



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

“Das neurolinguistische Paradigma der
Dolmetschwissenschaft”

Verfasserin

Elisabeth Holub

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Philosophie (Mag. phil.)

Wien, im Jänner 2009

Studienkennzahl lt. Studienblatt:	A 325 342 348
Matrikelnummer:	0007396
Studienrichtung lt. Studienblatt:	Dolmetscherausbildung
Betreuer:	Univ.-Prof. Dr. Franz Pöchhacker

Inhalt

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen	7
Abkürzungen und Begriffserklärungen	9
1. Einleitung	11
2. Dolmetschwissenschaftliche Grundlagen	14
2.1. Abgrenzungen	14
2.2. Das kognitive Paradigma	16
2.3. Das neurolinguistische Paradigma	17
3. Medizinische Grundlagen	19
3.1. Sprachrelevante anatomische Strukturen	19
3.1.1. Großhirn	19
3.1.2. Einteilung des Kortex in Areale	22
3.1.3. Kortikale Funktionen	24
3.1.4. Cerebellum	25
3.1.5. Die Basalganglien	26
3.2. Lokalisierung von Sprache im Gehirn.....	27
3.3. Elektromagnetische Korrelate der Gehirnaktivität.....	28
3.3.1. Die elektrische Aktivität des Gehirns	28
3.3.2. Die magnetische Aktivität des Gehirns	28
4. Neurolinguistische Grundlagen	29
4.1. Zur Neurolinguistik.....	29
4.2. Händigkeit und Hemisphärendominanz.....	30
4.3. Sprachliche Lateralisierung bei Zweisprachigen	32

4.4. Die Rolle der Patholinguistik	35
4.5. Sprachverarbeitung	36
5. Untersuchungsmethoden	39
5.1. Bildgebende Verfahren	39
5.1.1. Messung der elektrischen Aktivität	39
5.1.1.1. Elektroenzephalographie (EEG)	39
5.1.1.2. Ereigniskorrelierte Potenziale	42
5.1.1.3. Evozierte Potenziale	42
5.1.2. Messung von Röntgenstrahlen	43
5.1.2.1. Computertomographie (CT)	43
5.1.2.2. Spiral CT	44
5.1.3. Messung von Magnetfeldern	44
5.1.3.1. Magnetoenzephalographie (MEG)	44
5.1.3.2. Kernspintomographie (Magnetresonanztomographie, MRT)	45
5.1.3.3. fMRT/fMRI	46
5.1.3.4. Diffusionstensor-Bildgebung (DTI)	47
5.1.4. Messung radioaktiver Strahlung	48
5.1.4.1. SPECT	48
5.1.4.2. PET	48
5.2. Andere, nicht bildgebende Lokalisierungsmethoden	51
5.2.1. Finger-tapping	51
5.2.2. Dichotische Hörversuche	51
5.2.3. Wada-Test	51

6. Neurologische Studien an DolmetscherInnen und über das Dolmetschen	52
6.1. Finger-tapping und dichotische Hörtests	54
6.1.1. Fabbro et al. 1987	54
6.1.2. Fabbro et al. 1990	54
6.1.3. Green et al. 1989, 1993	55
6.2. EEG-Studien	59
6.2.1. Petsche et al. 1993	59
6.2.2. Grabner et al. 2007	64
6.2.3. Christoffels et al. 2007	68
6.3. PET-Studien	69
6.3.1. Price et al. 1999	69
6.3.2. Tommola et al. 2000	70
6.4. fMRT-Studien	72
6.4.1. Krick et al. 2003	72
6.4.2. Momaur 2004	73
6.4.3. Klein et al. 2005	74
6.4.4. Lehtonen et al. 2005	77
6.4.5. Kalderonova 2006/2007	79
6.5. Multimodale Studien	82
6.5.1. Chang et al. 2008	82
7. Diskussion	83
7.1. Lateralisierung von Sprache	83
7.2. Beim Dolmetschen aktivierte Areale	84
7.3. Dolmetschen im Vergleich zu anderen Tätigkeiten	85

7.4. Auswirkungen der Dolmetschrichtung auf die kognitive Aktivität	86
7.5. Schwierigkeitsgrad und Aktivierungsniveau	86
7.6. Code-switching	87
8. Schlussbemerkungen	89
Bibliographie	91
Abstract	99
Lebenslauf	101

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Abb. 1: Lappen des Großhirns und das Cerebellum.....	20
Abb. 2: Gyri und Sulci	21
Abb. 3: Heschl-Querwindungen und Operculum frontoparietale	22
Abb. 4: Laterale und mediane Ansicht der Brodmann-Areale	23
Abb. 5: Horizontaler Schnitt durch das Kleinhirn.....	25
Abb. 6: Thalamus und Basalganglien	26
Abb. 7: Broca- und Wernicke-Zentrum	27
Abb. 8: Die Neurolinguistik als Teildisziplin der kognitiven Neurologie	29
Abb. 9: Anordnung der Elektroden nach dem 10/20- System.....	40
Abb. 10: Monopolare und bipolare Ableitung	41
Abb. 11: Beispiel eines CT-Bildes	43
Abb. 12: Beispiel eines MEG-Bildes.....	44
Abb. 13: Beispiel eines MR-Bildes	46
Abb. 14: Beispiel eines Diffusionstensor-Bildes	47
Abb. 15: Versuchsperson 1: Ergebnisse in den jeweiligen Frequenzbändern	61
Abb. 16: Versuchsperson 2: Kohärenanstiege und –abnahmen.....	62
Abb. 17: Versuchsperson 3: Kohärenanstiege und –abnahmen	63
Abb. 18: Ergebnisse aller 3 Versuchspersonen im Vergleich	63
Abb. 19: ERS/ERD-Veränderungen in den ersten 700 ms.....	66
Abb. 20: Anordnung der Elektroden und in den frontalen, zentralen und parietalen Bereichen gemessene ERS/ERD	67
Abb. 21: Code- Switching während des Lesens eines zweisprachigen Textes.....	73
Abb. 22: Präfrontale Aktivität bei Veränderungen von Sinn, Sprache oder beidem.....	75

Abb. 23: Aktivierungsmuster im Vergleich zum Ruhezustand.....	76
Abb. 24: Beim "Erzählen" aktivierte Areale	80
Abb. 25: Beim Dolmetschen aktivierte Areale	81
Tabelle 1: Überblick über die bildgebenden Verfahren.....	50

Abkürzungen & Begriffserklärungen

A-Sprache	Nach der Klassifikation des internationalen Konferenzdolmetscherverbandes AIC ist eine A-Sprache eine aktive Sprache, welche auf muttersprachlichem Niveau beherrscht wird und in die von allen anderen Arbeitssprachen ausgehend gedolmetscht werden kann (vgl. www.aiicusa.us/langcomb.htm).
BA	Brodmann-Areal
B-Sprache	Nach der Klassifikation des internationalen Konferenzdolmetscherverbandes AIC ist eine B-Sprache eine aktive Sprache, die nicht die Muttersprache ist, in die aber von einer oder mehreren Arbeitssprachen ausgehend gedolmetscht werden kann (vgl. www.aiicusa.us/langcomb.htm).
CT	Computertomographie
Dolmetschrichtung	Die Dolmetschrichtung gibt an, ob aus der Fremdsprache in die Muttersprache oder aus der Muttersprache in die Fremdsprache gedolmetscht wird.
ERD	event-related de-synchronisation; ereigniskorrelierte Desynchronisierung großer Neuronenpopulationen
ERP	event-related potentials, ereigniskorrelierte Potenziale
ERS	event-related synchronisation; ereigniskorrelierte Synchronisierung großer Neuronenpopulationen
fMRA	functional magnetic resonance adaptation
fMRI	functional magnetic resonance imaging
HF	high frequency words
L1	A-Sprache nach AIC-Klassifikation
L2	B-Sprache nach AIC-Klassifikation
L3	weitere Fremdsprache

LF	low frequency words
MRT	<u>M</u> agnet- <u>R</u> esonanz- <u>T</u> omographie
n.d.	nicht datiert
PET	<u>P</u> ositron- <u>E</u> missions- <u>T</u> omographie
ROIs	Regions of Interest; relevante Bildanteile
SMA	supplemental motor area; supplementär-motorisches Areal
SPECT	<u>S</u> ingle <u>P</u> hoton <u>E</u> mission <u>T</u> omography
VL PFC	ventrolateral prefrontal cortex; ventrolateraler präfrontaler Kortex
Voxel	Das Wort "Voxel" setzt sich aus "volume" und "pixel" zusammen. Ein Voxel ist also ein dreidimensionales Pixel

1. Einleitung

Die Dolmetschwissenschaft ist ein sehr junges Forschungsgebiet, auch wenn die Ursprünge des Dolmetschens bereits in der Antike zu finden sind. Seit der Etablierung des Simultandolmetschens und der Einrichtung universitärer Ausbildungsstätten für DolmetscherInnen seit den 1940er Jahren, welche den Grundstein für die akademische Dolmetschforschung legte, hat sich die Dolmetschwissenschaft stetig erweitert und ist heute ein außergewöhnlich facettenreiches Gebiet, das anhand von Konzepten und Methoden verschiedener Disziplinen untersucht wird. Diese Interdisziplinarität zeigt sich in sprachwissenschaftlichen Studien zu Syntax und Fehleranalysen, Nutzerbefragungen, Sprachprozessmodellen, stressphysiologischen Untersuchungen, Korpusanalysen und neurologischen Forschungsarbeiten. Auch die vorliegende Arbeit zum Thema des neurolinguistischen Paradigmas der Dolmetschwissenschaft vereint mehrere Disziplinen: die Dolmetschwissenschaft, Linguistik und Neurologie.

Dem Dolmetschen liegt eine ganze Reihe von kognitiven Prozessen zugrunde, beinhaltet es doch nicht nur die Verwendung mehrerer Sprachen und gleichzeitiges Hören und Sprechen, sondern auch das Filtern und Verarbeiten von Informationen und Sinneinheiten sowie die kurzfristige Speicherung dieser Informationen. Aus diesem Grund wurde diese Tätigkeit oft zur Analyse und Lokalisierung von Sprache und Zweisprachigkeit im Allgemeinen sowie Gedächtnis und Sprachprozessen im Besonderen herangezogen.

Die Untersuchung von Sprachprozessen erfolgt in der Dolmetschwissenschaft vor allem auf zwei Ebenen bzw. in zwei Paradigmen: dem neurolinguistischen und dem kognitiven Paradigma. Diese beiden Gebiete werden oft verwechselt und sind auch nicht immer klar voneinander zu trennen. Grundsätzlich widmen sich die kognitiven Wissenschaften hauptsächlich der Ausarbeitung von Theorien und Modellen, die anhand von Verhaltensmustern oder physiologischen Reaktionen wie z.B. Blutdruck, Pupillenerweiterung oder Haut-Leitfähigkeit erforscht werden. Die Neurolinguistik zielt hingegen darauf ab, die tatsächliche Aktivität des Gehirns im Laufe bestimmter

kognitiver Prozesse zu messen, d.h. man erforscht die neuronalen Manifestationen der kognitiven Aktivität.

Während des vergangenen Jahrzehnts hat nicht nur die Medizin, sondern auch die Dolmetschwissenschaft Fortschritte erzielt. So ermöglichen nun weiterentwickelte bildgebende Verfahren und neue Forschungsansätze tiefere Einblicke in die Gehirnaktivität beim Dolmetschen.

Im neurolinguistischen Paradigma der Dolmetschwissenschaft zeichnen sich Forschungsarbeiten vor allem dadurch aus, dass sie vorwiegend von ForscherInnen geleitet werden, die keinen unmittelbaren Bezug zur Praxis und Lehre des Dolmetschens haben, während der Großteil der wissenschaftlichen Arbeit auf dem Gebiet der Dolmetschwissenschaft von DolmetscherInnen selbst durchgeführt wird. Neben dem neurolinguistischen Paradigma findet sich dieses Phänomen der von Forschern anderer Disziplinen durchgeführten Studien an DolmetscherInnen auch in der Psycholinguistik wieder. Die Zusammenarbeit von PsychologInnen und DolmetscherInnen in den 1970er Jahren hatte großen Einfluss auf die neurolinguistische Forschung auf dem Gebiet der Dolmetschwissenschaft, welche die Hypothesen und Modelle der Psycholinguistik zu verifizieren suchte.

Die vorliegende Arbeit soll die unterschiedlichen Forschungs- und Wissensgebiete von NeurologInnen und DolmetschforscherInnen zusammenführen. Da sich der medizinische Wissensstand mit unglaublich hoher Geschwindigkeit verändert, sind manche Erkenntnisse bei der Fertigstellung dieser Arbeit möglicherweise bereits überholt; jedoch ist die Vollständigkeit auch nicht das vordringliche Ziel. Vielmehr sollen DolmetscherInnen und andere Interessierte unter dem Gesichtspunkt der Interdisziplinarität einen Überblick über die bis heute gewonnenen Erkenntnisse auf dem Gebiet der "Neuro-Dolmetschwissenschaft" erhalten.

Im zweiten Kapitel werden die für diese Arbeit relevanten begrifflichen Grundlagen und Forschungsrichtungen der Dolmetschwissenschaft erläutert. Um ein besseres Verständnis der einzelnen Studien zu gewährleisten, werden im dritten Kapitel die medizinischen Grundlagen dargelegt. Das vierte Kapitel beschäftigt sich mit den wichtigsten Bereichen der Neurolinguistik, auf denen die Neuro-Dolmetsch-

wissenschaft aufbaut, und das fünfte Kapitel beschreibt die neurologischen Untersuchungsmethoden. Auf diese kurzen Überblicke über die drei Teildisziplinen des in dieser Arbeit behandelten Forschungsgebietes der Neuro-Dolmetschwissenschaft folgt eine nach den verwendeten Methoden gegliederte, ausführliche Präsentation der neurologischen Studien an DolmetscherInnen. Den Abschluss dieser Arbeit bildet eine Diskussion der Unterschiede und gemeinsamen Erkenntnisse, welche sich aus den beschriebenen Studien unter Berücksichtigung der wissenschaftlich anerkannten Fakten und Grundlagen ergeben. Die unter Einbeziehung aller erwähnten Studien gewonnenen Resultate sind in die Bereiche Lateralisierung von Sprache, beim Dolmetschen aktivierte Areale, Dolmetschen im Vergleich zu anderen Tätigkeiten, Auswirkungen der Dolmetschrichtung auf die kognitive Aktivität, Schwierigkeitsgrad und Aktivierungsniveau und Code-switching gegliedert.

Da die neurolinguistischen Arbeiten in der Dolmetschwissenschaft von ForscherInnen aus diversen wissenschaftlichen Disziplinen durchgeführt wurden und unterschiedlich motiviert waren, stellt sich für diese Arbeit die generelle Frage der Vergleichbarkeit, welche insofern nicht vollständig gegeben ist, weil sich die Versuche in ihrer Methodik und ihrem Forschungsziel teilweise grundlegend voneinander unterscheiden. Dennoch sucht diese Arbeit Übereinstimmungen und strittige Punkte im Forschungsgebiet der Neuro-Dolmetschwissenschaft ausfindig zu machen.

Ein weiteres Problem für die Aussagekraft der Studienergebnisse findet sich in der Anzahl der Versuchspersonen, die nicht nur stark schwankt, sondern in manchen Forschungsarbeiten auch verschwindend gering ist. In einigen Fällen handelt es sich bei den Versuchspersonen ausschließlich um Frauen oder Männer, weshalb diese Studien unter dem Gesichtspunkt der geschlechtsspezifischen Unterschiede kein vollständiges Bild liefern können.

Trotz dieser methodischen Divergenzen werden alle Studien mit einbezogen, da viele Ergebnisse, die in kleineren oder abweichenden Untersuchungen erzielt wurden, durchaus mit den Ergebnissen von groß angelegten Projekten und den maßgeblichen Grundsätzen der Sprachforschung in Einklang stehen und Anreiz zur Diskussion bzw. zu weiterer Forschung geben.

2. Dolmetschwissenschaftliche Grundlagen

Dolmetschen wurde erst im 20. Jahrhundert zum Forschungsgegenstand. Zuvor waren DolmetscherInnen eher Zweisprachige, die zufällig diesen Beruf ausübten und nicht mit dem heutigen, gut organisierten Berufsstand zu vergleichen. Das politische Umfeld des frühen 20. Jahrhunderts erforderte speziell ausgebildete DolmetscherInnen und begünstigte die Gründung erster Ausbildungsstätten für DolmetscherInnen. Vor allem das Simultandolmetschen erregte wissenschaftliches Interesse (vgl. Pöchhacker 2004:28).

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit den für diese Arbeit relevanten Grundkonzepten der Dolmetschwissenschaft. Obwohl heute die Definitionen Otto Kades (s. 2.1.) als weitgehend bekannt erachtet werden können, sollen sie im nachfolgenden, ersten Teil des Kapitels nochmals erwähnt werden, weil die Studien im Rahmen des neurolinguistischen Paradigmas der Dolmetschwissenschaft (vgl. Pöchhacker 2004:75) oft nicht von DolmetscherInnen durchgeführt wurden und die in der Translationswissenschaft gängigen begrifflichen Unterscheidungen zuweilen außer Acht gelassen wurden. Der zweite Teil des Kapitels beschreibt das kognitive Paradigma der Dolmetschwissenschaft (vgl. Pöchhacker 2004:73), welches als Ausgangspunkt für das neurolinguistische Paradigma gesehen werden kann. Das neurolinguistische Paradigma wird im letzten Teil dieses Kapitels behandelt und von den Forschungen der Neuropsychologie abgegrenzt.

2.1. Abgrenzungen

Dolmetschen und Übersetzen werden nach Otto Kade (1968) unter dem Oberbegriff der Translation zusammengefasst. Laut Kade (1968:35) kann beim Übersetzen beliebig oft auf den Ausgangstext zurückgegriffen werden. Auch die Übersetzung als Zieltext kann (aufgrund ihrer schriftlichen oder sonstigen Fixierung) im Nachhinein eingesehen und korrigiert werden. Im Gegensatz dazu wird beim Dolmetschen der Ausgangstext nur ein einziges Mal präsentiert, weshalb die Verdolmetschung auch nur "bedingt kontrollierbar" und "kaum korrigierbar" ist.

Demnach besteht beim Dolmetschen ein erheblich größerer Zeitdruck (und somit auch mehr kognitive Belastung) als beim Übersetzen. Vereinfachend wird gemeinhin gesagt, eine Übersetzung sei schriftlich und eine Dolmetschung mündlich, wobei allerdings verschiedene Mischtypen und Sonderformen übersehen werden. So ist Gebärdensprachdolmetschen nicht mündlich, und Live-Untertitelung und Vom-Blatt-Übersetzen sind aufgrund ihrer einmaligen Darbietung als Dolmetschen aufzufassen.

Im Unterschied zu LaiendolmetscherInnen, d.h. Zweisprachigen, die für ihre Familie oder FreundInnen in Alltagssituationen dolmetschen, üben professionelle DolmetscherInnen diese Tätigkeit meist ausschließlich im Rahmen ihres Berufes aus und verfügen im Idealfall über eine (akademische) Ausbildung.

Beim Dolmetschen unterscheidet man zwischen Simultan- und Konsektivdolmetschen. Die Wiedergabe beim Simultandolmetschen erfolgt zur selben Zeit wie die Präsentation des Textes, d.h. die DolmetscherIn hört und spricht gleichzeitig. Da DolmetscherInnen nicht nur Wörter, sondern Sinneinheiten übertragen (vgl. Lederer 1978), ergibt sich je nach Schwierigkeit der zu dolmetschenden Rede ein Zeitabstand zum Original, der durchschnittlich etwa 3 Sekunden beträgt (vgl. Oléron & Nanpon 1965) und als Time-Lag, Ear-Voice-Span (EVS) oder Décalage bezeichnet wird. Im Gegensatz dazu hören DolmetscherInnen beim Konsektivdolmetschen zuerst zu und machen sich gegebenenfalls Notizen, um dann auf den Ausgangstext folgend (konsektiv) ihre Dolmetschung vorzutragen. Der Vollständigkeit halber sei außerdem erwähnt, dass es auch hier Mischformen wie das in der Frühzeit des Konferenzdolmetschens praktizierte simultane Konsektivdolmetschen (mehrere Dolmetschungen gleichzeitig) und konsektives Simultandolmetschen (simultane Dolmetschung eines zuvor aufgenommenen Textes) gibt.

Beim "Shadowing" wird ein Text in derselben Sprache nachgesprochen, sobald er gehört wird. Es wird heute in der Dolmetscherausbildung zu Übungszwecken eingesetzt und hat zum Ziel, eine Person an das gleichzeitige Sprechen und Hören, wie es beim Simultandolmetschen erforderlich ist, zu gewöhnen. Schon in den frühesten experimentellen Studien zum Simultandolmetschen wurde Shadowing als Vergleichsaktivität herangezogen, weil es zwar gleichzeitiges Sprechen und Zuhören, jedoch keine Sinnübertragung in eine andere Sprache erfordert.

Die in dieser Arbeit behandelten neurologischen Studien beschäftigen sich ausschließlich mit dem Simultandolmetschen. Dies ist einerseits darauf zurückzuführen, dass die beim Simultandolmetschen gleichzeitig ablaufenden Prozesse der Sprachrezeption, Sprachverarbeitung und Sprachproduktion Aufschluss über die Interaktion verschiedener Gehirnareale geben können. Andererseits werden Untersuchungen an KonsekutivdolmetscherInnen möglicherweise deshalb als schwierig erachtet, weil durch das Notieren erhebliche Muskelartefakte entstehen (vgl. Kalderonova 2007:78).

2.2. Das kognitive Paradigma

Wie bereits beschrieben, überlappen einander das kognitive und das neurolinguistische Paradigma der Dolmetschwissenschaft in vielen Bereichen. Das kognitive Paradigma sei hier deshalb besonders erwähnt, weil sich kognitives und neurolinguistisches Paradigma gegenseitig stark beeinflussen und ergänzen.

In den 1960er Jahren führten Oléron und Nanpon (1965) sowie Treisman (1965) die ersten experimentellen Studien zum Simultandolmetschen durch und legten damit den Grundstein für das kognitive Paradigma der Dolmetschwissenschaft (vgl. Pöchhacker 2004).

David Gerver, der einflussreichste Vertreter des kognitiven Paradigmas (vgl. Pöchhacker 2004:34), entwickelte das erste Modell über die Informationsverarbeitung beim Simultandolmetschen. Ein weiterer einflussreicher Vertreter des kognitiven Paradigmas der Dolmetschwissenschaft ist Daniel Gile. Giles "Effort models" (vgl. Gile 1997/2002) beschäftigen sich mit dem Phänomen geteilter Aufmerksamkeit. Nach Giles Modellen steht für den Dolmetschprozess nur eine beschränkte kognitive Energie zur Verfügung. Die Summe aller für die einzelnen Teilprozesse (beim Simultandolmetschen u.a. Zuhören und Ausgangstextanalyse, Zieltextproduktion, Gedächtnis und Koordination) benötigte Energie muss so koordiniert werden, dass die geistige Gesamtverarbeitungskapazität nicht überschritten wird.

Auch Barbara Moser-Mercer ist eine Forscherin des kognitiven Paradigmas. Sie geht davon aus, dass der Dolmetschprozess nicht als ganzer, sondern nur in Form seiner Teilprozesse untersucht werden kann (Moser-Mercer et al. 1997). Moser-Mercer et al. (1997:135) weisen auf die Wichtigkeit von Prozessmodellen für die Entwicklung von Forschungshypothesen hin.

Die im Rahmen des kognitiven Paradigmas entwickelten Modelle und Konzepte wurden teilweise von ForscherInnen auf dem Gebiet der Neurolinguistik aufgegriffen. So finden sich Grundideen wie Dolmetschen als Abfolge von Sprachverarbeitungsprozessen, die Wichtigkeit des Arbeitsspeichers beim Dolmetschen und die unterschiedliche Organisation sprachlicher Funktionen bei Zweisprachigen und DolmetscherInnen im Vergleich zu Einsprachigen in beiden Paradigmen wieder (vgl. Paradis 1994, Christoffels 2004 u.a.).

Im kognitiven Paradigma werden einerseits Modelle und Hypothesen erarbeitet, andererseits auch experimentelle Studien durchgeführt. Kognitive Experimente untersuchen verschiedene Aspekte der Dolmetschleistung, aus welcher in weiterer Folge Rückschlüsse auf die kognitiven Prozesse gezogen werden können. Im Unterschied zum neurolinguistischen Paradigma beschäftigt sich das kognitive Paradigma allerdings nicht mit den tatsächlichen neuronalen Strukturen, welche diesen abstrakten Prozessen zugrunde liegen (vgl. Tammola 1999).

2.3. Das neurolinguistische Paradigma

Im Gegensatz zum kognitiven Paradigma betrachtet man im neurolinguistischen Paradigma der Dolmetschwissenschaft die kognitiven Prozesse in direkter Abhängigkeit von der Aktivität neuronaler Strukturen (vgl. Tammola 1999).

Das neurolinguistische Paradigma wurde vor allem von ForscherInnen der Universität Triest geprägt (vgl. Pöchhacker 2004:74). Die ersten Experimente zur Lateralisierung von Sprache wurden vom Neuropsychologen Franco Fabbro und der Dolmetschwissenschaftlerin Laura Gran durchgeführt. Bei diesen ersten Schritten wurden nicht-bildgebende Verfahren wie Finger-tapping und dichotische Hörtests (vgl. Fabbro et al. 1987, 1990, s. 6.2.) eingesetzt.

Die ersten Studien, bei denen DolmetscherInnen mit einem bildgebenden Verfahren während ihrer Tätigkeit analysiert wurden, wurden in Wien vom Neurologen Helmut Petsche und der Dolmetschwissenschaftlerin Ingrid Kurz durchgeführt (vgl. Petsche et al. 1993, Kurz 1994 und Petsche & Etlinger 1998, s. 6.2.1.). Bei diesen Experimenten handelte es sich um EEG-Aufnahmen, die mit Hilfe eines von Petsche eigens entwickelten Verfahrens, dem sogenannten “probability mapping” (vgl. Kurz 1994) analysiert wurden.

Ein weiteres Zentrum der Neuro-Dolmetschwissenschaft entwickelte sich an der finnischen Universität Turku, wo sich der Dolmetsch- und Sprachwissenschaftler Jorma Tammola und seine KollegInnen nach detaillierter Analyse einer Reihe von bildgebenden Verfahren für die Anwendung von PET-Untersuchungen während des Shadowings und des Dolmetschens entschieden (vgl. Tammola 1999, Tammola et al. 2000, Rinne et al. 2000, s. 6.3.2.).

Jüngste Beispiele der neurolinguistischen Forschung im Rahmen der Dolmetschwissenschaft finden sich in der Diplomarbeit von Eliza Kalderonova (2006/2007), der Dissertation von Vincent Chang (2008a, 2008b) und einem Forschungsprojekt an der Universität des Saarlandes (vgl. Krick et al. 2003). Bei Kalderonovas Arbeit und dem Forschungsprojekt von Krick et al. handelt es sich um fMRT-Studien, während die Untersuchung Changs die erste multimodale Studie über die Gehirnaktivität beim Dolmetschen darstellt. Außerdem sei hier auf eine derzeit laufende, multimodale Studie der Universität Genf verwiesen, die allerdings erst vor kurzem ins Leben gerufen wurde und deren Ergebnisse noch abzuwarten sind. Dieses Projekt soll die erfahrungsabhängige funktionelle und strukturelle Neuroplastizität bei SimultandolmetscherInnen untersuchen (vgl. Golestani et al. [in Vorbereitung]). An der Universität Leiden untersucht Ingrid Christoffels derzeit die neuronalen Korrelate bilingualer Sprachverarbeitung und des Dolmetschens (vgl. Christoffels [in Vorbereitung]).

Da die bildgebenden Verfahren einem ständigen Wandel unterliegen, ist das Potential des neurolinguistischen Paradigmas der Dolmetschwissenschaft sicher noch nicht ausgeschöpft.

3. Medizinische Grundlagen

Das menschliche Gehirn wuchs innerhalb einer Zeitspanne von einer Million Jahren auf die doppelte Größe an. Bei keiner anderen Spezies ist ein derart schnelles Wachstum der Gehirnkapazität festzustellen. Die Ursachen für diese rasante Entwicklung sind umstritten; die Tatsache, dass die am stärksten weiterentwickelten Gehirnareale vor allem mit Sprache in Verbindung stehen, lässt allerdings vermuten, die Entwicklung der Sprache und die daraus resultierende kognitive Belastung seien der Grund für das enorme Gehirnwachstum des Menschen (vgl. Ingram 2007:6-7). Der Zusammenhang zwischen Sprachentwicklung und Gehirnwachstum ist zwar äußerst umstritten (Ingram 2007:7), die Komplexität sprachlicher Prozesse steht aber außer Zweifel.

