

Zwei Sprachen = Zwei Systeme? Ein Überblick über die neuronalen Grundlagen

Michael Wahl

Charité – Universitätsmedizin Berlin

Ich habe eine andere Sprache gesprochen? Aber – das habe ich nicht gemerkt –
wie kann ich eine andere Sprache sprechen, ohne dass ich es weiß?
(*J.K. Rowling, Harry Potter und die Kammer des Schreckens*)

1. Einführung

In diesem Beitrag werden überblicksartig Studien vorgestellt, die sich mit den neuronalen Grundlagen bilingualer Sprachrepräsentation beschäftigen. Es soll der Frage nachgegangen werden, ob die Erst- und die Zweitsprache (im Weiteren als L1 bzw. L2 bezeichnet) gemeinsame neuronale Substrate aufweisen, oder ob für jede Sprache eine eigenständige Repräsentation vorhanden ist. In der Literatur wird kontrovers darüber diskutiert, ob die L1 und L2 im Gehirn unterschiedlich oder gleich repräsentiert sind (vgl. Abutalebi et al. 2001; Wartenburger et al. 2003; Indefrey 2006). Hierbei werden insbesondere Arbeiten aufgeführt, die sich bildgebenden und neurophysiologischen Methoden bedienen und Befunde für beide Annahmen liefern.

Zunächst soll jedoch eine kurze Definition von Bilingualismus gegeben werden:

„Bilingualismus oder Zweisprachigkeit ist die Fähigkeit eines Sprechers oder einer Sprachgemeinschaft, zwei oder mehr Sprachen auf annähernd gleichem Sprachniveau zu sprechen.“ (Aulich 2007)

Diese sehr enge Definition muss differenzierter betrachtet werden. Im weiteren Sinne, ist ein zweisprachiger Mensch jemand, der grammatische und kommunikative Fähigkeiten in zwei Sprachen besitzt; aktiv und/ oder passiv.

Im engeren Sinne wird das Wort Bilingualismus oft nur für solche Menschen verwendet, die muttersprachliche Kompetenz in zwei Sprachen aufweisen.

Überdenkt man diese Definitionen ein wenig länger und lässt man die engere bzw. weitere Betrachtungsweise unbeachtet, lässt sich eine grundsätzliche Frage daraus ableiten:

Besitzen bilinguale Sprecher zwei getrennte Sprachsysteme und werden diese kognitiv auf eine unterschiedliche Art und Weise gespeichert, oder aber gibt es nur ein System für beide Sprachen?

Bevor Antworten auf diese Frage gesucht werden, folgt ein kurzer Exkurs in die Geschichte der Erforschung von Mehrsprachigkeit.

1.1 Methoden zur Untersuchung sprachlicher Fähigkeiten

In der Forschung bedient man sich etablierter klinischer Verfahren, um die Frage zu beantworten, welche Regionen des Gehirns an welchen sprachlichen Leistungen beteiligt sind. Zum einen werden bildgebende Verfahren wie die Positronenemissionstomographie (PET) und die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT) eingesetzt, um die Aktivitäten spezifischer Regionen in hoher räumlicher Auflösung darzustellen. Neurophysiologische Verfahren, wie die Magnetenzephalographie (MEG) bzw. die Elektroenzephalographie (EEG) sind in der Lage, Prozesse in einer hohen temporalen Auflösung sichtbar zu machen. Idealerweise werden bildgebende und neurophysiologische Verfahren parallel eingesetzt. Jede Methode hat Vor- und Nachteile, dennoch sind sie in der Lage, Hinweise auf die Hirnregionen zu liefern, die bei der Verarbeitung von Sprache involviert sind. Mittlerweile zeichnet sich ein sehr komplexes Bild über das „Gebilde“ Sprache im Gehirn ab. Traditionell werden linke perisylvische Kortextareale (das Broca- und das Wernicke-Areal, vgl. Abbildung 1) als die Sprachregionen angesehen (Price 2000; Indefrey & Levelt 2004).

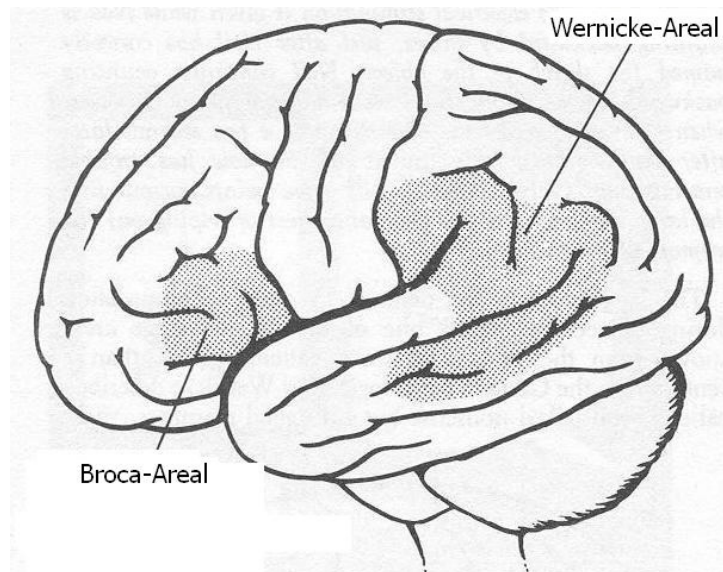


Abb. 1 Broca- und Wernicke-Areal in der linken Hirnhemisphäre – adaptiert nach: <http://williamcalvin.com/Bk1/bk1ch3.htm>

Jedoch zeigen weitere Studien, dass auch subkortikale Strukturen, wie die Basalganglien und der Thalamus in komplexe Netzwerke während der Verarbeitung von Sprache eingebunden sind (Poeppel & Hickok 2004; Friederici 2002; Wahl 2007/2008; Wahl et al. 2008; vgl. Abbildung 2).

