

Zur Verarbeitung von gesprochenem und geschriebenen Chinesisch im Gehirn

Ein Überblick über aktuelle neurolinguistische Studien

Michaela Diercke

The possession of language more than any other attribute, distinguishes humans from other animals. To understand our humanity, one must understand the nature of language that makes us human (Fromkin et al. 2003: 3).

1. Was ist Neurolinguistik?

Neurolinguistik untersucht die Beziehungen von Sprache und Kommunikation, genauer gesagt versucht sie zu erforschen, wie das Gehirn Sprache verarbeitet und produziert. Dabei werden neurologische bzw. neurophysiologische Theorien, wie das Gehirn aufgebaut ist und funktioniert, mit linguistischen Theorien, wie die Sprache aufgebaut ist und funktioniert, verknüpft (Ahlsén 2006: 3). Schon im 19. Jahrhundert konnten Broca und Wernicke anhand von Sprachstörungen und der Zuordnung entsprechender Hirnläsionen Rückschlüsse auf an der Sprachverarbeitung beteiligte Hirnareale ziehen. In den 1980er Jahren – mit dem Aufkommen funktioneller bildgebender Verfahren – verlagerte sich der Fokus auf die Erforschung des nicht geschädigten menschlichen Gehirns (Vigneau et al. 2006). Die Neurolinguistik hat einen starken interdisziplinären Charakter, die Theorien und Methoden aus anderen Disziplinen wie Linguistik, Neurologie, Biologie und Psychologie vereint. Nach Chomsky werden in der Neurolinguistik folgende fünf zentrale Fragen gestellt:

- (1) What constitutes knowledge of language?
- (2) How is the knowledge acquired?
- (3) How is this knowledge put in use?
- (4) What are the relevant brain mechanisms?
- (5) How does this knowledge evolve (in the species)? (Jenkins 2000: 1)

Um die offenen Fragen der Linguistik zu klären, werden experimentelle Verhaltensstudien durchgeführt, Computermodelle angewendet und bildgebende Verfahren zur Identifizierung neuroanatomischer Strukturen eingesetzt (Schmalhofer et al. 2007: 1).

In China entsprechen Methoden und Theorien der Neurolinguistik (*shénjīng-yǐnyánxué* 神经语言学) den westlichen wissenschaftlichen Standards. Auch hier wird sie als interdisziplinäre Disziplin (*jiāochā xuékē* 交叉学科) verstanden, die

die Beziehungen zwischen Gehirn und Sprache erforschen will (Song 2008, Zhou/Cai 2008).

Zwischen der englischen und chinesischen Sprache, auf die sich die meisten in den Folgenden genannten Studien beziehen, existieren strukturelle Unterschiede, vor allem in der Schrift und Aussprache. Es bleibt also zu klären, ob diese strukturellen Unterschiede auch zu einer veränderten neuronalen Verarbeitung führen. Grundsätzlich werden zwei konträre Meinungen vertreten. Zum einen gibt es die Auffassung, dass Sprache universell ist und auch immer gleich verarbeitet wird, egal welche Muttersprache man spricht. Zum anderen gibt es die, die meinen, Sprache präge das Denken und es gäbe kulturelle Unterschiede in der Sprache sowie im Denken. Einige Forscher fordern daher die Etablierung eines kulturellen Ansatzes in der Neurolinguistik (Chen et al. 2009). Kurz gesagt, es stehen sich wissenschaftlicher Universalismus und kultureller Relativismus gegenüber. In dieser Arbeit kann dieser Konflikt natürlich nicht aufgelöst werden, aber mithilfe eines Überblicks über aktuelle Literatur auf dem Gebiet der Neurolinguistik, mit dem Schwerpunkt auf bildgebende und elektrophysiologische Verfahren, sollen Hinweise und Beweise für bzw. gegen die jeweilige Hypothese gefunden werden. Zunächst werden kurz neurolinguistische Methoden vorgestellt. Anschließend folgt am Beispiel des Lesens chinesischer Sprache eine Darstellung aktueller Erkenntnisse, Theorien und Debatten. Zuletzt wird auf Aspekte der Zweisprachigkeit eingegangen.

2. Bildgebung und elektrophysiologische Methoden

Die am häufigsten verwendeten bildgebenden Techniken sind die PET (Positronen-Emissions-Tomografie, *duàncéngshèyǐngjìshù* 断层摄影技术) und die fMRT (funktionelle Magnetresonanztomografie, *gōngnénghéicígòngzhènyǐngxiàngjìshù* 功能核磁共振影像技术). Mithilfe dieser Techniken können Hirnaktivitäten sichtbar gemacht werden. Man geht davon aus, dass bei Aktivierung bestimmter Hirnareale sich auch deren Durchblutung erhöht, die dann gemessen und visuell dargestellt werden kann (Gernsbacher/Kaschak 2003). Beide Verfahren haben eine gute räumliche Auflösung, aber aufgrund der zeitlichen Verzögerung um einige Sekunden, mit der der Blutstrom eintrifft, können die elektrische Aktivität der Neuronen und der Verarbeitungsprozess nicht ausreichend dargestellt werden. Mit der MEG (Magnetenzephalografie, *nǎocímāojìfǎ* 脑磁猫记法) und den ERP (Ereigniskorrelierten Potenzialen, engl.: *event-related potentials*) können die elektrische Aktivität von Nervenzellen direkt erfasst werden und auch zeitliche Abfolgen von Denk- bzw. Sprachprozessen abgebildet werden (Proverbio et al. 2004: 302). Während ERPs empfindlicher gegenüber kurzen, starken, also phasischen Aktivierungen sind, können mithilfe von fMRT und PET graduelle, anhaltende, also tonische Aktivierungen erfasst werden (Dien 2009).

Auch wenn die neuen bildgebenden Technologien viele Vorteile zur Erforschung der Sprache und ihrer Verarbeitung im Gehirn bieten, so ist die Technik dennoch nicht voll ausgereift und kann die komplexen neuronalen Mechanismen (noch) nicht vollständig darstellen. Aus diesem Grund wird zunächst immer noch versucht, grundlegende Fragen zu beantworten: In welchen Hirnregionen ist die Sprache repräsentiert? Wie unterscheidet sich die Verarbeitung von gesprochener und geschriebener Sprache? (Price 2000).

