

Diplomarbeit

Der Zusammenhang zwischen Händigkeit und Sprache

eingereicht von

Mahdia Ahmadi

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktorin der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt am

Institut für Physiologie

unter der Anleitung von

Assoz. Prof. Mag. Dr. phil. Dr. scient. med. Peter Marschik

und

Ao. Univ.-Prof. Dr. phil. Christa Einspieler

Graz, am 02.12.2015

Mahdia Ahmadi eh

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 02.12.2015

Mahdia Ahmadi eh

Danksagung

Zuerst möchte ich mich recht herzlich bei meinen beiden Betreuern Herrn Assoz. Prof. Peter Marschik und Frau Prof.in Christa Einspieler für die Bereitstellung dieses Themas und die intensive Unterstützung und Begleitung während der gesamten Arbeit bedanken.

Ich möchte diese Gelegenheit auch gerne dazu nutzen, all den lieben Menschen zu danken, die mich während meines gesamten Studiums begleitet haben und mir stets zur Seite standen.

Dazu zählt an erster Stelle meine Mutter. Danke für all die Momente, an denen du an mich glaubtest, als ich es nicht mehr tat. Du bist eine starke und kluge Frau und damit das beste Vorbild, das man sich nur wünschen kann.

Außerdem möchte ich meinen Freunden danken. Während meiner Studienzeit habt ihr mich am meisten geprägt und mich zu dem Menschen gemacht, der ich heute bin.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	iii
Zusammenfassung	vi
Abstract	vii
Abbildungsverzeichnis	viii
Tabellenverzeichnis	ix
Abkürzungsverzeichnis	x
1 Einleitung	1
2 Hemisphärenasymmetrie	1
2.1 Wieso sind die beiden Hirnhemisphären spezialisiert?	3
2.2 Morphologische Hirnasymmetrien	3
2.3 Funktionale Hirnlateralisierung	5
2.3.1 Händigkeit	5
2.3.1.1 Händigkeitsermittlungen	6
2.3.1.2 Erbllichkeit der Händigkeit	9
2.3.2 Sprache	10
2.3.2.1 Ermittlung der Sprachdominanz	10
2.3.2.2 Hat die rechte Hemisphäre Sprachfunktionen?	12
2.3.2.3 Ist die Sprachfähigkeit angeboren oder erlernt?	13
2.3.2.4 Spracherwerb	15
2.4 Wieso sollten Händigkeit und Sprache überhaupt miteinander zusammenhängen?	15
2.4.1 Die Bedeutung der Händigkeit von kommunikativen Gesten für die Sprachentwicklung	16
2.4.2 Hängt die Händigkeit für die Essenshand mit Sprache zusammen?	20
2.4.3 Kann man von der Händigkeit auf die Hirnlateralisierung für Sprache schließen?	20

2.4.4	Hängen Händigkeit und Sprache über ihren Verlauf bzw. ihre Entwicklung bei Kindern zusammen?	22
2.4.5	Hängen geschriebene und gesprochene Sprachentwicklungsstörungen mit Händigkeit zusammen?	24
2.4.6	Gibt es eine gemeinsame genetische Ursache für Händigkeit und spezifischen Sprachstörungen?	27
3	Empirischer Teil	29
3.1	Ziele	29
3.2	Methode	29
3.2.1	TeilnehmerInnen	29
3.2.2	Prozedur	30
3.2.2.1	Händigkeitsermittlungen	30
3.2.2.2	Sprachtests	32
3.2.3	Statistik	34
3.3	Resultate	34
3.3.1	Händigkeitsermittlungen	34
3.3.2	Sprachtests	38
3.3.3	Korrelationen	40
4	Diskussion	45
5	Literaturverzeichnis	49

Zusammenfassung

Hintergrund: Die beiden Hemisphären des Gehirns arbeiten nicht identisch, sondern sind für gewisse Funktionen unterschiedlich gut spezialisiert. Bei den meisten Menschen ist die linke Hemisphäre sowohl für Sprachfunktionen als auch für die Händigkeit lateralisiert. Ist das Zufall oder hängen diese beiden lateralisierten Funktionen zusammen? Man weiß bisher sehr wenig darüber, ob diese beiden Funktionen zusammenhängen und v.a. wie. Das Verständnis dessen würde uns helfen, die Arbeitsweise des Gehirns besser zu verstehen und so neurologischen als auch sprachgestörten PatientInnen besser helfen zu können.

Zielsetzung: Ziel dieser Arbeit ist es, auf Basis der heutigen Kenntnisse über die Sprachfunktionen des Gehirnes sowie Händigkeit, den derzeitigen Wissensstand über die mögliche Funktionsweise des Gehirns und im genaueren einen möglichen Zusammenhang zwischen den beiden Funktionen darzustellen. Exemplarisch sollen die Händigkeiten für verschiedene Tätigkeiten als auch Sprachentwicklung, unterteilt in Sprachverständnis und Sprachproduktion, sowie ihre mögliche Assoziation an 28 Kindern im späten Vorschulalter (5;7) untersucht werden.

Methode: Es handelt sich um eine zweigeteilte Arbeit, die aus einem umfassenden Literaturteil über Hirnasymmetrie sowie der retrospektiven Auswertung einer prospektiv durchgeführten Studie, die den Zusammenhang zwischen Händigkeit und Sprachfunktionen erläutern soll, besteht.

Ergebnisse: Bei der Literaturrecherche ließen sich sehr unterschiedliche Zugänge zum Thema „Händigkeit und Sprache“ finden, je nach dem, was man unter den beiden Hirnfunktionen versteht und wie man sie misst. Die rechtshändige Handpräferenz für kommunikative Gesten korreliert eindeutig positiv mit der Sprachentwicklung bei Kindern. Bei der Händigkeit für manipulative Tätigkeiten lassen sich noch keine eindeutigen Aussagen fällen, außer dass eine sich früh entwickelnde Händigkeit mit einer besseren Sprachentwicklung assoziiert ist. Für welche Richtung der Händigkeit das gilt, ist noch nicht eindeutig geklärt, obwohl es starke Vermutungen dafür gibt, dass auch hier die Favorisierung der rechten Hand mit einer besseren Sprachentwicklung assoziiert ist. Das Ergebnis unserer Studie unterstützt diese Vermutung. Weiters fanden wir keinen Geschlechterunterschied im Widerspruch zur bestehenden Literatur.

Abstract

Keywords: handedness, language, pre-school age

Background: Both hemispheres do not work identically but are differently specialized for certain functions. For most people the left hemisphere is specialized for language and handedness. Is this a coincidence or are these two brain functions connected with each other? So far there is limited knowledge on this subject. However, the understanding of the *if* and the *how* these brain functions are associated would help to better understand the developing brain, and might contribute to interventions for both neurologically and language-impaired patients. The literature research has partly revealed contradictory results to the topic „handedness and language“ depending on what is meant by brain function and how this is assessed. The right hand preference for communicative gestures correlates significantly with a better language development in children. For the handedness of manipulative actions, however, there are no clear results except that early developing handedness is associated with better language development. It remains, however, open for which direction of handedness, left or right, this finding is valid although there is more support for right handedness.

Objective: The aim of this paper is to present the current scientific knowledge about the association between speech/language and handedness. For the purpose of the empirical study we aimed to investigate the association between handedness and language comprehension as well as production in 28 late pre-school children.

Methods: Twenty-eight late pre-school children (17 females, eleven males) were assessed by means of dotting, tracing, the Purdue Pegboard Test and a handedness inventory consisting of 19 items. Language skills were assessed by a language comprehension test (*Peabody Picture Vocabulary Test IIIA*) as well as a production test (Noun and Verb Test by Kauschke).

Results: Tendentially, the better pre-school children did in both language tests the stronger was their hand preference (PPVT standard: $p = 0,069$; PPVT percentile: $p = 0,092$; Verbttest by Kauschke: $p = 0,064$; total score by Kauschke: $p = 0,064$) and the more right handed they were (PPVT standard: $p = 0,086$; Verbttest by Kauschke: $p = 0,083$; total score by Kauschke: $p = 0,066$). Gender differences did not occur.

Conclusion: Our main result supports the assumption that right handedness predicts better language skills. The fact that we didn't find any gender difference is in contrast to other studies that found better language skills for females.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Split Brain Patient [63]	2
Abbildung 2: Planum temporale Asymmetrie [65]	4
Abbildung 3: Sylvische Fissur Asymmetrie [4]	5
Abbildung 4: Purdue Pegboard [18]	31
Abbildung 5: Peabody Picture Vocabulary Test [42]	32
Abbildung 6: „Pflücken“ als Beispiel für ein Verbitem nach Kauschke [49]	33
Abbildung 7: „Bank“ als Beispiel für ein Nomenitem nach Kauschke [49]	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Hirnareale und ihre Sprachfunktionen [44].....	12
Tabelle 2: Händigkeitstatus nach Michel (rechte Hand/19 Items).	34
Tabelle 3: Lateralisierungsindex 1.	35
Tabelle 4: Lateralisierungsindex 2.	36
Tabelle 5: Ergebnisse für den Purdue Pegboard Test.	37
Tabelle 6: Tracing Ergebnisse geordnet nach der Handpräferenz (HP).	37
Tabelle 7: Dotting Ergebnisse geordnet nach der Handpräferenz (HP).	38
Tabelle 8: Ergebnisse des Peabody Picture Vocabulary Test (PPVT).	39
Tabelle 9: Nomen Verb Test Ergebnisse (nach Kauschke).	40
Tabelle 10: Korrelationen.....	41
Tabelle 11: Kreuztabelle zwischen dem Dotting und dem Tracing Test.	42
Tabelle 12: Korrelation zwischen der Handpräferenz (HP) nach Michel und dem Tracing Test.	42
Tabelle 13: Korrelation zwischen dem Dotting und der Handpräferenz (HP) nach Michel (rechte Hand/19Items).	43
Tabelle 14: Korrelationsübersicht zwischen den Händigkeitsermittlungen und den Sprachtests.	44

Abkürzungsverzeichnis

DQ	Development Quotient
EEG	Elektroenzephalografie
EHI	Edinburgh Handedness Inventory
fMRI	functional magnetic resonance imaging
fTCD	funktionelle transkranielle Doppler Sonographie
HG	Handgeschwindigkeit/Handgeschicklichkeit
HL	Hirnlateralisierung
HP	Handpräferenz
KS	Kommunikationssystem
LI	Lateralisierungsindex
MEG	Magnetenzephalographie
MT	Manipulative Tätigkeiten
PPVT	<i>Peabody Picture Vocabulary Test</i>
QHP	Quantifizierung der Handpräferenz
SES	Sprachentwicklungsstörungen
SSES	Spezifische Sprachentwicklungsstörungen

1 Einleitung

Das Ziel dieser Diplomarbeit ist einen möglichen Zusammenhang zwischen den beiden Hirnfunktionen Händigkeit und Sprache aufzuzeigen. So teilte sich meine Arbeit in zwei Bereiche ein. Ein Teil war, die aktuelle Literatur über dieses Thema zusammenzutragen. Diese beinhaltet eine grundlegende Einführung in das Überthema „Hirnasymmetrie“ sowie im genaueren eine Zusammenfassung des aktuellen Wissensstandes über einen möglichen Zusammenhang zwischen den beiden Hirnfunktionen Sprache und Händigkeit. Der zweite Teil meiner Arbeit bestand aus einer empirischen Untersuchung der Sprachfähigkeiten und Händigkeiten 28 Kinder im späten Vorschulalter.

Im Folgenden erfolgt zuerst die Zusammenfassung meiner Literaturrecherche über dieses Thema, an die sich die empirische Untersuchung anschließt.

2 Hemisphärenasymmetrie

Der Begriff Hemisphärenasymmetrie bzw. Hemisphärenlateralisierung kann sich sowohl auf die Hirnmorphologie als auch auf die Hirnfunktionen beziehen.

Die beiden Hemisphären sind in ihrem anatomischen Aufbau nicht identisch. Die Unterschiede befinden sich sowohl auf makroskopischer als auch auf mikroskopischer Ebene. Makroskopische Unterschiede sind im Volumen bestimmter Hirnareale, in der Gyrfizierung sowie in der Form und Länge bestimmter Sulci zu finden. Mikroskopische Unterschiede beziehen sich auf die Anzahl und das Volumen von Neuronen und Gliazellen sowie auf das Ausmaß der interhemisphärischen Verkabelung.

Unter funktionaler Hirnlateralisierung (HL) versteht man, dass homologe Hirnareale der beiden Hemisphären andere Aufgaben übernehmen oder die gleichen Funktionen unterschiedlich gut bzw. effizient erfüllen [45]. Demnach werden verschiedene Funktionen im Hirn lateralisiert verarbeitet. Das wohl bekannteste Beispiel stellt die Händigkeit dar, aber auch Sprache und das visuell räumliche

Vorstellungsvermögen werden unterschiedlich gut von beiden Hemisphären verarbeitet [45]. Aus Studien über PatientInnen mit Hirnläsionen kann man schließen, dass die linke Hemisphäre eher für rationales, sprachliches und analytisches Denken zuständig ist, während die rechte Hemisphäre in emotionalen und intuitiven Denkprozesse besser ist [46].

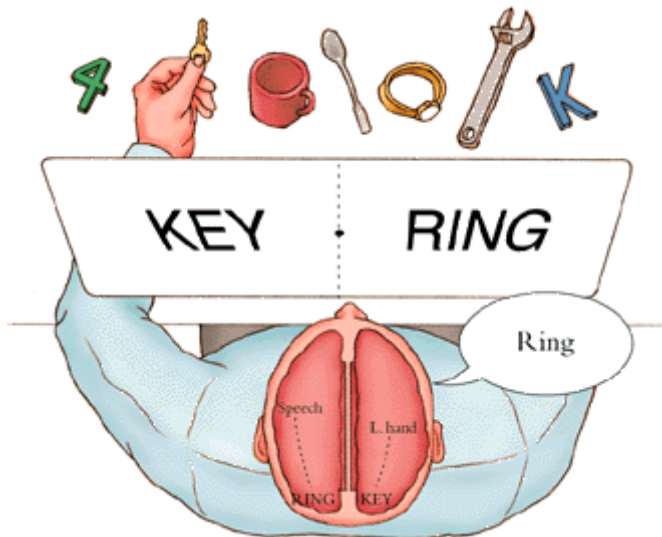


Abbildung 1: Split Brain Patient [63]

Auch wenn sich die Hemisphären auf gewisse Funktionen spezialisiert haben, so können sie nicht optimal unabhängig voneinander arbeiten. Tatsächlich arbeiten in einem gesunden Gehirn beide Hemisphären eng zusammen.

Der interhemisphärische Informationsaustausch erfolgt über das Corpus callosum. Es stellt sowohl eine anatomische als auch eine funktionale Verbindung

zwischen den beiden Hemisphären dar. Die Bedeutung des Corpus callosum wurde v.a. bei Split-Brain PatientInnen untersucht. Um ein Übergreifen des Anfalls bei Epileptikern auf die andere Hemisphäre zu vermeiden, wurde ihnen früher das Corpus callosum durchtrennt. Zunächst schien es, als ob diese PatientInnen keine Schäden von dieser Operation davon trugen. Bald jedoch bemerkte man, dass sie Objekte in ihrem linken Gesichtsfeld oder mit der linken Hand ertastet nicht verbalisieren konnten, d.h. nicht beschreiben oder benennen konnten. Die rechte Hemisphäre konnte die Objekte sehr wohl „sehen“ oder „fühlen“, da beide Funktionen von beiden Seiten ausgeführt werden, jeweils überkreuzt, aber die bei den meisten Menschen sprachdominante linke Hemisphäre hat offensichtlich keine Information von der rechten Hemisphäre bekommen. Bei Objekten in ihrer rechten Hand oder in ihrem rechten Gesichtsfeld war dies jedoch überhaupt kein Problem. Sie wurden von der linken Hemisphäre sowohl „gesehen“ als auch „gefühl“ und konnten auch verbalisiert werden. Hier ist kein Informationsaustausch zwischen den beiden Hemisphären nötig (Vgl. Abbildung 1). Das bedeutet, dass die PatientInnen in ihrem Alltag ihr linkes Gesichtsfeld ignorierten, zumindest nicht verbal darauf

eingehen konnten. Interessanterweise hat sie das aber kaum gestört. Heutzutage wird diese sogenannte Callosotomie nur mehr selten angewandt [3].