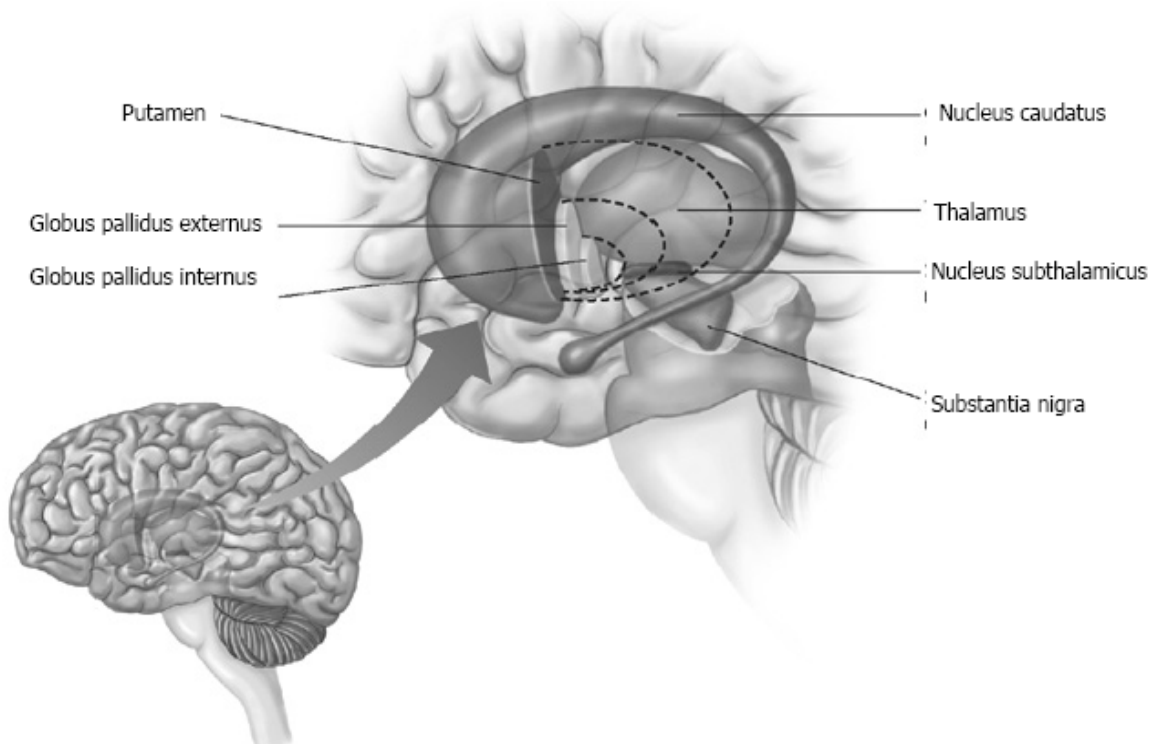


Abb. 2 Anatomie der Basalganglien und des Thalamus - modifiziert nach: <http://cti.itc.virginia.edu/~psyc220/>

Diese Erkenntnisse haben weitreichende Auswirkungen auf die Konzepte von Sprache. Die immer differenzierteren experimentellen Paradigmen erlauben uns, verschiedene Subkomponenten von Sprache wie Phonologie, Syntax, lexikalische Semantik etc. einzeln zu betrachten.

1.2 Die Anfänge der Erforschung von Mehrsprachigkeit

Die Erforschung von Mehrsprachigkeit kann bis in die frühen Jahre der Spracherforschung zurückverfolgt werden. Ein erster Bericht über die neuronalen Grundlagen von Mehrsprachigkeit findet sich bereits im 19. Jahrhundert. Robert Scoresby-Jackson postuliert, dass lediglich das Broca-Areal im Gyrus frontalis inferior das Sprachorgan der Muttersprache sei, wohingegen der restliche Teil des Gyrus frontalis inferior für andere Sprachen verantwortlich sei (Scoresby-Jackson 1867).

Klinische Untersuchungen berichten z.B. von einem Fall, bei dem es nach einem hirneingriff zu stärkeren Benenndefiziten in der Erst- als in der Zweitsprache kam (Gomez-Tortosa et al. 1995). Schwartz (1994) beschreibt einen Patienten, bei dem während epileptischer Anfälle Sprachwechsel zwischen Erst- und Zweitsprache auftraten. Bei mehrsprachigen Aphasiepatienten kann es zu selektiven Störungen nur einer Sprache kommen. Aufgrund verschiedener individueller Erholungsmuster bei Aphasie können u.a. folgende Störungsbilder beobachtet werden (Albert & Obler 1978; Paradis 1987):

- a) selektive Aphasie nur einer Sprache,
- b) selektive Erholung nur einer Sprache,
- c) sprachspezifische Dissoziation zwischen Sprachproduktion und -rezeption,
- d) pathologisches Wechseln (*switchen*) zwischen den Sprachen.

Auch Stimulationsuntersuchungen, z.B. die elektrische Stimulation spezifischer Hirnareale oder Ableitung des Elektroenzephalogramms (EEG), geben

Aufschluss über die zerebrale Organisation der Erst- und Zweitsprache. Bei mehrsprachigen Probanden führt eine elektrische Stimulation bestimmter Hirnareale zu einer selektiven Störung nur einer Sprache (Ojemann & Whitaker 1978; Ojemann 1983; Black & Ronner 1987).

Aktuelle Studien nutzen vermehrt Methoden, wie bildgebende Verfahren bzw. Neurophysiologie, um Prozesse der Sprachverarbeitung zu verdeutlichen. In den folgenden beiden Absätzen werden die Studien mit funktioneller Bildgebung (Absatz 2) und neurophysiologische Studien (Absatz 3) vorgestellt.

2. Funktionelle Bildgebung

Die im Folgenden dargestellten Befunde spiegeln die Ergebnisse von Studien wider, die funktionelle Bildgebung nutzten, um die zerebrale Aktivierung bei der Verwendung von L1 und L2 zu untersuchen. Die Resultate sind sehr uneinheitlich (Abutalebi et al. 2001; Wartenburger et al. 2003; Indefrey, 2006). In den Studien wurden verschiedene Aspekte und Fragestellungen beleuchtet:

1. Sind L1 und L2 im Gehirn ähnlich oder unterschiedlich repräsentiert?
2. Wenn ja, in welchen kortikalen Regionen lassen sich Aktivierungen nachweisen?
3. Welche Einflussfaktoren gibt es für die kortikale Organisation von L1 und L2?

Perani et al. (1996), Kim et al. (1997) und Dehaene et al. (1997) berichten von unterschiedlichen Aktivierungsmustern beim Gebrauch von L1 und L2. Keine Unterschiede in den kortikalen Aktivierungen wurden u. a. von Klein et al. (1995) und Illes et al. (1999) gefunden. Viele Studien zeigen, dass bei der Verarbeitung der Zweitsprache stärkere bzw. zusätzliche kortikale Areale aktiviert werden müssen. Hierbei scheint der linke Gyrus frontalis inferior stärkere Aktivierungen zu zeigen (Chee et al. 2001; Vingerhoets et al. 2003;

