

Warum Gehirne keine Computer sind

Dale Purves

Warum Gehirne keine Computer sind

Dale Purves
Duke Institute for Brain Science
Duke University
Durham, NC, USA

ISBN 978-3-031-93141-3 ISBN 978-3-031-93142-0 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-031-93142-0>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://portal.dnb.de> abrufbar.

Dieses Buch ist eine Übersetzung des Originals in Englisch „Why Brains Don't Compute“ von Dale Purves, publiziert durch Springer Nature Switzerland AG im Jahr 2021. Die Übersetzung erfolgte mit Hilfe von künstlicher Intelligenz (maschinelle Übersetzung). Eine anschließende Überarbeitung im Satzbetrieb erfolgte vor allem in inhaltlicher Hinsicht, so dass sich das Buch stilistisch anders lesen wird als eine herkömmliche Übersetzung. Springer Nature arbeitet kontinuierlich an der Weiterentwicklung von Werkzeugen für die Produktion von Büchern und an den damit verbundenen Technologien zur Unterstützung der Autoren.

Übersetzung der englischen Ausgabe: „Why Brains Don't Compute“ von Dale Purves, © The Editor(s) (if applicable) and The Author(s), under exclusive license to Springer Nature Switzerland AG 2021. Veröffentlicht durch Springer International Publishing. Alle Rechte vorbehalten.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Nature Switzerland AG 2025

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jede Person benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des/der jeweiligen Zeicheninhaber*in sind zu beachten.

Der Verlag, die Autor*innen und die Herausgeber*innen gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autor*innen oder die Herausgeber*innen übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Nature Switzerland AG und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland

Wenn Sie dieses Produkt entsorgen, geben Sie das Papier bitte zum Recycling.

Vorwort

Dieses Buch untersucht, was mir als die zentrale Herausforderung in der Neurowissenschaft heute erscheint: zu verstehen, wie das subjektive Erleben, das vom menschlichen Gehirn und dem restlichen Nervensystem erzeugt wird, mit der physischen Welt, in der wir leben, zusammenhängt. Die 25 kurzen folgenden Kapitel fassen die Argumente und Beweise zusammen, dass Gehirne dieses Problem mit einer völlig empirischen Strategie angehen. Das Ziel ist es, Neurowissenschaftler¹, Informatiker, Philosophen und andere interessierte Parteien dazu anzuregen, über dieses Konzept der neuronalen Funktion und seine Implikationen nachzudenken, und nicht zuletzt über die Schlussfolgerung, dass Gehirne nicht rechnen. Tatsächlich, wenn Gehirne empirisch arbeiten, gibt es nichts zu berechnen.

Durham, NC, USA

Dale Purves

¹Anmerkung zur Übersetzung: Bei der Übersetzung von im Englischen nicht nach Geschlecht differenzierten Personenbezeichnungen wie „neuroscientists“, „computer scientists“ u. Ä. wurde im Deutschen meistens die männliche Form wie „Neurowissenschaftler“, „Informatiker“ etc. verwendet, um den Text kürzer und besser lesbar zu machen. Selbstverständlich sind damit Personen jeden Geschlechts gemeint.

Anerkennung

Ich bin Jan Troutt für ihre Arbeit an der Kunst dankbar.

Inhaltsverzeichnis

Teil I Probleme in verschiedenen Realitäten lösen

1	Probleme lösen	3
1.1	Einführung	3
1.2	Zwei Perspektiven	3
1.3	Konsequenzen	4
1.4	Intelligenz	4
1.5	Künstliche Intelligenz (KI)	6
1.6	Gemeinsamer Nenner.	6
1.7	Schlussfolgerung	7
	Weiterführende Literatur.	7
2	Objektive und subjektive Realität	9
2.1	Einführung	9
2.2	Newton'sche Realität	9
2.3	Biologische Messungen	10
2.4	Was nehmen wir dann wahr?	10
2.5	Abweichungen zwischen objektiver und subjektiver Wahrnehmung	12
2.6	Was ist mit Maschinen?	12
2.7	Schlussfolgerung	13
	Weiterführende Literatur.	13

Teil II Algorithmische Berechnung

3	Algorithmen	17
3.1	Einführung	17
3.2	Instanziierung von Algorithmen in Maschinen	17
3.3	Turing-Maschinen	18
3.4	Boole'sche Algebra.	19
3.5	Elektronische Computer.	20
3.6	Das Aufkommen der modernen Datenverarbeitung.	21

