





Stanislas Dehaene

# Lesen

Die größte Erfindung der Menschheit  
und was dabei in unseren Köpfen passiert

Aus dem Französischen  
von Helmut Reuter

Knaus

Erschienen 2007 unter dem Titel »Les Neurones de la lecture«  
bei Odile Jacobs, Paris, sowie 2009 unter dem Titel  
»Reading the Brain. The Science and Evolution of a Human Invention«  
bei Viking, einem Verlag der Penguin Group, New York.



Verlagsgruppe Random House FSC-DEU-0100

Das für dieses Buch verwendete

FSC®-zertifizierte Papier *EOS*

liefert Salzer Papier, St. Pölten, Austria.

### 3. Auflage

Copyright © by Stanislas Dehaene, 2009

Copyright © der deutschsprachigen Ausgabe 2010

beim Albrecht Knaus Verlag, München,

in der Verlagsgruppe Random House GmbH

Lektorat: Heike Gronemeier, München

Gesetzt aus der Rotation von Buch-Werkstatt GmbH, Bad Aibling

Druck und Einband: GGP Media GmbH, Pößneck

Printed in Germany

ISBN 978-3-8135-0383-8

[www.knaus-verlag.de](http://www.knaus-verlag.de)

# Inhalt

<b>Die Wissenschaft vom Lesen</b> . . . . .	9
Das Rätsel des Primaten, der lesen kann . . . . .	12
Biologische Einheit und kulturelle Vielfalt . . . . .	14
Hinweise für den Leser . . . . .	16
<b>1. Wie lesen wir?</b> . . . . .	21
Das Auge: ein unvollkommener Sensor . . . . .	23
Schriftzeichen in Tausendundeiner Gestalt . . . . .	30
Verstärkung kleiner Unterschiede . . . . .	33
Jedes Wort ist wie ein Baum aufgebaut . . . . .	34
Lautlos lesen . . . . .	38
Grenzen des Lauten . . . . .	42
Die verborgene Logik der Rechtschreibung . . . . .	44
Der unmögliche Traum von der orthografischen Transparenz . . . . .	48
Die zwei Wege des Lesens . . . . .	50
Ein Kopf voller Enzyklopädien . . . . .	55
Eine Versammlung von Dämonen . . . . .	56
Parallel lesen . . . . .	61
Aktive Entschlüsselung von Buchstaben . . . . .	62
Zusammenschlüsse und Wettbewerb in den mental Lexika . . . . .	64
Vom Verhalten zu den zerebralen Abläufen . . . . .	66
<b>2. Buchstäblich – das Gehirn</b> . . . . .	69
Joseph-Jules Déjerines Entdeckung . . . . .	70
Reine Alexie (Wortblindheit) . . . . .	74
Verräterische Schädigungen . . . . .	75
Moderne Analyse der Schädigungen . . . . .	77

Lesen im Gehirn – im Gehirn lesen . . . . .	82
Alle lesen mit dem gleichen Hirnschaltkreis . . . . .	86
Eine Hirnregion für geschriebene Wörter? . . . . .	88
Das Gehirn in Echtzeit . . . . .	91
Elektroden im Kopf . . . . .	94
Positionsinvarianz . . . . .	97
Unterschwellige Worterkennung . . . . .	103
Die kulturelle Prägung der Großhirnrinde . . . . .	108
Chinesisch Lesen . . . . .	110
Zwei japanische Leseweisen . . . . .	112
Über die visuellen Wortformen hinaus . . . . .	113
Laut und Bedeutung . . . . .	116
Umwandlung von Buchstaben in Laute . . . . .	118
Zugang zum Sinn . . . . .	120
Eine Flutwelle im Gehirn . . . . .	126
Die Einheit in der Vielfalt . . . . .	130
Paradoxe Universalität . . . . .	133
<b>3. Die Neuronen des Lesens . . . . .</b>	<b>135</b>
Affe, Mensch und Lesen . . . . .	137
Spezialisierte Neuronen für Objekte . . . . .	139
Großmutterneuronen . . . . .	143
Ein Alphabet im Affengehirn . . . . .	148
Protobuchstaben . . . . .	151
Das Erlernen von Formen . . . . .	156
Der Lerninstinkt . . . . .	158
Neuronales Recycling . . . . .	162
Die Geburt einer Kultur . . . . .	166
Die Neuronen des einzelnen Lesers . . . . .	169
Neuronen für Bigramme . . . . .	173
Ein neuronales Baumschema der Wörter . . . . .	179
Wie viele Neuronen benötigt das Lesen? . . . . .	182
Simulation der Großhirnrinde eines Lesers . . . . .	185
Kortikale Umwege, die das Lesen beschränken . . . . .	186

