



Klinikum München Bogenhausen

Akademisches Lehrkrankenhaus der Technischen Universität München

Abteilung für Neuropsychologie

(Chefarzt: apl. Prof. Dr. G. Goldenberg)

## **Perzeption und Produktion von Gesten bei Apraxie**

Sonja Christina Hovorka

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Medizin genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. E. J. Rummeny

Prüfer der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. G. Goldenberg
2. Univ.-Prof. Dr. J. Förstl

Die Dissertation wurde am 24.08.2015 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 04.05.2016 angenommen.

In Gedenken an meinen Bruder Florian.

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	2
Tabellenverzeichnis .....	3
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Apraxie und Aphasie.....</b>	<b>4</b>
1.1.1 Allgemeines, Anatomie .....	4
1.1.2 Diagnose der Apraxie und Aphasie .....	6
1.1.3 Modelle von Liepmann, Geschwind und Heilman .....	8
<b>1.2 Ziel der Arbeit.....</b>	<b>13</b>
<b>2 Methoden.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Einführung.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Probandengruppe.....</b>	<b>17</b>
2.2.1 Auswahlkriterien für Probandengruppe.....	17
2.2.2 Alter, Geschlecht, Ätiologie und Zeitpunkt der Hirnschädigung der Patienten .....	18
2.2.3 Besonderheiten der Patienten.....	18
<b>2.3 Kontrollgruppe .....</b>	<b>19</b>
<b>2.4 Versuchsaufbau .....</b>	<b>19</b>
<b>2.5 Untersuchungsablauf .....</b>	<b>32</b>
<b>3 Ergebnisse .....</b>	<b>34</b>
<b>3.1 Einleitung statistische Auswertung der Tests .....</b>	<b>34</b>
3.1.1 Patientengruppe .....	35
3.1.2 Kontrollgruppe.....	36
<b>3.2 Überblick über die verschiedenen Testkategorien .....</b>	<b>37</b>
3.2.1 Einteilung in Normal vs. Pathologisch .....	37
3.2.2 Schwierigkeitsgrad der Tests .....	39
<b>3.3 Verhältnis zwischen Aphasie und Apraxie .....</b>	<b>40</b>
<b>3.4 Zusammenhang zwischen Perzeption und Produktion von Gesten .....</b>	<b>42</b>
3.4.1 Perzeption als Voraussetzung für Produktion.....	43
3.4.2 Einzelfallanalysen von „Erfolgreicher Produktion ohne vorausgegangene Perzeption“ .....	48
<b>3.5 Multidimensionale Skalierung – Inhalt der Gesten: Semantik vs. Räumliches Denken .....</b>	<b>55</b>
<b>4 Diskussion.....</b>	<b>60</b>
<b>5 Zusammenfassung .....</b>	<b>71</b>
<b>6 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>74</b>
<b>7 Anhang.....</b>	<b>78</b>

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Modell nach Liepmann, Modell n. Geschwind und Modell n. Heilman (aus <i>Goldenberg 2007</i> ) .....	<b>10</b>
<b>Abbildung 2:</b> Beispiele von Handstellungen (linke Spalte) und Fingerstellungen (rechte Spalte) ( <i>Goldenberg 1996</i> ).....	<b>25</b>
<b>Abbildung 3:</b> Beispiel für das Erkennen von Handstellungen (links) und Fingerstellungen (rechts) ( <i>Goldenberg 1999</i> ).....	<b>30</b>
<b>Abbildung 4 :</b> Zusammengefasste Graphik zu Erkennen vs. Produzieren. Lineare Regressionsgerade mit Gleichung und Bestimmtheitsmaß. Graue Quadranten als Bereich der Hypothese „Erkennen als notwendige Voraussetzung für Produktion“ .....	<b>44</b>
<b>Abbildung 5:</b> Pantomime Erkennen und Ausführen.....	<b>46</b>
<b>Abbildung 6:</b> Handstellungen Erkennen und Imitation.....	<b>47</b>
<b>Abbildung 7:</b> Fingerstellungen Erkennen und Imitation .....	<b>48</b>
<b>Abbildung 8:</b> Multidimensionale Skalierung – Darstellung des eindimensionalen Diagramms .....	<b>56</b>
<b>Abbildung 9:</b> Multidimensionale Skalierung – Darstellung des zweidimensionalen Diagramms .....	<b>57</b>

## Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b> Bewertungsbogen Pantomime Produzieren .....	<b>24</b>
<b>Tabelle 2:</b> Bewertungsbogen Pantomime Erkennen .....	<b>28</b>
<b>Tabelle 3:</b> Deskriptive Statistik Patientengruppe.....	<b>36</b>
<b>Tabelle 4:</b> Deskriptive Statistik Kontrollgruppe .....	<b>37</b>
<b>Tabelle 5:</b> Einteilung der Patienten in Normal vs. Pathologisch .....	<b>38</b>
<b>Tabelle 6:</b> Korrelationen Aphasie - Apraxie .....	<b>41</b>
<b>Tabelle 7:</b> Korrelationen der Testkategorien und ihrer Teiltests .....	<b>42</b>
<b>Tabelle 8:</b> Patientendaten der Einzelfälle.....	<b>49</b>
<b>Tabelle 9:</b> AAT-Ergebnisse der Einzelfälle .....	<b>52</b>
<b>Tabelle 10:</b> Ergebnisse der Apraxie-Tests der Einzelfälle.....	<b>53</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Apraxie und Aphasie

### 1.1.1 Allgemeines, Anatomie

Das Gehirn ist das wohl komplexeste, rätselhafteste und zugleich faszinierendste Organ des Menschen. Wir alle würden gerne wissen, warum wir täglich genau so Handeln und Denken, wie wir es tun. Das Verhalten und die Handlungen eines Menschen besser verstehen zu wollen haben sich einige Forscher zur Aufgabe gemacht. Das Fachgebiet der Neuropsychologie beschäftigt sich mit grundlegenden Funktionen des Gehirns und ihrer Bedeutung. Dabei betrachtet die Neuropsychologie die Diagnostik, die Folgen und die Therapie von erworbenen Hirnschädigungen auf das Verhalten von betroffenen Menschen. Hauptsächlich handelt es sich um Themen der Aufmerksamkeit, des Gedächtnisses, komplexer Handlungsabläufe, der Wahrnehmung und der Sprache.

Verschiedene Funktionen des Gehirns können bestimmten Arealen der Hirnrinde zugeordnet werden. Orientierendes Wissen über anatomische Gegebenheiten des Gehirns bieten die Erkenntnisse des Neuroanatoms und Psychiaters Korbinian Brodmann. Er teilte die Großhirnrinde nach histologischen Kriterien in 52 unterschiedliche Felder ein, die bis heute nach ihm als „Brodmann-Areale“ benannt werden. Dem primär-motorischen Cortex wies er beispielsweise das Areal 4 zu, das sich auf dem Gyrus praecentralis des Frontallappens befindet, während er das Wernicke-Areal als sensorische Sprachregion dem Areal 22 in der dominanten Hemisphäre und das Broca-Areal als motorische Sprachregion dem Areal 44, 45 in der Pars triangularis des Gyrus frontalis inferior zuwies (*Brodmann 1909*). Diese Einteilung der verschiedenen Areale ist bis heute ein guter Anhaltspunkt für mögliche Störungen bei bestimmten Hirnläsionen. Am besten lässt sich

eine Funktion einem bestimmten Hirnareal zuordnen, wenn diese Region selektiv geschädigt wurde und der Ausfall der umschriebenen Hirnregion ein charakteristisches Krankheitsbild nach sich zieht.