2.1 Wieso sind die beiden Hirnhemisphären spezialisiert?

Es gibt verschiedene Annahmen. Erstens ist bereits bei Feten die linke Hemisphäre größer als die rechte und das obwohl sie noch gar nicht zu sprechen gelernt haben. Wenn sich nun eine Hirnfunktion auf ein Hirnareal spezialisiert, tut sie das bevorzugt in einem bereits vergrößerten Bereich. Falls das mit Sprache zusammenhängt, wurde die Sprache links-hemisphärisch dominant, weil die linke Hemisphäre größer ist und nicht umgekehrt [3]. Zweitens enthält das Corpus callosum als interhemisphärisches Verbindungsstück weitaus weniger Fasern als intracorticale Fasern innerhalb einer Hemisphäre. Würden die Funktionen auf beiden Hemisphären veranlagt sein, bräuchte das Hirn noch mehr interhemisphärische Fasern, um die beiden Hemisphären miteinander zu verknüpfen. Dann wäre der Balken noch dicker und das Gehirn bräuchte noch mehr Platz im Schädel. Theoretisch sollte die Lateralisierung einer Funktion somit effizienter sein, bewiesen ist das jedoch noch nicht [46].

2.2 Morphologische Hirnasymmetrien

Es gibt zahlreiche anatomische Asymmetrien zwischen den beiden Hemisphären. Auf die wichtigsten wird im Folgenden eingegangen. 1968 untersuchten Geschwind und Levitsky die Gehirne von 100 Toten. Sie stellten deutliche morphologische Asymmetrien fest, v.a. des Planum temporale (Vgl. Abbildung 2). Das Planum temporale ist eine Region auf der oberen Fläche des Temporallappens, der das Wernicke-Sprachfeld umfasst. Die beiden Wissenschaftler fanden heraus, dass das linke Planum temporale bei 65% der Toten größer war, das rechte nur bei 11% und bei 24% gab es keine Größenunterschiede zwischen den beiden Hemisphären. Moderne Bildgebungen haben später diese Ergebnisse bestätigen können und stellten diese Größenunterschiede sogar bei Feten fest [46]. Diese Asymmetrie korreliert mit der Händigkeit insofern, als dass Rechtshänder eine noch stärkere linksgerichtete Asymmetrie vorweisen. Man vermutet, dass Sprache aufgrund

dieser Volumenunterschiede links-hemisphärisch dominant ist und nicht umgekehrt [45].

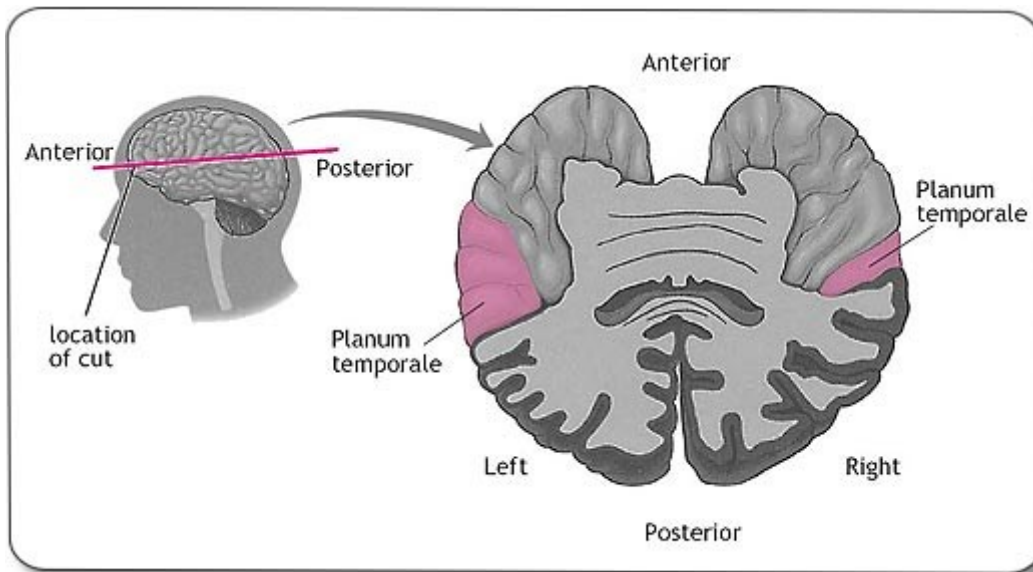


Abbildung 2: Planum temporale Asymmetrie [65]

Eine weitere morphologische Asymmetrie stellt die sylvische Fissur (Vgl. Abbildung 3) dar. Sie ist auf der linken Hemisphäre durch einen längeren horizontalen mit gleichzeitig kurzem vertikalem Verlauf charakterisiert, während sie auf der rechten Hemisphäre horizontal kurz und vertikal lang verläuft. Bei 2/3 aller Gehirne konnte man dieses Verlaufsmuster feststellen sowie bei Primaten und menschlichen Feten. Letzteres lässt vermuten, dass dieses Muster genetisch determiniert ist und nicht auf ein vorgeburtliches „Sterben“ von Neuronen oder auf sonstige Einflüsse während der Embryonalentwicklung zurückzuführen ist. Bei Primaten stellte man dieses Verlaufsmuster ebenfalls fest, allerdings in einem wesentlich geringeren Ausmaß. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass sich diese Asymmetrie stammesgeschichtlich spät entwickelt hat genauso wie die menschliche Sprache, sodass sie mit ihr in Verbindung gebracht wird. Da sich die sylvische Fissur in der Nähe von wichtigen Zentren für die Kontrolle von höheren kognitiven Funktionen befindet, wird sie weiterhin untersucht in der Hoffnung wichtige morphologische Erkenntnisse, die mit funktionaler Hirnasymmetrie im Zusammenhang stehen könnten, zu finden [44].

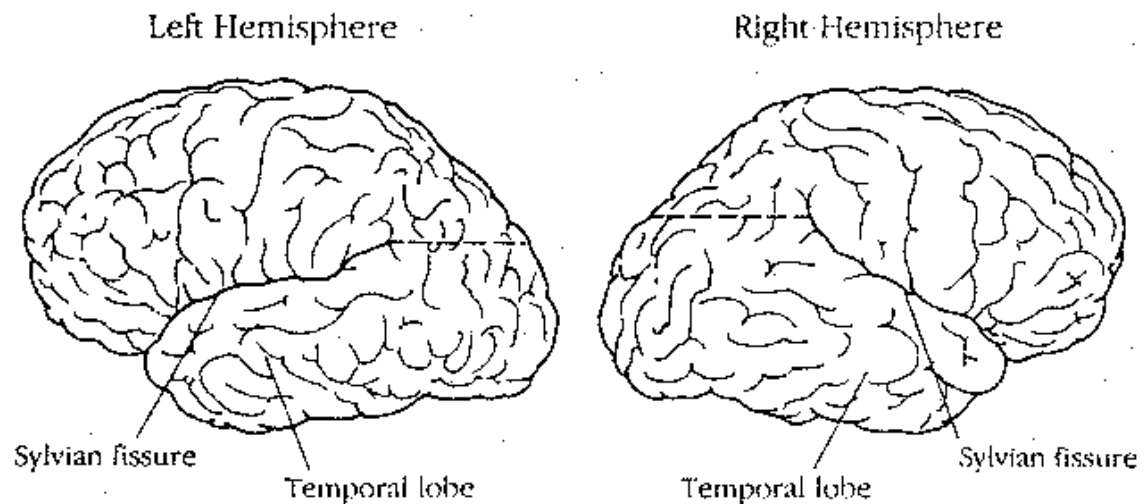


Abbildung 3: Sylvische Fissur Asymmetrie [4]

Eine weitere anatomische Asymmetrie weist das Planum parietale vor. Bei allen Frauen unabhängig ihrer Händigkeit ist das Planum parietale deutlich rechtslateralisiert, bei Männern nur bei jenen, die rechtshändig sind. In wie fern diese Asymmetrie mit kognitiver Leistung bzw. mit dem Verhalten zusammenhängt, weiß man bisher noch nicht [45].

2.3 Funktionale Hirnlateralisierung

2.3.1 Händigkeit

Bei der Händigkeit muss man grundsätzlich die verschiedenen Arten der Tätigkeiten, für die man die Händigkeit bestimmt, unterscheiden. So gibt es zum einen manipulative Tätigkeiten (MT) als auch unimanuelle kommunikative Gesten wie z.B. das Hinzeigen auf jemanden/etwas. Studien, die die Händigkeit ermitteln, deklarieren eindeutig, dass die Händigkeiten für beide Tätigkeitstypen unabhängig voneinander determiniert werden. So wird die Händigkeit für kommunikative Gesten bereits als Säugling gefestigt und bleibt dann stabil [82], während sich die Händigkeit für MT später determiniert und dann mit zunehmenden Alter immer stärker wird [59]. Außerdem sind nahezu alle Menschen rechtshändig für das kommunikative Hinzeigen, unabhängig ihrer Händigkeit für MT. D.h., auch für MT

linkshändige Personen zeigen überwiegend mit der rechten Hand auf etwas/jemanden hin [82].

Die Händigkeit für MT ist die bekannteste, weil offensichtlichste, und deshalb auch die am häufigsten untersuchte funktionale Asymmetrie des Menschen. Die meisten Menschen verwenden v.a. die rechte Hand für MT. Die genaue Verteilung der Händigkeit lässt sich nur schwer ermitteln, da es keine einheitlichen Händigkeitsdiagnosekriterien gibt. Eine verlässliche Schätzung stellt die Umfrage des National Geographic mit ca. 1,2 Millionen US-Amerikanern nach der bevorzugten Schreib- und Wurfhand dar. Im Durchschnitt gaben 13% der Männer und 10,5% der Frauen an, mit der linken Hand zu schreiben. Mit zunehmendem Alter der TeilnehmerInnen gaben immer weniger Personen an, mit der linken Hand zu schreiben. Dies wird wohl daran liegen, dass es früher wesentlich häufiger Umerziehungen der Schreibhand von links nach rechts gab (8% bei über 90-Jährigen). Korrigiert man die oben genannten Ergebnisse unter Berücksichtigung der Umerziehung, erhält man die tatsächliche Linkshändigkeitsprävalenz je nach Alter von 11-18% [41]. Selbst in dieser korrigierten Verteilung stellt man nach wie vor eine altersabhängige Reduktion der Linkshändigkeitsprävalenz fest. Dies wird mit einer vermeintlich höheren Mortalitätsrate von Linkshändern in Verbindung gebracht. Es gibt einige Arbeiten, die Linkshändigkeit mit verschiedenen Gesundheitsrisiken (z.B. Brustkrebs, Alkoholismus, Immunerkrankungen) und gehäufte Unfallanfälligkeit, bedingt durch die für Rechtshänder konzipierte Umwelt, assoziieren. Allerdings gibt es auch Arbeiten, die dem widersprechen [44].

2.3.1.1 Händigkeitsermittlungen

Grundsätzlich unterscheidet man die Händigkeit für verschiedene Tätigkeitstypen: u.a. kommunikative Gesten und MT.

Es gibt verschiedene Methoden, die Händigkeit für Manipulation zu bestimmen. Dabei hat man sich noch auf kein einheitliches Diagnosekriterium einigen können. Man unterscheidet Methoden zur Ermittlung der Handpräferenz (HP) und der Handgeschicklichkeit bzw. Handgeschwindigkeit (HG). Eine simple Methode zur Ermittlung der HP stellt die Schreibhand dar [58]. Diese Methode eignet sich nur bedingt gut, da das Schreiben zum einen maßgeblich von Erziehung abhängt. In

einigen Kulturen werden eigentliche Linkshänder gezwungen, das Schreiben mit rechts zu erlernen. Zum anderen kann das Schreiben nicht bei jungen Kindern oder bei Analphabeten untersucht werden [37]. Außerdem ist eine simple Dichotomie der Händigkeit zu unsensitiv: Während einige Menschen bei allen Aktivitäten immer dieselbe Hand nutzen, variiert das bei anderen in Abhängigkeit von der Aktivität¹. Die am häufigsten verwendeten Methoden der Handpräferenzermittlung sind der „Edinburgh Inventory“ (EHI) von Oldfield [64] und der Greiftest über die Mittellinie [37]. Die EHI Methode ermittelt die HP für in der Regel zehn Tätigkeiten, die willkürlich ausgesucht werden, u.a. für das Schreiben und Zähne Putzen. Die Tätigkeiten können abgefragt, über einen Fragebogen ermittelt, was nur bei Erwachsenen möglich ist, oder vor einem neutralen Beobachter vorgeführt werden. Letzteres stellt sich als die objektivste Methode dar, da bei den Fragebögen der/die Proband/in sich die Tätigkeiten vorstellen muss, wozu es die Fähigkeit und den Willen zur Visualisierung bedarf. Zur Auswertung wird jedes Item gleichwertig aufsummiert und zu einem Gesamthändigkeitsindex verrechnet. Allgemein ist am EHI zu kritisieren, dass die Tätigkeiten willkürlich ausgesucht werden und nicht jede unimanuale Tätigkeit gleichwertig zur Händigkeit beiträgt. Deshalb schlug 1985 Marion Annett vor, eine bekannte Forscherin in diesem Bereich, die einzelnen Items unterschiedlich zu gewichten. Daraus entstand die Klassifikation in konsistente Rechts- und Linkshändige sowie Gemischthändige [44]. Dennoch bleiben folgende Nachteile bestehen: 1) Die inkludierten Aktivitäten werden vom sozialen Druck und unterschiedlichen Grad an Erfahrung beeinflusst. 2) Die TeilnehmerInnen werden in Gruppen eingeteilt, obwohl Händigkeit eher eine quantitative Eigenschaft ist [37]. Die Tendenz, die Mittellinie zu kreuzen, quantifiziert die Stärke der HP (Quantifizierung der HP (QHP)). Der wesentliche Vorteil dieser Methode ist, dass sie nicht zu einer simplen Dichotomie oder Dreiteilung der ProbandInnen führt, sondern zu einer Quantifizierung bzw. Gradteilung der Händigkeit von Werten in der Regel zwischen -0,5 bis +0,5. Dabei werden den ProbandInnen in einem Halbkreis Objekte aufgelegt, wobei jedes Objekt den gleichen Abstand zur Mitte des/der Probanden/in aufweist. Der/die Proband/in wird aufgefordert, die Objekte aufzuheben und in eine Box vor sich hineinzulegen. Dabei wird beobachtet, mit welcher Hand der/die Proband/in dies tut bzw. ob er/sie dabei seine/ihre Mittellinie

¹ Bishop, 1980 zitiert nach Groen et al., 2013 [37]

kreuzt. Je stärker die HP ausgebildet ist, desto eher neigt der/die Proband/in dazu, mit seiner/ihrer dominanten Hand die Mittellinie zu kreuzen, um ein Objekt auf der kontralateralen Seite aufzuheben, obwohl das Aufheben des Objektes mit der nicht dominanten Hand einfacher wäre. Je negativer der Wert, desto mehr Objekte, v.a. auf der rechten Körperhälfte, werden mit der linken Hand aufgehoben und vice versa. Diese Tendenz nimmt mit zunehmenden Alter zu [40]. Die Hauptidee dahinter ist, dass eine Person, die eine starke HP hat, diese dominante Hand auch benutzen wird, um eine Tätigkeit zu erledigen, obwohl sie durch Benutzung der nicht dominanten Hand leichter zu erfüllen wäre [37].

Für manipulative Tätigkeiten kann man ebenfalls die HG messen. Hier unterscheidet man wiederum verschiedene Möglichkeiten. Das Finger Tapping misst die Anzahl der Auf- und Abbewegungen innerhalb einer bestimmten Zeit [69]. Beim „peg moving“ nach Annett werden so schnell wie möglich kurze Holzpflocke von einer vorderen Reihe in eine hintere Reihe gesteckt [6]. Beim Dotting werden so viele Punkte innerhalb einer vorgegebenen Grenze gezeichnet wie möglich [80]. Zur Berechnung der Händigkeit wird dann im Allgemeinen die Leistung der linken Hand von der Leistung der rechten Hand subtrahiert. Die Vorteile der Messungen der Handgeschicklichkeit sind folgende [44]:

- Sie sind objektiv.
- Sie erlauben die Händigkeitsmessung auf einer kontinuierlichen Skala.
- Sie sind robuster gegenüber sozialen Einflüssen.
- Sie unterliegen Trainingseinflüssen, was sowohl als Vorteil als auch als Nachteil ausgelegt werden kann. Ein Vorteil wäre z.B. zur Messung der Fortschritte nach neurologischen Schäden.

2.3.1.2 Erbllichkeit der Händigkeit

In ihrer Studie aus dem Jahre 2005 über die Assoziation zwischen Sprachentwicklungsstörungen und Händigkeit untersuchte Dorothy V.M. Bishop auch die Erbllichkeit der Händigkeit von zwei Methoden (EHI und QHP) bei 196 Zwillingspaaren und stellte fest, dass nur die QHP Methode signifikant vererbt wird [9].