<b>4. Die Erfindung der Schrift</b> . . . . .	193
Verwandte Züge der Schriftsysteme . . . . .	196
Die goldene Zahl der Schrift . . . . .	200
Natürliche und künstliche Zeichen . . . . .	201
Prähistorische Vorläufer der Schrift. . . . .	203
Von der Buchhaltung zur Schrift. . . . .	205
Grenzen der Piktografie . . . . .	209
Das Alphabet – eine geniale Vereinfachung . . . . .	215
Vokale als »Mütter des Lesens« . . . . .	219
<b>5. Lesen lernen</b> . . . . .	221
Die Geburt eines künftigen Lesers . . . . .	223
Drei große Schritte zum Leseerwerb. . . . .	226
Wahrnehmung von Phonemen . . . . .	227
Graphem und Phonem: Das Henne-Ei-Problem . . . . .	230
Die orthografische Etappe . . . . .	232
Das Gehirn des Leseanfängers . . . . .	233
Das Gehirn des Analphabeten . . . . .	237
Was geht verloren, wenn wir lesen lernen? . . . . .	239
Wenn Buchstaben Farben haben. . . . .	245
Neurowissenschaften und Unterricht . . . . .	249
Die große Debatte über Lehrmethoden. . . . .	250
Die Ganzwortmethode – eine Illusion? . . . . .	253
Die Ineffizienz der Ganzwortmethode . . . . .	256
Vorschläge für den Leseunterricht. . . . .	259
<b>6. Das Legasthenikergehirn</b> . . . . .	265
Was ist Legasthenie? . . . . .	267
Störungen der Lautverarbeitung. . . . .	269
Das biologische Substrat der Legasthenie . . . . .	276
Ein erster Verdacht: der linke Schläfenlappen . . . . .	279
Neuronale Migration . . . . .	281
Die legasthenische Maus . . . . .	284
Die Genetik der Legasthenie . . . . .	287
Die Legasthenie überwinden . . . . .	289

<b>7. Lesen und Symmetrie</b> . . . . .	297
Wenn Tiere rechts und links verwechseln . . . . .	302
Verwechslung von links und rechts beim Menschen . . .	303
Evolution und Symmetrie. . . . .	305
Wahrnehmung von Symmetrie und Symmetrie des Gehirns . . . . .	307
Heutige Nachfolger Ortons . . . . .	312
Beschränkungen eines symmetrischen Organismus . . . .	315
Symmetrie bei einzelnen Neuronen . . . . .	318
Symmetrische Verbindungen im Gehirn . . . . .	322
Schlafende Symmetrie . . . . .	328
Lesen oder der zerbrochene Spiegel . . . . .	333
Zerbrochener Spiegel ... oder verhüllter Spiegel? . . . .	335
Symmetrie, Lesen und neuronales Recycling . . . . .	340
Ein überraschender Fall von Spiegel-Legasthenie . . . . .	342
<b>8. Eine Kultur der Neuronen</b> . . . . .	349
So löst sich das Paradoxon des Lesens auf . . . . .	351
Universelle kulturelle Formen . . . . .	352
Neuronales Recycling und zerebrale Prozessoren . . . . .	356
Auf dem Weg zu einem Verzeichnis kultureller Invarianten . . . . .	358
Warum sind wir die einzige Spezies mit Kultur? . . . . .	363
Plastizität nur beim Menschen? . . . . .	365
Erkennen, was im Geist des Gegenübers vorgeht . . . . .	366
Ein universeller neuronaler Arbeitsbereich . . . . .	369
<b>Schluss: Die Zukunft des Lesens</b> . . . . .	377
<b>Anhang</b> . . . . .	383
Abbildungen . . . . .	384
Anmerkungen . . . . .	409
Bibliografie . . . . .	426
Bildnachweis . . . . .	465
Dank . . . . .	469



# Die Wissenschaft vom Lesen

*Die Einsamkeit erscheint mir wie ein Eden  
Mit wenigen, doch guten Büchern hier.  
Vertraulich sprechen Tote nun mit mir,  
Mit meinen Augen höre ich sie reden.*

Francisco de Quevedo

In diesem Moment vollbringt Ihr Gehirn, ohne dass es Ihnen bewusst würde, eine bemerkenswerte Leistung – es liest. Die Augen eilen mit kleinen, präzisen Bewegungen über die Zeilen. Vier oder fünf Mal pro Sekunde verharrt Ihr Blick dabei auf einem Wort, gerade lange genug, dass Sie es erkennen können. Nur der Klang und die Wortbedeutung erreichen dabei unser Bewusstsein. Aber wie können diese wenigen schwarzen Zeichen auf weißem Papier, die auf die Retina projiziert werden, ein ganzes Universum heraufbeschwören, wie etwa die Worte Nabokovs am Anfang von *Lolita*?

