

Blick ins Gehirn

Vorschlag eines einfachen Experimentes zur
Lokalisation des Sprachzentrums in einer Hirnhemisphäre

Inhaltsverzeichnis Langfassung

1. Einleitung	S. 1
2. Sachdarstellung	S. 2
3. Versuchsreihen zur Verortung der Sprachlateralisierung	S. 6
4. Ergebnisse	S. 8
5. Diskussion	S. 12
6. Anhang Danksagung Quellen	S. 16
7. Anhang Gehirnaufbau, Lateralisation, Auswertungsbögen	S. 19

1. Einleitung: Fragestellung, Zielsetzung

Eine der auffälligsten Strukturen der Gehirnorganisation ist die Separation von zwei Gehirnhälften, welche nicht einfach nur symmetrisch aufgebaut sind, sondern jeweils differenzierte Funktionen haben. Die Lokalisation von funktionellen Zentren in den jeweiligen Gehirnhälften ist ein altes Forschungsgebiet, das aber oft mit hohem apparativem Aufwand verbunden und dem experimentellen Zugriff in der Schule entzogen ist.

Die Möglichkeit über Sprache mit anderen Menschen kommunizieren zu können, kann als hervorragende Leistung des Menschen gegenüber den Tieren angesehen werden. Die Lokalisation des Sprachzentrums¹ ist von sehr hoher Bedeutung, ermöglicht es doch einerseits Hinweise über Fehlfunktionen in diesen Bereichen zu bekommen und andererseits an Operationen im Bereich des Gehirns so herangehen zu können, dass die Fähigkeit des Sprechens nicht zerstört wird. Die in der Medizin gegebenen Methoden zur Ortung des Sprachzentrums, dessen Lage individuelle unterschiedlich ist, sind komplex und technisch aufwendig.

Unsere Untersuchungsmethode könnte auch zum Beispiel im Bereich der Pädagogik von Relevanz sein. So könnten hier Zusammenhänge zwischen der Lage des Sprachzentrums bzw. der Koordination der Hirnhälften und bestimmter Lernauffälligkeiten (die etwa bei Lese-Rechtschreibschwäche diskutiert werden) leichter erkennbar und Konsequenzen für Lernmethoden² übertragbar sein. Auch hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen der Lage des Sprachzentrums und der Händigkeit können sich eventuell Schlussfolgerungen ergeben, so zum Beispiel, ob sich die Lage des Sprachzentrums im Zusammenhang mit der Händigkeit auf die Persönlichkeit auswirkt (vor allem umerzogene Linkshänder sollen hier Auffälligkeiten zeigen).

Der Anstoß für diese Arbeit entstand im Biologieunterricht bei der Auseinandersetzung mit dem Thema: „Split-Brain Patienten“, bei denen man zur Behandlung von sehr schweren Epilepsien die beiden Gehirnhälften durchtrennte. Auch diese Experimente zeigten, dass die Lage des Sprachzentrums individuell unterschiedlich ist. Und genau dies ist der Ansatz

¹ Wenn im folgenden Text z.T. von „dem Sprachzentrum“ die Rede ist, dann ist immer der jeweilige Gesamtkomplex der vielfältigen funktionellen Hirnareale gemeint, wie wir sie auch im weiteren Verlauf der Arbeit beschreiben.

² Mehr dazu Seite 13.

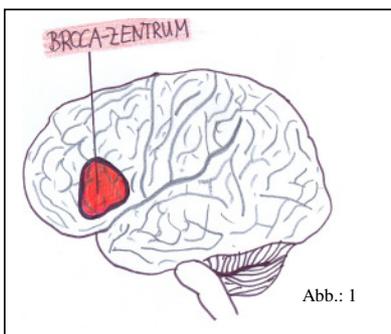
unseres Projektes. Wie kann man auf einfache Weise herausfinden, in welcher Gehirnhälfte das Sprachzentrum sich bei einem Probanden befindet? Durchaus gibt es schon Methoden zur Ortung des Sprachzentrums. Diese sind ziemlich aufwendig, z.T. gefährlich (Wada-Test) und kostspielig. Die funktionelle MRT (fMRT) kostet lt. Dr. Löbber, Düsseldorf, pro Durchführung etwa 1000€.

Unseren Versuchsaufbau änderten wir wegen verschiedener Mängel mehrfach, aus Platzgründen können wir nicht alle Phasen hier darstellen. Mit insgesamt 202 Probanden führten wir Versuche durch. Im Folgenden stellen wir im Wesentlichen nur die Ergebnisse der letzten zwei Versuchsserien vor.

Schon letztes Jahr hat eine von uns (Teresa) mit Eva van den Hurk unter ähnlicher Fragestellung bei Jugend forscht teilgenommen. Bei der Arbeit lag der Hauptansatz allerdings noch beim Stroop Effekt, dessen Ansatz – ein Konflikt im Gehirn - wir konsequent durch einen eigenen experimentellen Ansatz in einen Konflikt zwischen den Gehirnhälften umgewandelt haben, dessen Lösung für die Lokalisation des Sprachzentrums nutzbar ist.

2. Sachdarstellung

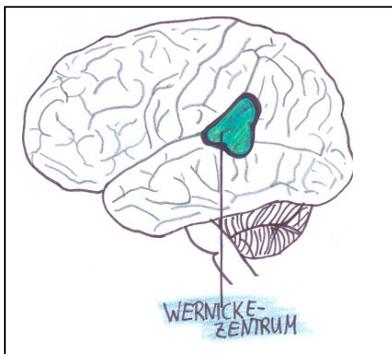
Broca-Zentrum oder Broca-Areal



Die ersten Hinweise zur Lage des Sprachzentrums gab es durch Paul Broca, einem französischen Anatom und Arzt, 1824-1880, der nach der Obduktion eines Patienten (1861), „Monsieur Tan“, dessen einzige Äußerung in 21 Jahren das Wort „Tan“ gewesen war, der aber verstand, was man ihm sagte und sich mit Gesten und dem „Tan -Tan“ ausdrückte, herausfand, dass eine Gewebsstruktur in der unteren linken Region des Stirnlappens fehlte, und daraus schloss, dass das Sprachvermögen bei diesem Patienten in der linken Gehirnhälfte angesiedelt war.³

Dieser Bereich des Gehirns, das Broca-Zentrum, auch vorderes, wegen seiner Lage im Bezug zum Wernicke-Zentrum (siehe unten auf der Seite), oder motorisches Zentrum, wegen seiner Funktion, genannt, steuert den Wörterfluss und befindet sich direkt neben der motorischen Rinde, die, wie im Anhang erwähnt, Lippen, Zunge und Stimmbänder kontrolliert. Bei Verletzung dieser Zone ist der Betroffene nicht mehr in der Lage ganze und flüssige Sätze zu bilden.

Paul Broca gab zudem der Broca-Aphasie seinen Namen, eine Sprachstörung, bei der eine verlangsamte Sprechweise, sowie eine nicht völlig ausgebildete Grammatik vorliegen.



Wernicke-Zentrum

Carl Wernicke (1848-1905), ein deutscher Neurologe und Psychiater, gab 1874 dem Wernicke-Zentrum seinen Namen, als er dieses Areal bei Erforschungen von Aphasien, Sprachstörungen, die in Folge von neurologischen Erkrankungen auftreten, entdeckte.⁴ Dieses Zentrum wird auch hinteres, da es im Vergleich zum Broca-Zentrum weiter hinten liegt, oder sensorisches Sprachzentrum genannt, da es wie einen Sensor Reize der Umwelt aufnimmt. Es liegt im hinteren Bereich der

oberen Schläfenwindung und ist sowohl für die Lautwahrnehmung als auch für die
S; Abb.: 2 tion wichtig.

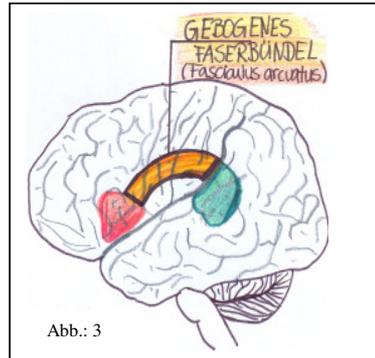
³ Benner K.U.: Der Körper des Menschen, Augsburg, 1996, S. 234 ff.

⁴ <http://de.wikipedia.org/wiki/Aphasie> vom 20.1.2007

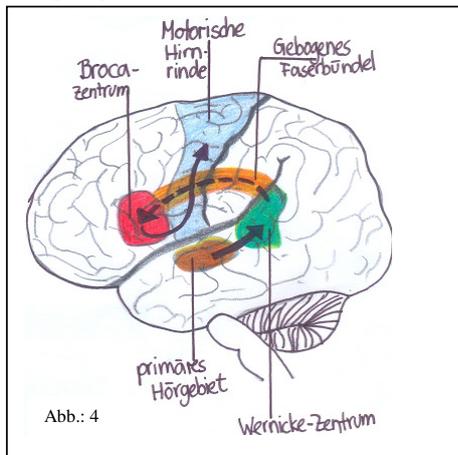
Es hilft uns zum Beispiel dabei gesprochene Worte zu verstehen, wobei das Gehörte in verständliche Wortmuster aufgeschlüsselt wird.⁵ Vergleichbar ist das Wernicke-Zentrum in etwa mit einem Mikrophon, welches Laute aufnimmt und sie in Muster zerlegt. Bei Verletzungen dieser Zone kommt zwar zu einer Aussprache von Sätzen, in einem gewohnten Rhythmus, die jedoch sinnlose Silben, manchmal ganze sinnlose Wörter beinhalten.

