

# WAHRNEHMUNG

Zusammenspiel von Sinnen und Gehirn

**Predictive Processing**  
Effiziente Vorhersagemaschine

**Kognition**  
Wie das Gehirn die Welt konstruiert

**Fokussieren**  
Ignorieren bitte!



Antje Findekleer  
E-Mail: [findekleer@spektrum.de](mailto:findekleer@spektrum.de)

Liebe Lesende,  
sofern wir uns nicht gerade in einem abgeschlossenen dunklen und schallisolierten Raum befinden, strömen quasi unentwegt Umgebungsreize auf uns ein, die wir mit unseren Sinnen registrieren. Diese Informationen verarbeitet unser Gehirn und erstellt uns daraus ein Bild der Welt um uns herum. Doch – stimmt das so überhaupt? Ergebnisse der Hirnforschung weisen darauf hin, dass frühere Erfahrungen und Erinnerungen bereits vorab beeinflussen, wie wir unsere Umgebung wahrnehmen. Womöglich trifft unser Gehirn sogar auf Wahrscheinlichkeiten beruhende Vorhersagen von dem, was wir sehen, hören, riechen oder fühlen werden, justiert sie anhand der Sinnesinformationen nach – und spart so eine Menge Energie. Unser Kompakt taucht ein in dieses Zusammenspiel von äußeren Sinnen und innerer Verarbeitung.

Eine spannende Lektüre wünscht Ihnen

Erscheinungsdatum dieser Ausgabe: 16.10.2023

**CHEFREDAKTION:** Dr. Daniel Lingenhöhl (v.i.S.d.P.)

**CREATIVE DIRECTOR:** Marc Grove

**LAYOUT:** Oliver Gabriel, Marina Männle

**SCHLUSSREDAKTION:** Christina Meyberg (Ltg.),

Sigrid Spies, Katharina Werle

**BILDREDAKTION:** Lea Bayer, Alice Krüßmann (Ltg.),

Anke Lingg, Gabriela Rabe

**REDAKTION:** Antje Findekleer, Dr. Michaela Maya-Mrschtik

**VERLAG:** Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH,

Tiergartenstr. 15–17, 69121 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600,

Fax: 06221 9126-751; Amtsgericht Mannheim, HRB 338114,

USt-IdNr.: DE229038528

**GESCHÄFTSLEITUNG:** Markus Bossle

**ASSISTENZ GESCHÄFTSLEITUNG:** Stefanie Lacher

**MARKETING UND VERTRIEB:** Annette Baumbusch (Ltg.),

Michaela Knappe (Digital)

**LESER- UND BESTELLSERVICE:** Helga Emmerich, Estefanny Espinosa de

Rojas, Sabine Häusser, Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: [service@spektrum.de](mailto:service@spektrum.de)

**BEZUGSPREIS:** Einzelausgabe € 4,99 inkl. Umsatzsteuer

**ANZEIGEN:** Wenn Sie an Anzeigen in unseren Digitalpublikationen

interessiert sind, schreiben Sie bitte eine E-Mail an

[anzeigen@spektrum.de](mailto:anzeigen@spektrum.de).

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung des Verlags unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt den Verlag zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2023 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

Folgen Sie uns:





- 04 KOGNITION  
Wie das Gehirn die Welt konstruiert
- 15 NEUROTHEORIE  
Sehen, was wahrscheinlich ist
- 21 PREDICTIVE PROCESSING  
Effiziente Vorhersagemaschine
- 30 VISUELLE WAHRNEHMUNG  
Wir sehen die Welt so, wie es uns nutzt
- 32 FOKUSSIEREN  
Ignorieren bitte!
- 40 AUFMERKSAMKEIT  
Bleib bei der Sache!
- 53 SEHEN  
Unser wichtigster Sinn?
- 56 VERKNÜPFUNG  
Wir sehen, was wir hören
- 58 TASTSINN  
Die Macht der Gedanken
- 60 HERZ UND HIRN  
Wie der Herzschlag unsere Wahrnehmung beeinflusst
- 62 INNERER TAKTGEBER  
Zeit vergeht im Rhythmus unseres Herzschlags
- 64 GUTE FRAGE  
Warum schließen wir beim Genießen die Augen?

KOGNITION

# WIE DAS GEHIRN DIE WELT **KONSTRUIERT**

von György Buzsáki

Eine neue Theorie besagt: Das Gehirn ist bei der Geburt kein unbeschriebenes Blatt, sondern verfügt bereits über ein großes Repertoire an Aktivitätsmustern. Das eröffnet Perspektiven dazu, wie wir unser Umfeld wahrnehmen und darauf reagieren.

**A**ls ich als junger Wissenschaftler meine ersten Seminare an der Universität leitete, erzählte ich den Studentinnen und Studenten eins zu eins, was ich in den Neurophysiologiebüchern gelesen hatte. Ich erklärte überzeugt, wie das Gehirn Informationen aus der Umwelt nutzt, um den Körper zu steuern: Spezielle Neurone in Augen, Ohren und anderen Sinnesorganen wandeln sensorische Reize in elektrische Signale um und leiten sie dann an die entsprechenden Teile der Hirnrinde weiter. Diese verarbeitet die eingehenden Daten und löst die Wahrnehmung aus. Um eine

passende Bewegung einzuleiten, weisen Impulse aus dem motorischen Kortex die Nerven des Rückenmarks an, bestimmte Muskeln zu kontrahieren.