Die in diesem Kapitel beschriebenen medizinischen Grundlagen sollen medizinischen Laien als Orientierungshilfe dienen. Punkt 3.1. beschreibt die in sprachliche Äußerungen involvierten Gehirnareale anatomisch und funktionell. Die folgenden beiden Unterkapitel beschäftigen sich mit der geschichtlichen Entwicklung der Methoden zur Sprachlokalisierung sowie den elektromagnetischen Korrelaten der Gehirnaktivität.

3.1. Sprachrelevante anatomische Strukturen

3.1.1. Großhirn

Für Sprachverarbeitung und somit auch für das Dolmetschen ist vor allem das Großhirn von Bedeutung. Dieses besteht aus zwei Hemisphären, welche wiederum in jeweils vier Lappen (lobi), nämlich den Lobus frontalis, Lobus parietalis, Lobus occipitalis und Lobus temporalis, gegliedert werden (vgl. Firbas et al. 1995:1-3). Die Lappen des Großhirns sind in Abbildung 1 dargestellt. Man unterscheidet unter anderem zwischen dorsalen (oberen), lateralen (seitlichen), medialen (mittleren) und inferioren (unteren) Bereichen.

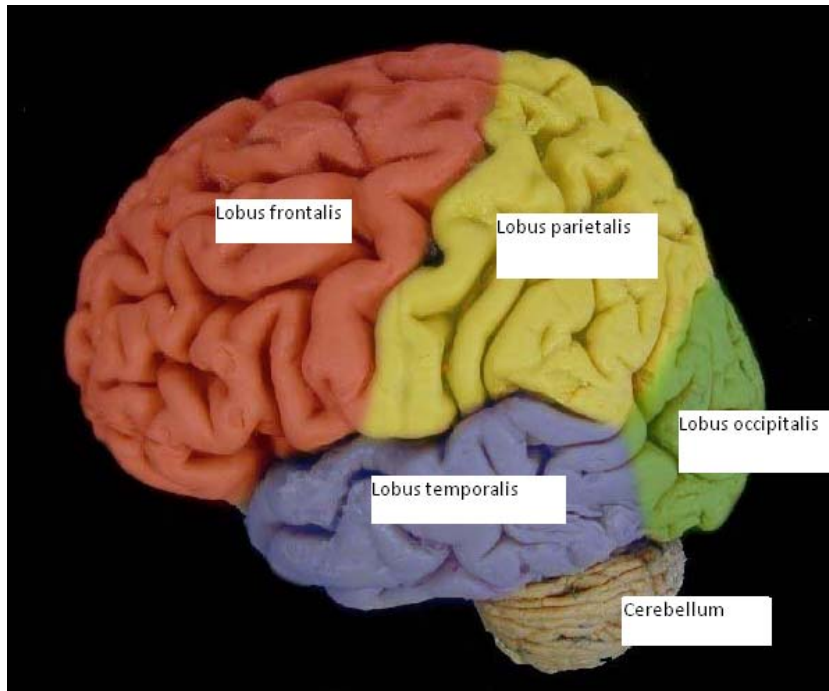
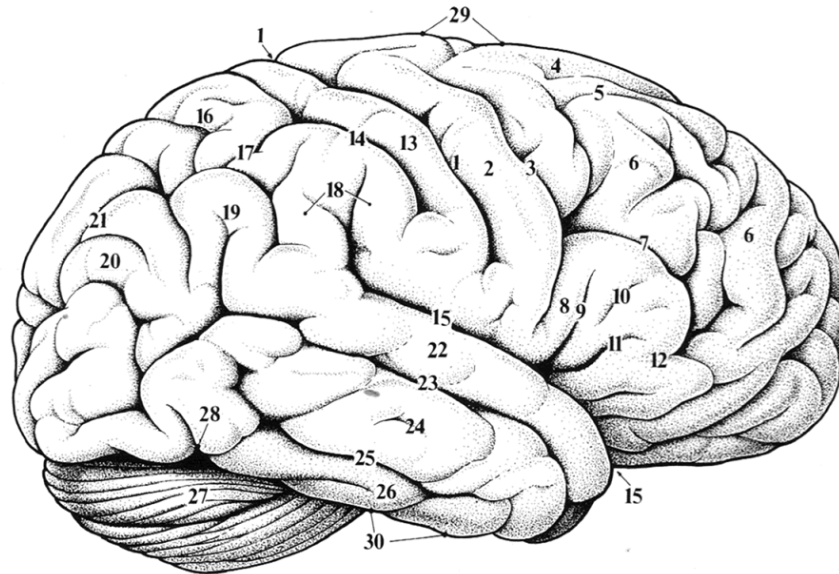


Abb. 1: Die Lappen des Großhirns und das Cerebellum (Sora & Staykov 2000).

Die Oberfläche (der Kortex) des Großhirns besteht aus vielen Windungen (Gyri) und Furchen (Sulci). Letztere machen zwei Drittel der Rindenoberfläche aus (vgl. Firbas et al. 1995, s. Abb. 2). Da der Kortex die jüngste evolutionäre Entwicklung des Gehirns darstellt, wird er auch Neokortex genannt. Er ist für alle höheren Gehirnfunktionen verantwortlich (vgl. Hegde 2006:44).

Bei der Lokalisierung von Sprachfunktionen ist vor allem der Sulcus lateralis (Sylvische Furche, siehe Abb. 2) von besonderer Bedeutung, weil an diesem sowohl das Wernicke- als auch das Broca-Areal zu finden sind (vgl. Hegde 2006, siehe Abschnitt 3.4.).



- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1 Sulcus centralis | 16 Lobulus parietalis sup. |
| Lobus frontalis (2–15) | 17 Sulcus intraparietalis |
| 2 Gyrus praecentralis | 18, 19 Lobulus parietalis inf. |
| 3 Sulcus praecentralis | 18 Gyrus supramarginalis |
| 4 Gyrus frontalis superior | 19 Gyrus angularis |
| 5 Sulcus frontalis superior | Lobus occipitalis (20–21) |
| 6 Gyrus frontalis medius | 20 Gyri occipitales |
| 7 Sulcus frontalis inferior | 21 Sulcus lunatus |
| 8, 10, 12 Gyrus frontalis inferior | Lobus temporalis (22–26) |
| 8 Pars opercularis | 22 Gyrus temporalis sup. |
| 10 Pars triangularis | 23 Sulcus temporalis sup. |
| 12 Pars orbitalis | 24 Gyrus temporalis medius |
| 9, 11, 15 Sulcus lateralis | 25 Sulcus temporalis inf. |
| 9 Ramus ascendens | 26 Gyrus temporalis inf. |
| 11 Ramus anterior | 27 Cerebellum |
| 15 Ramus posterior | 28 Incisura praeoccipitalis |
| Lobus parietalis (13–21) | 29 Margo superior |
| 13 Gyrus postcentralis | 30 Margo inferior |
| 14 Sulcus postcentralis | |

Abb. 2: Gyri und Sulci (Firbas et al. 1995:2).

Die sogenannten Heschl-Querwindungen (Gyri temporales transversi, Brodmann Areal 41, siehe 3.1.2.) sind als Hörzentrum bekannt und sind somit auch für die Rezeption gesprochener Sprache verantwortlich (vgl. Hegde 2006). Die Gyri temporales transversi liegen unter der sogenannten Opercula frontale et frontoparietale (vgl. Firbas et al. 1995). Die Heschl-Querwindungen und ihre Lage unter der Opercula frontoparietale sind in Abbildung 3 zu sehen. Die Opercula frontoparietale wurde in dieser Abbildung entfernt, um den Blick auf die Gyri temporali transversi freizugeben.

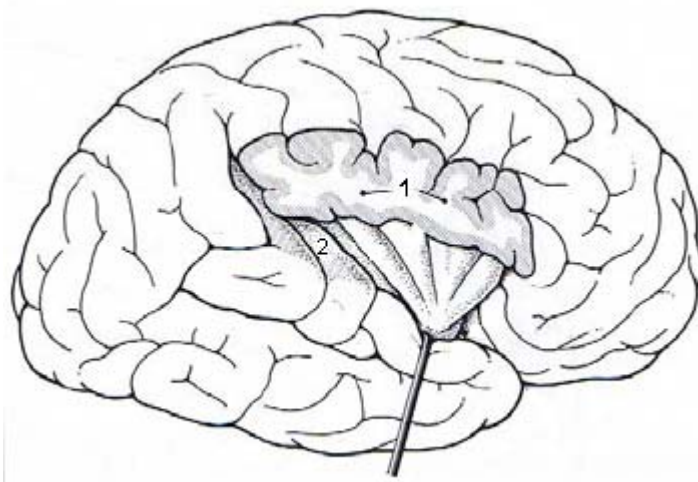


Abb. 3: (2) Heschl-Querwindungen und (1) Operculum frontoparietale (wurde entfernt) (Firbas et al. 1995:3).

3.1.2. Einteilung des Kortex in Areale

Anfang des 20. Jahrhunderts beschäftigte sich der deutsche Neurologe Korbinian Brodmann (1868-1918) mit der Zuordnung von Funktionen zu bestimmten Gehirnarealen. Er stimulierte verschiedenste Gehirnareale im Rahmen von chirurgischen Eingriffen und erarbeitete anhand der beobachteten Reaktionen eine Art Typographie des Kortex (vgl. McCaffrey 1997-2008). Die von Brodmann vorgenommene Einteilung des Kortex in 52 Areale ist auch heute noch gängig. Die Brodmann-Areale sind in Abbildung 4 dargestellt.

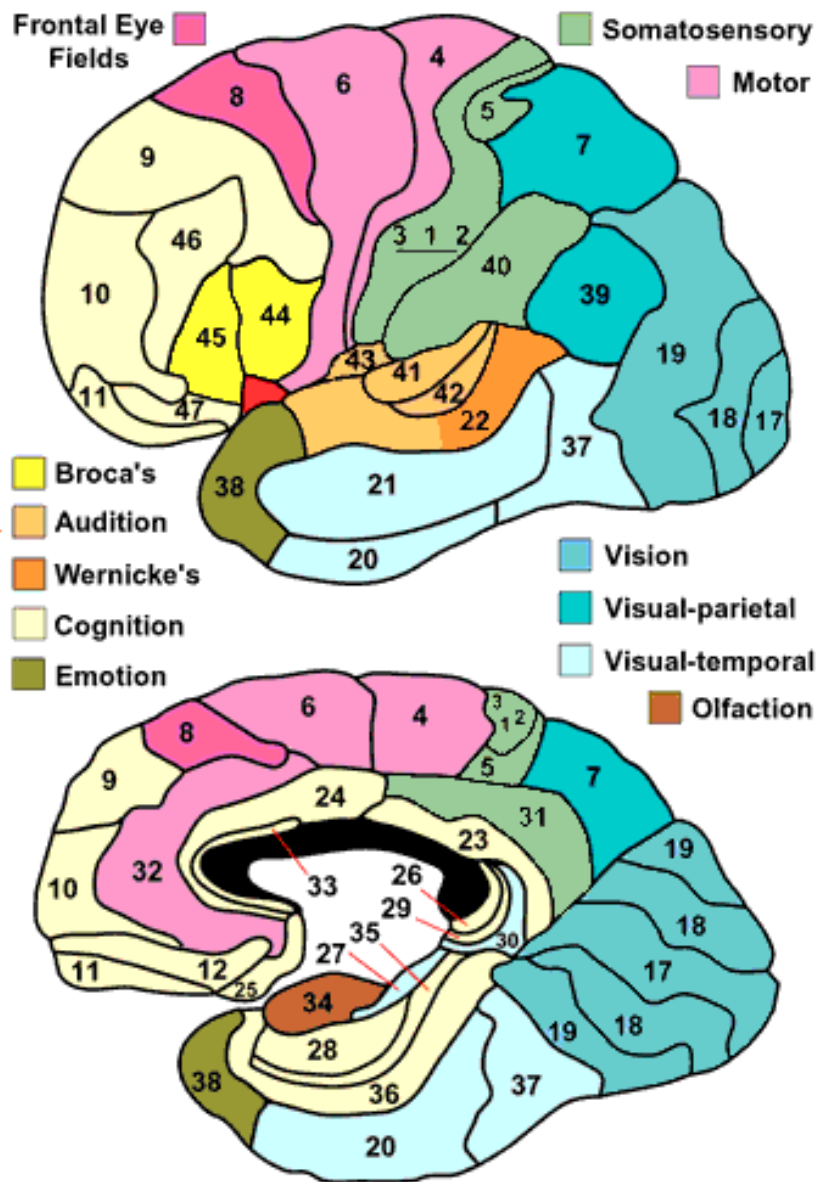


Abb. 4: Laterale (oben) und mediane Ansicht der Brodmann-Areale (Dubin 1997-2004).

3.1.3. Kortikale Funktionen

Im Frontallappen lassen sich folgende Funktionsbereiche ausmachen: der primär-motorische Kortex (Gyrus praecentralis, Brodmann-Areal 4), welcher für die Ausführung von Bewegungen verantwortlich ist, die prä-motorische Region (Brodmann-Areal 8) und das "supplementär-motorische Areal" (SMA, BA 6), welche die Feinmotorik steuern, und der prä-frontale Kortex (BA 10-12), der für intellektuelle Fähigkeiten wie Denken, Entscheidungsprozesse und Planung, aber auch für soziales Verantwortungsgefühl zuständig ist. Außerdem befindet sich im Frontallappen der sprachdominanten Hemisphäre das Broca-Zentrum (meist in der linken Hemisphäre, BA 44 und teilweise BA 45), welches auch als motorisches Sprachzentrum bekannt ist und vor allem für die Sprachproduktion von besonderer Bedeutung ist (vgl. Hegde 2006).

Auf dem Parietallappen befinden sich der sensorische Kortex (Gyrus postcentralis) und das primär-sensorische Zentrum, das die Empfindungen der Haut verarbeitet. Der Parietallappen ist für somästhetische Empfindungen (Berührung, räumliche Wahrnehmung etc.) und Aufmerksamkeit zuständig. Der Gyrus supramarginalis sowie der Gyrus angularis dienen unspezifischen sprachlichen Funktionen. So kann deren Verletzung z.B. das Schreiben stören (Hegde 2006).

Der Temporallappen beheimatet unter anderem die primäre Hörrinde, die auch als "Heschl'sche Querwindung" bezeichnet wird und sich über die Brodmann-Areale 41 und 42 erstreckt (siehe Abb. 3). Diese Querwindung ist in beiden Hemisphären zu finden. Hinter der primären Hörrinde, im oberen temporalen Gyrus der dominanten Hemisphäre, liegt das sensorische Sprachzentrum (Wernicke-Zentrum), welches vor allem für das Sprachverständnis wichtig ist. Das Wernicke-Zentrum wird durch den Fasciculus arcuatus mit dem motorischen Sprachzentrum verbunden (s. Abb. 4). Außerdem sind im Temporallappen der für Gedächtnis und Lernen zuständige Hippocampus und bestimmte Funktionen wie semantische und syntaktische Informationsverarbeitung angesiedelt (Hegde 2006).

Im Okzipitallappen befinden sich der primäre (BA 17) und der sekundäre visuelle Kortex (BA 18). Das primäre Hörzentrum ist auch als "Striatum" bekannt (Hegde 2006).

3.1.4. Cerebellum

Wie das Großhirn hat das Kleinhirn (Cerebellum) zwei Hemisphären; zwischen ihnen befindet sich der sogenannte Wurm (vgl. Firbas et al. 2005). Obwohl sein Volumen nur ein Zehntel des Großhirns ausmacht, enthält das Cerebellum (Kleinhirn) genauso viele Neuronen wie die beiden Großhirnhemisphären zusammen (vgl. Bear et al. 2005:173). Die Hauptfunktion des Cerebellums ist die Koordination der Motorik, weshalb es auch bei der Artikulation eine gewisse Rolle spielt (vgl. Hegde 2006).

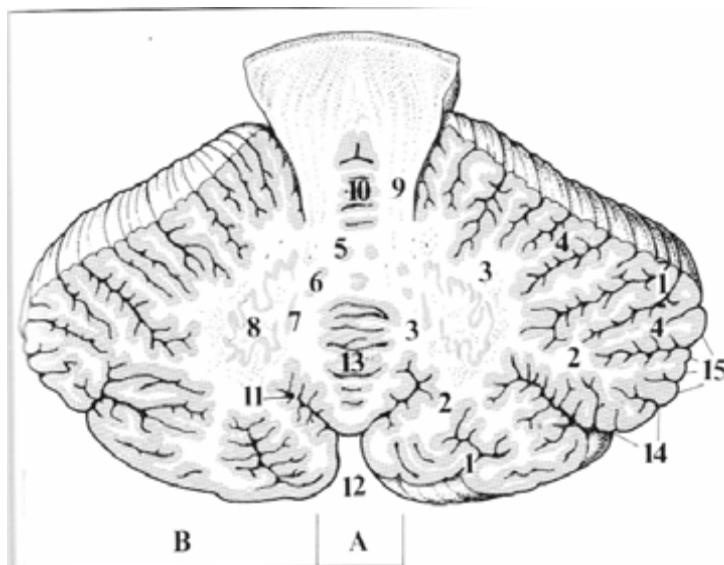


Abb 5: Horizontaler Schnitt durch das Kleinhirn. A = Wurm; B = Hemisphäre (Firbas et al. 1995:139).

3.1.5. Die Basalganglien

Diese sind subkortikale (unter dem Kortex gelegene) Strukturen und befinden sich in der Nähe des Thalamus. Die Basalganglien bestehen aus dem Nucleus lenticularis, welcher wiederum aus dem Globus pallidus und dem Putamen besteht, dem Nucleus caudatus und – aufgrund ihrer funktionellen Ähnlichkeit – dem Nucleus subthalamicus. Der Nucleus caudatus und das Putamen werden oft unter dem Begriff “Striatum” zusammengefasst. Die Basalganglien empfangen Signale, welche sie an die höheren Gehirnzentren weiterleiten. Sie produzieren Neurotransmitter, welche zur Steuerung von Bewegungen eingesetzt werden (vgl. Hegde 2006).

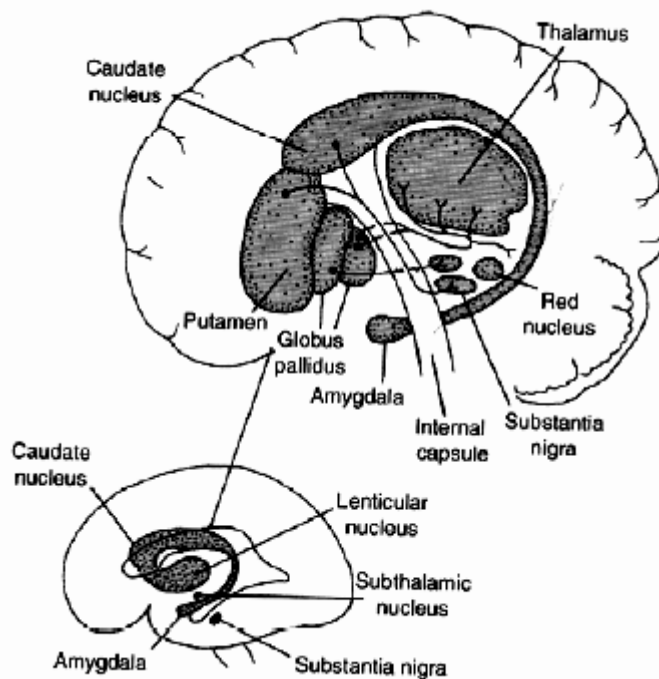


Abb. 6: Thalamus und Basalganglien (Seikel et al. 2005:9)

3.2. Lokalisierung von Sprache im Gehirn

Pierre Paul Broca (1824-1880) entdeckte ein Areal im linken vorderen Stirnlappen, das in der Sprachproduktion eine wichtige Rolle einnimmt. Bei einem seiner Patienten hatte die Schädigung dieses Areals eine gravierende Sprachstörung hervorgerufen, die später als Aphasie bekannt wurde. Die von Broca entdeckte Gehirnregion wird heute als Broca'sches Zentrum bezeichnet (vgl. Tesak 2006, Schöler & Grötzbach 2004, Bear et al. 2005).

Carl Wernicke (1848-1905) erweiterte Brocas Forschung und stieß dabei auf ein weiteres Zentrum an der Rolandischen Furche (Sulcus centralis, siehe Abb. 3), das weitgehend mit dem Sprachverständnis in Verbindung gebracht werden konnte. Heute ist dieses Zentrum als Wernicke-Zentrum bekannt (vgl. Tesak 2006, Schöler & Grötzbach 2004, Bear et al. 2005).

Abbildung 7 zeigt Broca- und Wernicke-Zentrum. Diese sind durch den Fasciculus arcuatus, einen Nervenstrang, verbunden.

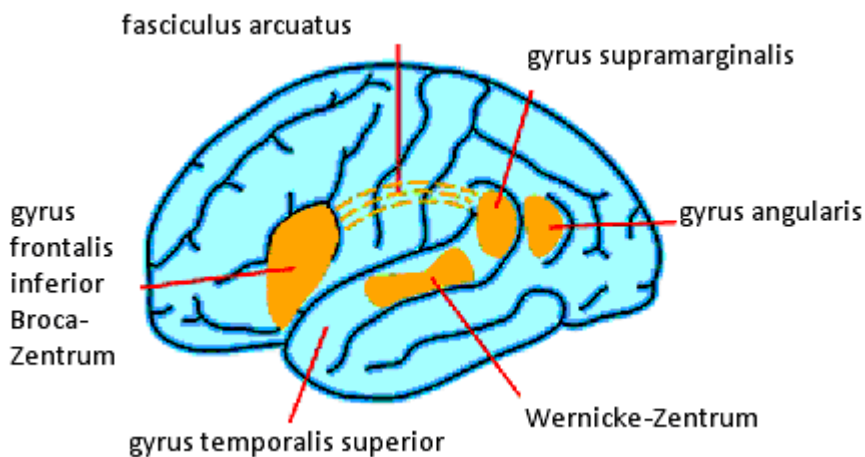


Abb. 7: Broca- und Wernicke-Zentrum (Dubin 1997-2004).

Obwohl sich viele Wissenschaftler mit der Lokalisierung einzelner Funktionen im Gehirn beschäftigten, konnte eine exakte Funktionstopographie nie realisiert werden. Die Sprachforschung geht heute davon aus, dass das Gehirn als große Einheit funktioniert und somit auch Sprache ein Phänomen ist, das zwar aus verschiedenen Einzelprozessen besteht, dennoch aber nur durch das Zusammenspiel

des gesamten Gehirns möglich ist (vgl. Hegde 2006). Moderne bildgebende Verfahren (z.B. MRT) machen eine genauere Untersuchung der zerebralen Funktionsweise möglich (s. Kapitel 5).

3.3. Elektromagnetische Korrelate der Gehirnaktivität

3.3.1. Die elektrische Aktivität des Gehirns

Ende des 18. Jahrhunderts entdeckte Luigi Galvani, dass die Muskeln durch elektrischen Strom stimuliert werden und das Gehirn Elektrizität erzeugt (Bear et al. 2001). Diese elektrische Spannung wird durch die Aktivität der Nervenzellen hervorgerufen. Die Schwankungen dieser elektrischen Potenziale werden mit Hilfe von an der Kopfhaut angebrachten Elektroden gemessen und von einem Oszillographen aufgezeichnet. So kann die Aktivität kortikaler Nervenzellen (Elektroenzephalogramm) und Muskelzellen (Elektromyogramm) gemessen und graphisch dargestellt werden (vgl. Mumenthaler & Mattle 2002).

3.3.2. Die magnetische Aktivität des Gehirns

Die Aktivität der Nervenzellen erzeugt äußerst schwache Magnetströme. Die Protonen, die sich beispielsweise in menschlichen Körperflüssigkeiten und im Fettgewebe befinden, haben magnetische Eigenschaften, die sogenannten Spins. Aufgrund dieser Eigenschaften richten sich die Protonen auf eine Magnetquelle aus. Bringt man die Spins wieder in ihre ursprüngliche Position zurück, ändert sich das Signal. Diese Änderungen können aufgezeichnet werden (vgl. Herold n.d.).

4. Neurolinguistische Grundlagen

Die Neurolinguistik ist, wie schon an ihrem Namen zu erkennen, ein interdisziplinäres Forschungsgebiet. Daher ist es wichtig, sie und ihre Teildisziplinen mit Bezug zu anderen Wissenschaftszweigen zu erfassen. Im folgenden, ersten Teil dieses Kapitels werden die Begriffe „Neurolinguistik“, „Kognition“ und „kognitive Psychologie“ näher bestimmt. Der zweite, dritte und vierte Teil beschäftigen sich mit wichtigen Grundlagen, die auch für die später beschriebenen Studien relevant sind, nämlich Händigkeit und Hemisphärendominanz, sprachlicher Lateralisierung bei Zweisprachigen und der Rolle der Patholinguistik. Im fünften Teil dieses Kapitels werden Sprachprozesse genauer definiert, während der letzte Teil der Sprachverarbeitung gewidmet ist.

4.1. Zur Neurolinguistik

Die Neurolinguistik ist ein Zweig der kognitiven Neurologie, welche wiederum ein Teilgebiet der Neurologie ist (vgl. França 2004). Abbildung 8 zeigt die Neurolinguistik als Teildisziplin der kognitiven Neurologie.

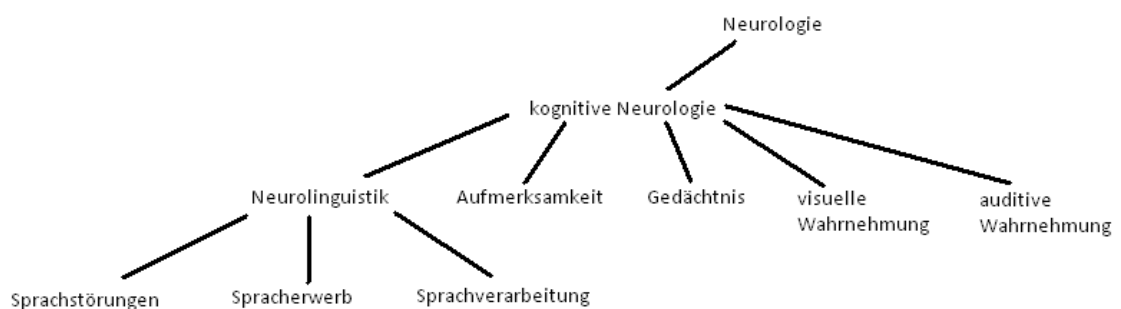


Abb. 8: Die Neurolinguistik als Teildisziplin der kognitiven Neurologie.

Kognition als Grundbegriff der Neurolinguistik und der kognitiven Psychologie umfasst „alle psychischen Vorgänge bei Lebewesen, die in irgendeiner Weise intelligentes Verhalten bewirken können“ (Müller et al. 1997:125).

Neurolinguistik und kognitive Psychologie sind eng miteinander verknüpft. Laut Kurz (1996) ist die kognitive Psychologie „jener Zweig der experimentellen Psychologie,

der sich mit den Strukturen und Prozessen des menschlichen Geistes befasst“ (Kurz 1996:72). Da jedoch auch die Neurolinguistik “diejenigen Vorgänge im menschlichen Gehirn untersucht, die der Kognition und auch der Sprachfähigkeit zugrundeliegen“ (Müller et al. 1997:125), ist der Unterschied zwischen diesen beiden Disziplinen oft nur schwer auszumachen.

Beide Forschungsgebiete befassen sich mit Sprachprozessen, allerdings versucht die kognitive Psychologie ausgehend von einer Analyse sprachlicher Äußerungen Rückschlüsse auf kognitive Prozesse zu ziehen, während die Neurolinguistik die neuronalen Strukturen und die Korrelate ihrer Aktivität direkt untersucht (vgl. Tommola 1999).

Die Forschungsergebnisse der kognitiven Psychologie übten einen starken Einfluss auf die Sprachforschung aus (Müller et al. 1997). Die Neurologie gewann erst in der jüngsten Vergangenheit bei der Untersuchung sprachlicher Prozesse an Bedeutung, was laut Müller et al. (1997:126) auf zwei Tatsachen zurückzuführen ist: Einerseits konnte Sprachverarbeitung aufgrund ihrer Komplexität mit konventionellen neurophysiologischen Verfahren nicht untersucht werden. Andererseits handelte es sich bei älteren Forschungsmethoden um invasive Techniken, welche die ProbandInnen einem großen gesundheitlichen Risiko aussetzten oder sogar mit gesundheitlichen Schäden einhergingen.