3.7	Schlussfolgerung	22
	Weiterführende Literatur	22
4	Codierung	23
4.1	Einführung	23
4.2	Computer-Codes	23
4.3	Programmiersprachen	24
4.4	Persönliche Computer	24
4.5	Neuronale Codierung	25
4.6	Aktionspotenziale	26
4.7	Schlussfolgerung	27
	Weiterführende Literatur	27

Teil III Neuronale Netzwerke

5	Neuronale Netzwerke	31
5.1	Einführung	31
5.2	Geschichte	31
5.3	Ein Problem für künstliche Netzwerke	32
5.4	Scheitern beim Start	33
5.5	Perzeptronen	33
5.6	Schlussfolgerung	35
	Weiterführende Literatur	35
6	Wiederaufleben der neuronalen Netzwerke	37
6.1	Einführung	37
6.2	Fehlerkorrektur durch Rückpropagierung	37
6.3	Unüberwachte Kreditzuweisung	39
6.4	Suchräume	39
6.5	Schlussfolgerung	40
	Weiterführende Literatur	40
7	Empirisches Lernen	41
7.1	Einführung	41
7.2	Ein algorithmischer Anfang	41
7.3	Spiele, die nicht algorithmisch gewonnen werden können	42
7.4	Schlussfolgerung	45
	Weiterführende Literatur	45

Teil IV Wahrnehmung

8	Was wir wahrnehmen	49
8.1	Einführung	49
8.2	Traditionelle Annahmen	49
8.3	Das Dilemma	50
8.4	Eine Lösung	51
8.5	Vorbehalte	51

8.6	Schlussfolgerung	52
	Weiterführende Literatur	52
9	Räumliche Intervalle	53
9.1	Einführung	53
9.2	Abweichungen	53
9.3	Bestimmung der Häufigkeiten des Auftretens	54
9.4	Ein Beispiel	55
9.5	Erklärung	56
9.6	Schlussfolgerung	58
	Weiterführende Literatur	58
10	Winkel	59
10.1	Wahrgenommene Winkel	59
10.2	Bestimmung der Häufigkeit von Winkelquellen	59
10.3	Grund für unterschiedliche Frequenzen von Winkelprojektionen	60
10.4	Die systematische Fehleinschätzung von Winkeln	61
10.5	Alternative Erklärungen	64
10.6	Schlussfolgerung	64
	Weiterführende Literatur	65
11	Helligkeit und Dunkelheit	67
11.1	Einführung	67
11.2	Sehen in Schwarz und Weiß	67
11.3	Eine mögliche physiologische Erklärung	68
11.4	Ein anderer Ansatz	69
11.5	Schlussfolgerung	71
	Weiterführende Literatur	71
12	Empirische Rangordnung	73
12.1	Einführung	73
12.2	Reize als wiederkehrende Muster	73
12.3	Luminanz und Helligkeit als Beispiele	74
12.4	Erklärung komplexerer Muster	75
12.5	Schlussfolgerung	76
	Weiterführende Literatur	77
13	Farbe	79
13.1	Einführung	79
13.2	Farben sehen	79
13.3	Farbe empirisch erklärt	82
13.4	Schlussfolgerung	82
	Weiterführende Literatur	84
14	Farbpsychophysik	85
14.1	Einführung	85
14.2	Psychophysik	85

14.3	Ein Beispiel	87
14.4	Das Bezold-Brücke-Phänomen	88
14.5	Schlussfolgerung	90
	Weiterführende Literatur.	90
15	Bewegungsgeschwindigkeit	91
15.1	Einführung	91
15.2	Physische Bewegung	91
15.3	Das Problem.	92
15.4	Ein Beispiel	93
15.5	Die Erklärung.	96
15.6	Schlussfolgerung	96
	Weiterführende Literatur.	97
16	Bewegungsrichtung.	99
16.1	Einführung	99
16.2	Aperturen	99
16.3	Effekt einer kreisförmigen Apertur	100
16.4	Effekt einer vertikalen Apertur.	103
16.5	Erklärung	104
16.6	Schlussfolgerung	105
	Weiterführende Literatur.	105
17	Objektgröße.	107
17.1	Einführung	107
17.2	Klassische Größen-„Illusionen“.	107
17.3	Objektgrößen in Szenen mit 3-D-Hinweisen.	108
17.4	Relevanz für ein langjähriges Rätsel	109
17.5	Schlussfolgerung	112
	Weiterführende Literatur.	112
18	Stereoskopie	113
18.1	Einführung	113
18.2	Bild- gegen anatomische Übereinstimmung	113
18.3	Binokulare Schaltkreise	114
18.4	Okulare Dominanz.	116
18.5	Relevanz für die Wahrnehmung.	117
18.6	Schlussfolgerung	117
	Weiterführende Literatur.	118