Die meisten Studierenden waren mit meinen Erklärungen zufrieden. Doch einige besonders schlaue stellten mir unangenehme Fragen: »Wo genau im Gehirn findet die Wahrnehmung statt?« Oder: »Was löst eine Fingerbewegung aus, bevor Zellen im motorischen Kortex feuern?« Meine Standardantwort lautete: Das passiert alles im Neokortex! Dann wechselte ich geschickt das Thema oder streute ein paar obskure lateinische Begriffe ein, die ihnen wissenschaftlich genug erschienen, um sie vorübergehend zufrieden zu stellen.

Ich hatte mit der Erforschung des Gehirns begonnen, ohne mir viele Gedanken darüber zu machen, ob die Theorie

AUF EINEN BLICK

## Ein Quell der Möglichkeiten

**01** In den Neurowissenschaften dominiert die Ansicht, dass das Gehirn anfangs einer »Tabula rasa« gleicht, die im Lauf des Lebens mit Sinneseindrücken und Erfahrungen gefüllt wird.

**02** Dieses einfache »Outside-in«-Modell hat jedoch einige Schwachstellen. Manche Hirnprozesse lassen sich damit schwer oder gar nicht erklären.

**03** Die neuere »Inside-out«-Theorie bietet eine alternative Sichtweise. Demnach ist selbst ein junges Gehirn voller Informationen, die nur noch sinnvoll mit Erfahrungen verknüpft werden müssen.

---

**György Buzsáki** ist Systemneurowissenschaftler an der New York University School of Medicine. Seine Arbeit befasst sich unter anderem damit, wie sich Erinnerungen bilden.

zur Kopplung von Wahrnehmung und Handlung plausibel war. Zu Beginn meiner Karriere beschäftigten mich andere Entdeckungen und Erkenntnisse, die sich nach und nach zu dem entwickelten, was in den 1960er Jahren als »Neurowissenschaften« bekannt wurde. Doch meine Unfähigkeit, diese berechtigten Fragen zu beantworten, hat mich seither nicht mehr losgelassen. Ich musste mir eingestehen, dass ich versuchte, etwas zu erklären, was ich nicht wirklich verstand.

Ein großes Problem für mich und andere Fachleute liegt schon darin, dass niemand so genau sagen kann, was eigentlich der »Geist« (im Englischen »mind«) ist. Seit Aristoteles gingen zahlreiche Denker und Denkerinnen davon aus, dass er zunächst ein unbeschriebenes Blatt ist, auf das unsere Erfahrungen gemalt werden. Im vergangenen Jahrhundert hat diese »Outside-in«-Perspektive die Psychologie und die Kognitionswissenschaft durchdrungen. Demnach dient das Gehirn als Werkzeug, um die wahre Natur der Welt zu erkennen.

Das ist allerdings nicht die einzige Sichtweise. Man kann die Sache auch andersherum betrachten: Womöglich ver-

suchen Hirnnetzwerke lediglich, ihre eigene interne Dynamik aufrechtzuerhalten. Dabei erzeugen sie ständig zahllose, anfangs unsinnige Muster neuronaler Aktivität, so genannte Feuermuster. Wenn eine scheinbar zufällige Handlung vorteilhaft erscheint, gewinnt das ihr zu Grunde liegende Muster an Bedeutung. Sagt ein Säugling etwa »te-te« und bieten die Eltern ihm daraufhin freudig einen Teddy an, erhält der Laut »te-te« die Zuschreibung »Teddybär«. Neuere Erkenntnisse der Hirnforschung sprechen dafür, dass an dieser »Inside-out«-Theorie etwas dran sein muss.

### **Wie funktioniert Wahrnehmung?**

Dennoch ist das Konzept der leeren Tafel – der »Tabula rasa« – unter Neurowissenschaftlern nach wie vor weit verbreitet. Fachleute suchen weiterhin neuronale Mechanismen, die diese Vorstellungen stützen. Viele von ihnen orientieren sich dabei an den Entdeckungen von David Hubel und Torsten Wiesel. Für ihre Arbeit zum visuellen System erhielten die beiden 1981 den Nobelpreis für Physiologie oder Medizin. Die Forscher hatten die neuronale Aktivität von Tieren aufge-

zeichnet, während sie ihnen verschiedene Formen zeigten. Sich bewegende Linien, Kanten, helle sowie dunkle Bereiche und andere erkennbare Muster brachten unterschiedliche Gruppen von Neuronen zum Feuern. Hubel und Wiesel folgerten, dass das Gehirn Bilder schrittweise analysiert: Es beginnt mit einfachen Mustern und setzt sie dann zu komplexeren zusammen. Irgendwo werden alle Merkmale verbunden, um schließlich das gesamte Objekt zu repräsentieren. Man selbst muss dafür nichts tun, das Gehirn macht das ganz automatisch.

Dem Outside-in-Ansatz zufolge besteht die grundlegende Funktion des Gehirns darin, Signale aus der Umwelt wahrzunehmen und sie richtig zu interpretieren. Es bräuchte jedoch eine Art Mittelsmann, um auf diese Reize zu reagieren. Zwischen den Wahrnehmungseingängen und -ausgängen müsste sich eine Art »zentraler Prozessor« befinden. Er nähme sensorische Eindrücke aus der Umwelt wahr und trafe Entscheidungen darüber, was mit ihnen geschehen soll, um dann die richtige Reaktion einzuleiten. Diese spekulative Instanz hat verschiedene Namen: freier Wille, Exeku-