

Kopfsachen

Holger Schulze: Wenn Gehirne lesen lernen
Zur Entwicklung der Lesekompetenz



Wenn Gehirne lesen lernen

Zur Entwicklung der Lesekompetenz

Holger Schulze

Es gibt nicht viele Eigenschaften, die den Menschen von Tieren nicht nur quantitativ, sondern qualitativ unterscheiden. Sucht man nach solchen Eigenschaften, so stößt man schnell auf eine, die es tatsächlich exklusiv nur bei Menschen gibt und die von bisher keiner anderen Tierart, nicht einmal ansatzweise, entwickelt wurde: das Lesen.

Der Mensch sieht sich gerne als die Krone der Schöpfung, als von Gott nach dessen Ebenbild erschaffene Lebensform, dazu auserkoren, über alles was da kreucht und fleucht zu herrschen und sich die Erde untertan zu machen. Dieses durch traditionelle christliche Vorstellungen der Bibel¹ geprägte Weltbild galt etliche Jahrhunderte als unumstößliche Wahrheit, ehe Darwins Evolutionstheorie uns Mitte des 19. Jahrhunderts in die Ahnenreihe des Tierreichs eingliedert und so gewissermaßen den Zauber des Göttlichen, unsere Sonderstellung auf Erden, entrissen hat. Während Darwin für seine Thesen seit dem Zeitpunkt ihres Erscheinens von verschiedensten Gruppierungen massiv angefeindet wurde und noch immer wird, etwa von Kreationisten, existieren mittlerweile unzählige wissenschaftliche Belege für die Richtigkeit seiner Evolutionstheorie, sodass heute kein ernst zu nehmender Wissenschaftler mehr an deren Gültigkeit zweifelt. Und wenngleich der Mensch zweifelsohne zu den am höchsten entwickelten Tierarten auf diesem Planeten zählt, so ist es doch alles andere als trivial, Eigenschaften zu identifizieren, die tatsächlich exklusiv nur dem Menschen zugeschrieben werden können: Immer wieder hat sich gezeigt, dass sich viele Fähigkeiten, die ursprünglich nur für Menschen

¹ vgl. Genesis 1,1

beschrieben waren, auch bei anderen Tierarten nachweisen lassen – wenn auch meist in deutlich primitiverer Form. Prominente Beispiele hierfür sind etwa der Werkzeuggebrauch, Lernen durch Nachahmen (was Tradierung von Verhaltensweisen, zusätzlich zu vererbtem Verhalten, ermöglicht), einfache Formen von Sprache zur akustischen Kommunikation, Ausbildung komplexer sozialer und politischer Strukturen oder gar Selbstbewusstsein im Sinne der Erkenntnis der eigenen Existenz.² Finden lassen sich solche Fähigkeiten meist bei hoch entwickelten Säugern, insbesondere Menschenaffen, aber teilweise auch bei anderen Primaten, Delphinen oder sogar Vögeln (Staren) und Wirbellosen (Kraken).

Eine Eigenschaft aber, die bei bislang keiner anderen Lebensform nachgewiesen werden konnte als dem Menschen, ist die Verwendung einer abstrakten Symbolsprache in Schriftform, also das Schreiben und Lesen: Nur der Mensch hat Zeichensysteme entwickelt, mit denen sich gesprochene Sprache kodieren, niederschreiben und weitergeben lässt. Verschiedene Kulturen haben dabei unabhängig voneinander ganz unterschiedliche Schriftsysteme erfunden, einzuteilen in Buchstaben-, Silben- oder Wortschriften bis hin zu der bizarren Knotenschrift der Inka (Quipu). Die Verwendung abstrakter Schriftsysteme zur Kodierung von Sprache kann somit als fundamentale Eigenschaft des Menschen angesehen werden und ist damit eines der, vielleicht sogar das wesentliche Merkmal, das uns als Menschen ausmacht und von unseren Mitgeschöpfen unterscheidet:³ Wer schreiben (kodieren) und lesen (dekodieren) kann auf diesem Planeten, der ist ein Mensch!