»Lolita, Licht meines Lebens, Feuer meiner Lenden. Meine Sünde, meine Seele. Lo-li-ta: Die Zungenspitze macht drei Sprünge den Gaumen hinab und tippt bei Drei gegen die Zähne. Lo. Li. Ta.«

Das Gehirn jedes Lesers enthält neuronale Mechanismen von bewundernswerter Präzision und Effizienz, die geradezu prädestiniert für das Lesen zu sein scheinen und deren Struktur wir erst allmählich zu verstehen beginnen. Über Jahrhunderte blieben diese Mechanismen ein Mysterium. Erst in den letzten zwanzig Jahren ist eine eigene Wissenschaft des Lesens

entstanden. Fortschritte im Bereich der Neurowissenschaften und der kognitiven Psychologie haben dazu beigetragen, die neuronalen Mechanismen des Lesens zu entschlüsseln. Dank der Magnetresonanztomografie (MRT) genügen derzeit wenige Minuten, um die Hirnregionen sichtbar zu machen, die beim Lesen aktiviert werden. Mittlerweile können die entsprechenden geistigen Funktionen auch experimentell erforscht werden. Im Labor verfolgen wir Schritt für Schritt, auf welchem Weg der Sinn gedruckter Wörter zugänglich wird – von der Analyse der Buchstabenfolge über das visuelle Erkennen und die Ermittlung der Aussprache.

Gestützt auf diese empirischen Grundlagen bildet sich langsam eine Theorie des Lesens heraus. Sie beschreibt, wie die Schaltkreise der Großhirnrinde funktionieren, die sich im Laufe der Evolution entwickelt haben, und wie diese sich – so gut es eben geht – auf das Lesen eingestellt haben. Sie erklärt, wie unsere neuronalen Netze lesen lernen, welche Funktionen dafür sorgen, dass wir im Erwachsenenalter so außerordentlich effizient lesen, woher es kommt, dass manche Kinder unter Legasthenie leiden und wie wir diese Störung eines Tages beheben können.

Mit diesem Buch möchte ich Ihnen die Kenntnisse der jüngsten und dem breiten Publikum noch zu wenig bekannten Fortschritte in der Wissenschaft vom Lesen vermitteln. Es kann eigentlich nicht sein, dass ein gebildeter Mensch im 21. Jahrhundert die Funktionsweise seines Autos oder seines Computers besser versteht als die seines eigenen Gehirns. Ich möchte hier einige Orientierungspunkte liefern, die deutlich machen, wie komplex die Abläufe sind, die unser Gehirn für das Lesen in Gang setzt und wie faszinierend das Ineinandergreifen der einzelnen daran beteiligten Komponenten ist.

Jeder weiß, dass mit Stolpersteinen zu rechnen ist, wenn man lesen lernt. Ungeachtet der jeweiligen Muttersprache stoßen dabei alle Kinder auf Schwierigkeiten, und Schätzungen zufolge werden 10 Prozent von ihnen auch als Erwachsene immer noch

nicht in der Lage sein, einen Text zumindest ansatzweise zu verstehen. Jahrelange Arbeit ist erforderlich, bis das Räderwerk des Lesens so gut eingespielt ist, dass es schließlich nicht mehr bewusst wahrgenommen wird. Aber was ist daran so schwierig? Welche tief reichenden Veränderungen bewirkt der Leseerwerb in den Schaltkreisen des Gehirns? Lässt sich beweisen, dass bestimmte Lernstrategien besser an die Gehirnorganisation des Kindes angepasst sind als andere? Zu all diesen Fragen liefert die neue Wissenschaft vom Lesen nach und nach genaue Antworten – auch wenn vieles noch zu entdecken bleibt.

Wenn wir verstehen, welche Prozesse beim Lesen ablaufen, werden wir auch nachvollziehen können, wie es zu pathologischen Störungen kommen kann, und wie diese sich möglicherweise beheben lassen. Wir werden hier Patienten kennenlernen, die nach einem Schlaganfall plötzlich nicht mehr lesen können. Wir werden uns mit dem Problem der Legasthenie befassen, einem weitverbreiteten gesellschaftlichen Problem, dessen Ursachen allmählich dingfest gemacht werden können. Mittlerweile gilt als gesichert, dass das Gehirn mancher Legastheniker ein wenig anders strukturiert ist als bei anderen Menschen: Man hat einige Gene gefunden, die an einer Legasthenie beteiligt sein dürften – sie könnten die anatomischen und funktionalen Abweichungen erklären, die sich bei legasthenischen Kindern im MRT zeigen. Die Tatsache, dass diese Gene schon vor der Geburt eine entscheidende Weichenstellung vornehmen, heißt jedoch nicht, dass man resignieren müsste: Es zeichnen sich neue therapeutische Strategien ab, die auf einer intensiven Umschulung der für Sprechen und Lesen zuständigen Schaltkreise beruhen. Dabei können uns die bildgebenden Verfahren Schritt für Schritt zeigen, welche Veränderungen diese Methoden im Gehirn der Kinder hervorrufen.

Aus all diesen Forschungsprojekten erwächst neue Hoffnung – auch für den Bildungsbereich. Denn an der Grenze zwischen Psychologie und Medizin entsteht eine Wissenschaft, die neuartige Abbildungen des Gehirns auch dazu nutzen kann,

Unterrichtsmethoden zu optimieren und sie an das Gehirn eines jeden Kindes oder Erwachsenen anzupassen.