Wartenburger et al. 2003; Golestani et al., 2006). Indefrey (2006) berichtet ebenso von stärkeren Aktivierungen im linken Gyrus frontalis inferior und zusätzlich Aktivierungen im linken Gyrus frontalis medialis, im Lobus parietalis inferior sowie im linken Gyrus cinguli anterior bei der Verarbeitung der zweiten Sprache. Hintergrund für die zusätzlichen Aktivierungen bei der L2-Verarbeitung ist möglicherweise der größere kognitive Anspruch (z. B. Chee et al. 2001; Vingerhoets et al. 2003; Golestani et al. 2006, vgl. Indefrey 2006). Sowohl Perani et al. (2003) als auch Abutalebi et al. (2001) erklären die zusätzliche Aktivierung bei sog. Spätbilingualen mit einem niedrigen Sprachniveau (Menschen, die die Zweitsprache erst später im Leben erwarben) als benötigte Verstärkung für die Sprachproduktion in der L2. Diese zusätzlichen Aktivierungen lassen sich jedoch nur bei produktiven Aspekten (z. B. Wortgenerierung) der L2-Verarbeitung nachweisen (vgl. Perani et al. 2003). Im Gegensatz dazu zeigen die Autoren bei Prozessen des Sprachverstehens eine geringere Aktivierung bei der L2 im Vergleich zur L1. Die geringere Aktivierung beim Sprachverstehen wird als begrenzte linguistische Kompetenz in der L2 interpretiert.

Crinion et al. (2006) untersuchten die Sprachverarbeitung bilingualer Probanden mittels funktioneller Bildgebung (fMRT). Den Probanden wurden in einer semantischen Primingaufgabe geschriebene Wörter nacheinander entweder in der gleichen Sprache oder in unterschiedlichen Sprachen präsentiert. Einige dieser Wortpaare standen semantisch miteinander in Verbindung (bspw. *Forelle – Lachs*) andere nicht (bspw. *Forelle – Blumenkohl*). Die Probanden wurden aufgefordert, eine semantische Kongruenz-Entscheidung nach Präsentation des zweiten Wortes des Paares zu treffen. Während dieser Beurteilung wurden hirnregionale Aktivierungen untersucht. Die Autoren fanden, dass das Aktivierungsniveau im linken Nucleus caudatus, in frontalen, temporalen und parietalen Regionen des Gehirns bei der Präsentation des zweiten Wortes geringer war, wenn das erste Wort einen semantischen Bezug zum zweiten aufwies, als wenn kein semantischer Zusammenhang herstellbar war.

Dieser Befund wurde als Priming eingeordnet. Dieser Effekt zeigte sich ebenso beim Wechseln der Sprache. Allerdings fiel die Aktivierung des linken Kaudatum nur ab, wenn die beiden Wörter in der gleichen Sprache präsentiert wurden, während beim Wechseln der Sprache kein semantischer Priming-Effekt im Kaudatum gefunden wurde. Dieser Befund wurde als selektive Funktion des Kaudatums für das Wechseln von Sprache interpretiert. Die Autoren fassen zusammen, dass das Kaudatum (i) am automatischen semantischen Priming für Wörter innerhalb der gleichen Sprache (Aktivierungsabfall) und (ii) bei einem Wechsel zwischen zwei Sprachen (Aktivierungszunahme) aktiviert wird und somit Steuerungsfunktionen der Sprachwahl übernimmt (für weitere Diskussionen vgl. Koechlin et al. 2003; Price et al. 1999).

Diese verschiedenen Studien legen nahe, dass es weitere Faktoren geben muss, welche die L2-Verarbeitung beeinflussen. In einigen Studien wird der Standpunkt vertreten, dass das Alter, in dem die L2 erworben wird, eine Rolle spielt und sich damit z. B. die größere kortikale Aktivierung bei der L2 im Vergleich zur L1 erklären lässt (für einen Überblick vgl. Kim 2007). In anderen Studien wird die Hypothese vertreten, dass das erreichte Sprachniveau bzw. die erreichte Kompetenz mit den unterschiedlichen kortikalen Repräsentationen der L1 und L2 korrelierbar ist (vgl. Kim 2007).

2.1 Einfluss des Erwerbalters

Ist die kortikale Organisation einer zweiten Sprache davon abhängig, wann sie erworben wurde? Auf diese Frage findet man in der Literatur zahlreiche, jedoch auch nicht eindeutige Antworten. Einige Studien geben Hinweise darauf, dass es gemeinsame neuronale Grundlagen für L1 und L2 gibt, wenn die L2 bereits früh im Kindesalter (sog. Frühbilinguale) erworben wird (Klein et al. 1995; Kim et al. 1997; Hernandez et al. 2001; Wartenburger et al. 2003). Menschen, die jedoch eine Fremdsprache erst später im Leben (bspw. in der Schule oder nach der Pubertät) erworben haben, weisen nach Ansicht

mancher Autoren unterschiedliche neuronale Substrate für beide Sprachen auf (Kim et al. 1997; Perani et al. 1996; Vingerhoets et al. 2003; Wartenburger et al. 2003). Bei diesen Spätbilingualen zeigten sich unterschiedliche bzw. zusätzliche kortikale Aktivierungen beim Gebrauch der L2. Interessanterweise zeigen sich sehr ähnliche Befunde auch bei Sprechern, die sich mit Hilfe der Gebärdensprache verständigen. So wird eine Abhängigkeit der Dominanz einer Hemisphäre vom Erwerbssalter der L2 beschrieben (Neville et al. 1998; Newman et al. 2001). Newman et al. konnten in ihrer Studie mit bildgebenden Verfahren in einer Satzleseaufgabe eine bilaterale Aktivierung ohne linkshemisphärische Dominanz bei L2-Lernern nachweisen, die sehr früh im Leben die Gebärdensprache erlernten. Diejenigen in der untersuchten Gruppe, die die Gebärdensprache erst spät erlernten, zeigten bilaterale Aktivierungen mit einer deutlichen linkslateralen Dominanz. Auch Neville und Mitarbeiter (1998) benutzten ein Paradigma, in dem die Probanden aufgefordert waren, Sätze zu lesen. Als Ergebnisse konnten die Autoren zeigen, dass es beim Lesen der L1 (Gebärdensprache) keinen Unterschied zwischen den beiden Gruppen gab. Es konnten in beiden Gruppen bilaterale Aktivierungen mit einer signifikanten linkshemisphärischen Dominanz nachgewiesen werden. Lesen die Probanden jedoch Sätze in L2 (Englisch) zeigten sich sehr deutliche Gruppenunterschiede. Diejenigen, die L2 sehr früh erlernten zeigten linkshemisphärisch deutlich ausgeprägtere Aktivierungen und diejenigen unter den Probanden, die L2 spät erlernten, zeigten rechtshemisphärisch stärkere Aktivierungen. Zusammengefasst lässt sich aus den dargestellten Ergebnissen ableiten, dass das Erwerbssalter einen Einfluss auf die zerebrale Organisation der L1 und L2 zu haben scheint.