Wieso nahm man überhaupt an, dass Händigkeit vererbt wird? Bishop erläutert dies wie folgt [9]:

1. Alle Menschen haben eine HP, während andere Spezies so etwas nicht haben. Dies führte zur Konklusion, dass es eine biologische Veranlagung dafür geben muss, die allen Menschen gemeinsam ist und sie von anderen Spezies unterscheidet. Daraus schlussfolgerte Bishop 2001, dass es sich um eine genetische Varianz handeln muss. Laland, Krumm, Van Horn und Feldmann haben 1995 ein Modell entwickelt, das weggeht von der Vorstellung, dass Allelvarianzen die Händigkeit determinieren, hin zu dem, dass eine genetische Veranlagung eher probabilistisch ist als determinierend und Nicht- Rechtshändigkeit auf Zufall oder Kultureinflüsse zurückzuführen ist [53].
2. Weiters kann man durchaus sagen, dass Händigkeit familiär gehäuft vorkommt, wenn auch schwach. Allerdings ist es schwierig im Familienstammbaum zwischen genetischen Einflüssen und gemeinsamen Umwelteinflüssen zu unterscheiden. Zwillingsstudien ermöglichen dies schon und ergaben kaum eine genetische Veranlagung für Händigkeit [8].
3. „Annett's Right Shift Theory“ aus dem Jahr 1985 besagt, dass die relative HG durchaus vererbt wird. Die Ergebnisse dazu sind sehr widersprüchlich: Bishop fand in Zwillingen keine Erbllichkeit [8]. Francks et al. fanden 2002 einen Genlocus, den sie mit HG assoziieren. Es besteht jedoch Einigkeit darin, dass die HG nicht mit Sprachstörungen assoziiert ist [7].

2.3.2 Sprache

Die humanen Sprachen stellen das vielschichtigste und flexibelste Sprachsystem von allen Sprachen bzw. Kommunikationssystemen dar. So besteht Sprache aus verschiedenen Unteraspekten, wie z.B. das Sprechen, Verständnis und Benennen. Diese Unteraspekte werden von unterschiedlichen Hirnarealen kontrolliert und können deshalb auch unabhängig voneinander gestört werden, je nach Läsionsort im Gehirn. Es gibt schätzungsweise ca. 10 000 verschiedene Sprachen und Dialekte weltweit, dennoch ist allen gemeinsam, dass sie die Feinheiten menschlicher Erfahrung und Emotionen ausdrücken können [3].

Sprachlateralisierung bedeutet, dass gewisse Sprachfunktionen von einer Hemisphäre besser oder effizienter verarbeitet werden. Die darin bessere Hemisphäre ist die sogenannte „sprachdominante“ Hemisphäre [44].

2.3.2.1 Ermittlung der Sprachdominanz

Es gibt verschiedene Methoden, die sprachdominante Hemisphäre zu diagnostizieren. Den Goldstandard stellt die Wada-Technik dar. Dies ist eine Methode, die bei neurochirurgischen Eingriffen genutzt wird, um nicht versehentlich die sprachdominante Hemisphäre zu verletzen. Hierbei wird den PatientInnen ein rasch und kurz wirksames Barbiturat (Natrium-Amobarbital) in die Arteria carotis interna injiziert. Es kommt zum Ausfall der ipsilateralen Hirnhälfte und somit zur kontralateralen Hemiparese. Je nach dem, auf welcher Seite die Sprachfunktionen lateralisiert verarbeitet werden, fällt eben auch die Sprache aus und es kommt zur vorübergehenden Aphasie. Konkret wird dies getestet, indem der/die Patient/in während der Prozedur laut zählen oder sprechen soll. Hört er/sie irgendwann auf zu zählen oder zu sprechen, hat man die sprachdominante Hemisphäre erwischt. Dies macht man jedoch nur bei PatientInnen, die ohnehin irgendeine neurologische Pathologie haben, weswegen sie am Hirn operiert werden müssen. Eine weitere Methode stellt die unilaterale Elektrokrampftherapie dar. Diese wird an neurologisch gesunden, aber endogen depressiven PatientInnen angewandt. Es werden Dysphasien festgestellt, wenn die sprachdominante Seite behandelt wird [45]. Aus diesen Daten weiß man, dass bei den meisten Menschen die sprachdominante

Hemisphäre die linke ist. Dies gilt v.a. für Rechtshänder. Bei Linkshändern sind die Befunde nicht einheitlich. Die Schätzungen für links-hemisphärische Sprachdominanz bei Linkshändern schwanken zwischen 23 und 78%. Bihemisphärische Sprachverarbeitung wird nur bei etwa 9 bis 66% angenommen und eine rechts-hemisphärische Sprachorganisation bei 11 bis 19%. Das Problem bei diesen Daten ist jedoch, dass sie zum Teil aus Studien mit neurologisch Erkrankten stammen, und nicht auszuschließen ist, dass in Folge dieser Erkrankung es zu veränderter funktionaler kortikaler Organisation gekommen ist, die auch die Sprachlateralisierung betrifft. Ein weiteres Problem stellt die wie bereits weiter oben diskutierte Händigkeitdiagnose dar. Da es noch keine einheitlichen Diagnosekriterien gibt, schwanken die Werte v.a. für Linkshänder extrem.

Weitere Methoden, die sprachdominante Hemisphäre zu diagnostizieren, sind dichotische Hörtests und tachistoskopische Gesichtsfeldabhängige Präsentationen von verbalem Material. Mehr an Bedeutung haben die neueren Methoden mittels Bildgebung gewonnen (fMRI, fTCD, EEG, MEG). Studien mit all diesen Methoden bestätigen die oben erwähnte Händigkeitsverteilung: Die meisten Menschen sind, unabhängig ihrer Händigkeit für manipulative Tätigkeiten, links-hemisphärisch sprachdominant [44]. Eine atypische Sprachorganisation ist bei Linkshändern sicherlich häufiger als bei Rechtshändern, jedoch auch nicht dominierend² [45].

Mithilfe der Bildgebungen hat man genauere Hirnareale für verschiedene Sprachfunktionen feststellen können. Zusammenfassend kann man sagen, dass an Sprachfunktionen v.a. links-hemisphärische perisylvische Hirnregionen und v.a. der Gyrus frontalis inferior beteiligt sind. Die genaueren Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt [44]

² Knecht et al., 2000 zitiert nach dem Lehrbuch der Kognitiven Neurowissenschaften [45]

Tabelle 1: Hirnareale und ihre Sprachfunktionen [44]

Hirnareal	Funktion/Verarbeitung von
Ventraler Teil des Gyrus frontalis inferior	Semantisches Wissen
Dorsaler Teil des Gyrus frontalis inferior	Phonetische Analysen
Linksseitiger auditorischer Kortex	Feinere akustische Analysen im Zeitbereich
Rechtsseitiger auditorischer Kortex	Frequenzbereich (z.B. Musik Hören)
Posteriorer Teil des Sulcus temporalis superior	Wortwahrnehmung
Anteriorer Teil des Gyrus temporalis medius	Semantische Prozesse

Eine weitere wichtige Erkenntnis ist, dass atypische HL für Sprache nicht mit kognitiven Leistungen assoziiert ist. In der Studie aus dem Jahr 2001 von Knecht et al. wurden die kognitiven Leistungen (z.B. künstlerische Leistungen, verbale Flüssigkeit, Intelligenz, Geschwindigkeit in der Verarbeitung linguistischer Aufgaben oder die Fähigkeit Fremdsprachen zu beherrschen) von ProbandInnen mit atypischer Sprachverarbeitung mit den kognitiven Leistungen von typisch lateralisierten ProbandInnen verglichen. Es wurde kein signifikanter Unterschied festgestellt [44].

2.3.2.2 Hat die rechte Hemisphäre Sprachfunktionen?

Die bereits beschriebenen Untersuchungen zeigen eindeutig, dass ein Großteil der Sprachfunktionen von der sprachdominanten (meistens linken) Hemisphäre besser ausgeführt wird. Die Split-Brain PatientInnen zeigen, dass nur die sprachdominante Hemisphäre Sprache hervorbringt, d.h. produzieren bzw. verbalisieren kann. Sie zeigen jedoch noch eine weitere wichtige Erkenntnis: Zeigt man ihnen in ihrem linken Gesichtsfeld ein Substantiv, so antworten sie, nichts zu sehen. Natürlich meldet sich hier die „gesprächige“ linke Hemisphäre, die tatsächlich nichts sieht. Soll der/die Patient/in jedoch auf eine Karte hinzeigen, die das Substantiv als

Zeichnung abbildet, so ist er/sie dazu in der Lage. Mit zunehmender Komplexität der Wörter kann die rechte Hemisphäre dies auch nicht mehr, jedoch zeigt das Experiment, dass die rechte Hemisphäre zumindest „versteht“, auch wenn sie nicht „sprechen“ kann. Also kann die rechte Hemisphäre auch einige Sprachfunktionen übernehmen, wenn auch nur im simplen Ausmaß und wesentlich schlechter als die linke.

Erwähnenswert ist noch ein besonderer Fall. Bei einigen wenigen Ausnahmen sind nicht alle Sprachfunktionen optimal und am besten von ein und derselben Hemisphäre kontrolliert. Bei einer Split-Brain Patientin, die unter dem Namenskürzel V.J. bekannt ist, ist die linke Hemisphäre für das Sprechen besser, die rechte jedoch für das Schreiben. So konnte sie ein Wort im linken Gesichtsfeld schreiben, aber nicht benennen, und ein Wort im rechten Gesichtsfeld benennen und nicht schreiben [3]. Ein weiteres Beispiel dafür, dass selbst innerhalb einer Domäne wie Sprache verschiedene Unter Aspekte auf die beiden Hirnhemisphären aufgeteilt zu sein scheinen, ist folgendes: Im Wada Test hatten einige Personen gegensätzliche Veranlagungen der Lateralität für zwei verschiedene Sprachaufgaben: Objekte benennen und das Aufsagen einer bekannten Reihenfolge wie die Wochentage³. Beide Beispiele stellen sicherlich Ausnahmen dar, dennoch verdeutlichen sie, dass nicht alle Sprachfunktionen auf ein einzelnes Gehirnsystem und nur auf eine Hemisphäre beschränkt sein müssen. Zusammenfassend kann man also sagen, dass die linke Hemisphäre die sprachdominante und in allen Sprachfunktionen in der Regel besser ist, die rechte Hemisphäre jedoch simple Wörter zumindest verstehen, wenn auch nicht benennen kann, und in manchen Fällen auch Sprachfunktionen übernehmen kann [3].

2.3.2.3 Ist die Sprachfähigkeit angeboren oder erlernt?

Beim Erlernen von Sprache spielen verschiedene Aspekte eine Rolle. Imitation und Erfahrung stellen einige davon dar. Beides würde eher für ein Erlernen der Sprachfähigkeit sprechen. Zahlreiche Studien haben jedoch gezeigt, dass ein großer Teil beim Spracherwerb tatsächlich angeboren ist. Verschiedene Punkte sprechen dafür: Jegliche Formen der Kommunikation, sei es die verbale oder die

³ Milner et al., 1964 zitiert nach Groen et al., 2013 [37]

körperliche bzw. manuelle, werden bei den meisten Menschen von der linken Hemisphäre gesteuert. Zweitens gibt es anatomische Unterschiede zwischen den beiden Hemisphären (Vgl. Kapitel „Morphologische Hirnasymmetrie“ 2.2). Diese Unterschiede sind bereits bei Feten festgestellt worden, was dafür spricht, dass Asymmetrie kein Resultat von Erfahrung ist, sondern genetisch determiniert ist. Außerdem sind Säuglinge unmittelbar nach der Geburt im Stande, ein breites Spektrum an Klängen zu unterscheiden. Deshalb sind alle Säuglinge in der Lage, alle Sprachen dieser Welt zu erlernen, von Chinesisch bis Russisch. Jedes Kind kann demnach alle Sprache lernen. Mit der Zeit verlieren Kinder jedoch diese Fähigkeit, weshalb Erwachsene sich schwerer tun mit Sprachen. Aus diesem Grund kann ein japanischer Erwachsenen nicht zwischen den beiden Lauten /r/ und // unterscheiden, ein englischer Erwachsener nicht zwischen dem sogenannten harten // und dem weichen // im Russischen. Darüber hinaus läuft der Spracherwerb bei allen Kindern dieser Welt gleich ab bzw. in identischen Schritten [47]. Zunächst glucksen Neugeborene, mit sechs Monaten wird daraus ein Geplapper, dann produzieren sie Ein-Wort-Sprache, später Zwei-Wort-Sprache mit Syntax und schließlich entwickeln sie komplexere Sprache. Mit drei Jahren bilden sie ganze Sätze [3]. Das Durchschnittsalter dabei ist auch bei allen Kindern gleich. Schließlich scheint es ein Zeitfenster zum Erlernen von Sprachen zu geben. Nach der Pubertät fällt es den Menschen schwerer Sprachen zu lernen. Das kritische Zeitfenster ist somit von Geburt an bis zur Pubertät. Nach der Pubertät lernen Teenager genauso leicht bzw. schwer Sprachen wie Erwachsene mit 40 Jahren. Kinder, die ohne Kontakt zu anderen Menschen aufgewachsen sind, sogenannte „wilde Kinder“, können nach der Pubertät keine Sprachen mehr erlernen. Selbst wenn sie vor der Pubertät noch sozialen Kontakt haben, fällt es ihnen sehr schwer. Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass die Sprachfähigkeit zum Großteil angeboren ist. Der Spracherwerbsprozess an sich allerdings hat überwiegend mit Imitation und Erfahrung zu tun [47].

2.3.2.4 Spracherwerb

Was genau im Gehirn eines Säuglings passiert, während es Sprache erlernt, ist unklar. Jenny Saffran und ihre Kollegen an der University of Wisconsin konnten jedoch einiges im Spracherwerb entschlüsseln. Sie stellten fest, dass Kinder Wörter auf statistische Weise zu unterscheiden lernen. Beim Ausdruck „hübsches Baby“ ist es wahrscheinlicher, dass in einem einzigen Wort die Silbe „sches“ auf „hüb“ folgt als „bay“ auf „sches“. Weiters ist die Silbenbetonung der Erwachsenen sehr hilfreich. Im Englischen z.B. wird die erste Silbe betont. Das hilft Säuglingen, die Wörter voneinander abzugrenzen. Außerdem sprechen Erwachsene intuitiv in „Babysprache“ mit Kindern. D.h., sie sprechen langsamer als üblich und überdeutlich.

Mittels fMRT hat man feststellen können, dass Säuglinge bereits mit drei Monaten ähnliche Gehirnreaktionen auf gesprochene Wörter haben wie Erwachsene. Der Temporallappen wird beim Zuhören aktiviert und überhaupt wird vorwiegend die linke Hemisphäre aktiviert. Das bedeutet zwar nicht, dass sie Sprache gleich verarbeiten wie Erwachsene, aber zumindest die gleichen Hirnareale dafür nutzen [3].

2.4 Wieso sollten Händigkeit und Sprache überhaupt miteinander zusammenhängen?

Zum einen stellen beide lateralisierte Hirnfunktionen dar. Zum anderen sind sowohl Handmotorik als auch die Sprachdominanz bei den meisten Menschen links-hemisphärisch veranlagt [45]. Ist dies Zufall oder hängen sie miteinander zusammen? Ein Teil meiner Arbeit im Rahmen der Diplomarbeit war, die aktuelle Literatur über diesen möglichen Zusammenhang zusammenzutragen. Dabei ist mir aufgefallen, dass die Zugänge zu diesem Thema sehr unterschiedlich sind, je nach dem, was man unter Händigkeit und Sprache versteht. Im Folgenden werden meine Ergebnisse der Literaturrecherche dargestellt.