Aufgrund des medizinischen Fortschritts im Allgemeinen und der Entwicklung nicht invasiver, bildgebender Verfahren im Besonderen konnte in neuerer Zeit auch die Neurologie einen entscheidenden Beitrag zur Sprachforschung leisten.

4.2. Händigkeit und Hemisphärendominanz

Die beiden Hemisphären des menschlichen Großhirns sind anatomisch und funktional asymmetrisch. So sind z.B. in der linken Gehirnhälfte die Sylvanische Furche länger und der Temporallappen größer als in der rechten und bestimmte Denkprozesse eher der linken als der rechten Hemisphäre zugeordnet (vgl. Bear et al. 2005). Ein weiterer hemisphärischer Unterschied zeigt sich am Planum temporale, das ein wichtiges Element in der Sprachverarbeitung darstellt. Es ist bei den meisten Menschen in der

linken Hemisphäre größer (vgl. Gerschwind & Levitsky 1986); in einigen Fällen hat das linke Planum temporale sogar die fünffache Größe des entsprechenden Areals in der rechten Gehirnhälfte (vgl. Hegde 2006). Außerdem lassen sich geschlechtsspezifische Unterschiede feststellen (vgl. Güntürkün & Hausmann 2007). Männer haben z.B. größere Gehirne als Frauen.

Asymmetrische anatomische Strukturen sind bereits beim Fötus und bei Neugeborenen zu finden. Die Sprachlateralisierung wird somit teilweise schon im Mutterleib festgelegt. Die endgültige Lateralisierung der sprachlichen Fähigkeiten basiert vermutlich auf einem Zusammenspiel äußerer und biologischer Einflüsse (vgl. Anneken 2003).

10-15% der europäischen Bevölkerung sind Linkshänder (vgl. Annett 1985; Chapman & Chapman 1987). Bei über 95% der Rechtshänder erweist sich die linke Gehirnhälfte als für Sprache dominant (vgl. Springer et al. 1999). Die meisten Linkshänder und Amibidexter zeigen jedoch ebenfalls eine linkshemisphärische Sprachdominanz (vgl. Hättig 2004). In der Gesamtbevölkerung ist demnach der Anteil an Personen, bei welchen die rechte Gehirnhälfte für Sprache dominant ist, verschwindend gering und beträgt nur 5% (vgl. Hegde 2006). In jedem Fall ist jedoch auch die rechte Gehirnhälfte in sprachliche Vorgänge involviert, wie Beobachtungen an Aphasikern (s. 4.4.) zeigen. Aphasie-Patienten können trotz ihrer Sprachstörung oft Schimpfwörter oder repetitive Elemente (wie z.B. Zahlen oder Gedichte, vgl. Hegde 2006) äußern. Die rechte Gehirnhälfte scheint also für diese begrenzten sprachlichen Fähigkeiten verantwortlich zu sein. Eine atypische (also beidseitige oder rechtshemisphärische) Dominanz konnte z.B. bei PatientInnen mit früher – d.h. in der Kindheit aufgetretener – Hirnschädigung und Epilepsiepatientinnen beobachtet werden (Springer et al. 1999).

Knecht et al. (2000) erbrachten den Beweis, dass tatsächlich ein Zusammenhang zwischen Händigkeit und sprachlicher Dominanz besteht. Doppler-Sonographien zeigten eine umso höhere Inzidenz rechtshemisphärischer Dominanz, je stärker die Linkshändigkeit ausgeprägt war. Eine von Jäncke (2002) durchgeführte Studie zeigte ähnliche Ergebnisse. Laut Jäncke ist bei einem Drittel der Linkshänder die rechte Gehirnhälfte für Sprache dominant.

Grundsätzlich ist die Hemisphärendominanz bezüglich sprachlicher Funktionen also je nach Person unterschiedlich ausgeprägt. Ebenso besteht ein breiter Konsens darüber, dass Sprache bei zwei- oder mehrsprachigen Personen im Gehirn anders organisiert ist als bei Menschen, die nur ihre Muttersprache sprechen (vgl. Albert & Obler 1978).

4.3. Sprachliche Lateralisierung bei Zweisprachigen

Seit Beginn der Zweisprachigkeitsforschung stehen Sprachforscher und Psychologen im Widerstreit, wie Bilingualismus zu definieren sei. Manche Wissenschaftler betrachten einen Menschen nur dann als zweisprachig, wenn er beide Sprachen gleich gut beherrscht, wogegen andere den Grad der Beherrschung als eher nebensächlich betrachten. Weinreich (1953) vertritt die Ansicht, dass nur diejenigen als zweisprachig angesehen werden sollten, die alle vier Fertigkeiten beider Sprachen beherrschen (also Lesen, Schreiben, Verstehen, Sprechen). MacNamara (1969) hingegen betrachtete all jene als zweisprachig, die auch nur geringe Kompetenzen in einer anderen Sprache haben. Hierbei stellt sich allerdings die Frage, wie der Beherrschungsgrad bzw. die perfekte Beherrschung (wie von Weinreich gefordert) festgestellt werden kann, d.h. welche Elemente zur Beurteilung herangezogen werden sollen und wie groß die Abweichung zwischen den einzelnen Sprachen sein darf. Einige Forscher beziehen auch polyglotte (mehrsprachige) Personen in den Begriff Zweisprachigkeit mit ein.

Albert & Obler (1978) verfassten das erste umfassende Werk über das zweisprachige Gehirn. Obwohl die Veröffentlichung dieses Buches bereits 30 Jahre zurückliegt, hat es nicht an Relevanz verloren. Albert & Obler (1978) griffen Peal & Lamberts (1962) Unterscheidung zwischen "balanced bilinguals" und "dominant bilinguals" auf, wobei es sich bei "balanced bilinguals" um Personen handelt, die zwei Sprachen auf gleich hohem Niveau beherrschen, während "dominant bilinguals" eine Sprache besser beherrschen als die andere. Alternativ zu Albert und Obler's Begriff der "balanced bilinguals" verwenden andere Wissenschaftler die Bezeichnung "true bilinguals", "echte Zweisprachige" (vgl. Thiéry 1978). Albert und Obler gehen auch auf das Übersetzen und Dolmetschen ein, differenzieren jedoch kaum zwischen (schriftlichem) Übersetzen (translation) und (mündlichem) Dolmetschen

(interpreting), wie die Verwendung des Wortes "simultaneous translation" zeigt. Diese beiden AutorInnen betrachten "translation" als eine besondere Sprachfertigkeit, die unabhängig vom Beherrschungsgrad der Sprachen und nur durch Übung erlernt werden kann: "These data [...] imply that training or practice in the translation task itself is necessary to gain proficiency" (Albert & Obler 1978:218). Dennoch weisen sie darauf hin, dass nicht alle Arten der Translation zwangsläufig erlernt werden müssen, wie die spontane Sprachmittlung durch Laien (z.B. Familienmitglieder) beweist (Albert & Obler 1978:218). Professionelle DolmetscherInnen sind also Zweisprachige, welche die besondere Fähigkeit des Dolmetschens erlernt haben.

Einige Forschungsergebnisse (z.B. Petsche et al. 1993) zeigen, dass bei Zwei- und Mehrsprachigen die Dominanz für Sprache weniger ausgeprägt ist als bei monolingualen Personen, d.h. dass Zwei- und Mehrsprachige ihre nicht-dominante Gehirnhälfte stärker einsetzen als Einsprachige. Für neurolinguistische Untersuchungen an Zweisprachigen im Allgemeinen und DolmetscherInnen im Besonderen ist vor allem der Zweitspracherwerb von Bedeutung, weil die Forschung der letzten Jahrzehnte darauf schließen lässt, dass die Art des Erwerbs, das Alter, in dem eine Sprache erlernt wird, und die Reihenfolge, in der mehrere Sprachen erlernt werden, die Organisation von Sprache im Gehirn maßgeblich beeinflussen. Man spricht in diesem Zusammenhang von "early" und "late bilinguals", also von Menschen, welche ihre Zweitsprache schon früh, d.h. im Kindesalter, erlernen, und denjenigen, die sie erst im Erwachsenenalter, also spät, erwerben. Lenneberg (1967) postulierte, dass die Lateralisierung der sprachlichen Fähigkeiten in der Pubertät abgeschlossen sei. Obwohl die Verbindung zwischen dem Zeitpunkt, zu dem die Sprachen erlernt wurden, und der Lateralisierung von mehreren Studien bestätigt wurde, ist die Pubertät als entscheidende Schwelle mehr als nur fraglich.

Sussman et al. (1982) kamen z.B. in ihrem Finger-tapping-Experiment zu dem Schluss, dass bei "early bilinguals" beide Sprachen eine eindeutige Linksdominanz aufwiesen, während bei "late bilinguals" die linke Hemisphäre nur für die Erstsprache dominant war, die Zweitsprache jedoch symmetrisch (in beiden Hemisphären) repräsentiert war. Im Gegensatz dazu beobachteten Hull & Vaid (2007), dass die sprachlichen

Fähigkeiten bei Zweisprachigen, welche beide Sprachen innerhalb der ersten sechs Lebensjahre erlernt hatten, in beiden Hemisphären lokalisiert werden konnten, wohingegen Personen, die ihre Zweitsprache nach dem Alter von 6 Jahren erlernt hatten, eine deutliche Linksdominanz für beide Sprachen aufwiesen.

Kim et al. (1997) untersuchten den räumlichen Abstand zwischen den sprachlichen Aktivitätsarealen innerhalb des Broca- und Wernicke-Zentrums bei "early" und "late bilinguals". Bei allen sechs "late bilinguals" wurden im vorderen Sprachareal zwei unterschiedliche, benachbarte Zentren im unteren Gyrus frontalis aktiviert, während im hinteren Sprachzentrum nur ein einziges Aktivitätsareal zu beobachten war. Kim und Kollegen vermuten, dass letztere Struktur beiden Sprachen dient. Bei allen "late bilinguals" wurden unterschiedliche Areale für die Muttersprache und die Fremdsprache im Broca-Areal aktiviert. Die AutorInnen schließen aus ihren Ergebnissen, dass die Aktivitätszentren für beide Sprachen innerhalb des Broca-Areals räumlich deutlicher voneinander getrennt sind, wenn die Zweitsprache erst im frühen Erwachsenenalter erlernt wird. Im Wernicke-Zentrum war eine extrem schwache oder gar keine Trennung zu erkennen.

Ein weiterer entscheidender Faktor für die Organisation von Sprache im Gehirn ist die Art des Spracherwerbs. Weinreich (1953) unterschied zwischen verbundenen ("compound"), koordinierten ("coordinate") und subordinierten ("subordinate") Zweisprachigen. Verbundene Zweisprachige verwenden ein und dieselbe neuronale Grundlage für beide Sprachen, während bei koordinierten Zweisprachigen die beiden Sprachsysteme getrennt voneinander organisiert sind und subordinierte Zweisprachige eine Sprache über die andere verarbeiten bzw. von der anderen ableiten. Es ist jedoch fraglich, ob diese unterschiedlichen Typen des Bilingualismus tatsächlich voneinander zu trennen sind.

Möglicherweise sind Erwerbssalter und Art des Spracherwerbs eng miteinander verknüpft. Paradis (2004:59) spricht in diesem Zusammenhang von der "critical period hypothesis". Da die prozedurale Gedächtnisleistung mit zunehmendem Alter abnimmt, müssen Personen, die ihre Zweitsprache erst nach dem Kleinkindalter lernen, auf explizites Lernen zurückgreifen. Aus diesem Grund ist auch das für die Zweitsprache verwendete kognitive System ein anderes als das der Muttersprache.

Perani et al. (1998) gehen aufgrund ihrer Ergebnisse davon aus, dass nicht das Erwerbsalter, sondern der Beherrschungsgrad entscheidend für die Lateralisierung sprachlicher Fähigkeiten ist. Auch Reiterer et al. (2005) stellten Unterschiede zwischen Personen mit hohem Kompetenzgrad in der Zweitsprache und Personen mit niedrigerer Kompetenz fest. Erstaunlicherweise zeigte letztere Gruppe sowohl bei der Verwendung der Muttersprache als auch beim Gebrauch der Fremdsprache höhere und großflächigere Aktivität. Reiterer und Kollegen schlossen daraus, dass kompetentere Zweisprachige effizientere Sprach- und Textverarbeitungsstrategien anwenden als Personen mit niedriger Sprachkompetenz.

Paradis (2004:109ff) fasst die unterschiedlichen Theorien über die Lateralisierung von Erst- und Zweitsprache in vier Gruppen zusammen und unterscheidet zwischen erweiterten Sprachsystemen ("extended system"), dualen Systemen ("dual systems"), dreiteiligen Systemen ("tripartite Systems") und Subsystemen ("subsystems"). Ein erweitertes System wäre ein universales System für beide Sprachen. In einem dualen System gäbe es für jede der beiden Sprachen ein unterschiedliches Sprachsystem. Die Dreifach-System-Hypothese besagt, dass für jede Sprache ein eigenes System sowie ein zusätzliches System für gleiche Elemente beider Sprachen bestehen. Nach der Subsystem-Theorie sind beide Sprachen in Teilsystemen eines übergeordneten Systems angeordnet.

Aus diesen unterschiedlichen Ergebnissen und Theorien lässt sich zwar ein Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt und der Art des Zweitspracherwerbs und der Lateralisierung bzw. Organisation der sprachlichen Fähigkeiten ableiten, jedoch unterscheiden sich die Resultate derart, dass genauere Schlüsse auf allgemeine Lateralisierungsmuster im Zusammenhang mit dem Zeitpunkt und der Art des Zweitspracherwerbs nicht möglich sind.

4.4. Die Rolle der Patholinguistik

Viele Erkenntnisse, die bei Erforschung zerebraler Pathologien gewonnen werden, sind auch auf gesunde Menschen und die allgemeine Sprachforschung anwendbar. Eine Sprachstörung, die in diesem Zusammenhang besondere Relevanz hat, ist die Aphasie. Diese Sprachstörung wurde Ende des 18. Jahrhunderts von Paul Broca an

einem Patienten festgestellt, welcher eine Verletzung der linken Hemisphäre erlitten hatte. Aus diesem Grund brachte Broca diese Sprachstörung zuerst ausschließlich mit der linken Hemisphäre in Verbindung. Andere wissenschaftliche Untersuchungen an Aphasikern ergaben jedoch, dass auch eine Läsion der rechten Gehirnhälfte – wenn auch in seltenen Fällen – zu Sprachstörungen führen konnte (vgl. Hegde 2006). Bei Linkshändern kam es bei rechtshemisphärischen Läsionen viel öfter zu einer Aphasie als bei Rechtshändern. Dies ließ darauf schließen, dass Händigkeit und sprachliche Hemisphärendominanz (Rechtshänder – links dominant, Linkshänder – rechts dominant) oft parallel verlaufen.

Das Gehirn kann Schädigungen und Funktionsbeeinträchtigungen (zumindest teilweise) wieder ausgleichen. Man spricht in diesem Zusammenhang von Neuroplastizität. Dieses Phänomen konnte z.B. an Aphasikern beobachtet werden, bei denen sich die sprachliche Lateralisierung im Laufe der Genesung veränderte (vgl. Thomas et al. 1997).

Auch die Epilepsieforschung trug maßgeblich zur Erforschung der Lateralisierung von Sprache und des Zusammenspiels der beiden Hemisphären bei. Lange Zeit wurde z.B. bei Epileptikern das Corpus callosum, die verbindende Struktur zwischen beiden Hemisphären, durchtrennt, um ein Übergreifen der epileptischen Anfälle von einer Hemisphäre auf die andere zu verhindern. Dadurch konnte die rechte Gehirnhälfte nur mehr bedingt mit der linken kommunizieren. Die meisten dieser sogenannten Split-Brain-Patienten konnten neben anderen Defiziten nichts verbal beschreiben, was sich auf ihrer linken Seite befand, weil der sich links befindliche Gegenstand zwar von der rechten Hemisphäre “gesehen” wurde, diese aber nicht mit der linken, offensichtlich sprachlich dominanten, Hemisphäre kommunizieren konnte (vgl. Bear et al. 2005).

4.5. Sprachverarbeitung

Heute geht man davon aus, dass Sprache in parallelen Teilprozessen verarbeitet wird. Dabei wird jeder Prozess nicht nur in einem Areal, sondern in einem Zusammenspiel mehrerer Areale abgewickelt. Es entstehen sogenannte Mini-Netzwerke (Friederici 2002:47).

Eine sprachliche Äußerung wird zuerst einer akustischen und phonetischen Analyse unterzogen. Darauf erfolgt die Erkennung der grammatischen Struktur, d.h. eine Analyse auf Wortebene. Erst im letzten Schritt wird die Semantik, also die Bedeutungsebene, untersucht. Die akustischen Informationen werden im primären auditorischen Kortex beider Hemisphären verarbeitet, während die syntaktische und semantischen Verarbeitungsprozesse in zwei voneinander getrennten, jedoch interagierenden, temporal-frontalen Netzwerken ablaufen. Um diese Informationen interpretieren zu können, muss das Gehirn alle Teilinformationen zusammenfügen (vgl. Friederici 2002).

Parallel zu dieser strukturellen Analyse werden prosodische Elemente wie z.B. der Tonhöhenverlauf analysiert. Die Verarbeitung prosodischer Informationen findet vorwiegend in der rechten Hemisphäre statt. Das menschliche Gehirn benötigt für die Durchführung all dieser Prozesse etwa 600 ms (vgl. Friederici 2002).

Ein interessanter Aspekt der Verarbeitung unpassender prosodisch-emotionaler Informationen zeigt sich beim Vergleich von Männern und Frauen: Männer benötigen eine längere Reaktionszeit als Frauen (vgl. Friederici 2002).

“Late bilinguals” scheinen aufgrund der beiden unterschiedlichen kognitiven Systeme der Erst- und Zweitsprache (siehe S. 20) ihre Zweitsprache anders als die Muttersprache zu verarbeiten. Paradis (2004:60) behauptet, die Kompetenz in Mutter- und Fremdsprache könne nie identisch sein, weil die Muttersprache automatisch verarbeitet werde, wogegen bei der Fremdsprache bewusste schnelle Verarbeitungstechniken zum Einsatz kämen.

Ein besonderer Aspekt der Sprachverarbeitung bei zweisprachigen Personen ist der schnelle Wechsel zwischen beiden Sprachen, der z.B. während eines Gesprächs zu beobachten sein kann. Dieser schnelle Wechsel von einer Sprache in die andere ist unter dem englischen Begriff “code switching” bekannt (Banaz 2002, Krick et al. 2003). Dieser Sprachwechsel kann nicht nur von Satz zu Satz, sondern auch innerhalb ein und desselben Satzes beobachtet werden. Die einzelnen “codes”, d.h. Sprachsysteme, können - wie z.B. beim Dolmetschen - unabhängig voneinander verwendet werden. (vgl. Krick et al. 2003)

Krick und seine KollegInnen an der Universität des Saarlandes arbeiten derzeit an einem Großprojekt zum Thema "Code-switching". Eine Gruppe von Versuchspersonen besteht aus professionellen DolmetscherInnen. Dieser Studie zufolge haben DolmetscherInnen durch ihre Ausbildung die Fähigkeit erworben, problemlos von einer Sprache in eine andere wechseln zu können (vgl. Krick et al. 2003).

5. Untersuchungsmethoden

Zur Untersuchung des menschlichen Gehirns und seiner Funktionen werden verschiedene Verfahren angewandt. Grundsätzlich ist zwischen bildgebenden und nicht bildgebenden Verfahren sowie zwischen invasiven und nicht invasiven Techniken zu unterscheiden.

Die nachstehenden Untersuchungstechniken sind in bildgebende und nicht bildgebende Verfahren gegliedert. Die Unterscheidung zwischen invasiven und nicht invasiven Methoden wird hier nicht getroffen, weil es sich bei den invasiven Eingriffen lediglich um einen Nadelstich bei der Injektion eines Tracers handelt.

Ingram (2007) gliedert die bildgebenden Verfahren in funktionelle und strukturelle Methoden. Strukturelle Methoden wie CT und MRT liefern Bilder von anatomischen Strukturen, während funktionelle Methoden die Aktivität bestimmter Areale messen (vgl. Ingram 2007:60).

Im folgenden Kapitel wird diese Unterscheidung allerdings nicht beibehalten, weil dadurch eng verwandte bzw. voneinander abgeleitete Techniken wie MRT (strukturell) und fMRT (funktionell) weit voneinander getrennt würden. Vielmehr werden die bildgebenden Verfahren in diesem Kapitel nach dem Messgegenstand in Messung von Magnetfeldern, Messung von Röntgenstrahlen, Messung radioaktiver Strahlung und Messung der elektrischen Gehirnaktivität eingeteilt.

5.1. Bildgebende Verfahren

5.1.1. Messung der elektrischen Aktivität

5.1.1.1. Elektroenzephalographie (EEG):

Das Verfahren der Elektroenzephalographie (EEG) wurde 1929 von Hans Berger entwickelt. Da mehrere Versuche, bestimmte psychologische Parameter (Verhalten, Intelligenz) mit dem EEG zu messen, fehlschlagen, wurde das EEG zunächst vorwiegend als diagnostisches Hilfsmittel eingesetzt. Erst der Computereinsatz

erweiterte das Anwendungsspektrum dieser Untersuchungsmethode (vgl. Kurz 1996:170ff).

Mit Hilfe des EEGs kann die Aktivität kortikaler Nervenzellen registriert werden. Am Schädel werden Elektroden angebracht, welche die Potenzienschwankungen ableiten. Diese Schwankungen werden verstärkt und graphisch dargestellt (vgl. Mumenthaler & Mattle 2002).

Verschiedene Gehirnwellenmuster werden mit unterschiedlichen Aktivitäten assoziiert (vgl. Hegde 2006). In der Regel werden die Elektroden nach dem Ten-Twenty-System angeordnet (vgl. Mumenthaler & Mattle 2002, siehe Abb. 9).

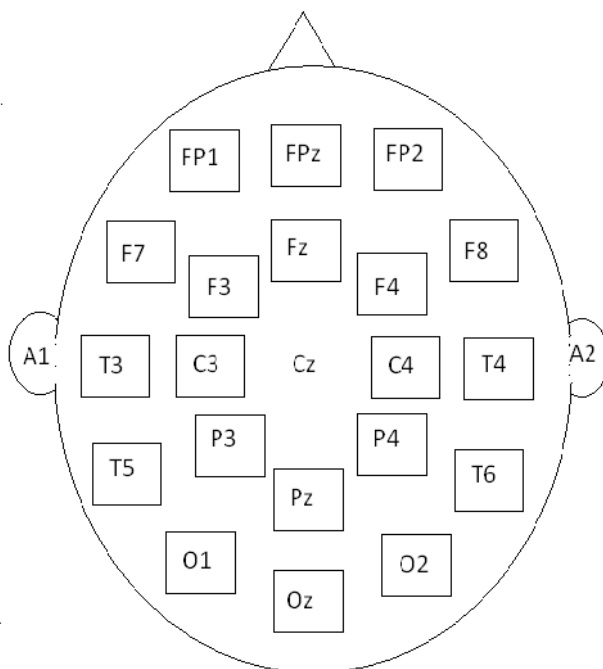


Abb 9: Anordnung der Elektroden nach dem 10/20- System.

Potenzienschwankungen werden gegenüber einer benachbarten Elektrode oder einer Referenzelektrode abgeleitet (bipolare und monopolare Ableitung, vgl. Mumenthaler & Mattle 2002). Abbildung 10 zeigt die bipolare und monopolare Ableitung. Am jeweils linken Bildrand sind die einzelnen Elektroden aufgelistet. Monopolare Ableitungen liefern Daten für jede einzelne Elektrode, während sich bipolare Ableitungen auf jeweils zwei Elektroden beziehen.

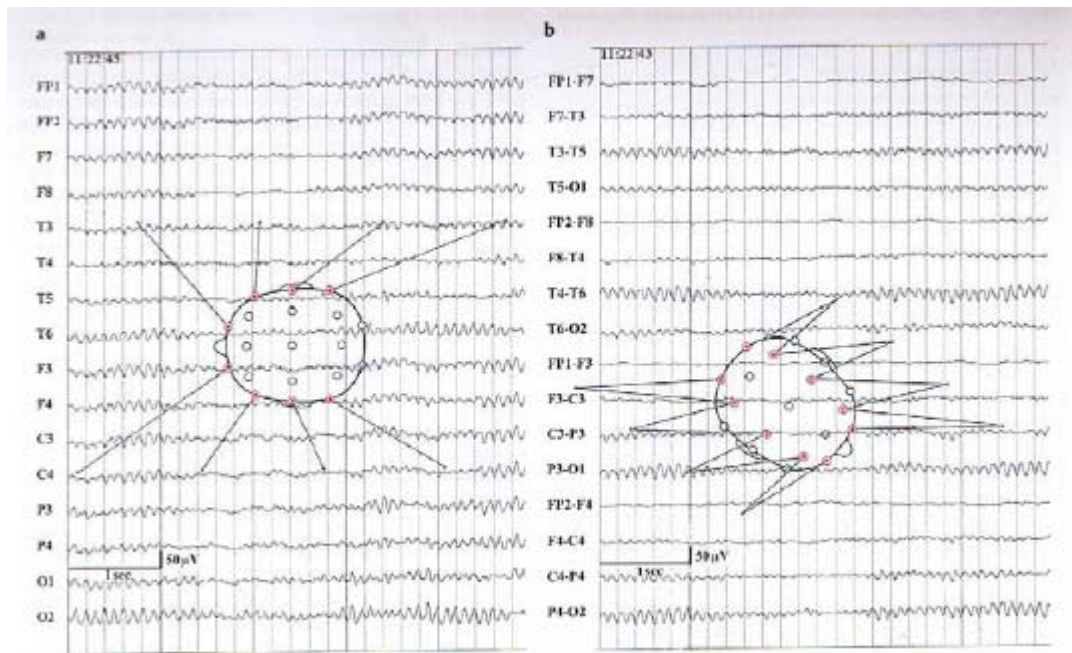


Abb. 10: a) monopolare Ableitung, b) bipolare Ableitung (Mumenthaler & Mattle 2002:55).

Die elektrische Spannung wird in unterschiedlichen Frequenzbändern gemessen. Der gemessene Frequenzbereich wird normalerweise in Theta-, Alpha- und Beta-Bänder gegliedert, wobei das Theta-Band den niedrigsten und die Beta-Bänder den höchsten Frequenzbereich repräsentieren.

Um bestimmte Gehirnfunktionen lokalisieren zu können, bestimmt man die Kohärenz, d.h. den Grad der Ähnlichkeit von elektrischen Signalen zweier oder mehrerer Gehirnareale. Die ähnlichen elektrischen Impulse lassen auf ähnliche Funktionsweise schließen. Man unterscheidet lokale Kohärenzen (zwischen benachbarten Elektroden) und interhemisphärische Kohärenzen (zwischen Elektroden, die sich in der gleichen Region der jeweils anderen Hemisphäre befinden) (vgl. Kurz 1994:201, 1996:174).

Mit Hilfe von "probability maps", schematischen Darstellungen, wird die Wahrscheinlichkeit der funktionellen Interaktion unterschiedlicher Hirnareale bei bestimmten kognitiven Tätigkeiten dargestellt (vgl. Kurz 1996).

Die zeitliche Auflösung beim EEG ist hervorragend, d.h. man kann deutlich die Abfolge bestimmter Prozesse verfolgen. Die Interpretation solcher Abläufe ist allerdings äußerst kontrovers (vgl. Ingram 2007). Der Mangel dieser

Untersuchungsmethode liegt in ihrer relativ ungenauen räumlichen Auflösung (vgl. Tammola et al. 2000). Da die Elektroden an der Oberfläche des Schädels angebracht sind, können tieferliegende subkortikale Strukturen nicht erfasst werden.

5.1.1.2. Ereigniskorrelierte Potenziale

Bei ereigniskorrelierten Potenzialen (event-related potentials, ERP) handelt es sich um Wellenformen im EEG, welche durch Sinneswahrnehmungen ausgelöst werden oder mit kognitiven Prozessen in Verbindung stehen (vgl. Mumenthaler & Mattle 2002). Messbar sind ERS (event-related synchronisation) und ERD (event-related desynchronisation), d.h. synchrone Frequenz-Veränderungen. Kurz (1996:171) definiert Synchronisierung als "das gleichzeitige Vorkommen von identischen Wellenformen über verschiedenen Regionen des Schädels". Synchrone Wellenschwankungen sind gleichbedeutend mit funktionellen Veränderungen der jeweiligen Gehirnregion.

5.1.1.3. Evozierte Potenziale

Beim traditionellen EEG traten vermehrt Artefakte (Abweichungen durch Störfaktoren) auf. Durch eine Weiterentwicklung des EEGs konnte dieses Problem behoben werden. Nun werden Signaldurchschnitte ermittelt, d.h. es werden unterschiedliche, von verschiedenen Stimuli hervorgerufene Reaktionen gemessen und miteinander verglichen (vgl. Hegde 2006:71).