Das gebogene Faserbündel – Fasciculus arcuatus

Die Verbindung zwischen dem Broca-Zentrum und dem Wernicke-Zentrum ist ein Nervenstrang (Abb. 3), das gebogene Faserbündel (Fasciculus arcuatus). Sprachliche Muster, die im Wernicke-Zentrum aufgeschlüsselt werden, werden über dieses Nervenfaserbündel in das Broca-Zentrum weitergeleitet.⁶

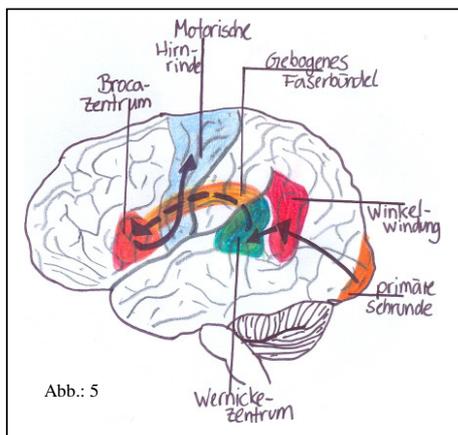


Vorgänge im Gehirn bei der Wiederholung eines gehörten Wortes:



Wenn man ein gehörtes Wort aussprechen soll, so werden im primären Hörgebiet (Putamen, der Basalganglien) Informationen über ebendieses Wort registriert und über den ventrolateralen Thalamus (Teil des Zwischenhirns) zum benachbarten Wernicke-Zentrum weitergeleitet. Dort wird das Gehörte analysiert und zu Wortmustern aufgeschlüsselt. Diese Signale werden daraufhin über das gebogene Faserbündel zum motorischen Sprachzentrum und danach zur motorischen Hirnrinde weitergeleitet, von wo aus Befehle an Muskeln gehen, die schließlich dafür verantwortlich sind, das gehörte Wort wiederholen zu können (Stimm lippenbewegungen, Atembewegungen, Artikulation...)

Vorgänge im Gehirn beim Aussprechen eines gelesenen Wortes:



Grundsätzlich sind ähnliche Areale im Gehirn in Arbeit, wenn jemand aufgefordert wird, ein Wort laut vorzulesen: Impulse, von der Netzhaut des Auges kommend, gelangen über den Sehnerv zur primären Sehrinde (Area striata), die im Hinterhauptslappen des Gehirnes zu finden ist. Von dort aus gelangen die Signale zur Winkelwindung (Gyrus angularis) oder auch optisches Sehzentrum oder „Lesezentrum“ genannt, wo die „visuellen Wortbilder in Klang umgewandelt werden“ (Benner, K.-U., Der Körper des Menschen, S. 249). Danach durchlaufen die Signale wie im obigen Beispiel das Wernicke-Zentrum,

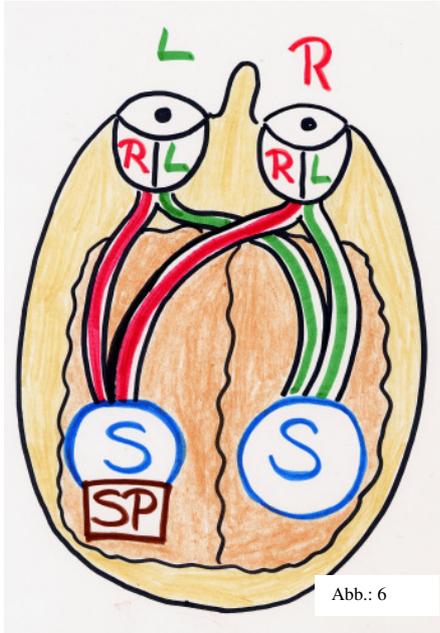
⁵ Benner K.U.: Der Körper des Menschen, Augsburg, 1996, S. 249

⁶ Benner K.U.: Der Körper des Menschen, Augsburg, 1996, S. 247

das gebogene Faserbündel, das Broca-Zentrum sowie schließlich die motorische Hirnrinde, von wo aus Befehle an Muskeln gegeben werden, um das gelesene Wort laut vorlesen zu können.

Der Nervus opticus:

Von der rechten Hälfte der Netzhaut beider Augen werden Erregungen zur rechten Seite des Gehirns geleitet, von den linken Netzhauthälften entsprechend zur linken (Abb. 6). Auf diese Weise gelangen Erregungen die sich auf Reize aus denselben Stellen der Umgebung beziehen, auf dieselbe Gehirnhälfte.⁷ Erregungen werden hierbei durch die Sehnerven (Nervus opticus) in die entsprechende Gehirnhälfte geleitet. An einer Stelle überkreuzen sie sich (Sehnervenkreuzung, Chiasma opticum).



Der momentane Forschungsstand in der Medizin

In den letzten Jahren hat es in dem Bereich der Hirnforschung erhebliche Fortschritte gegeben, so auch im Zusammenhang mit dem Sprachzentrum. Immer mehr sprachrelevante Areale, also ein komplexes Netzwerk⁸, werden dank funktioneller Bildgebungsverfahren, Verfahren, bei denen man bei sprachlichen Aufgaben eine höhere Aktivität in betroffenen Bereichen aufzeichnen kann (siehe Seite 10), gefunden. An den sehr verschiedenen Informationen, die man sowohl in Büchern, wie auch im Internet findet, kann man sehen, wie aktuell das Thema der Lokalisation der Sprachzentren ist. So wird in Büchern, Dokumenten oder auf Internetseiten gelehrt⁹, dass am Sprechen beleidigte Areale hauptsächlich die oben genannten sind. Andere Quellen gehen jedoch darauf ein, dass die oben beschriebene Lokalisation des Sprachzentrums veraltet sei und dass bis zu 30 verschiedene „Sprachareale“¹⁰ im Gehirn zu finden sind.¹¹

Hierbei fällt auf, dass in vielen Büchern die Lokalisation der Sprache auf das Broca-, sowie das Wernicke-Zentrum, die motorische Hirnrinde, das gebogene Faserbündel und die Winkelwindung beschränkt wird, was damit zusammenhängen könnte, dass Bücher nicht so aktuell sein können wie das Internet. Gleichzeitig muss man jedoch beachten, dass im Internet nicht nur brauchbare und wahre Angaben zu finden sind. Ich habe mich daher fast ausschließlich mit Aussagen von wissenschaftlichen Quellen oder von Wikipedia befasst, die entweder kontrolliert werden oder wissenschaftlich belegt sind.

⁷ vgl. auch Natura, Biologie für Gymnasien, Oberstufe, 2005, S. 230

⁸ Vgl. Gebert 2006 S.4

⁹ Benner, K.-U.: Der Körper des Menschen, Augsburg, 1996, www.ling.uni-potsdam.de/~kuegler/docs/sppc_GoRo.pdf vom 20.1.2007, www.ikp.uni-bonn.de/dt/lehre/materialien/spracherwerb/Uhe.pdf vom 20.1.2007

¹⁰ So zeigt Gebert, 2006 S.2 beruhend auch auf anderen Ergebnissen, dass man nur von einer Linksseitendominanz sprechen kann. Wird das linksseitige Sprachzentrum z.B. durch einen Schlaganfall gestört, so erlangt der rechte Kortex Bedeutung bei der Wiedererlangung der Sprechfähigkeit.

¹¹ http://www.spz.tu-darmstadt.de/projekt_ejournal/jg-02-2/beitrag/goetze1.htm vom 20.1.2007, <http://de.wikipedia.org/wiki/Sprachzentrum> vom 24.1.2007

Split-Brain-Patienten

Im Jahre 1940 wurde in den USA zum ersten Mal zur Behandlung von schweren Epilepsien beim Menschen operativ der Balken durchtrennt. Durch diese Durchtrennung hat man versucht die Ausbreitung der epileptischen Aktivität von der einen in die andere Gehirnhälfte zu unterbinden. Nach der Operation hatte sich der Zustand der Patienten (Split-Brain-Personen) hinsichtlich der Epilepsie verbessert. Auf den ersten Blick waren zudem keine Nebenwirkungen, wie z.B. die Änderung des Verhaltens zu beobachten.

Ich gehe des Weiteren nur auf die für die Sprachlateralisierung relevanten Versuchsergebnisse ein.

Zur Untersuchung des Verhaltens dieser Patienten, zum Beispiel durch Roger Sperry, wurden sie vor eine Projektionswand gesetzt. In der Mitte wurde ein Punkt abgebildet, rechts und links davon jeweils ein Gegenstand. Bittet man nun die Person den Punkt in der Mitte zu fixieren, so wird der rechts abgebildete Gegenstand auf der linken Netzhauthälfte abgebildet und somit in die linke Hemisphäre geleitet und umgekehrt. Daraufhin wird der Patient gebeten, unter mehreren, ihm verborgenen Gegenständen, solche mit der Hand herauszusuchen, die den Objekten auf dem Bildschirm entsprechen.¹

Patienten, bei denen sich die Dominanz des Sprachzentrums in der linken Gehirnhälfte¹² vorfinden lässt, können nur den rechts projizierten Gegenstand benennen, zudem wird bestritten, dass links ein Gegenstand zu sehen ist. Die mit der linken Hand ertasteten Gegenstände sind die, die links abgebildet wurden. Soll nun der mit der linken Hand ertastete Gegenstand benannt werden, so wird der auf der rechten Seite projizierte Gegenstand genannt.

Patienten, bei denen die Dominanz des Sprachzentrums in der rechten Gehirnhälfte zu finden ist, können nur den links projizierten Gegenstand benennen.

Patienten, die keine Lateralisierung der Sprache aufweisen, können sowohl den rechts wie auch den links projizierten Gegenstand benennen. Diese Patienten sind zudem in der Lage einen Gegenstand unter mehreren zu ertasten, wenn dieses mittels eines projizierten Wortes von beiden Gehirnhälften verlangt wurde.

Diese Versuche, die die Wirkungen der Balkentrennung nachweisen, zeigen ganz deutlich, dass die Gehirnhälfte, in der das Sprachzentrum nicht dominant ist, nicht fähig ist „zu sprechen“, wobei die andere Hemisphäre Gegenstände wie gesunde Personen „benennen kann“. Man kann jedoch nicht mit Sicherheit sagen, dass diese Erkenntnis über den Unterschied der Hemisphären auf das Gehirn gesunder Menschen übertragbar ist, da man das Ausmaß des operativen Eingriffes nicht abschätzen kann.