3. Neuronale Verarbeitung der chinesischen Sprache

Die wichtigsten Unterschiede zwischen europäischen und asiatischen Sprachen sind zum einen die Verwendung von Tönen und zum anderen das Schriftsystem. Gibt es nun auch anatomische Unterschiede am Hirn zwischen den Sprechern der verschiedenen Sprachen? Anatomische Unterschiede können durch genetische Besonderheiten oder anatomische Plastizität, hervorgerufen durch unterschiedliche Verarbeitungs- und Lernstrategien im Hirn, verursacht werden. Mittlerweile konnten morphologische Unterschiede bestimmter Hirnareale nachgewiesen werden. Sie können am besten durch anatomische Plastizität interpretiert werden. Diese anatomischen Unterschiede bieten einen guten Ausgangspunkt für weitere funktionelle Studien (Kochunov et al. 2003). Grundsätzlich ist vor allem die linke Gehirnhälfte, auch linke Hemisphäre genannt, an der Sprachverarbeitung beteiligt, dort liegen die wichtigsten Sprachzentren, die nach den Aphasie-Forschern und "ersten Neurolinguisten" Carl Wernicke (1848-1905) und Pierre Paul Broca (1824-1880) benannt wurden. Auch bei chinesischen Muttersprachlern konnte eine bevorzugte Aktivierung der linken Hemisphäre während der Sprachverarbeitung festgestellt werden (Sun et al. 2003).

3.1. Lesen chinesischer Schriftzeichen

Das Lesen und auch das Schreiben sind aus neurolinguistischer Sicht deshalb so interessant, weil sie, aus einer evolutionären Perspektive betrachtet, sehr spät erworbene Fähigkeiten sind. Die Beziehungen zwischen geschriebener und gesprochener Sprache unterscheiden sich auch wegen der unterschiedlichen Schriftsysteme, die verwendet werden. Es existieren alphabetische, syllabische und logografische Schriftsysteme. Ein weiterer Grund für das Interesse der Neurolinguisten am Lesen und Schreiben sind die Probleme, die bestimmte Individuen beim Erwerb dieser Fertigkeiten haben. Dyslexie oder, allgemeiner ausgedrückt, Schwierigkeiten beim Lesen und Schreiben stellen in einer Gesellschaft, die auf geschriebener Kommunikation basiert, ein zentrales Problem dar (Ahlsén 2006: 111).

Das Lesen von Wörtern gliedert sich in verschiedene Einzelprozesse. Zunächst muss das geschriebene Wort visuell wahrgenommen und als solches im Gehirn erkannt werden. Dabei werden die grafischen Informationen in phonologische umgewandelt und anschließend mit semantischen Informationen verknüpft. Dieses Modell, das vor allem für alphabetische Schriften erforscht wurde, wird im anschließenden Kapitel darauf überprüft, ob es auch auf logografische Schrift angewendet werden kann. Da logografische Schriftzeichen auch semantische Komponenten enthalten, ist es interessant herauszufinden, ob neben der Transformation in phonologische Einheiten eine davon unabhängige Transformation in semantische Einheiten stattfindet.

3.1.1. Visuelle Wahrnehmung

80% der am häufigsten gebrauchten 7.000 chinesischen Zeichen bestehen aus einer phonetischen (P) und einer semantischen (S) Komponente, die zum größten Teil entweder jeweils links oder rechts (SP/PS) oder oben oder unten angeordnet sein können. Erfahrene chinesische Leser nehmen die Schriftzeichen aufgeteilt in bestimmte orthografische Einheiten, nicht aber die einzelnen Striche wahr. Dabei können häufig auftretende und reguläre Schriftzeichen schneller erkannt werden. Es ist von Vorteil, wenn die semantische Komponente links und die phonetische Komponente rechts ist (SP), was auf ca. zwei Drittel der zusammengesetzten Zeichen zutrifft. Hsiao/Shillcock (2006) kommen zu dem Schluss, dass die rechte Hälfte der Schriftzeichen für den Leser informativer ist als die linke. Diese "kulturelle Evolution" führen sie auf die Dominanz der linken Hemisphäre bei der Sprachverarbeitung zurück. Das würde bedeuten, dass sich das Schriftsystem und seine spezifische Struktur vor dem Hintergrund der biologischen bzw. neurologischen Voraussetzungen der Menschen entwickelt haben. Die Schrift hat sich also dem Menschen angepasst und nicht der Mensch an die Schrift, ein Hinweis für die Theorie der universalistischen Sprachverarbeitung.

Hsiao et al. (2007) konnten außerdem zeigen, dass diese Komponenten in unterschiedliche Hemisphären projiziert und dort verarbeitet werden, dies wird auch als "foveal splitting" (*zhōngyāng āo fēngē* 中央凹分割) bezeichnet. Interessant ist hierbei die unterschiedliche Verarbeitung bei Mann und Frau. Während es bei Frauen keinen Unterschied macht, ob die phonetische Komponente rechts oder links ist, reagieren Männer auf Schriftzeichen, deren phonetische Komponente sich auf der rechten Seite befindet, wesentlich schneller (Hsiao/Shillcock 2005). Auch die Aktivierung des Gehirns unterscheidet sich. Männer zeigen eine Dominanz der linken Hemisphäre, Frauen hingegen zeigen eine symmetrisch bilaterale Aktivierung. Dennoch wird darauf hingewiesen, dass inter-individuelle Unterschiede eventuell noch größer sind, als die zwischen den Geschlechtern (Dong et al. 2008).

Im visuellen System werden die Schriftzeichen hierarchisch analysiert. Zunächst kommen die Informationen ungefiltert in der Sehrinde an und anschließend werden die Eigenschaften des Objekts, ungeachtet dessen, ob es dem Leser vertraut ist oder nicht, verarbeitet. Dann erst werden die lokalen Informationen in ein Objekt integriert und zuletzt in der "visual word form area" (VWFA) als Schriftzeichen analysiert (Kao et al. 2010). Bei der Verarbeitung von logografischer Schrift wird genauso wie bei alphabetischer Schrift die VWFA aktiviert (Liu et al. 2008). Dennoch scheint es kein bestimmtes Hirnareal zu geben, das nur auf die Erkennung von "visual word form" (*shìjué cíxíng* 视觉词形) spezialisiert ist. Zwar sprechen viele Autoren von der "visual word form area" (*shìjué cíxíng qū* 视觉词形区), aber diese Hirnregion wird auch durch taktile und auditive Reize aktiviert. Aus der evolutionären Perspektive ist Lesen eine ziemlich neue Fähigkeit, sodass es unwahrscheinlich ist, dass sich eine nur darauf spezialisierte Hirnregion entwickelt hat. Darüber hinaus kann Lesen auch noch im Erwachsenenalter erlernt werden, selbst wenn das Hirn bereits voll ausgereift ist. Die Worterkennung scheint über die Interaktion von orthografischer, semantischer und phonologischer Verarbeitung organisiert zu sein (Price/Devlin 2003).