## Das Rätsel des Primaten, der lesen kann

Unsere Fähigkeit, das Lesen zu erlernen, stellt uns vor ein merkwürdiges Rätsel, das ich als »Paradox des Lesens« bezeichne: Wie kommt es, dass das Gehirn des Homo sapiens präzise an das Lesen angepasst erscheint, obwohl es diese durch und durch erfundene Tätigkeit erst seit ein paar tausend Jahren gibt? Die Schrift ist vor etwa 5400 Jahren bei den Babyloniern entwickelt worden, das Alphabet ist gerade einmal 3800 Jahre alt. Angesichts der großen Zeitspanne der Evolution sind das nur Augenblicke. Unser Genom hat nicht die Zeit gehabt, sich so zu wandeln, dass es zum Lesen geeignete neuronale Schaltkreise hervorbringen konnte. Unser lesendes Gehirn ist nach jenem genetischen Bauplan gestaltet, der es unseren Sammler- und Jägervorfahren vor einigen zehntausend Jahren ermöglicht hat, am Leben zu bleiben: Die Emotionen Nabokovs und die Theorie Einsteins vollziehen wir mit einem Primatengehirn nach, das für das Überleben in der afrikanischen Savanne angelegt ist. Nichts in unserer Evolution hat uns darauf vorbereitet, sprachliche Informationen auch visuell aufzunehmen. Dennoch gibt es beim erwachsenen Leser hoch entwickelte Mechanismen, die perfekt an die zum Lesen erforderlichen Abläufe angepasst sind.

Dieses Paradox des Lesens erinnert an eine Parabel, mit der der englische Theologe und Philosoph William Paley die Existenz Gottes belegen wollte. In seinem Werk *Natürliche Theologie* (1802) schreibt er: Man stelle sich vor, man fände auf dem Weg durch eine menschenleere Ödnis einen Stein. Man würde sich nicht weiter wundern, sondern davon ausgehen, er habe schon immer dort gelegen. Fände man aber in der gleichen Umgebung eine Uhr, deren Räderwerk und Mechanik eindeu-

tig dazu bestimmt sind, die Uhrzeit anzuzeigen, wäre man verblüfft. Paley stellte nun die Frage in den Raum, ob dies nicht der Beweis für die Existenz eines zu schöpferischer Intention fähigen Uhrmachers sei, der die Uhr zu diesem Zweck überhaupt erst erschaffen habe. In gleicher Weise, so argumentierte er weiter, seien die »Baupläne« von Lebewesen – etwa die erstaunlichen Mechanismen des Auges – eindeutig mit einem zielgerichteten Zweck entworfen. Ihre Existenz liefere also den Beweis dafür, dass in der Natur ein Großer Uhrmacher, ein intelligenter Schöpfer am Werk sei.

Charles Darwin hat diese Argumentation Paleys später eindrucksvoll widerlegt: Die natürliche Selektion ist als wichtigster Konstrukteur von Organismen sozusagen blind in der Lage, organisierte Strukturen hervorzubringen, die scheinbar für einen bestimmten Zweck ausgelegt sind. Doch wie eine sorgfältige Untersuchung zeigt, ist ihre Organisation weit von der Vollkommenheit entfernt, die man von einem allmächtigen Architekten erwarten sollte. Eine ganze Reihe von Anomalien belegt, dass die Evolution nicht von einer schöpferischen Intelligenz gelenkt wird, sondern zufallsbestimmten Wegen folgt, die ganz einfach wegen ihres Überlebenswertes bevorzugt wurden. So sind beispielsweise in der Retina die Blutgefäße und Nerven *vor* den Fotorezeptoren angeordnet, weshalb sie einen Teil des Lichts abschirmen. Dadurch entsteht eine für Licht unempfindliche Zone (der blinde Fleck) – man kann in diesem Fall nicht unbedingt von gelungenem Design sprechen.

In der Nachfolge Darwins fand Steven Jay Gould zahlreiche Beispiele für die Unvollkommenheiten der natürlichen Selektion, darunter auch den berühmten Daumen des Pandas.<sup>1</sup> Der Evolutionsforscher Richard Dawkins hat ebenfalls beschrieben, auf welchen plausiblen Wegen die heiklen Mechanismen des Auges oder des Kolibriflügels aus der Tätigkeit des »blinden Uhrmachers« hervorgegangen sein könnten – ohne dass es dazu eines vorher festgelegten Ziels bedurft hätte.<sup>2</sup>

Wenn es um das Lesen geht, stößt Pastor William Paleys

These an subtilere Grenzen. Die äußerst fein abgestimmten zerebralen Abläufe, die uns das Lesen ermöglichen, sind zwar ebenso komplex wie die jener Uhr aus seiner Parabel. Ihre gesamte Struktur ist auf ein offenkundiges Ziel ausgerichtet, nämlich geschriebene Wörter präzise und rasch zu erkennen. Doch weder die Hypothese eines intelligenten Schöpfers noch die einer Evolution aufgrund natürlicher Selektion scheinen das erklären zu können. Aber wie gelingt einem Primatengehirn dann das Lesen – und auch noch auf so effiziente Weise? Wie schaffen es unsere Gehirnregionen, die aus Millionen Jahren der Evolution in einer schriftlosen Welt hervorgegangen sind, sich an die spezifischen Anforderungen anzupassen, die mit der Erkennung von Wörtern verbunden sind?