Der WADA-Test (Natriumamyltaltest):

Diese Art der Bestimmung der sprachdominanten Hemisphäre wird oft vor Operationen angewandt, die im Bereich des Gehirnes stattfinden. Hierbei führt das Narkosemittel „Natrium Amytal“, welches entweder in die rechte oder in die linke Halsschlagader injiziert wurde, zu einer einige Minuten andauernden „Bewusstlosigkeit“ der Hemisphäre, die von der betroffenen Halsschlagader versorgt wird.¹ Während die eine Hemisphäre nun für einige Minuten betäubt ist, werden mit der anderen sprachliche Tests durchgeführt, wie zum Beispiel das Benennen von Gegenständen.² Wenn die sprachdominante Hemisphäre betäubt ist, bleibt der Patient zunächst für etwa eine Minute stumm, daraufhin macht er Fehler zum Beispiel in der Benennung oder beim Aufsagen von bekannten Wortfolgen. Ist jedoch die andere Hemisphäre betäubt, so kann der Patient Wörter fast fehlerfrei benennen. Je nachdem, ob der Patient nun in der Lage ist, diese sprachlichen Aufgaben zu bewältigen oder nicht, kann der Arzt herausfinden, in welcher Hemisphäre das Sprachzentrum liegt.

¹² Gebert, 2006, S.6: „Mit funktioneller Asymmetrie oder Dominanz ist nicht gemeint, dass es eine klare Zuordnung bestimmter Funktionen zur rechten oder linken Hemisphäre gibt, sondern dass die beiden Hemisphären an einer Funktionsausübung in unterschiedlichem Maße beteiligt sind.“

Messung der Gehirnaktivität

Eine andere Möglichkeit, um vor Operationen herauszufinden, welches die sprachdominante Hemisphäre ist, ist das Messen der Gehirnaktivität bei sprachlichen Aufgaben. Hierzu wird ein Elektroenzephalogramm benutzt, welches durch das Messen von schwachen Stromimpulsen an der Kopfhaut die Gehirnaktivität in bestimmten Bereichen bestimmen kann. Bei sprachlichen Aufgaben, wie zum Beispiel beim Schreiben, können so Bereiche bestimmt werden, in denen sprachliche Aufgaben bevorzugt stattfinden. Aufgezeichnet wurden zwei verschieden aussehende Kurven, die die Gehirnaktivität in den zwei Hemisphären beschreibt: Eine unregelmäßige Kurve mit einer großen Amplitude steht für eine abnehmende Informationsverarbeitung und die Kurve mit einer geringen Amplitude beschreibt die Hemisphäre, in der sprachliche Aufgaben bevorzugt verarbeitet werden, was auf den ersten Blick widersprüchlich erscheint.

fMRT (funktioneller Magnetresonanztomographie):

Magnetresonanztomographie ist ein bildgebendes Verfahren zur Darstellung der Gewebestruktur im Körperinneren. Mit einer MRT kann man Schnittbilder des menschlichen Körpers erzeugen, die einen Vergleich und eine Orientierung an anatomische Schnitten derselben Region zulassen und oft eine sehr gute Beurteilung der Organe und vieler Organveränderungen erlauben. Somit kann man auch den Sitz des Sprachzentrums feststellen. Die Magnetresonanztomographie nutzt magnetische Felder und hochfrequente elektromagnetische Wellen, keine Röntgenstrahlen. Grundlage für den Bildkontrast ist die unterschiedliche Empfänglichkeit der untersuchten Gewebe für die angewandten physikalischen Größen¹³.

Visuell evozierte Potentiale (VEP):

Der Patient blickt möglichst starr auf einen Bildschirm, der ein schwarz-weißes Schachbrettmuster zeigt, das 1x pro Sekunde das Muster wechselt. Elektroden werden über der Sehrinde des Gehirns am Hinterkopf beidseits befestigt und leiten die hier messbare Gehirnaktivität an den Computer weiter. Die Ableitung erfolgt über etwa 5-10 Minuten. Diese Methode hat der Düsseldorfer Neurologe Dr. Löbber freundlicher Weise kostenlos bei Probanden von uns zur Kontrolle auf Fehlermöglichkeiten unserer Messergebnisse im Februar 2008 durchgeführt.

3. Unsere Versuche zur Sprachlateralisation:

Unsere grundlegende Hypothese lautet:

„Wird im jeweiligen sensorischen Bereich jeder Gehirnhälfte gleichzeitig ein Signal gegeben, so wird jenes Signal verbalisiert, welches in jener Gehirnhälfte ankommt, in welcher auch das Sprachzentrum liegt.“¹⁴

Die 1. Versuchsreihe:

Unser Versuch besteht aus zwei Teilen. Im ersten Teil wird die Versuchsperson so vor eine PowerPoint Präsentation gesetzt, dass in jede Gehirnhälfte ein anderer Sinneseindruck projiziert wird. Die Versuchsperson soll daraufhin so schnell wie möglich (!) das Symbol benennen, welches zuerst erschienen ist (der Versuchsperson wird vorher suggeriert, es bestünde angeblich eine minimale kaum merkliche zeitliche Differenz zwischen dem Erscheinen der Objekte). Laut unserer Hypothese wird das Objekt benannt, dessen Sinneseindruck in jene Gehirnhälfte geleitet wurde, in der funktionell die Dominanz des Sprechens liegt.

Der zweite Teil des Versuchs baut auf der gleichen Hypothese auf. Hierbei hört der Proband gleichzeitig rechts und links verschiedene, etwa gleichlange und gleichlaute Wörter. Wieder wird der Patient aufgefordert eins der 2 Wörter so schnell wie möglich zu wiederholen.

¹³ <http://de.wikipedia.org/wiki/Magnetresonanztomographie> vom 21.12.2007

Es handelt sich also um eine eigentlich einfache Annahme, denn der Signalweg von der anderen Hirnhälfte über den „Balken“, welcher die Hirnhälften verbindet, ist natürlich zum einen weiter, zum anderen dürften viel mehr Synapsen zu überwinden sein. Um diesen Gedanken zu veranschaulichen, kann man sich vor Augen führen, dass das Gehirn in der Lage ist den Unterschied zwischen dem Eintreffen von Tönen in dem rechten und linken Ohr so zu realisieren, dass man diesen Unterschied dahingegen auslegen kann, die Richtung zu orten aus der der gehörte Ton kam¹⁵.

Was blieb, war nur, diese Hypothese in einen konsequent daraus abgeleiteten Versuchsaufbau einfließen zu lassen.

Ein Weg der Verifizierung unserer Hypothese ist, ob unsere Ergebnisse mit denen der Literatur übereinstimmen, dass heißt, *ob man prozentual eine ähnliche Verteilung der rechtshemisphärischen sowie linkshemisphärischen Sprachdominanz feststellen kann*. Da in der Literatur ein enger Zusammenhang zwischen der Händigkeit und der Sprachdominanz aufgezeichnet wird, können wir unsere Ergebnisse überprüfen. Denn laut Literatur haben etwa 15% der Linkshänder das Sprachzentrum in der rechten Hemisphäre, 15% der Linkshänder sind beidhemisphärisch und 95% der Rechtshänder in der linken¹⁶ Hemisphäre dominierend.

Die 1. Versuchsserie haben wir bis dato mit etwa 60 Personen, verschiedener Händigkeit, durchgeführt. Diese Versuchszahl lässt uns klare Parallelen zu den Ergebnissen aufweisen, die wir in der Literatur gefunden haben.

Tab.: 1

Geschlecht:	O m	O w
Alter:		
Seehilfe:	Brille	Kontaktlinsen
Kurzsichtig:		
Weitsichtig		
Sonstige Sehstörungen?		
Wahrnehmungsstörungen:		
Bekannt auf welcher Seite das Sprachzentrum liegt?	Rechts O	Links O
Händigkeit:	Rechtshänder	Linkshänder
	abtrainierter Linkshänder	
Händigkeit von Eltern/Geschwistern:	Mutter	Vater
Anzahl der Geschwister:	davon ____ m	____ w
Zwilling:	eineiig	zweieiig

Im ersten Schritt unserer Arbeitsphase haben wir einen Versuch bestehend aus zwei kleinen Teilversuchen entwickelt, bei denen uns Testpersonen verschiedenen Alters und Geschlechts, Links- und Rechtshänder, sowie eine Gruppe von Legasthenikern¹⁷, freiwillig zur Verfügung standen. Aus Gründen der Diskretion bleiben alle Testpersonen anonym und werden durch Nummern ersetzt.

Jeder der Testpersonen bekam zunächst einen Fragebogen (Tab 1 links), der auszufüllen war. Denn wir waren auch daran interessiert, welche möglichen Faktoren zu Ausnahmen führen.

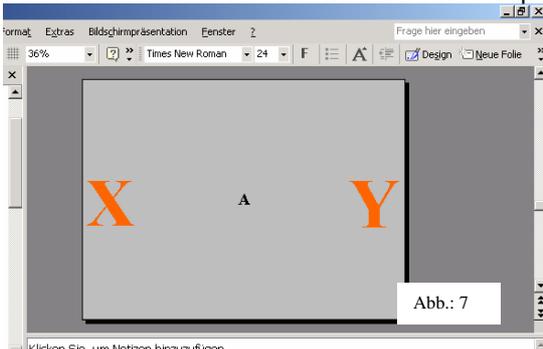
¹⁵ Martinez-Conde S., Macknik, St 2007 zeigten die Bedeutung winziger zeitlicher Differenzen im Eintreffen von Impulsen. Heck, Detlef und Sultan, Fahad, 2001 zeigten die besondere Leistung des Kleinhirns in der Messung kleinster Zeitdifferenzen.

¹⁶ Gebert, 2006, S. 7 zitiert Ergebnisse von Pujol et al. Aus 1999: linkshemisphärische Sprachgenerierung bei Rechtshändern: 96 % und bei Linkshändern 76 %. 14% der Linkshänder hatten eine bilaterale Sprachrepräsentation und 10 % eine rechtshemisphärische Dominanz.

¹⁷ Die getesteten Personen kamen aus einer Lerngruppe, in der ausschließlich Kinder gefördert werden, deren Lese- und Rechtschreibkompetenz von 90% der Kinder in diesem Alter übertroffen wird.

Auch diese erste Versuchsreihe bestand wiederum aus zwei Teilversuchen.