2.2 Einfluss der Sprachkompetenz

Es stellt sich natürlich die Frage, ob auch die Sprachkompetenz eines Sprechers Einfluss auf die kortikale Repräsentation der entsprechenden Sprache hat. Einige Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Frage mit „JA“ beantwortet werden kann, dass die kortikale Organisation der L2 davon abhängt, welches Niveau bzw. welche Kompetenz in der L2 erreicht wird.

In einigen Studien konnte nachgewiesen werden, dass spätbilinguale Sprecher, die ein sehr hohes L2-Niveau aufweisen, nicht unbedingt unterschiedliche zerebrale Repräsentationen der L1 und L2 aufweisen (Perani et al. 1998; Chee et al. 1999; Klein et al. 1999). Spätbilinguale mit einem niedrigeren Sprachniveau hingegen zeigen getrennte zerebrale Repräsentationen der L1 und L2 (Yetkin et al. 1996; Perani et al. 1998; Chee et al. 2001; Wartenburger et al. 2003; Golestani et al. 2006). Die Arbeitsgruppe um Daniela Perani berichtete in einer Studie aus dem Jahr 1998, dass bilinguale Sprecher mit einem hohem Sprachniveau keine Unterschiede beim zerebralen Aktivierungsmuster zeigten, seien sie nun frühbilinguale Sprecher oder spätbilinguale Sprecher (Perani et al. 1998).

Wie bereits eingehend beschrieben, erlauben immer differenziertere experimentelle Paradigmen die Untersuchung einzelner Komponenten der Sprache. So zeigten Wartenburger et al. (2003) bei der Verarbeitung semantischer Aspekte größere Aktivierungen im linken inferioren Frontalbereich nur bei der spätbilingualen Gruppe mit einem niedrigen Sprachniveau. Chee et al. (2001) fanden heraus, dass sich bei der semantischen Verarbeitung einer nichtflüssigen L2-Sprache im Vergleich zur semantischen Verarbeitung der flüssigen Sprache zusätzliche Aktivierungsorte (in der linken bzw. rechten inferioren Frontalregion) zeigten. Nach Ansicht der Autoren sind diese zusätzlichen zerebralen Aktivierungen als Aufwendung zusätzlicher Ressourcen für die semantische Verarbeitung in der nichtflüssigen Sprache anzusehen. Auch im Bereich der syntaktischen Verarbeitung wurden spezifische Effekte gefunden. Golestani et al. (2006) konnten positive Korrelationen zwischen dem Sprachniveau und der Hirnaktivität im Bereich des linken okzipitalen Kortex, sowie im Bereich der Basalganglien bzw. des Striatums (Nucleus caudatus und Putamen) nachweisen. Die Autoren führen diese zusätzlichen Aktivierungen darauf zurück, dass bei spätbilingualen Sprechern mit einem hohen Sprachniveau während der syntaktischen Verarbeitung prozedurale Gedächtnisprozesse stärker eingreifen als bei den

spätbilingualen Sprechern mit einem vergleichsweise niedrigen Sprachniveau. Diese Befunde aus Studien mit funktioneller Bildgebung geben Hinweise darauf, dass das Sprachniveau bei der kortikalen Organisation der L1 und L2 ein gewichtigerer Faktor als das Erwerbssalter sein könnte.

3. Elektrophysiologische Daten

Mittels elektrophysiologischer Verfahren können die zeitlichen Abläufe von Sprachprozessen dargestellt werden. Auf der Basis neurophysiologischer Befunde, die sich u. a. auf Daten aus ereigniskorrelierten Potentialen (EKP) stützen, konstruierte Friederici (1995, 2002) ein Modell der Sprachverarbeitung. Sie unterscheidet semantische und syntaktische Verarbeitungsprozesse, die mit spezifischen EKP-Mustern einhergehen. So lassen sich in der Regel nach syntaktischen Fehlern zwei aufeinanderfolgende Komponenten nachweisen. Zum einen eine frühe linksanteriore Negativierung, (ELAN = *early left anterior negativity*), die Prozesse des initialen Strukturaufbaus auf der Basis der Wortkategorieninformation widerspiegelt, gefolgt von einer späten zentro-parietalen Positivierung (P600), die Prozesse der syntaktischen Reanalyse bzw. Reparatur kennzeichnet (vgl. Friederici 1995, 2002). Nach semantischen Fehlern tritt eine zentrale Negativierung mit einem Maximum um 400ms auf (N400; Kutas & Hillyard 1982; Friederici 1995, 2002). Studien, die Prozesse bei bilingualen Probanden untersuchen zeigen, wie die vorbeschriebenen Bildgebungsuntersuchungen, uneinheitliche Befunde. Auf der einen Seite wird berichtet, dass elektrophysiologische Potentiale während der L2-Verarbeitung durch das Erwerbssalter beeinflusst werden. Andererseits gibt es zahlreiche Studien, die nur das Sprachniveau als entscheidenden Faktor identifizieren konnten (Hahne & Friederici 2001; Hahne 2001; Moreno & Kutas 2005).

3.1 Einfluss des Erwerbssalters

Weber-Fox & Neville (1996) präsentieren in ihrer Studie EKP-Befunde mit frühbilingualen und spätbilingualen Sprechern, die sowohl syntaktische als auch semantische Urteile abzugeben hatten. Die Ergebnisse zeigen deutliche

Unterschiede zwischen bilingualen Gruppen in Bezug auf die syntaktischen Urteile. Die untersuchten frühbilingualen Sprecher zeigen den bekannten P600-Effekt auf den syntaktischen Fehler im Zeitfenster zwischen 500 und 700ms. Die spätbilingualen Sprecher (sie erwarben die L2 nach dem 16. Lebensjahr) zeigten ebenfalls einen P600-Effekt, jedoch war dieser signifikant später als bei den frühbilingualen Sprechern, im Zeitfenster zwischen 700 und 900ms. Dieses Ergebnis spricht nach Ansicht der Autoren für einen Einfluss des Erwerbalters auf L2-Verarbeitung. Weber-Fox & Neville konnten in der Aufgabe mit der zu erkennenden semantischen Verletzung hingegen keine Gruppenunterschiede feststellen. Hahne (2001) und Hahne und Friederici (2001) zeigen in ihren Untersuchungen, die spätbilinguale Sprecher mit monolingualen Sprechern vergleichen, eine Antwortverzögerung auf die N400-Komponente. Syntaktisch inkorrekte Sätze evozierten in diesen Studien keine P600-Komponente, wenn die Sprecher eine niedrige L2-Kompetenz aufwiesen. Die P600-Komponente konnte nur bei Probanden mit einer guten L2-Sprachkompetenz gezeigt werden. Somit scheint der Faktor Erwerbalters mit EKP-Studien nicht hinreichend auflösbar und differenzierbar zu sein. Es ist davon auszugehen, dass sowohl das Erwerbalters als auch das erreichte Sprachniveau einen Einfluss auf das Vorhandensein und die Ausprägung der einzelnen Komponenten zu haben scheinen.