Analphabetismus: eine individuelle wie gesellschaftliche Katastrophe

Nachdem wir uns die besondere Bedeutung der Verwendung einer abstrakten Schriftsprache für das Menschsein vergegenwärtigt haben, ist die Erkenntnis, dass das sichere Beherrschen dieser Fähigkeit für ein einzelnes Individuum entscheidend für dessen normale Teilhabe an unserer Gesellschaft ist, trivial: Wer nicht halbwegs vernünftig lesen und schreiben kann, der hat es schwer,

² vgl. „Kopfsachen“, UNIVERSITAS, 3/2013

³ Eine weitere Eigenschaft, die möglicherweise exklusiv menschlich ist, ist die Religiosität – zumindest wurde hier noch keine Entsprechung bei anderen Tierarten beschrieben.

im beruflichen wie privaten Leben. Selbst in einem so reichen und hoch entwickelten Land wie Deutschland mit freiem Zugang zu Bildungssystemen gelten aktuell rund 4 Prozent der Erwachsenen als völlige Analphabeten. Hinzu kommen rund 14 Prozent funktionale Analphabeten, also Menschen, die Schrift im Alltag nicht so gebrauchen können, wie es den sozialen Mindeststandards entspricht. Das heißt, allein in Deutschland reden wir hier von nahezu 10 Millionen Betroffenen und einem hieraus resultierenden persönlichen Leid wie gesamtgesellschaftlichen Schaden, der kaum zu beziffern sein dürfte. Wollen wir diesen Menschen helfen, müssen wir zunächst versuchen, die Ursachen zu verstehen, die zu diesen Defiziten im Schriftgebrauch führen. Wir müssen verstehen, wie „normale“ Gehirne diese Aufgaben bewältigen und wie sie sich von den Gehirnen derer unterscheiden, die dies nicht oder nur eingeschränkt zu leisten vermögen. Im Folgenden soll daher versucht werden, die wesentlichen Fakten zum gegenwärtigen Wissensstand über die Neurobiologie des Schriftgebrauchs, am Beispiel des Lesens, kurz zu umreißen.

Zur Neurobiologie des Lesens

Gehirne arbeiten nicht wie Computer, bei denen ein oder einige wenige Prozessoren jedwede Rechenoperation, also jeden einzelnen Informationsverarbeitungsschritt, nacheinander abarbeiten. Vielmehr besitzen Gehirne eine enorme Zahl – beim Menschen etwa mehrere hundert Milliarden – kleiner Recheneinheiten, die Nervenzellen oder Neurone, die zwar jede für sich genommen viel langsamer arbeiten als ein Computerchip, dafür aber gleichzeitig, parallel, in einem hochgradig interagierenden Netzwerk. Diese Architektur erlaubt es, dass von verschiedenen Regionen innerhalb des Gehirns unterschiedliche Aufgaben wahrgenommen werden können. Ist die Funktion einer solchen Region gestört, kommt es daher auch zu spezifischen Funktionsausfällen entsprechend der Aufgabe dieser Region, etwa nach Hirnverletzungen oder Schlaganfällen, und nicht zu einem Totalausfall aller Funktionen, wie es bei einem Computer bei Verlust seines Prozessors der Fall wäre.

Das Lesen ist nun eine hoch komplexe Aufgabe, die sich in einzelne Teilaufgaben zerlegen lässt und daher das Zusammenspiel mehrerer solcher Re-