Im ersten visuellen Versuch wird die Versuchsperson vor eine PowerPoint Präsentation gesetzt, bei der auf jeder Folie in der Mitte ein „A“ zu sehen ist, welches fixiert wird. Für einen kurzen Augenblick werden rechts und links von dem zu fixierenden „A“ Symbole gezeigt, sodass jeweils eins in eine Gehirnhälfte geleitet wird. Von diesen Symbolen wird daraufhin eins so schnell wie möglich benannt, was laut unserer Hypothese das Symbol ist, welches in die Gehirnhälfte geleitet wird, in der die Dominanz des Sprechens liegt. Dieser Vorgang wird neunmal mit

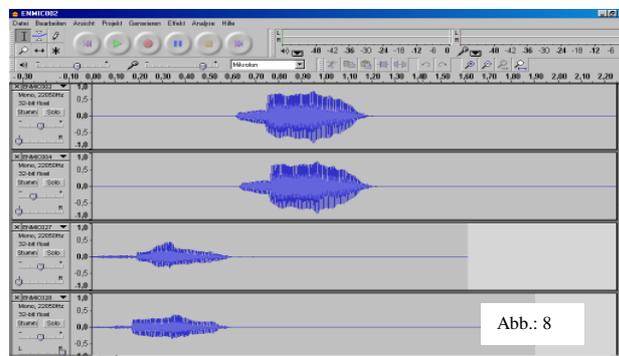


verschiedenen Objekten wiederholt.

Bedenken muss man mögliche Einflussfaktoren, wie zum Beispiel, dass kein Mensch identische Augen hat und somit das Ergebnis verfälscht werden könnte. Zum anderen muss bedacht werden, dass weitere Parameter, wie zum Beispiel Assoziationen mit einem der Symbole, eine bedeutende Rolle spielen könnten. Vielleicht nennt die Versuchsperson auch nicht wirklich den allerersten Impuls, sondern „denkt“ erst darüber nach, das heißt er macht sich bewusst, dass zwei widersprechende Informationen vorliegen. Herr Dr. Löbber, Neurologe aus Düsseldorf, erklärte uns zudem, dass durch geringste Ablenkung schon Veränderungen in der Leitfähigkeit der Sehnervbahnen zu bemerken wären, was unsere Ergebnisse beeinflussen könnte.

Bei dem zweiten, dem auditiven Versuch bekam die Versuchsperson Kopfhörer aufgesetzt. In einem Vorversuch werden Worte auf dem rechten Ohr und auf dem linken Ohr vergleichend gehört, um auszuschließen, dass es gravierende Unterschiede in der Hörfähigkeit gibt.

Dann sollten im eigentlichen Experiment gleichzeitig gegebene Wörter so schnell wie möglich nachgesprochen werden. Zu beachten war dabei, dass die Wörter gleich lang und gleich laut sind und etwa das gleiche Lautbild aufweisen. Nachdem wir die Wörter mit einem Mikrofon aufgenommen haben, haben wir sie bei „Audacity“, einem Computerprogramm



zum Schneiden von Tönen bearbeitet.

Da Informationen aus dem Ohr in der jeweils nahe liegenden Gehirnhälfte verarbeitet werden, war bei diesem Versuch ebenfalls unser Ziel, Aussagen über die Lage des Sprachzentrums machen zu können.

4. Ergebnisse

Tabelle 2

Nummer der Testperson	Alter	Geschlecht	Händigkeit			1.Versuch: genannte Begriffe		2.Versuch: genannte Wörter	
			Testperson	Vater	Mutter	Linke Hemisphäre	Rechte Hemisphäre	Linke Hemisphäre	Rechte Hemisphäre
1	52	männlich	abtrainierter Linkshänder	rechts	rechts	1	8	2	13
2	16	weiblich	links	rechts	rechts	7	2	12	3
3	18	weiblich	links	rechts	rechts	8	1	13	2
4	18	weiblich	links	rechts	links	2	7	2	13
5	17	männlich	links	links	rechts	4	5	11	4
6	42	weiblich	links	rechts	rechts	8	1	12	3
7	18	weiblich	links	rechts	rechts	7	2	11	4
8	15	männlich	links	rechts	rechts	2	6	5	10
9	51	weiblich	rechts	rechts	rechts	6	3	11	4
10	16	weiblich	rechts	rechts	rechts	7	2	13	2
11	15	weiblich	rechts	rechts	rechts	8	1	11	4
12	19	weiblich	rechts	rechts	rechts	7	2	10	5
13	17	weiblich	rechts	rechts	links	8	1	12	3
14	18	weiblich	rechts	rechts	rechts	9	0	13	2
15	14	weiblich	rechts	links	rechts	7	2	12	3
16	18	männlich	rechts	rechts	rechts	7	2	11	4
17	52	männlich	rechts	rechts	rechts	5	4	7	8
18	19	männlich	rechts	rechts	rechts	8	1	13	2
<u>Legastheniker:</u>									
19	11	weiblich	rechts	rechts	rechts	4	5	8	5
20	13	weiblich	rechts	?	?	8	1	12	3
21	11	männlich	rechts	rechts	rechts	6	3	10	4
22	11	männlich	rechts	rechts	?	5	4	8	6
23	12	weiblich	rechts	rechts	rechts	2	7	4	9
24	11	männlich	beidhändig, schreiben mit rechts	rechts	links	4	5	7	8
25	11	weiblich	rechts	rechts	rechts	6	3	8	5
26	11	männlich	rechts	rechts	rechts	8	1	10	4

Formatiert: Zeilenabstand:
einfach

Wenn die Anzahl der Wörter, die bei dem zweiten Versuch genannt wurden, addiert nicht 15 ergeben, so konnte die Versuchsperson das gehörte Wort nicht erkennen und wiedergeben. Oft wurde ein unlogisches Wort ausgesprochen, welches sich aus den zwei gehörten Wörtern zusammensetzte.

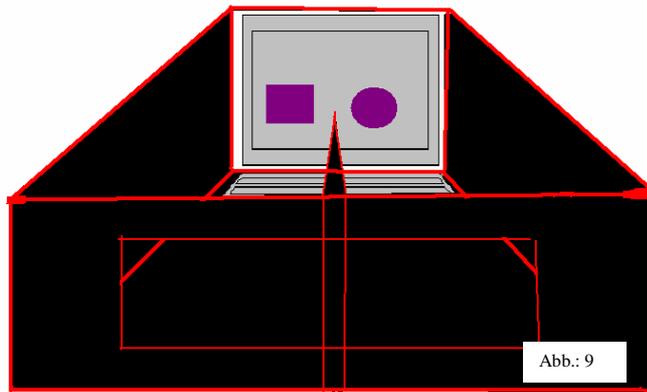
Tabelle 3	1.Versuch,Anzahl der genannten Begriffe (Durchschnitt)		2.Versuch, Anzahl der genannten Begriffe (Durchschnitt)	
	Linke Hemisphäre	Rechte Hemisphäre	Linke Hemisphäre	Rechte Hemisphäre
Linkshänder	4.875	4	8.625	6.5
Rechtshänder	7.2	1.8	11.3	3.7
Legastheniker	5.375	3.625	8.375	5.5

Tabelle 4 Anzahl der Testpersonen, die mehr Begriffe genannt haben, die in die...						
	1. Versuch:		2. Versuch		Durchschnitt:	
	... linke Hemisphäre geleitet wurden.	... rechte Hemisphäre geleitet wurden.	... linke Hemisphäre geleitet wurden	... rechte Hemisphäre geleitet wurden.	Rechte Hemisph.	Linke Hemisph.
Linkshänder	4 50%	4 50%	5 62,5%	3 37,5%	4.5 56,25%	3.5 43,75%
Rechtshänder	10 100%	0 0%	9 90%	1 10%	9.5 95%	0.5 5%
Legastheniker	5 62,5%	3 37,5%	7 87,5%	1 12,5%	6 75%	2 25%

Die zweite Versuchsreihe:

Im Laufe der Arbeit stellte sich heraus, dass der Versuchsaufbau verbesserungsfähig ist. Bezüglich des ersten Versuchs war nicht sicher genug gewährleistet, dass die gezeigten Symbole ausschließlich in die gewünschte Gehirnhälfte geleitet werden. Unsere Versuchspersonen konnten leicht die Augen bewegen, sodass möglicherweise ein Symbol von beiden Augen betrachtet und somit eher benannt wurde. Auch war der Lichteinfluss von außen ein Faktor, der zur Fälschung von Ergebnissen führen könnte.

So kamen wir auf die Idee, eine Art Kasten, eine „Peilbox“, zu bauen, die ganz schwarz ist und somit den Probanden nicht mehr durch äußere Lichteinflüsse ablenkt. Dann konstruierten wir noch eine Brille. Teile der Brille wurden so mit einer variabel einstellbaren Abdeckung versehen, dass durch die Teilung des Nervus opticus (Abb. 6) die Signale eines Auges nicht doch in beide Hirnhälften gelenkt werden.

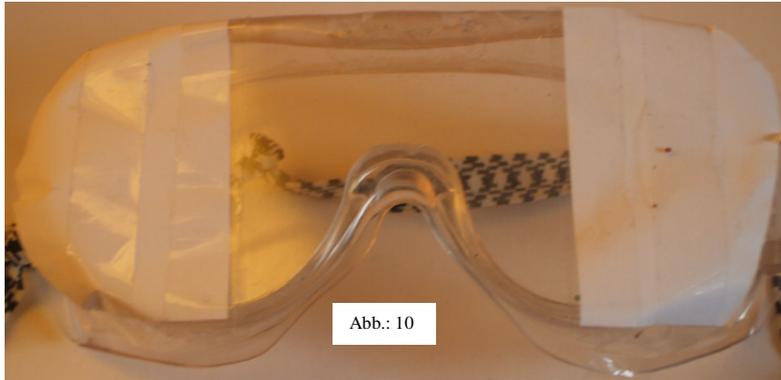


1. Die Fixierungshilfe der zweiten Versuchsreihe

Auf dieser Grafik ist unsere Fixierungshilfe zu erkennen. Die Peilbox hat die Breite des Laptopbildschirmes. In der Mitte hat sie eine Trennwand. So kann der "Schiefeffekt" nicht auftreten, da sich die Sehfelder der beiden Augen

nicht mehr überlappen können. Dadurch ist gewährleistet, dass sich das linke Auge nur auf das linke Symbol und das rechte Auge nur auf das rechte Symbol konzentriert.