3.2 Einfluss der Sprachkompetenz

Den Resultaten einer Studie von Osterhout et al. (2006) folgend, ist lediglich das erreichte Sprachniveau ein Prädiktor für das Vorhandensein oder die Abwesenheit von EKP-Komponenten. Die Autoren fanden heraus, dass die P600-Komponente in der frühen L2-Lernphase fehlte, in einer fortgeschrittenen Lernphase (bereits nach viermonatigem L2-Lernen) jedoch auftrat. Osterhout und Kollegen assoziieren die Amplitude (die Ausprägungsstärke) der P600 mit der erreichten Sprachkompetenz, das bedeutet, je höher das Leistungsniveau in der L2 ist, desto stärker ist die Ausprägung der P600-Amplitude. Parallele Befunde zeigen sich auch bei der

lexikalisch-semantischen Verarbeitung (McLaughlin et al. 2004). Osterhout et al. (2004) untersuchten die Probanden zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Nach einer einmonatigen L2-Lernphase trat bei den Probanden statt der P600 immer eine N400 auf. Nach weiteren vier Monaten L2-Lernens konnten die Autoren bei den Probanden die P600-Komponente im EKP nachweisen. Je besser und höher die Sprachkompetenz in der L2 bei den Sprechern wurde, desto ausgeprägter zeigte sich die P600. In einer Studie von Friederici et al. (2002) wurden die Verletzungseffekte einer artifiziellen Grammatik (BROCANTO) untersucht. Eine Probandengruppe, die diese Grammatik nicht kannte, zeigte in einer EKP-Ableitung, in der syntaktisch korrekte und inkorrekte Sätze für die L1 und die künstliche L2 präsentiert wurden, nur auf die L1 die bekannten EKP-Effekte nach syntaktischen Fehlern, die ELAN und die P600. Eine weitere Gruppe, die BROCANTO erlernte, zeigte im gleichen Experiment sowohl für die L1 als auch die L2 parallele Effekte (Friederici et al. 2002).

4. Neurokognitive Modelle

Es stellt sich nun die Frage, inwieweit Modelle existieren, die bilinguale Sprachprozesse zu erklären vermögen. In der Literatur werden zahlreiche Modelle beschrieben, die den Zusammenhang zwischen dem bilingualen Lexikon und der Semantik beschreiben. Im *word association model*, dem *concept mediation model* von Potter et al. (1984), als auch dem *revised hierarchical model* von Kroll & Stewart (1994) werden Hypothesen aufgestellt, wie das bilinguale Lexikon mit der Semantik interagiert. Hierbei spielt nach Ansicht der Autoren das erreichte Sprachniveau eine entscheidende Rolle. Die meisten Modellbeschreibungen fokussieren auf die Verarbeitung lexikalisch-semantischer Aspekte der bilingualen Sprache. Ein Modell, welches von Ullman (2001 und 2004) vorgestellt wurde, versucht Erklärungsansätze für die syntaktische Verarbeitung zu liefern. Im Folgenden sollen die verschiedenen Ansichten kurz dargestellt werden.

4.1 Lexikalisch-semantische Modelle

In diesem Abschnitt werden die Modelle von Potter et al. (1984) und Kroll & Stewart (1994) beleuchtet. Alle Modelle fokussieren auf die lexikalisch-semantischen Aspekte der bilingualen Sprachverarbeitung. Im Vordergrund stehen die Interaktionen der Lexika mit der Semantik. Die Interaktion der Lexika ist nach Ansicht von Potter et al. (1984) vom erreichten Sprachniveau abhängig. Bei einem noch niedrigen Sprachniveau in der L2 ist nach Auffassung der Autoren ein Zugriff auf die Semantik nur über das L1-Lexikon möglich (vgl. Abbildung 3a). Ein direkter Zugriff vom L2-Lexikon auf die Semantik ist Sprechern mit einem hohen Sprachniveau vorbehalten (vgl. Abbildung 3b).

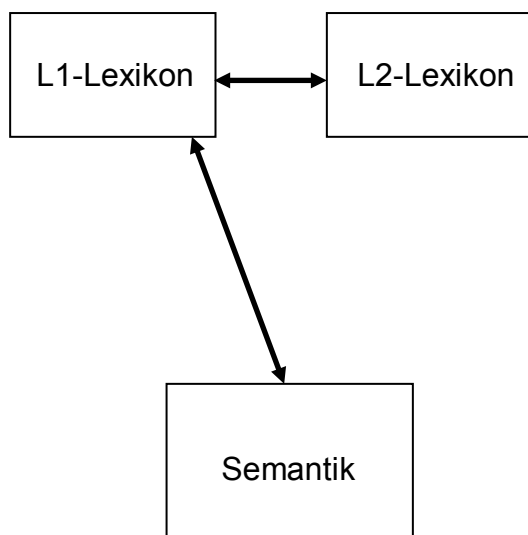


Abb. 3a *Word association model* nach Potter et al. (1984) Zugriff auf die Semantik bei L2-Prozessierung über L1-Lexikon

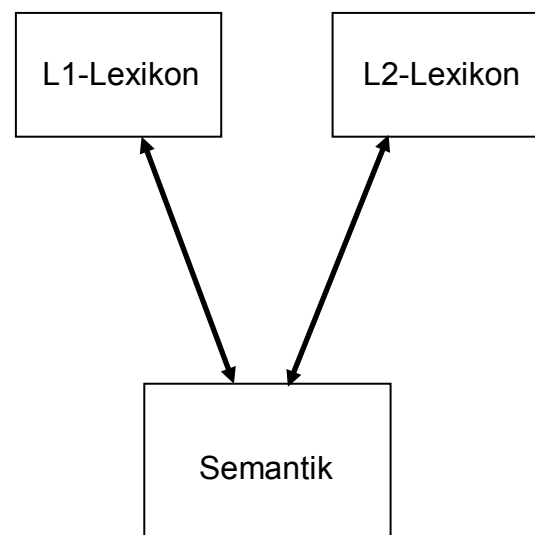


Abb. 3b Direkte Verbindung zwischen L2-Lexikon und Semantik bei Sprechern mit höherem Sprachniveau

Das *revised hierarchical model* von Kroll & Stewart (1994) verbindet die Elemente der Potter-Modelle. Es bestehen hier direkte Interaktionen der Lexika untereinander, als auch direkt mit der Semantik (Abbildung 4). Kroll & Stewart betrachten auch in ihrem Modell das erreichte Sprachniveau als einen wichtigen Faktor. Die direkte Verbindung vom L2-Lexikon zur Semantik

besteht nur bei flüssig sprechenden L2-Sprechern. Nichtflüssige L2-Sprecher nutzen die indirekte Route über das L1-Lexikon. Das Modell ist in der Lage, Unterschiede zwischen flüssigen und weniger flüssigen Bilingualen durch unterschiedliche Verbindungsstärken auf der lexikalisch-semantischen Route zu erklären.