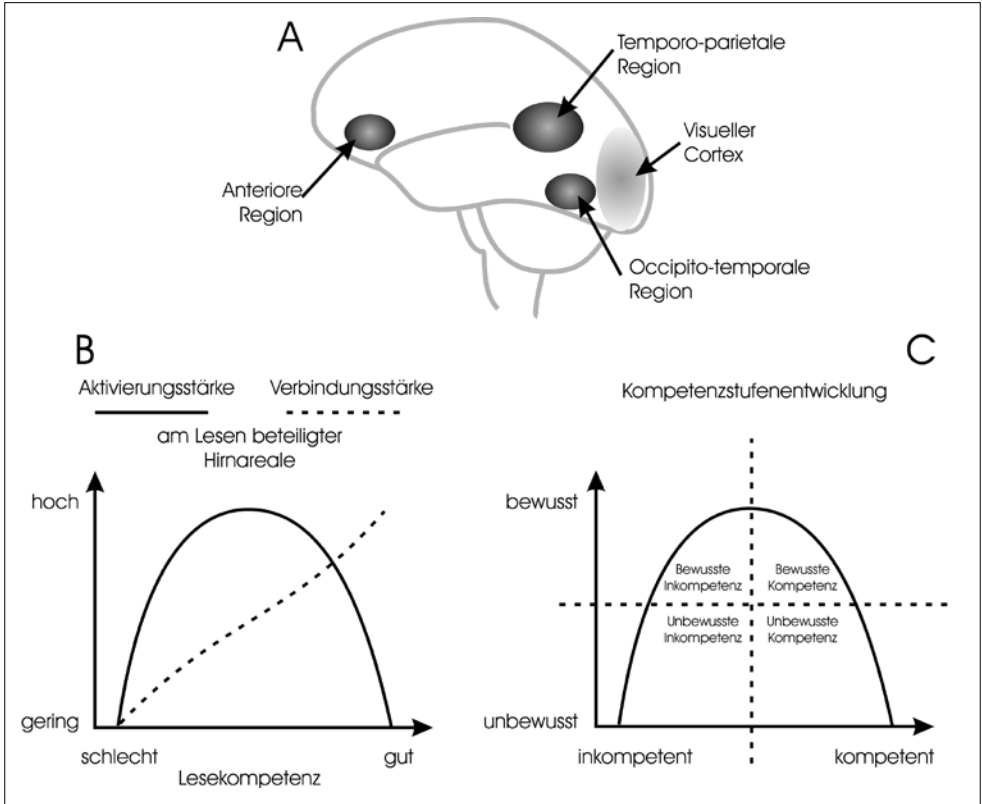


Abbildung: A: Am Lesen beteiligte Hirnregionen der linken Hirnhälfte (Hemisphäre). B: Veränderung der Aktivierungsstärke (durchgezogene Linie) und Verbindungsstärke (gestrichelte Linie) dieser Regionen im Verlauf der Entwicklung der Lesekompetenz bei nicht lesebehinderten. C: Entwicklungspsychologisches Modell der Kompetenzstufenentwicklung.

gionen erfordert (vgl. Abbildung A). Die verschiedenen Regionen sind dabei nicht exklusiv für das Lesen entstanden, sondern setzen sich aus Bereichen zusammen, die auch in anderen Kontexten als dem Lesen genutzt werden, etwa bei bestimmten sensorischen oder Gedächtnisleistungen. Die einzelnen Teilschritte – stark vereinfacht und schematisiert – sind dabei folgende: Zunächst muss der geschriebene Text gesehen und die visuelle Information analysiert werden: Diese Aufgaben übernimmt der visuelle Cortex (beider Hirnhälften) im Hinterhaupt. Er erkennt die Wörter (als Bilder, nicht inhaltlich!) und zerlegt sie in Silben und Buchstaben. Eine zentrale Leistung beim Lesen ist nun, die Struktur der einzelnen Silben den dazugehörigen Bestand-

teilen der gesprochenen Sprache zuzuordnen, also in der Silbenstruktur der Schriftsprache die phonologische Struktur der gehörten Sprache zu erkennen. Dieser Analyseschritt, der als „Graphem-zu-Phonem-Dekodierung“ bezeichnet wird, findet in der temporo-parietalen Region statt, einem Bereich der (linken) Großhirnrinde, der wiederum mehrere Teilbereiche umfasst, darunter das Wernicke-Areal, welches auch als sensorisches Sprachzentrum bezeichnet wird.

Als Nächstes muss nun diese phonologische Information mit lexikalischer und semantischer Information verknüpft werden, das heißt, die Silben müssen zu Wörtern zusammengesetzt und mit ihrer Bedeutung versehen werden. Auch dies geschieht vermutlich in diesem temporo-parietalen Netzwerk.

Die anteriore Region, welche unter anderem das motorische Sprachzentrum (= das Broca-Areal) beinhaltet, re-kodiert zum einen den phonologischen Output – etwa beim Vorlesen –, unterstützt aber gleichzeitig die temporo-parietale Region bei ihren Aufgaben, und zwar immer dann, wenn die Leseinformation unbekannt ist und daher mehr Aufmerksamkeit erfordert. Diese Interaktion zwischen diesen beiden Regionen spielt daher besonders bei Leseanfängern eine Rolle, aber auch bei Personen mit Leseschwäche, wie wir später noch sehen werden.