2.4.1 Die Bedeutung der Händigkeit von kommunikativen Gesten für die Sprachentwicklung

Mit dem Ende des ersten Lebensjahres machen Kinder in der Regel ihre erste zweckbestimmte kommunikative Geste, die einen wichtigen Schritt in der Sprachentwicklung darstellt [81]. So entwickelt sich der Gebrauch von hinzeigenden Gesten als ein zweckbestimmtes Handwerk mit ca. elf Monaten [15]. Das Ziel des Hinzeigens ist, die Aufmerksamkeit der Menschen in seinem Umfeld auf ein externes Objekt, Ereignis oder einen Ort zu richten, was erste Schritte der Kommunikation und der Kontaktaufnahme mit der Umwelt darstellt. Mehrere Forscher haben vorgeschlagen, dass das Ausführen von hinzeigenden Gesten mit der Fähigkeit des Kindes, zu begreifen, dass andere Leute unabhängige mentale Zustände haben, die man beeinflussen kann, zusammenhängt [26, 55, 56]. Somit stellt der Beginn des Gebrauchs von kommunikativen Gesten die Erlangung von höheren kognitiven Fähigkeiten dar, die ebenfalls nötig für das Erlernen von Sprache sind. Tatsächlich korreliert das Ausführen von kommunikativen Gesten mit dem Sprachverständnis und der Sprachproduktion von Kindern [71, 72]. So wurde berichtet, dass der Beginn von Gestik-plus-Wort Kombinationen, die zwei semantische Elemente in einer einzigen Aussagen übermitteln, den Beginn von zwei-Wort Kombinationen vorhersagen [43]. Darüber hinaus steigt die Häufigkeit des Gebrauchs dieser Gestik-plus-Wort Kombinationen während des zweiten Lebensjahres [67] an, sodass Kinder ihr kommunikatives Repertoire erweitern und Bedeutungen mit steigender Komplexität ausdrücken können, bis sie schließlich überwiegend verbal kommunizieren. Zusammenfassend kann man also sagen, dass kommunikative Gesten der verbalen Kommunikation vorausgehen und diese beeinflussen.

Mehrere Studien mit Säuglingen und Kindern haben eine Asymmetrie für die rechte Hand auch für kommunikative Gesten gefunden, v.a. für das Hinzeigen, was eine stärkere Einbeziehung der linken Hemisphäre indiziert [17]. Viel interessanter ist jedoch die Erkenntnis, dass kommunikative und symbolische Gesten bei jungen Kindern zu einer stärkeren Rechtshändigkeit als andere manuelle Tätigkeiten führen [17, 83]. Unabhängig ihrer Händigkeit für MT nutzen fast ausnahmslos alle Kinder ihre rechte Hand, um auf etwas oder jemanden

hinzuzeigen [24]. Damit im Einklang steht die Erkenntnis, dass Kinder von hörgeschädigten Eltern, die Zeichensprache nutzten, ebenfalls größere Asymmetrie für die rechte Hand für Zeichensprache als für andere manuelle Tätigkeiten zeigten [14]. Dazu gibt es noch eine weitere Studie mit sechs bis 14 Monate alten Säuglingen, die Zeichensprache nutzten. Diese entwickelten früher eine stärkere rechtshändige HP für Zeichensprache als für MT [13].

Außerdem wächst der Grad bzw. die Stärke der HP für MT stetig während der frühen Kindheit an [59], wobei jedoch die rechtsseitige Veranlagung für kommunikative Gesten, wie z.B. das Hinzeigen, bereits in frühen Entwicklungsstadien geformt wird, da sie sich nämlich nicht verändert zwischen dem ersten und dritten Lebensjahr [82]. Studien, die einen Anstieg der HP für kommunikative Gesten entdeckten, untersuchten jüngere Kinder. So beobachteten Blake et al. [12] einen Anstieg und überhaupt die Entwicklung der HP für das Hinzeigen zwischen vier und zwölf Monaten, was die steigende Einbeziehung der linken Hemisphäre für die Produktion von kommunikativen Gesten reflektiert. Mit zwölf Monaten waren die meisten Kinder dann bereits stark rechtshändig für das Hinzeigen. Dies bestätigt, dass die rechtsseitige Asymmetrie für das Hinzeigen bereits mit dem ersten Lebensjahr stark etabliert ist. Die HP für kommunikative Gesten scheint sich daher bereits früher zu festigen und auf eine stabilere Art als die Händigkeit für MT. Somit werden diese beiden Arten der Händigkeit unabhängig voneinander determiniert.

Diese spezifischen Links zwischen Sprache und Gestik können mit der „gesturalen Hypothese des Sprachursprungs“ [z.B. 19, 20, 38] erklärt werden. Dieser Hypothese nach stellt das Hinzeigen die erste zweckbestimmte Geste dar, also den Beginn der Kommunikation von frühen Menschenaffen. Die Hirnlateralisierung für Sprache entstand aus diesem links-lateralisierten gesturalen System und im Laufe der Evolution wurde die verbale Kommunikation immer dominanter. Diese Hypothese wird von Verhaltens- und neuroanatomischen Studien mit nicht-humanen Primaten bestätigt, die bemerkenswerte stärkere Grade der Rechtshändigkeit für kommunikative Tätigkeiten fanden als für MT [z.B. 60].

Insgesamt schlagen diese Studien eine frühe Assoziation zwischen zerebraler Kontrolle von Sprache und kommunikativen Gesten vor, was Forscher dazu veranlasste, die Existenz eines spezifischen Kommunikationssystems (KS) in der linken Hemisphäre zu postulieren, das gestikuläre und verbale Kommunikation

kontrolliert [z.B. 29, 85]. Außerdem schlagen die verschiedenen Muster der HP zwischen kommunikativen Gesten und MT vor, dass dieses KS sich unterscheidet vom System, das ausschließlich an motorischer Aktivität beteiligt ist.

Esseily et al. [23] bestätigten nicht nur, dass sich die Händigkeit für das Hinzeigen früher und stärker bildet als die HP für MT, sondern belegen damit auch, dass die beiden Händigkeiten unabhängig voneinander determiniert werden und somit die HP für das Hinzeigen keine einfache Konsequenz aus der HP für das Greifen ist. Außerdem verstanden und produzierten rechtshändige Hinzeiger mit 14 Monaten signifikant mehr Wörter als nicht-rechtshändige Hinzeiger. Dieses Resultat konnten sie nicht für die Händigkeit von MT zeigen. Damit bestätigen sie, dass kommunikative Gesten als Vorstufen der Kommunikation gesehen werden und den späteren Erfolg in Sprache vorhersagen können.

Vauclair und Cochet [82] stellten fest, dass die HP für das Hinzeigen zwischen zwölf und 30 Monaten mit dem Development Quotient (DQ) für Sprache, also der Sprachlernrate, zusammenhängt für Kinder mit einem $DQ > 100$. Ein DQ von 100 bedeutete, dass die sprachliche Entwicklung der Kinder ihrem chronologischen Alter entsprach. Alles über eine Standardabweichung darunter wies auf eine verzögerte Sprachentwicklung hin, alles über eine Standardabweichung darüber auf eine schnellere Sprachentwicklung. Bei der Gruppe der schnellen Sprachentwicklern stellten sie eine positive Korrelation zwischen der Rechtshändigkeit für das Hinzeigen und dem DQ fest: Je rechtshändiger Kinder für das Hinzeigen waren, desto höher war ihr DQ, also desto schneller entwickelten sie sich in Sprache. Diesen Unterschied zwischen langsamen und schnellen Sprachentwicklern erklärten sich Vauclair und Cochet mit verschiedenen Mustern der Hirnaktivität der linken Hemisphäre. Je aktiver die linke Hemisphäre, desto schneller entwickelt sich ein Kind im Spracherwerb, desto stärker rechtshändig ist es für kommunikative Gesten. Die Studie bestätigt somit die Hypothese, dass ein gemeinsames System in der linken Hemisphäre für gestikuläre und verbale Kommunikation spezialisiert ist.

Eine weitere Studie untersuchte für fünf Monate die Händigkeit für das Hinzeigen und für MT im Zusammenhang mit dem sogenannten „*lexical spurt*“ von Kleinkindern während ihres zweiten Lebensjahres [16]. Der „*lexical spurt*“ bezeichnet den rasanten Anstieg des Vokabulars eines Kindes, von bloß wenigen Worten pro Monat hin zu ein bis zwei pro Tag. Konkret wurde er ermittelt, wenn das Vokabular des Kindes 50 Wörter überschritt, in der Regel um das 18. Lebensmonat herum. Interessant war, dass vor dem „*lexical spurt*“ der Grad der HP für das Hinzeigen und für MT sich kaum unterschieden. Nach bzw. mit dem „*lexical spurt*“ stieg auch der Grad der Rechtshändigkeit für das Hinzeigen an und diese Kinder waren stärker rechtshändig für das Hinzeigen als für MT. An der Händigkeit für MT änderte sich mit dem „*lexical spurt*“ nichts. Dies bestätigt ebenfalls die Existenz eines gemeinsamen KS in der linken Hemisphäre, von deren Aktivität sowohl kommunikative Gesten als auch Sprache abhängen.

Außerdem unterschieden die Autoren zwei Arten des Hinzeigens, deklaratives und imperatives Hinzeigen. Deklaratives Hinzeigen stellt dabei den Versuch des Kindes dar, die Aufmerksamkeit einer Person auf ein Objekt oder eine andere Person zu richten, um auf seine oder ihre Existenz aufmerksam zu machen bzw. gemeinsames Interesse zu zeigen oder um positive emotionale Reaktionen zu erzeugen. Imperatives Hinzeigen stellt die Bitte bzw. Aufforderung dar, ein ersehntes Objekt oder eine ersehnte Handlung zu erhalten. Sie stellten bei den Kindern, die innerhalb des fünf monatigen Beobachtungszeitraumes keinen „*lexical spurt*“ erlebten, eine signifikante Korrelation zwischen der Händigkeit für imperatives Hinzeigen und für MT. Messungen der Händigkeit für deklaratives Hinzeigen korrelierten jedoch in keiner Gruppe mit jenen von MT. Bei diesen Kindern ohne „*lexical spurt*“ im genannten Zeitraum korrelierten die Händigkeit von imperativen und deklarativen Zeigen nicht signifikant miteinander, was die Unterscheidung des Hinzeigens in deklaratives und imperatives Hinzeigen gerechtfertigt. Es bestätigt somit die instrumentelle und Objekt bezogene Natur, also insgesamt manipulative Natur von imperativen Hinzeigen vor dem „*lexical spurt*“. Nach dem „*lexical spurt*“ korrelieren die beiden Formen des Hinzeigens sehr stark miteinander, was darauf hinweist, dass das imperative Hinzeigen dann mehr mit dem kommunikativen System assoziiert ist. Die Studie zeigt somit die komplexe Verbindung zwischen Händigkeit und Sprachentwicklung auf.

2.4.2 Hängt die Händigkeit für die Essenshand mit Sprache zusammen?

Gonzalez et al. [34] untersuchten den Zusammenhang zwischen der Händigkeit für MT als auch für das „*grasp-to-eat*“ (nach etwas Essbarem zu greifen, um es sich in den Mund zu führen) sowie Sprachartikulation bei Kindern zweier Altersgruppen: vier bis fünf Jahre sowie acht bis neun Jahre. Die Sprachartikulationsfähigkeiten wurden anhand der akustischen Distanz zwischen den Lauten /s/ und /sh/ im Englischen mittels eines digitalen Spektrogramms gemessen. Je größer die akustische Distanz zwischen den beiden Lauten ist, desto deutlicher und besser werden die Laute voneinander unterschieden und ausgesprochen. Die Unterscheidung der beiden Laute beginnt mit ca. drei Jahren und ist mit ca. sieben Jahren vollständig [73]. Das Ergebnis der Studie war: Je stärker die rechte HP für das „*grasp-to-eat*“ war, desto größer war die akustische Distanz zwischen beiden Lauten, desto besser konnten Kinder die Laute unterscheiden. Dies galt für alle Kinder, aber insbesondere für die jüngere Gruppe. Die älteren in dieser Studie waren aufgrund ihres Alters sowieso schon in der Lage, die Laute voneinander zu unterscheiden. Die rechte HP war für das „*grasp-to-eat*“ größer als für MT. Offensichtlich hängt auch die Händigkeit für das Essen mehr mit Sprache zusammen als die Händigkeit für MT und sie bedient sich derselben Systeme wie Sprache. Die Autoren schlugen auf diesem Wissen basierend vor, dass frühes Trainieren der v.a. rechten Hand für das Essen einen positiven Einfluss auf ein paar Sprachkomponenten haben könnte.

2.4.3 Kann man von der Händigkeit auf die Hirnlateralisierung für Sprache schließen?

Neuropsychologen haben lange Interesse daran gehabt, Händigkeit als eine mögliche indirekte Messung der Hirnlateralisierung (HL) für Sprache anzunehmen. Tatsächlich haben über 90% der Rechtshänder ihr Sprachzentrum links lateralisiert. Allerdings haben dies auch 23-78% der Linkshänder [44]. Trotz der Entwicklung von präzisen und verlässlichen Bildgebungen wird weiterhin die HP verschiedenster manueller Tätigkeiten als Indikator für die HL verwendet, v.a. weil sie eine günstige und sehr leicht zugängliche Methode ist.

Studien, die den Zusammenhang zwischen der HP und Sprachdominanz untersuchten, unterschieden verschiedene Formen der HP: Die HP für kommunikative Gesten und für MT.

Für die Ermittlung der Händigkeit für MT gibt es wiederum verschiedenste Arten, einige besser als die andere (Vgl. Kapitel Händigkeitsermittlungen 2.3.1.1). Groen et al. [37] überprüften in ihrer Studie aus dem Jahr 2013 die Gültigkeit verschiedener Händigkeitsuntersuchungen für MT als eine indirekte Messung der HL für Sprache. Sie ermittelten die Händigkeit von 57 normal entwickelten Kindern im Alter von sechs bis 16 Jahren über das Edinburgh Handedness Inventory (EHI), den Mittellinienkreuzungstest (beides HP Ermittlungen) sowie „*Annett's peg moving task*“, die die Handgeschwindigkeit misst. Die Sprachdominanz wurde direkt mittels funktioneller transkranialer Doppler Sonographie (fTCD) ermittelt. Es korrelierte keine Methode der Händigkeitsermittlung mit der direkten Messung der HL für Sprache. Daraus schlussfolgerten Groen et al., dass die lateralisierten Hirnfunktionen, in diesem Fall Sprache und Handmotorik für MT, nicht von einer einzigen gemeinsamen Ursache, sondern unabhängig voneinander determiniert werden. Die Händigkeit, wie sie in dieser Studie ermittelt wurde, ist somit kein Indikator für die HL von Sprache [37].

Dazu im Widerspruch steht das Ergebnis von Gonzalez und Goodale [33]. Sie fanden tatsächlich eine positive Korrelation zwischen der Händigkeit für präzises Greifen, das nötig ist beim Greifen nach Legosteinen zur Vervollständigung eines drei dimensional Puzzles, und der Sprachdominanz: Je häufiger die rechte Hand für das Greifen nach den kleinen Legosteine benutzt wurde, desto mehr war Sprache links-hemisphärisch lateralisiert. Die Sprachdominanz wurde in dieser Studie über einen dichotischen Hörtest ermittelt.

2.4.4 Hängen Händigkeit und Sprache über ihren Verlauf bzw. ihre Entwicklung bei Kindern zusammen?

Lifter und Bloom [54] beobachteten eine Assoziation zwischen der Entwicklung der motorischen Fähigkeiten bei Kindern und ihrem Sprachbeginn. Vor dem Spracherwerb nahmen Kinder Objekte auseinander, mit Beginn des Sprechens fügten sie Dinge lieber zusammen und fanden Paare. Die Bedeutung dessen liegt darin, dass Veränderungen in den motorischen Fähigkeiten eines Kindes es ihm ermöglichen mit mehr Möglichkeiten auf die Welt Einfluss zu nehmen und offensichtlich diese mit kognitiven Fähigkeiten gekoppelt bzw. von diesen abhängig sind [54].

Ein weiterer Zugang zu diesem Thema ist über den Händigkeitsverlauf, der zu einer Unterteilung in konsistente und inkonsistente Händigkeit führt.

In der Longitudinalstudie von Gottfried und Bathurst [35] maßen die Autoren 1983 die Händigkeit von Kleinkindern anhand der Zeichenhand zu fünf verschiedenen Zeitpunkten (18, 24, 30, 36, 42 Monaten). Als konsistent in seiner Zeichenhand galt man, wenn man alle fünf Messungen über dieselbe Hand verwendete. Die kognitiven Funktionen der Kinder wurden mit dem Bayley Test oder McCarthy Scales of Children's Abilities, je nach Alter der Kinder, regelmäßig bis zu ihrem 17. Lebensjahr getestet. Mädchen mit einer konsistenten Händigkeit schnitten besser als die anderen in beiden Tests ab, und zwar von der Kindheit bis zur Jugendzeit (zehn bis 17 Jahre). Bei den männlichen Teilnehmern fand man keine Unterschiede zwischen den beiden Händigkeitsgruppen.