Ein klassisches Krankheitsbild, mit dem sich die Neuropsychologie beschäftigt ist die sogenannte „Apraxie“, eine Störung willkürlicher Bewegungen, auf die im Anschluss in der vorliegenden Arbeit näher eingegangen werden soll. Die Apraxie gilt generell als Symptom linkshirniger Läsionen bei verschiedensten Auslösern, wie z.B. einer Hirnblutung, einem Infarkt oder einem Trauma. Mögliche Lokalisationen, die zum Bild der Apraxie führen, können sich vom unteren Parietallappen bis zum prämotorischen Anteil des Frontallappens erstrecken. Mit eingeschlossen können auch die darunter liegende weiße Substanz und die Basalganglien sein (*Goldenberg 2007*).

Ein weiteres klassisches Krankheitsbild bei linkshirnigen Läsionen stellt die „Aphasie“ dar, bei der es sich um eine Sprachstörung handelt. Klassisch betroffene Areale sind hier beispielsweise das bereits erwähnte Broca- und das Wernicke-Areal. Die Apraxie tritt oft kombiniert mit einer Aphasie auf. Ursache dafür kann beispielsweise ein Verschluss der linken Arteria cerebri media sein. Die Apraxie kann aber auch ohne Aphasie auftreten. Das ist zum Beispiel eine typische Konstellation bei der sogenannten Balkenapraxie nach Durchtrennung des Corpus callosum.

Obwohl bereits viel über Anatomie und Funktion des Gehirns geforscht wurde, reichen die Erkenntnisse noch lange nicht aus, um selbst manche einfache sowie komplexere Verschaltungen des Gehirns zuverlässig erklären zu können. Lokalisation, Diagnostik, Folgen und Therapie von Apraxie und Aphasie sind derzeit Gegenstand aktuellster Forschung in der Neurologie und Neuropsychologie (*Halsband et al 2001; Goldenberg, Hartmann & Schlott 2003; Buxbaum, Kyle & Menon 2005; Goldenberg & Karnath 2006; Goldenberg 2009; Daumüller & Goldenberg 2010*).

## 1.1.2 Diagnose der Apraxie und Aphasie

Durch das Altern der Gesellschaft kommt es vermehrt zu Schlaganfällen. Jährlich ist von ca. 262.000 Patienten mit Schlaganfall in Deutschland auszugehen (*Kolominsky-Rabas & Heuschmann 2002*). Etwa jeder zweite, von einem linkshemisphärischen Apoplex Betroffene, leidet in der Akutphase an einer Form der Apraxie (*Weiss-Blankenhorn & Fink 2008*). Für eine bestmögliche Rehabilitation ergibt sich die Notwendigkeit mehr über die Ursachen und Folgen dieses Krankheitsbilds zu erfahren.

Bei dem klassischen, neuropsychologischen Bild der Apraxie (griechisch: ἀπραξία, apraxia) handelt es sich um Störungen im Werkzeug- und Objektgebrauch, in der Produktion kommunikativer Gesten (Pantomime des Objektgebrauchs und Ausführung sprachersetzender Gesten) und im Imitieren von Gesten. Der Hauptbereich der Apraxie befasst sich mit der Gliedmaßen-Apraxie, weitere Bereiche sind die Apraxie des Gesichtes und des Mundes (bukkofaziale Apraxie) sowie die Sprechapraxie. Eine Apraxie betrifft prinzipiell beide Körperhälften mit Ausnahme der Balkenapraxie (*Goldenberg 2007*). Bei Patienten mit linkshemisphärischer Schädigung kann daher die Apraxie auch an der linken Körperseite nachgewiesen werden, wenn die rechte Körperseite gelähmt ist. Zur besseren Einschätzung, ob ein Defizit auf Apraxie oder auf eine Lähmung zurückzuführen ist, sollte die Testung auf Apraxie prinzipiell an der Extremität der nicht-betroffenen Seite durchgeführt werden. Bei Linkshirngeschädigten sollten die Tests also immer mit der linken Körperseite durchgeführt werden, was auch in der vorliegenden Arbeit so erfolgte.

Ein motorisches Defizit, eine Parese, ein Intelligenzdefizit und eine zu starke Sprachverständnisstörung muss ausgeschlossen werden, um eine Apraxie anhand von ausgewählten Tests sicher diagnostizieren zu können. Eine klassische Testung beinhaltet einen Test zur Pantomime von Werkzeug- und Objektgebrauch und zum echten Werkzeug- und Objektgebrauch. Ebenso werden jeweils das Erkennen (Perzeption) und

Produzieren von bedeutungsvollen (symbolischen) und von bedeutungslosen Gesten geprüft.

Ein weiteres, bereits oben erwähntes, neuropsychologisches Krankheitsbild, auf das in dieser Arbeit näher eingegangen werden soll, ist die „Aphasie“. Der Begriff Aphasie stammt von dem griechischen Wort „aphasia“ (ἀφασία) ab und beschreibt eine erworbene Störung der Sprachfähigkeit aufgrund einer Läsion. Bei Rechtshändern wird diese Störung hauptsächlich durch Läsionen der linken Hemisphäre verursacht, während man von „gekreuzter Aphasie“ spricht, wenn in seltenen Fällen eine rechtshirnige Läsion die Ursache ist. Jedoch nicht alle Läsionen der linken Hemisphäre führen zum vollen Krankheitsbild der Aphasien. Ein bedeutender Faktor ist hier die Größe der Hirnschädigung (Goldenberg 2007). Generell wird die Sprachfähigkeit den perisylvischen Rindenabschnitten zugeordnet, welche durch die Arteria cerebri media versorgt werden. Kommt es beispielsweise zu einem Verschluss dieser versorgenden Arterie, so kann je nach Ausprägung des Defekts eine Aphasie auftreten, die sich je nach Lokalisation als Global-Aphasie, Wernicke-Aphasie oder Broca-Aphasie äußern kann. Folglich bedeutet eine Aphasie nicht zwangsweise einen totalen Sprachverlust, sondern kann sich auf die unterschiedlichsten Arten äußern. Es kann zu Störungen in der Sprachproduktion und im Sprachverständnis kommen. Störungen der Sprachproduktion können zum Beispiel Wortfindungsstörungen, semantische oder phonematische Paraphasien, leeres Gerede und Störungen der Syntax sein. Ebenso können Perseverationen, Automatismen oder stereotype Floskeln auftreten. Auch Bereiche, die eng mit Sprache verbunden sind können betroffen sein. Solche Begleiterscheinungen der Aphasie sind beispielsweise eine Störung des Schreibens (Agraphie), des Lesens (Alexie), des Rechnens (Akalkulie), des Zeichnens und eine Störung im Umgang mit Mimik und Gesten (Apraxie) (Goldenberg 2007). Ein valides Testverfahren zur Diagnostik von Aphasien stellt der Aachener Aphasie-Test (AAT) dar, bei dem ein Verständnis für abstrakte Kommandos (TokenTest, TT), Nachsprechen, Benennen, Schriftsprache und Sprachverständnis geprüft werden (Huber, Poeck & Willmes 1984). Auch in dieser Arbeit wurde der AAT verwendet.