Die occipito-temporale Region schließlich unterstützt die Worterkennung beim Leseprozess durch Bereitstellung linguistischer Gedächtnisinhalte und beherbergt daher eine Funktion, die sich erst im Laufe der Entwicklung durch Lesetraining und das Sammeln von Leseerfahrungen herausbilden kann. In der Tat gehen aktuelle Modelle zur Neurobiologie der Lesekompetenz (vgl. Abbildung B) davon aus, dass beim Lesenlernen zunächst im Wesentlichen die temporo-parietale Region stark aktiviert wird, mit starker Unterstützung der anterioren Region und auch noch verstärkter Beteiligung einzelner Bereiche der rechten Hirnhälfte. Das Lesen ist für Leseanfänger daher anstrengend, erfolgt langsam und erfordert viel Aufmerksamkeit. Während dieses Lernprozesses verlagert sich das Geschehen mehr und mehr auf die linke (sprachdominante) Hirnhälfte und es formen sich durch eine Interaktion der temporo-parietalen mit der occipito-temporalen Region lexikalische Zuordnungen und

linguistische Gedächtnisinhalte, wobei die Verbindungsstärke zwischen diesen Regionen verstärkt wird. Erfahrene Leser können daher, wenn sich diese starken Verbindungen und Gedächtnisinhalte herausgebildet haben, schneller lesen und empfinden dies auch nicht mehr als besonders anstrengend: Die Aktivierungen insgesamt und besonders in den anterioren und temporo-parietalen Bereichen lassen deutlich nach (vgl. Abbildung B).

Wir erkennen hier, am Beispiel der Lesekompetenzentwicklung, zwei grundlegende Prinzipien der Hirnfunktion: Zum einen erfordert eine Aufgabe umso mehr Hirnaktivität, also „Rechenleistung“, je schwieriger sie zu lösen ist: Durch Training, wenn die Aufgabe erlernt und „gemeistert“ wird, reduziert sich auf der Grundlage eines sich herausbildenden Erfahrungsschatzes der akute Analysebedarf und die Gesamtaktivität der Neurone im Gehirn sinkt. Gleichzeitig haben sich aber durch den Lernprozess diejenigen Verbindungen zwischen den Neuronen, die an der Bewältigung der Aufgabe beteiligt waren, verstärkt, sodass die entsprechenden Regionen nun schneller und effizienter miteinander kommunizieren können.

Diese Dynamik der Hirnentwicklung erinnert stark an ein Konzept aus der Entwicklungspsychologie zur Kompetenzstufenentwicklung (Abbildung C). Dieses geht von einem initialen Zustand der unbewussten Inkompetenz aus: In unserem Beispiel bezieht sich das auf Kinder vor Lesebeginn, die mit Schrift noch nicht in Kontakt waren und daher auch noch gar nicht wissen können, welche Fähigkeit sie noch nicht besitzen. Was ich nicht weiß, macht mich nicht heiß, könnte man sagen. Wenn die Kinder dann beginnen, das Lesen zu lernen, geraten sie in den Zustand der bewussten Inkompetenz: Sie wissen zwar, was die Aufgabe ist, können sie aber noch nicht bewältigen. Diese Phase erfordert bereits größere Anstrengungen, während dies in der Phase der unbewussten Inkompetenz freilich noch nicht der Fall ist. Wenn die Kinder besser werden in ihren Leseleistungen und erste Erfolge haben, erreichen sie den Zustand der bewussten Kompetenz: Sie können nun lesen, wissen das auch, aber es erfordert noch immer viel Anstrengung, da die Routine fehlt. Dies ist also die Phase, in der die anterioren und temporo-parietalen Regionen mit hoher Aktivität die meiste Arbeit leisten. Mit der Zeit und vielen Übungsstunden schließlich

sammeln die Kinder Erfahrung, das Lesen geht in Fleisch und Blut über, die Aktivität im Gehirn involviert nun immer mehr die occipito-temporale Region und schwächt sich dabei insgesamt ab: Die Kinder erreichen den Zustand der unbewussten Kompetenz: Sie können lesen, ohne sich noch besonders zu konzentrieren oder darüber nachzudenken, was sie da gerade machen, können oft nicht einmal mehr erklären, wie sie es überhaupt machen.

Der Verlauf dieser Kompetenzstufenentwicklung erinnert daher stark an den Verlauf der Veränderungen der Aktivierungsstärke in den beteiligten Hirnarealen, der Erwerb der Fähigkeit hingegen, die Entwicklung der Lesekompetenz, erscheint eher proportional der Veränderung der Verbindungsstärke zwischen den Arealen (vgl. Abbildungen B und C).