Fu et al. (2002) haben untersucht, inwieweit die Form des Wortes ("word form"), ob nun alphabetisch oder logografisch, Einfluss auf die Verarbeitungsprozesse im Gehirn hat. Die Probanden mussten entweder Worte dargestellt in Pinyin oder chinesischen Schriftzeichen leise lesen. Ihre Gehirnmotivität wurde mithilfe der funktionellen Magnetresonanztomografie untersucht und später verglichen. Beim Lesen beider Schrifttypen wurden die gleichen Hirnareale aktiviert und es konnte auch eine Lateralisation zur linken Hemisphäre festgestellt werden. Trotzdem konnten auch Unterschiede in der Hirnmotivität festgestellt werden, die aber laut Fu et al. nicht vollkommen spezifisch für die Form des Wortes sind, sondern eher als funktionelle Spezialisierung innerhalb größerer Netzwerke für die Verarbeitung von geschriebener Sprache interpretiert werden sollten. In einer koreanischen Studie wurden jedoch längere Reaktionszeiten für die Wahrnehmung von chinesischen Zeichen im Vergleich mit koreanischer und englischer, also alphabetischer Schrift festgestellt. Obwohl Koreaner von Anfang an beiden Schriftformen ausgesetzt sind, gibt es doch Unterschiede bei der Wahrnehmung und späteren Verarbeitungsprozessen (Kim/Kim 2006).

Hongkonger Wissenschaftler haben einen anderen interessanten Aspekt untersucht. Die visuelle Wahrnehmung von Zeichen unterscheidet sich je nachdem, ob sie Piktogrammen ähneln wie *mǎ* 馬, *yǔ* 雨, *mén* 門, *yú* 魚, oder abstrakt sind wie *mèng* 孟, *dú* 毒, *zhū* 珠. Während die Probanden bestimmte Aufgaben lösen mussten, wie die Strichzahl zu bestimmen oder die Zeichen zu kategorisieren, wurden mit funktioneller Bildgebung aktivierte Hirnareale identifiziert. Die Verarbeitungsprozesse finden vor allem in der linken Hemisphäre statt. Bildhafte Zeichen werden schneller und mit größerer Genauigkeit

wahrgenommen, aber nur wenn die einzelnen Striche gezählt werden und nicht wenn das Zeichen als Ganzes erkannt werden muss. Aufgrund dieser erleichterten Wahrnehmung wird empfohlen, dass Schreib- und Leseübungen mit piktografischen Zeichen beginnen sollten und später abstrakte Zeichen folgen sollten (Chan et al. 2007).

Dazu muss gesagt werden, dass noch heute in den westlichen Chinawissenschaften der Mythos vom ideografischen Charakter der chinesischen Zeichen kursiert und auch von chinesischer Seite vertreten und gefördert wird. Dieser These widerspricht DeFrancis (1986: 133) heftig:

Chinese characters are a phonetic, not an ideographic system of writing [...]. Here I would go further: There never has been, and never can be such a thing as an ideographic system of writing.

Im Folgenden argumentiert er, dass die chinesischen Zeichen zwar von Piktogrammen abgeleitet wurden, sich jedoch später die Funktion der Symbole von der piktografischen Darstellung zu einer syllabischen Darstellung des Klangs verändert habe. Außerdem würde die Bedeutung der phonetischen Komponente im Zeichen selbst von den meisten Sinologen unterschätzt, immerhin ist sie in mehr als drei Viertel der Zeichen enthalten. Er geht sogar so weit, dass er das gesamte Konzept einer "ideografischen" Schrift in Frage stellt, da man u. a. die für ein solches System benötigte Menge an Zeichen niemals meistern könne.

In anderen Studien wurde die Wahrnehmung von chinesischen Zeichen mit der von Gesichtern verglichen. Zwei Kennzeichen für die Wahrnehmung von Gesichtern sind zum einen die holistische Wahrnehmung, also die Wahrnehmung des Gesichts als Ganzes, und zum anderen der so genannte "left-side bias", bei dem ein durch die Spiegelung der linken Gesichtshälfte konstruiertes Bild dem ursprünglichen Gesicht ähnlicher sieht, als wenn man die rechte Gesichtshälfte spiegelt. Hinsichtlich der holistischen Wahrnehmung konnte festgestellt werden, dass Anfänger die Schriftzeichen als eine Einheit wahrnehmen, jedoch Experten bzw. erfahrene Leser dazu neigen, die Schriftzeichen bei der Analyse in Komponenten aufzuteilen. Dies steht im Gegensatz zur Gesichtswahrnehmung, die auch bei "Experten" holistisch ist. Im Gegensatz zu den Anfängern konnte für erfahrene Leser chinesischer Schriftzeichen auch der "left-side bias" nachgewiesen werden. Die rechte Hemisphäre scheint also eine Rolle bei der Entwicklung von Wahrnehmungskompetenzen zu haben (Hsiao/Cottrell 2009).

3.1.2. Phonologische Verarbeitung

Unter phonologischer Verarbeitung beim Lesen versteht man die Umwandlung der grafischen Informationen (der Grapheme) in phonologische Informationen (Phoneme), in der englischsprachigen Literatur spricht man von "grapheme-to-

phoneme processing". Diese Vorgänge wurden zunächst für die englische Sprache bewiesen, es wurde jedoch angezweifelt, ob diese Ergebnisse auf andere Schriftsysteme übertragbar sind. Gerade die chinesische Schrift, von der ja immer noch fälschlicherweise (s. o.) ein stark bildlicher Charakter der Schriftzeichen angenommen wird, schien eher semantische als phonologische Umwandlungsprozesse zu erfordern. Um dies zu klären, wurden Probanden in einer Studie einerseits orthografisch ähnliche bzw. nicht ähnliche Homophone (*chéng* 诚, *chéng* 城, *chéng* 程) und andererseits Synonyme (*chéng* 诚, *kěn* 恳) zu lesen gegeben. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Reaktionszeiten für Homophone, egal ob orthografisch ähnlich oder nicht, schneller waren, als für die Kontrollen (*gāng* 刚). Synonyme konnten nicht schneller benannt werden als die Kontrollen. Diese Ergebnisse zeigen, dass phonologische Informationen sowohl auf der Zeichenebene als auch auf der Radikalebene für die Identifizierung der Schriftzeichen eine wichtige Rolle spielen (Pollatsek et al. 2000).

Nach Lee findet bei der Worterkennung eine Umwandlung von der bildlichen Form eines Wortes ("visual word form") in Sprachlaute statt. An dieser sogenannten Transformation von Orthografie zu Phonologie sind in der chinesischen Sprache also die gleichen Hirnareale beteiligt wie bei alphabetischen Sprachen (Lee et al. 2004). Zhang stellt fest, dass genauso wie bei phonetischen Symbolen das Lesen chinesischer Zeichen vor allem zu einer Aktivierung der linken Hemisphäre mit den klassischen Sprachzentren führt. Die grundlegenden Prozesse der Sprachverarbeitung scheinen also bei Chinesisch und Englisch gleich zu sein. Allerdings gibt er zu bedenken, dass die aktivierten Areale größer sind und auch die rechte Hemisphäre an der Verarbeitung beteiligt ist. Dies führt er auf den komplexen Charakter und geometrische Informationen innerhalb der Schriftzeichen zurück (Zhang Yumei et al. 2009). Dies gilt auch für den Vergleich mit Pinyin: Es gibt keine bedeutenden Unterschiede in der Hirnaktivität beim Lesen von Pinyin oder chinesischen Zeichen. Auch die Lateralisation zu einer Hirnhälfte ist bei beiden Vorgängen gleich (Chen et al. 2002).