Kee et al. [52] stellten 1987 fest, dass dieselben in ihrer HP konsistenten Mädchen aus der Studie von Gottfried und Bathurst [35] in Handgeschwindigkeitsmessungen beider Hände mit fünf bis sechs Jahren größere rechtsseitige Asymmetrie zeigten. Inkonsistente Mädchen waren in beiden Händen gleich gut. Dieselbe Aufgabe wurde ausgeführt, während man einen bekannten Vers aufsagen musste. In ihrer HP konsistente Mädchen hatten signifikant mehr rechtshändige Unterbrechungen als linkshändige. Alle Jungen unabhängig ihres Händigkeitsverlaufs schnitten ab wie die konsistenten Mädchen. Daraus schloss man, dass in ihrer HP konsistente Mädchen stärker links-hemisphärisch lateralisiert sind für Sprache.

Wilbourn et al. [84] bestätigten 2011 die bisher genannten Ergebnisse: In ihrer Händigkeit konsistente Mädchen schnitten besser in verbalen und Leseaufgaben ab als in ihrer HP inkonsistente Mädchen. Alle konsistenten Mädchen waren rechtshändig. Dieser Unterschied betraf nicht die Jungen. Konsistente Mädchen waren auch stärker links-lateralisiert für Sprache. Sie stellten jedoch keine Korrelationen fest, wenn man die Mädchen nach Richtung oder Stärke ihrer HP unterteilte. Lediglich der Zeitpunkt der Entstehung der HP machte den Unterschied, also die Konsistenz oder Inkonsistenz der HP im Verlauf der Zeit bzw. Entwicklung. So weit sind ihre Ergebnisse im Einklang mit anderen Studien und nicht neu. Das Besondere an der Studie war jedoch, dass sie einen Zusammenhang zwischen der Händigkeitskonsistenz und der Leseexposition der Mädchen fanden. Sie waren in der Lage, die Zugehörigkeit in die konsistente oder inkonsistente Händigkeitsgruppe anhand der Menge an Vorlese-Zeit pro Tag vorauszusagen, die Mädchen mit 15 Monaten erhalten hatten. Sie beobachteten, dass den Mädchen, die in ihrer HP konsistent waren, länger vorgelesen wurde und sie dadurch bessere verbale Fähigkeiten entwickelten. Entweder hatten diese Mädchen eine größere Fähigkeit, um Sprachstimuli zu erhalten und zu geben, was die Mütter dazu veranlasste, ihnen länger vorzulesen. Dies würde bedeuten, dass in ihrer Händigkeit konsistente Mädchen das Verhalten der Eltern beeinflusst haben. Alternativ könnten Mütter jedoch auch zunächst ihren in ihrer HP konsistenten Töchtern länger vorgelesen haben (von sich aus) und stärkten damit die Sprachleistung der Mädchen, die die Mütter wiederum dazu veranlasste, ihren Töchtern noch länger vorzulesen. Unabhängig von der Richtung dieser vorgeschlagenen Beziehung waren Leseexposition und nachfolgend verbale kognitive Fähigkeiten assoziiert mit der Händigkeitskonsistenz bei Mädchen, worin letztlich eine mögliche Ursache für die konsistente HP liegen könnte.

Ebenfalls im Einklang zu den bisherigen Ergebnissen steht die Studie von Nelson et al. [62]. Sie beobachteten, dass Rechtshändigkeit für MT, die sich bereits im Säuglingsalter entwickelt hatte, mit fortgeschrittenen Werten im Bayley Sprachtest im Kleinkindalter (24 Monate) korrelierte. Kleinkinder, die als Säugling noch keine konsistente HP entwickelt hatten, schnitten im Sprachtest alters-entsprechend ab unabhängig ihrer Händigkeit im Kleinkindalter. Weder der Zeitpunkt noch die Richtung der manuellen Lateralisierung waren mit den allgemeinen kognitiven oder

motorischen Fähigkeiten der Kleinkinder, die auch durch den Bayley Test für die jeweilige Domäne ermittelt wurden, im Alter von 24 Monaten assoziiert. Sie stellten dabei keinen Geschlechterunterschied fest im Gegensatz zu anderen Studien [z.B. 84]. Eine wichtige Einschränkung der Studie ist, dass es aufgrund der geringen Stichprobengröße keine konsistenten Linkshänder im Säuglingsalter gab, so kann man nicht feststellen, ob es lediglich die frühe konsistente HP ist, die zu besserer Sprachentwicklung führt, oder tatsächlich die frühe Rechtshändigkeit.

2.4.5 Hängen geschriebene und gesprochene Sprachentwicklungsstörungen mit Händigkeit zusammen?

1925 vermutete Orton, dass eine schwache HP für eine Konfusion der Hirndominanz spricht, die das Kind in ein höheres Risiko für spezifische Leseprobleme sowie Stottereie setzt [66]. Seine Ergebnisse beruhten v.a. auf seinen Beobachtungen.

Gaillard und Satz [27] untersuchten einige Jahrzehnte später in einer Longitudinalstudie die Lesefortschritte von Kindern zwischen ihrem fünften bis zum neunten Lebensjahr und konnten keine Assoziation zwischen Lesefortschritt und Händigkeitsentwicklung feststellen, was Ortons Beobachtungen in Frage stellte.

Geschwind und Galaburda [31] glaubten, dass Linkshändigkeit sowie Sprachentwicklungsstörungen (SES) aus der verspäteten Entwicklung der linken Hemisphäre während der Fetalzeit entstand. Als Ursache für diese Entwicklungsverzögerung vermuteten sie hohe Levels an Testosteron. Sie zitierten zwei Studien [30, 74], die einen Exzess an Nicht-Rechtshändern in Kindern mit SES beobachteten. Diese Studien werden jedoch in ihrer Methodik kritisiert, denn sie stellten sowohl die Händigkeit als auch die SES über Fragebögen fest, die die TeilnehmerInnen selbst ausgefüllt hatten.

Annett und Kilshaw [1] haben 1984 auch dafür argumentiert, dass eine langsame Entwicklung der linken Hemisphäre SES prädisponiert. Im Gegensatz zu Geschwind und Galaburda haben sie keinen spezifischen neurobiologischen Mechanismus als Ursache vorgeschlagen, sondern für ein einziges Gen postuliert, das einen entscheidenden Einfluss auf die Wachstumsrate der linken Hemisphäre

hat, somit auch auf die Händigkeit und die Sprachentwicklung. Sie nahmen an, dass Kinder mit spezifischen Lese- und Sprachproblemen durch einen Überschuss an Nicht-Rechtshändern und geringen Unterschieden zwischen den Handgeschicklichkeiten (HG) beider Hände charakterisiert würden. Ihre Ergebnisse haben diese Mutmaßung nicht wirklich unterstützt. Obwohl es einen signifikanten Überschuss an Nicht-Rechtshändern in der Gruppe der Kinder mit Dyslexie gab, hat die Differenz von den Handgeschicklichkeitswerten beider Hände, die beim sogenannten „peg moving“ (Vgl. Kapitel Händigkeitsermittlungen 2.3.1.1) ermittelt wurde, diese Gruppe nicht von der gesunden Kontrollgruppe unterschieden. Als jedoch die Verteilung genauer untersucht wurde, entdeckte man bei den rechtshändigen Dyslektikern eine ungewöhnlich hohe Anzahl an Personen mit einer sehr schwachen HG für die linke Hand. Also schlussfolgerten Annett und Kilshaw, dass Dyslektiker entweder Nicht-Rechtshänder oder starke Rechtshänder sind. Eine jüngere Studie von Annett und Manning indiziert, dass die große Handgeschicklichkeitsdifferenz zwischen den beiden Händen, die die rechte Hand favorisieren, nicht speziell typisch für Dyslexie sondern für allgemein verbale und nicht verbale intellektuelle Defizite ist [2].

Bishop und Edmundson [10] konnten in ihrer Studie aus dem Jahr 1987 die Theorie der verzögerten Entwicklung der linken Hemisphäre für gesprochene SES nicht bestätigen. Sie fanden jedoch Evidenz für eine bilaterale, symmetrische neurologische Störung für das „peg moving“ für sprachgestörte Kinder. Es gab folglich keinen Hinweis auf Hirnlateralisierungsstörungen, jedoch war die gesamte Leistung langsam. Sie interpretierten das als neuromotorische Unreife. Damit im Einklang steht noch eine weitere Studie [7]. Auch hier fand Bishop keine Belege oder sonstige Zusammenhänge dafür, dass die Verteilung der HP oder der HG der beiden Hände bei an SES Leidenden eine andere wäre als beim Rest der Bevölkerung, was im Widerspruch zu Geschwind & Galaburda sowie Annett & Kilshaw steht. Lediglich konnte sie bestätigen, dass die allgemeine Leistung der beiden Hände schwächer war, was u.a. im Einklang mit der Studie von Bishop und Edmundson ist [10]. Auch Hill zeigte [39], dass SES mit neuromotorischer Unreife und motorischer Inkoordination für beide Hände einhergeht.

Eine Studie von Bishop [5] mit Kindern, die eine links-hemisphärische Gehirnläsion erlitten hatten, stellte jedoch fest, dass verwaschene Sprache als Subgruppe der

spezifischen Sprachentwicklungsstörungen (SSES) mit pathologischer Linkshändigkeit assoziiert war. Außerdem zeigten diese linkshändigen sprachgestörten Kinder eine besonders schlechte HG für die nicht dominante rechte Hand.

In einer Studie mit sprachgestörten und normal entwickelten Kindern im Alter von sieben bis elf Jahren stellte man fest, dass die QHP im Greiftest über die Mittellinie im Gegensatz zur klassischen Ermittlung der Händigkeit über den Edinburgh Handedness Inventory (EHI) die sprachgestörten Kinder von normal entwickelten Kindern unterschied. Die Kinder benutzten in der Regel ihre dominante Hand, mit der sie auch die Mittellinie kreuzten. Die Gruppe mit an SSES leidenden Kindern griff wesentlich häufiger mit der rechten Hand nach auf der rechten Körperhälfte positionierten Gegenständen und mit der linken Hand nach solchen, die auf der linken Körperhälfte positioniert waren. Die Tendenz, die Mittellinie nicht zu überkreuzen, beobachtete man sogar bei sprachgestörten Kindern, die im EHI Test eine starke Rechtspräferenz aufgewiesen hatten [40]. Somit ist die HP von sprachgestörten Kindern schwächer ausgebildet bzw. nicht beständig oder stark genug, als dass sie sich durchsetzen würde bei der Mittellinienkreuzung. 2001 wiederholte Bishop diesen Test mit 122 Zwillingkindern im Alter von sieben bis 13 Jahren, von denen neun sprachgestört waren [8]. 2004 wiederholte sie ihn mit 196 gleichgeschlechtlichen Zwillingspaaren im Alter von sechs Jahren, von denen 83 die Kriterien für SSES erfüllten [9]. Bishop konnte in beiden Studien das oben genannte Ergebnis bestätigen. Sie erklärt sich das Ergebnis wie folgt: Das Fehlen der Mittellinienkreuzung stellt ein unreife Zeichen des Gehirns dar [8]. Demnach wird die HP der Kinder für eine Seite mit dem Alter stärker, allerdings sind die meisten Methoden zur Ermittlung der HP zu wenig sensitiv, als dass sie dies messen könnten. Denn die meisten Methoden ermitteln bloß, welche Hand bei gewissen Aktivitäten bevorzugt wird als dass sie die Stärke der HP messen oder lassen die Personen selbst beurteilen, wie stark ihre HP ist, wobei anzuzweifeln wäre, in wie fern sie dazu objektiv in der Lage sind. Eine Ausnahme bildet eben der Greiftest für die QHP: Er misst, wie stark die HP erhalten bleibt, auch wenn die Anordnung der Karten die Benutzung der nicht präferierten Hand erleichtern würde [9]. 1998 stellten Hill und Bishop eine steigende Tendenz der Mittellinienkreuzung vom Vorschul- bis zum Schulalter für den Greiftest

zur QHP fest [40]. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die Assoziation zwischen der mangelnden Tendenz der Mittellinienkreuzung bei an SSES leidenden Kindern mit einer Unreife des Gehirns erklärt werden kann. Die Ursprünge dieser Unreife sind unklar, aber sie könnten von denselben Genen beeinflusst werden, die auch bei SSES eine Rolle spielen [9].

Eine Studie von Groen et al. [36] zeigte, dass Down Syndrom Kinder im Alter von sieben bis 13 Jahren im Vergleich zu normalen entwickelten Kindern eine schwächer HP sowohl im Mittellinienkreuzungstest hatten, und somit weniger bereit waren, nach extrem entfernten Objekten auf der kontralateralen Seite zu greifen, als auch im Itemtest weniger konsistent in ihrer Händigkeit waren. Dies steht zum Teil im Widerspruch zu Bishop, die nur die Mittellinienkreuzung als Unterscheidungsmerkmal der entwicklungsgestörten Kinder sah und nicht den EHI. Innerhalb der Down Syndrom Gruppe hatten diejenigen mit einer konsistenten und stärkeren HP ein besseres Sprach- und Erinnerungsvermögen. Diese Assoziationen konnten nicht mit nicht verbalen kognitiven Unterschieden oder Hörverlusten erklärt werden. Diese Ergebnisse bestätigten die „increased randomness hypothesis“, die eine abnehmende Asymmetrie bei Down Syndrom Kindern statt umgekehrter Asymmetrie (vermehrte Linkshändigkeit) beobachtet.

2.4.6 Gibt es eine gemeinsame genetische Ursache für Händigkeit und spezifischen Sprachstörungen?

Das Interesse an einem genetischen Zusammenhang zwischen Händigkeit und Entwicklungsstörungen wurde entfachtet mit der Entdeckung des genetischen Einflusses auf Sprachentwicklungsstörungen (SES) [0]. Zumindest scheinen ein Paar Fälle von SES von einem einzigen autosomalen dominanten Gen verursacht zu werden [25]. Es bleibt zu klären, ob Gene, die das Risiko für SES erhöhen, das tun, indem sie die HL und somit auch die Händigkeit beeinflussen, was bedeuten würde, dass Händigkeit vererbt wird. Ein Antwort auf diese Frage erbrachte Bishop [8]: Genetische Theorien als Ursache für individuelle Händigkeit bekommen in dieser Studie nur wenig Unterstützung. Den größten Einfluss auf die Bestimmung der HP über den „Edinburgh Handedness Inventory“ (EHI) und das Finger Tapping

haben Umwelteinflüsse. Bivariate Analysen haben auch keinen überlappenden genetischen Einfluss auf SSES und diese beiden Methoden der Händigkeitbestimmung indiziert. Die klarste Evidenz gegen einen genetischen Einfluss auf Händigkeit zeigte die Analyse der EHI Werte. Es scheint eher transgenerations bedingte Ähnlichkeiten im Sinne von kulturellen Einflüssen zwischen Eltern und ihren Nachkommen zu geben als genetische, was im Einklang mit anderen Studien steht [53] steht. Sie schlussfolgerte, dass es auch keine gemeinsame genetische Ursache für SES und den hier untersuchten Händigkeitsmethoden geben kann.

In ihrer Studie aus dem Jahre 2005 untersuchte Bishop die Erbllichkeit der Händigkeit von zwei Methoden (EHI und QHP) bei 196 Zwillingspaaren und konnte bestätigen, dass der Händigkeitsstatus nach EHI nicht vererbt wird, sehr wohl aber die Stärke bzw. die QHP ermittelt über die Mittellinienkreuzung [9]. Die QHP ist auch die einzige Methode, die sprachentwicklungsgestörte Kinder von normal entwickelten unterscheidet [8, 9, 40]. Es bleibt zu klären, ob die Stärke der HP von denselben Genen wie SES beeinflusst wird.

3 Empirischer Teil

3.1 Ziele

Die Händigkeiten für verschiedene Tätigkeiten als auch die Sprachentwicklung, unterteilt in Sprachverständnis und Sprachproduktion, sowie ihre mögliche Assoziation sollten an 28 Kindern im späten Vorschulalter (5;7, Jahre; Monate) untersucht werden.