Um die Funktionsfähigkeit von Nervensystemen zu testen, wird ein Nerv gereizt und das so ausgelöste elektrische Potenzial (evoziertes Potenzial) untersucht. Je nachdem, welches System untersucht werden soll, wird ein entsprechender Reiz verwendet (akustisch, motorisch, visuell, somatosensorisch) (vgl. Mumenthaler & Mattle 2002).

5.1.2. Messung von Röntgenstrahlen

5.1.2.1. Computertomographie (CT)

Das mathematische Verfahren, auf dem die Computertomographie beruht, wurde bereits 1917 von Johann Radon entwickelt. Die von Allan McCormack getestete Technik wurde von Godfrey Hounsfield umgesetzt. Sowohl McCormack als auch Hounsfield erhielten für ihre Erfindung den Nobelpreis in Medizin. Das erste CT-Bild wurde jedoch erst 1971 aufgenommen (vgl. Herold n.d.).

Ein Computertomograph besteht im Wesentlichen aus einem rotierenden Ring (Gantry), durch den ein Untersuchungstisch fährt (vgl. Herold n.d.). Das Messverfahren basiert auf einem Röntgenstrahl, der auf seinem Weg durch den Körper je nach Gewebeart unterschiedlich stark abgeschwächt wird. Ein Computer wertet die verschiedenen Gewebedichten aus und wandelt sie in ein dreidimensionales Bild um. So entstehen einzelne Schichtbilder der anatomischen Strukturen (vgl. Mumenthaler & Mattle 2002). Manchmal ist ein Kontrastmittel nötig, um bestimmte Strukturen sichtbar zu machen. Dieses Verfahren ist besonders zeitsparend, da Rotationszeiten von nur 0,4 Sekunden möglich sind (vgl. Herold n.d.).

Bei einer Computertomographie sind die Patienten einer geringen Strahlung ausgesetzt. Ein Vorteil dieser Methode liegt in ihren relativ geringen Kosten (vgl. Mumenthaler & Mattle 2002:47). Außerdem ermöglicht die Computertomographie eine genaue Darstellung von Knochenstrukturen und Gefäßen; allerdings können weiche Gewebe nur ungenau dargestellt werden (vgl. Fahlbusch & Samii 2007).



Abb. 11: Beispiel eines CT-Bildes (Herold n.d.).

5.1.2.2. Spiral CT

Das Spiral-CT ermöglicht die plastische Darstellung anatomischer Strukturen. Im Unterschied zum herkömmlichen CT dreht sich ein Gantry bzw. drehen sich mehrere Gantries fortlaufend (vgl. Mumenthaler & Mattle 2002).

5.1.3. Messung von Magnetfeldern

5.1.3.1. Magnetoenzephalographie (MEG)

Mit Hilfe der Magnetoenzephalographie können die schwachen Magnetfelder, die durch die neuronale Aktivität des menschlichen Gehirns hervorgerufen werden, gemessen werden.

In den 1960er Jahren maß David Cohen als erster Forscher die magnetische Gehirnaktivität. Die äußerst schwachen Signale konnten durch sogenannte SQUIDS (superconducting quantum interference devices), welche von James Zimmerman entwickelt wurden, verstärkt werden (vgl. Tanzer 2006). SQUIDS sind äußerst sensible Detektoren, die auch minimale Magnetfelder messen können (vgl. Gungor 2005).

Im Vergleich zur Messung der elektrischen Aktivität kann diese Untersuchung eine höhere räumliche Auflösung erzielen (vgl. Ingram 2007). Da die vom Gehirn erzeugten Magnetfelder äußerst schwach sind, ist eine magnetfreie Umgebung notwendig (vgl. Tommola et al. 2000). Diese Methode bestimmt Aktivitätsareale millimetergenau und misst zeitliche Abläufe im Bereich von Millisekunden (vgl. Gungor 2005). Abbildung 12 zeigt ein Beispiel eines MEG-Bildes.

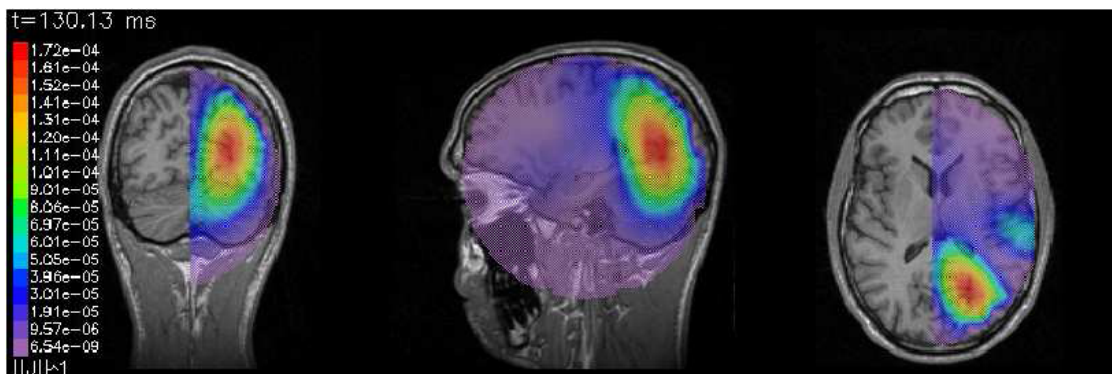


Abb. 12: Beispiel eines MEG-Bildes (Wuttich 2004:19).

Die zeitliche und räumliche Auflösung dieses Verfahrens sind zwar gut, doch stellt die Notwendigkeit einer magnetfreien Umgebung einen großen technischen Aufwand dar. Außerdem werden hauptsächlich diejenigen zerebralen Strukturen erfasst, deren magnetische Dipole tangential zur Kopfhaut ausgerichtet sind (vgl. Tommola et al. 2008), d.h. diese Methode liefert eher Tendenzen als globale Erkenntnisse. Außerdem ist der Frequenzbereich auf ca. maximal 100 Hz beschränkt (vgl. Tanzer 2006).

5.1.3.2. Kernspintomographie (Magnetresonanztomographie, MRT)

1933 konnte Otto Stern erstmals den Protonenspin (siehe 3.3.2.) nachweisen. Stern wurde für seine Forschungsarbeiten 1943 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet. Die ersten MR-Experimente wurden von Isaac Rabi, der 1944 den Nobelpreis für Physik erhielt, durchgeführt. In den 1960er Jahren wurde schließlich das sogenannte Puls-Fourier-Transformation-NMR-Spektrometer (FT-NMR) von Richard R. Ernst (1991 Nobelpreis für Chemie) entwickelt und bald darauf auch für kommerzielle Zwecke eingesetzt. Das eigentliche MRT als bildgebendes Verfahren ist schließlich Paul C. Lauterbur und Sir Peter Mansfield, die 2003 beide den Nobelpreis für Medizin erhielten, zu verdanken. (vgl. Herold n.d.)

Ein Magnetresonanztomograph besteht im Wesentlichen aus drei Teilen: einem ringförmigen Magneten, einem Radiosender und Empfänger sowie einem Tisch, der sich langsam durch den Magnetring bewegt (vgl. Herold n.d.).

Die Wasserstoffkerne im Körpergewebe enthalten geladene Protonen, die sich um ihre eigene Achse drehen (Kernspin) und so ein sehr schwaches Magnetfeld erzeugen. In einem künstlichen äußeren Magnetfeld richten sich die Wasserstoffkerne in eine Richtung aus. Bei der MRT werden sie nur kurze Zeit einem solchen Magnetfeld ausgesetzt, wobei sie Energie aufnehmen und sich drehen. Wenn das äußere Magnetfeld wieder abgeschaltet wird, kehren die Kerne wieder in ihre ursprüngliche Position zurück. Die dabei wieder abgegebene Energie kann gemessen werden. Ein MRT-Bild ist also die graphische Darstellung der unterschiedlich starken Signale. Die MRT wird zur genaueren Untersuchung von Stoffwechselvorgängen herangezogen und liefert Bilder mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung (vgl.

Mumenthaler & Mattle 2002). Magnetresonanztomographen machen die Untersuchung vieler Strukturen und Gewebsarten möglich. Lediglich die Darstellung von Gefäßen ist etwas schlechter als beim CT (vgl. Fahlbusch & Samii 2007).

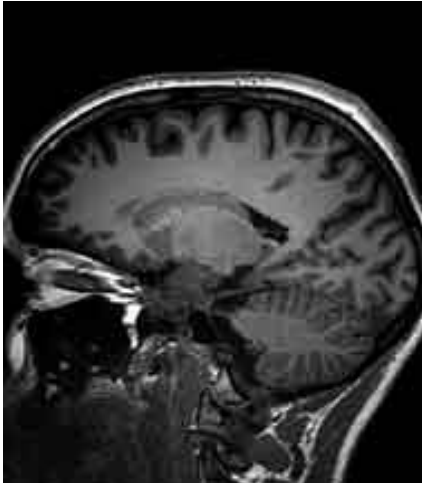


Abb. 13: Beispiel eines MR-Bildes (Herold n.d.)

5.1.3.3. fMRT/fMRI

Die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT oder fMRI nach der englischen Bezeichnung functional magnetic resonance imaging) ist eine Weiterentwicklung der Magnetresonanztomographie, welche die Darstellung funktionaler Zusammenhänge von Hirnarealen ermöglicht.

Bereits Ende des 19. Jahrhunderts hatte Angelo Mosso die Hypothese aufgestellt, dass das Gehirn bei gesteigerter Aktivität schwerer werden müsse, weil sich bei stärkerer Aktivität auch der Blutfluss erhöhe. Das von Mosso zu diesem Zweck durchgeführte Experiment wurde von William James in seinem 1890 veröffentlichten Buch beschrieben. Dieses Experiment maß zwar nicht den Blutfluss, sondern das Blutvolumen, doch war die Idee, der Stoffwechsel könne Hinweise auf die Gehirnaktivität geben, von entscheidender Bedeutung (vgl. Buxton 2002:5).

Die funktionelle Magnetresonanztomographie kann ohne Kontrastmittel durchgeführt werden. Die Aktivierung eines Areals führt zu einer erhöhten Stoffwechselaktivität und einer Erhöhung des Blutflusses im betroffenen Areal (BOLD – blood-oxygen level dependent). Der erhöhte Blutfluss ist in Form eines gesteigerten Sauerstoffgehalts messbar. Die veränderte Relaxationszeit, d.h. die Zeit, welche die

Protonen benötigen, um in ihre ursprüngliche Position zurückzukehren, führt zu einer Signaländerung. Die Signaländerungen, d.h. die Unterschiede zwischen normalem und aktiviertem Zustand, können räumlich dargestellt werden.

Der Nachteil dieser Untersuchungsmethode liegt in ihrer potentiellen Ungenauigkeit aufgrund der Beobachtung des neuronalen Stoffwechsels statt der direkten neuronalen Aktivität. Die räumliche Auflösung ist gut; Bewegungen des Blutflusses sind allerdings erst im Sekundenbereich genau messbar (vgl. Tanzer 2006).

5.1.3.4. Diffusionstensor-Bildgebung (DTI)

Die diffusionsgewichtete MRT, welche auch unter der englischen Abkürzung DTI (diffusion tensor imaging) bekannt ist, hat ihren Ursprung in den 1990er Jahren. Sie beruht auf dem Prinzip der Molekül-Diffusion. Diese beschreibt die willkürliche Bewegung von Molekülen, welche durch die thermische Energie in diesen Molekülen ausgelöst wird. Die Bewegungen der Wassermoleküle im Körpergewebe können auf allen drei räumlichen Ebenen gemessen werden (vgl. Le Bihan et al. 2001). Die Diffusions-Tensor-Bildgebung ist die einzige Methode, mit der weiße Gehirnschicht dargestellt werden kann (vgl. Sundgren et al. 2004). Auch subkortikale Strukturen können dargestellt werden (vgl. Fahlbusch & Samii 2007). Da diese Technik äußerst bewegungsempfindlich ist, ist die Bildqualität allerdings eher schlecht (vgl. Sundgren et al. 2004).

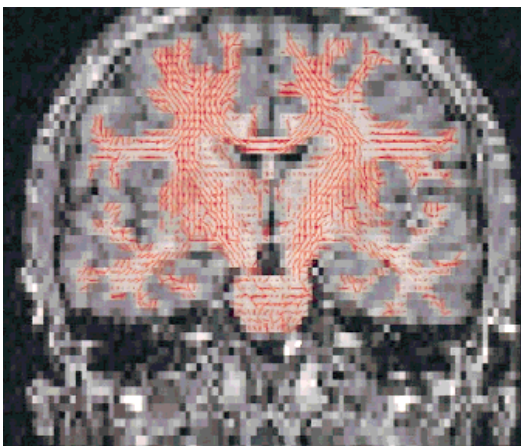


Abb. 14: Beispiel eines Diffusionstensor-Bildes (Le Bihan et al. 2001:540).

5.1.4. Messung radioaktiver Strahlung

5.1.4.1. SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography)

Mit Hilfe dieser in den 1980er Jahren entwickelten Technik können Stoffwechselfunktionen wie z.B. der regionale Blutfluss des Gehirns untersucht werden. Es wird ein sogenannter "Tracer" injiziert (vgl. Mumenthaler & Mattle 2002:53, Sundström 2006). Die im Tracer enthaltenen Radionukleotide zerfallen und senden dabei Photonen aus. Die Photonen können mit einer rotierenden Gammakamera erfasst (vgl. Sipilä 2000) und in dreidimensionalen Bildern dargestellt werden.

Die räumliche Auflösung eines SPECT-Geräts beträgt ca. 10 mm und ist damit relativ gering. Ein weiterer Nachteil der SPECT-Methode besteht in ihrer schwachen Empfindlichkeit (SPECT-Geräte zählen ca. 20 bis 100 Mal weniger Impulse als Positronen-Emissions-Tomographen, vgl. Bendriem et al. 1999). Außerdem sind die Patienten einer Strahlenbelastung ausgesetzt (die Halbwertszeit der bei SPECT verwendeten Isotope beträgt mehrere Stunden bis Tage, vgl. Sipilä 2000). Die Untersuchungsdauer beträgt je nach Gewebe etwa eine bis sechs Stunden (vgl. Herold n.d.).

Die Kombination aus SPECT und CT wird als SPECT/CT bezeichnet. Dadurch sind nicht nur Untersuchungen von Körperfunktionen, sondern auch deren dreidimensionale Darstellung möglich (vgl. Herold n.d.).

5.1.4.2. PET (Positron-Emissions-Tomographie)

Die Positron-Emissions-Tomographie wurde in den 1970er Jahren von zwei Forscherteams entwickelt. Ein Team arbeitete an der Washington University und wurde von M. Ter-Pogossian und M.E. Phelps geleitet; die zweite Forschergruppe um Z.H. Cho führte ihre Untersuchungen am UCLA durch (vgl. Bear et al. 2002:182).

Bei der Positron-Emissions-Tomographie werden ebenfalls Radionukleotide eingesetzt. Diese reichern sich im Körper an und senden kurzlebige Positronen aus.

Es entstehen Bilder des zerebralen Blutflusses (CBF, cerebral blood flow) und des Sauerstoff-Verbrauches.

Da eine PET nur den Stoffwechsel misst, aber keine genauen anatomischen Angaben macht, werden PET-Geräte oft mit Computertomographen kombiniert (PET/CT). Mit PET-Technik kann eine hohe räumliche Auflösung erzielt werden (vgl. Tanzer 2006). Die Nachteile von PET-Untersuchungen liegen in der langen Untersuchungsdauer (vgl. Bear et al. 2002:182) und der schlechten zeitlichen Auflösung (vgl. Paradis 2004). Paradis (2004:156) stellt die Anwendbarkeit der Positron-Emissions-Tomographie auf die Untersuchung von Sprachprozessen in Frage, weil nur Veränderungen erfasst werden, welche den Stoffwechsel für eine Zeitspanne von etwa einer Minute anregen. Sprachprozesse laufen in Sekunden oder sogar in Sekundenbruchteilen ab, weswegen sie möglicherweise gar nicht erfasst werden.

Tabelle 1 zeigt die bildgebenden Verfahren sowie ihre Vor- und Nachteile im Überblick.

Tabelle 1: Überblick über die bildgebenden Verfahren

Methode	Erfindung	Vorteile	Nachteile
EEG	1929	sehr gute zeitliche Auflösung	schlechte räumliche Auflösung; subkortikale Strukturen können nicht erfasst werden.
CT	1917 Technik, erste Aufnahmen 1971	kostengünstig; genaue Darstellung von Knochenstrukturen	Strahlenbelastung; Auflösung geringer als bei MRT; Darstellung weicher Gewebe relativ schlecht
MEG	1960er	hohe räumliche und zeitliche Auflösung (1 ms)	hoher technischer Aufwand; misst nur die magnetischen Kerne; geringer Frequenzbereich (nur bis zu etwa 100 Hz)
PET	1970er	gute räumliche Auflösung	Strahlenbelastung geringe zeitliche Auflösung (bestenfalls Zehntelsekunden)
fMRT		hohe räumliche Auflösung	misst Wasserstoffkerne & Stoffwechsel statt neuronaler Aktivität, zeitliche Aufl. theoretisch gut, aber begrenzt weil zerebraler Blutfluss nicht schneller als 1 sek.
MRT	1980er	hohe zeitliche und räumliche Auflösung; Untersuchung vieler Gewebsarten und Strukturen möglich	Gefäße können etwas schlechter dargestellt werden als mit CT
SPECT	1980er	gute räumliche Auflösung	Strahlenbelastung; schlechte zeitl. Auflösung durch Messung des Blutflusses (s. fMRT)
DTI	1990er	einzige Methode, mit der weiße Gehirnschicht effektiv dargestellt werden kann; Aufschlüsse über Gewebs-Mikrostruktur; Darstellung subkortikaler Strukturen	Bildqualität schlecht, weil bewegungsempfindlich;

5.2. Andere, nicht bildgebende Lokalisierungsmethoden

Andere Verfahren zur Untersuchung der sprachlichen Lateralisierung sind Finger-Tapping und dichotische Hörtests.

5.2.1. Finger-tapping

Diese Methode beruht auf dem Prinzip, dass die Motorik der rechten Extremitäten von der linken Gehirnhälfte kontrolliert wird und umgekehrt. So wird z.B. ein Klopfen mit dem rechten Finger von Arealen in der linken Gehirnhälfte gesteuert. Bei gleichzeitigem Dolmetschen und Tapping kann es zu Fehlern kommen, weil eine Gehirnhälfte durch die zusätzliche Klopfbewegung überlastet ist. Daraus könnte man ablesen, welche Gehirnhälfte beim Dolmetschen oder anderen Tätigkeiten aktiviert wird.

5.2.2. Dichotische Hörversuche

Im Rahmen von dichotischen Hörversuchen werden akustische Signale über getrennt steuerbare Kopfhörer präsentiert. Da das rechte Ohr von der linken Gehirnhälfte und das linke Ohr von der rechten Gehirnhälfte gesteuert wird, können kognitive Fähigkeiten in bestimmten Hirnarealen lokalisiert werden. So kann man z.B. davon ausgehen, dass sprachliche Fähigkeiten eher links lateralisiert sind, falls Input über das rechte Ohr besser verstanden wird. Diese Methode wurde von Broadbent in den 1950er Jahren entdeckt und von Kimura weiterentwickelt (vgl. Ingram 2007).

5.2.3. Wada-Test

Auch der Wada-Test dient der Lokalisierung von Sprache und/oder Gedächtnis. Bei diesem Test wird eine Hirnhälfte mit Hilfe eines Barbiturats vorübergehend inaktiviert. Ist die sprachdominante Hemisphäre inaktiv, kann beim Patienten eine Aphasie bzw. eine eingeschränkte Gedächtnisleistung beobachtet werden. Aus offensichtlichen Gründen findet diese Untersuchungsmethode keine Anwendung beim Simultandolmetschen, jedoch hat sie bei allgemeinen Studien zur Lateralisierung und in der Epilepsie-Diagnostik eine gewisse Relevanz (vgl. Bear et al. 2005).

6. Neurologische Studien an DolmetscherInnen und über das Dolmetschen

Schon Broca scheiterte bei dem Versuch, bestimmten Gehirnfunktionen ein spezifisches Zentrum im Gehirn zuzuweisen. Die Natur der Sprache und des Dolmetschens als komplexe Vorgänge spiegelt sich darin wieder, dass bei diesen Aktivitäten eine große Anzahl von Gehirnarealen involviert ist, was die Eingrenzung bestimmter Prozesse oder Teilprozesse auf ein Areal beinahe unmöglich macht. Aus diesem Grund hat sich in den letzten Jahrzehnten die holistische Ansicht über Sprache durchgesetzt. Sprache wird also nicht nur als eine Summe von Teilprozessen betrachtet, sondern als komplexer Gesamtvorgang, dessen Teilvorgänge nicht genau voneinander zu trennen sind. Dennoch lassen sich manche dieser Teilvorgänge in einem bestimmten Gehirnareal beobachten, wie Paradis in seiner "Neurolinguistic Theory of Bilingualism" (2004) treffend beschreibt:

The proposed theory of bilingualism suggests that, in a brain where virtually everything is connected to everything else, there are still some portions of the network that are dedicated to the processing of specific functions (Paradis 2004:225).

DolmetscherInnen sind, wie bereits erwähnt, nicht nur Zweisprachige, sondern auch ExpertInnen darin, Informationen rasch von einer in eine andere Sprache zu übertragen. Da die Tätigkeit des Dolmetschens viele verschiedene Einzelaktivitäten (Zuhören, Dekodieren der Ausgangssprache, Enkodieren der Information in der Zielsprache, Sprechen) involviert, gibt sie nicht nur Auskünfte über Sprache und Zweisprachigkeit im Allgemeinen, sondern auch über Aufmerksamkeits-, Koordinations- und Switching-Mechanismen. Aus diesem Grund wurde das Dolmetschen in den letzten Jahrzehnten oft als Untersuchungsgegenstand herangezogen. Tammola et al. (2000:163) beschreiben Dolmetschen als Untersuchungsgegenstand wie folgt:

Translation processes recruit the functional systems common to language performance in general; yet the co-existence of multiple languages in one brain, and the concurrent employment of two language systems during SI, also presupposes mechanisms of segregation and coordination.

Die Untersuchung sprachlicher Funktionen gestaltet sich aus mehreren Gründen schwierig. Da keine Standardvorgehensweise für die Erkennung von Sprache und Dolmetsch-Vorgängen im menschlichen Gehirn existiert, werden die unterschiedlichsten Methoden eingesetzt, was wiederum zu großen Divergenzen in den Untersuchungsergebnissen führt:

The fact that something is *not* detected is no indication that a particular area is not active - only that the technique employed does not pick it up (Paradis 2004:154).

Die Resultate hängen aber nicht nur von der verwendeten Methode, sondern auch von der Baseline (dem Vergleichswert) ab, weil ein gewisses Risiko der Interaktion zwischen der Baseline und der zu messenden Aufgabe besteht. Auch individuelle Faktoren üben einen Einfluss auf die Ergebnisse aus, wie Paradis (2004:154) beschreibt: "Individual differences [...] may reflect different strategies rather than topologically diverse representations".

Die am häufigsten untersuchten Teilaspekte sind die Lateralisierung von Mutter- und Fremdsprache, beim Dolmetschen aktivierte Gehirnareale, der Vergleich des Dolmetschens mit anderen komplexen kognitiven Tätigkeiten, der Vergleich beider Dolmetschrichtungen, mögliche Zusammenhänge zwischen der Schwierigkeit des präsentierten Materials und der Gehirnaktivität sowie die Untersuchung des sogenannten "Code-switchings", d.h. des Wechsels zwischen zwei Sprachen. Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die wichtigsten neurologischen Studien an DolmetscherInnen, welche nach der verwendeten Untersuchungsmethode in chronologischer Reihenfolge gegliedert sind. Die Zusammensetzung der Forschungsteams spiegelt dabei die Interdisziplinarität des neurolinguistischen Paradigmas der Dolmetschwissenschaft wieder.

6.1. Finger-tapping und dichotische Hörtests

Die ersten neurologischen Untersuchungen an DolmetscherInnen wurden vom Neuropsychologen Franco Fabbro und der Dolmetschwissenschaftlerin Laura Gran an der Scuola Superiore di Lingue Moderne per Interpreti e Traduttori der Universität Triest durchgeführt.

6.1.1. Fabbro et al. 1987

Fabbro et al. (1987) verglichen bei einem dichotischen Hörtest drei Gruppen. Die erste Versuchsgruppe bestand aus zwölf Dolmetsch-StudentInnen im ersten Studienjahr, die zweite Gruppe aus zwölf StudentInnen im vierten Jahr ihrer Ausbildung. Bei der dritten Gruppe handelte es sich um MedizinstudentInnen. Alle Testpersonen waren italienischer Muttersprache und hatten ihre Zweitsprache Englisch erst nach ihrem elften Lebensjahr erworben. Allen Versuchsgruppen wurden Zahlen in der Mutter- und Fremdsprache über Kopfhörer präsentiert, an die sie sich später erinnern sollten. Alle drei Versuchsgruppen erzielten bei ihrer Muttersprache bessere Resultate mit dem rechten Ohr, was ein klares Indiz für eine Linksdominanz darstellt. Bei der Gruppe der StudentInnen im vierten Studienjahr war das linke Ohr bei der Verarbeitung der Fremdsprache sehr deutlich involviert, was auf die Beteiligung der rechten Gehirnhälfte bei der Zweitsprache schließen lässt.

6.1.2. Fabbro et al. 1990

1990 wurden die Ergebnisse eines Finger-tapping-Experiments von Fabbro et al. veröffentlicht. Die Versuchs-personen waren 14 rechtshändige Dolmetsch-Studentinnen im vierten Studienjahr. Alle Studentinnen waren italienischer Muttersprache und hatten ihre erste Fremdsprache (Englisch) erst im Alter von zwölf Jahren oder später erlernt. Es wurde auch die Drittsprache in die Versuchsreihe mit einbezogen. Die Kontrollgruppe bestand aus 14 rechtshändigen, einsprachigen Medizinstudentinnen. Im ersten Teil des Versuchs sollten die Studentinnen die Wochentage in Englisch bzw. Italienisch aufzählen, während sie so schnell wie möglich mit einer Hand auf einen Knopf drückten. Die Kontrollgruppe führte diesen Test ausschließlich in ihrer Muttersprache durch. Der zweite Versuchsteil bestand aus zwei Durchgängen. Im ersten Durchgang sollten die Versuchspersonen einzelne

Wörter vom Englischen ins Italienische übersetzen und gleichzeitig mit dem Finger klopfen. Im zweiten Durchgang sollten die angehenden Dolmetscherinnen englische Sprichwörter, für die es keine Entsprechung gab, sinngemäß in ihre Muttersprache übertragen. Der zweite Versuchsteil wurde mit italienischen Redensarten ins Englische wiederholt. Bei allen Versuchsteilen und -durchgängen wurde einmal mit der rechten, einmal mit der linken Hand geklopft.

Entgegen den Erwartungen konnte keine allgemeine linkshemisphärische Dominanz für Sprache festgestellt werden, was in diesem Fall auf eine symmetrische Lateralisierung hinweisen würde. Bei der Zweitsprache trat sogar eine größere Interferenz, d.h. Störung des Tappings, bei der rechten Hand auf, wodurch man auf eine linkshemisphärische Dominanz bezüglich der motorischen Sprachfähigkeiten schließen könnte. Die zweite Fremdsprache erzielte ähnliche Ergebnisse.

Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch zur Mehrheit der anderen Studien auf diesem Gebiet. Allerdings stehen die leicht abweichenden Ergebnisse für L1, L2 und L3 im Einklang mit der vorherrschenden Hypothese, mehrere Sprachen seien im Gehirn unterschiedlich organisiert.

6.1.3. Green et al. 1989, 1993

Das Psychologinnenteam Adele Green, Jyotsna Vaid und Nancy White (vgl. Green et al. 1994) führte Finger-tapping-Experimente an DolmetscherInnen durch. Beim ersten dieser Versuche wurden zerebrale Asymmetrien an drei unterschiedlichen Gruppen untersucht. 16 KonferenzdolmetscherInnen (acht Männer und acht Frauen), die ihre beiden Sprachen Englisch und Spanisch in der Kindheit erlernt hatten, wurden mit 16 Zweisprachigen und 16 Einsprachigen verglichen. Sämtliche Versuchspersonen waren rechtshändig. Die Personen der zweisprachigen Gruppe waren spanischer Muttersprache und hatten ihre Zweitsprache (Englisch) noch vor der Pubertät erlernt. Die zweisprachigen ProbandInnen gaben an, beide Sprachen im Alltagsleben zu sprechen und sie mündlich gleich gut zu beherrschen. Die DolmetscherInnen und Vergleichspersonen wurden bezüglich ihres Alters, Bildungshintergrundes und Geschlechts aufeinander abgestimmt.