Betrachtet man andere ostasiatische Sprachen wie Japanisch oder Koreanisch, die in Texten phonografische und logografische Symbole nebeneinander benutzen, so wurde aus den Ergebnissen von Verhaltensstudien interpretiert, dass gerade beim Lesen von logografischer und phonografischer Schrift unterschiedliche Verarbeitungsprozesse im Hirn stattfinden. Die beiden verschiedenen Schriftformen scheinen unterschiedliche Verarbeitungsstrategien im Hirn zu erfordern, da für das Lesen die phonografische Schrift zuerst in phonologische Informationen umgewandelt wird, die Schriftzeichen zuerst semantische Informationen abrufen (Cho/Chen 2005). Für das Erlernen von Kanji (chinesische Schriftzeichen im Japanischen) scheint außerdem das visuelle Gedächtnis, vor allem das Langzeitgedächtnis, von großer Bedeutung zu sein (Koyama et al. 2008). Ergebnisse aus dem Stroop-Test, einem Verfahren, bei dem die Schriftzeichen sich widersprechende Informationen enthalten, widerlegen jedoch die

zuvor genannten Hypothesen. Die Reaktionszeiten beim Stroop-Test waren für logografische und alphabetische Schriften gleich. Phonologie scheint also beim Lesen immer eine wichtige Rolle zu spielen, unabhängig davon, welches Schriftsystem zu Grunde gelegt wird (Coderre et al. 2008).

Nicht zuletzt darf nicht vergessen werden, dass Chinesisch eine Tonsprache ist. Die Neuroanatomie von Sprechern einer Tonsprache unterscheidet sich von denen, die keine Tonsprache sprechen. Mithilfe bildgebender Studien konnte eine erhöhte Dichte von grauer und weißer Masse in den für die Verarbeitung von Tönen wichtigen Hirnarealen gemessen werden. Dabei ist zu erwähnen, dass diese Unterschiede auch bei Europäern, die z. B. die chinesische Sprache als Fremdsprache erlernt haben, zu finden sind, man also nicht von genetischen, sondern von erworbenen neuroanatomischen Unterschieden ausgehen kann (Crinion et al. 2009). Bei einer Studie, in der kantonische Kinder mit Leseschwäche untersucht wurden, konnte festgestellt werden, dass die Leseschwäche auch eine schlechtere Unterscheidung von Tönen mit sich bringt und umgekehrt die Töne eine zentrale Komponente für die semantische Erschließung von Worten sind (Cheung et al. 2009). Doch nicht nur die Töne, sondern auch Informationen auf der subsyllabischen Ebene, wie Reime und Anlaute sowie Prosodie beeinflussen die Wortbildung im Kantonesischen. Diese Komponenten werden schon in der frühen Phase der phonologischen Kodierung aktiviert und verarbeitet (Wong/Chen 2008). In einer weiteren Studie sollten chinesische Muttersprachler eine auf dem Koreanischen basierende Kunstsprache u. a. durch passives Hören lernen. Dabei konnte festgestellt werden, dass sich die aktivierten Areale bei "guten" und "schlechten" Lernern schon vor dem eigentlichen Lernprozess unterscheiden, mithilfe solcher neuronalen Aktivitätsmuster könnte man also möglicherweise vorhersagen, wie effizient Worte in einer neuen Sprache erlernt werden können (Mei et al. 2008).

3.1.3. Semantische Verarbeitung

Im Gegensatz zur visuellen Wahrnehmung und phonologischen Verarbeitung existieren nur wenige Studien zur semantischen Verarbeitung von chinesischer Sprache. Dies kann man vor allem darauf zurückführen, dass die Neurolinguistik mit ihren bildgebenden Methoden noch in ihren Kinderschuhen steckt (s. o.). Deshalb werden im Folgenden nur einzelne, exemplarische Studien vorgestellt.

Im Hirn gibt es spezialisierte Sprachnetzwerke für die Umwandlung von orthografischen in phonologische und für die Umwandlung von orthografischen direkt in semantische Informationen. Auch wenn sich die beteiligten Hirnareale unterscheiden, so ist das doch ein Prinzip, das sowohl für die englische als auch für die chinesische Sprache gilt (Booth et al. 2006). Die Verarbeitung von chinesischen Zeichen und die von Bildern aktivieren gleiche Hirnareale, aber mit bestimmten Aktivitätsunterschieden. Die semantische Verarbeitung von chinesi-

schen Zeichen zeigt mehr Ähnlichkeiten mit der Verarbeitung von englischen Wörtern als mit der von Bildern (Chee et al. 2000), ein weiteres Argument gegen den Mythos von den piktografischen Zeichen. Mit zunehmendem Lebensalter, also längerer Leseerfahrung, scheinen orthografische/semantische Verarbeitungsprozesse immer wichtiger zu werden und die Phonologie in den Hintergrund zu treten. Dies kann mit einer besseren Kontrolle beim Abrufen der Informationen und der Selektionsmechanismen zusammenhängen (Cao et al. 2010).

Die zitierten Studien beziehen sich meist auf die Erkennung einzelner Schriftzeichen. Aber 80% der chinesischen Wörter sind zweisilbig, bestehen also aus zwei Zeichen. Es wurde untersucht, ob beim Lesen dieser zweisilbigen Wörter Nachbarschaftseffekte auftreten, also ob Wörter schneller gelesen werden können, wenn jeweils deren erste oder zweite Zeichen gleich sind, z. B. *huāyuán* 花園 und *huāfěn* 花粉 bzw. *chéngshì* 城市 und *chāoshì* 超市. Es wurde festgestellt, dass das erste Zeichen beim Lesen eines zweisilbigen Wortes wichtiger ist, beim Lesen dieser Wörter werden im Gehirn zunächst alle Wörter, die sich die gleiche erste Silbe teilen, aktiviert. Je größer die Anzahl der zur Verfügung stehenden Wörter ist, desto mehr konkurrieren sie untereinander bei der semantischen Integration (Huang et al. 2006).