## **Biologische Einheit und kulturelle Vielfalt**

Das Lesen ist nur ein Beispiel für die erstaunlich vielfältigen kulturellen Aktivitäten, die die Menschheit in einigen zehntausend Jahren hervorgebracht hat. Umso erstaunlicher ist es, dass diese »kulturellen Erfindungen« von den wenigsten Forschern in einem Gesamtzusammenhang betrachtet werden. Unter den Forschern der Sozialwissenschaften gibt es nur wenige, die die Biologie des Gehirns und die Evolutionstheorie als relevant für ihr Forschungsgebiet ansehen. Die meisten beharren unausgesprochen auf einem Modell des Gehirns, das ich hier als Modell der generalisierten Plastizität und des kulturellen Relativismus bezeichnen möchte. Danach ist das Gehirn so flexibel und formbar, dass es die Spannweite menschlicher Aktivitäten in keiner Weise einschränkt. Diese Vorstellung findet sich schon in den Schriften der empiristischen englischen Philosophen John Locke, David Hume und George Berkeley: Das menschliche Gehirn soll einer unbeschriebenen Schiefertafel ähneln, auf der die Daten der natürlichen, aber auch der kulturellen Umgebung über den Filter der fünf Sinne eingepägt werden.

Diese Sicht auf den Menschen – sie wurde im 20. Jahrhundert von zahlreichen Theoretikern des kulturellen Relativismus weiterentwickelt – stellt schon die Vorstellung einer menschlichen »Natur« infrage. Sie sei demnach kein zwangsläufiger Ausdruck unserer biologischen Art, sondern werde vielmehr in plastischer Weise aufgebaut – durch das Eingebundensein in eine gegebene Kultur. So hätten Kinder, die in der Kultur der Inuit, bei den Mundrucú-Indianern Amazoniens oder in einer jüdischen Familie der New Yorker Upper East Side zur Welt kämen, kaum etwas gemeinsam. Farbwahrnehmung, Wertschätzung von Musik oder moralisches Empfinden wären von einer Kultur zur anderen überaus wandelbar – allein die Lernfähigkeit wäre ein übergreifendes Merkmal unserer menschlichen Natur. Die Frage nach den zerebralen Grundlagen kultureller Errungenschaften wie etwa der Sprache sei demnach nicht relevant: Das menschliche Gehirn, befreit von den Fesseln der Biologie, sei anders als etwa das der Tiergattungen imstande, jede kulturelle Form in sich aufzunehmen, wie abgewandelt sie auch sei.

In diesem Buch möchte ich zeigen, wie weit die jüngsten Erkenntnisse der Neuropsychologie dieses simple Modell der Beziehungen zwischen Gehirn und Kultur widerlegen. Anhand der zerebralen Organisation der Schaltkreise, die am Lesen beteiligt sind, werden wir sehen, wie falsch die Vorstellung eines jungfräulichen und beliebig formbaren Gehirns ist, das sich angeblich darauf beschränkt, die Vorgaben seiner kulturellen Umgebung in sich aufzunehmen. Unser Gehirn ist offenkundig zum Lernen befähigt – sonst könnte es niemals die Regeln verinnerlichen, die der lateinischen, japanischen oder arabischen Schrift zu eigen sind. Wenn geschriebene Wörter zu entschlüsseln sind, ist bei allen Individuen in allen Kulturen der Welt mit Abweichungen von wenigen Millimetern die gleiche Gehirnregion beteiligt. Ob Französisch oder Chinesisch, Russisch oder Deutsch – das Lesen erlernt man stets mit dem gleichen Schaltkreis.

Gestützt auf diese Erkenntnisse möchte ich ein anderes, dem kulturellen Relativismus entgegengesetztes Modell vorschlagen – ich nenne es »neuronales Recycling«. Nach dieser Hypothese sind unserer Gehirnarchitektur durch starke genetische Zwänge enge Grenzen gesetzt. Dennoch haben etwa die Schaltkreise der Sehrinde einen bestimmten Spielraum, sich an die Umwelt anzupassen; sie sind von der Evolution mit einer gewissen Plastizität ausgestattet. Neuronen, die ursprünglich dafür angelegt waren, Gesichts- oder Handformen zu erkennen, können ihre Präferenzen umlenken und auf künstliche Objekte, gebrochene Formen oder sogar Buchstaben reagieren. Das heißt, unsere Gene legen im Prinzip nur ein Spiel der Möglichkeiten fest, eine Architektur der »Prä-Repräsentationen«, so der Neurobiologe Jean-Pierre Changeux.<sup>3</sup> In der Evolution der Primaten war es sicherlich vorteilhaft, ihnen die Möglichkeit zu lassen, sich an ihre Umwelt anzupassen. Von daher stelle ich die Hypothese auf, dass sich kulturelle Erfindungen wie das Lesen in diesen Spielraum des plastischen Gehirns einfügen. Das Gehirn passt sich seiner kulturellen Umwelt an – doch dazu verwendet es nicht etwa jungfräuliche neue Schaltkreise, sondern widmet bereits vorhandene zerebrale Gegebenheiten um. Unser Gehirn ist keine Tabula rasa, kein unbeschriebenes Blatt, auf dem sich kulturelle Konstrukte ansammeln – es ist ein stark strukturiertes Organ, das mit Altem etwas Neues anfängt. Wenn wir neue Fertigkeiten erlernen, recyceln wir unsere alten Primaten-Schaltkreise, soweit diese ein Minimum an Veränderung tolerieren.