Während des Dolmetschens (bzw. Paraphrasierens im Falle der einsprachigen Gruppe) und des Shadowings sollten die ProbandInnen einmal mit dem rechten, einmal mit dem linken Zeigefinger so schnell wie möglich einen Knopf drücken.

Bei den vorgetragenen Texten handelte es sich um allgemeine Themen, mit denen jede der Gruppen vertraut sein sollte. Die zweisprachige Gruppe erhielt eine kurze Einführung ins Dolmetschen, in der Strategien besprochen und geübt wurden.

In der Gruppe der Monolingualen waren die Interferenzen sowohl beim Shadowing als auch beim Paraphrasieren mit dem rechten Finger größer als mit dem linken Finger, d.h. diese Personen demonstrierten eine stärkere Linkslateralisierung. Das Paraphrasieren, welches als die schwierigere Aufgabe angesehen werden kann, verursachte größere Störungen.

Beim Vergleich der zweisprachigen Gruppe mit den DolmetscherInnen konnten keine Unterschiede bezüglich der Lateralisierung oder der Stärke der Interferenz festgestellt werden. Die ähnlichen Lateralisierungsmuster sind möglicherweise auf die ähnliche Verwendung der Sprachen im Alltagsleben zurückzuführen.

Allerdings war eine starke Interaktion zwischen Geschlecht und Gruppe zu erkennen: bei den männlichen Dolmetschern war die Interferenz bei den spanischen Aufgaben beidseitig äußerst gering. Unter Verwendung der englischen Sprache war jedoch ein deutlicher linkshemisphärischer Effekt zu erkennen (Schwierigkeiten beim Tapping rechts). Die männlichen Vergleichspersonen der zweisprachigen Gruppe erzielte gegenteilige Effekte: Die Interferenz beim Klopfen mit dem rechten Finger war im Spanischen deutlich, während im Englischen kaum Unterschiede zwischen rechtem und linkem Finger ausgemacht werden konnten. Bei den weiblichen Personen war praktisch kein Unterschied zwischen den Sprachen zu erkennen.

Eine Analyse innerhalb dieser beiden Gruppen zeigte eine Linkslateralisierung nur beim Shadowing in beiden Sprachen. Beim Dolmetschen konnten unabhängig von der Dolmetschrichtung keine Händigkeitunterschiede festgestellt werden, woraus man auf eine bilaterale Involvierung beim Dolmetschen schließen könnte. Die Tapping-Interferenz war während des Dolmetschens größer als beim Shadowing.

Der Vergleich der monolingualen mit den bilingualen Gruppen zeigte, dass sich die DolmetscherInnen in beiden Aufgaben deutlich von den Einsprachigen unterschieden, während die bilinguale Gruppe keinen signifikanten Unterschied zu den Einsprachigen oder DolmetscherInnen aufwies. Bei beiden bilingualen Gruppen war bei der Dolmetsch/Paraphrasierungs-Aufgabe ein bilateraler Effekt zu beobachten, während Einsprachige eine starke linkshemisphärische Interferenz zeigten. Diese Resultate lassen vermuten, dass Zweisprachige eine geringere Lateralisierungsasymmetrie als Einsprachige aufweisen. Alle drei Gruppen zeigten einen linkshemisphärischen Effekt beim Shadowing. Die Dolmetsch-Aufgabe rief bei Zweisprachigen demnach größere Störungen hervor als das Shadowing. Da dieser Unterschied bei monolingualen Personen aber nicht feststellbar war, könnte man vermuten, dass die Dolmetsch-Aufgabe höhere kognitive Leistungen erfordert.

Bei der Analyse von 24 monolingualen Personen (vgl. Green et al. 1989) war der Interferenzunterschied zwischen dem Paraphrasieren und dem Shadowing noch deutlicher. Green et al. merken in diesem Zusammenhang an, dass die statistische Aussagekraft bei einer Anzahl von 16 Personen pro Gruppe möglicherweise zu gering sei.

Verglich man alle drei Gruppen in den englischen Sprachaufgaben, konnte bei den DolmetscherInnen aufgabenunabhängig eine signifikant größere linkshändige Interferenz als bei den Monolingualen festgestellt werden. Die Ergebnisse waren beim Vergleich von 24 DolmetscherInnen und 24 monolingualen Personen (vgl. Green et al. 1989) noch deutlicher. In der Studie mit jeweils 24 ProbandInnen verursachte das Tapping bei den englischsprachigen Aufgaben eine stärkere Interferenz.

Da die Lateralisierung beim Shadowing bei allen Gruppen links war, beim Dolmetschen/Paraphrasieren jedoch Unterschiede zwischen den Gruppen zeigte, kann vermutet werden, dass der Lateralisierungseffekt von der Aufgabe abhängig ist. Die Erfahrung scheint allerdings keine große Rolle zu spielen, weil sich die DolmetscherInnen in ihrer Lateralisierung nicht von den Zweisprachigen unterschieden.

Die linkshemisphärische Lateralisierung bei Einsprachigen konnte in einem anderen Versuch (vgl. Green et al. 1993) mit 64 rechtshändigen Einsprachigen bestätigt werden. Aus diesen Ergebnissen könnte man schließen, dass bei Einsprachigen die grundsätzliche Tendenz besteht, die linke Hemisphäre zur Verarbeitung sprachlicher Aufgaben zu verwenden.

Die beiden zweisprachigen Gruppen zusammen unterschieden sich deutlich von den Einsprachigen. Alle drei Gruppen waren bezüglich der Shadowing-Aufgabe links lateralisiert. Beim Dolmetschen/Paraphrasieren kamen bei allen Zweisprachigen jedoch beide Hemisphären zum Einsatz, während die Einsprachigen auch bei dieser Aufgabe eine Linkslateralisierung aufwiesen. Als Erklärung weisen Green et al. auf Gran & Fabbro (1990) hin und sehen ihre Ergebnisse als Hinweis auf eine eher symmetrische Lateralisierung mit zunehmenden Sprachkenntnissen.

In der Studie mit 24 Versuchspersonen wurde auch beim Shadowing ein klarer Unterschied zwischen DolmetscherInnen und Einsprachigen deutlich. Die DolmetscherInnen waren bilateral, die Einsprachigen links lateralisiert.

Interessant sind die Ergebnisse der Analyse der 16-köpfigen Gruppen in Bezug auf das Geschlecht: die männlichen Dolmetscher zeigten eine asymmetrische Lateralisierung für Englisch und eine symmetrische Lateralisierung für Spanisch, während bei den männlichen Kontrollpersonen der zweisprachigen Gruppe das genaue Gegenteil eintrat. Dieser Unterschied ist möglicherweise auf den unterschiedlichen Sprachgebrauch zurückzuführen: Die Dolmetscher tendierten dazu, Spanisch im Alltagsleben öfter zu verwenden; die bilingualen Personen sprachen öfter Englisch.

Im Vergleich mit der zweisprachigen Gruppe wenden DolmetscherInnen offenbar andere Verhaltensweisen und Strategien an, entwickeln jedoch keine Lateralisierungsunterschiede. Allerdings konnten starke Differenzen zwischen DolmetscherInnen und Einsprachigen festgestellt werden, was darauf hindeutet, dass die Lateralisierungsmuster mit zunehmender Erfahrung ausgeprägter sind.

6.2. EEG-Studien

6.2.1. Petsche et al. 1993

Die Neurologen Helmut Petsche und Oliver Filz sowie die Psychologin Susan Etlinger (Petsche et al. 1993) führten ein Experiment in Wien durch. Die Versuchspersonen waren drei professionelle Dolmetscherinnen, die aus ihrer und in ihre Muttersprache "mental" dolmetschen sollten. Mittels Kohärenzanalyse sollten die Aktivität und das Zusammenspiel unterschiedlicher Hirnareale sowie individuelle Verarbeitungsmuster untersucht werden. Die "mentale", d.h. nur gedachte, aber nicht artikulierte Dolmetschung sollte Muskel-Artefakte verhindern.

Bei den Versuchspersonen handelte es sich um eine rechtshändige, dreisprachige (Englisch, Deutsch, Französisch), eine rechtshändige, zweisprachige (Englisch und Deutsch) und eine linkshändige, zweisprachige Dolmetscherin. Die zweisprachigen Versuchspersonen sollten vier Aufgaben bewältigen: mentales Dolmetschen, mentales Shadowing, Musikhören und mentale Arithmetik. Die dreisprachige Person konnte die Shadowing-Aufgabe aus Zeitgründen nicht durchführen.

Die präsentierten Texte stammten von Konferenzen zu allgemeinen politischen und finanziellen europäischen Themen, um Schwierigkeiten bezüglich des verwendeten Vokabulars und Verständnislücken zu vermeiden. Jede Elektrode wurde mit den übrigen 18 verglichen, um mögliche Kohärenzen festzustellen. Die Frequenzbänder wurden wie folgt eingeteilt:

theta-Bereich: 4-7 Hz

alpha-Bereich: 8-12 Hz

beta1-Bereich: 13-18 Hz

beta2-Bereich : 19-24 Hz

beta3-Bereich: 25-32 Hz.

Die Unterschiede bei den sprachlichen Voraussetzungen und der Händigkeit der Versuchspersonen spiegelten sich auch in den Versuchsergebnissen wieder.

In den Abbildungen 15 bis 17 sind Kohärenzabnahmen mit weißen, Kohärenzanstiege mit schwarzen Kästchen gekennzeichnet. Die linke der beiden schematisch dargestellten Gehirne zeigt das EEG während der jeweiligen Aufgabe, während die rechte Darstellung das Ruhe-EEG beschreibt. Elektroden, denen eine ungerade Zahl zugeordnet ist (z.B. T3) befinden sich auf der linken Hälfte des Kopfes.

Bei der ersten (rechtshändigen) Person zeigten sich beim Shadowing und beim Dolmetschen in beide Richtungen intra- und interhemisphärische Kohärenzänderungen. Die stärksten Frequenzanstiege im α -Bereich wurden in den oberen fronto-temporalen Regionen beider Hemisphären beobachtet. Die stärksten Frequenzabnahmen waren hingegen in den hinteren temporo-parietalen Regionen und im Okzipitallappen zu bemerken, wobei in der linken Gehirnhälfte mehr Abnahmen als in der rechten Hemisphäre auftraten. Im oberen Beta-Bereich verzeichnete die T3-Elektrode (links, vgl. Abb. 9) signifikante Kohärenzanstiege. Beim Dolmetschen in L2 wurden mehr Kohärenzanstiege und eine stärkere Involvierung der T4-Elektrode verzeichnet. Die Zahl der Kohärenzanstiege war beim Shadowing geringer als beim mentalen Dolmetschen. Generell waren Kohärenzabnahmen eher in den oberen Frequenzbändern zu beobachten. Mit dem Anstieg der Frequenz erhöhte sich auch die Anzahl der Kohärenzabnahmen. Alle sprachlichen Aufgaben bewirkten Abnahmen im Beta-Bereich, vor allem in der nicht dominanten (rechten) Gehirnhälfte. Diese Abnahmen sind in Abbildung 15 als weiße Kästchen in den Bereichen von 13-18 Hz und 19-24 Hz zu sehen. Im Allgemeinen rief das Shadowing weniger Änderungen hervor als das Dolmetschen, wie in Abbildung 15 zu erkennen ist.

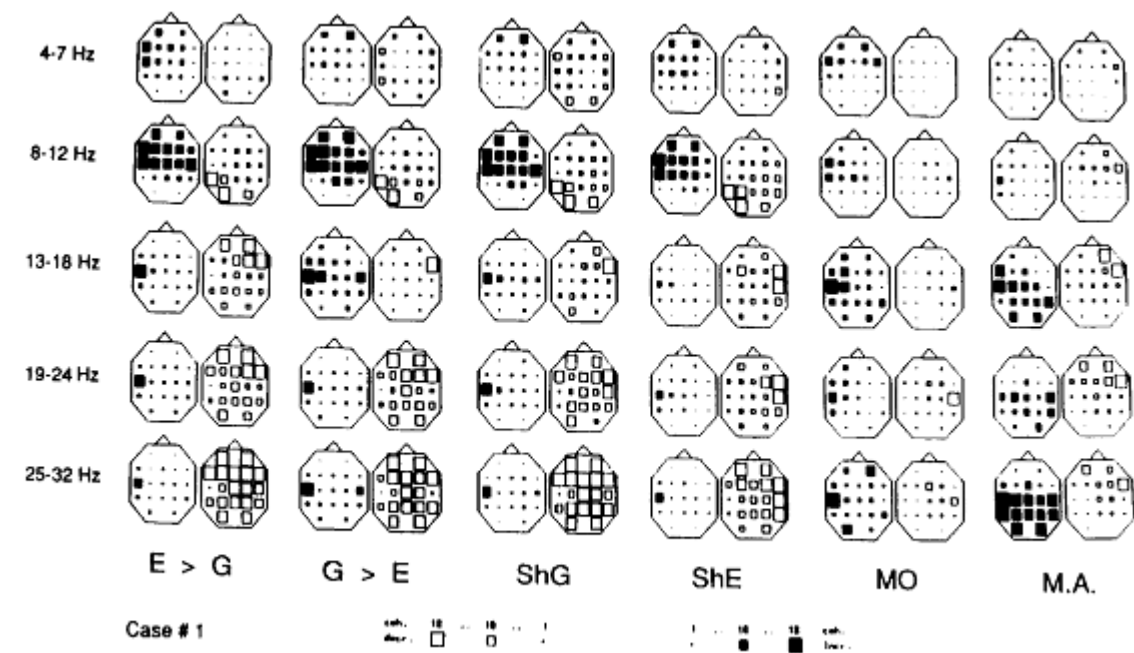


Abb. 15: Versuchsperson 1: Ergebnisse in den jeweiligen Frequenzbändern im Vergleich zum Ruhezustand (Petsche et al. 1993:388). E>G = mentales Dolmetschen vom Englischen ins Deutsche, G>E = mentales Dolmetschen vom Deutschen ins Englische, ShG = Shadowing Deutsch, ShE= Shadowing Englisch.

Bei der zweiten, linkshändigen Versuchsperson zeigten sich deutliche Unterschiede, welche darauf schließen lassen, dass bei dieser Person die rechte Gehirnhälfte für Sprache dominant ist (vgl. Abb. 16 und 18). Vor allem im Beta-Bereich waren im rechten Temporallappen starke Anstiege zu erkennen, während sich die Anstiege im α - und θ -Bereich auf T3 und F7 (beide links, vgl. Abb. 9) konzentrierten. Die meisten Veränderungen traten im Beta-Bereich auf. Wie bei Person 1 riefen die Dolmetsch-Aufgaben mehr Veränderungen als das Shadowing hervor. Die beiden Versuchspersonen unterscheiden sich jedoch beim Dolmetschen und Shadowing in die Fremdsprache. Bei Versuchsperson 2 bewirkten diese Aufgaben weniger Kohärenzabnahmen. Außerdem war im β -Bereich die Anzahl der Kohärenzanstiege viel höher, und die Anstiege traten vor allem beim Dolmetschen großflächiger auf. Nennenswert sind auch Kohärenzanstiege in beiden Okzipitalregionen beim Shadowing in β 2 und 3. Anstiege der einen Hemisphäre schienen von Abnahmen der anderen Hemisphäre begleitet zu werden: Abnahmen in der linken fronto-temporo-parietalen Region gingen mit Anstiegen der rechten unteren temporo-parieto-okzipitalen Regionen einher. Die meisten Anstiege verzeichnete T4. Bei der linkshändigen Person stieg mit zunehmender Frequenz auch die Kohärenzaktivität an.

Außerdem waren die Stirnlappen beider Hemisphären involviert. Der Schwerpunkt der Kohärenzanstiege lag in der dominanten Hemisphäre (rechts), wie Abbildung 16 zeigt.

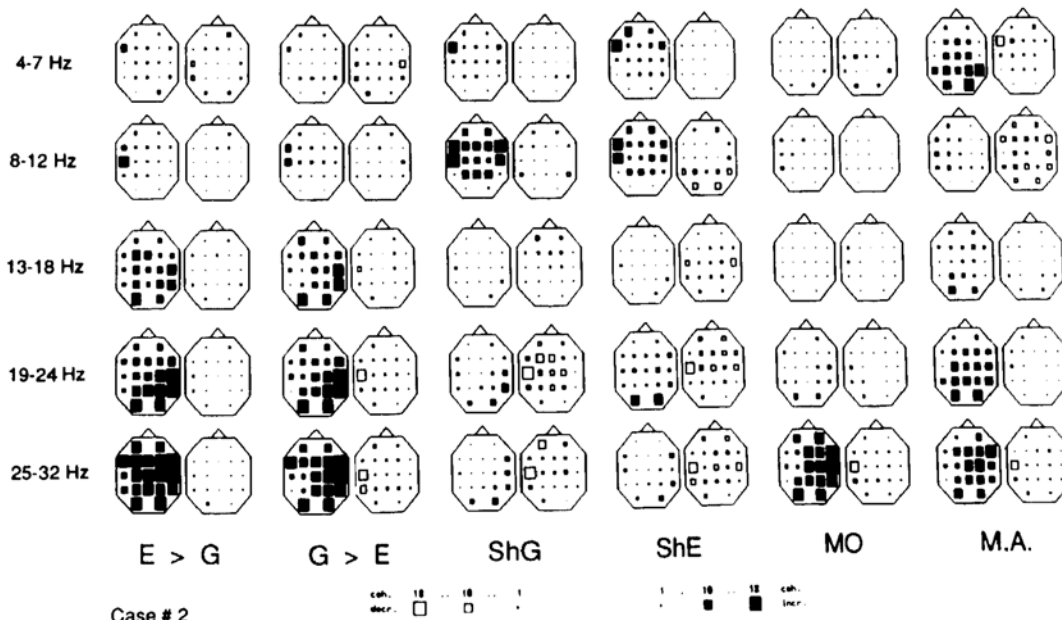


Abb. 16: Versuchsperson 2: Kohärenzanstiege und -abnahmen im Vergleich zum Ruhe-EEG (Petsche et al. 1993:389).

Bei der dritten, dreisprachigen und rechtshändigen Person waren beim Dolmetschen vom Französischen ins Englische besonders bei T3 und T4 im Alpha- und bei T3 im Beta1-Band linkshemisphärische Kohärenzanstiege zu beobachten. In der rechten Gehirnhälfte ließen sich Kohärenzanstiege vor allem auf T4 im Beta 3-Bereich, beim Dolmetschen vom Englischen ins Französische auch auf T3 in den Beta-Bändern 1 und 3 feststellen. Die Anstiege und Abnahmen in den fronto-zentralen Regionen bei der Dolmetschung vom Französischen ins Englische und der Englisch-Französisch-Dolmetschung ergänzten sich gegenseitig. Vom Englischen ins Deutsche zeigte sich in den Bändern Theta und Beta 1 ein ähnliches Bild wie beim Dolmetschen vom Französischen ins Englische. In den oberen Beta-Bändern wurden beim Dolmetschen vom Englischen ins Französische Kohärenzabnahmen verzeichnet; bei Französisch-Englisch stellte man auch in Beta 3 Kohärenzabnahmen fest. die Kohärenzabnahmen beim Dolmetschen vom Französischen ins Englische (F >E) sind im Bereich 25-32 Hz als weiße Kästchen erkennbar.

Bei diesem Versuch handelt es sich um die damals erste derartige Studie. Durch das "mentale" Dolmetschen wurden zwar Muskelartefakte verhindert, jedoch ist dessen Validität anzuzweifeln. Bei dieser ersten Studie hatten die Versuchspersonen völlig unterschiedliche Voraussetzungen (rechts- und linkshändig, zwei- und dreisprachig). Sie wurden wahrscheinlich gerade aufgrund ihrer Heterogenität ausgewählt, um deutliche erste Eindrücke zu erhalten.

Petsche und Etlinger führten später eine weitere Versuchsreihe durch, bei der die Anzahl der Versuchspersonen auf 10 erhöht wurde (Petsche & Etlinger 1998). Diese Studie bestätigte im Wesentlichen die Ergebnisse von 1993. Die Dolmetsch-Aufgabe zeigte wiederum eine starke Involvierung der rechten Gehirnhälfte und unterschied sich deutlich von den anderen Aufgaben (z.B. Musikhören). Petsche & Etlinger schlossen aus ihren Ergebnissen, dass jede mentale Aufgabe charakteristische Kohärenzmuster hat (vgl. Petsche & Etlinger 1998).

6.2.2. Grabner et al. 2007

Der Psychologe Roland Grabner und seine Kollegen führten die erste ERS/ERD-Studie an 13 zweisprachigen Dolmetsch-Studentinnen der Universität Graz durch (vgl. Grabner et al. 2007). Bei ERS (event-related synchronisation) und ERD (event-related desynchronisation) handelt es sich um Frequenzveränderungen. Alle Versuchspersonen waren rechtshändig und deutscher Muttersprache. Die Zweitsprache der Studentinnen war Englisch, wobei die mittels DIALANG ermittelten Sprachkenntnisse im Durchschnitt bei C1, d.h. auf der zweithöchsten Stufe, lagen. Wörter unterschiedlicher Bedeutung und Häufigkeit (LFW- low frequency words, selten gebrauchte Wörter; HFW- high frequency words, häufig gebrauchte Wörter und inexistente Wörter) wurden auf einem Bildschirm präsentiert. Die Versuchspersonen sollten daraufhin die jeweilige Übersetzung mittels einer Tastatur eingeben.

Zu dieser Versuchsreihe ist anzumerken, dass beim Dolmetschen keine einzelnen Wörter, sondern komplexe Textkonstruktionen von einer Sprache in eine andere übertragen werden. Zusätzlich ist die (zwar von einem akustischen Reiz eingeleitete) visuelle Präsentation der zu übersetzenden Wörter wohl kaum mit einer mündlich vorgetragenen Rede zu vergleichen. Hinzu kommt, dass die außergewöhnliche

Situation, visuell präsentierte Wörter unmittelbar in eine andere Sprache zu übersetzen, mit der tatsächlichen Tätigkeit des Übersetzens und Dolmetschens wenig gemein hat. Es handelt sich also um eine für das Dolmetschen wenig aussagekräftige Studie, die aber dennoch Erkenntnisse über die Zusammenhänge zwischen Schwierigkeitsgrad und Aktivierungsniveau sowie über Sprachverarbeitungsprozesse im Allgemeinen liefert.

Alle Versuchspersonen waren Rechtshänderinnen und deutscher Muttersprache. Die Anordnung der Elektroden erfolgte nach dem international gängigen 10/20-System. Grabner und Kollegen verwendeten die folgenden Frequenzbänder:

theta-Bereich: 4-7 Hz

alpha-Bereich: 8-13 Hz (alpha1: 7-10 Hz, alpha2: 10-13 Hz)

beta-Bereich: 20-30 Hz

Bevor eines der zu übersetzenden Wörter auf dem Bildschirm aufschien, gab es ein akustisches und ein visuelles Startzeichen. Die Testpersonen sollten bei jedem Wort entscheiden, ob es eine Übersetzung gab oder ob das Wort nicht existierte. Gab es eine Übersetzung, sollten sie a) die Leertaste drücken, damit ein Eingabefeld erschien, oder, falls keine Übersetzung bekannt war, b) Enter drücken und zum nächsten Wort übergehen. Das nächste Wort wurde 3000ms nach der jeweiligen Eingabe präsentiert.

Die ERS/ERD-Daten wurden für jede Versuchsperson in Form von TFR (time-frequency representations) dargestellt, d.h. die Frequenzänderungen wurden im Verlauf des Aktivierungsintervalls (3000ms-3700ms) gezeigt. Das Aktivierungsintervall folgte auf ein Referenzintervall von 3000ms.

Varianzanalysen wurden für jedes Frequenzband einzeln durchgeführt und berücksichtigten die Faktoren Bedingung (abhängig von der Wortart), Areal, Zeit und Hemisphäre. Die Ergebnisse können folgendermaßen zusammengefasst werden:

Im Allgemeinen waren die Ergebnisse für die Sprachverarbeitung beim Übersetzen denen der Verarbeitung der Muttersprache sehr ähnlich. Alle HF-Wörter und die Hälfte aller LF-Wörter konnten vom Englischen ins Deutsche übersetzt werden. Die

Studentinnen benötigten deutlich länger, um LF-Wörter zu übersetzen. Im Theta-Bereich waren ERS, d.h. erhöhte Werte, etwa 200-500 ms nach Reizpräsentation zu beobachten (vgl. Abb. 18). Dies galt besonders für LF-Wörter.

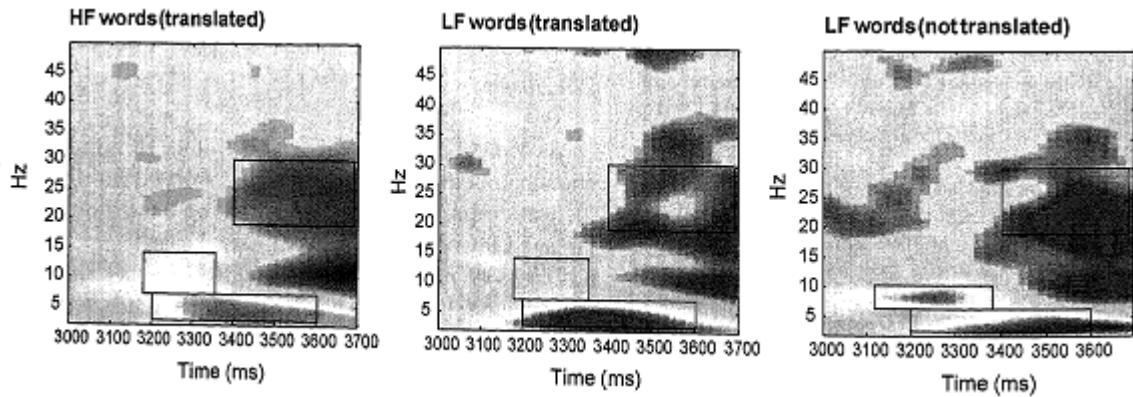
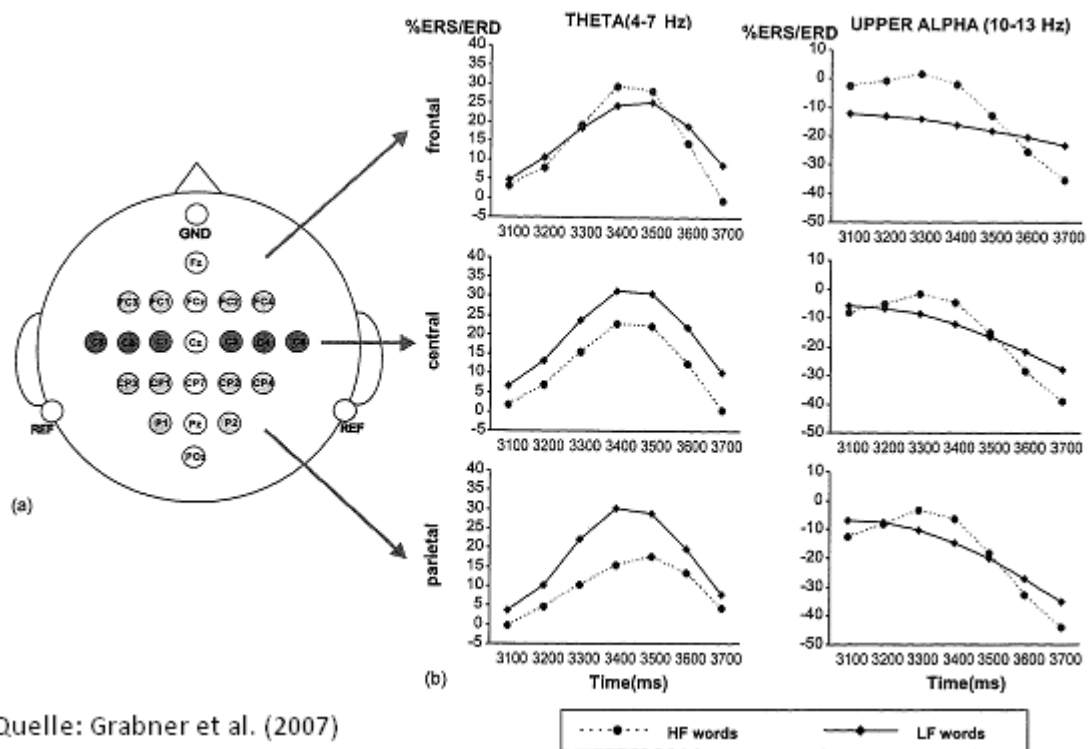


Abb. 19: ERS/ERD-Veränderungen in den ersten 700 ms nach Präsentation des Stimulus für alle 3 Parameter (Grabner et al. 2007:60). Unterschiede zwischen den drei Parametern sind durch Kästchen markiert.