Noch eine Stufe komplexer sind Studien zur Syntax. Aufgrund der besonderen syntaktischen Strukturen im Chinesischen wird vermutet, dass sich auch die Verarbeitungsprozesse von denen anderer Sprachen unterscheiden. Die chinesische Sprache ist eine isolierende Sprache, bei der grammatische Bezüge und Kategorien nicht durch morphologische Änderungen, sondern durch ihre syntaktische Funktion oder den situativen Kontext ausgedrückt werden. Dabei fehlt auch jede Flexion. Zunächst wurde festgestellt, dass bei der syntaktischen Verarbeitung die gleichen Hirnareale wie bei der semantischen Verarbeitung beteiligt sind. Daraus wurde geschlussfolgert, dass es keine auf Syntax spezialisierten Hirnareale gibt (Luke et al. 2002). Mithilfe der fMRT konnte man auch die Hirnregionen ermitteln, die für die Verarbeitung von syntaktischen Informationen beim Lesen zuständig sind, u. a. ist daran auch das Broca-Sprachzentrum beteiligt (Wang et al. 2008). Außerdem wurde untersucht, ob unterschiedliche grammatische Einheiten auch unterschiedlich im Gehirn repräsentiert sind. Chinesischen Muttersprachlern wurden nacheinander zweisilbige Verben (z. B. *chāoguò* 超过, *chūlái* 出来), Nomen (z. B. *dàolù* 道路, *diànyǐng* 电影) und Wörter, die beiden Kategorien zugeordnet werden können (z. B. *dàibiǎo* 代表, *jiànyì* 建议), präsentiert. Diese mussten sie von Kombinationen zweier Silben, die jedoch zusammen kein tatsächliches Wort bilden, abgrenzen, dabei wurde ihre Hirnaktivität gemessen. Während für das Englische spezifische Hirnareale für verschiedene grammatische Einheiten identifiziert werden konnten, scheint die besondere grammatische Struktur der chinesische Sprache Grund dafür zu sein, dass bei der Verarbeitung von Verben und Nomen ähnliche Hirnareale aktiviert werden (Li et al. 2004).

3.2. Ein neurobiologisches Sprachmodell

Perfetti et al. (2005) entwickeln aus diesen Erkenntnissen das "Lexical Constituency Model": In diesem Modell besteht ein Wort aus drei verschiedenen Komponenten (*constituents*): Orthografie, Phonologie und Semantik. Diese drei Komponenten sind universell gültig, also unabhängig von Sprache und Schriftsystem. In jedem Schriftsystem ist die Repräsentation des Wortes entscheidend. Die Identität eines Wortes wird durch die spezifischen Werte der jeweiligen Komponenten festgelegt, so wie sie auch in einem idealisierten mentalen Lexikon repräsentiert ist. Zur Identifizierung der Wörter müssen die Komponenten spezifiziert werden. Die Identifizierung geschriebener Wörter beinhaltet die Abfrage phonologischer und inhaltlicher Informationen von einer grafischen Form. In einer zeitlichen Abfolge werden also zuerst grafische, dann phonologische und zuletzt semantische Informationen identifiziert. Diese zeitliche Abfolge wird von Zhang Qingfang et al. (2009) in Frage gestellt. In einer Verhaltensstudie konnte er feststellen, dass bei der Sprachproduktion im Chinesischen sowohl unabhängige phonologische als auch orthografische Bahnungsprozesse stattfinden.

3.3. Verhältnis von Lesen und Schreiben

Auch für das Schreiben von alphabetischer und logografischer Schrift scheinen die gleichen Hirnareale verantwortlich zu sein. Bei einem Versuch schrieben chinesische Muttersprachler die diktierten Wörter entweder in Pinyin oder in Zeichen. Dabei konnten keine Unterschiede in der Lokalisation, sondern nur in der Stärke der Hirnaktivität entdeckt werden (Lin et al. 2007). Doch in welchem Verhältnis stehen Lesen und Schreiben in der chinesischen Sprache zueinander?

Wie oben dargestellt, ist die Lesefähigkeit in hohem Maße von der phonologischen Wahrnehmung und Verarbeitung abhängig. Das konnte sowohl für alphabetische als auch für logografische Schriftsysteme nachgewiesen werden und scheint ein universeller Mechanismus zu sein. Dennoch wird argumentiert, dass die Abhängigkeit von Lesen und Phonologie in der chinesischen Sprache schwächer ist als in alphabetischen Sprachen. Tan et al. (2005) zeigen auch, dass das Lesen nicht nur von der Phonologie abhängig ist, sondern auch durch das Schreiben beeinflusst wird. Dafür werden zwei mögliche Mechanismen identifiziert, die parallel wirken. Zum einen gibt es das orthografische Bewusstsein, bei dem die räumlichen Strukturen der Schriftzeichen analysiert werden, wobei visuelle, phonologische und semantische Informationen miteinander verknüpft werden. Diese visuelle Wahrnehmung von orthografischen Elementen ist abhängig von der Lernstrategie und wird durch das Schreiben geschult. Zum anderen wird durch motorische Programmierung das Langzeitgedächtnis aktiviert. Durch bildgebende Studien konnte nachgewiesen werden, dass eine der Regionen, die

nur beim Lesen logografischer, aber nicht alphabetischer Zeichen aktiviert wird, zum prämotorischen Kortex gehört.

Auch wenn bildgebende Verfahren für die Entwicklung solcher Modelle sehr hilfreich sind, spielen Fallgeschichten aus der medizinischen Praxis immer noch eine große Rolle. So gibt es Anlass, die oben dargelegte Hypothese zu hinterfragen. Wie Bi et al. (2009) in einer Fallgeschichte schildern, hatte ein chinesischer Muttersprachler nach einem Schlaganfall sehr große Probleme mit dem Schreiben, u. a. hatte er Probleme bei der Bestimmung der Strichzahl eines Zeichens und beim Kopieren von Zeichen. Trotzdem konnte er Bilder korrekt benennen und zeigte auch keinerlei Einschränkungen beim lauten Lesen: Die semantischen und phonologischen Verarbeitungsprozesse beim Lesen schienen also nicht gestört zu sein, woraus gefolgert wird, dass die Schreibfähigkeit doch keinen Einfluss auf die Lesefähigkeit hat. Es wird vermutet, auch wenn man natürlich von einem defekten Hirn nicht auf normale Verarbeitungsprozesse verallgemeinern kann, dass die Aktivierung prämotorischer Kortextareale ein "Nebenprodukt" beim Leseprozess, jedoch keine notwendige Voraussetzung für das Lesen ist (Bi et al. 2009). In einem ähnlichen Fall konnte der betroffene Patient beim Diktat die Zeichen nur begrenzt richtig schreiben, aber er konnte die einzelnen Komponenten der Zeichen richtig benennen und so richtig "buchstabieren". Daraus lässt sich ableiten, dass die beiden Modalitäten Schreiben und Buchstabieren, die ja beide Formen der Datenausgabe im jeweiligen Schriftsystem sind, über getrennte neuronale Netzwerke verschaltet sind. Das ist ein universeller Mechanismus, der auf die verschiedenen Schriftsysteme angewendet werden kann (Han/Bi 2009).