## Hinweise für den Leser

Die folgenden Kapitel zeigen, wie das Modell des neuronalen Recyclings die menschliche Lesefähigkeit, aber auch deren Grenzen und sogar ihre Geschichte erklärt. Dazu werde ich als Erstes die Mechanismen des Lesens beim Erwachsenen



analysieren: Was geschieht in psychologischer Hinsicht, welche Hirnregionen sind beim Lesen aktiv, was läuft auf der Ebene der neuronalen Netze ab, die Buchstaben und Wörter erkennen? Dabei versuche ich, das Räderwerk im Gehirn eines Lesers in genau der Weise zu zerlegen, wie Reverend Paley es für die in der Einöde gefundene Uhr vorgeschlagen hatte, auch wenn wir hier nicht das ideale System vorfinden werden, das ein allwissender Großer Uhrmacher konzipiert hätte. Wir stoßen auf kleine Unvollkommenheiten – Spiegelbild der Kompromisse, die unser Gehirn zwischen den Erfordernissen der Aufgabe und den für deren Ausführung vorhandenen Schaltkreisen eingeht. So erklärt sich beispielsweise aus den Eigenschaften der Sehrinde bei Primaten, warum der Lesevorgang bei uns nicht so funktioniert wie ein schneller und effizienter Scanner. Die beim Lesen von unserem Gehirn durchgeführten Operationen haben nichts mit irgendeiner »globalen« Erkennung der Wortformen zu tun. Im Gegenteil: Das gesehene Objekt wird in Myriaden von Fragmenten zerlegt, die das Gehirn anschließend wieder zusammensetzt – Strich für Strich, Buchstabe für Buchstabe. Man erkennt ein Wort, indem man zunächst die Buchstabenfolge analysiert und darin bestimmte Kombinationen ortet (Silben, Vorsilben, Nachsilben, Wortstämme), die man schließlich mit Lauten und Sinngehalten verbindet. Nur weil diese Operationen durch Jahre des Lernens automatisiert sind und außerhalb des Bewusstseins parallel ablaufen, hat sich die naive Hypothese, wir würden Worte unmittelbar und im Ganzen erfassen können, so viele Jahre halten können.

Im Paradox des Lesens zeigt sich die unbestreitbare Tatsache, dass unsere Gene sich nicht dazu entwickelt haben, uns den Leseerwerb zu ermöglichen. Für mich gibt es hier nur eine Lösung: Wenn das Gehirn nicht die Zeit gehabt hat, sich gemäß den Erfordernissen der Schrifterkennung zu entwickeln, dann muss die Schrift sich so entwickelt haben, dass sie den Zwängen unseres Gehirns Rechnung trägt. Damit führt

uns das Modell des neuronalen Recyclings zu einer neuen Bewertung der Schriftentwicklung von den ersten Symbolen der prähistorischen Kulturen bis zur Erfindung des Alphabets. Darin finden wir Spuren unaufhörlicher evolutionärer Basteleien, mit denen die Schriftobjekte an die Zwänge unseres Gehirns angepasst wurden. Wir werden sehen, dass alle Schriften der Welt viele Merkmale gemeinsam haben, in denen sich die Beschränkungen unserer visuellen Schaltkreise widerspiegeln.

Ausgehend von der Vorstellung, dass unser Gehirn nicht zum Lesen gemacht ist, sondern sich so gut es geht darauf eingestellt hat, werde ich mich auch mit der Frage beschäftigen, auf welche Weise Kinder das Lesen lernen. Neueste Ergebnisse der kognitiven Neurowissenschaften belegen, dass unser Primatengehirn nicht auf einer Vielzahl von Wegen zum geübten Leser wird. Tatsächlich gibt es kaum mehr als eine Möglichkeit des Leseerwerbs – es wäre zu wünschen, dass unsere Schulen sich anregen ließen, den Leseunterricht entsprechend zu optimieren und damit die Gefahr des Scheiterns zu verringern.