Auch im Alpha-Bereich traten starke Veränderungen auf. HF-Wörter riefen ERS hervor, LF-Wörter bewirkten ERD, was auf eine unterschiedliche Verarbeitung von HF- und LF-Wörtern hinweisen könnte. Im unteren Alpha-Bereich (7-10Hz) waren ERS zu beobachten. Im Beta-Bereich traten vor allem ERD auf, wobei die Veränderungen bei HF im Vergleich zu LF stärker ausgeprägt waren.

Im Theta-Bereich wurden die stärksten Schwankungen 300-500ms nach Reizpräsentation im Parietallappen gemessen, wobei die ERS bei LF-Wörtern stärker waren als bei HF-Wörtern. Ähnliche Ergebnisse konnten in den mittleren Kortextbereichen gemessen werden (vgl. Abb. 19). Im Frontallappen waren die ERS eher bei den HF-Wörtern höher; dieser Unterschied war allerdings nicht statistisch relevant.



Quelle: Grabner et al. (2007)

Abb. 20: a) Anordnung der Elektroden. b) in den frontalen, zentralen und parietalen Bereichen gemessene ERS/ERD für das Theta- und das obere Alpha-Band (Grabner et al. 2007:61).

Die maximalen ERS traten zuerst in der linken Hemisphäre auf, was auf einen Bezug zwischen den Faktoren Zeit und Hemisphäre schließen lässt.

Im unteren Alpha-Bereich wurden in den ersten 700ms nach dem Reizimpuls kontinuierlich steigende ERD gemessen, wobei die Veränderungen in der linken Hemisphäre größer waren als in der rechten. Es gab jedoch auch Schwankungen in der rechten Gehirnhälfte, was auf deren Mitwirken beim Übersetzen schließen lässt. Diese Schwankungen machten sich vor allem im Frontallappen bemerkbar. Im oberen Alpha-Bereich stiegen die ERD im Verlauf des Intervalls ebenfalls an.

Zusätzlich wurden die Frequenzschwankungen der übersetzten und nicht übersetzten LF-Wörter einer Analyse unterzogen. Nur im Alpha-Bereich konnten wort- bzw. bedingungsbezogene Veränderungen festgestellt werden. Im unteren Alpha-Bereich wurden gedolmetschte LF-Wörter von einem signifikant höheren ERD als bei nicht gedolmetschten Wörtern begleitet. Außerdem war ein Zusammenspiel zwischen Areal, Zeit und Bedingung zu beobachten, d.h. im Laufe des Intervalls traten die

Schwankungen in unterschiedlichen Arealen auf. Im oberen Alpha-Bereich zeigte sich ein Zusammenhang zwischen den Faktoren Hemisphäre, Zeit und Bedingung, wobei die ERD-Werte in der linken Hemisphäre bei übersetzten Wörtern deutlich höher waren als bei nicht übersetzten. In der rechten Hemisphäre konnten keine derartigen Veränderungen beobachtet werden.

Diese Studie zeigt die Komplexität der Frequenzveränderungen beim Übersetzen und gleichzeitigen Verwenden zweier Sprachen, was wiederum Rückschlüsse auf die allgemeine Komplexität der Sprachverarbeitung zulässt. Der Forschungsschwerpunkt lag bei dieser Studie allerdings auf den Auswirkungen eines Übersetzungserfolges oder eines unübersetzbaren Wortes auf die Gehirnaktivität. Auffällig war die Abhängigkeit der Reaktionen im Alpha- und Theta-Bereich von der Schwierigkeit der Aufgabe.

Auch an dieser Studie nahmen nur wenige und ausschließlich weibliche Versuchspersonen teil. Obwohl letzteres Merkmal die Vergleichbarkeit der Personen untereinander steigert, stellt es die Allgemeingültigkeit der Ergebnisse in Frage. Grabner et al. (2007:64) bemerken dazu:

[...] the results of this pilot study are based on a rather small sample of only female participants, which limits the generalisability of the obtained findings. In light of evidence suggesting a larger de[g]ree of language lateralization in males as compared to females, this restriction might obscure potential hemispheric effects in the EEG correlates of semantic information processing.

Allerdings hat die Berufssparte der KonferenzdolmetscherInnen heute vorwiegend weibliche Mitglieder, was wiederum für die Auswahl ausschließlich weiblicher Kandidaten spricht.

6.2.3. Christoffels et al. 2007

Das Psychologenteam Ingrid Christoffels, Christine Firk und Niels Schiller untersuchte die Existenz eines neuronalen Substrats für "Switching". Zu diesem Zweck wurde der "cognate facilitation effect" eingesetzt. Das Forscherteam ging davon aus, dass Wörter mit ähnlicher phonologischer Form ("cognates") von beiden Sprachen aktiviert werden und deshalb leichter identifiziert werden, während Wörter, die

keine phonologische Entsprechung in der anderen Sprache haben, auch nur von einem Sprachsystem aktiviert werden. Bei den Versuchspersonen handelte es sich um 24 rechtshändige StudentInnen, deren Muttersprache Deutsch und deren Fremdsprache Niederländisch war. Wiederum wurden keine Sätze, sondern Wörter präsentiert. Beim Switching konnte eine negative Aktivität in der fronto-temporalen Region festgestellt werden, was Christoffels auf einen eigenen Mechanismus für den Sprachwechsel schließen lässt. Außerdem war die sprachspezifische Aktivierung unterschiedlicher Elektroden erkennbar. Dieses Ergebnis deutet auf eine unterschiedliche Organisation der beiden Sprachen im Gehirn hin.

6.3. PET-Studien

6.3.1. Price et al. 1999

Das Neurologenteam von Cathy Price und ihren Kolleginnen (1999) ließ sechs männliche Versuchspersonen mit der Sprachkombination Deutsch/Englisch auf einem Bildschirm präsentierte Wörter übersetzen. Bei der ersten Teiluntersuchung wurde das Übersetzen der Wörter mit dem bloßen Lesen verglichen. Die zweite Teiluntersuchung beschäftigte sich mit dem Vergleich von HF- und LF-Wörtern beim Übersetzen und Lesen. Der dritte Testteil sollte nähere Ergebnisse darüber liefern, ob es eine spezielle Region gibt, die besonders beim Sprachwechsel involviert ist. Die letzten beiden Teile der Untersuchung beschäftigten sich mit dem Unterschied zwischen dem Input und Output in beiden Sprachen.

Beim Vergleich der Übersetzungs- mit der Leseaufgabe wurden der anteriore Gyrus cinguli, das rechte und linke Putamen sowie der rechte und linke Kopf des Nucleus Caudatus aktiviert. Auch die linke anteriore Insula, das linke und mediale Cerebellum sowie das SMA (supplementär-motorische Areal) waren involviert. LF-Wörter lösten eine Aktivität im rechten Cerebellum aus. Beim Switchen erhöhten sich die Werte des linken medialen Gyrus fusiformis und des beidseitigen ventralen Cerebellums. Im Gegensatz dazu wurden der mediale obere Gyrus frontalis (BA 10), die linke mittlere Temporalregion (BA 21) und der posteriore Gyrus cinguli/precuneus (BA 31/7) deaktiviert. Wenn die Sprache nicht gewechselt wurde, konnten Abnahmen in der rechten Temporalregion verzeichnet werden.

Die Fehlerquote bei der Übersetzung von seltenen Wörtern lag bei über 30%, was die erfolgreiche Simulierung des Schwierigkeitsgrades belegt. Die einzigen Strukturen, die bei LF-Wörtern zusätzlich aktiviert wurden, waren das rechte Cerebellum und das SMA. Die Erklärung für die Aktivierung des letzteren sehen die ForscherInnen darin, dass ein selten gebrauchtes Wort auch an eine schwierigere Aussprache gekoppelt ist.

Beim Sprachwechsel wurden die linke untere Frontalregion (BA 44 und Broca-Areal) und die Gyri supramarginales beider Hemisphären (BA 40) aktiviert.

Der Input in deutscher Sprache rief im Gegensatz zur englischen Präsentation eine Aktivität im linken Temporallappen und der medialen oberen Frontalregion hervor. Musste ins Englische übersetzt werden, wurde im Gegensatz zur Aufgabe, in der die deutsche Sprache verwendet wurde, die rechte mediale extrastriatale Region und der linke Gyrus supramarginalis, der mit dem "Switching" von einer Sprache in die andere in Verbindung gebracht wird, aktiviert.

6.3.2. Tommola et al. 2000

Am Turku PET Centre untersuchten der Dolmetsch- und Sprachwissenschaftler Jorma Tommola, der Psychologe Matti Laine, die Dolmetscherin Marianna Sunnari und der Neurologe Juha Rinne (vgl. Rinne et al. 2000, Tommola et al. 2000) Aktivitätsmuster während des Simultandolmetschens und des Shadowings. Die Versuchspersonen waren acht professionelle DolmetscherInnen (vier Männer und vier Frauen) finnischer Muttersprache, die Englisch als aktive Fremdsprache verwendeten. Alle Versuchspersonen waren rechtshändig und waren zum Zeitpunkt des Versuchs entweder im Europäischen Parlament oder in der EU-Kommission beschäftigt. Bei der verwendeten Fremdsprache handelte es sich um Englisch.

Den DolmetscherInnen wurden acht kurze Reden, wovon jeweils vier in englischer und vier in finnischer Sprache verfasst waren und die eine Dolmetsch-Situation simulieren sollten, in einem normalen Tempo (durchschnittlich 98 Wörter pro Minute) über Kopfhörer präsentiert. Jeder Text sollte entweder in die jeweils andere Sprache gedolmetscht oder in derselben Sprache nachgesprochen werden (Shadowing). Auf jeden Versuchsteil folgte eine ca. acht-minütige Erholungsphase.

Die Dolmetsch- und Shadowing-Leistungen wurden von unabhängigen GutachterInnen auf ihre Korrektheit überprüft. Interessanterweise lag die durchschnittliche propositionale Genauigkeit beim Dolmetschen in die Fremdsprache höher als beim Dolmetschen in die Muttersprache. Eine mögliche Erklärung wäre das bessere Verständnis der Muttersprache (vgl. Tommola et al. 2000:159).

Um klare Ergebnisse bezüglich des Simultandolmetschens zu erhalten, wurden die Resultate der Dolmetschung vom Englischen ins Finnische mit denen für das englische Shadowing verglichen. Dabei war eine verstärkte Aktivität in den dorsolateralen Regionen des Frontallappens, besonders in einer vor dem Broca-Areal gelegenen Region, und dem SMA zu beobachten. Die Veränderungen in letzterem sind vermutlich auf den stetig aufrechtzuerhaltenden Redefluss zurückzuführen.

Noch deutlicher war diese gesteigerte Aktivität beim Vergleich der Dolmetschung vom Finnischen ins Englische mit dem Shadowing des finnischen Textes. Außerdem wurden bei letzterem Vergleich erhöhte Werte im unteren linken Temporallappen festgestellt, welcher laut Tommola et al. (2000:160) mit Wortfindungsprozessen und semantischer Sprachverarbeitung zu assoziieren ist. Auch das rechte Cerebellum wurde aktiviert.

Im Vergleich zum Ruhezustand verstärkten sich beim Shadowing die Werte des Temporallappens, des hinteren Stirnlappens und des Cerebellums in beiden Hemisphären, was die AutorInnen auf das gleichzeitige Hören und Sprechen zurückführen. Das Shadowing des englischen Textes rief größere Anstrengungen hervor, was sich in einem breiteren Aktivitätsfeld in der linken Hemisphäre und dem linken Cerebellum äußerte.

Um die Unterschiede zwischen der Dolmetschung aus und der Dolmetschung in die Muttersprache transparenter zu machen, wurden Daten mit niedrigerer Aktivierungsschwelle und geringerer Voxel-Clustergröße mit einbezogen, d.h. auch weniger aktivierte und kleinere Areale wurden berücksichtigt. Beim Dolmetschen in die Muttersprache zeigte sich eine erhöhte Aktivität im Broca'schen Zentrum.

Der Vergleich zwischen Shadowing und der Dolmetschung in die Muttersprache zeigte erhöhte Aktivität in einer vor dem Broca'schen Zentrum gelegene Region

sowie des linken supplementären motorischen Kortex. Die Veränderungen in letzterem sind vermutlich auf den stetig aufrechtzuerhaltenden Redefluss zurückzuführen. Bei der Dolmetschung in die Fremdsprache wurden allgemein höhere Werte sowie stärkere Aktivität im Broca'schen Zentrum beobachtet.

Dieser Versuch bestätigt, dass das Dolmetschen in die Fremdsprache anspruchsvoller ist und somit auch mehr Aktivität hervorruft. Die Rolle des Cerebellums ist noch nicht vollständig geklärt.

6.4. fMRT-Studien

6.4.1. Krick et al. 2003

Die Neuroradiologen Christoph Krick und Wolfgang Reith und die Romanistinnen Sigrid Behrent und Rita Franceschini (vgl. Kirk et al. 2003) führten ein Projekt mit dem Titel "Vom Mediziner zum Dolmetscher: Code-Switching und Sprachkompetenz in der funktionellen Bildgebung (fMRI)" an der Universität des Saarlandes durch. Dieses Projekt fand in enger Zusammenarbeit zwischen dem Romanischen Institut und der Abteilung für Neuroradiologie der Universitätskliniken des Saarlandes statt.

Bei den Versuchspersonen handelte es sich um drei unterschiedliche Gruppen von ProbandInnen: die erste Gruppe bestand aus MedizinstudentInnen, die eine Fremdsprache erlernt hatten, diese jedoch nur selten gebrauchten, während sich die zweite Gruppe aus SprachstudentInnen zusammensetzte. Bei der dritten Gruppe handelte es sich um professionelle DolmetscherInnen. Die Sprachkompetenz der Versuchspersonen wurde mit einem auf Selbsteinschätzung beruhenden Test und zusätzlichen Interviews festgestellt. Die ProbandInnen sollten auf einem Bildschirm präsentierte Auszüge aus Harry Potter lesen; einer der Auszüge war in deutscher Sprache, welche bei allen Versuchspersonen die Muttersprache war, ein anderer Auszug war in englischer Sprache und ein dritter Auszug abwechselnd in beiden Sprachen verfasst.

Bei den Personen mit geringerer Sprachkompetenz löste das Lesen des fremdsprachlichen Textes eine Mehraktivierung im Broca- und Wernicke-Zentrum, in BA 9 und in einem rechtshemisphärischen frontoparietalen Areal, welches

spiegelbildlich zum Broca-Areal verlief, aus. Beim Lesen in der Fremdsprache war teilweise sogar mehr Aktivität in der rechten Gehirnhälfte als in der linken zu verzeichnen. So wurden z.B. die sekundären Hörzentren auf den Schläfenlappen, die beiden anterioren Gyri cinguli, BA 9 sowie das so genannte rechte Broca-Areal BA 9, welches in der fronto-parietalen Region der rechten Hemisphäre zu finden ist, zusätzlich aktiviert.

Im Durchschnitt war die Mitwirkung der rechten Hemisphäre umso größer, je gravierender der Kompetenzunterschied zwischen den beiden Sprachen war. Bei Versuchspersonen, die ihre Muttersprache wesentlich besser beherrschten als ihre Fremdsprache zeigte sich deutlich höhere rechtsseitige Aktivierung. Beim Lesen des zweisprachigen Textteils wurden genau zum Zeitpunkt des Sprachwechsels BA 9 und 10 (vgl. Abb. 20) aktiviert. Außerdem zeigte sich deutlich höhere rechtsseitige Aktivierung bei Versuchspersonen, die ihre Muttersprache wesentlich besser beherrschten als ihre Fremdsprache.

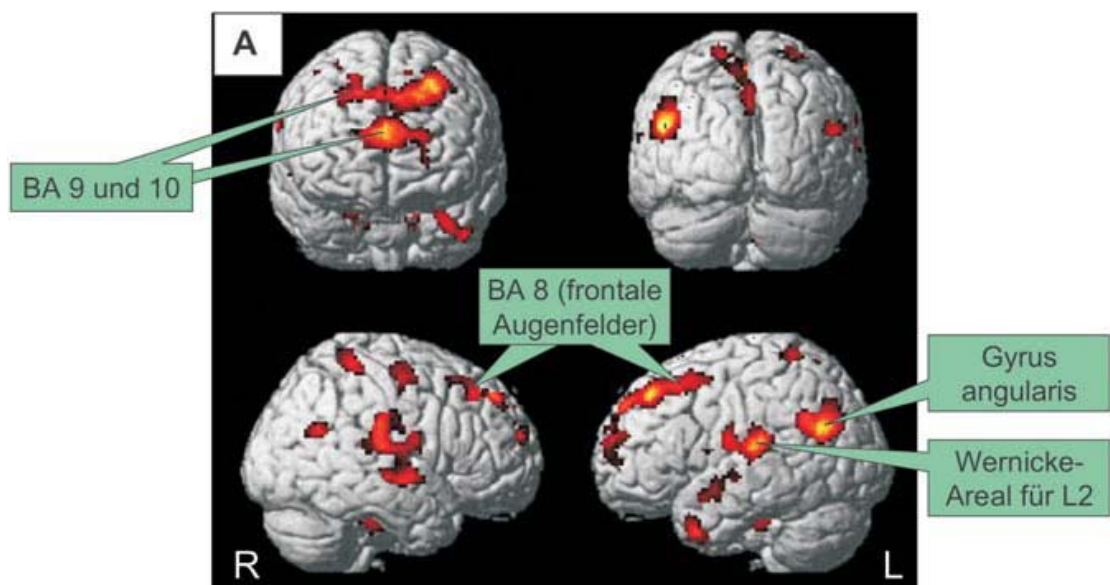


Abb. 21: Code-Switching während des Lesens eines zweisprachigen Textes (Krick et al. 2003:5).

6.4.2. Momaur 2004

Unter der Leitung des Neuropsychologen Jean-Luc Nespoulous sollten drei Teilprojekte herausfinden, ob der Grad sprachlicher Kompetenz einen Einfluss auf kognitive Sprachprozesse hat. In Charlotte Momaur's Teilprojekt (vgl. Momaur 2004) sollte der Einfluss des Kompetenzgrades auf Wortfindungsprozesse bei der

Wortbildung und einer Übersetzungsaufgabe untersucht werden. Zu diesem Zweck wurden zehn professionelle DolmetscherInnen mit 10 zweisprachigen Kontrollpersonen auf Basis einer fMRT-Untersuchung verglichen. Bei den DolmetscherInnen wurden die subkortikalen Strukturen, vor allem der Thalamus beider Hemisphären, aktiviert. Daraus leiten Momauro und Nespoulous einen höheren Automatisierungsgrad bei den DolmetscherInnen ab. Bis jetzt scheinen die Gesamtergebnisse dieser Studie allerdings noch nicht veröffentlicht worden zu sein. Abgesehen von Momauros Dissertation ist lediglich eine Online-Projektbeschreibung zugänglich (vgl. Nespoulous n.d.).

6.4.3. Klein et al. 2005

Die KognitionswissenschaftlerInnen Denise Klein, Robert Zatorre, Jen-Kai Chen u.a. führten eine fMRT-Studie an 16 zweisprachigen Personen mit englischer Muttersprache und früh erlernter Zweitsprache (Französisch) in Montreal durch. Insgesamt gab es neun Versuchsteile, wobei es sich um sechs aussagekräftige Segmente, zwei Kontrollsegmente und eine Aufnahme ohne Stimulus handelte. Die Autoren setzten sich zum Ziel herauszufinden, ob bestimmte Neuronenpopulationen sprachspezifische (L1/L2) Reaktionen zeigten. Die sechs aussagekräftigen Versuchssegmente bestanden aus jeweils sechs Wörtern: fünf identen, nacheinander präsentierten Wörtern, auf die ein sechstes, unterschiedliches Wort folgte. Dieses letzte Wort hatte entweder 1) eine andere Bedeutung in derselben Sprache, 2) dieselbe Bedeutung in einer anderen Sprache oder 3) eine andere Bedeutung und Sprache. Anderssprachige Wörter sollten in die Sprache der zuvor präsentierten Wörter übertragen werden. Die Kontrollsegmente beinhalteten sechs identische Wörter. Jedes Segment wurde durch eine 12-minütige Pause (in der nicht gesprochen wurde) von den anderen getrennt. Um tatsächlich feststellen zu können, ob es sich bei regionaler neuronaler Aktivität um die Aktivität einer homogenen Neuronengruppe oder die Aktivität verschiedener Neuronen handelte, wurde fMRA (functional magnetic resonance adaptation) angewandt. Die fMRA-Methode bedient sich der Tatsache, dass einige Neuronen ihre Aktivität auf einen stetigen sensorischen Impuls beschränken.

Die Ergebnisse wurden für jede Versuchsperson einzeln sowie für die ganze Gruppe ausgewertet. Jedes Aktivitätsareal von einer Größe von mindestens 8 mm³ galt als ROI (region of interest). Wie bei Grabner wurden jedoch keine Sätze oder Texte, sondern nur Wörter gedolmetscht. Beim Vergleich der Ergebnisse für das reine Wiederholen von Wörtern mit denjenigen, in denen es eine Wortänderung gab, waren Regionen im Frontallappen von besonderer Bedeutung (s. Abb. 21).

Der Vergleich der Sprachänderungskomponente mit den unveränderten Wortfolgen sollte das Dolmetschen simulieren (vgl. Abb. 21 $\Delta L - \emptyset$). Bei der Übersetzung eines Wortes von L1 in L2 wurde bilaterale Aktivität im Gyrus temporalis und linkshemisphärische Aktivität im Gyrus frontalis festgestellt. Im Gegensatz dazu konnte beim "Dolmetschen" in L1 bilaterale Aktivität in der oberen Temporalregion beobachtet werden. Interessanterweise wurde der linke untere Frontalbereich (Sprachzentren) nicht aktiviert. Zwei Regionen wurden nur beim Dolmetschen in L2 aktiviert. Die Bedeutungs- und Sprachänderung (vgl. Abb. 21 $\Delta LM - \emptyset$) aktivierte beidseitig den oberen Gyrus temporalis sowie die linke untere Frontalregion.

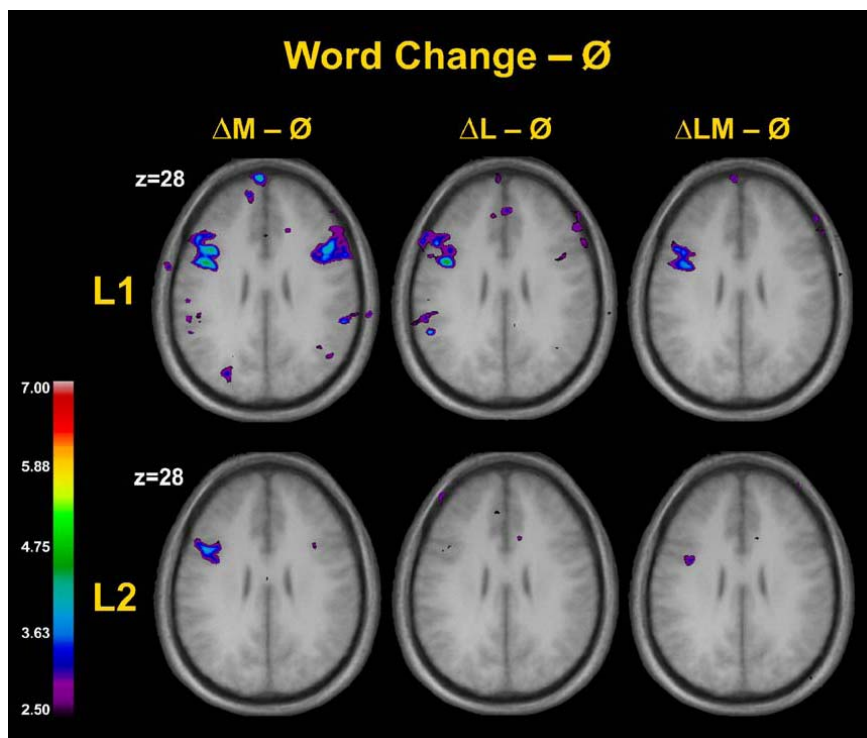


Abb. 22: präfrontale Aktivität bei Veränderungen von Sinn (ΔM), Sprache (ΔL) oder beidem (ΔLM) im Vergleich zur unveränderten Versuchskomponente (\emptyset) (Klein et al. 2005:372).

Beim Vergleich der beiden Sprachen L1 und L2 wurde nur ein einziges Areal, die linke Frontalregion, aktiviert, wenn keine Veränderung der Sprache oder der Bedeutung vorlag (s. Abb. 22 unter \emptyset). Das fMRT-Signal war hierbei bei der Fremdsprache deutlich höher. Klein und Kollegen assoziieren diese Region mit semantischer Sprachverarbeitung.

Um für Sprachbedeutung zuständige Regionen auszumachen, wurden die Ergebnisse der Bedeutungs- und Sprachänderung mit denen der Bedeutungsänderung verglichen. Dieser Vergleich zeigte den linken Gyrus temporalis als Areal der semantischen Verarbeitung auf.

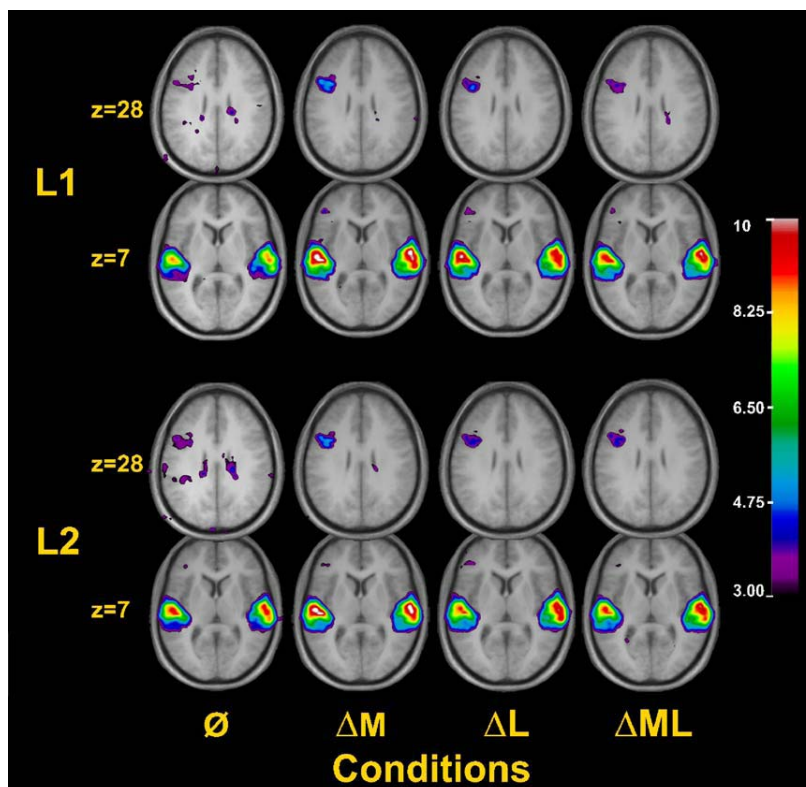


Abb. 23: Aktivierungsmuster im Vergleich zum Ruhezustand (Klein et al. 2006:370). \emptyset = keine Veränderung, ΔM = Bedeutungsveränderung (change in meaning), ΔL = Sprachänderung (change in language), ΔML = Sprach- und Bedeutungsänderung (change in meaning and language) .

Generell waren die Aktivitätsmuster für alle Versuchsaspekte sehr ähnlich, wie Abbildung 22 zeigt. Bei Segmenten mit Wortänderung trat eine stärkere Aktivität auf. Bei Sprachänderungen konnte eine deutliche Aktivität in der rechten Gehirnhälfte

verzeichnet werden. Hier gab es im Vergleich zu 18 ROIs der linken Hemisphäre acht ROIs in der rechten Hemisphäre. Klein und Kollegen beobachteten außerdem eine Aktivierung des Cerebellums. Es zeigten sich auch Unterschiede zwischen der Wortübersetzung in die Muttersprache und der Wortübersetzung in die Fremdsprache. Bei letzterer wurde die Aktivierung zusätzlicher Areale festgestellt.

6.4.4. Lehtonen et al. 2005

Das Team rund um die Psychologin und Neurologin Minna Lehtonen bestand aus Psychologen, Linguisten und Neurologen. In ihrem Experiment wurden Satz-dolmetschungen von elf Zweisprachigen mit finnischer Muttersprache und Norwegisch als Fremdsprache untersucht.