### 1.1.3 Modelle von Liepmann, Geschwind und Heilman

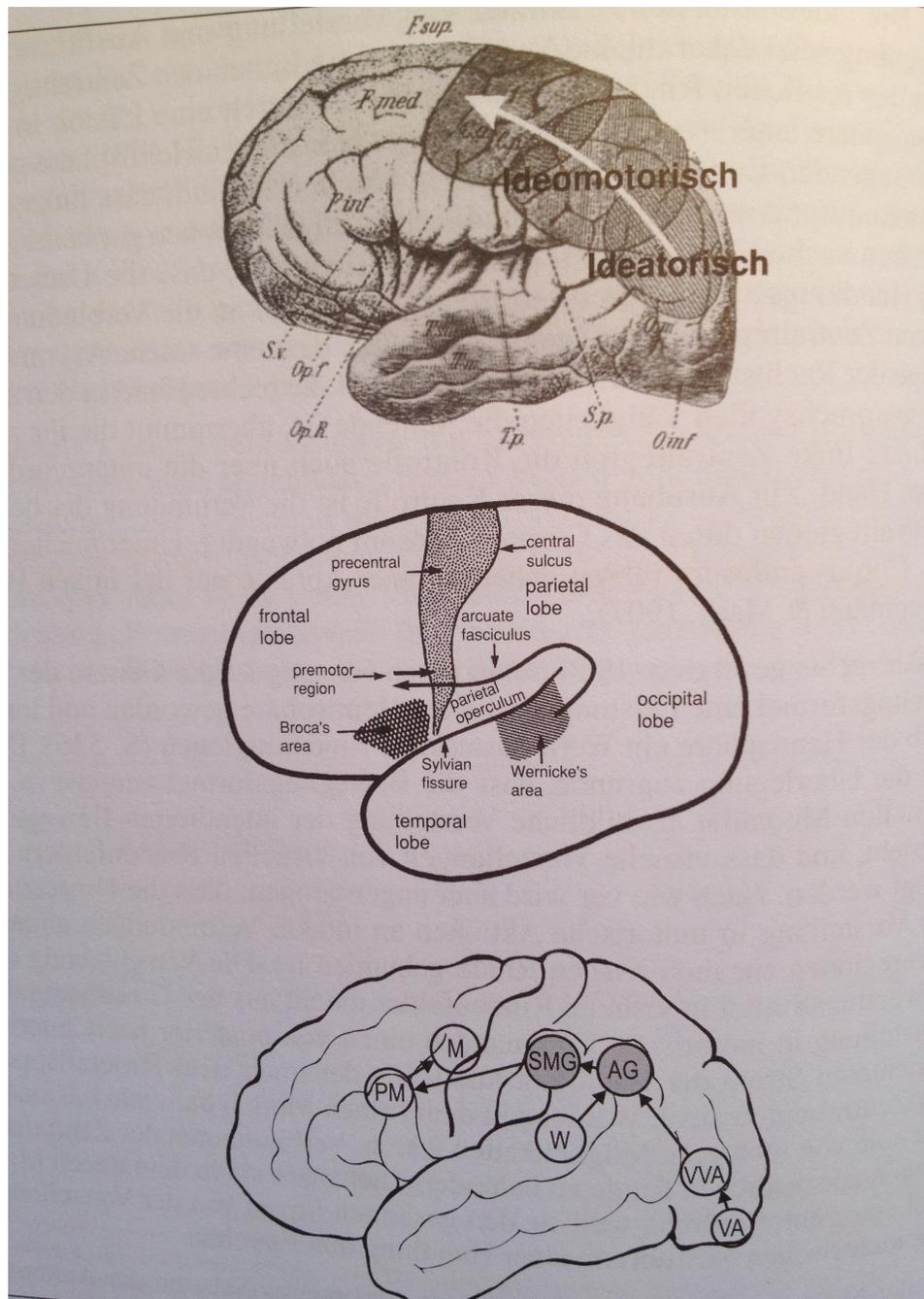
Hugo Karl Liepmann wurde im Jahre 1863 in Berlin als Sohn einer jüdischen Familie geboren. Er studierte Philosophie und Naturwissenschaften, wobei ihn besonders die Philosophen Kant und Schopenhauer interessierten. Liepmann schloss ein Medizinstudium an und arbeitete schließlich als Psychiater. Im Jahre 1925 nahm er sich aufgrund seiner fortschreitenden Parkinson-Erkrankung das Leben (*Goldenberg 2003*).

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts forschte der deutsche Hugo Karl Liepmann an einer Klassifikation der Apraxien. Hierfür untersuchte er in einer Studie Patienten mit linksseitigen und mit rechtsseitigen Hirnschädigungen. Er stellte fest, dass nur die mit linkshirnigen Läsionen Fehler bei der Ausführung kommunikativer Gesten machten (*Liepmann 1905; Liepmann 1908*). Liepmann entwarf ein Modell der Handlungskontrolle, das zwei Ebenen unterscheidet: Erst kommt es zum Entwurf des Handlungsplans, im Anschluss daran zu einer Umsetzung des Handlungsplans in eine motorische Aktion. Ist die Fähigkeit des Gehirns zum Entwurf eines Plans für die Bewegung gestört, so wird dies als ideatorische Apraxie bezeichnet. Da hier die zeitlich-räumliche Planung mangelhaft ist, gelingt es nicht, den Plan für die auszuführende Bewegung zu konstruieren. Ist die Umsetzung des Handlungsplans in motorische Aktionen gestört, wird dies als ideokinetische oder ideomotorische Apraxie bezeichnet. Bei dieser Form der Apraxie ist die Raum-Zeit-Planung intakt, jedoch die Bewegungsausführung mangelhaft. Der Patient weiß zwar was er tun will, aber nicht wie er es tun soll. Die meisten Autoren verwenden heute für Störungen von Handlungen ohne Objekt den Begriff der ideomotorischen Apraxie und bei Störungen der Handhabung von realen Objekten den Begriff der ideatorischen Apraxie. Eine wirklich sinnvolle Einteilung bleibt allerdings unklar. Vielleicht wäre es am besten, gänzlich auf die Begrifflichkeiten ideomotorisch vs. ideatorisch zu verzichten und stattdessen möglicherweise eine Einteilung nach dem Inhalt der Gesten zu verfolgen. Eine mögliche Lösung hierfür soll in vorliegender Arbeit angedacht werden.

Liepmann postulierte, dass eine Schädigung des Corpus callosum, der Verbindung zwischen linker und rechter Hirnhälfte, für eine Apraxie verantwortlich sei. Sie bewirkt eine Trennung der Handlungsplanung in der linken Hemisphäre von den motorischen Arealen der rechten Hemisphäre. Da jedoch die meisten Fälle von Apraxie nicht aufgrund einer Schädigung des Balken (Corpus callosum) sondern aufgrund hemisphärischer Läsionen auftreten, soll hier nicht weiter darauf eingegangen werden.

Liepmann betrachtete den Parietallappen nur als Durchgangsstation von vorwiegend bildlichen Vorstellungen der intendierten Handlung zu ihrer motorischen Ausführung.

Das Modell der von posterior nach anterior, also vom Okzipitallappen zum motorischen Kortex gerichteten Handlungskontrolle, verfolgte und ergänzte Norman Geschwind im Jahr 1975 (*Geschwind 1975*). Geschwind folgte Liepmann in der Annahme, dass parietale Läsionen zur Apraxie führen, da sie Faserverbindungen von posterior nach anterior unterbrechen (*Goldenberg 2011*). Er war jedoch der Meinung, dass bei einer verbalen Aufforderung zur Ausführung einer Geste sprachliche Stimuli die Heschl'schen Querwindungen (auch Gyri temporales transversi oder primäre Hörrinde genannt) erreichen, dort einer Analyse unterzogen werden und dann im Wernicke-Areal (der posteriore Teil des Temporallappens) sprachlich verarbeitet werden (*Geschwind 1975*). Das Wernicke-Sprachareal sei mit dem prämotorischen Areal und dem motorischen Assoziations-Kortex durch den Fasciulus Arcuatus verbunden. Der motorische Assoziations-Kortex wiederum leitet zur primär-motorischen Rinde weiter. Dieser Weg werde benutzt, wenn eine Person aufgefordert wird eine Geste mit der rechten Hand zu zeigen. Soll mit der linken Hand vorgeführt werden, so werde die Information vom linken motorischen Assoziations-Kortex zum rechten Assoziations-Kortex und von dort zum rechten motorischen Kortex weitergeleitet. Geschwind's Schüler Kenneth Heilman kritisierte, dass das Schema Geschwind's eine fehlerhafte Imitation von apraktischen Patienten nicht erklären könnte und schlug eine neue Version vor. Ihr Kern ist die Annahme, dass im Parietallappen spatio-temporale Engramme von erlernten Bewegungen gespeichert sind, die entweder durch verbale Aufforderung oder aber durch Vormachen der Bewegung aktiviert und in motorische Aktionen umgesetzt werden.



