtilen bis starken Veränderungen in Denkprozessen oder Interpretationen der Realität einhergehen. Computermodelle können helfen, die theoretischen Modelle für die verantwortlichen Mechanismen zu überprüfen.

Ein Beispiel wäre die Verwendung des „Cyber Ball Game“, um depressive Züge zu erheben. Bei dem Spiel muss ein virtueller Ball bei Erhalt zu einem beliebigen virtuellen Mitspieler oder einer Mitspielerin gespielt werden. Was die Teilnehmenden nicht wissen, ist, dass gezielt gesteuert wird, wie oft sie den Ball erhalten. Durch Messung von Reaktionszeiten und die Anwendung von Fragebögen kann beforscht werden, wie sich ein „Ausschluss“ eines Players auf das Verhalten und Erleben der betreffenden Person auswirkt. In einem Modell könnten nun verschiedene Mechanismen eingeschlossen werden, welche das

Verhalten, wie schnell etwa der Ball nach Ausschluss wieder abgespielt wird, vorhersagen sollen. Depressivität könnte in dem Spiel zum Beispiel mit einer generellen Verlangsamung in der Reaktion, einer größeren Zeitverzögerung im Abspielen sowie einer stärkeren emotionalen

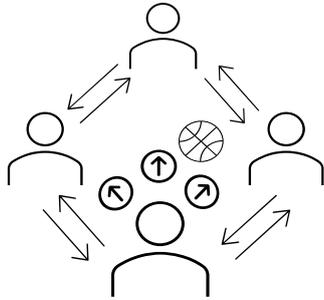


Fig 3. Cyber Ball Game

Belastung nach Ausschluss einhergehen. In dem mathematischen Modell würden all diese Einflüsse inkludiert werden. Mithilfe der erhobenen Daten und einem Abgleich der Vorhersagen mit den tatsächlich gemessenen Depressivitätswerten kann das Modell immer weiter verfeinert werden, um die Vorhersage zu verbessern. Solche Tools könnten zum Beispiel als Spiel am Smartphone eingesetzt werden und zur subtilen Überwachung sowie zur kontinuierlichen Aufzeichnung von Depressivität verwendet werden, um bei starker Symptomatik gezielt einschreiten zu können.

Fazit

Die Frage, wie Menschen denken, ist wohl eine der ältesten Fragen der Menschheit, und sie hat zur Entstehung verschiedenster Forschungsgebiete geführt. Dank dem andauernden Fortschritt der technologischen Entwicklung bieten sich uns immer weitere Möglichkeiten, Nervensysteme zu beobachten, ihre Funktionsweise zu analysieren und ihr Verhalten vorherzusagen. Der aufstrebende Bereich der „Computational Neuroscience“ verschreibt sich vor allem der Modellierung und Vorhersage von Verhalten und erlaubt durch die Kombination von großen Datenmengen mit theoriegeleiteten Modellen tiefe Einblicke in die

Kognition. Unsere Fortschritte, Kognition zu verstehen und Intelligenz zu rekonstruieren, lassen sich an der Entwicklung von künstlicher Intelligenz und Sprachmodellen unschwer erkennen. Allerdings gilt es diese Wunder der Menschheit auch gezielt und intelligent einzusetzen, um ihr Potenzial bestmöglich und zu unser aller Vorteil auszuschöpfen.

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>

Die Oberösterreicherin **RITA HANSL** ist Psychologin und PhD-Studentin im Bereich der sozialen Neurowissenschaften. Ihr erstes Bachelorstudium am Amsterdam University College hat ihr Interesse am Funktionieren des menschlichen Gehirns geweckt. Der Berufswunsch „klinische Psychologin“ führte sie wieder zurück nach Österreich, wo sie an der Universität Wien das Bachelor- und Masterstudium der Psychologie absolvierte. Vor allem das forschungsorientierte Masterprogramm und die andauernde wissenschaftliche Mitarbeit in der pädiatrischen Neuroonkologie an der MedUni Wien lenkten Ihren professionellen Fokus zurück in die neurowissenschaftliche Forschung, wo sie seit Juni 2024 in einem ERC-Projekt die neuronalen Netzwerke der Empathie und der Perspektivenübernahme beforcht. Sie ist seit 2023 PRO SCIENTIA Stipendiatin.