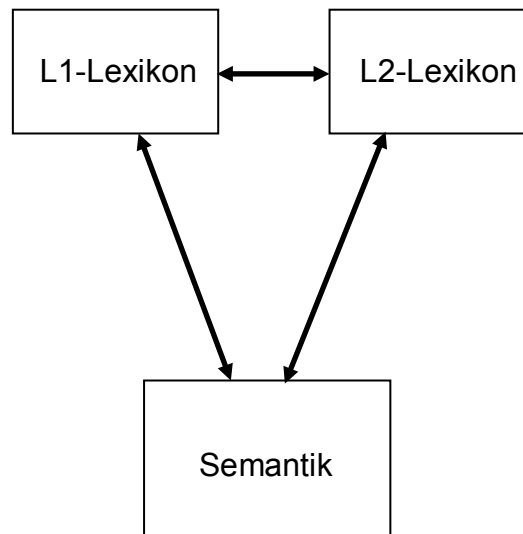


Abb. 4 Im revidierten hierarchischen Modell kann der Zugriff vom L2-Lexikon direkt zur Semantik oder über das L1-Lexikon erfolgen (nach Kroll & Stewart 1996).

4.2 Lexikalisch-Grammatikalisches Modell

Ein bekanntes Modell assoziiert verschiedene neuronale Strukturen mit linguistischen Systemen. Dieses *„declarativ-procedural-model“* von Michael Ullman basiert auf zwei Gedächtnissystemen (deklaratives vs. prozedurales Gedächtnis) und kann Hinweise für lexikalische und grammatische Prozesse in der L2-Verarbeitung liefern. Ullman postuliert das deklarative Gedächtnissystem im Lobus temporalis medialis und das prozedurale Gedächtnis in den Basalganglien, dem Broca-Areal im linken Gyrus frontalis inferior prämotorischen Regionen, Teilen des Gyrus supramarginalis und dem Cerebellum. Lexikalische Verarbeitungsschritte (Zugriff auf das mentale Lexikon) verlaufen nach Ullmans Hypothesen im deklarativen Gedächtnis, das prozedurale Gedächtnissystem wird bei der syntaktischen Verarbeitung aktiviert.

Ullman vertritt bzgl. der L2-Verarbeitung die Auffassung, dass der spätere Erwerb der L2 die lexikalische und grammatische Verarbeitung auf unterschiedliche Art und Weise beeinflusst. Nach seiner Meinung haben spätbilinguale Sprecher weniger Probleme bei der Verarbeitung lexikalisch-semanticischer Aspekte als bei der Verarbeitung der L2-Grammatik. Ullman erklärt dies mit Hilfe seines Modells folgendermaßen: Beide Gedächtnissysteme arbeiten altersabhängig, d. h. je älter ein Mensch wird, desto geringer wird die Funktion der beiden Gedächtnissysteme. Hierbei ist das prozedurale Gedächtnis stärker betroffen als das deklarative. Da Ullman das prozedurale Gedächtnissystem vorwiegend mit syntaktischen und das deklarative mit lexikalischen Verarbeitungsprozessen assoziiert, ist die syntaktische Verarbeitung mehr von dem Erwerbssalter beeinflusst als die lexikalische Verarbeitung.

Ullman führt aus, dass spätbilinguale Sprecher die Grammatik der zweiten Sprache erlernen müssen und diese im deklarativen Gedächtnis abspeichern. Die Grammatik der erworbenen Muttersprache wird jedoch im prozeduralen Gedächtnis abgespeichert. Das ist nach Ullmans Ansicht auch der Grund, warum das späte Lernen der Grammatik einer zweiten Sprache besonders schwierig ist. Die grammatischen Regeln können nämlich nicht mit Hilfe des prozeduralen Systems gespeichert werden. Spätbilinguale Sprecher müssen das eigentlich regelbasierte Wissen als komplexe lexikalisierte Sequenz mit Hilfe des deklarativen Systems verarbeiten. Jedoch haben spätbilinguale Sprecher Probleme bei der kreativen Produktion dieses regelbasierten Wissens. Das ist auch der Grund, warum ein Sprecher, der die L2 erst spät erworben hat, nur selten muttersprachliches Niveau hinsichtlich der grammatischen Kompetenzen erreicht.

Unterschiedliche Rückbildungsmuster der L1 und L2 bei bilingualen Aphasikern sind für Ullman (2001, 2004, 2005) Evidenzen für die unterschiedliche Benutzung des deklarativen bzw. prozeduralen Gedächtnissystems in Abhängigkeit vom Erwerbssalter. Es werden Patienten mit sehr verschiedenen

grammatischen Kompetenzen in der L1 und L2 nach Schlaganfällen beschrieben. Dies hängt nach Michael Ullmans Meinung mit einer unterschiedlichen Nutzung der jeweiligen Gedächtnissysteme zusammen. So konnte Ullman beobachten, dass Läsionen des Temporallappens zu einer schlechteren grammatischen Leistung in der L2 als in der L1 führen. Da Ullman das deklarative System in Teilen des medialen Temporallappens vermutet und nach seiner Ansicht grammatische Kenntnisse in der L2 mit Hilfe des deklarativen Systems gespeichert sind, führt die Schädigung des Temporallappens zu einer größeren Beeinträchtigung der grammatischen Verarbeitung in der L2 als in der L1. Läsionen im Bereich der Basalganglien und im linken Frontallappen führen zu einer schlechteren Leistung in der L1 als in der L2, weil die grammatischen Kenntnisse in der L1 mit Hilfe des prozeduralen Systems, das den Basalganglien sowie dem linken Gyrus frontalis inferior zugeschrieben wird, gespeichert sind. Da im Vergleich zur grammatischen Verarbeitung in der L1 die grammatische Verarbeitung in der L2 mehr vom deklarativen Gedächtnis abhängt, führt eine Läsion im Frontallappen sowie in den Basalganglien zu einer größeren Beeinträchtigung der grammatischen Verarbeitung in der L1 als in der L2.