**Abbildung 1:** Modell nach Liepmann, Modell n. Geschwind und Modell n. Heilman (aus *Goldenberg 2007*)

Gemäß *Heilman, Rothi & Valenstein 1982* sollte eine Apraxie, die auf eine Zerstörung der Parietalregion zurückgeht, unterscheidbar sein von einer Apraxie, die durch eine Abtrennung dieser Parietalregion vom motorischen Assoziations-Cortex (weiter frontal, anterior) hervorgerufen wurde. Patienten mit jeweils einer der beiden Formen sollten alle Schwierigkeiten bei der Produktion von gelernten Bewegungen auf Aufforderung und bei der Imitation von Bewegungen haben. Die Patienten jedoch, dessen Engramme für gelernte Bewegungen erhalten sind, sollten in der Lage sein eine korrekt vorgeführte Bewegung von einer falsch vorgeführten Bewegung zu unterscheiden. Diese Patienten sollten folglich Gesten, die ihnen präsentiert werden erkennen und einordnen können. Von einem Patienten mit einer Läsion im Parietallappen, durch welche die Engramme zerstört wurden, wird erwartet, dass er eine korrekt vorgeführte Geste nicht von einer falsch präsentierten Geste unterscheiden kann. Diese Hypothese testete *Heilman, Rothi & Valenstein 1982* an 20 Patienten mit Aphasie, Apraxie oder beidem. Die Probanden wurden in mehrere Gruppen eingeteilt, je nachdem ob die Läsion im Gehirn eher anterior oder posterior lokalisiert war und je nach Art der Aphasie. In Form eines Filmes wurden verschiedene Gesten präsentiert, aus denen die korrekte Vorführung einer bestimmten Geste ausgewählt werden musste. Die Ergebnisse zeigten, dass Patienten mit posterioren Läsionen größere Schwierigkeiten bei der Unterscheidung zwischen korrekt und inkorrekt präsentierten Gesten hatten, als Patienten mit anterioren Läsionen. Da Patienten mit Aphasie und posterioren Läsionen oft Sprachverständnisschwierigkeiten haben, könnte das schlechtere Abschneiden dieser Gruppe bei der Untersuchung auf ein vermindertes Verständnis der Aufgabenstellung zurückzuführen sein. Dies halten *Heilman, Rothi & Valenstein 1982* jedoch für eine unwahrscheinliche Erklärung, da zuvor eine ausreichende Sprachverständnistestung durchgeführt wurde.

Die Annahme, dass die Speicherung von Engrammen gelernter Bewegungen im Parietallappen stattfindet, erweiterten *Heilman, Rothi & Valenstein 1982*, indem sie den Ort der Speicherung genauer dem supramarginalen Gyrus und dem Gyrus Angularis zuwiesen.

Aufgrund ihrer Untersuchungsergebnisse waren sie der Meinung, dass zwei Formen der ideomotorischen Apraxie existieren:

Die eine Form wird durch Läsionen des supramarginalen Gyrus und des Gyrus Angularis hervorgerufen. Die betroffenen Patienten führen Gesten sowohl auf Aufforderung als auch nach Imitation fehlerhaft vor. Ebenso können sie nicht zwischen richtig und falsch präsentierten Gesten unterscheiden.

Die andere Form wird durch eine Läsion hervorgerufen, die weiter anterior, also vor dem Gyrus Supramarginalis lokalisiert werden kann. Hierdurch ist die Verbindung zwischen den Engrammen und der prämotorischen und motorischen Rinde, welche für die Ausführung von Bewegungen wichtig ist, unterbrochen. Patienten mit einer derartigen Unterbrechung der Leitungsbahnen führen ebenfalls Gesten sowohl auf Aufforderung als auch bei Imitation fehlerhaft durch. Diese Patienten können jedoch zwischen richtig und falsch präsentierten Gesten unterscheiden, diese folglich als korrekt oder inkorrekt erkennen.

Es war ein langer Weg von Liepmann's Theorien hin und zu speziellerem Wissen. Eine grundlegende Annahme, welche bestehen blieb, ist die zentrale Rolle parietaler Läsionen bei dem Krankheitsbild der Apraxie.

Es existieren drei Domänen von Handlungen, welche für apraktische Fehler anfällig sind: Imitation von Gesten, Vorführen von bedeutungsvollen Gesten auf Aufforderung und Werkzeug- und Objektgebrauch. Zu den bedeutungsvollen Gesten zählt auch die Pantomime des Werkzeuggebrauchs (*Goldenberg 2009*). Aufbauend auf die soeben vorgestellten Theorien von Liepmann, Geschwind und Heilman lässt sich vermuten, dass bei einer Apraxie besonders Tätigkeiten betroffen sind, die ohne Objekt durchgeführt werden. Die Tätigkeit muss von einem Plan in Form von Engrammen abgeleitet werden, da sie nicht durch ein Objekt als Feedback unterstützt werden kann. Daher ist es wichtig Imitation und Pantomime des Objektgebrauchs an den Patienten zu testen, was in vorliegender Arbeit untersucht werden soll.

Heilman ging auf Patientenfälle ein, bei denen Perzeption sowie Produktion der Gesten gestört war. Ebenso legte er Fälle dar, bei denen die Perzeption intakt war bei gestörter Produktion. Die Möglichkeit, dass bei gestörter Perzeption trotzdem die Produktion intakt ist, zog er nicht in Betracht. Es lässt sich aber die Frage aufwerfen, ob das Erkennen einer Geste wirklich Voraussetzung für das Imitieren oder Produzieren einer Geste ist. Oder ist auch eine korrekte motorische Ausführung möglich ohne Erkennen der Geste?

In dieser Arbeit soll auf den Zusammenhang zwischen Perzeption und Produktion von verschiedenen Arten von Gesten, nämlich von Pantomime, Handstellungen und Fingerstellungen näher eingegangen werden. Erkennen als Voraussetzung für eine motorische Ausführung soll hinterfragt werden und es soll untersucht werden, ob es auch Patienten gibt, denen trotz fehlerhafter Perzeption erfolgreiche Produktion gelingt.

Im folgenden Kapitel erfolgt eine genauere Darstellung der Gliederung und der Ziele der Arbeit.

## **1.2 Ziel der Arbeit**

Wie bereits im vorherigen Kapitel angedeutet, soll die Perzeption und Produktion von Gesten bei linkshirngeschädigten Patienten untersucht werden. Dabei wird auf das Erkennen und Produzieren von Pantomime, auf das Erkennen und Imitieren von Hand- und Fingerstellungen und auf den sogenannten „Functional-Association-Test“ näher eingegangen.

Zu Beginn werden die Unterschiede zwischen den Leistungen der Patientengruppe und einer Kontrollgruppe für die Testkategorien Pantomime, Hand, Finger und Functional-Association für jeweils beide Testmodalitäten (Imitation und Perzeption) dargelegt. Dadurch soll zunächst ein genereller Überblick über die verschiedenen Schwierigkeitsgrade der einzelnen Tests verschafft werden und dargelegt werden welche

Fähigkeiten bei den Patienten schwerer betroffen sind und welche weniger bzw. ab wann die Testergebnisse pathologisch sind und bis wann noch normal. Bisher wurde in vielen Studien gezeigt, dass linkshemisphärisch geschädigte Patienten Schwierigkeiten beim Darstellen und Imitieren von Gesten haben (zum Beispiel: *Liepmann 1905, Liepmann 1908, Heilman & Rothi & Valenstein 1982, Goldenberg 1995, Goldenberg 1996, Goldenberg & Hagmann 1997, Goldenberg 1999*). Daher wird auch in dieser Studie vermutet, dass die untersuchten Patienten Probleme beim Produzieren und Imitieren der Gesten haben.