3.2 Methode

3.2.1 TeilnehmerInnen

Achtundzwanzig Kinder nahmen an dieser Studie über den Zusammenhang zwischen Händigkeit und Sprache teil. Die Kinder stammten aus einer Longitudinalstudie über die motorische, kognitive als auch sprachliche Entwicklung von Kindern [57]. Hierfür wurden im Jahr 1998 ursprünglich 62 Säuglinge aus der Abteilung für Geburtshilfe und Gynäkologie im Universitätsklinikum Graz, Österreich, während eines drei-wöchigen Zeitraums einige Tage nach ihrer Geburt rekrutiert. D.h., alle Kinder waren etwa gleich alt. Einschlusskriterien waren folgende: termingerechte Einzelgeburt, normales Geburtsgewicht, keine prä- oder perinatalen Komplikationen, normale neonatale neurologische Befunde [22, 70], Familien aus der Mittel- oder oberen Schicht (ermittelt anhand des Bildungsstandes und der Lebensbedingungen der Eltern) sowie Wohnsitz in oder in der Nähe von Graz. Bis 2004 nahmen die Kinder an 17 Untersuchungen von der Geburt bis zum Vorschulalter teil. Die Untersuchungen wurden am Institut der Physiologie der Medizinischen Universität Graz nach der schriftlichen Zustimmung der Eltern und der Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz durchgeführt und gefilmt. 2004, zum Zeitpunkt dieser Studie, waren die Kinder im Schnitt fünf Jahre und sieben Monate alt und es nahmen von diesen ursprünglich 62 Säuglingen bloß 28 Kinder an dieser Studie teil. Davon waren 17 weiblich und elf männlich. Der Altersmedian beträgt fünf Jahre und acht Monate mit einem Minimum von 5;7

Jahren und einem Maximum von 5;9 Jahren. Für gewöhnlich kommen in Österreich Kinder mit drei Jahren in den Kindergarten und mit sechs Jahren in die Grundschule. Also bezeichnen wir das Alter von fünf Jahren und sieben Monaten (± 2 Wochen) als „spätes Vorschulalter“. Insgesamt erfüllten die Kinder 22 Händigkeitsaufgaben und zwei Sprachtests. In der Regel waren alle 28 Kinder gewillt, die Aufgaben auszuführen. Falls sie es nicht waren, wurden sie selbstverständlich nicht gezwungen. Jedoch waren das nie mehr als zwei Kinder pro Untersuchung bzw. Aufgabe. Im Abschnitt „Resultate“ ist kenntlich gemacht, ob Daten fehlen oder nicht.

3.2.2 Prozedur

3.2.2.1 Händigkeitsermittlungen

Die Kinder absolvierten 22 verschiedene Händigkeitsaufgaben.

Handpräferenz (19 Items)

Die hier angewandte Methode wurde adaptiert von Oldfield [64], Passian, Suchenwirth & Ferner [68], Subirana [78], Suchenwirth [79] und inkludierte folgende 19 Items: Zähne putzen, Haare kämmen, ein Blatt Papier zerknüllen, ein Blatt Papier zerschneiden, zeichnen, trinken, einen Keks essen, mit den Fingern zählen, den Türgriff angreifen, eine Box öffnen, auf etwas hinzeigen, ein Spielzeugauto bewegen, ein Objekt aus einer Box entfernen, Perlen auffädeln, einen Ball werfen, einen Hammer und einen Schraubenzieher nutzen, einen Löffel benutzen und schreiben. Die Kinder wurden dabei gefilmt und anschließend wurde die Handpräferenz von zwei Beobachtern ermittelt. Die Übereinstimmung zwischen den beiden Beobachtern war mit einem Cohen Kappa von 0,98 sehr hoch. Der Händigkeitsstatus wurde berechnet, indem man die Frequenz des Gebrauchs der rechten Hand durch die Gesamtzahl der Aufgaben dividiert hat (z.B. Michel, Tyler, Ferre, & Sheu, 2006 [0]).

Purdue Pegboard Test [32]

Das Purdue Pegboard besteht aus einem Brett mit zwei parallelen Reihen von



Aussparungen, in die Metallstöpsel von jedem Kind gesteckt werden. Jede Reihe besteht aus 25 Aussparungen. Am oberen Ende des Bretts befinden sich zwei Behälter mit den Stöpseln (Vgl. Abbildung 4). Der hier verwendete Test besteht aus drei Durchgängen, die jeweils 30 Sekunden dauern. Während jedes Durchgangs versuchten die Kinder so viele Stöpsel wie möglich in die Aussparungen zu stecken. Im

Abbildung 4: Purdue Pegboard [18]

ersten Durchgang sollten die Kinder bloß ihre dominante Hand nutzen, im zweiten die nicht-dominante Hand und im dritten beide Hände gleichzeitig.

Im Allgemeinen war wichtig, dass die Aussparungen von oben nach unten gesteckt wurden, dass keine Aussparung ausgelassen werden durfte und dass die Stöpsel jeweils von dem ipsilateralen Behälter entnommen wurden. Ebenso wurden die Stöpseln in die ipsilaterale Reihe gesteckt. Zunächst wurde den Kindern jede Aufgabe vorgezeigt, dann durften sie sie so lange üben, bis der/die Untersucher/in sicher war, dass sie die Aufgaben beherrschten. Nach jedem Durchgang wurden die Metallstöpsel von den Reihen entfernt. Die Ergebnisse wurden so ermittelt, dass für die ersten beiden Durchgänge die Anzahl der gesteckten Stöpsel den Score bildeten. Für den letzten Durchgang wurden alle paarigen Stöpsel gewertet. Diese Werte wurden mit den alters-entsprechenden Werten verglichen.

Tracing Test

Beim Tracing Test geht es darum, dass man mit einem Stift eine Strecke nachfährt und dabei möglichst innerhalb der vorgegebenen Grenzen bleibt. Dies wurde zuerst mit der rechten und danach mit der linken Hand gemacht. Die Hand, die besser innerhalb der vorgegebenen Grenzen blieb, stellte die Handpräferenz dar.

Dotting

Die Kinder haben so schnell wie möglich Punkte zuerst mit der rechten, dann mit der linken Hand in ein Formular mit vorgegebenen Quadraten gezeichnet. Die Hand, die mehr Punkte einzeichnet, stellte die Handpräferenz dar.

3.2.2.2 Sprachtests

Es wurden zwei verschiedenen Sprachtests zur Untersuchung des rezeptiven (PPVT) als auch produktiven Wortschatzes (Nomen Verb Test nach Kauschke) verwendet.

Peabody Picture Vocabulary Test IIIA (PPVT IIIA) [42, 48]

Der PPVT IIIA [21] ist ein internationaler Standardtest zur Untersuchung des rezeptiven Wortschatzes bzw. des Wortverständnis. Ursprünglich wurde er für das



amerikanische Englisch entwickelt. In dieser Studie wurde die an die deutsche Sprache adaptierte Version verwendet. Der Test wird verbal ausgeführt und dauert ca. zehn bis 20 Minuten. Es wird kein Lesen vorausgesetzt und das Bewerten geht sehr rasch. Der Test besteht aus 204 Testitems, die in 17 Sets mit jeweils 12 Testitems gruppiert

Abbildung 5: Peabody Picture Vocabulary Test [42]

sind. Jedes Testitem besteht aus einem gesprochenen Wort und einem zugehörigen Set aus vier nummerierten Bildern (Vgl. Abbildung 5). Jedes Kind sollte das am ehesten zum gesprochenen Wort passende Bild finden, auf dieses zeigen oder die dazu gehörige Nummer sagen. Die absoluten Werte wurden in einen Standardwert und in Perzentilen transformiert. Die Sets waren in aufsteigendem Schwierigkeitsgrad gereiht, sodass auf einfache Art und Weise nur der Leistungsbereich appliziert werden konnte, der für das jeweilige Kind angemessen war.

Nomen und Verb Test nach Christina Kauschke [51]

Dieser Test untersucht den produktiven Wortschatz in den Wortarten Nomen und Verb. Zu jeder Wortart gibt es ein Bilderset aus jeweils 36 Prüfitems und zwei Übungsitems (Vgl. Abbildung 6 und 7). Die Kinder wurden aufgefordert, zu benennen, was sie auf den Bildern sahen. Ggf. wurden Elizitierungsfragen („Was ist das?“ bei Nomen und „Was macht er/sie?“ bei Verben) eingesetzt.

Die Antworten der Kinder wurden notiert. Als korrekt galt eine Antwort, wenn sie dem Zielitem entsprach. Selbstkorrekturen wurden auch akzeptiert. Bei den Verben galten neben dem Infinitiv auch die finitiven Formen. Phonologische Abweichungen wurden ebenfalls akzeptiert, da dies im Vorschulalter noch zu erwarten ist.



Abbildung 6: „Pflücken“ als Beispiel für ein Verbitem nach Kauschke [49]

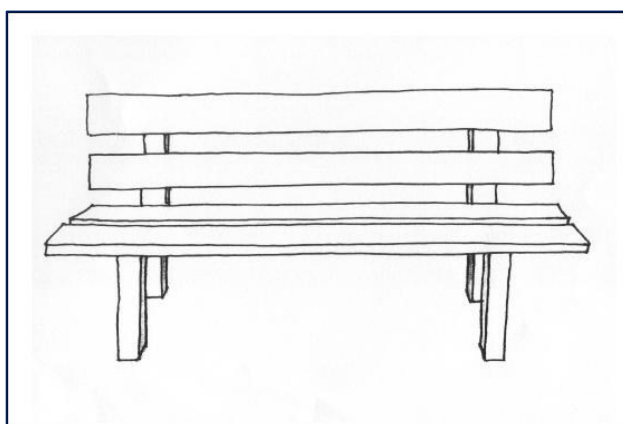


Abbildung 7: „Bank“ als Beispiel für ein Nomenitem nach Kauschke [49]

3.2.3 Statistik

Wir verwendeten den Chi-Quadrat -Test, den Spearmans Rangkorrelationskoeffizienten als auch die Pearson-Korrelation. Das statistische Programm SPSS 22.0 wurde verwendet und ein zweiseitiger p Wert < 0,05 galt als signifikant. Ein p Wert $\leq 0,1$ galt als „tendenziell“.

3.3 Resultate

3.3.1 Händigkeitsermittlungen

Händigkeitsstatus nach Michel (rechte Hand/19 Items)

Alle Kinder führten die Aufgaben durch, sodass keine Werte fehlen. Im Durchschnitt führten die Kinder 0,77 von 19 Items mit der rechten Hand durch, das sind 14,6 Items. Die Standardabweichung beträgt 0,21 (\cong 4,18 Items). Der Median beträgt 0,84 (\cong 15,96 Items) mit einem Minimum von 0,05 (\cong 0,95 Items) und einem Maximum von 0,95 (\cong 18,05 Items) (Vgl. Tabelle 2). Als Rechtshänder gilt man ab einem Wert von > 0,50. Somit waren bloß zwei Kinder (7,1%) linkshändig.

Tabelle 2: Händigkeitsstatus nach Michel (rechte Hand/19 Items). N=Gesamtzahl.

N	Gültig	28
	Fehlend	0
Mittelwert		0,77
Median		0,84
Standabweichung		0,21
Minimum		0,05
Maximum		0,95
Perzentile	25	0,7
	50	0,84
	75	0,89

Aus diesen Daten haben wir einen Lateralisierungsindex (LI) errechnet. Man ist stark lateralisiert für die linke Hand bei einem Händigkeitstatus nach Michel von 0,05 und für die rechte Hand bei einem Wert von 0,95. Für Linkshänder wurde der LI wie folgt berechnet: $0 + \text{Status nach Michel}$. Für Rechtshänder wurde der LI wie folgt berechnet: $1 - \text{Status nach Michel}$. Beide haben einen LI von 0,05 und sind somit gleich stark lateralisiert, nur für unterschiedliche Richtungen (Vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3: Lateralisierungsindex 1.

LI	Frequenz	Prozentueller Anteil %	Kumulative Prozent %
0,05	4	14,3	14,3
0,11	7	25	39,3
0,16	7	25	64,3
0,21	4	14,3	78,6
0,26	1	3,6	82,1
0,32	4	14,3	96,4
0,42	1	3,6	100
Total	28	100	

Wie aus Tabelle 4 zu entnehmen ist, liegt der Mittelwert für den LI bei 0,17 bei einer Standardabweichung von 0,1 und der Median bei 0,16 mit einem Minimum von 0,05 und einem Maximum von 0,42. Dies stellt einen relativ starken Lateralisierungsgrad dar. Also waren die meisten Kinder stark lateralisiert in ihrer Händigkeit, d.h. sie erfüllten die Tätigkeiten eindeutig überwiegend mit der rechten oder linken Hand, und insgesamt waren nur wenige Kinder schwach lateralisiert, was bedeutet, dass sie fast genauso viele Tätigkeiten mit der rechten Hand erfüllten wie mit der linken Hand.

**Tabelle 4: Lateralisierungsindex 2.
N=Gesamtzahl.**

N	Gültig	28
	Fehlend	0
Mittelwert		0,17
Median		0,16
Standabweichung		0,1
Minimum		0,05
Maximum		0,42
Perzentile	25	0,11
	50	0,16
	75	0,21

Purdue Pegboard Test

Alle Kinder führten die Aufgabe durch, sodass keine Werte fehlen. Der Purdue Pegboard Test wurde insgesamt drei Mal durchgeführt. So entstanden für jedes Kind drei Werte, für die rechte Hand, für die linke Hand sowie für beide Hände gleichzeitig im Gebrauch. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 aufgelistet. Die letzte Spalte stellt die Summe der Werte für die rechte und linke Hand dar. Der Mittelwert für die rechte Hand beträgt 9,68 gesteckte Stöpsel mit einer Standabweichung von 1,7, für die linke Hand 8,93 gesteckte Stöpsel mit einer Standabweichung von 1,41 und für beide Hände gleichzeitig im Gebrauch 7,37 gesteckte Stöpsel mit einer Standabweichung von 1,52. Insgesamt ist zu beobachten, dass die rechte Hand um den Wert von ca. 1,0 besser abschneidet als die linke Hand in dieser Aufgabe. Die Kinder schnitten am schlechtesten ab, wenn beide Hände gleichzeitig im Gebrauch waren.

Tabelle 5: Ergebnisse für den Purdue Pegboard Test. N=Anzahl der Kinder.

		Purdue Score rechte Hand	Purdue Score linke Hand	Purdue Score beide Hände gleichzeitig	Purdue Score total
N	Gültig	28	28	27	27
	Fehlend	0	0	1	1
Mittelwert		9,68	8,93	7,37	26,11
Median		10	9	8	26
Standabweichung		1,7	1,41	1,52	2,93
Minimum		7	6	4	20
Maximum		12	11	10	31
Perzentile	25	8	8	7	24
	50	10	10	8	26
	75	11	10	8	29

Tracing Test

Alle Kinder erfüllten die Aufgaben, sodass keine Werte fehlen. Auch hier ist zu beobachten, dass die meisten Kinder mit ihrer rechten Hand besser abschnitten. 71,4% der Kinder (\cong 20 Kinder) waren in dieser Aufgabe besser mit ihrer rechten Hand, 25% (\cong 7 Kinder) mit ihrer linken Hand und nur 3,6% (\cong 1 Kind) waren mit beiden Händen gleich gut (Vgl. Tabelle 6).

Tabelle 6: Tracing Ergebnisse geordnet nach der Handpräferenz (HP).

		Frequenz	Prozentueller Anteil %	Gültige Prozent %	Kumulative Prozent %
Gültig	Linke HP	7	25	25	25
	Keine HP	1	3,6	3,6	28,6
	Rechte HP	20	71,4	71,4	100
Total		28	100	100	

Dotting

Alle Kinder erfüllten die Aufgabe, sodass keine Werte fehlen. Die meisten Kinder schnitten mit ihrer rechten Hand besser in dieser Aufgabe ab. 71,4% der Kinder ($\hat{=}$ 20 Kinder) sind geschickter mit ihrer rechten Hand, 21,4% ($\hat{=}$ 6 Kinder) mit ihrer linken und 7,1% ($\hat{=}$ 2 Kinder) zeigten keine Unterschiede zwischen beiden Händen (Vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7: Dotting Ergebnisse geordnet nach der Handpräferenz (HP).

		Frequenz	Prozentueller Anteil %	Gültige Prozenzte %	Kumulative Prozenzte %
Gültig	Linke HP	6	21,4	21,4	21,4
	Keine HP	2	7,1	7,1	28,6
	Rechte HP	20	71,4	71,4	100
	Total	28	100	100	

3.3.2 Sprachtests

PPVT IIIA

26 der 28 Kinder erfüllten die Aufgaben. D.h., es fehlen die Daten von zwei Kindern, die nicht zu motivieren waren. Im Schnitt lösten die Kinder 113,93 Items richtig ($\hat{=}$ 11,96 Sets $\hat{=}$ 79,81% als Perzentile $\hat{=}$ 128,73 Items als Standardwert) mit einer Standardabweichung von 35,22 Items (Vgl. Tabelle 8).