Auf diesem Weg lässt sich auch manch erstaunliches Phänomen des Lesenlernens neu interpretieren. Warum schreiben beispielsweise sehr junge Leser manchmal in Spiegelschrift von rechts nach links? Diese Fehler sind, wie wir sehen werden, kein erstes Zeichen einer Legasthenie, sondern eine natürliche Folge des Aufbaus der Sehregionen im Gehirn. Bei der Mehrzahl der Kinder scheint die Legasthenie mit einer ganz anderen Störung in Verbindung zu stehen – sie hat mit der Verarbeitung der gesprochenen Sprache zu tun. Dazu werde ich mich mit den ersten Vorzeichen befassen und die hirnanatomischen Grundlagen und die allerneuesten Entdeckungen der Genetik mit einbeziehen.

Schließlich kommen wir auf die erstaunliche Tatsache zurück, dass wir von allen Primaten als einzige so ausgeklügelte kulturelle Erfindungen wie das Lesen hervorbringen können.

Ganz im Gegensatz zu der in den Sozialwissenschaften verbreiteten Ansicht, nach der unser Gehirn menschlichen Kulturen keinerlei Zwänge vorgibt, zeigt das Beispiel des Lesens, dass kulturelle Organisation strikt an die Einschränkungen unseres Gehirns gebunden ist. Im Verlauf ihrer langen Kulturgeschichte hat die Menschheit entdeckt, dass sie ihr Sehsystem zur Schrifterkennung umfunktionieren kann. Die Möglichkeit, dass andere Formen menschlicher Kultur einer ähnlichen Analyse unterzogen werden können, werde ich kurz erörtern. Vielleicht sind Mathematik, Künste und Religionen ja ebenfalls in Jahrhunderten der kulturellen Evolution entstandene Verfahren, die sich rasch in den Schaltkreisen unserer Primatengehirne festgesetzt haben.

Ein Rätsel bleibt jedoch bestehen. Außer uns hat keine Art gesprochene oder geschriebene Symbole erfunden. Bei den Schimpansen beschränkt sich die Liste kultureller Merkmale auf ein paar Dutzend Elemente. Warum hat unsere Spezies als einzige unter den Primaten eine so reichhaltige kulturelle Dimension entwickelt? In der Schlussbetrachtung werde ich einige Denkansätze zu dieser faszinierenden Frage skizzieren. Zwei neuere Vorstellungen, einmal die »Mentalisierung« (die Fähigkeit, sich vorzustellen, was unsere Artgenossen denken) und dann die eines »bewussten Arbeitsbereiches« (ein neuronales Netzwerk, in dem Ideen zu neuen Synthesen kombiniert werden), könnten dazu beitragen, die kulturelle Einzigartigkeit des menschlichen Geistes genauer zu umreißen.

Am Ende dieser Analyse wird uns die kulturelle Variabilität der menschlichen Gattung nicht mehr so ausgedehnt erscheinen. Möglicherweise ist der Eindruck von der unendlichen Vielfalt der Kulturen nichts weiter als eine Illusion – zurückzuführen auf unsere Unfähigkeit, uns andere kulturelle Formen vorzustellen als jene, deren Wahrnehmung unser Gehirn zulässt.



## 1. Kapitel

# Wie lesen wir?

Die Verarbeitung der Schrift beginnt im Auge, im Zentrum unserer Retina. Nur dort, in der Fovea (Sehgrube), reicht die Auflösung aus, um die Details der Buchstaben erkennen zu können. Deshalb müssen wir unseren Blick auch über die Seite bewegen, damit wir bei jedem Innehalten ein oder zwei Wörter identifizieren können. Diese werden von den Neuronen der Retina zunächst in viele tausend Teile zerlegt; ehe die Buchstabenkette erkannt wird, muss sie erst wieder zusammengesetzt werden. Schritt für Schritt, in Form von Graphemen, Silben, Vorsilben, Nachsilben und Wortstämmen. Schließlich kommen zwei große parallele Verarbeitungsstränge ins Spiel: der phonologische und der lexikalische Weg. Der eine ermöglicht es uns, die Buchstabenkette in Sprachlaute umzuwandeln (die Phoneme), der andere eröffnet den Zugang zu einem »mentalen Wörterbuch«, in dem deren Sinn verzeichnet ist.

*Erst wenn [der Schreiber] ihn freigibt, tritt der Text seine eigene, stumme Existenz an, stumm, bis ein Leser ihn liest. Im Auge des Lesekundigen dann entfaltet der Text sein aktives Leben. Alles Schreiben ist auf das Entgegenkommen des Lesers angewiesen.*

Alberto Manguel,  
*Eine Geschichte des Lesens*

Seit etwa dreißig Jahren untersucht die kognitive Psychologie, wie das Lesen funktioniert. Sie will verstehen, welche Regeln oder »Algorithmen« ein guter Leser anwendet, wenn er Wörter erkennt. Sie interessiert sich also nur für die Stadien der Informationsumwandlung, nicht aber für die zerebralen Mechanismen, die ihr zugrunde liegen. Die kognitive Psychologie betrachtet das Lesen wie ein Computerproblem: Jeder Leser verfügt über einen Sensor, die Retina. Dort kommen Wörter in Form von Licht- und Schattenflecken an, die zunächst nicht als verständliche linguistische Zeichen zu entschlüsseln sind. Die visuelle Information muss erst extrahiert, destilliert und dann in ein Format umgesetzt werden, das Klang und Sinn der Wörter wiederherstellt. Dafür benötigen wir einen Entschlüsselungsalgorithmus. Im Prinzip ähnelt er einem Zeichenerkennungsprogramm, das imstande ist, die Tintenkleckse auf einer Seite in die darin enthaltenen Wörter zu überführen. Ohne dass es uns bewusst würde, führt unser Gehirn dabei eine Reihe von komplexen Operationen aus, deren Funktionsweise wir erst langsam zu verstehen beginnen.