Laut *Heilman, Rothi & Valenstein 1982* können Patienten, die Schwierigkeiten im Sprachverständnis haben, oft auch Probleme beim Verständnis von Gesten aufweisen. Daher soll im Anschluss der Zusammenhang zwischen Apraxie und Aphasie untersucht werden. Hierzu werden die Korrelationen der oben bereits erwähnten Testkategorien zum Aachener-Aphasie-Test (AAT) analysiert. Für die genauere Betrachtung werden die einzelnen Untertests des AAT benötigt: TokenTest, Nachsprechen, Schriftsprache, Benennen und Sprachverständnis. Es wird vermutet, dass die Schwere der Aphasie mit der Schwere der Apraxie positiv korreliert. Außerdem nehmen wir an, dass die Tests zur Pantomime und der Functional Association-Test am stärksten mit den Aphasie-Tests korrelieren, da hier die meisten Anforderungen auf sprachlicher Ebene gestellt werden.

Beruhend auf Heilman's Untersuchungergebnisse soll weiterhin die im vorherigen Kapitel bereits erwähnte Annahme *Erfolgreiche Perzeption einer Geste ist Voraussetzung für ihre Produktion* geprüft werden. Diese wird jeweils innerhalb der Testkategorien Pantomime, Handstellungen und Fingerstellungen betrachtet. Da man vermutet, dass erfolgreiches Erkennen eine grundlegende Voraussetzung für das Produzieren einer Geste darstellt, wird auch in dieser vorliegenden Arbeit angenommen, dass ein Patient jeweils gute Werte in den Tests zum Erkennen von Pantomime, Handstellungen und Fingerstellungen erzielen muss, wenn er gut in den Tests zur Gestenproduktion

abschneidet. Anders ausgedrückt, dürfte es laut dieser Annahme keinen Patienten geben, der generell gut im Produzieren der Gesten ist, jedoch schlecht im Erkennen.

Anhand einer multidimensionalen Skalierung wird abschließend eine quantitative Ähnlichkeitsabschätzung zwischen den 7 Testkategorien (Pantomime Erkennen, Pantomime Ausführen, Handstellungen Erkennen, Handstellungen Imitieren, Fingerstellungen Erkennen, Fingerstellungen Imitieren und Functional-Association) dargestellt. Es soll der Einfluss der Semantik und die Anforderungen an die räumliche Auffassung bzw. Analyse näher betrachtet werden. In der Studie von *Goldenberg 1999* konnte gezeigt werden, dass linkshemisphärisch geschädigte Patienten mehr Probleme bei der Imitation von Handstellungen als bei der Imitation von Fingerstellungen aufweisen. Goldenberg geht davon aus, dass bei linkshirngeschädigten Patienten ein allgemeines Verständnis über die eigene Körperwahrnehmung und die Lage im Raum geschädigt ist (*Goldenberg 1995*). Es ist schwieriger eine Handgeste zu imitieren als eine Fingergeste, da bei der Handgeste die Hand mehr in Bezug zum Körper gebracht werden muss, als bei einer Fingergeste. In dieser Arbeit wird mit Hilfe des semantisch anspruchsvollen Produzierens von Pantomime und des Functional Association Tests versucht, ein breiteres kontinuierliches Schädigungsspektrum von Semantik zu räumlichem Denken (Imitieren bedeutungsloser Gesten) zu erstellen.

## **2 Methoden**

### **2.1 Einführung**

Während eines Zeitraumes von 5 Monaten wurden in Zusammenarbeit mit Herrn Prof. Goldenberg der Versuchsaufbau und der Untersuchungsablauf der Studie entworfen.

Der Aufbau der Studie hatte zum Ziel den Einfluss von Apraxie und Aphasie auf das Erkennen und die Produktion von Gesten näher zu erforschen. Hierzu sollten das Erkennen und das Darstellen von Pantomime, Imitation und das Erkennen von Handstellungen und Fingerstellungen und der Functional-Association-Test geprüft werden.

Innerhalb der folgenden 11 Monate, von Juli 2012 bis Mai 2013, wurden im Rahmen dieser Arbeit 50 Personen untersucht.

30 Probanden waren Patienten des Städtischen Klinikums München Bogenhausen mit umschriebenen zerebralen linkshemisphärischen Läsionen, wobei sowohl stationäre Patienten von der Station Neuropsychologie 31a, als auch ambulante Patienten von der Neuropsychologischen Tagklinik eingeschlossen wurden. 20 Probanden ohne neurologische Erkrankung wurden als Kontrollgruppe rekrutiert.

Die Dauer der Untersuchung betrug in der Regel 40-45 Minuten, wobei je nach Mobilitätseinschränkung des Patienten zusätzliche 10 Minuten Hin- und Rückweg eingeplant werden mussten, da sich das Untersuchungszimmer im Untergeschoss des Klinikums befand.

In den folgenden Kapiteln wird detailliert auf die Probandengruppe, die Kontrollgruppe, den Versuchsaufbau und den Untersuchungsablauf eingegangen.

## **2.2 Probandengruppe**

### **2.2.1 Auswahlkriterien für Probandengruppe**

Für die Untersuchung wurden Patienten mit umschriebenen zerebralen linkshemisphärischen Läsionen ausgewählt. Es handelte sich vorwiegend um Patienten nach einem apoplektischen Insult, der ischämischer sowie hämorrhagischer Genese sein konnte.

Mit bildgebenden Verfahren, wie einer MRT oder CT wurde die Lokalisation der Läsion bei allen Patienten festgestellt.

Die untersuchte Patientengruppe hatte eine mehr oder weniger ausgeprägte Aphasie und auch Apraxie. Einige Probanden wiesen auch einen Neglekt, eine Hemiparese oder eine Hemianopsie auf.

Ausgeschlossen wurden Patienten mit rechtshemisphärischen Läsionen. Ein unzureichendes Verständnis der deutschen Sprache war ebenfalls ein Ausschlusskriterium, sowie auch eine zu starke Aphasie mit Verständnisschwierigkeiten bei der Instruktion der Aufgaben. In diesem Fall hätte der Test abgebrochen werden müssen, was jedoch nicht vorkam.

Alle Patienten wurden in der Woche vor dem Untersuchungstermin gefragt, ob sie damit einverstanden sind an der Studie im Rahmen einer Doktorarbeit teilzunehmen. Jede Untersuchung erfolgte auf freiwilliger Basis. Zwei Patienten lehnten am Untersuchungstag die Testung aus gesundheitlichen Gründen ab. Ein Patient unterbrach die Untersuchung zum Ende hin, da er sich zu erschöpft fühlte. Bei diesem Patienten konnten folglich nicht alle Ergebnisse der einzelnen Tests erfasst werden.

### **2.2.2 Alter, Geschlecht, Ätiologie und Zeitpunkt der Hirnschädigung der Patienten**

Das Alter der Patienten reichte von 28 Jahren bis 87 Jahren. Das durchschnittliche Alter lag bei 57 Jahren (Standardabweichung: 13,0). In dem Kollektiv von 30 Patienten befanden sich 12 Frauen und 18 Männer. Wobei bei den Frauen das mittlere Alter 58 Jahre betrug und bei den Männern 56. Bei 25 Patienten lag der Hirnschädigung eine Ischämie zugrunde, bei 5 wurde sie durch eine Blutung verursacht. Zwischen dem Zeitpunkt der Läsion und dem Zeitpunkt der Untersuchung vergingen zwischen 2 Wochen und 40 Wochen. Im Durchschnitt lag der Abstand zwischen den Ereignissen bei 10 Wochen (Stabw.: 9,9).