Teil V Verknüpfung von objektiven und subjektiven Bereichen

19	Reize und Verhalten	121
19.1	Einführung	121
19.2	Was sind also Reize?	121
19.3	Verhaltensweisen aus der Sicht von Physiologen	122
19.4	Verhaltensweisen aus der Sicht von Psychologen	122

19.5	Die gemeinsame Strategie	123
19.6	Schlussfolgerung	124
	Weiterführende Literatur.	124
20	Assoziationen	127
20.1	Einführung	127
20.2	Durch Evolution hervorgebrachte Assoziationen.	127
20.3	Durch lebenslanges Lernen hervorgebrachte Assoziationen	129
20.4	Assoziationen durch Kultur geformt	129
20.5	Schlussfolgerung	130
	Weiterführende Literatur.	130
21	Mechanismen	133
21.1	Einführung	133
21.2	Neuronale Plastizität	133
21.3	Kurzfristige Veränderungen	134
21.4	Länger anhaltende Veränderungen.	134
21.5	Belohnung	135
21.6	Schlussfolgerung	137
	Weiterführende Literatur.	137
22	Reflexe	139
22.1	Einführung	139
22.2	Verhaltensreaktionen als Reflexe	139
22.3	Ist alles Verhalten reflexiv?	141
22.4	Gegenargumente	142
22.5	Schlussfolgerung	143
	Weiterführende Literatur.	143

Teil VI Andere Theorien

23	Merkmalsdetektion	147
23.1	Einführung	147
23.2	Merkmalsdetektion	147
23.3	Neuronen, die auf spezifischere Reize reagieren	149
23.4	Wahrnehmung bei Affen	150
23.5	Zurück zu Sherrington	151
23.6	Schlussfolgerung	151
	Weiterführende Literatur.	151
24	Statistische Inferenz	153
24.1	Einführung	153
24.2	Statistische Inferenz	153
24.3	Bayes-Theorem	154
24.4	Das Problem mit einem Bayes'schen Ansatz	156
24.5	Schlussfolgerung	157
	Weiterführende Literatur.	157

25	Zusammenfassung.	159
25.1	Kurz gesagt	159
	Quellen der Abbildungen	161
	Glossar: Definitionen einiger relevanter Begriffe	165

Über den Autor

Dale Purves ist George B. Geller Professor, Emeritus für Neurobiologie am Duke Institute for Brain Sciences, wo er weiterhin als Forschungsprofessor tätig ist und zusätzliche Anstellungen in der Abteilung für Psychologie und Gehirnwissenschaften sowie in der Abteilung für Philosophie an der Duke University hat. Nach dem Erwerb eines B. A. von Yale, eines M. D. von Harvard und zusätzlicher Postdoc-Ausbildung an Harvard und dem University College London trat er 1973 in die Fakultät der Washington University School of Medicine ein. Im Jahr 1990 wurde er der Gründungsvorsitzende der Abteilung für Neurobiologie am Duke Medical Center und war anschließend Direktor des Duke's Center for Cognitive Neuroscience. Er diente auch als Direktor des Programms für Neurowissenschaften und Verhaltensstörungen an der Duke-NUS Graduate Medical School in Singapur.

Am bekanntesten für seine Arbeit zur neuronalen Entwicklung und synaptischen Plastizität hat Purves' Forschung in den letzten 20 Jahren versucht, visuelle und auditive Wahrnehmung im Kontext von Musik zu erklären. Er ist Mitglied der National Academy of Sciences, der National Academy of Medicine, ein Fellow der American Academy of Arts and Sciences und Autor und Co-Autor oder Herausgeber von 11 Büchern über Neurowissenschaften.