## Das Auge: ein unvollkommener Sensor

Auf den ersten Blick scheint der Vorgang des Lesens an Zauberei zu grenzen: Wir richten den Blick auf ein Wort, und ohne erkennbare Anstrengung ermöglicht unser Gehirn den Zugang zu dessen Sinn und Aussprache. Dabei ist das keineswegs eine einfache Sache – die besten Schrifterkennungsprogramme haben damit nach wie vor Probleme.

Die Geschichte des Lesens beginnt mit der Retina: Trifft ein Wort auf die Retina, wird es sofort in viele tausend Teile zerlegt; jeder »Bildbestandteil« wird dabei von einem eigenen Fotorezeptor erkannt. Die Schwierigkeit besteht darin, diese Fragmente anschließend wieder so zusammensetzen, dass die entsprechenden Buchstaben, ihre Reihenfolge und damit das fragliche Wort entschlüsselt werden können. Aber schon in dem Augenblick, in dem die von einer Textseite reflektierten Photonen auf die Retina projiziert werden, stoßen wir an eine erste Grenze. Denn dieser Sensor ist bei Weitem nicht so perfekt, wie behauptet wird. Nur ihr Zentrum, die Fovea, besitzt entsprechende Photorezeptoren mit sehr hoher Auflösung. Dieser etwa 15 Grad des Sehfeldes abdeckende Bereich ist die einzige Zone der Retina, die für das Lesen wirklich nützlich ist. Nur sie erfasst die Buchstaben so detailliert, dass sie erkannt werden können. Fehlt dieser Bereich – sei es aufgrund einer Schädigung der Retina oder der visuellen Regionen des Gehirns, sei es aufgrund eines experimentellen Eingriffs, der Bereiche der Retina selektiv abdeckt oder blockiert –, wird Lesen unmöglich.<sup>1</sup>

Weil dieser Bereich der Fovea so klein ist, müssen wir beim Lesen unablässig die Augen bewegen. Und das tun wir nicht etwa kontinuierlich, sondern ruckartig.<sup>2</sup> Der Blick hüpfert in einzelnen kleinen Sprüngen, den Sakkaden, über die Seite. Beim Lesen eines Textes geschieht das vier oder fünf Mal pro Sekunde. Das liegt daran, dass die visuelle Information nicht überall auf der Fovea mit der gleichen Präzision dargestellt wird. Je weiter man sich vom Zentrum des Blicks entfernt, desto klei-



Stanislas Dehaene

### **Lesen**

Die größte Erfindung der Menschheit und was dabei in unseren Köpfen passiert

Gebundenes Buch mit Schutzumschlag, 448 Seiten, 13,5 x 21,5 cm  
ISBN: 978-3-8135-0383-8

Knaus

Erscheinungstermin: September 2010

Ein Muss für alle, die das Lesen lieben

Wunder des Lesens: Warum können wir selbst das Lesen verstehen? Eine spannende Expedition vom Alphabet im Affengehirn bis zur Entstehung des Denkens in unseren Köpfen. Dieses Buch beantwortet alle Fragen: Warum liest der Mensch? Warum verstehen wir die Buchstaben? Warum gibt es Legasthenie? Wo liegen die Grenzen des Schnell-Lesens? Wie verändern digitale Technologien unser Denken? Schwarze Zeichen auf weißem Papier. Möglicherweise unterschiedlich in ihrer Größe, Form, Anordnung. Dennoch wird in Sekundenbruchteilen ein ganzes Universum von Bedeutungen erschaffen. Der renommierte französische Kognitionswissenschaftler Stanislas Dehaene unternimmt einen aufregenden Streifzug durch die Landschaft in unseren Köpfen. Er beschreibt, was zwischen Kindergarten und zweiter Klasse im Gehirn passiert und wie dieser unendlich komplizierte Vorgang so automatisiert wird, dass selbst für eine kleine Rolle mehr spielen. Wie geht Lesen? Wie funktioniert die Verbindung von Auge und Geist, die gedruckte Zeichen in Töne, Musik und Bedeutung verwandelt und Gedanken begründet? Und warum hat unser Primatengehirn vor 5400 Jahren nach millionenjähriger Evolution plötzlich das Lesen erfunden?

Das unverzichtbare Buch über die Kulturtechnik Lesen.

 [Der Titel im Katalog](#)