Zur Sicherheit bauten wir auch noch eine Brille. Durch die Spaltung des Nervus opticus leitet die jeweilige Netzhauthälfte eines Auges die Impulse jeweils zur anderen Hirnhälfte. Ein Auge versorgt also beide Hirnhälften. Damit wir auch dies ausschließen können, haben wir auf der Brille jeweils eine Hälfte abgeklebt (das Modell von Abb 10 wurde zwischenzeitlich wegen der individuell unterschiedlichen Augenabstände durch eine Brille mit variabel einstellbarer Abdeckung ersetzt), damit ein Auge auch wirklich nur einer Hirnhälfte zuzuordnen ist.



Wie auch in dem ersten unserer zwei Versuchsreihen wollten wir nicht nur die Leistung des Auges, sondern auch wieder die des Ohres benutzen, um den Sitz des Sprachzentrums zu orten. Das Ohr ist nur einem sensorischen Areal der jeweiligen Hirnhälfte zugeordnet. Doch benutzen wir spezielle Kopfhörer, die uns erlaubten, die Lautstärke an jedem Ohr einzeln einzustellen. Dadurch ist gewährleistet, dass die unterschiedliche Ohrleistung keine so bedeutende Rolle wie bei dem vorigen Versuch spielt und die Ergebnisse nicht in dem Maße beeinflusst. Um der möglichen unterschiedlichen Ohrleistung ein wenig entgegenzuwirken, spielten wir den Versuchspersonen vor dem eigentlichen Versuch ein Lied vor, währenddessen diese die Lautstärke separat so einstellen, dass sie das Gefühl haben, auf beiden Ohren gleichlaut das Lied zu hören. Außerdem überdachten wir die Wortwahl. Als nächste Verbesserung werden wir das Lied durch einen Dauerton ersetzen.

TABELLE 5

Nummer	Alter	Geschlecht	Händigkeit	2. Muttersprache	Instrument	optisch links	optisch rechts	akustisch links	akustisch rechts	Gesamtindikator	Lage Sprachzentrum
28	15	w	r			2	7	3	4	-6	r
33	15	m	r		Schlagzeug 5	3	6	2	5	-6	r
4	18	w	r		Querflöte 9	2	6	5	4	-3	W
25	16	w	l			3	6	6	4	-1	W
36	16	w	l		Schlagzeug 4 Gitarre 4	5	4	4	6	-1	W
5	21	m	r		Geige 8	4	3	5	5	1	
26	17	m	l			4	4	5	2	3	
38	15	w	l			5	2			3	
18	19	w	r	x		5	4	6	4	3	
30	15	w	r			4	5	6	2	3	W
32	16	m	r			4	4	6	3	3	
39	17	w	l			5	3	5	3	4	l
1	37	w	r	x	Geige 10 Blockflöte 7	6	3	6	4	5	l
20	18	w	r	x		4	1	5	3	5	l
8	18	m	r			5	4	7	3	5	l
16	18	m	r	x	Schlagzeug 7 Gitarre 6 Klavier 2 Bass 6	4	4	8	2	6	l
40	17	w	r	x		6	3	5	2	6	l
15	19	m	r			5	4	7	2	6	l
27	16	w	r			5	3	6	2	6	l
3	19	w	l			6	3	7	3	7	l
23	16	w	l		Flöte 1	6	3	7	3	7	l
19	19	w	r			7	1	4	3	7	l
21	18	w	r			6	3	7	3	7	l
10	19	m	r l		Keyboard 4	6	3	7	3	7	l
29	16	m	r			7	2	6	3	8	l
6	20	m	r			6	3	8	2	9	l
17	19	m	r			8	1	6	4	9	l
22	50	w	r		Gitarre 5	7	2	7	3	9	l
31	16	m	r			6	3	7	1	9	l
35	16	m	l			8	1	6	3	10	l
37	15	w	r l			6	2	7	1	10	l
7	18	m	r		Keyboard 1	7	2	8	2	11	l

13	19	m	r		Keyboard 3	6	3	9	1	11	l
24	13	w	r		Klavier 7	8	1	7	3	11	l
34	16	m	r			8	1	7	3	11	l
11	19	m	r			8	1	7	2	12	l
9	19	w	r			8	1	8	2	13	l
12	50	m	r			7	2	9	1	13	l
14	18	m	r		Gitarre 6	7	1	8	1	13	l
2	18	w	r			9	0	8	2	15	l

5. Diskussion

Wir möchten die Ergebnisse der zwei Versuchsreihen getrennt voneinander analysieren und interpretieren.

Bei der ersten Versuchsreihe standen uns sieben Linkshänder (davon ein abtrainierter) zur Verfügung also Personen, bei denen laut der Literatur und anderer Quellen (<http://www.kindergartenpaedagogik.de/563.html>, vom 04.01.2008) die Dominanz des Sprachzentrums zu 70% links-, zu 15% rechts- und zu 15% beidhemisphärisch ist. Wenn man die Ergebnisse betrachtet, fällt auf, dass sie innerhalb der Gruppe sehr stark variieren. Drei der Versuchspersonen nannten hauptsächlich Symbole oder Wörter, die in die rechte Hemisphäre geleitet wurden, bei dem ersten Versuche also solche, die rechts von dem „A“ abgebildet wurden und folglich auf die linken Netzhaushälften trafen, und bei dem zweiten Versuch solche, die mit dem linken Ohr gehört wurden. Laut unserer Hypothese kann man nun sagen, dass diese Versuchspersonen (42,9% der von mir untersuchten Linkshänder) wahrscheinlich eine rechtshemisphärische Sprachdominanz aufweisen. Allgemein wird geschätzt, dass bei 15% der Linkshänder das Sprachzentrum in der rechten Hemisphäre dominiert, wobei wir zu wenige Versuche mit Linkshändern durchgeführt haben, sodass die prozentualen Ergebnisse übereinstimmen könnten.

Bei vier von sieben Linkshändern wurden bei beiden Versuchen deutlich mehr Begriffe genannt, die in die linke Hemisphäre geleitet wurden, was 57,1% der Linkshänder entspricht. Bei einem Linkshänder kann man aus den Ergebnissen keine sprachlich bevorzugte Gehirnhälfte erkennen. Eventuell gehört er zu den 15% der Linkshänder, die keine Lateralisierung der Sprache aufweisen.

Unter den von uns untersuchten Rechtshändern haben fast ausschließlich alle zehn mehr Begriffe genannt, die in die linke Hemisphäre geleitet wurden. Hier stimmen die prozentualen Ergebnisse in etwa mit denen der Literatur überein: von beiden Versuchen zusammen haben 95% der Rechtshänder eine linke Sprachdominanz.

Die letzte Gruppe, die wir untersucht haben, war eine Gruppe von Legasthenikern. In der Wissenschaft gibt es die Vermutung, dass die Schwierigkeit zu Lesen damit zusammenhängt, dass die Lateralisation der Sprache bei ihnen nicht so stark ausgeprägt ist (www.ikp.uni-bonn.de/dt/lehre/materialien/spracherwerb/Uhe.pdf vom 22.1.2007). Vier von acht Legasthenikern nannten deutlich mehr Begriffe, die in die linke Hemisphäre geleitet wurden, bei dreien waren die genannten Wörter oder Symbole etwa gleich auf beide Hemisphären verteilt und einer nannte deutlich mehr Begriffe, die links vom „A“ abgebildet, oder mit dem linken Ohr gehört wurden, also ein sehr vielfältiges Ergebnis. Was uns bei den 11-13 jährigen Kindern zudem auffiel war, dass uns viele sagten, nachdem wir sie nach ihrer Händigkeit fragten, dass sie alles mit beiden Händen machen können, aber mehr mit rechts schreiben. Zudem gab es bei dem zweiten Versuch deutlich mehr Versuchspersonen (als bei den zuvor untersuchten Links- oder Rechtshändern), die die zwei gehörten Wörter zu einem unsinnigen verbunden und ausgesprochen haben. Diese zwei Punkte könnten einerseits mit dem Alter der Versuchspersonen zusammenhängen, aber auch darauf hinweisen, dass sie eine beidseitige Sprachdominanz haben und somit in ihrem Gehirn ein größerer Konflikt zwischen den Hemisphären besteht.

Bei der zweiten Versuchsreihe, bei der wir die Versuchsmittel und Durchführung verbessert haben, standen uns acht Linkshänder, zwei beidhändige Versuchspersonen sowie, 29 Rechtshänder zur Verfügung.

Neu in die Tabelle haben wir einen einfachen Index eingeführt, der aus der Summe der optisch links genannten/akustisch links gehörten und wiederholten Wörtern, minus der Differenz von den optisch rechts gesehenen und optisch links gehörten Wörtern zu berechnen ist. Er gibt uns die Differenz zwischen optischen und akustischen Testergebnissen an und zeigt (in positiven Bereich (zum Beispiel 5) das linkshemisphärische, im negativen Bereich das rechtshemisphärische Sprachzentrum an. Von 39 Probanden ergeben nur 4 einen Widerspruch in den Ergebnissen des optischen Tests mit dem akustischen Test (9,75%), was unsere Hypothese unterstützt, laut der der optische sowie der akustische Test die gleichen Ergebnisse liefern sollten. Wäre unsere Hypothese fehlerhaft gewesen, so wären 50% Widersprüche zu erwarten gewesen. Fast 10% Widerspruch ist jedoch keine geringe Größe. Die Fehler könnten durch Ungenauigkeiten des Versuchsaufbaus verursacht sein, wie zum Beispiel, dass die Brille die zwei Gehirnhälften nicht genau getrennt hat, oder dass die Tonregelung die Unterschiede zwischen linkem rechtem Ohr nicht genau ausgeglichen wurde. Eine andere Begründung hierfür kann jedoch auch sein, dass die Versuchspersonen keine dominante Sprachhälfte aufweisen. In der Literatur sind dies zum Beispiel 15% der Linkshänder oder auch vorwiegend Legastheniker. Von diesen 4 Personen sind zwei Linkshänder, was verglichen mit der hohen Anzahl von rechtshändigen Versuchspersonen (39) eine hohe Zahl ist. Dies kann darauf hindeuten, dass die zwei erwähnten Linkshänder keine ausreichende Lateralisierung der Sprachdominanz aufweisen. Die Literatur spricht von 90% bzw. 95% Lage Sprachzentrum links. Bei 39 Probanden also wären nur 2 bis 4 Personen zu erwarten, deren Sprachzentrum rechts ist. Betrachtet man die Tabelle, so fällt einem vor allem Versuchsperson Nr. 28 und Nr. 33 auf, wobei man bei der letzteren mit Klarheit die Sprachdominanz rechts erkennen kann. Diese zwei Personen sind Rechtshänder, was nicht ganz den Erwartungen entspricht. Jedoch gibt es ja auch unter Rechtshändern Menschen mit einer rechtshemisphärischen Sprachdominanz (da es wesentlich mehr Rechtshänder als Linkshänder gibt, ist die höhere Wahrscheinlichkeit von rechtshemisphärischen Linkshändern von 15 % gegenüber 5 % rechtshemisphärischen Rechtshändern - kein Gegenargument).