3.4. Aspekte der Zweisprachigkeit und zum Spracherwerb

Interessant ist auch, ob sich die Verarbeitungsprozesse bei zweisprachigen Probanden unterscheiden und ob man bei diesem Vergleich Hinweise für die Mechanismen des Spracherwerbs finden kann. Muttersprachler des Chinesischen (L1), die seit ihrem zwölften Lebensjahr Englisch (L2) gelernt haben, wurden daraufhin untersucht, ob sich, je nachdem welche Sprache sie verwenden, die Prozesse des Arbeitsgedächtnisses unterscheiden. Ihnen wurden zweisilbige Worte in der jeweiligen Sprache nacheinander gezeigt und sie mussten entscheiden, ob das vorletzte Wort dem aktuellen semantisch oder phonologisch ähnlich ist. Dabei konnte für beide Sprachen (L1 und L2) ein ähnliches Aktivitätsmuster mit einer Dominanz der linken Hemisphäre festgestellt werden (Xue et al. 2004). Das phonologische Arbeitsgedächtnis scheint auch ein guter Marker für die Sprachfertigkeit zu sein. Beim Vergleich zwischen zweisprachigen Probanden (Muttersprache L1 Englisch und Chinesisch als früh im Durchschnittsalter von 3-4 Jahren erworbene Zweitsprache L2), wobei die eine Gruppe Englisch und Chinesisch gleich gut, die andere Gruppe hingegen Eng-

lich besser als Chinesisch sprach, wurden in dieser Hirnregion unterschiedliche Aktivitäten gemessen. Das phonologische Arbeitsgedächtnis ist also eine wichtige Region für einen effektiven Spracherwerb (Chee et al. 2004). In einer späteren Studie sollten Probanden, chinesische Muttersprachler mit spät erworbenen Englischkenntnissen, zunächst auf Chinesisch und in einer weiteren Versuchsreihe auf Englisch Bilder benennen. Auch hier fanden sich große Ähnlichkeiten in der Hirnaktivität. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass sich L1- und L2-Prozesse aber vor allem in den Hirnarealen, die für die Sprechmotorik und kognitive Verarbeitung zuständig sind, unterscheiden. Liu et al. (2010) argumentieren, dass für das Benennen von Bildern in L2 größere neuronale Ressourcen erforderlich sind. Wang et al. (2005) haben die Lesefertigkeiten chinesischer (L1) Schulkinder, die gerade Englisch (L2) lernen, untersucht. Dabei konnten sie feststellen, dass die Beherrschung der chinesischen Töne auch phonologische Prozesse bei der Verarbeitung der englischen Sprache unterstützen kann. Die Schriftlichkeit und deren Verarbeitungsprozesse in beiden Sprachen unterscheiden sich hingegen so stark, dass hier keine unterstützenden Effekte nachgewiesen werden konnten.

4. Zusammenfassung

Die Beobachtungsergebnisse liefern aber noch keine Erklärung. Dies ist vom Standpunkt der Linguistik ein entscheidendes Manko. Phänomene sind insbesondere für die neue Linguistik nur interessant, wenn sie sowohl auf Beobachtungen gestützt sind, als auch in ihrem systematischen Zusammenhang geklärt werden (Schnelle 2004: 340).

Tatsächlich gibt es unzählige Einzelstudien, die unter einem bestimmten Aspekt Einzelphänomene untersuchen bzw. Hirnareale identifizieren. Diese Flut von Informationen kann nur schwer geordnet oder systematisiert werden.

Yes numerous brain areas show ranges of color and brightness, but what does it all mean? (van Lancker Sidtis 2006).

Wissenschaftliche Erkenntnisse ohne eine gute Theorie sind wertlos. Zwar gibt es mittlerweile erste Modelle für die neurologische Verarbeitung beim Lesen, dennoch müssen sie noch auf ihre Gültigkeit überprüft werden.

Schriftlichkeit ist evolutionär gesehen eine sehr junge Fähigkeit des Menschen. Unterschiede in ihrer Verarbeitung sind demnach nicht auf genetische Abweichungen zurückzuführen, hier werden auch die meisten Unterschiede in der neuronalen Verarbeitung entdeckt. Die durch Bildgebung identifizierten Hirnareale, die an der Sprachverarbeitung beteiligt sein sollen, können nicht automatisch auf andere Individuen übertragen werden. Das Hirn ist kein statisches Gebilde und kann durch Plastizität erworbene Schäden ausgleichen, dabei verändern sich auch die Prozesse der Sprachverarbeitung.

Das ursprüngliche Anliegen dieser Arbeit war jedoch, Hinweise auf die Universalität der Sprachverarbeitung zu gewinnen. Wie an vielen Einzelbeispielen aufgeführt, unterscheiden sich die Verarbeitung von englischer und chinesischer Sprache in ihrer grundlegenden Struktur kaum voneinander, dennoch gibt es auch genug Hinweise für spezifische Unterschiede bei neuronalen Prozessen, die auf die unterschiedliche Struktur der Sprache zurückgeführt werden können. Wichtig ist hierbei auch die Interpretation der Daten bzw. die Fragestellung der Forscher. Während einige Forscher vor allem die Gemeinsamkeiten betonen, versuchen andere den auch noch so kleinsten Unterschied zu finden. Dabei sollte auch bedacht werden, dass inter-individuelle Unterschiede der Sprachverarbeitung evtl. größer sind als die zwischen den verschiedenen Sprachen selbst.

Literaturverzeichnis

- Ahlsén, Elisabeth. 2006. *Introduction to neurolinguistics*. Amsterdam, Philadelphia PA: John Benjamins
- Bi, Yanchao/Han, Zaizhu/Zhang, Yumei. 2009. "Reading does not depend on writing, even in Chinese". In: *Neuropsychologia*, Jg. 47. H. 4, 1193–1199
- Booth, James R./Lu, Dong/Burman, Douglas D./Chou, Tai-Li/Jin, Zhen/Peng, Dan-Ling et al. 2006. "Specialization of phonological and semantic processing in Chinese word reading". In: *Brain research*, Jg. 1071. H. 1, 197–207
- Cao, Fan/Lee, Rebecca/Shu, Hua/Yang, Yanhui/Xu, Guoqing/Li, Kuncheng/Booth, James R. 2010. "Cultural constraints on brain development: evidence from a developmental study of visual word processing in mandarin chinese". In: *Cerebral cortex*, Jg. 20. H. 5, 1223–1233
- Chan, Chetwyn C. H./Leung, Ada W. S./Luo, Yue-Jia/Lee, Tatia M. C. 2007. "How do figure-like orthographs modulate visual processing of Chinese words?". In: *NeuroReport*, Jg. 18. H. 8, 757–761
- Chee, M. W./Weekes, B./Lee, K. M./Soon, C. S./Schreiber, A./Hoon, J. J./Chee, M. 2000. "Overlap and dissociation of semantic processing of Chinese characters, English words, and pictures: evidence from fMRI". In: *NeuroImage*, Jg. 12. H. 4, 392–403
- Chee, Michael W. L./Soon, Chun Siong/Lee, Hwee Ling/Pallier, Christophe. 2004. "Left insula activation: a marker for language attainment in bilinguals". In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Jg. 101. H. 42, 15265–15270
- Chen, Chuansheng/Xue, Gui/Mei, Leilei/Chen, Chunhui/Dong, Qi. 2009. "Cultural neurolinguistics". In: *Progress in brain research*, Jg. 178, 159–171
- Chen, Yiping/Fu, Shimin/Iversen, Susan D./Smith, Steve M./Matthews, Paul M. 2002. "Testing for dual brain processing routes in reading: a direct contrast of chinese character and pinyin reading using fMRI". In: *Journal of cognitive neuroscience*, Jg. 14. H. 7, 1088–1098