Zehn Versuchspersonen waren rechtshändig, eine beidhändig. Alle Versuchspersonen hatten Norwegisch erst im Erwachsenenalter erlernt; die Sprachkompetenz variierte. Ein Ziel der Untersuchung bestand darin herauszufinden, ob schwierige Satzkonstruktionen die Gehirnaktivität beeinflussen. Lehtonen et al. (2005) gingen davon aus, dass die untergeordneten Prozesse beim Dolmetschen von einem übergeordneten System kontrolliert werden. Die Versuchspersonen sollten einen visuell präsentierten Text vom Finnischen ins Norwegische vom Blatt dolmetschen. Die Dolmetschungen erfolgten "mental". Danach sollten die ProbandInnen entscheiden, ob eine später gezeigte Übersetzung dem Ausgangssatz entsprach, und den entsprechenden Knopf drücken. Bei der Kontrollaufgabe sollten sich die Personen einen finnischen Satz merken und entscheiden, ob der später präsentierte Satz mit dem ersten übereinstimmte. Die Testsätze waren entweder syntaktisch schwierig und erforderten in ihrer Übersetzung eine Änderung der Satzstellung, oder einfache Sätze, bei denen die Satzstellung beibehalten werden konnte. Bei den später präsentierten inkorrekten Übersetzungen handelte es sich lediglich um Fehler im Ausmaß eines Wortes.

Im Vergleich zur Baseline wurden a) die Aktivierung beim Übersetzen, b) die Aktivierung bei der Präsentation der übersetzten Sätze, c) die Aktivierung bei den Kontrollsätzen und d) die Aktivierung bei nochmaliger Präsentation der Sätze untersucht.

Auf jeden sogenannten ON-Block, bei dem Stimuli präsentiert wurden, folgte ein OFF-Block, bei dem keine Stimuli gezeigt wurden. Demnach erfolgte im ON-Block das Enkodieren von Sätzen in der anderen Sprache.

Die übersetzten Sätze wurden mit Kontrollätzen und komplexe mit einfachen Sätzen verglichen. Alle Vergleiche wurden auf Basis der Enkodierungsphasen durchgeführt, d.h. während der zu übersetzende Satz präsentiert wurde. Die Fehlerquote lag bei 23,9% und war für alle Parameter vergleichbar hoch. Die Reaktionszeit war bei einfachen Sätzen länger. Im Vergleich zu den Kontrollätzen zeigte sich bei den Übersetzungssätzen eine erhöhte Aktivität im linken unteren Stirnlappen (VLPFC, BA 47 [s. Abkürzungen], und im Globus Pallidus. Die Brodmann-Areale 44 und 45 (Broca-Areal) wurden nicht aktiviert.

Die Dolmetsch-Aufgabe erwies sich als schwieriger als die anderen Aufgaben, was anhand starker fMRT-Signalanstiege in einigen Arealen zu beobachten war. Die syntaktischen Veränderungen der Sätze verursachten keine Aktivitätsunterschiede, doch zeigten sich Unterschiede in der Reaktionszeit. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die vermeintlich einfacheren Sätze jeweils zwei Adjektive vor einem Nomen beinhalteten, welche im "Arbeitsspeicher" zurückgehalten werden mussten. Das VLPFC-Areal erwies sich schon in den Studien von Rinne et al. (2000) und Klein et al. (2005) als ausführende Region bei der semantischen Verarbeitung (Lehtonen et al. 2005:610).

Lehtonen und ihre Kollegen vermuten, dass das Broca-Areal wahrscheinlich deshalb nicht aktiviert wurde, weil es sich nicht um verbalen, sondern visuellen Input handelte. Wie Price und Kollegen beobachtete die Gruppe um Lehtonen Aktivierungsmuster in den Basalganglien. Bei Price et al. handelt es sich dabei jedoch um das Putamen und den Nucleus Caudatus, während Lehtonen et al. Aktivität im Globus Pallidus verzeichneten, was sie darauf zurückführten, dass dieser unerwünschte Nebenreaktionen blockte.

6.4.5. Kalderonova 2006/2007

Eliza Kalderonova führte im Rahmen ihrer Diplomarbeit an der Universität Mainz eine fMRT-Studie an DolmetschstudentInnen durch. Fünf Dolmetsch-Studentinnen und ein Dolmetsch-Student sollten eine vereinfachte Rede von Javier Solana aus dem Spanischen in ihre deutsche Muttersprache dolmetschen. Die StudentInnen hatten eine unterschiedliche Anzahl an Studienjahren absolviert, waren aber alle bereits mit dem Dolmetschen vertraut. Als Vergleichsaufgabe diente eine freie Erzählung, welche die ProbandInnen ausgehend von einem auf einem Bildschirm präsentierten (tonlosen) Spielfilm produzieren sollten. Vor dem Beginn der freien Erzählung, welche in der Muttersprache (Deutsch) vorgetragen werden sollte, erschien der Buchstabe "E" auf dem Bildschirm. Auf jeden der vier Erzählteile erfolgte ein Teil der Rede. Während der Dolmetsch-Aufgabe, vor deren Beginn ein großes "D" am Bildschirm erschien, wurde ein Film über dem Bildschirm tonlos abgespielt. Damit auch der auditive Hintergrund in beiden Aufgaben vergleichbar blieb, wurde während der Erzähl-Aufgabe spanisch vorgelesen. Da der Kernspintomograph laute Hintergrundgeräusche erzeugte, welche zu einer Beeinträchtigung des Hörverständnisses führen hätte können, konnten sich die ProbandInnen zehn Minuten vor Versuchsbeginn mit dem Text vertraut machen. Um Bewegungsartefakte zu vermeiden, sollten die StudentInnen lediglich flüstern und sich so wenig wie möglich bewegen.

Die Ergebnisse zeigten deutlich, dass sich die Simultandolmetsch-Aufgabe deutlich von der Erzähl- und Höraufgabe unterschied (vgl. Abb. 24 und 25). Die maximale Mehraktivität trat beim Simultandolmetschen im linken Gyrus temporalis medius (BA 21 und 22, s. Abb. 4) auf.

Die Erzählaufgabe aktivierte eine höhere Anzahl an Arealen als das Simultandolmetschen. Eine mögliche Erklärung für dieses Ergebnis wäre das größere Ausmaß an Phantasie, welches die Erzählaufgabe erforderte. In den durch das Dolmetschen stimulierten Arealen war jedoch die Aktivität stärker.

Bei der freien Sprachproduktion waren der Praecuneus (im medialen Parietallappen, s. Abb. 24 rechts unten) sowie der Lobus parietalis superior die am stärksten aktivierten Areale. Auch der Gyrus fusiformis, der Gyrus occipitalis medius und der Gyrus cinguli, welcher Teil des limbischen Systems ist, wurden aktiviert. Der Gyrus lingualis, der Frontallappen und die temporalen Gyri verzeichneten nur schwache Aktivität. In Abb. 24 ist die Großflächigkeit der aktivierten Areale rund um den Praecuneus deutlich zu erkennen.

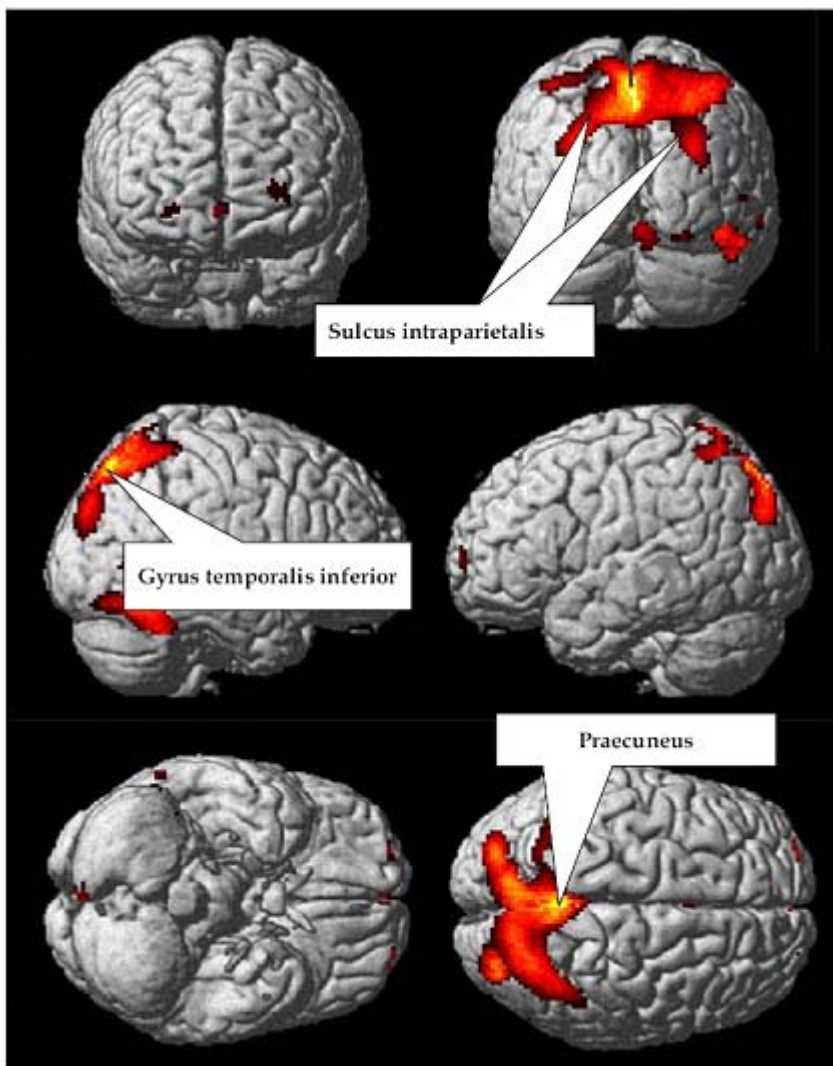


Abb. 24: Beim "Erzählen" aktivierte Areale (Kalderonova 2006/2007:131).

Beim Dolmetschen war das am stärksten aktivierte Areal der Gyrus temporalis medius, welcher für semantische Sprachverarbeitung zuständig zu sein scheint (vgl. Abb. 25). Die zweitaktivste Region konnte im Fasciculus occipito-frontalis lokalisiert

werden, in welchem auch das Arbeitsgedächtnis angesiedelt ist. Außerdem konnte Aktivität im vierten Ventrikel beobachtet werden, was eine erhöhte Informationsübertragung impliziert. Auch der Cuneus und der Sulcus calcarinus, das primäre Sehzentrum, wurden aktiviert, was auf Reaktionen auf die Versuchssituation zurückzuführen sein dürfte.

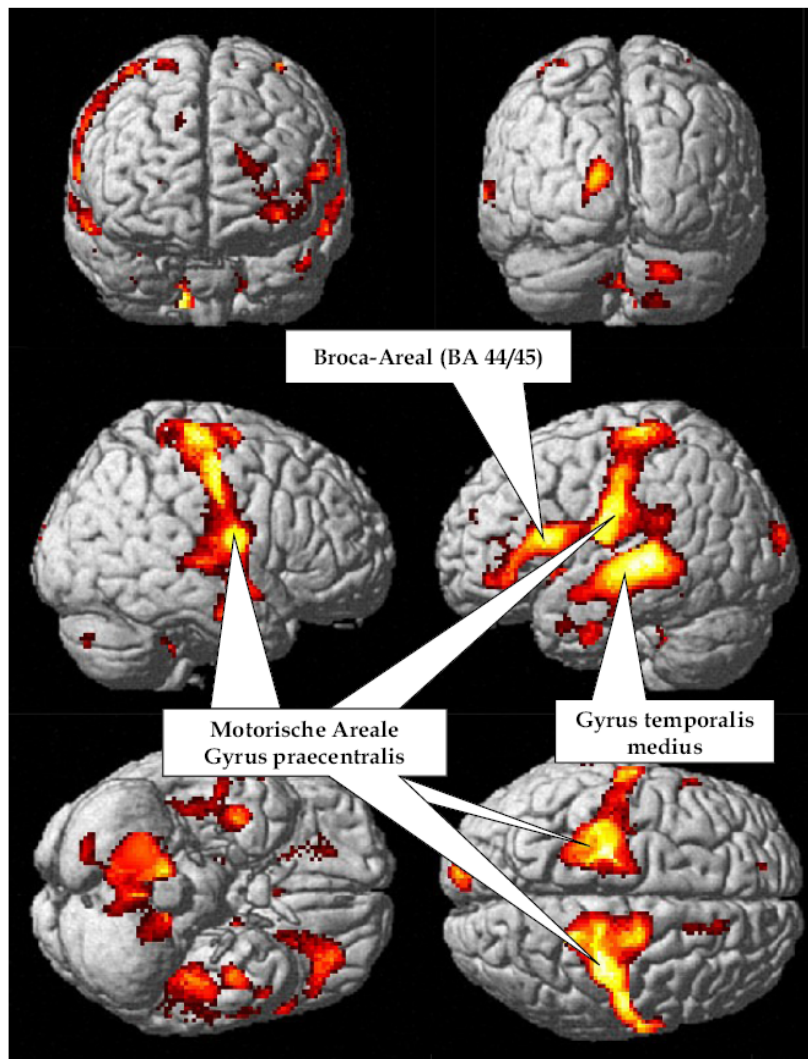


Abb. 25: Beim Dolmetschen aktivierte Areale (Kalderonova 2006/2007:140).

Nach dem Versuch wurden die ProbandInnen zu ihren subjektiven Empfindungen befragt. Die Befragten gaben an, dass sie das freie Erzählen als schwieriger empfunden hätten, was mit den Versuchsergebnissen übereinstimmt.

6.5. Multimodale Studien

6.5.1. Chang et al. 2008

Die erste multimodale Studie wird derzeit von Chang et al. (2008) durchgeführt. Das Forscherteam setzt neben fMRT auch DTI und EEG ein, um die während des Simultandolmetschens ablaufenden Prozesse zu erfassen. Mittels fMRT soll die Aktivierung der grauen Gehirnsubstanz gemessen werden, während die weiße Gehirnsubstanz, welche die Aktivitätsfelder der grauen Gehirnsubstanz verbindet, mit DTI aufgespürt werden soll. EEG-Messungen sollen schließlich der Erforschung des zeitlichen Verlaufs der Prozesse während des Simultandolmetschens dienen.

Die fMRT-Messungen liegen bereits vor. Beim Dolmetschen in die dominante Sprache (Muttersprache) wurden großflächige Areale des prämotorischen Kortex und des dorsolateralen präfrontalen Kortex aktiviert. Im Gegensatz dazu konnte während des Dolmetschens in die Fremdsprache Aktivität im ventrolateralen frontalen Kortex, im inferioren temporalen Kortex, im prämotorischen Kortex und im Cerebellum beobachtet werden. Diese Ergebnisse decken sich weitgehend mit der Studie von Price et al. (1999).

Die vorläufigen Ergebnisse dieser Studie bestätigten, dass das Dolmetschen in die Fremdsprache anspruchsvoller als das Dolmetschen in die Muttersprache ist.

7. Diskussion

Trotz teils widersprüchlicher Forschungsergebnisse lässt der Vergleich der einzelnen Studien über das Dolmetschen und an DolmetscherInnen generelle Tendenzen erkennen. Die im vorangehenden Kapitel beschriebenen Ergebnisse werden in diesem Kapitel nach häufigen Forschungsfragen gegliedert. Diese sind: die Lateralisierung von Sprache, Aktivitätszentren des Gehirns während des Dolmetschens, der Vergleich des Dolmetschens mit anderen Tätigkeiten, die Auswirkungen der Dolmetschrichtung auf die kognitive Aktivität, der Zusammenhang zwischen Schwierigkeitsgrad und Aktivierungsniveau und das so genannte Code-switching.

7.1. Lateralisierung von Sprache

Wie bereits erwähnt, ist bei den meisten Menschen die Sprache in der linken Gehirnhälfte lokalisiert. Jedoch lässt eine Vielzahl von Modellen und Versuchen vermuten, dass bei zwei- und mehrsprachigen Personen (und somit auch bei DolmetscherInnen, die immer mindestens zwei Sprachen beherrschen) Sprache anders organisiert ist als bei einsprachigen Menschen (z.B. Albert & Obler 1978, Sussman et al. 1982, Green et al. 1994).

So scheint bei DolmetscherInnen die Lateralisierung der sprachlichen Fähigkeiten eher ausgeglichen zu sein (Petsche et al. 1993, Green et al. 1994, Price et al. 1999, Tammola et al. 2000, Klein et al. 2005, Kalderonova 2006/2007, Grabner et al. 2007). Manche ForscherInnen sprechen sogar von einem "rechten Broca-Areal", welches spiegelbildlich zu dem von Broca entdeckten Areal in der rechten Gehirnhälfte zu finden ist (Kim et al. 1997, Krick et al. 2003). Dennoch liegt der Fokus der sprachlichen Fähigkeiten in der linken Hemisphäre (Fabbro et al. 1987, Price et al. 1999, Klein et al. 2005).

In einigen Fällen zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen der Organisation der Muttersprache und der Fremdsprache (Fabbro et al. 1987, Krick et al. 2006, Christoffels et al. 2007). Vor allem die Fremdsprache ist symmetrischer organisiert

(Fabbro et al. 1987, Petsche et al. 1993, Krick et al. 2003). Unter Verwendung der Fremdsprache lassen sich sowohl Mehraktivität als auch zusätzlich aktivierte Areale ausmachen (Rinne et al. 2000, Krick et al. 2003, Klein et al. 2005). Es bleibt jedoch offen, ob die Aktivierung zusätzlicher Areale tatsächlich der Anders-Organisation der beiden Sprachen zuzuschreiben ist oder eher durch die größere Anstrengung bei der Verwendung einer (oft weniger gut beherrschten) Fremdsprache hervorgerufen wird. Möglicherweise hängt die Organisation der beiden Sprachen auch mit der Kompetenz in der jeweiligen Sprache zusammen (vgl. Krick et al. 2003, Momaur 2004). So scheinen die sprachlichen Fähigkeiten mit zunehmender Kompetenz symmetrischer repräsentiert zu werden (Fabbro et al. 1987, Green et al. 1994, Krick et al. 2003).

Ein Versuch von Fabbro & Gran (1990) liefert gegenteilige Ergebnisse. Dieses Experiment zeigt eine eher symmetrische Lateralisierung der Muttersprache. Da dieses Ergebnis aber nicht von anderen Studien bestätigt wurde, ist es möglicherweise durch individuelle Differenzen oder äußere Faktoren bedingt.

Widersprüchliche Ergebnisse lieferte auch die Studie von Lehtonen et al. (2005), in der das Broca-Areal überhaupt nicht aktiviert wurde, was darauf zurückzuführen sein könnte, dass das Material bei diesem Versuch nicht akustisch, sondern visuell präsentiert wurde.

7.2. Beim Dolmetschen aktivierte Areale

Eines der Hauptaktivitätsareale beim Dolmetschen ist der Stirnlappen (vgl. Petsche et al. 1993, Rinne et al. 2000, Lehtonen et al. 2005, Christoffels et al. 2007, Grabner et al. 2007). Innerhalb des Stirnlappens scheint der VLPFC, welcher im linken unteren Stirnlappen liegt, eine besondere Rolle zu spielen (vgl. Rinne et al. 2000, Tammola et al. 2000, Klein et al. 2005, Lehtonen et al. 2005, Chang et al. 2008). Dieses Areal wird mit semantischer Verarbeitung in Verbindung gebracht (vgl. Price et al. 1999). Der präfrontale Kortex scheint außerdem für Aufmerksamkeitsverteilung zuständig zu sein und gewisse Kontrollfunktionen auszuüben (vgl. Krick et al. 2003). Zudem befindet sich das Broca-Areal auf dem präfrontalen Kortex (vgl. Krick et al. 2003).

Auch im Schläfenlappen lässt sich hohe Aktivität feststellen (vgl. Petsche et al. 1993, Price et al. 1999, Rinne et al. 2000, Klein et al. 2005, Lehtonen et al. 2005, Kalderonova 2006/2007). Wie der Frontallappen gilt der Schläfenlappen als wichtiges Areal der semantischen Informationsverarbeitung (vgl. Friederici 2007). Teile des Parietallappens scheinen ebenfalls beim Dolmetschen mitzuwirken (vgl. Chang et al. 2008).

Das Cerebellum spielt als motorische Schaltzentrale bei der Verarbeitung und Artikulation von Sprache eine gewisse Rolle (vgl. Price et al. 1999, Klein et al. 2005, Chang et al. 2008). Auch im SMA (supplementärischen motorischen Areal) wurde Aktivität beobachtet (vgl. Price et al. 1999, Rinne et al. 2000, Tommola et al. 2000). Das SMA scheint entweder aufgrund des aufrechtzuerhaltenden Redeflusses oder der erhöhten Gedächtnisleistung aktiviert zu werden (vgl. Rinne et al. 2000, Tommola et al. 2000).

Außerdem sind die Basalganglien beim Dolmetschen involviert. So wurde in der Studie von Price et al. (1999) das Putamen und der Nucleus caudatus aktiviert; Lehtonen et al. (2005) beobachteten Aktivität im Globus pallidus. Subkortikale Strukturen wie die Basalganglien üben vorwiegend Kontrollfunktionen aus (vgl. Price et al. 1999:2230) und scheinen teilweise unerwünschte Nebenreaktionen zu blockieren (vgl. Lehtonen et al. 2005).

7.3. Dolmetschen im Vergleich zu anderen Tätigkeiten

Studien, die einen Vergleich zwischen der Tätigkeit des Dolmetschens und anderen komplexen kognitiven Prozessen anstrebten, weisen auf die Einzigartigkeit des Dolmetschens und seine offensichtlichen Unterschiede zu anderen Tätigkeiten hin (vgl. Petsche et al. 1993, Green et al. 1994, Petsche & Etlinger 1998, Christoffels 2004). Keine andere Tätigkeit erfordert gleichzeitige Sprachrezeption und -Produktion sowie die gleichzeitige Verwendung zweier Sprachen (Christoffels 2004:65). Durch die Komplexität der Aufgabe sind Aktivitätsveränderungen beim Dolmetschen ausgeprägter als bei den Vergleichsaktivitäten (vgl. Green et al. 1994, Rinne et al. 2000, Tommola et al. 2000, Lehtonen et al. 2005). Eine Ausnahme bildet

die Studie von Kalderonova (2006/2007), in deren Rahmen eine höhere Aktivität bei der Vergleichstätigkeit beobachtet wurde.

7.3. Auswirkungen der Dolmetschrichtung auf die kognitive Aktivität

Die Forschungsergebnisse lassen vermuten, dass die rechte Gehirnhälfte beim Dolmetschen in die Fremdsprache stärker involviert ist (vgl. Petsche et al. 1993, Rinne et al. 2000, Tommola et al. 2000, Chang et al. 2008) und Unterschiede je nach Dolmetschrichtung bestehen (vgl. Rinne et al. 2000, Chang et al. 2008).

Auch die linke Gehirnhälfte wird beim Dolmetschen in die Fremdsprache stärker eingesetzt als beim Dolmetschen in die Muttersprache (vgl. Tommola et al. 2000), woraus man schließen könnte, dass das Dolmetschen in die (meist schlechter beherrschte) Fremdsprache anspruchsvoller ist (vgl. Krick et al. 2003).

Da beim Dolmetschen von der Mutter- in die Fremdsprache weniger Fehler gemacht werden als in der anderen Dolmetschrichtung, ist es wahrscheinlich, dass die bessere Beherrschung der Muttersprache und das dadurch erleichterte Verständnis des Ausgangstextes zu diesem Ergebnis beiträgt (Tommola et al. 2000).

Durch Verwendung einer Fremdsprache wird der Arbeitsspeicher im linken oberen Gyrus temporalis stärker belastet als unter Verwendung der Muttersprache. Dieser Teil des Gehirns ist auch für das Sprachverständnis verantwortlich (vgl. Klein et al. 2005).

7.4. Schwierigkeitsgrad und Aktivierungsniveau

Schwierigere oder seltener verwendete Wörter sowie komplexe Sätze und Texte evozieren höhere Gehirnaktivität (Krick et al. 2003, Klein et al. 2005, Kalderonova 2006/2007, Grabner et al. 2007). Allgemein kann eine höhere Anzahl von Aktivitätsfeldern bei der Fremdsprache im Vergleich zur Muttersprache beobachtet werden, was mit der größeren Anstrengung bei der Verwendung einer weniger gut beherrschten Sprache in direktem Zusammenhang zu stehen scheint (Price et al. 1999, Krick et al. 2003). Die hohe Gehirnaktivität könnte vor allem durch die

Verknüpfung der für Sprache dominanten Hemisphäre mit Aufmerksamkeits-Arealen hervorgerufen werden (vgl. Petsche et al. 1993).

Darüber hinaus erhöht sich die Anzahl der Aktivitätsbereiche, je geringer die Sprachkompetenz der jeweiligen Personen ist (Krick et al. 2003). Die durch die Fremdsprache hervorgerufene Aktivität ist in einigen Arealen nicht nur höher (z.B. im Wernicke- und Broca-Zentrum) als unter Verwendung der Erstsprache, sondern kann auch in zusätzlichen Gehirnregionen beobachtet werden (Krick et al. 2003).

Es besteht außerdem eine hohe Korrelation zwischen Schwierigkeit und Reaktionszeit, d.h. bei syntaktisch komplexeren Sätzen ist die Reaktionszeit höher (vgl. Lehtonen et al. 2005).

7.6. Code-switching

Zum Code-switching liegen sehr unterschiedliche Ergebnisse vor. In der Studie von Krick et al. (2003) wurde beim Sprachwechsel eine Region im präfrontalen Kortex (BA 9 und BA 10) aktiviert. Allerdings wird dem präfrontalen Kortex die Aufgabe der Aufmerksamkeitsverteilung und Kontrolle zugeschrieben, weswegen dessen Aktivierung nicht alleine mit der Verwendung von zwei Sprachen in Verbindung gebracht werden kann.

Im Gegensatz dazu schließen Christoffels et al. (2007) aus ihren Ergebnissen auf einen eigenen Switching-Mechanismus in der fronto-temporalen Region. Die Resultate dieser Studie sind jedoch sehr widersprüchlich, weil die höchste negative Aktivität bei einem Versuchsteil beobachtet wurde, in dem die Sprache nicht gewechselt wurde, was wiederum die Annahme unterstützt, dass es sich bei der beobachteten Reaktion eher um ein Kontrollorgan als eine eigene Zentrale für den Sprachwechsel handelt.

Price et al. (1999) konnten bei ihren PET-Untersuchungen ebenfalls die Aktivierung besonderer Areale während des "Switchens", d.h. des Wechsels von einer Sprache in die andere, beobachten. Bei diesen Arealen handelt es sich um das rechte Cerebellum und die Gyri supramarginales. Da das Cerebellum für die Kontrolle motorischer Funktionen verantwortlich ist, könnte es sich bei dieser Aktivität um Inhibitionsmechanismen handeln.

8. Schlussbemerkungen

Die vorliegende Arbeit stellt einen Überblick über den Stand der Forschung im neurolinguistischen Paradigma der Dolmetschwissenschaft dar. Anhand mehrerer Studien an DolmetscherInnen und über das Dolmetschen wurden verschiedene Aspekte des zweisprachigen Gehirns und die neuronalen Korrelate des Dolmetschens analysiert. Die einzelnen Projekte variierten sowohl in der Auswahl und Anzahl ihrer Versuchspersonen als auch in der Untersuchungsmethode und ihrem prozeduralen Aufbau. Aus den facettenreichen Ergebnissen lassen sich dennoch generelle Tendenzen und Erkenntnisse ableiten:

Wie schon von Albert und Obler (1978) postuliert, ist Sprache bei bilingualen Personen anders organisiert (vgl. Sussman et al. 1982, Green et al. 1994) als bei einsprachigen Menschen. Zweisprachige zeigen eine eher symmetrische Lateralisierung (vgl. Petsche et al. 1993, Green et al. 1994, Tammola et al. 2000), besonders bei ihrer Zweitsprache (Fabbro et al. 1987, Petsche et al. 1993, Krick et al. 2003). Es bleibt allerdings offen, ob sich DolmetscherInnen bezüglich ihrer neuronalen sprachlichen Substrate tatsächlich von anderen Zweisprachigen unterscheiden (vgl. Green et al. 1994).

Das Dolmetschen unterscheidet sich grundlegend von anderen Tätigkeiten (vgl. Petsche et al. 1993, Christoffels 2004, Green et al. 2004). Es ist eine sehr komplexe Aufgabe und geht mit hohen kognitiven Anstrengungen einher (vgl. Lehtonen et al. 2000, Tammola et al. 2000). Dabei ist das Dolmetschen in die Fremdsprache anspruchsvoller als das Dolmetschen in die Muttersprache (vgl. Petsche et al. 1993, Krick et al. 2003).