**Tabelle 8: Ergebnisse des Peabody Picture Vocabulary Test (PPVT).
N=Gesamtzahl.**

		PPVT Items	PPVT Sets	PPVT Standardwerte	PPVT Perzentile
N	Gültig	26	26	26	26
	Fehlend	2	2	2	2
Mittelwert		113,96	11,96	128,73	79,81
Median		109,5	11	126	95
Standardabweichung		35,22	4,55	25,46	25,42
Minimum		61	5	89	1
Maximum		172	17	160	99
Perzentile	25	80,75	7	104	61
	50	109,5	11	126	95
	75	149	17	157	99

Nomen Verb Test nach Kauschke

Es fehlen die Werte von drei Kindern, da diese nicht zum Test zu motivieren waren. Im Schnitt lösten die Kinder 34,52 Nomen von maximal 36 Nomenaufgaben mit einer Standardabweichung von 1,19 Nomen und 32,12 Verben von maximal 36 Verbaufgaben mit einer Standardabweichung von 2,62 Verben richtig. Der Median für Nomen liegt bei 35 Nomen mit einem Minimum bei 32 Nomen und einem Maximum bei 36 Nomen und der Median für Verben bei 33 Verben mit einem Minimum bei 25 Verben und einem Maximum bei 36 Verben. Also lösten die Kinder die Verbaufgaben insgesamt schlechter als die Nomenaufgaben (Vgl. Tabelle 9).

Tabelle 9: Nomen Verb Test Ergebnisse (nach Kauschke). N=Gesamtzahl, N=Nomen, V=Verb.

		Nomen (max. 36)	Verb (max. 36)	Gesamtscore (N+V)
N	Gültig	25	25	25
	Fehlend	3	3	3
Mittelwert		34,52	32,12	66,64
Median		35	33	67
Standardabweichung		1,19	2,62	3,49
Minimum		32	25	58
Maximum		36	36	71
Perzentile	25	34	30	64,5
	50	35	33	67
	75	35,5	34	70

3.3.3 Korrelationen

Es wurden die Korrelationen zwischen den verschiedenen Methoden der Händigkeitsermittlung untereinander, zwischen den beiden Sprachtests als auch zwischen den Methoden der Händigkeitsermittlung und den Sprachtests berechnet. Im Folgenden werden die Resultate beschrieben.

Tabelle 10: Korrelationen. PK=Pearson Korrelation, HP=Handpräferenz, LI=Lateralitätsindex, N=gültige Gesamtzahl.

		HP nach Michel (rechte Hand/19)	LI (links 0 + Status; rechts 1 - Status)	Purdue Score rechte Hand
HP nach Michel (rechte Hand/19)	PK	1	-0,297	0,205
	Sig. (2-tailed)		0,125	0,295
	N	28	28	28
LI (links 0 + Status; rechts 1 - Status)	PK	-0,297	1	-0,065
	Sig. (2-tailed)	0,125		0,742
	N	28	28	28
Purdue Score rechte Hand	PK	0,205	-0,065	1
	Sig. (2-tailed)	0,295	0,742	
	N	28	28	28
Purdue Score linke Hand	PK	-0,084	-0,341	0,098
	Sig. (2-tailed)	0,672	0,076*	0,62
	N	28	28	28
Purdue Score beide Hände	PK	0,379	-0,45	0,102
	Sig. (2-tailed)	0,051*	0,019*	0,613
	N	27	27	27
Purdue Score total	PK	0,306	-0,475	0,676
	Sig. (2-tailed)	0,120	0,012	0,000
	N	27	27	27

Die einzige signifikante Korrelation in Tabelle 10 ist zwischen dem LI und dem Purdue Score für beide Hände ($p = 0,019$). Diese Korrelation ist negativ. Dies bedeutet: Je mehr Stöpsel mit beiden Händen gesteckt wurden, desto geringer war der LI für die jeweilige Person, d.h. desto geringer war die Abweichung von der Lateralisierung, desto stärker war ihre Handpräferenz ausgeprägt. Außerdem beobachtet man folgende Tendenzen: Je mehr Stöpsel mit beiden Händen gesteckt wurden, desto höher war tendenziell der Händigkeitstatus nach Michel, also desto mehr Items wurden mit der rechten Hand erfüllt ($p = 0,051$). Weiters kann man sagen, dass der Purdue Score für die linke Hand tendenziell mit dem LI assoziiert ist ($p = 0,076$). Das bedeutet: Je besser ein Kind mit der linken

Hand im Purdue Pegboard abschnitt, desto geringer war tendenziell sein LI, d.h. desto stärker war seine Handpräferenz.

Tabelle 11: Kreuztabelle zwischen dem Dotting und dem Tracing Test.

		Tracing Test			
		Linke HP	Keine HP	Rechte HP	Total
Dotting	Linke HP	3	0	3	6
	Keine HP	1	0	1	2
	Rechte HP	3	1	16	20
Total		7	1	20	28

Mittels des Chi-Quadrat-Tests haben wir keine Korrelation zwischen den Ergebnissen des Dottings und des Tracing Tests gefunden. D.h., obwohl bei beiden Tests 20 Kinder mit ihrer rechten Hand besser abschnitten, sind diese 20 Kinder in beiden Tests nicht dieselben. Ca. die Hälfte der Kinder mit einer linken HP im Tracing Test war auch linkshändig im Dotting Test. Dasselbe gilt für den umgekehrten Fall. Das bedeutet, dass die Kinder, die linkshändig waren für den einen Test, nicht unbedingt linkshändig waren für den anderen bzw. bloß mit einer Wahrscheinlichkeit von ca. 50% (Vgl. Tabelle 11).

Tabelle 12: Korrelation zwischen der Handpräferenz (HP) nach Michel und dem Tracing Test.

		HP nach Michel (rechte Hand/19Items)		
		Linke HP	Rechte HP	Total
Tracing Test	Linke HP	2	5	7
	Keine HP	0	1	1
	Rechte HP	0	20	20
Total		2	26	28

Mittels des ChiQuadrat-Tests wurde ermittelt, dass die Linkshändigkeit aus dem einfachen Händigkeitstatus nach Michel mit der Linkshändigkeit im Tracing Test korreliert. D.h., dass die beiden einzigen Linkshänder nach Michel auch im Tracing Test mit der linken Hand besser abschnitten (Vgl. Tabelle12).

Tabelle 13: Korrelation zwischen dem Dotting und der Handpräferenz (HP) nach Michel (rechte Hand/19Items).

		HP nach Michel (rechteHand/19 Items)		
		Linke HP	Rechte HP	Total
Handgeschwindigkeit	Linke HP	2	4	6
	Keine HP	0	2	2
	Rechte HP	0	20	20
Total		2	26	28

Mittels des Chi-Quadrat-Tests haben wir eine Korrelation zwischen dem Dotting und der Händigkeitstatus nach Michel entdeckt: D.h., dass die einzigen beiden Linkshänder nach Michel auch mit ihrer linken Hand im Dotting Test besser abschnitten (Vgl. Tabelle 13).

Wie man der Tabelle 14 entnehmen kann, gibt es keine signifikanten Korrelationen zwischen Händigkeitsermittlungen und den beiden Sprachtests. Jedoch beobachtet man folgende Tendenzen:

Je besser Kinder tendenziell im PPVT (Sprachverständnis) und im Verbttest sowie Gesamtscore nach Kauschke (Sprachwiedergabe) abschnitten, desto geringer war ihr LI, also desto stärker waren sie lateralisiert für eine Seite (PPVT Standardwert: $p = 0,069$; PPVT Perzentile: $p = 0,092$; Verbttest nach Kauschke: $p = 0,064$; Gesamtscore nach Kauschke: $p = 0,064$) und desto höher war ihr Handpräferenzstatus nach Michel, also desto mehr Items wurden mit der rechten Hand erfüllt (PPVT Standardwert: $p = 0,086$; Verbttest nach Kauschke: $p = 0,083$; Gesamtscore nach Kauschke: $p = 0,066$).

Der PPVT Standardwert und die PPVT Perzentile korrelieren signifikant mit dem Verbttest nach Kauschke (PPVT Standardwert: $p = 0,039$; PPVT Perzentile: $p = 0,049$). Die Korrelation ist positiv, d.h. je mehr Begriffe die Kinder im PPVT richtig

verstanden und somit auf das richtige Bild zeigten, desto besser schnitten sie im Verbttest nach Kauschke ab, d.h. desto besser waren sie im Benennen von Bildern der Kategorie Verben.

Weiters sind folgende Tendenzen zu beobachten: Je besser Kinder im PPVT Standardwert und PPVT Perzentile waren, desto besser schnitten sie im Gesamtscore nach Kauschke ab (PPVT Standardwert: $p = 0,082$; PPVT Perzentile: $p = 0,095$).

Tabelle 14: Korrelationsübersicht zwischen den Händigkeitsermittlungen und den Sprachtests. KK=Korrelationskoeffizient, HP= Handpräferenz, LI=Lateralitätsindex, N=gültige Gesamtzahl, PPVT=Peabody Picture Vocabulary Test, SW=Standardwert, P=Perzentile.

			HP nach Michel (rechte Hand/ 19Items)	LI (links 0+Status; rechts 1- Status)	PPVT SW	PPVT P
Spearman's rho	HP nach Michel	KK	1,000	-0,790	0,343	0,241
	(rechte Hand/ 19Items)	Sig. (2-tailed)	.	0,000	0,086	0,235
		N	28	28	26	26
	LI	KK	-0,790	1,000	-0,362	-0,337
	(links 0+Status; rechts 1-Status)	Sig. (2-tailed)	0,000	.	0,069	0,092
		N	28	28	26	26
	PPVT SW	KK	0,343	-0,362	1,000	0,956
		Sig. (2-tailed)	0,086*	0,069*	.	0,000
		N	26	26	26	26
	PPVT P	KK	0,241	-0,337	0,956	1,000
		Sig. (2-tailed)	0,235	0,092*	0,000	.
		N	26	26	26	26
	Nomen nach Kauschke	KK	0,225	-0,203	0,027	0,044
		Sig. (2-tailed)	0,279	0,330	0,897	0,835
		N	25	25	25	25
	Verben nach Kauschke	KK	0,354	-0,376	0,415	0,398
		Sig. (2-tailed)	0,083*	0,064	0,039*	0,049*
		N	25	25	25	25
	Gesamtscore nach Kauschke	KK	0,373	-0,376	0,354	0,341
		Sig. (2-tailed)	0,066*	0,064*	0,082*	0,095*
		N	25	25	25	25

4 Diskussion

Sowohl Händigkeit als auch Sprache stellen lateralisierte Hirnfunktionen dar. Außerdem werden beide Funktionen bei den meisten Menschen von der linken Hemisphäre kontrolliert [45]. Das Ziel dieser Arbeit war, einen möglichen Zusammenhang zwischen beiden Hirnfunktionen zu finden. Dafür untersuchten wir die Händigkeit und die Sprachfähigkeiten von 28 Kindern im späten Vorschulalter (ca. 5;7 Jahre). Die Händigkeit wurde über insgesamt 22 Aufgaben ermittelt, die sowohl Aufgaben zur Ermittlung der klassischen HP als auch der HG beinhalteten. Die Sprachfähigkeiten wurden auf Sprachverständnis (PPVT) als auch auf Sprachproduktion (Nomen Verb Test nach Kauschke) untersucht.

Es stellte sich heraus, dass für die meisten Aufgaben die Mehrheit der Kinder rechtshändig war oder ihre rechte Hand geschickter bzw. schneller war. Dies steht im Einklang mit anderen Studien über die Verteilung der Händigkeit [41]. Im Sprachverständnis (PPVT) lösten die Kinder im Schnitt 113,96 Items richtig, was einen alters-entsprechenden Wert darstellt. Im Nomen Verb Test nach Kauschke lösten die Kinder im Mittel 34,52 Nomenitems und 32,12 Verbitems von jeweils 36 Items richtig. Somit schnitten die Kinder insgesamt schlechter im Verbttest als im Nomentest ab, was im Einklang mit anderen Studien über die lexikalische Entwicklung von Kindern im Alter von 2;6 bis 8;0 Jahren ist [51]. Dies könnte damit begründet werden, dass Nomen für Kinder vertrauter und einfacher sind, da sie in der Lexikontwicklung vor Verben auftreten [50]. Außerdem kann es auch an der Aufgabenstellung liegen: Nomen können direkt abgebildet werden, während Verben einen dynamischen Prozess beinhalten, zu deren Verständnis eine gewisse Abstraktionsfähigkeit des Kindes vorausgesetzt wird. Erst durch Personen, Objekte und Instrumente kann auf die Handlung geschlossen werden [51].

Weiters korrelierte die Händigkeit nach Michel mit dem Tracing Test als auch mit dem Dotting insofern, als dass die einzigen beiden Linkshänder nach Michel auch im Tracing sowie im Dotting mit der linken Hand besser abschnitten. Offensichtlich stellen sowohl das Tracing als auch das Dotting viel versprechende Methoden für eine einheitliche Skala der HP dar und würden damit das Problem der Händigkeitsdiagnostik lösen, denn Linkshänder im Itemtest schneiden auch mit ihrer linken Hand im Tracing als auch im Dotting besser ab. Dies steht im Widerspruch zu den Ergebnissen von Bishop et al. [11]. Die Autoren suchten nach

einer allgemein gültigen Händigkeitdiagnostik. Dafür teilten sie Rechtshänder nach den Ergebnissen des EHI in drei Gruppen ein: exklusiv starke, exklusiv schwache und überwiegende Rechtshänder. Die exklusiv starken Rechtshänder nutzten immer die rechte Hand von mindestens acht der zehn Items und für den Rest für gewöhnlich die rechte Hand, exklusiv schwache Rechtshänder nutzten für höchstens sieben Items immer die rechte Hand und für mindestens drei Items für gewöhnlich die rechte Hand, und überwiegende Rechtshänder nutzten für die Mehrheit der Items die rechte Hand, aber für mindestens ein Item die linke. Tests, die die HG messen (peg-moving, tapping, dotting), konnten diese drei Gruppen jedoch nicht voneinander unterscheiden. Die exklusiv starke und die exklusiv schwache rechtshändige Gruppe konnten auch im Greiftest über die Mittellinie nicht voneinander unterschieden werden. Einzig die überwiegend rechtshändige Gruppe konnte sich im Greiftest von den anderen beiden Gruppen abheben, indem sie auch Personen beinhaltete, die vorwiegend mit links griffen. Bishop et al. schlossen daraus, dass Händigkeitsuntersuchungen den Grad der Händigkeit anhand der Anzahl an Aktivitäten, für die eine HP entwickelt wurde, bestimmen und dabei die Unterscheidung zwischen gewöhnlich und immer auslassen sollten. Der Greiftest stellt ebenfalls eine viel versprechende Methode zur Vereinheitlichung der Händigkeitdiagnostik dar, insofern als dass im EHI überwiegende Rechtshänder, die mindestens ein Item mit der linken Hand ausführen, im Greiftest überwiegend mit links greifen.

Weiters korrelierte der Purdue Score für beide Hände gleichzeitig im Gebrauch mit dem LI und dem Händigkeitsstatus nach Michel: Je mehr Stöpsel mit beiden Händen gesteckt wurden, desto signifikant geringer war der LI, (d.h. desto stärker war die HP dieser Kinder), und desto höher war tendenziell der Händigkeitsstatus nach Michel, (d.h. desto mehr Items wurden mit der rechten Hand erfüllt). Also kann man schlussfolgern, dass Kinder mit besonders guten Purdue Score Werten für beide Hände tendenziell besonders stark rechtshändig waren. Dieses Ergebnis haben wir uns nicht erwartet und können wir uns auch nicht erklären. In der bestehenden Literatur haben wir auch kein Korrelat dazu gefunden. Dies sollte in zukünftigen Studien genauer untersucht werden.

Bezüglich unseres Hauptmerkmals Händigkeit und Sprache fanden wir folgende Ergebnisse: Je besser Kinder im PPVT (Sprachverständnis) und im Verbttest sowie Gesamtscore nach Kauschke (Sprachwiedergabe) abschnitten, desto geringer war

tendenziell ihr LI, (also desto stärker ihre HP), und desto höher war tendenziell ihr Händigkeitstatus nach Michel, (also desto mehr Items wurden mit der rechten Hand erfüllt). Daraus lässt sich schlussfolgern: Je besser Kinder in den Sprachtests abschnitten, desto stärker war ihre HP ausgebildet, was im Einklang mit vorherigen Studie steht. So stellte u.a. Bishop [8, 9, 40] fest, dass sich sprachentwicklungsgestörte Kinder von normal entwickelten durch eine schwächere HP im Greiftest über die Mittellinie unterschieden. Groen et al. [36] zeigten, dass sich Down Syndrom Kinder von normal entwickelten Kindern durch ihre schwächere HP und weniger beständige Konsistenz der HP sowohl im Greiftest über die Mittellinie als auch im Itemtest unterschieden. Innerhalb der Down Syndrom Gruppe schnitten die Kinder mit einer stärkeren und konsistenteren HP besser in Sprach- und Erinnerungsaufgaben ab.