4.3 Implizit-Explizites Modell

Paradis (2004) stellt in seiner Theorie des L2-Erwerbs ebenfalls verschiedene Gedächtnissysteme in den Vordergrund. Auch in seinem Modell gibt es das deklarative und prozedurale Gedächtnis. Er vertritt die Meinung, dass es unterschiedliche Arten der Benutzung von Sprache gibt, nämlich die implizite und die explizite Benutzung. Implizite linguistische Kompetenzen sind im prozeduralen Gedächtnis gespeichert, explizite Kompetenzen, die durch metalinguistisches Wissen erfolgen, sind im deklarativen Gedächtnis kodiert. Paradis stellt die Vermutung an, dass bei der Benutzung der L1 auf implizites Wissen zurückgegriffen wird, bei der Benutzung der L2 auf metalinguistisches, explizites Wissen. Paradis postuliert, dass Kinder im L1-Spracherwerb zunächst implizite Sprachkompetenzen erwerben und das metalinguistische Wissen erst nach und nach aufbauen. Der späte Erwerb einer L2 erfolgt in umgekehrter

Reihenfolge. Der Erwerb der impliziten Kompetenzen erfolgt hierbei durch zunehmende Automatisierung der expliziten Kompetenzen.

5. Schlussfolgerung

In diesem Überblicksbeitrag wurden verschiedene Studien dargestellt, die Evidenzen in unterschiedliche Richtungen liefern. Die im Titel gestellte Frage lässt sich pauschal nicht beantworten. Es gibt zahlreiche Hinweise darauf, dass bilinguale Sprecher komplexe neuronale Ressourcen zur Verarbeitung der L1 und der L2 aktivieren. Die zitierten Studien liefern Evidenzen dafür, dass es verschiedene Einflussfaktoren (Spracherwerbsalter, Sprachkompetenz) gibt, die die neuronale Repräsentation der L1 und der L2 im Gehirn beeinflussen können. Somit sind weitere Forschungsarbeiten in diesem speziellen Bereich vonnöten, um die Frage befriedigend beantworten zu können.

6. Literatur

- Abutalebi, J., Cappa, S. F. & Perani, D. (2001) The bilingual brain as revealed by functional neuroimaging. *Bilingualism: Language and Cognition* 4: 179-190.
- Albert, M. L. & Obler, L. K. (1978) *The bilingual brain*. New York: Academic Press.
- Aulich, U. (2007) www.phonetik.uni-muenchen.de/~jmh/lehre/sem/ss07/hsa07/referate/ulrikeaulich.ppt
- Black, P. & Ronner, S. (1987) Cortical mapping for defining the limits of tumor resection. *Neurosurgery* 20(9): 14-19.
- Chee, M. W. L., Tan, E. W. L. & Thiel, T. (1999) Mandarin and English single word processing studied with functional magnetic resonance imaging. *The Journal of Neuroscience* 15: 3050-3056.

- Chee, M. W. L., Hon, N., Lee, H. L. & Soon C. S. (2001) Relative language proficiency modulates BOLD signal change when bilinguals perform semantic judgments. *NeuroImage* 13: 1155-1163.
- Crinion, J., Turner, R., Grogan, A., Hanakawa, T., Noppeney, U., Devlin, J. T., Aso, T., Urayama, S., Fukuyama, H., Stockton, K., Usui, K., Green, D. W. & Price C. J. (2006) Language control in the bilingual brain. *Science* 312(5779): 1537-1540.
- Dehaene, S., Dupoux, E., Mehler, J., Cohen, L., Paulesu, E., Perani, D., De Moortele, P.F., Lehericy, S. & LeBihan, D. (1997) Anatomical Variability in the cortical representation of language. *NeuroReport* 8: 3890-3815.
- Friederici, A. D. (1995) The time course of syntactic activation during language processing: a model based on neuropsychological and neurophysiological data. *Brain and Language* 50(3): 259-281.
- Friederici A. D. (2002) Towards a neural basis of auditory sentence processing. *Trends in Cognitive Science* 6(2): 78-84.
- Friederici, A. D., Steinhauer, K. & Pfeifer, E. (2002) Brain signatures of artificial language processing: Evidence challenging the critical period hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA (PNAS)* 8: 529-534.
- Golestani, N., Alario, F.X., Meriaux, S., Bihan, D.L., Dehaene, S., & Pallier, C. (2006) Syntax production in bilinguals. *Neuropsychologia* 44: 1029-1040
- Gomez-Tortosa, E., Martin, E. M., Gaviria, M., Charbel, F. & Ausman, J. I. (1995) Selective deficit of one language in a bilingual patient following surgery in the left perisylvian area. *Brain and Language* 48(3): 320-325.
- Hahne, A. & Friederici, A. D. (2001) Processing a second language: late learner's comprehension mechanism as revealed by event-related brain potentials *Bilingualism: Language and Cognition* 4: 123-141.
- Hahne, A. (2001) What's different in second language processing? Evidence from event related brain potentials. *Journal of Psycholinguistic Research* 30: 251-266.
- Hernandez, A. E., Dapretto, M., Mazziotta, J. & Bookheimer, S. (2001) Language Switching and language representation in Spanish-English Bilinguals: An fMRI study. *NeuroImage* 14: 510-520.

- Illes, J., Francis, W. S., Desmond, J. E., Gabrieli, J. D. E., Glover, G. H., Podrack, R. & Lee, C. J. (1999) Convergent cortical representation of semantic processing in bilinguals. *Brain and Language* 70: 347-363.
- Indefrey, P. (2006) A Metaanalysis of hemodynamic studies on first and second language processing: which suggested differences can we trust and what they mean? *Language Learning* 56: 279-304.
- Indefrey, P. & Levelt, W. J. M. (2004) The spatial and temporal signatures of word production components. *Cognition* 92: 101-144.
- Klein, E., Milner, B., Zatorre, R. J., Meyer, E. & Evans, A. (1995) The neural substrates underlying word generation: A bilingual functional imaging study. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA (PNAS)* 92: 2899-2903.
- Klein, D, Milner, B., Zatorre, R. J., Zhao, V. & Nikelski, J. (1999) Cerebral organization in bilinguals: A PET study of Chinese/English verb generation. *NeuroReport* 10: 2841-2846.
- Kim, K. H. S., Relkin, N.R., Lee, K. M. & Hirsch, J. (1997) Distinct cortical areas associated with native and second languages. *Nature* 388: 171-174
- Kim, S. K. (2007) *Organisation des bilingualen Gehirns: Eine EEG-Studie zum Einfluss von Erwerbssalter und Sprachniveau*. Dissertation – Universität Bielefeld.
- Koechlin, E., Ody, C. & Kouneiher, F. (2003) The architecture of cognitive control in the human prefrontal cortex. *Science* 14(5648): 1181-1185.
- Kroll, J. F. & Stewart, E. (1994) Category interference in translation and picture naming: Evidence for asymmetric connections between bilingual memory representations. *Journal of memory and language* 33: 149-174.
- Kutas, M. & Hillyard, S. A. (1983) Event-related brain potentials to grammatical errors and semantic anomalies. *Memory and Cognition* 11: 539–550.
- McLaughlin, J., Osterhout, L. & Kim A. (2004) Neural correlates of Second language word meaning: Minimal instruction process rapid change. *Nature Neuroscience* 7: 703-704.