- Cheung, Him/Chung, Kevin K. H./Wong, Simpson W. L./McBride-Chang, Catherine/Penney, Trevor B./Ho, Connie S. H. 2009. "Perception of tone and aspiration contrasts in Chinese children with dyslexia". In: *Journal of child psychology and psychiatry, and allied disciplines*, Jg. 50. H. 6, 726–733
- Cho, Jeung-Ryeul/Chen, Hsuan-Chih. 2005. "Semantic and phonological processing in reading Korean Hangul and Hanja words". In: *Journal of psycholinguistic research*, Jg. 34. H. 4, 401–414
- Coderre, Emily L./Filippi, Christopher G./Newhouse, Paul A./Dumas, Julie A. 2008. "The Stroop effect in kana and kanji scripts in native Japanese speakers: an fMRI study". In: *Brain and language*, Jg. 107. H. 2, 124–132
- Crinion, Jenny T./Green, David W./Chung, Rita/Ali, Nliufa/Grogan, Alice/Price, Gavin R. et al. 2009. "Neuroanatomical markers of speaking Chinese". In: *Human brain mapping*, Jg. 30. H. 12, 4108–4115
- DeFrancis, John. 1986. *The Chinese language. Fact and fantasy*. Honolulu. University of Hawaii Press
- Dien, Joseph. 2009. "The neurocognitive basis of reading single words as seen through early latency ERPs: a model of converging pathways". In: *Biological psychology*, Jg. 80. H. 1, 10–22
- Dong, Qi/Mei, Leilei/Xue, Gui/Chen, Chuansheng/Li, Tian/Xue, Feng/Huang, Shizhi. 2008. "Sex-dependent neurofunctional predictors of long-term maintenance of visual word learning". In: *Neuroscience letters*, Jg. 430. H. 2, 87–91
- Fromkin, Victoria/Rodman, Robert/Hyams, Nina M. 2003. *An introduction to language*. Boston: Thomson/Wadsworth
- Fu, Shimin/Chen, Yiping/Smith, Stephen/Iversen, Susan/Matthews, P. M. 2002. "Effects of word form on brain processing of written Chinese". In: *Neuro-Image*, Jg. 17. H. 3, 1538–1548
- Gernsbacher, Morton Ann/Kaschak, Michael P. 2003. "Neuroimaging studies of language production and comprehension". In: *Annual review of psychology*, Jg. 54, 91–114
- Han, Zaizhu/Bi, Yanchao. 2009. "Oral spelling and writing in a logographic language: insights from a Chinese dysgraphic individual". In: *Brain and language*, Jg. 110. H. 1, 23–28
- Hsiao, Janet H./Cottrell, Garrison W. 2009. "Not all visual expertise is holistic, but it may be leftist: the case of Chinese character recognition". In: *Psychological science: a journal of the American Psychological Society/APS*, Jg. 20. H. 4, 455–463
- Hsiao, Janet Hui-wen/Shillcock, Richard. 2005. "Foveal splitting causes differential processing of Chinese orthography in the male and female brain". In: *Brain research. Cognitive brain research*, Jg. 25. H. 2, 531–536

- Hsiao, Janet Hui-wen/Shillcock, Richard. 2006. "Analysis of a Chinese phonetic compound database: implications for orthographic processing". In: *Journal of psycholinguistic research*, Jg. 35. H. 5, 405–426
- Hsiao, Janet Hui-wen/Shillcock, Richard/Lee, Chia-ying. 2007. "Neural correlates of foveal splitting in reading: evidence from an ERP study of Chinese character recognition". In: *Neuropsychologia*, Jg. 45. H. 6, 1280–1292
- Huang, Hsu-Wen/Lee, Chia-ying/Tsai, Jie-Li/Lee, Chia-Lin/Hung, Daisy L./Tzeng, Ovid J-L. 2006. "Orthographic neighborhood effects in reading Chinese two-character words". In: *Neuroreport*, Jg. 17. H. 10, 1061–1065
- Jenkins, Lyle. 2000. *Biolinguistics. Exploring the biology of language*. Cambridge: Cambridge Univ. Press
- Kao, Chien-Hui/Chen, Der-Yow/Chen, Chien-Chung. 2010. "The inversion effect in visual word form processing". In: *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*. Jg. 46. H. 2, 217-230
- Kim, Kyung Hwan/Kim, Ja Hyun. 2006. "Comparison of spatiotemporal cortical activation pattern during visual perception of Korean, English, Chinese words: an event-related potential study". In: *Neuroscience letters*, Jg. 394. H. 3, 227–232
- Kochunov, P./Fox, P./Lancaster, J./Tan, L. H./Amunts, K./Zilles, K. et al. 2003. "Localized morphological brain differences between English-speaking Caucasians and Chinese-speaking Asians: new evidence of anatomical plasticity". In: *Neuroreport*, Jg. 14. H. 7, 961–964
- Koyama, Maki S./Hansen, Peter C./Stein, John F. 2008. "Logographic Kanji versus phonographic Kana in literacy acquisition: how important are visual and phonological skills?". In: *Annals of the New York Academy of Sciences*, Jg. 1145, 41–55
- Lee, Chia-ying/Tsai, Jie-Li/Kuo, Wen-Jui/Yeh, Tzu-Chen/Wu, Yu-Te/Ho, Low-Tone et al. 2004. "Neuronal correlates of consistency and frequency effects on Chinese character naming: an event-related fMRI study". In: *NeuroImage*, Jg. 23. H. 4, 1235–1245
- Li, Ping/Jin, Zhen/Tan, Li Hai. 2004. "Neural representations of nouns and verbs in Chinese: an fMRI study". In: *NeuroImage*, Jg. 21. H. 4, 1533–1541
- Lin, Chong-Yu/Xiao, Zhuang-Wei/Shen, Li/Zhang, John X./Weng, Xu-Chu. 2007. "Similar brain activation patterns for writing logographic and phonetic symbols in Chinese". In: *Neuroreport*, Jg. 18. H. 15, 1621–1625
- Liu, Chao/Zhang, Wu-Tian/Tang, Yi-Yuan/Mai, Xiao-Qin/Chen, Hsuan-Chih/Tardif, Twila/Luo, Yue-Jia. 2008. "The Visual Word Form Area: evidence from an fMRI study of implicit processing of Chinese characters". In: *NeuroImage*, Jg. 40. H. 3, 1350–1361
- Liu, Hongyan/Hu, Zhiguo/Guo, Taomei/Peng, Danling. 2010. "Speaking words in two languages with one brain: neural overlap and dissociation". In: *Brain research*, Jg. 1316, 75–82