Der strake Grad der HP galt in unserer Studie eher für die rechte Hand. Auch dieses Ergebnis steht im Einklang mit zahlreichen Studien. Nelson et al. [62] stellten fest, dass eine sich im Säuglingsalter bereits entwickelnde Rechtshändigkeit für MT mit fortgeschrittenen Werten im Bayley Sprachtest im Alter von 24 Monaten assoziiert ist. Wilbourn et al. [84] zeigten, dass alle Mädchen mit einer konsistenten Händigkeit besser in verbalen und Leseaufgaben abschnitten. Alle in ihrer HP konsistenten Mädchen waren rechtshändig. Esseily et al. stellten fest, dass Kinder, die mit 14 Monaten ihre rechten Hand für kommunikative Gesten nutzten, signifikant mehr Wörter verstanden und produzierten als jene, die nicht ihre rechte Hand für kommunikative Gesten nutzten [23]. Vauclair und Cochet [82] zeigten, je rechtshändiger Kinder zwischen zwölf und 30 Monaten für das Hinzeigen waren, desto schneller entwickelten sie Sprachfähigkeiten. Cochet et al. [16] zeigten, dass nach dem sogenannten „*lexical spurt*“ der Grad der Rechtshändigkeit für das Hinzeigen steigt. Somit kann man abschließend sagen, dass sich eine starke HP, insbesondere Rechtshändigkeit, im Allgemeinen positiv auf die Sprachentwicklung auswirkt.

Weiters stellten wir keinen Geschlechterunterschied fest ebenso wie Nelson et al. [62]. Andere Studien bzgl. Händigkeit und Sprache stellten jedoch einen Unterschied zwischen den beiden Geschlechtern fest, meistens das weibliche Geschlecht begünstigend [84, 52, 35].

Folgende Einschränkungen sind zu berücksichtigen. Zum einen ist die Stichprobengröße mit insgesamt 28 sehr gering. Dies erklärt auch, wieso wir für das

wichtigste Hauptresultat bloß Tendenzen und keine Signifikanzen gefunden haben. Abschließend ist zu bedenken, dass sich die in dieser Studie verwendeten Sprachtests auf die Erhebung des mentalen Lexikons oder Wortschatzes beziehen. Für Kinder im späten Vorschulalter wären jedoch Tests, die weitere sprachliche Ebenen wie zum Beispiel narrative Funktionen, den rezeptiven Sprachgebrauch, syntaktische Fähigkeiten (z. B. der Test zum Satzverstehen von Kindern [75, 76]) überprüfen, geeigneter.

5 Literaturverzeichnis

1. Annett M, Kilshaw D. (1984) Lateral preference and skill in dyslexics: Implications of the right shift theory. *Journal of Child Psychology & Psychiatry*, 25; 357-377.
2. Annett M, Manning M. (1989) The disadvantages of dextrality for intelligence. *British Journal of Psychology*, 80; 213-226.
3. Bear MF, Connors BW, Paradiso MA. Sprache: Engel AK. (Hrsg.). (2008) *Neurowissenschaften: Ein grundlegendes Lehrbuch für Biologie, Medizin und Psychologie*. 3. Ausgabe. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag; 696–724.
4. Ben Best [online] <http://www.benbest.com/science/anatmind/anatmd6.html> [10.06.2015]
5. Bishop DVM. (1984) Using nonpreferred hand skill to investigate pathological left handedness in an unselected population. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 26; 214-226.
6. Bishop DVM. (1990a) *Handedness and developmental disorder*. London: Mac Keith Press; 176-178.
7. Bishop DVM. (1990b) Handedness, clumsiness and developmental language disorders. *Neuropsychologia*, 28; 681– 690.
8. Bishop DVM. (2001) Individual Differences in Handedness and Specific Speech and Language Impairment: Evidence Against a Genetic Link. *Behaviour Genetics*, 31(4); 339-351.
9. Bishop DVM. (2005) Handedness and Specific Language Impairment: A Study of 6-Year-Old Twins. *Developmental Psychobiology*, 46; 362–369.
10. Bishop DVM, Edmundson A. (1987) Specific language impairment as a maturational lag: evidence from longitudinal data on language and motor development. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 29; 442-459.
11. Bishop DVM, Ross VA, Daniels MS, Bright P. (1996) The measurement of hand preference: a validation study comparing three groups of right-handers. *British Journal of Psychology*, 87; 269-85.
12. Blake J, O'Rourke P, Borzellino G. (1994) Form and function in the development of pointing and reaching gestures. *Infant Behavior and Development*, 17; 195–203.

13. Bonvillian JD, Richards HC. (1993) The development of hand preference in children's early signing. *Sign Language Studies*, 78(1); 1-14.
14. Bonvillian JD, Richards HC, Dooley TT. (1997) Early sign language acquisition and the development of hand preference in young children. *Brain & Language*, 58; 1–22.
15. Butterworth G, Morissette P. (1996) Onset of pointing and the acquisition of language in infancy. *Journal of Reproductive and Infant Psychology*, 14; 219–231.
16. Cochet H, Jover M, Vauclair J. (2011) Hand preference for pointing gestures and bimanual manipulation around the vocabulary spurt period. *Journal of Experimental Child Psychology*, 110; 393–407.
17. Cochet H, Vauclair J. (2010) Pointing gestures produced by toddlers from 15 to 30 months: Different functions, handshapes and laterality patterns. *Infant Behavior and Development*, 33; 432–442.
18. Co-operative Independent Living [online] <http://www.co-operativeindependentliving.co.uk/professional-c6/assessment-c98/replacement-pins-washers-and-collars-for-the-purdue-pegboard-test-p867> [10.06.2015]
19. Corballis MC. (2003) From hand to mouth: Gesture, speech and the evolution of right-handedness. *The Behavioral and Brain Sciences*, 26; 199–260.
20. Corballis MC. (2010) Mirror neurons and the evolution of language. *Brain & Language*, 112(1); 25–35.
21. Dunn LM, Dunn LM. (1997) *Peabody Picture Vocabulary Test - Third Edition*. Circle Pines, MN: American Guidance Service.
22. Einspieler C, Prechtel HFR. (2005) Prechtel's assessment of general movements: A diagnostic tool for the functional assessment of the young nervous system. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 11; 61–67.
23. Esseily R, Jacquet AY, Fagard J. (2011) Handedness for grasping objects and pointing and the development of language in 14-month-old infants. *Laterality*, 16(5); 565– 585.
24. Fagard J. (2013) Early Development of Hand Preference and Language Lateralization: Are They Linked, and If So, How? *Developmental Psychobiology*, 55; 596–607.

25. Fisher SE, Vargha-Khadem F, Watkins KE, Monaco AP, Pembrey ME. (1998) Localisation of a gene implicated in a severe speech and language disorder. *Nature Genetics*, 18; 168-170.
26. Franco F, Butterworth G. (1996) Pointing and social awareness: Declaring and requesting in the second year. *Journal of Child Language*, 23; 307–336.
27. Gaillard F, Satz P. (1989) Handedness and reading ability: a developmental study. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 4 (1); 63-69.
28. Gentilucci M, Dalla Volta R. (2007) The motor system and the relationships between speech and gesture. *Gesture*, 7; 159–177.
29. Gentilucci M, Dalla Volta R. (2008) Spoken language and arm gestures are controlled by the same motor control system. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61; 944–957.
30. Geschwind N, Behan P. (1982) Left-handedness: association with immune disease, migraine, and developmental learning disorder. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 79(16); 5097–5100.
31. Geschwind N, Galaburda AM. (1987) *Cerebral Lateralization: Biological Mechanisms, Associations, and Pathology*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
32. Golden JC, Espe-Pfeifer P, Wachsler-Felder J. (1949) Neuropsychological Interpretation of Objective Psychological Tests , in: Puente AE, Reynolds CR (Hrsg.), *Critical Issues in Neuropsychology*. Springer Science + Business Media, LLC; 26-27.
33. Gonzalez CLR, Goodale MA. (2009) Hand preference for precision grasping predicts language lateralization. *Neuropsychologia.*, 47(14); 3182-9.
34. Gonzalez CLR, Li F, Mills KJ, Rosen N, Gibb RL. (2014) Speech in action: degree of hand preference for grasping predicts speech articulation competence in children. *Frontiers in Psychology*, 5; 1267.
35. Gottfried AW, Bathurst K. (1983) Hand preference across time is related to intelligence in young girls, not boys. *Science*, 221; 1074–1076.
36. Groen MA, Yasin I, Laws G, Barry JG, Bishop DVM. (2008) Weak hand preference in children with Down syndrome is associated with language deficits. *Developmental Psychobiology* 50; 242–250.

37. Groen MA, Whitehouse AJO, Badcock NA, Bishop DVM. (2013) Associations between Handedness and Cerebral Lateralisation for Language: A Comparison of Three Measures in Children. PLoS ONE 8(5): e64876.
38. Hewes GW. (1973) Primate communication and the gestural origin of language. Current Anthropology, 14; 5–24.
39. Hill EL. (2001) Non-specific nature of specific language impairment: a review of the literature with regard to concomitant motor impairments. International Journal of Lang & Communication Disorders, 36(2); 149-71.
40. Hill EL, Bishop DVM. (1998) A reaching test reveals weak hand preference in specific language impairment and developmental coordination disorder. Laterality, 3; 295–301.
41. Hugdahl K, Satz P, Mitrushina M, Miller EN. (1993) Left-handedness and old age: Do left-handers die earlier?. Neuropsychologia, 31; 325-333.
42. Institut für psychologische Diagnostik (2014) Peabody Picture Vocabulary Test - Fourth Edition, [online] <http://www.psychometrica.de/ppvt4.html> [10.06.2015]
43. Iverson JM, Goldin-Meadow S. (2005) Gesture paves the way for language development. Psychological Science, 16; 367–371.
44. Jäncke L. (2009) Hemisphärendominanz, Händigkeit und Geschlechtsspezifität, in: Sturm W, Hermann M, Münte TF (Hrsg.), Lehrbuch der Klinischen Neuropsychologie. 2. Auflage. Aachen: Spektrum Akademischer Verlag; 94-114.
45. Jäncke L. (2013) Lehrbuch Kognitiven Neurowissenschaften. 1. Auflage. Bern: Huber; 160-205.
46. Kandel E, Schwartz J, Jessell T. (1995) Neurowissenschaften: Eine Einführung. 7. Ausgabe. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag; 360-367.
47. Kandel E, Schwartz J, Jessell T. (1995) Neurowissenschaften: Eine Einführung. 7. Ausgabe. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag; 652-655.
48. Kaplan MR, Saccuzzo DP. (2012) Psychological Testing: Principles, Applications, and Issues. 8.ed. Belmont: Wadsworth Publishing, 297-298.
49. Kauschke C. Mit freundlicher Genehmigung von Christina Kauschke.
50. Kauschke C, Hofmeister C. (2002) Early lexical development in German: a study on vocabulary growth and vocabulary composition during the second and third year of life. Journal of Child Language, 29; 735-757.

51. Kauschke C, Stan A. (2004) Semantische Entwicklung am Beispiel kindlicher Fehlbenennungen. *Linguistische Berichte*, 198; 191-219.
52. Kee DW, Gottfried AW, Bathurst K, Brown K. (1987) Left- hemispheric language specialization: Consistency in hand preference and sex differences. *Child Development*, 58; 718–724.
53. Laland KN, Krumm J, Van Horn JD, Feldman MW. (1995) A gene-culture model of human handedness. *Behavior Genetics*, 25; 433-445.
54. Lifter K, Bloom L. (1989) Object knowledge and the emergence of language. *Infant Behavior and Development*, 12; 395–423.
55. Liszkowski U, Carpenter M, Henning A, Striano T, Tomasello M. (2004) Twelve-month-olds point to share attention and interest. *Developmental Science*, 7; 297–307.
56. Liszkowski U, Carpenter M, Tomasello M. (2008) Twelve-month-olds communicate helpfully and appropriately for knowledgeable and ignorant partners. *Cognition*, 108; 732–739.
57. Marschik PB, Einspieler C, Garzarolli B, Prechtel HFR. (2007) Events at early development: Are they associated with early word production and neurodevelopmental abilities at the preschool age?. *Early Human Development*, 83; 107-114.
58. McManus IC. (1984) Genetics of handedness in relation to language disorder. *Advances in Neurology*, 42; 125–138.
59. McManus IC, Sik G, Cole DR, Mellon AF, Wong J, Kloss J. (1988) The development of handedness in children. *British Journal of Developmental Psychology*, 6; 257–273.
60. Meguerditchian A, Vauclair J, Hopkins WD. (2010) Captive chimpanzees use their right hand to communicate with each other: Implications for the origin of the cerebral substrate for language. *Cortex*, 46; 40–48.
61. Michel GF, Tyler AN, Ferre C, Sheu CF. (2006) The manifestation of infant hand-use preferences when reaching for objects during the seven- to thirteen-month age period. *Developmental Psychobiology*, 48; 436–443.
62. Nelson EL, Campbell JM, Michel GF. (2014) Early handedness in infancy predicts language ability in toddlers. *Developmental Psychobiology*, 50; 809-814.

63. NeuroLove [online] <http://neurolove.tumblr.com/post/999115421/split-brain-is-a-term-used-to-refer-to-someone-who> [10.06.2015]
64. Oldfield RC. (1971) The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9; 97–113.
65. online learning [online] <http://media.kingdown.wilts.sch.uk/mod/page/view.php?id=7474> [10.06.2015]
66. Orton ST. (1925) „Word-blindness“ in school children. *Archives of Neurology & Psychiatry*, 14; 581-615.
67. Özçaliskan S, Goldin-Meadow S. (2005) Gesture is at the cutting edge of early language development. *Cognition*, 96; 101–113.
68. Passian J, Suchenwirth R, Ferner U. (1969) Die Lateralisation der manuellen Leistung in Abhängigkeit vom Lebensalter. *Fortschritte der Neurologie und Psychiatrie*, 6; 1–30.
69. Peters M, Durdin B. (1979) Left-handers and right-handers compared on a motor task. *Journal of Motor Behavior*, 11; 103–111.
70. Prechtl HFR. (1977) The neurological examination of the full term newborn infant, 2nd edition. *Clinics in Developmental Medicine* 63. London: Heinemann.
71. Rowe ML, Goldin-Meadow S. (2009) Early gesture selectively predicts later language learning. *Developmental Science*, 12; 182–187.
72. Rowe ML, Özçaliskan S, Goldin-Meadow S. (2008) Learning words by hand: Gesture's role in predicting vocabulary development. *First Language*, 28; 182-199.
73. Sander EK. (1972) When are speech sounds learned. *J. Speech Hear. Disord.* 37, 55–63.
74. Schachter SC, Ransil BJ, Geschwind N. (1987) Associations of handedness with hair color and learning disabilities. *Neuropsychologia*, 25(1B); 269-76.
75. Siegmüller J, Kauschke C, Van Minnen S, Bittner D. (2011) Test zum Satzverstehen von Kindern. Elsevier.
76. Siegmüller J, Ringmann S, Strutzmann E, Beier J, Marschik PB. (2012) A Crucial Marker for Specific Language Impairment at the Preschool Age: Narrative Competence. *Sprache-Stimme-Gehör*, 36(3); e65-e75.

77. Stromswold K. (1998) Genetics of spoken language disorders. *Human Biology*, 70; 293-320.
78. Subirana A. (1969) Handedness and cerebral dominance. In P. J. Vincken & G. W. Bruyn (Eds.), *Handbook of clinical neurology* (Vol. 4, pp. 509–520). Amsterdam: North-Holland Press.
79. Suchenwirth R. (1969) Bedingungen der Händigkeit und ihre Bedeutung für die Klinik der Hemisphärenprozesse. *Der Nervenarzt* 40; 509–515.
80. Tapley SM, Bryden MP. (1985) A group test for the assessment of performance between the hands. *Neuropsychologia*, 23; 215–221.
81. Tomasello M, Carpenter M, Liszkowski U. (2007) A new look at infant pointing. *Child Development*, 78; 705–722.
82. Vauclair J, Cochet H. (2013) Hand preference for pointing and language development in toddlers. *Developmental Psychobiology*, 55(7); 757-65.
83. Vauclair J, Imbault J. (2009) Relationships between manual preferences for manipulative actions and for pointing gestures in infants and toddlers. *Developmental Science*, 12; 1060–1069.
84. Wilbourn MP, Gottfried AW, Kee DW. (2011) Consistency of hand preference during the early years: Long-term relationship to verbal intelligence and reading achievement in females. *Developmental Psychology*, 47; 931-942.
85. Xu J, Gannon PJ, Emmorey K, Smith JF, Braun AR. (2009) Symbolic gestures and spoken language are processed by a common neural system. *Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America*, 106(49); 20664– 20.