### **2.2.3 Besonderheiten der Patienten**

Alle untersuchten Patienten waren Rechtshänder. 20 Patienten wiesen eine Hemiparese auf, bei 10 Patienten fiel keine Parese auf. Bei zwei Patienten zeigte sich eine Quadrantenanopsie rechts, während sich bei 3 weiteren eine Homonyme Hemianopsie rechts nachweisen lies. Ein rechtsseitiger Hemi-Neglekt wurde bei 6 Untersuchten diagnostiziert. Die sprachlichen Leistungen wurden von den jeweiligen Sprachtherapeuten des Patienten anhand des Aachener Aphasie Tests (AAT) klassifiziert. Demnach hatten 7 Probanden eine Globale Aphasie, 2 eine Broca-Aphasie, 4 eine Wernicke-Aphasie und 4 eine amnestische Aphasie. Bei 7 Patienten war die Aphasie nicht klassifizierbar, bei 6 weiteren bestand nur noch eine leichte Restaphasie. Im Rahmen der Untersuchungen zur Aphasie wurden die Untertests des Aachener Aphasie Tests geprüft. Ergebnisse des Token Tests (TT), des Nachsprechens, der Schriftsprache, des Benennens und des Sprachverständnisses werden im Folgenden als Prozentrang angegeben.

### 2.3 Kontrollgruppe

Als Kontrollgruppe dienten 20 Personen. Alle getesteten Personen waren gesunde Probanden, wiesen keine neurologischen Erkrankungen auf und litten an keiner schweren Erkrankung, die die Ergebnisse und den Ablauf der Studie in irgendeiner Weise beeinträchtigen konnten. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Gruppe hinsichtlich des Alters und der Geschlechterverteilung mit der Patientengruppe in etwa vergleichbar war. Es wurden Kontrollpersonen zwischen dem 25. Lebensjahr und dem 82. Lebensjahr getestet. Das durchschnittliche Alter betrug hier 54 Jahre (Standardabweichung:16,3), während bei den Frauen der Mittelwert bei 52 Jahren (Stabw.:15,9) lag und bei den Männern bei 55 Jahren (Stabw.:17,2). Es nahmen 8 weibliche und 12 männliche Kontrollpersonen an der Testung teil.

Alle Personen waren Rechtshänder.

Die Kontrollen erreichten in allen getesteten Kategorien nahezu volle Punktzahl. Im Detail erzielten sie folgende Mittelwerte und Standardabweichungen:

Imitation Hand (20/20;0), Handstellungen erkennen (9,9/10;0,31), Pantomime ausführen (54,6/55;0,88), Pantomime erkennen(10/10;0), Functional Association (9,95/10;0,22), Imitation Finger (19,95/20;0,22), Fingerstellung erkennen (10/10;0).

### 2.4 Versuchsaufbau

Im Rahmen der Studie wurden diverse neuropsychologische Tests aus dem Bereich der Gestenforschung verwendet. Sie alle zielen auf die Fragestellung nach dem Einfluss von Aphasie und Apraxie auf das Erkennen und die Produktion von Gesten ab.

Die Versuche lassen sich in 2 großen Gruppen zusammenfassen:

Einen Bereich stellt die Untersuchung der Perzeption von Gesten dar, genauer das Erkennen von Pantomime, das Erkennen von Handstellungen und das Erkennen von Fingerstellungen.

Der andere Bereich der Testung befasst sich mit der Produktion von Gesten. Zusätzlich wird der Functional-Association-Test geprüft.

Die erste Aufgabenstellung beinhaltete die Pantomime des Objektgebrauchs von 20 Alltagsgegenständen mit einer Hand. Es durfte ausschließlich die linke Hand verwendet werden. Die Aufforderung zur Ausführung der Aufgabe lief stets nach dem gleichen Muster ab, d.h. es wurden der Gegenstand und die zugehörige Tätigkeit benannt. Der Patient wurde durch den Untersucher beispielsweise aufgefordert: „Können Sie mir bitte zeigen, wie man eine Glühbirne einschraubt?“ oder „Können Sie mir bitte zeigen, wie man sich mit einer Zahnbürste die Zähne putzt?“ Daraufhin musste der Patient die gewünschte Pantomime präsentieren.

Folgende pantomimische Darstellungen von Alltagstätigkeiten wurden verlangt:

- 1) Wie man eine Glühbirne einschraubt
- 2) Wie man sich mit einer Zahnbürste die Zähne putzt
- 3) Wie man mit einem Hammer einen Nagel einschlägt
- 4) Wie man mit einem Schlüssel ein Schloss aufsperrt
- 5) Wie man mit einem Bleistift schreibt
- 6) Wie man einen Apfel isst
- 7) Wie man sich mit einem Kamm die Haare kämmt
- 8) Wie man mit einer Gießkanne Blumen gießt
- 9) Wie man mit einer Schere ein Blatt Papier durchschneidet
- 10) Wie man eine Pfeife raucht
- 11) Wie man mit einem Löffel den Kaffee umrührt
- 12) Wie man mit einem Pinsel malt
- 13) Wie man mit einem Schraubenzieher eine Schraube reindreht

- 14) Wie man eine Zitrone auspresst
- 15) Wie man mit einem Bügeleisen bügelt
- 16) Wie man aus einem Glas trinkt
- 17) Wie man Pfeile (von einem Dart-Spiel) wirft
- 18) Wie man Klavier spielt
- 19) Wie man durch ein Fernglas sieht
- 20) Wie man mit einer Säge sägt

Die Beurteilung der Pantomime des Patienten erfolgte daraufhin anhand eines festgelegten Punkte- und Erwartungsschemas. Vom Untersucher wurden Punkte bezüglich verschiedener Aspekte vergeben, beispielsweise der Präzision des Handgriffs bei der Darstellung der Verwendung des Gegenstands (Sphärischer Griff, Lateralgriff oder Zylindergriff), der Bewegung des Unterarms oder der Abstand der Hand oder Finger zum Körper. Auch die Lage der dargestellten Pantomime im Raum, wie z.B. „oberhalb der Schulter“ oder „parallel zum Tisch“ wurden berücksichtigt. Hatte ein Patient alle Tätigkeiten richtig vorgeführt, so erhielt er dafür die volle Punktzahl, was insgesamt 55 Punkten entspricht.

## 2 Methoden

Nr	Pantomime	Griff und Bewegung	Punkte
1	Wie man eine Glühbirne einschraubt	Griff: - Sphärischer Griff (Raum für Glühbirne) Bewegung: - Repetitive Rotation des Unterarms um die Längsachse	1
			1
			/2
2	Wie man sich mit einer Zahnbürste die Zähne putzt	Griff:- Lateralgriff oder enger Zylindergriff Bewegung: - repetitive Bewegung - Abstand vom Mund (zw. 2 und 10 cm wegen Zahnbürste)	1
			1
			1
			/3
3	Wie man mit einem Hammer einen Nagel einschlägt	Griff: - Enger Zylindergriff oder Lateralgriff Bewegung: - Schlagbewegung (Auf- und Abbewegung) aus dem Ellenbogen - Die Bewegung muss vor dem Tisch anhalten	1
			1
			1
			/3
4	Wie man mit einem Schlüssel ein Schloss aufsperrt	Griff: - Lateralgriff Bewegung: - Rotation des Unterarms in Längsachse	1
			1
			/2
5	Wie man mit einem Bleistift schreibt	Griff: - Pinzettengriff in Richtung Tisch Bewegung: - Repetitive, kleinamplitudige Bewegung parallel zum Tisch - Abstand der Finger zum Tisch	1
			1
			1
			/3
6	Wie man einen Apfel isst	Griff: - Sphärischer Griff - Handinnenseite zum Körper zeigend Bewegung: - Bewegung hin zum Mund mit Abstand zum Mund	1
			1
			1
			/3
7	Wie man sich mit einem Kamm die Haare kämmt	Griff: - Lateralgriff Bewegung: - Repetitive Bewegung tangential zum Kopf - Abstand zum Kopf (zusätzliches Streichen über den Kopf/Fahren durch die Haare ist gestattet)	1
			1
			1
			/3
8	Wie man mit einer Gießkanne Blumen gießt	Griff: - Enger Zylindergriff oder Lateralgriff Bewegung: - Bewegung der Hand in oder zu annähernd (45°) waagrechter Stellung	1
			1
			/2
9	Wie man mit einer Schere	Griff: - Finger abgewinkelt mit Opposition des Daumens	1