Die Schwierigkeit eines Textes spiegelt sich in der neurologischen Aktivität wider. Komplexe Wörter und Sätze rufen höhere Aktivität hervor als einfache (vgl. Krick et al. 2003, Klein et al. 2005, Kalderonova 2006/2007, Grabner et al. 2007). Je geringere Kompetenz eine Person in der jeweiligen Aufgabe aufweist, desto größere Aktivität kann beobachtet werden (vgl. Krick et al. 2003).

Außerdem scheint es besondere Areale zu geben, die für den schnellen Sprachwechsel verantwortlich sind. Die Position dieser Areale ist jedoch nicht klar festzulegen (vgl. Price et al. 1999, Krick et al. 2003, Christoffels et al. 2004).

Diese tiefen Einblicke in die kognitiven Sprachprozesse beim Dolmetschen sind mit Hilfe von hochauflösenden bildgebenden Verfahren wie z.B. MRT möglich. Obwohl sprachliche Vorgänge anhand einer Vielzahl von neurologischen Studien untersucht wurden, sind Versuche an DolmetscherInnen und über das Dolmetschen eher rar. In jüngster Vergangenheit wurde jedoch eine Reihe von Projekten, welche bildgebende Untersuchungen an DolmetscherInnen involvieren, ins Leben gerufen (vgl. Chang et al. 2008 sowie Forschungsprojekte an der Universitäten Genf und Leiden). Die endgültigen Ergebnisse dieser Studien bleiben allerdings noch abzuwarten.

Da bildgebende Verfahren einem ständigen Wandel unterliegen und von Jahr zu Jahr neue Entwicklungen zu verzeichnen sind, sind die Möglichkeiten der Neurolinguistik und des neurolinguistischen Paradigmas der Dolmetschwissenschaft keineswegs erschöpft. Vielmehr können zukünftige Untersuchungsmöglichkeiten und Forschungsergebnisse mit Spannung erwartet werden.

Bibliographie

- Albert, M.L. und Obler, L.K. (1978): *The Bilingual Brain: Neuropsychological and Neurolinguistic Aspects of Bilingualism*. New York: Academic Press Inc.
- Anneken, K. (2003): *Genetik der Sprachlateralisierung*. Dissertation an der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster.
- Annett, M. (1985): *Left, right, hand and brain: the right shift theory*. London: LEA Publishers.
- Bear, M.F., Connors, B.W. und Paradiso, M.A. (2001): *Neuroscienze: Esplorando il cervello* (zweite Auflage). Mailand: Masson.
- Bendriem, B., Casey, M., Eriksson, L., Schmand, M., Eriksson, M., Frey, J. und Nutt, R. (1999): "From PET to PET/SPECT". *Revue de l'ACOMEN* 5(2):156-9.
- Buxton, R. B. (2002): *Introduction to Functional Magnetic Resonance Imaging. Principles and Techniques*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chapman L.J., und Chapman, J.P. (1987): "The measurement of handedness". *Brain and Cognition* 6:175-183.
- Chang, C.Y., Shuttleworth, M., Saldanha, G., Dresner, A., Puri, B.K. (2008): "Neural Correlates of Simultaneous Interpreting: an fMRI Study". In: *Proceedings of the International Australasian Winter Conference on Brain Research, 2008, 26*, Abstract 5.2, S. 48. <http://psy.otago.ac.nz/awcbr/Abstracts/2008Abstracts.pdf> (24.10.2008).
- Chang, V.C.-Y, Dresner A., und Puri, B.K. (2008): "Mapping simultaneous interpreters' brain: An fMRI, DTI and EEG". *European Journal of Medical Research* 13(1):94, [ABSTRACT BOOK 19TH EUROPEAN STUDENTS' CONFERENCE]. http://www.esc-berlin.com/downloads/abstract_book.pdf (24.10.2008).
- Christoffels, I. K. & De Groot, A. M. B. (2004): "Components of simultaneous interpreting: A comparison with shadowing and paraphrasing". *Bilingualism: Language and Cognition* 7:1-14.
- Christoffels, I.K. (2004): *Cognitive Studies in Simultaneous Interpreting*. Amsterdam: PrintPartners Ipskamp.
- Christoffels, I.K., Firk, C., und Schiller, N.O. (2007): *Bilingual Language Control: An Event-Related Brain Potential Study*. Leiden: Elsevier.
- Christoffels, I.K. (in Vorbereitung): "How do we switch from hersenen to brain? The neural correlates of bilingual language control in speaking and translating [Abstract]". <http://www.onderzoekinformatie.nl/nl/oi/biza/d51000o/OND1315119/> (21.12.2008).

- De Groot, A.M.B. und Christoffels, I.K. (2006): "Language control in bilinguals: Monolingual tasks and simultaneous interpreting". *Bilingualism: Language and Cognition* 9: 189-201.
- Dubin, Mark (1997-2004): *Brodman Areas in the Human Brain with an Emphasis on Vision and Language*. University of Colorado.
<http://spot.colorado.edu/~dubin/talks/brodman/brodman.html> (20.11.2008).
- Fabbro, F., Gran, L. und Bava, A. (1987): "Modifications of cerebral lateralization during the acquisition of a second language (English) in adult Italian-speaking females". *Neuroscience* 22:748.
- Fabbro, F. und Gran, L. (1994): "Neurological and Neuropsychological Aspects of Polyglossia and Simultaneous Interpretation". In: Lambert, S. und Moser-Mercer, B. (Hrsg.) *Bridging the Gap. Empirical Research in Simultaneous Interpretation*. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins, 273-317.
- Fabbro, F. und Darò, V. (1995): "Delayed auditory feedback in polyglot simultaneous interpreters". *Brain and Language* 48(3):309-19.
- Fabbro, F., Gran, L., Basso, G. und Bava, A. (1990): "Cerebral Lateralization in Simultaneous Interpretation". *Brain and Language* 39:69-89.
- Fahlbusch, R. und Samii, A. (2007): "A Review of Cranial Imaging Techniques: Potential and Limitations". *Clinical Neurosurgery* 54:100-4.
- Firbas, W., Gruber, H. und Mayr, R. (1995): *Neuroanatomie*. Wien/München: Verlag Wilhelm Maudrich.
- França, A. I. (2004): *Introduction to Neurolinguistics*.
<http://mit.edu/kaitire/www/evelin2005/Neuro/RelatorioEvelin2004.pdf>
 (19.11.2008).
- Friederici, A. (2002): "Wie wir Sprache verstehen - Neuronale Präzision in Raum und Zeit". In: Generalverwaltung der Max-Planck Gesellschaft (Hrsg.) *Jahrbuch der Max-Planck Gesellschaft 2002*, München: Verlag Vandenhoeck & Ruprecht, 43-53.
http://www.mpg.de/pdf/jahrbuch_2002/jahrbuch2002.pdf (12.11.2008).
- Gambier, Y., Gile, D. und Taylor, C. (Hrsg.) (1997): *Conference Interpreting: Current Trends in Research*. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins.
- Gerschwind, N. und Levitsky, W. (1968): "Human brain: left-right asymmetries in temporal speech region". *Science* 161:186-7.
- Gile, D. (1997/2002): "Conference interpreting as a cognitive management problem". In: Pöchhacker, F. & Shlesinger, M. (Hrsg.) *The interpreting studies reader*. London/New York: Routledge, 163-76.

- Golestani, N., Michel, C., Moser-Mercer, B. und Haggmann, P. (in Vorbereitung): "Experience-dependant brain structural and functional plasticity in simultaneous language interpreters".
<http://virtualinstitute.eti.unige.ch/virtualinstitute/modules.php?op=modload&name=Sections&file=index&req=viewarticle&artid=22> (21.12.2008).
- Grabner, R.H., Brunner, C., Leeb, R., Neuper, C. und Pfurtscheller, G. (2006): "Event-related EEG theta and alpha band oscillatory responses during language translation". *Brain Research Bulletin* 72(1):57-65.
- Green, A., Schweda-Nicholson, N., Vaid, J., und White, N. (1989): "Why Task Analysis is Important in Dual Task Research". Präsentation bei der Annual Conference Reporting Research in Neuropsychology. Niagara Falls, New York.
- Green, A., Schweda-Nicholson, N., Vaid, J., White, N. und Steiner, R. (1990): "Hemispheric Involvement in Shadowing vs. Interpretation: A Time-Sharing Study of Simultaneous Interpreters with Matched Bilingual and Monolingual Controls". *Brain and Language* 39:107-33.
- Green, A., Vaid J., Schweda-Nicholson N., White N. und Steiner, R. (1994): "Lateralization for Shadowing vs. Interpretation: A Comparison of Interpreters with Bilingual and Monolingual Controls". In: Lambert, S. und Moser-Mercer, B. (Hrsg.) *Bridging the Gap. Empirical Research in Simultaneous Interpretation*. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins, 331-55.
- Güntürkün, O. und Hausmann, M. (2007): "Funktionelle Hirnorganisation und Geschlecht". In: Lautenbacher, S., Güntürkün, O. und Hausmann, M. (Hrsg.) *Gehirn und Geschlecht: Neurowissenschaft des kleinen Unterschieds zwischen Mann und Frau*, Heidelberg: Springer, 87-104.
- Gungor, M.V. (2005): *Bioelectromagnetism*. Diplomarbeit an der Istanbul Technical University.
- Hättig, H. (2004): *Entwicklung und Erprobung eines dichotischen Hörtests zur Erfassung der Sprachdominanz bei epilepsiechirurgischen Kandidaten*. Dissertation an der Humboldt-Universität Berlin, Medizinische Fakultät.
<http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/haettig-heinz-2004-09-24/> (29.09.2008).
- Halime, B. (2002): *Bilingualismus und Code-switching bei der zweiten türkischen Generation in der Bundesrepublik Deutschland. Sprachverhalten und Identitätsentwicklung*. Essen: Universität GH Essen, Fachbereich 3, FuB 6.
http://www.linse.uni-due.de/linse/esel/pdf/banaz_codeswitching.pdf (29.09.2008).
- Hegde, M.N. (2006): *A Coursebook on Aphasia and Other Neurogenic Language Disorders* (dritte Auflage). New York: Thomson Delmar Learning.
- Herold, C. (n.d.): [Universitätsklinik für Radiodiagnostik] www.radiodiagnostik-akhwien.at (12.11.2008).
- Hull, R. und Vaid, J. (2007): "Bilingual language lateralization: A meta-analytic tale of two hemispheres". *Neuropsychologia* 45(9): 1987-2008.

- Ingram, J.C.L. (2007): *Neurolinguistics. An Introduction to Spoken Language Processing and Its Disorders*. New York: Cambridge University Press.
- Jäncke, L. (2002): "Funktionelle Links-rechts Asymmetrien". In: Karnath, H.O. und Thier, P. (Hrsg.) *Neuropsychologie*. Berlin/Heidelberg/New York: Springer, 635-45.
- Kade, O. (1968): "Zufall und Gesetzmäßigkeit in der Übersetzung". Beihefte zur Zeitschrift *Fremdsprachen* 1. Leipzig: Verlag Enzyklopädie.
- Kalderonova, E. O. (2007): *Dem Simultandolmetschen auf der Spur... Eine neurophysiologische Fallstudie*. Diplomarbeit an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Fachbereich Angewandte Sprach- und Kulturwissenschaft.
- Kim, K.H.S., Relkin, N.R., Lee, K.M. und Hirsch, J. (1997): "Distinct cortical areas associated with native and second languages". *Nature* 388:171-4.
- Klein, D., Zatorre, R.J., Chen, J.-K., Milner, B., Crane, J., Belin, P. und Bouffard, M. (2005): "Bilingual brain organization: A functional magnetic resonance adaptation study". *Neuroimage* 31:366-75.
- Knecht, S., Dräger, B., Deppe, M., Bobe, L., Lohmann, H., Flöel, A., Ringelstein, E.-B. und Henningsen, H. (2000): "Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans". *Brain* 123(12):2512-18.
- Krick, C., Reith, W., Behrent, S. und Franceschini, R. (2003): "Der Wechsel der Sprachen im Gehirn – Neue Einblicke in das "code-switching" mittels funktioneller Kernspintomographie". *Magazin Forschung der Universität des Saarlandes* 2003(2):2-7. <http://www.uni-saarland.de/mediadb/profil/veroeffentlichungen/ffmagazin/2-2003/1.pdf> (22.10.2008).
- Kurz, I. (1994): "A look into the 'black box' – EEG probability mapping during mental simultaneous interpreting". In: Snell-Hornby, M., Pöschhacker, F. und Kaindl, F. (Hrsg.) *Translation Studies: An Interdiscipline*. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins, 199-207.
- Kurz, I. (1996): *Simultandolmetschen als Gegenstand der interdisziplinären Forschung*. Wien: WUV-Universitätsverlag.
- Lambert, S. und Moser-Mercer, B. (Hrsg.) (1994): *Bridging the Gap. Empirical Research in Simultaneous Interpretation*. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins.
- Le Bihan, D., Mangin, J-F., Poupon, C., Clark, C.A., Pappata, S., Molko, N. und Chabriat, H. (2001): "Diffusion Tensor Imaging: Concepts and Applications". *Journal of Magnetic Resonance Imaging* 13:534-46. <http://otg.downstate.edu/downloads/2008/Spring08/RefsBMI/fMRI/DWI-DTI/bihan2001.pdf> (27.10.2008).

- Lederer, M. (1978): "Simultaneous Interpretation – Units of Meaning and Other Features". In: Gerver, D. und Sinaiko, H.W. (Hrsg.) *Language Interpretation and Communication* [NATO Conference Series]. New York und London: Plenum Press, 323-32.
- Lehtonen, M.H., Laine, M., Niemi, J., Thomsen, T., Vorobyev, V.A. und Hughdahl, K. (2005): "Brain correlates of sentence translation in Finnish- Norwegian bilinguals". *NeuroReport* 16(6):7-10.
- Leinonen, A., Laine, Mari, Laine, Matti und Krause, C.M. (2007): "Electrophysiological correlates of memory processing in early Finnish-Swedish bilinguals". *Neuroscience Letters* 416:22-7.
- Lenneberg, E. (1967): *Biological Foundations of Language*. New York: John Wiley.
- Lorscheid, T. (1983): *Evoked Potential Correlates of Semantic Word Processing*. Freiburg: Hochschulverlag.
- McCaffrey, P. (1997-2008): *The Neuroscience of the Web series*. California State Universita. <http://www.csuchico.edu/~pmccaffrey//> (23.10.2008).
- MacNamara, J. (1969): "How can one measure the extent of a person's bilingual proficiency?" In: Kelly, L.G. (Hrsg.) *Description and Measurement of Bilingualism*. Toronto: University of Toronto Press, 80-97.
- Momaur, C. (2004): *Le cerveau des bilingues: Étude comportementale et neurofonctionnelle de sujets unilingues, bilingues et interprètes professionnels*. Dissertation an der Universität Toulouse-Le Mirail.
- Moser-Mercer, B., Lambert, S., Darò, V. und Williams, S. (1997): "Skill components in simultaneous interpreting". In: Gambier, Y., Gile, D. und Taylor, C. (Hrsg.) *Conference Interpreting: Current Trends in Research*. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins, 133-48.
- Mumenthaler, M., und Mattle, H. (2002): *Grundkurs Neurologie. Illustriertes Basiswissen für das Studium*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Müller, H.M., Weiss, S. und Rickheit, G. (1997): "Experimentelle Neurolinguistik". In: Bielefelder Linguistik (Hrsg.) *Linguistik: Die Bielefelder Sicht*. Bielefeld: Aisthesis-Verlag, 125-128. http://www.uni-bielefeld.de/lili/forschung/ag_fachber/neuroling/Neurolinguistics.html (22.10.2008).
- Nespoulos, J-L (n.d.): *Descriptive summary* [Projektbeschreibung]. http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/02/82/53/PDF/Nespoulos_english.pdf (21.12.2008).
- Paradis, M. (2004): *A neurolinguistic theory of bilingualism*. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins.
- Peal, E. & Lambert, M. (1962). "The relation of bilingualism to intelligence". *Psychological Monographs* 76(546):1-23.

- Perani, D., Paulesu, E., Galles, N.S., Dupoux, E., Dehaene, S., Bettinardi, V., Cappa, S.F., Fazio, F. und Mehler, J. (1998): "The bilingual brain. Proficiency and age of acquisition of the second language". *Brain* 121:1841-52.
- Petsche, H., Etlinger, S.C. und Filz, O. (1993): "Brain Electrical Mechanisms of Bilingual Speech Management: An Initial Investigation". *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 86:385-94.
- Petsche, H. & Etlinger, S.C. (1998): *EEG and Thinking. Power and Coherence Analysis of Cognitive Processes*. Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- Pöschhacker, Franz (2004): *Introducing Interpreting Studies*. New York: Routledge.
- Pöschhacker, F. & Shlesinger, M. (Hrsg.) (2002): *The interpreting studies reader*. London/New York: Routledge.
- Price, C.J., Green, D.W. und von Studnitz, R. (1999): "A functional imaging study of translation and language switching". *Brain* 122:2221-35.
- Price, C.J. (2000): *The anatomy of language: contributions from functional neuroimaging*.
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/picrender.fcgi?artid=1468137&blobtype=pdf>
 (01.12.2008).
- Reiterer, S., Hemmelmann, C., Rappelsberger, P. und Berger, M.L. (2005): "Characteristic functional networks in high- versus low-proficiency second language speakers detected also during native language processing: An explorative EEG coherence study in 6 frequency bands". *Cognitive Brain Research* 25:566-78.
- Rinne, J.O., Tommola, J., Laine, M., Krause, B.J., Schmidt, D., Kaasinen, V., Teräs, M., Sipilä, H. und Sunnari, M. (2000): "The Translating Brain: Cerebral Activation Patterns during Simultaneous Interpreting". *Neuroscience Letters* 294:85-8.
- Schöler, M. & Grötzbach, H. (2004): *Aphasie - Wege aus dem Sprachdschungel*. Berlin/Heidelberg: Springer Verlag.
- Setton, R. (1999): "Cognitive pragmatics in T & I research". In: Álvarez Lugrís, A. und Fernández Ocampo, A. (Hrsg.) *Anovar/anosar estudios de traducción e interpretación*. Universidade de Vigo, Servicio de Publicacions, Vol.1, 307-15.
- Sipilä, O. (2000): *Methodological Aspects for Improving Clinical Value of SPECT and MRI*. Dissertation an der Helsinki University of Technology.
- Snell-Hornby, M., Höning, H.G., Kußmaul, P. und Schmitt, P.A. (Hrsg.) (1999): *Handbuch Translation*. Tübingen: Stauffenburg.
- Sora, M.C. & Staykov, D. (2000): *The plastinated brain*. Institut für Anatomie der Medizinischen Universität Wien.
<http://www.univie.ac.at/anatomie2/plastinatedbrain/main.html> (22.11.2008).

- Springer, J.A., Binder, J.R., Hammeke, T.A., Swanson, S.J., Frost, J.A., Bellgowan, P.S., Brewer, C.C., Perry, H.M., Morris, G.L. und Müller, W.M. (1999): "Language dominance in neurologically normal and epilepsy subjects". *Brain* 122(11): 2033-46.
- Sundgren, P.C., Dong, Q., Gómez-Hassan, D., Mukherji, S.K., Maly, P. und Welsh, R. (2004): "Diffusion tensor imaging of the brain: review of clinical applications". *Neuroradiology* 46:339-50.
- Sundström, T. (2006): *Human brain function evaluated with rCBF-SPECT*. Dissertation an der Universität Umeå.
- Sussman, H.M., Franklin, P. und Simon, T. (1982): "Bilingual speech: Bilateral control?" *Brain and Language* 15:125-42.
- Tanzer, O. (2006): *Numerical Modeling in Electro- and Magnetoencephalography*. Dissertation an der Helsinki University of Technology.
- Tesak, J. (2006): *Einführung in die Aphasologie*. Stuttgart: Georg Thieme.
- Thiéry, C. (1978): "True Bilingualism and Second-language Learning". In: Gerver, D. und Sinaiko, H.W. (Hrsg.) *Language Interpretation and Communication*. [NATO Conference Series]. New York: Plenum Press, 145-53.
- Thomas, C., Altenmüller, E., Marckmann, G., Kahrs, J. und Dichgans, J. (1997): "Language processing in aphasia: changes in lateralization patterns during recovery reflect cerebral plasticity in adults". *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 102(2):86-97.
- Tirassa, M. (1999): "Communicative competence and the architecture of the mind/brain". *Brain and Language* 68:419-41. <http://cogprints.org/3584/1/1999-Communication.pdf> (22.12.2008).
- Tommola, J. (1999): "New Trends in Interpreting Research: Going Psycho – or Neuro?" In: Álvarez Lugrís, A. und Fernández Ocampo, A. (Hrsg.) *Anovar/anosar estudios de traducción e interpretación*. Universidade de Vigo, Servicio de Publicacions, Vol. 1, 321-30.
- Tommola, J., Laine, M.J., Sunnari, M. und Rinne, J.O.(2000): "Images of Shadowing and Interpreting". *Interpreting* 5(2):147-67.
- Treisman, A.M. (1965): "The Effects of Redundancy and Familiarity on Translating and Repeating Back a Foreign and a Native Language". *British Journal of Psychology* 56:369-79.
- Weinreich, U. (1953): *Languages in Contact: Findings and Problems*. New York: Linguistic Circle of New York.
- Wuttich, S. (2004): *Detektion von neuronalen Aktivitäten in der raum-zeitlichen zerebralen Stromdichteverteilung*. Diplomarbeit an der Fachhochschule Aachen.

Weiterführende Links

<p>Universität Graz http://emile.uni-graz.at/pub/05W/2005-12-0069.pdf</p> <p>Unterlagen zu Bilingualismus und Code-Switching.</p>	<p>zuletzt besucht am: 29.09.2008</p>
<p>www.linguistik-online.de</p> <p>Regelmäßig erscheinende Internet-Fachzeitschrift.</p>	<p>zuletzt besucht am: 29.09.2008</p>
<p>Universität Düsseldorf http://www.uni-duesseldorf.de/MedFak/mai/2004/content/neuroanatomie/themen/Na_Q/15-Cortex-www-1.htm</p> <p>Informationen über Gliederung und funktionelle Organisation des Kortex.</p>	<p>zuletzt besucht am: 20.10.2008</p>
<p>Universität Wien www.univie.ac.at/anatomie2/plastinatedbrain/main.html</p> <p>Faszinierende Bilder eines seziierten und präparierten Gehirns.</p>	<p>zuletzt besucht am: 29.09.2008</p>
<p>Universität Stuttgart http://www.ims.uni-stuttgart.de/phonetik/joerg/sgtutorial/</p> <p>Umfassende Einführung in das Thema "Sprache und Gehirn".</p>	<p>zuletzt besucht am: 22.10.2008</p>
<p>University of Michigan http://www.umich.edu/~cogneuro/jpg/Brodmann.html</p> <p>Topographische und funktionelle Darstellung der Brodmann-Areale.</p>	<p>zuletzt besucht am: 20.10.2008</p>
<p>Georgia Perimeter College http://facstaff.gpc.edu/~bbrown/psyc1501/brain/loclat.htm</p> <p>Informationen über Lateralisierung und Gehirnfunktionen sowie weiterführende Links.</p>	<p>zuletzt besucht am: 20.10.2008</p>

Abstract

Die vorliegende Arbeit soll einen Überblick über den Stand der Forschung im neurolinguistischen Paradigma der Dolmetschwissenschaft liefern. Dieses Paradigma baut auf Konzepten der kognitiven Psychologie auf und beschäftigt sich mit der Analyse der neuronalen Aktivität während des Dolmetschprozesses. Unter dem Gesichtspunkt der Interdisziplinarität werden die unterschiedlichen Forschungs- und Wissensgebiete von NeurologInnen und DolmetschwissenschaftlerInnen analysiert und zusammengeführt.

Nach einer kurzen Präsentation der für diese Arbeit relevanten Konzepte der Dolmetschwissenschaft werden die allgemeinen medizinischen Grundlagen sowie die wichtigsten Bereiche der Neurolinguistik dargestellt. Auf diese kurzen Überblicke über die drei Teildisziplinen des in dieser Arbeit behandelten Forschungsgebietes der "Neuro-Dolmetschwissenschaft" (Dolmetschwissenschaft, Medizin und Neurolinguistik) folgt eine ausführliche Präsentation der neurologischen Untersuchungsmethoden. Anschließend werden die bis heute durchgeführten neurologischen Studien an DolmetscherInnen und über das Dolmetschen im Detail beschrieben. Den Abschluss dieser Arbeit bildet eine Diskussion der Ergebnisse der beschriebenen Studien unter Berücksichtigung der wissenschaftlich anerkannten Fakten und Grundlagen.

Bei den beschriebenen neurologischen Studien handelt es sich sowohl um neuropsychologische Untersuchungen mittels Finger-tapping als auch um Studien, in denen bildgebende Verfahren wie EEG, fMRT, PET und DTI zur Anwendung kamen.

Aus der Analyse der Ergebnisse geht hervor, dass Sprache bei zwei- und mehrsprachigen Personen (und somit auch bei DolmetscherInnen) anders organisiert ist als bei einsprachigen Menschen. Der Fokus der sprachlichen Fähigkeiten scheint in der linken Hemisphäre zu liegen, jedoch ist die rechte Gehirnhälfte deutlich in den Dolmetschprozess involviert. In einigen Fällen zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen der Organisation der Muttersprache und der Fremdsprache. Vor allem die Fremdsprache ist symmetrischer organisiert. Beim Dolmetschen ist die größte

Aktivität im Stirn- und Schläfenlappen zu verzeichnen. Innerhalb des Stirnlappens scheint der VLPFC (ventrolateral prefrontal cortex) eine besondere Rolle zu spielen. Auch das Cerebellum und subkortikale Strukturen sind am Dolmetschprozess beteiligt. Studien, die einen Vergleich zwischen der Tätigkeit des Dolmetschens und anderen komplexen kognitiven Prozessen anstrebten, weisen auf die Einzigartigkeit des Dolmetschens und seine offensichtlichen Unterschiede zu anderen Tätigkeiten hin. Durch die Komplexität der Aufgabe sind neuronale Aktivitätsveränderungen beim Dolmetschen ausgeprägter als bei den Vergleichsaktivitäten. Die Abhängigkeit des Aktivitätsausmaßes von der Komplexität der Aufgabe ist auch beim Vergleich der Dolmetschrichtungen erkennbar: Beim Dolmetschen in die Fremdsprache ist die Aktivität in beiden Gehirnhälften höher als beim Dolmetschen in die Muttersprache, woraus man schließen könnte, dass das Dolmetschen in die (meist schlechter beherrschte) Fremdsprache anspruchsvoller ist. Außerdem evozieren schwierigere oder seltener verwendete Wörter sowie komplexe Sätze und Texte höhere Gehirnaktivität als einfache Strukturen. Zum Code-switching liegen sehr unterschiedliche Ergebnisse vor. Manche Studien lassen spezielle, für den Sprachwechsel verantwortliche Areale vermuten, während andere dies wiederum ausschließen.

Da bildgebende Verfahren einem ständigen Wandel unterliegen und von Jahr zu Jahr neue Entwicklungen zu verzeichnen sind, sind die Möglichkeiten der Neurolinguistik und des neurolinguistischen Paradigmas der Dolmetschwissenschaft keineswegs erschöpft. Vielmehr können zukünftige Untersuchungsmöglichkeiten und Forschungsergebnisse mit Spannung erwartet werden.

CURRICULUM VITAE

PERSÖNLICHE INFORMATIONEN

Mag. Elisabeth Holub

Zimmermannngasse 24/5
1090 Wien
Tel.: 0650 4262 196
E-Mail: elisabeth.holub@gmx.net



Geboren am 08.06.1982 in Steyr
Österreichische Staatsbürgerin

AUSBILDUNG

1988-1992	Volkschule Berggasse, Steyr
1992-2000	Bundesgymnasium Werndlpark, Steyr
Okt. 2000 – Okt. 2007	Studium des Übersetzens und Dolmetschens, Erreichung des akademischen Grades Mag. phil.
Juli 2006	Teilnahme am „Praxiskurs Konferenzdolmetschen“ an der Europäischen Akademie Otzenhausen, Deutschland

AUSLANDSAUFENTHALTE

Sommer 2001, 2002, 2003	Au Pair bei Familie Goode in London, UK
Okt. 2005 – Feb. 2006	Auslandssemester an der Universität Bologna, Italien

BERUFLICHE TÄTIGKEITEN

Juni 2006 – jetzt	Freiberufliche Übersetzerin und Dolmetscherin
Okt. 2008 – jetzt	Angestellte der Universität Wien im Rahmen des Projekts „Qualität beim Simultandolmetschen“ unter der Leitung von Prof. Franz Pöchhacker

Wien, am 18. Jänner 2009