Wir haben 5 Personen mit zweiter Muttersprache mit dem Index von 9 13 14 16 und 17 macht im Schnitt Rang 13,8 verschoben vom zu erwartenden Mittelwert (20) nach rechts. Dieses Ergebnis lässt darauf schließen, dass unsere Versuchspersonen (im Durchschnitt), genauso wie die Linkshänder keine stark ausgeprägte Sprachdominanz in der linken Gehirnhälfte aufweisen. Diese Tatsache stimmt mit der Literatur überein, da beim Spracherwerb einer zweiten Sprache oft ein weiteres Sprachzentrum angelegt wird. Leider stand uns bei dieser Versuchsreihe keine Gruppe von Legasthenikern mehr zur Verfügung, welche interessante Ergebnisse in der ersten Versuchsreihe aufgezeigt hatten. Die gleichen Gruppen wollten wir nicht noch einmal fragen, da sie den Versuch (in ähnlicher Form) schon kannten.

Somit stimmen die Ergebnisse also recht gut mit den zu erwartenden Werten überein.

Wir haben über diese pauschalen Betrachtungen hinausgehend Herrn Dr. Walther Enßlin, der zum Jugend forscht Betreuerteam unserer Schule gehört, gebeten, die zweite Versuchsreihe darauf zu untersuchen, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass die Ergebnisse nicht auf Zufall beruhen. Die Wahrscheinlichkeit für die gefundenen Nennungen aus Zufall beträgt nur 3×10^{-10} bei den optischen Versuchen und 1×10^{-14} .

Somit hat sich unsere Hypothese verifiziert und unser Versuchsaufbau ist geeignet.

Am 12.2.2008 haben wir bei Herrn Dr. Löbber, Facharzt für Neurologie und Psychiatrie, die Möglichkeit wahrgenommen, eine VEP mit 2 unserer Probanden durchzuführen. Laura Frey, eine Linkshänderin aus der Stufe 13 unserer Schule zeigt laut unserem Versuch eine Rechtsseiten dominierte Sprachdominanz. Hiroyuci Inoue, ebenfalls ein Mitschüler von uns, ist zweisprachig aufgewachsen. Unser Versuch ergab, dass er keine eindeutige Sprachdominanz aufweist, was bei zweisprachig aufgewachsenen Menschen keine Seltenheit ist.

Herr Dr. Löbber schloss bei diesen zwei Probanden eine Fehlerquelle aus, die unsere Versuchsergebnisse maßgeblich beeinträchtigen würden. Die VEP überprüft, ob die Sehnerven die Erregungen (bei unserem Versuch als auslösender Reiz die Symbole der PowerPoint Präsentation) gleichschnell an die sensorischen Gehirnbereiche weiterleiten. Wäre dies nicht der Fall, so wäre unsere Hypothese, die auf dem kleinen Zeitunterschied zwischen dem Eintreffen von Informationen der jeweiligen Reize in den sensorischen Bereichen des Sprachzentrums aufbaut, nicht mehr haltbar. Leider war es nicht möglich ein bildgebendes Verfahren, wie die fMRT durchzuführen, da dies zu kostspielig (etwa 1000€ pro Durchführung) ist.

SCAN SCAN SCAN

Bei Gehirntumorpatienten wird man unseren Versuchsaufbau natürlich höchstens als Vortest nutzen. Bei Massenuntersuchungen, z.B. von Legasthenikern oder umerzogenen Linkshändern (manche wissen gar nicht, dass sie umerzogene Linkshänder sind) könnte unsere Methode eine preiswerte Alternative sein, hier kommt es zudem nicht so auf die individuelle Richtigkeit an sondern darum, dass statistisch die richtigen Verhältnisse abgebildet werden. Das leistet unser Vorschlag.

Man muss bedenken, dass das Unwissen über das Gehirn größer ist als das Wissen und es auch im Hinblick auf die Sprachzentren noch Unstimmigkeiten und zu erforschende Bereiche gibt.

Zudem könnten viele weitere Parameter bei dem Einzelnen eine bedeutende Rolle spielen und das Ergebnis verfälschen. Unsere Schriftkultur zum Beispiel, die von links nach rechts verläuft, könnte bei dem ersten Versuch mit dafür verantwortlich sein, dass wir unterbewusst das links wahrgenommene Symbol zuerst benennen. Zu der Gruppe der Legastheniker lässt sich zudem bemerken, dass ihre Schwierigkeit lesen zu können, nicht organisch bedingt sein muss. Laut Herrn Dr. Löbber kann zudem der geringste Konzentrationsmangel zu unterschiedlichen Erregungsleitungsgeschwindigkeiten auf den Sehnerven führen.

In Zukunft hoffen wir zur weiteren Erhärtung unserer Hypothese die Möglichkeit zu bekommen, unsere Methode durch ein bildgebendes Verfahren zu überprüfen. Da der finanzielle Aspekt eine bedeutende Rolle spielt, könnte man eventuell unseren Versuch mit Patienten durchführen, die unabhängig von unserem Projekt eine Untersuchung des Sprachzentrums durchführen müssen. Sind diese Patienten nicht zu schwer erkrankt, so könnte man an dieser Stelle ansetzen. Den Kontakt zu Herrn Stollmeier, ein Öffentlichkeitsarbeiter der BKK, mit dem wir uns bei dem diesjährigen Regionalwettbewerb Jugend Forscht unterhalten haben, haben wir schon aufgenommen. Könnten wir Probanden vorschlagen, so wäre es schwachsinzig, mit Rechtshändern dort aufzukreuzen, bei denen wir herausgefunden haben, dass ihr Sprachzentrum in der linken Gehirnhälfte liegt, denn dies ist bei ca. 95% der Fall. So wäre es sinnvoll, die seltenen Fälle als „Härtetest“ unserer Methode testen lassen.

Wahrscheinlich ist uns also tatsächlich ein kleiner „Blick ins Gehirn“ gelungen.

Insgesamt ist überhaupt erstaunlich, dass man mit ein paar einfachen „Tricks“ eine Aussage über die Lage der Sprachzentren treffen kann und wir sind darüber erstaunt, dass offenbar noch niemand dieses Phänomen beschrieben hat.

Mindestens eins haben wir bei unserer Arbeit mehrfach sicher feststellen können: Das Gehirn kann über sich selbst staunen.

Wird es eines Tages sich selbst erklären können?

Anhang

1 Danksagung

Zunächst möchten wir uns bei unserem Betreuungslehrer Herrn Osterwind bedanken, der unser Projekt leitete und uns mit sehr viel Mühe half, diese Arbeit zu schreiben. Zudem danken wir Herrn Dr. Enßlin, der uns bei der statistischen Auswertung unserer Versuchsergebnisse half. Auch er hat sich viele Stunden mit unserer Arbeit auseinandergesetzt. Zuletzt möchten wir uns bei den Probanden bedanken, die uns bei dem Versuch zur Verfügung standen, besonders bei Laura Frey und Hiroyuki Inoue.

2 Quellenverzeichnis:

Bücher:

- Benner K.U.: Der Körper des Menschen, Augsburg, 1996, S. 234 ff.
- Ender U., Sprache und Gehirn, Darstellung und Untersuchung der linguistischen Aspekte des Verhältnisses von Sprache und Gehirn, 1994, S.166 ff
- Maturana, H.R. Varela F.J., Der Baum der Erkenntnis, 1984, S.246 ff.
- Linder, Hübler, Schaefer, Biologie des Menschen, 1992, S. 99 ff.
- Bickel, H. u. a., Natura, Biologie für Gymnasien, Oberstufe 3, 2004 S.228 ff.
- Sapir, Edward: zitiert nach John Lyons, 4. Auflage, 1992, S. 13
- Hawellek, Barbara: Sprachorganisation im Gehirn bei mehrsprachigen Personen, Hamburg: Kovac, 1992
- Storch, Welsch, Wink, Evolutionsbiologie, 2. Auflage, Springer, 2007, S. 433 ff.
- Geschwind, N.: Die Großhirnrinde in: Gehirn und Nervensystem, 9. Auflage, Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg 1988, S. 113 ff.
- Heck, Detlef und Sultan, Fahad: Das unterschätzte Kleinhirn In: Spektrum der Wissenschaft 10/2001 S. 36 ff. Weinheim, 2001.
- Jaenicke J. (Hrsg.): Materialien-Handbuch, Kursunterricht Biologie. Reizphysiologie, Köln, 1999, S.182 ff.
- Martinez-Conde S., Macknik, St.: Fenster ins Gehirn. Spektrum der Wissenschaft 12/2007, S. 54 ff. Weinheim, 2007.
- Reulen, Schmid, Eisner, Bise,: Nervenarzt: Tumorchirurgie im Sprachkortex in Lokalanästhesie, Springer-Verlag, 1997, S. 813 ff.
- Luft, Grunert, Wagner, Perneckzy: Sprache – Stimme – Gehör 17: Intraoperativer Einsatz der Aphasiediagnostik bei Patienten mit Prozessen im kortikalen Sprachzentrum, 1993, Georg Thieme Verlag Stuttgart
- Schneider, Fink: Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie, 2007, Springer Medizin Verlag, S.62 ff.
- Springer, Sally P. & Deutsch, Georg: Linkes - rechtes Gehirn (3. Auflage). Spektrum Akademischer Verlag, S. 159-173 Heidelberg, Berlin, Qxford 1995.
- Zimbardo, Philip G. & Gerrig, Richard, J.. Psychologie. Pearson Studium 2004.
- Karnath, Hans-Otto: Neuropsychologie. Springer Verlag Berlin, 2003.
- Kernder, Anna: Experimentelle Identifikation des Sprachzentrums auf den Hemisphären. Facharbeit, GK 12 Biologie am Städtischen Helmholtz Gymnasium Hilden, -unveröffentlicht –2007
- Kolb, Bryan & Wishaw, Ian Q., Neuropsychologie. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 1996
- Gülkenberg, Jannik: Die Koordination der linken und rechten Gehirnhemisphäre am Beispiel des Versuchs zur Farbfehlerdeutung, Facharbeit, GK 12 Biologie am Städtischen Helmholtz Gymnasium Hilden, -unveröffentlicht –2005
- Neumann, Ottmar: Zeitliche und funktionale Asymmetrien beim Stroop-Effekt, ausleihbar in: Psychologisches Institut der Ruhr-Universität Bochum Arbeitseinheit Kognitionspsychologie
- Sattler, Johanna Barbara: Der umgeschulte Linkshänder oder Der Knoten im Gehirn, Verlag Ludwig Auer Donauwörth, 1. Auflage, 1995