## 2 Methoden

	ein Blatt Papier durchschneidet	Bewegung: - Öffnungs- und Schließbewegung - Bewegung senkrecht zum Tisch - Vorwärtsbewegung mit dem Arm	1 1 1 /4
10	Wie man eine Pfeife raucht	Griff: - Raum für Pfeife zwischen Daumen und Zeigefinger, andere Finger sind leicht angewinkelt Bewegung: - Bewegung der Hand zum Mund - Abstand vom Mund	1 1 1 /3
11	Wie man mit einem Löffel den Kaffee umrührt	Griff: - Pinzettengriff nach unten gerichtet Bewegung: - Mehrmalige Drehbewegung aus dem Handgelenk - Abstand zum Tisch	1 1 1 /3
12	Wie man mit einem Pinsel malt	Griff: - Lateralgriff oder Pinzettengriff Bewegung: - Repetitives Hin- und Herbewegen oder Auf- und Abbewegen der Hand oder des Arms	1 1 /2
13	Wie man mit einem Schraubenzieher eine Schraube reindreht	Griff: - Lateralgriff Bewegung: - Griff ist in Verlängerung der Achse - repetitive Rotation um die Längsachse des Unterarms	1 1 1 /3
14	Wie man eine Zitrone auspresst	Griff: - Sphärischer Griff, Handfläche und Finger zeigen nach unten Bewegung: - Drehbewegung der Hand - Abstand vom Tisch	1 1 1 /3
15	Wie man mit einem Bügeleisen bügelt	Griff: - Enger Zylindergriff, bei proniertem Arm Bewegung: - großamplitudige Bewegung der Hand parallel zum Tisch - Abstand vom Tisch	1 1 1 /3
16	Wie man aus einem Glas trinkt	Griff: - Senkrechter weiter Zylindergriff Bewegung: - Bewegung bis kurz vor den Mund - Kippbewegung der Hand	1 1 1 /3
17	Wie man Pfeile (von einem Dart-Spiel) wirft	Griff: - Pinzettengriff Bewegung: - Wurfbewegung der Hand oberhalb der Schulter	1 1

## 2 Methoden

		- Öffnen der Hand	1
			/3
18	Wie man Klavier spielt	Griff: - geöffnete Hand, Handfläche zeigt nach unten, Finger hängen leicht nach unten (gilt für beide Hände falls möglich) Bewegung: - Auf- und Abbewegung der Hände oder Finger	1
			1
			/2
19	Wie man durch ein Fernglas sieht	Griff: - Weiter Zylindergriff, Handrücken zeigt nach außen, Abstand zwischen Daumen und Zeigefinger Bewegung: - Bewegung hin zu den Augen - Abstand von den Augen	1
			1
			1
			/3
20	Wie man mit einer Säge sägt	Griff: - Enger Zylindergriff mit Arm in Mittelstellung (senkrecht) Bewegung: - repetitive großamplitudige Bewegung in Sagittalebene	1
			1
			/2
		<b>Gesamtpunkte</b>	<b>/55</b>

**Tabelle 1:** Bewertungsbogen Pantomime Produzieren

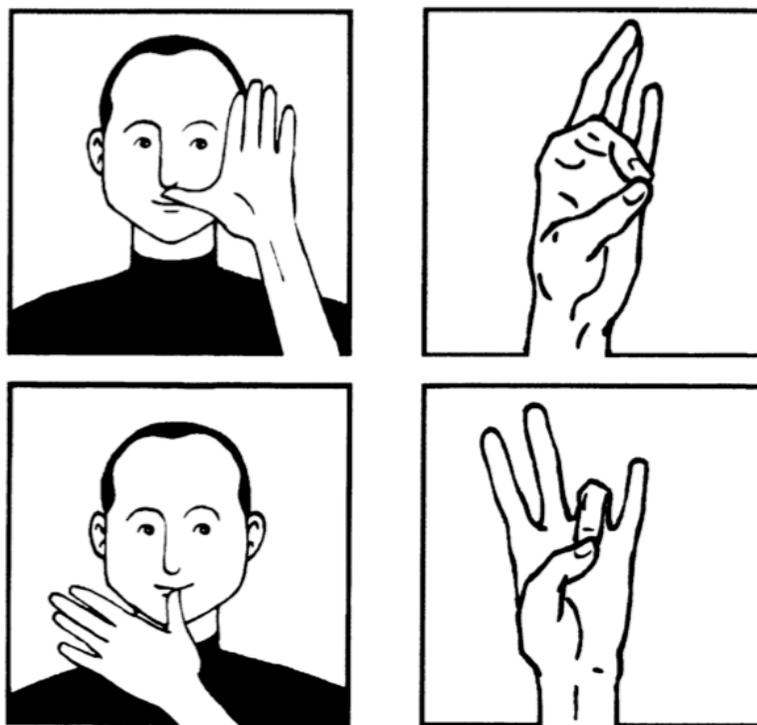
Anschließend folgte ein Imitationstest von Handstellungen und Fingerstellungen. Der Proband saß dabei dem Untersucher an einem Tisch direkt gegenüber. Nacheinander führte der Untersucher jeweils eine Handstellung bzw. Fingerstellung vor, welche der Patient imitieren sollte. Dabei wurde gewährleistet, dass der Untersucher die Bewegung mit der rechten Hand ausführte und der Proband spiegelbildlich mit seiner linken, nicht-paretischen Hand nachahmte. So wurde sichergestellt, dass nur die linke ipsiläsionale Hand geprüft wurde.

Der Patient durfte erst mit der Bewegung beginnen, wenn der Untersucher mit der Vorführung fertig war. In dieser Zeit musste das Ziel der motorischen Aktion im Arbeitsgedächtnis gespeichert werden.

Für jede im ersten Versuch richtig imitierte Handstellung oder Fingerstellung erhielt der Patient 2 Punkte. Wenn der erste Versuch nicht erfolgreich war, wurde die Geste

nochmals gezeigt. Wenn der Patient beim zweiten Anlauf die korrekte Stellung produzierte, erhielt er dafür 1 Punkt. Konnte die Hand- oder Fingerstellung auch im zweiten Versuch nicht imitiert werden, so bekam der Proband 0 Punkte.

Maximal konnten 20 Punkte bei der Imitation der Handstellungen und 20 Punkte bei der Imitation der Fingerstellungen erworben werden.



**Abbildung 2:** Beispiele von Handstellungen (linke Spalte) und Fingerstellungen (rechte Spalte)  
(Goldenberg 1996)

Nach der Gruppe der Tests zur Produktion und Imitation von Gesten folgte die Gruppe der Untersuchungen, die sich mit dem Erkennen von Pantomime und Gesten befasst.

Es wurden zu Beginn 10 ausgewählte Videos von jeweils einigen Sekunden Dauer gezeigt, in denen jeweils eine Alltagsaktivität pantomimisch präsentiert wurde.