Lesekompetenz und Leseschwäche

Dieser vereinfachte Überblick über das, was Hirne beim Lesen zu leisten haben, legt bereits die Vermutung nahe, dass die Ursachen einer Leseschwäche vielfältig sein können. Tatsächlich können Störungen in jedem der beschriebenen Teilbereiche zu Störungen der Lesekompetenz führen, bis hin zum Analphabetismus. Was jedoch nahezu allen Personen – Kindern wie Erwachsenen – mit Leseschwäche gemein zu sein scheint, ist eine Störung oder ein Fehlen der sogenannten phonologischen Bewusstheit: Lesegestörte können nicht erkennen, dass Sprache aus einzelnen Segmenten besteht, denen einzelne Phoneme, also Laute der gesprochenen Sprache, zugeordnet werden können. Es ist einleuchtend, dass diese Fähigkeit eine Grundvoraussetzung für die oben beschriebene Graphem-zu-Phonem-Dekodierung darstellt und ein Defizit in diesem Bereich zu massiver Leseschwäche führen muss, da ja bereits die initialen Entwicklungsschritte beim Lesekompetenzerwerb gestört sind. In den Gehirnen von Personen mit Leseschwäche findet man denn auch atypische Aktivierungen: So zeigen sie eine deutlich stärkere Aktivierung der anterioren und temporo-parietalen Regionen und schwächere Verbindungen zu der occipito-temporalen Region, die zudem in ihrer Funktion insgesamt gestört erscheint, da sie ein normales Funktionieren der anderen Regionen benötigt, um sich selbst normal entwickeln zu können. Bei diesen Personen

scheint der typische Entwicklungsprozess also in einer Phase zwischen bewusster Inkompetenz und bewusster Kompetenz – je nach Schwere der Einschränkung – „hängenzubleiben“. Lesegestörte müssen daher kompensatorisch verstärkt anteriore und temporo-parietale Regionen nutzen, was mehr Zeit erfordert und größerer Mühe bedarf als dies bei normal Lesenden der Fall ist, vergleichbar etwa dem Zustand bei Leseanfängern.

Vor dem Hintergrund dieser Befunde und Modelle erscheinen derzeit solche Trainingsansätze für Lesegestörte besonders vielversprechend, die gezielt versuchen, die phonologische Bewusstheit der Betroffenen zu verbessern, um so eine möglichst normale Graphem-zu-Phonem-Dekodierung zu erreichen. Da die wesentlichen oben beschriebenen Entwicklungsschritte im Gehirn etwa im Alter von 6 bis 15 Jahren ablaufen, erscheint dieser Zeitraum auch am vielversprechendsten für Interventionen, da hier noch die volle jugendliche Plastizität und Lernfähigkeit des sich entwickelnden Gehirns nutzbar sein dürfte.

Quellen:

- Olulade, O. A., Flowers, D. L., Napoliello, E. M., & Eden, G. F. (2013). Developmental differences for word processing in the ventral stream. *Brain & Language*, 125(2), 134–145.
- Price, C.J. (2013). Current themes in neuroimaging studies of reading. *Brain & Language*, 125(2), 131–133.
- Pugh, K. R., Mencl, W. E., Jenner, A. R., Katz, L., Frost, S. J., Lee, J., et al. (2001). Neurobiological studies of reading and reading disability. *Journal of Communication Disorders*, 34, 479–492.
- Pugh, K. R., Landi, N., Preston, J. L., Mencl, W. E., Austin, A. C., Sibley, D., et al. (2013). The relationship between phonological and auditory processing and brain organization in beginning readers. *Brain & Language*, 125(2), 173–183.
- Simos, P. G., Rezaie, R., Fletcher, J. M., & Papanicolaou, A. C. (2013). Timeconstrained functional connectivity analysis of cortical networks underlying phonological decoding in typically developing school-aged children: A magnetoencephalography study. *Brain & Language*, 125(2), 156–164.
- Vogel, A. C., Church, J. A., Power, J. D., Miezin, F. M., Petersen, S. E., & Schlaggar, B. L. (2013). Functional network architecture of reading-related regions across development. *Brain & Language*, 125(2), 231–243.