- MacLeod, Colin M.: Half a Century of Research on the Stroop-Effect: An Integrative Review, Psychological Bulletin, Vol. 109, 1991
- Haselbeck, Christin: Stroop-Interferenz: Replikation eines von Dr. Hans Irtel variierten Versuchs im Rahmen des Empiriepraktikums I des Psychologischen Instituts der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 2002
- Hermann, U.: Diplomarbeit: „Neuronale Korrelate der Interferenzkontrolle im Kontext visueller Bewegungswahrnehmung“
- Behl, Christian: Das Interdisziplinäre Forschungszentrum für Neurowissenschaften (IFZN): Gehirn und Geist gemeinsam auf der Spur, in: Natur und Geist, Das Forschungsmagazin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, ISBN: 0178-4757, 1/2005, 21. Jahrgang
- Sippel, Sven: Interferenzeffekte am Beispiel des Stroop-Effektes, Seminar: Experimentelle Methoden an klassischen Beispielen
- Irtel, Hans: Inverser Stroop-Effekt: Die Schriftfarbe interferiert mit visuell gesteuerten Farbwortbedeutungen, Universität Mannheim
- Rohen, J., Yokochi, Ch., Lütjen-Drecoll, E., : Anatomie des Menschen. Fotografischer Atlas. 6.Auflage. Stuttgart, New York, 2006, S.110 ff. (Vorlage für die Abbildungen: 1-5)

Filme:

- Jean Pütz :Wissenschaftsshow, , Zwei Hälften, ein Ganzes – Unser Gehirn, WDR 20.4.1988

Internetseiten:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Aphasie> vom 20.1.2007
<http://faculty.washington.edu/chudler/gif/audsequ.gif> vom 20.1.2007
http://de.wikipedia.org/wiki/Lateralisation_des_Gehirns vom 21.1.2007
<http://www.sciencemag.org>, vom 9.6.2006 (Language Control of the Bilingual Brain)
<http://www.wissenschaft-online.de/artikel/843219> vom 12.9.2007
<http://psynet.ruhr-uni-bochum.de/cognition/hand/> vom Dez. 2006
<http://bio233.uni-bielefeld.de/~sascha/memex/applets/stroop/stroop.html> vom Nov.2006
<http://www.planet-wissen.de/pw/Artikel,,,,,,,,,0A7722CE98F20448E0440003BA5E08D7,,,,,,,,,,,,,html> vom Jan. 2007
http://www.wissenschaft-online.de/sixcms/detail.php?template=d_lex_treffer&sucht_schon=ja&qnum=20&_suche=Split-Brain-Patienten&senden.x=0&senden.y=0&alle=ja 24.01. 2005
http://www.wdr.de/tv/service/gesundheit/inhalt/20050314/b_4.phtml Dez. 2006
<http://pc04191.psychologie.uni-marburg.de/demos/pxd/Stroop1.html> Dez. 2006
[http://www.psychologie.uni-kiel.de/fachschaft/downloads/Empi%20I%20-%20Stroop_\(Christin\).pdf](http://www.psychologie.uni-kiel.de/fachschaft/downloads/Empi%20I%20-%20Stroop_(Christin).pdf) Nov. 2006
<http://www.uni-mannheim.de/fakul/psycho/irtel/poster/teap95.pdf> Dez. 2006
http://www.mpg.de/forschungsergebnisse/wissVeroeffentlichungen/forschungsberichte/KOG/200401_090.shtml Dez. 2006
<http://de.wikipedia.org/wiki/Gehirn> Jan.2007
http://spnl.stanford.edu:80/healthy_brain/studies/hb_study_03.htm 17.02.2007
http://images.google.de/imgres?imgurl=http://www.basale.at/web/html/images/orale_entwicklung/hirn.jpg&imgrefurl=http://www.basale.at/web/system/anypage/index.php%3Fid%3D20&h=413&w=493&sz=36&hl=de&start=2&tbnid=AvnUKx_QnbZXtM:&tbnh=109&tbnw=130&prev=/images%3Fq%3DSprachzentrum%2B%26svnum%3D10%26hl%3De%26lr%3D%26sa%3DG Dez. 2006

http://72.14.221.104/search?q=cache:H4A4CThMKqUJ:lernen.bildung.hessen.de/bilingua/l/bildungspolitik/material_bipo/neuro.doc+Brocazentrum+Lage&hl=de&gl=de&ct=clnk&cd=1 Nov. 2006
<http://www.ph-ludwigsburg.de:80/html/2b-frnz-s-01/overmann/baf5/5m.htm> Nov.2006
<http://sprachzentrum.know-library.net/> Nov. 2006
<http://psynet.ruhr-uni-bochum.de/cognition/hand/index.htm> Dez. 2006
<http://de.tickle.com:80/test/brain.html> Jan. 2007
<http://www.springerlink.com:80/content/p575v8832571633w/> Dez.2006

pdf-Dateien:

www.ikp.uni-bonn.de/dt/lehre/materialien/spracherwerb/Uhe.pdf vom 22.01.2007
www.ikp.uni-bonn.de/dt/lehre/materialien/spracherwerb/Uhe.pdf vom 22.1.2007
VL6_14_6_06.pdf vom 22.01.2007
- sppc_GoRo.pdf vom 23.1.2007

Grafiken:

- Gezeichnet von Anna Kernder, Eva van den Hurk und Teresa Kernder

ANHANG 3:

Das Gehirn – Aufbau und Anatomie

Das Gehirn, ein leicht verletzliches Organ, was sowohl schätzungsweise 1012 Nervenzellen wie auch Gliazellen (Stützzellen) enthält und von Blutgefäßen durchzogen ist, liegt geschützt im Schädel. Zudem schützen der Wirbelkörper und die drei Hirnhäute das Gehirn (die harte Hirnhaut, die Spinnwebhaut und die Hirnhaut) und eine Flüssigkeit (Gehirnflüssigkeit oder Liquor), zwischen der Spinnwebhaut und der Hirnhaut, sorgt dafür, dass Stöße gemildert werden.

Man gliedert das Gehirn in fünf Teile, welche bei die Steuerung des Körpers besondere Aufgaben haben: das Großhirn (1), das Zwischenhirn (2), das Mittelhirn (3), das Hinterhirn (4) und das Nachhirn (5).

1. Das Großhirn, Telencephalon oder Cerebrum (Endhirn)

Das Großhirn, welches komplizierte Bewegungen programmiert, der Sitz des Gedächtnisses, des Bewusstseins und des Denkens ist, besteht aus zwei halbkugelförmigen Großhirnhälften, Hemisphären, die spiegelbildlich (asymmetrisch) aufgebaut sind. Somit ist die rechte Hemisphäre für die linke Körperhälfte und die linke für die rechte Körperhälfte zuständig.

Für meinen Versuch besonders wichtig ist die Zuordnung der Sehfelder sowie der Ohren auf die zwei Gehirnhälften:

Die linken Netzhauthälften von beiden Augen leiten ihre Axone in die linke Hemisphäre und umgekehrt. Da das rechte Gesichtsfeld auf den linken Netzhauthälften der Augen abgebildet wird, wird es in die linke Hemisphäre geleitet, wobei das linke Gesichtsfeld in die rechte Hemisphäre geleitet wird.

Töne, die in das rechte Ohr gelangen, werden in die linke Gehirnhälfte geleitet und die, die in das linke gelangen, folglich in die rechte.

Trotz der äußerlichen Ähnlichkeit der beiden Hemisphären werden ihnen verschiedene Aufgabenbereiche zugeteilt. Des einen sind sie, wie schon oben erwähnt, asymmetrisch aufgebaut, des anderen ist die rechte Gehirnhälfte eher für räumliche und kreative Aufgaben zuständig, wie zum Beispiel für das Musizieren, Kunstverstehen oder das Phantasieren, wobei die linke Gehirnhälfte eher logisch und sprachlich arbeiten kann, wie zum Beispiel beim folgerichtigen Denken oder beim Rechnen. Des anderen gibt es Aufgaben, die von einer Hemisphäre bevorzugt bearbeitet werden (siehe Seite 7).

Verbunden sind die beiden Gehirnhälften durch einen großen Nervenstrang, dem Balken, Corpus Callosum, der Informationen von einer in die andere Hemisphäre leiten kann.

Die äußere Schicht des Großhirns, eine etwa 3mm dicke Haut, reich an Nervenzellen, nennt man Großhirnrinde oder auch Cortex (Cortex cerebri). Besonders hervorzuheben sind die Säulen aus Neuronen, die in den sechs Schichten der Großhirnrinde für eine Verarbeitung von vielen Informationen auf kleinem Raum sorgen.

Unterschieden werden vier Arten von Cortex-Lappen, der Stirnlappen (Lobus frontalis), der hinter der Stirn liegt, der Hinterhautlappen, welcher am Hinterkopf zu finden ist, der Scheitellappen (Lobus parietalis) am oberen Teil des Großhirns und die Schläfenlappen (Lobi temporales), welche in der Nähe der Schläfen zu finden sind.