- Moreno, E. M. & Kutas, M. (2005) Processing semantic anomalies in two languages: an electrophysiological exploration in both languages of Spanish-English bilinguals. *Cognitive Brain Research* 22: 205-220.
- Neville, H. J., Bavelier, D., Corina, D. Rauschecker, J., Karni, A., Lalwani, A., Braun, A., Clark, V., Jezzard, P. & Turner, R. (1998) Cerebral organization for language in deaf and hearing subjects: Biological constraints and effects of experience. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA (PNAS)* 95: 922-929.
- Newmann, A. J., Bavelier D., Corina, D. Jezzard, P. & Neville, H. J. (2001) A critical period for right hemisphere recruitment in American Sign Language processing. *Nature Neuroscience* 5: 76-80.
- Ojemann, G. A. (1983) Brain organization for language from the perspective of electrical stimulation mapping. *Behavioral Brain Sciences* 6: 189-230.
- Ojemann, G. & Whitaker, H. A. (1978) The Bilingual Brain. *Archives of Neurology* 35: 409-412.
- Osterhout, L., McLaughlin, J., Kim, A., Geenwald, R. & Inoue, K. (2004) Sentences in the brain: Event-related potentials as realtime reflections of sentence comprehension and language learning. In: Carreiras, M. & Clifton, C.E. Jr. (Hrsg.) *The online study of sentence comprehension: Eyetracking, ERP, and beyond*. New York: Psychology Press, 271-308.
- Osterhout, L. McLaughlin, J. & Pitkänen, I. (2006) Novice Learners, Longitudinal Designs, and Event-Related Potentials: Means for exploring the neurocognition of second language acquisition. *Language Learning* 56: 199-230.
- Paradis, M. (1987) *The Assessment of Bilingual Aphasia*. Hillsdale, NJ.: Lawrence Erlbaum.
- Paradis, M. (2004) Implicit and explicit language processes. In: Paradis, M.(Hrsg.) *A neurolinguistic theory of bilingualism*. Amsterdam: John Benjamins B.V. 33-61.
- Perani, D., Dehaene, S., Grassi, F., Cohen, L., Cappa, S. F., Dupoux, E., Fazio, F. & Mehler J. (1996) Brain processing of native and foreign languages. *NeuroReport* 7: 2439-2444.

- Perani, D., Paulesu, E., Galles, N.S., Dupoux, E., Dehaene, S., Bettinardi, V., Cappa, S.F., Fazio, F. & Mehler J. (1998) The bilingual brain: Proficiency and age of acquisition of the second language. *Brain* 121: 1841-1852.
- Perani, D., Abutalebi, J., Paulesu, E. Brambati, S., Scifo, P., Cappa, S. F. & Fazio, F. (2003) The role of age of acquisition and language usage in early, highproficient bilinguals: An fMRI study during verbal fluency. *Human Brain Mapping* 19: 170-182.
- Poeppel, D. & Hickok, G. (2004) Towards a new functional anatomy of language. *Cognition* 92(1-2): 1-12.
- Potter, M. C., So, K. F., Von Eckardt, B., & Feldman, L. (1984) Lexical and conceptual representation in beginning and proficient bilinguals. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior* 23(1): 23-38.
- Price, C. J. (2000) The anatomy of language: Contributions from functional neuroimaging. *Journal of Anatomy* 197: 335–359.
- Price, C. J., Green, D. W. & von Studnitz, R. (1999) A functional imaging study of translation and language switching. *Brain* 122: 2221-2235.
- Rowling, J. K. (1998) *Harry Potter und die Kammer des Schreckens*. Hamburg: Carlsen.
- Scoresby-Jackson, R. E. (1867) Case of aphasia with right hemiplegia. *Edinburgh Medical Journal* 12: 696–706.
- Schwartz, M. S. (1994) Ictal language shift in a polyglot. *Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry* 57(1): 121.
- Ullman, M. T. (2001) The neural basis of lexicon and grammar in first and second language: The declarative/procedural model. *Bilingualism: Language and Cognition* 4: 105-122.
- Ullman, M. T. (2004) Contributions of memory circuits to language: the declarative/procedural model. *Cognition* 92: 231-270.
- Ullman, M. T. (2005) A Cognitive Neuroscience Perspective on Second Language Acquisition: The Declarative/Procedural Model. In: Sanz, C. (Hrsg.). *Mind and context in Adult SLA: Methods, Theory, and Practice*. Washington: Georgetown University Press, 141-178.

- Vingerhoets, G., Borsel, J., Tesink, C., Noort, M., Deblaere, K., Seurinck, R., Vandemaele, P. & Achten, E. (2003) Multilingualism: an fMRI study. *NeuroImage* 20: 2181-2196.
- Wahl, M. (2007) *Syntaktische und semantische Verarbeitung auditorisch präsentierter Sätze in kortiko-basalen Hirnstrukturen: Eine EKP-Studie*. Dissertation - Universität Potsdam.
- Wahl, M. (2008) EKP-Befunde subkortikaler Syntaxverarbeitung. In: Wahl, M., Heide, J. & Hanne, S. (Hrsg.) *Spektrum Patholinguistik - Band 1*. Potsdam: Universitätsverlag, 119-130.
- Wahl, M., Marzinzik, F., Friederici, A. D., Hahne, A., Kupsch, A., Schneider, G. H., Saddy, D., Curio, G. & Klostermann F. (2008) The human thalamus processes syntactic and semantic language violations. *Neuron* 59(5): 695-707.
- Wartenburger, I., Heekeren, H. R., Abutalebi, J., Cappa, S. F., Villringer, A. & Perani, D. (2003) Early setting of grammatical processing in the bilingual brain. *Neuron* 37: 159-170.
- Weber-Fox, C. M. & Neville, H. J. (1996) Maturational constraints on functional specializations for language processing: ERP and Behavioral Evidence in Bilingual Speakers. *Journal of Cognitive Neuroscience* 8: 231-256.
- Yetkin, O., Yetkin, F. Z., Haughton, V. M. & Cox, R. W. (1996) Use of functional MR to map language in multilingual volunteers. *American Journal of Neuroradiology* 17: 473-477.

Kontakt

Michael Wahl
michael.wahl@charite.de