- Luke, Kang-Kwong/Liu, Ho-Ling/Wai, Yo-Yo/Wan, Yung-Liang/Tan, Li Hai. 2002. "Functional anatomy of syntactic and semantic processing in language comprehension". In: *Human brain mapping*, Jg. 16. H. 3, 133–145
- Mei, Leilei/Chen, Chuansheng/Xue, Gui/He, Qinghua/Li, Tian/Xue, Feng et al. 2008. "Neural predictors of auditory word learning". In: *Neuroreport*, Jg. 19. H. 2, 215–219
- Perfetti, Charles A./Liu, Ying/Tan, Li Hai. 2005. "The lexical constituency model: some implications of research on Chinese for general theories of reading". In: *Psychological review*, Jg. 112. H. 1, 43–59
- Pollatsek, A./Tan, L. H./Rayner, K. 2000. "The role of phonological codes in integrating information across saccadic eye movements in Chinese character identification". In: *Journal of experimental psychology. Human perception and performance*, Jg. 26. H. 2, 607–633
- Price, C. J. 2000. "The anatomy of language: contributions from functional neuroimaging". In: *Journal of anatomy*, Jg. 197. Pt 3, 335–359
- Price, Cathy J./Devlin, Joseph T. 2003. "The myth of the visual word form area". In: *NeuroImage*, Jg. 19. H. 3, 473–481
- Proverbio, Alice Mado/Vecchi, Liza/Zani, Alberto. 2004. "From orthography to phonetics: ERP measures of grapheme-to-phoneme conversion mechanisms in reading". In: *Journal of cognitive neuroscience*, Jg. 16. H. 2, 301–317
- Schmalhofer, Franz/Perfetti, Charles A. (Hrsg.). 2007. *Higher level language processes in the brain. Inference and comprehension processes*. Mahwah: Erlbaum
- Schnelle, Helmut. 2004. "Ziele einer neuen Linguistik". In: Müller, Horst M./Rickheit, Gert (Hrsg.). *Neurokognition der Sprache*. Tübingen: Stauffenburg-Verlag. (= Neurokognition 1), 338–346
- Song, Wei 宋伟. 2008. "Zhongguo shenjingyuyanxue 2005 nian de fazhan gaimao" "中国神经语言学 2005 年的发展概貌" [Überblick über die Entwicklung der chinesischen Neurolinguistik im Jahr 2005]. In: *Anshun xueyuan xuebao* 安顺学院学报, Jg. 10. H. 4, 19–20
- Sun, Jilin/Wu, Jie/Li, Sumin/Wu, Yujin/Liu, Lianxiang. 2003. "Localization of the human language cortex by magnetic source imaging". In: *Chinese medical journal*, Jg. 116. H. 7, 1039–1042
- Tan, Li Hai/Spinks, John A./Eden, Guinevere F./Perfetti, Charles A./Siok, Wai Ting. 2005. "Reading depends on writing, in Chinese". In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Jg. 102. H. 24, 8781–8785
- van Lancker Sditis, Diana. 2006. "Does functional neuroimaging solve the questions of neurolinguistics?". In: *Brain and language*, Jg. 98. H. 3, 276–290
- Vigneau, M./Beaucousin, V./Hervé, P. Y./Duffau, H./Crivello, F./Houdé, O. et al. 2006. "Meta-analyzing left hemisphere language areas: phonology, semantics, and sentence processing". In: *NeuroImage*, Jg. 30. H. 4, 1414–1432

- Wang, Min/Perfetti, Charles A./Liu, Ying. 2005. "Chinese-English biliteracy acquisition: cross-language and writing system transfer". In: *Cognition*, Jg. 97. H. 1, 67–88
- Wang, Suiping/Zhu, Zude/Zhang, John X./Wang, Zhaoxin/Xiao, Zhuangwei/Xiang, Huadong/Chen, Hsuan-Chih. 2008. "Broca's area plays a role in syntactic processing during Chinese reading comprehension". In: *Neuropsychologia*, Jg. 46. H. 5, 1371–1378
- Wong, Andus Wing-Kuen/Chen, Hsuan-Chih. 2008. "Processing segmental and prosodic information in Cantonese word production". In: *Journal of experimental psychology. Learning, memory, and cognition*, Jg. 34. H. 5, 1172–1190
- Xue, Gui/Dong, Qi/Jin, Zhen/Chen, Chuansheng. 2004. "Mapping of verbal working memory in nonfluent Chinese-English bilinguals with functional MRI". In: *NeuroImage*, Jg. 22. H. 1, 1–10
- Zhang, Qingfang/Chen, Hsuan-Chih/Weekes, Brendan Stuart/Yang, Yufang. 2009. "Independent effects of orthographic and phonological facilitation on spoken word production in Mandarin". In: *Language and speech*, Jg. 52. H. Pt 1, 113–126
- Zhang, Yumei/Zhang, Ning/Han, Zaizhu/Wang, Yilong/Wang, Chunxue/Chen, Hongyan et al. 2009. "Magnetoencephalography of language: new approaches to understanding the cortical organization of Chinese processing". In: *Neurological research* (Epub ahead of print)
- Zhou, Xueting 周雪婷/Cai, Taisheng 蔡太生. 2008. "Lun shenjingyuyanxue de xingqi yu fazhan" "论神经语言学的兴起与发展" [Zur Entstehung und Entwicklung der Neurolinguistik]. In: *Yixue yu zhexue 医学与哲学*, Jg. 29. H. 12 (380), 72–74

摘要

神经语言学是一门以研究大脑和语言的关系为对象的交叉科学，包括医学、心理学、语言学、认知科学等方面的知识及研究方法。有人认为语言处理是一种具有普遍性的过程。还有人认为，由于汉语和其他语言的特点不同，因此假定它们的语言处理和神经机制也不一样。最近有众多的科学研究运用成像技术来验证这两种假设。下面介绍当前一些引起人们兴趣的研究，其中特别注意关于汉字读和写以及汉语作为外语教学方面的内容。