Den Cortex-Lappen werden verschiedene Aufgaben zugewiesen:

- dem Stirnlappen: Planen, Gestalten und zielgerechtes Verhalten
- dem Hinterhautlappen (Sehrinde): Gesichtssinn, Analyse von Position, Richtung und Bewegung
- dem Scheitellappen: Empfangen von Sinnesinformationen aus dem Körper
- die Schläfenlappen: Hören und Bewusstwerden von Gedächtnisinhalten.

Vermutlich hat der Cortex noch weitere Aufgaben, die jedoch noch weitgehend im Unklaren liegen.

Die vielen Furchen der Hemisphären sorgen zudem dafür, dass sich die Oberfläche des Gehirns erheblich vergrößert.

2. Das Zwischenhirn – Diencephalon:

Das Diencephalon enthält Zentren für das Riechen, Sehen und Hören sowie für die seelische Empfindung.

Wichtige Strukturen sind der Thalamus und der Hypothalamus.

Über Nervenzellen werden Informationen aus dem Körper zum Thalamus geleitet, wo sie dann zur Großhirnrinde weitergeleitet werden. Hierbei kann der Thalamus, „wie ein Tor zum Bewusstsein“ (<http://de.wikipedia.org/wiki/Thalamus#Funktion> vom 18.1.2007) entscheiden, welche Informationen weitergeleitet werden und welche nicht.

Der Hypothalamus wird von der Sehnervkreuzung (Chiasma opticum) eingebunden und kontrolliert die inneren Organe. Er spielt sowohl in der Nahrungsaufnahme, wie auch im Sexualverhalten eine wichtige Rolle. Somit ist der nur erbsengroße Hypothalamus für Gefühle und für die, über die Hypophyse, indirekte Freisetzung von Hormonen wichtig. Der Hypothalamus ist zudem eines der wichtigsten Zellgebiete des limbischen Systems, welches sich zwischen dem Hirnstamm und der Hirnrinde befindet. Fornix, Hypophyse, Hippocampus und der Mandelkern sind weitere Zellgebiete des limbischen Systems, die zusammen unter anderem die Körpertemperatur regeln. Erwähnenswert sind zudem die Basalganglien, die für den Start von Bewegungen wichtig sind, und auf beiden Seiten des limbischen Systems liegen.

3. Das Mittelhirn – Mesencephalon

Das Mittelhirn ist ein Teil des Hirnstamms, welches Sinnes- und Bewegungsfunktionen kontrolliert. So werden die Augenbewegungen gesteuert, wie die Öffnungsweite des Auges, der Pupille oder die Einstellung auf das Sehen in der Ferne oder in der Nähe. Das Mittelhirn steuert folglich Augenmuskel, in diesem Fall die Irmuskulatur und die Ziliarmuskeln.

4. Das Hinterhirn – Metencephalon

Das Hinterhirn besteht aus der Brücke und dem Kleinhirn.

Das Kleinhirn, Cerebellum, welches sich an der Rückseite des Hirnstammes befindet, hat nach dem Großhirn das größte Volumen im Gehirn. Durch viele Windungen, Folia cerebelli, hat es zudem eine sehr große Oberfläche. Das Kleinhirn sorgt für das Gleichgewicht, weshalb der Gang von kleinhirnverletzten Menschen oft schwankend und breitspurig, wie bei Betrunknen ist. Des Weiteren spielt das Kleinhirn bei Planungen und Koordinationen eine wichtige Rolle.

Durch die Brücke, Pons, die in die Basis und die Brückenhaube unterteilt ist, gehen Nervenfasern hindurch, die im Zusammenhang mit Bewegungen Erregungen von den

Großhirnhälften zum Kleinhirn leiten' (Bickel, H. u. a., Natura, Biologie für Gymnasien, Oberstufe 3, o.O., 2005², S.229).

5. Das Nachhirn, verlängertes Mark - Medulla oblongata

Der letzte und unterste Abschnitt des Hirnstamms ist das Nachhirn oder das verlängerte Mark, welches Zentren sowohl für die Regulierung der Verdauung, den Kreislauf, die Atmung, für die Kontrolle des Herzschlages sowie für Reflexe, wie Niesen, Husten, und Erbrechen beinhaltet, die dem Schutz der Atemwege und des Verdauungskanals dienen. Zudem entspringen auf der Unterseite des Gehirns 12 Paar Gehirnnerven, welche Sinnesorgane, Muskeln und Drüsen, überwiegend im Bereich des Kopfes, mit dem Gehirn verbinden. Hierzu gehören Riech-, Seh-, und Hörnerven, die Reize, von den Sinnesorganen aufgenommen, an das Gehirn weiterleiten.

ANHANG 4: **Auswertungsbogen (1):**

Nummer: _____

Geschlecht:	O m	O w
Alter:		
Sehhilfe:	Brille	Kontaktlinsen
Kurzsichtig:		
Weitsichtig		
Sonstige Sehstörungen?		
Wahrnehmungsstörungen:		
Bekannt auf welcher Seite das Sprachzentrum liegt?	Rechts O	Links O
Händigkeit:	Rechtshänder	Linkshänder
	abtrainierter Linkshänder	
Händigkeit von Eltern/Geschwistern:	Mutter _____	Vater _____
Anzahl der Geschwister:	davon _____ m	_____ w
Zwilling:	eineiig	zweieiig
<u>Der 1. Versuch:</u>	1. Herz _____	2. Haus _____
	1. Quadrat _____	2. Kreis _____
	1. Blume _____	2. Baum _____
	1. Kreis _____	2. Quadrat _____
	1. Mond _____	2. Stern _____
	1. X _____	2. Y _____
	1. Sonne _____	2. Stern _____
	1. Haus _____	2. Herz _____
	1. X _____	2. Y _____
<u>Der 2. Versuch:</u> (Ohrkrankheiten?)	Linkes Ohr:	Rechtes Ohr:
	1. pu	2. mu
	Ma	Pa
	Hund	Bank
	Himmel	Flasche
	Mama	Papa
	Kino	Rita
	Liebe	Sahne
	Zange	Mandel
	love	house
	Wolke	Blume
	Uhr	Aal
	Blatt	Hund
	three	free
	zwei	drei
	Blume	Wolke

Auswertungsbogen (2):

FRAGEBOGEN:

Zur Identifikation der Lage des Sprachzentrums auf den Hemisphären

Versuchsnummer:

Datum:

Name:

Alter:

Geschlecht:

Händigkeit:

Muttersprache:

Zweite Muttersprache (wenn vorhanden):

Fremdsprache ab wann:

Instrument (ab wann, wie lange):

Versuchsergebnisse:

1.Versuch: (optisch)

links:

rechts:

Quadrat	Kreis
Lampe	Tannenbaum
Note	Kreuz
Dreieck - grün	Dreieck - rosa
Herz	Mond
Raute	Pfeil
Kreis	Quadrat
Würfel	Zylinder
Z	y

2.Versuch: (auditiv)

linkes Ohr:

rechtes Ohr:

Kanne	Wanne
Test	Text
Liebe	Hiebe
Maus	Haus
Nusita	Nisuta
Hund	Bank
Liebe	Sahne
Love	Haus
Zwei	Drei
Blume	Wolke
Blume	Wolke

ANHANG 5:

Die Lateralisation des Sprachzentrums

Obwohl das Gehirn asymmetrisch aufgebaut ist und es zudem äußerlich so aussieht, als hätten die Hemisphären identische Funktionen, gibt es eine räumliche Aufteilung von manchen Aufgaben zwischen den Hemisphären. So werden manche Funktionen auf die rechte oder die linke Hemisphäre beschränkt oder von einer bevorzugt bearbeitet. Diese Aufteilung von Prozessen auf eine der zwei Hemisphären bezeichnet man als Lateralisation.¹ Ein kleiner Prozentsatz der Bevölkerung weist keine oder eine beidseitige Lateralisation auf. Bei Legasthenikern ist sie weniger ausgeprägt als bei „normalen“ Menschen. Bei der Lateralisierung gibt es eine Hemisphäre, die auf bestimmte Aufgaben stärker spezialisiert ist als die andere. Diese dominante Hemisphäre unterdrückt nun die „entsprechende Spezialisierung der anderen“, was man eine „kollaterale Hemmung“ nennt.¹ Bei Lateralisierungen handelt es sich vorwiegend um motorische, visuelle oder auditive Seitigkeiten.

Sowohl die Entwicklung der Sprache, wie auch die Ausbildung der bevorzugten Händigkeit hängen vom Fortschritt der Hirnreifung ab und werden daher oft fälschlicherweise miteinander verbunden. Mit der Prüfung der Händigkeit kann man jedoch nur Vermutungen über eine Hemisphärendominanz anstellen, da es auch exogene Einflüsse gibt, die die Lage des Sprachzentrums bestimmen.¹⁸

¹⁸ http://de.wikipedia.org/wiki/Lateralisation_des_Gehirns vom 17.01.2007

Laut Statistiken sind etwa 90% der Bevölkerung Rechtshänder und 10% Linkshänder. Von den Rechtshändern weisen etwa 95% eine linkshemisphärisch ausgeprägte Dominanz auf, wobei sich die in der Fachliteratur auffindbaren Prozentangaben zwar unterscheiden, prinzipiell aber nicht differieren. Von den Linkshändern weisen nur 70% eine linkshemisphärische Dominanz auf, weitere 15% sind rechtshemisphärisch dominant und die restlichen weisen eine bilaterale Lateralisierung auf.¹⁹

Der genaue Zeitpunkt dieser Dominanzfestlegung ist strittig, es wird jedoch vermutet, dass die Anfänge schon im Säuglingsalter stattfinden, wenn Säuglinge den Kopf zum Beispiel öfters nach rechts drehen als nach links. Zudem beginnt sich schon im Alter von etwa neun Monaten die Händigkeit auszubilden. Mit etwa fünf Jahren ist die Lateralität ausgebildet, weshalb es oft Schwierigkeiten gibt, wenn ein linksdominantes Kind mit rechts schreiben soll. Die Auswirkungen dieser Dominanzfestlegung sind jedoch schwer zu beobachten, da es einen ständigen Informationsaustausch zwischen den beiden Hemisphären über den Balken gibt.

¹⁹ www.ikp.uni-bonn.de/dt/lehre/materialien/spracherwerb/Uhe.pdf vom 22.01.2007