Um immer die genau gleiche Präsentation der Pantomime zu gewährleisten, wurden die pantomimischen Darstellungen des Untersuchers vorher auf Video aufgenommen und immer in gleicher Weise auf einem Computer-Bildschirm dem Probanden vorgeführt. Die Videosequenzen wurden im Mai 2012 in der EKN, der Entwicklungsgruppe Klinische Neuropsychologie in der Dachauerstraße in München, aufgezeichnet.

Folgende Pantomimen mussten anhand der Videos erkannt werden:

- 1) Schreiben mit einem Bleistift
- 2) Bügeln mit einem Bügeleisen
- 3) Gießen mit einer Gießkanne
- 4) Kämmen mit einem Kamm
- 5) Sägen mit einer Säge
- 6) Schneiden mit einer Schere
- 7) Hämmern mit einem Hammer
- 8) Mit einem Schlüssel ein Schloss aufsperrern
- 9) Zähneputzen mit einer Zahnbürste
- 10) Malen mit einem Pinsel

In Form einer Power-Point-Präsentation wurde dem Patienten nach der Vorführung des jeweiligen Videos eine Auswahl von vier Gegenständen als Bild geboten. Die Aufgabe bestand darin, den in der Pantomime dargestellten Gegenstand auszuwählen und am Bildschirm zu zeigen. Um sicherzustellen, dass der Patient die Aufgabenstellung verstanden hatte, wurde der Test mit einem Beispielvideo begonnen. Hier wurde „Klavierspielen“ pantomimisch dargestellt. Wählte der Patient den richtigen Gegenstand „Klavier“, so ging man davon aus, dass er den Ablauf verstanden hatte und startete mit der Untersuchung. Konnte man ein Zögern des Patienten erkennen, so versuchte man

wiederholt den Vorgang und die Aufgabe zu erklären, bis man davon ausgehen konnte, dass sie von Seiten des Patienten verstanden wurde.

Es wurde auf eine gleichmäßige Verteilung der richtigen Antwortmöglichkeit auf dem Bildschirm auf die Positionen unten, oben, links und rechts Wert gelegt, um ein zufälliges Erraten der korrekten Antwort bei konstantem Tippen auf eine Position zu verringern. Bei der Alltagsaktivität „Schreiben mit einem Bleistift“ gab es beispielsweise die Auswahlmöglichkeit zwischen einem Bild von einem Dartpfeil, einem Schraubenzieher, einem Bleistift und einer Nähnadel. Dabei wurde sichergestellt, dass in der Auswahl ein Objekt vorkommt, bei dessen Gebrauch die Art des Griffes gleich ist (Pinzettengriff bei Bleistift und Dartpfeil), jedoch die Stellung des Unterarmes verschieden (Bleistift: repetitive, kleinamplitudige Bewegungen parallel zum Tisch; Dartpfeil: Wurfbewegung der Hand oberhalb der Schulter). Der Schraubenzieher wird mit einem Lateralgriff verwendet, während der Bleistift mit einem Pinzettengriff gehalten wird. Wurde dies verwechselt, so kam es zu keinem Punkterfolg. Bei der Aktivität „Mit einem Schlüssel ein Schloss aufsperrn“ erschien als Auswahlmöglichkeit das Bild von einem Bleistift, einer Zitrone mit einer Zitronenpresse, einem Schlüssel und einer Glühbirne. Während man die Glühbirne und die Zitrone mit einem sphärischen Griff in die Hand nimmt, ist es bei einem Bleistift ein Pinzettengriff und bei einem Schlüssel ein Lateralgriff, der angewendet werden muss. Eine Rotation des Unterarms in Längsachse beim Einschrauben einer Glühbirne und beim Aufsperrn eines Schlosses von einer Drehbewegung der Hand beim Auspressen einer Zitrone zu unterscheiden, stellte eine Herausforderung dar. Wurde der richtige Gegenstand, der in der präsentierten Pantomime verwendet wurde, auf Anhieb ausgewählt, erhielt der Patient einen Punkt. Bei dieser Aufgabe konnte der Patient folglich maximal 10 Punkte erreichen, wenn er jeder Pantomime den darin gebrauchten Gegenstand richtig zuordnete.

Beispielhaft soll hier der Bewertungsbogen für das „Pantomime Erkennen“ aufgezeigt werden:

## 2 Methoden

	<b>Pantomime</b>	<b>Auswahl- Objekte</b>				<b>Richtig/ Falsch erkannt</b>
<b>1</b>	Schreiben mit einem Bleistift	Darts	Schraubenzieher	Bleistift	Nähnadel	
<b>2</b>	Bügeln mit einem Bügeleisen	Bügeleisen	Säge	Hammer	Gießkanne	
<b>3</b>	Gießen mit einer Gießkanne	Bürste	Gießkanne	Schraubenzieher	Hammer	
<b>4</b>	Kämmen mit einem Kamm	Zahnbürste	Kamm	Tasse	Darts	
<b>5</b>	Sägen mit einer Säge	Hammer	Schere	Radiergummi	Säge	
<b>6</b>	Schneiden mit einer Schere	Gießkanne	Schlüssel	Schere	Messer	
<b>7</b>	Hämmern mit einem Hammer	Hammer	Pinsel	Säge	Zahnbürste	
<b>8</b>	Mit einem Schlüssel ein Schloss aufsperrn	Bleistift	Zitrone	Schlüssel	Glühbirne	
<b>9</b>	Zähneputzen mit einer Zahnbürste	Bleistift	Zahnbürste	Kamm	Schraubenzieher	
<b>10</b>	Malen mit einem Pinsel	Tasse	Bleistift	Hammer	Pinsel	

**Tabelle 2:** Bewertungsbogen Pantomime Erkennen

Der Untersuchung, Pantomime anhand eines Videos zu erkennen, folgte ein Test zur Erforschung des Erkennens von Handstellungen.

Hier wurde dem Probanden zu Beginn ein Foto auf dem Bildschirm gezeigt. In diesem Bild führt eine Person eine bestimmte Handstellung vor. Im Anschluss daran, erschien wiederum eine Auswahl von 4 kleineren Bildern auf einmal, auf denen jeweils andere Personen ebenso Handstellungen darstellen. Jedoch nur eine dieser Personen imitiert die gleiche Handstellung wie der Vorgänger auf dem ersten großen Bild. Die Aufgabe des Patienten besteht darin, diese Person mit der gleichen Handstellung zu identifizieren. Die imitierten Handstellungen, die zur Auswahl stehen, wurden aus verschiedenen Perspektiven fotografiert. Dadurch wurde gewährleistet, dass der Proband aufgrund veränderter Perspektive die Handstellungen an sich erkennen muss und sich nicht auf formale Details verlassen kann. Eine weitere Schwierigkeit stellt dar, dass es 5 verschiedenen Personen sind, die aufgenommen wurden. Ebenso wie der Wechsel der Perspektiven erschwert dies eine Zuordnung nur nach visueller Ähnlichkeit von Details und zwingt, die Stellung der Hand zu erfassen.

Die richtigen Antwortmöglichkeiten wurden gleichermaßen auf die Positionen oben, unten, links und rechts verteilt, um ein zufälliges Erraten der richtigen Antwort z.B. durch permanentes Deuten auf eine Position zu minimieren. Es war dem Probanden nicht gestattet die Handstellung selbst zu imitieren und zum Vergleich beizubehalten, da ihm dies einen ungewollten Vorteil und Erleichterung verschafft hätte.

Bei dieser Untersuchung mussten 10 Handstellungen erkannt werden. Identifizierte der Patient die Handstellung, wie sie zuvor auf dem großen Bild präsentiert wurde auf Anhieb, so wurde die Aufgabe als „richtig“ gewertet und er erhielt einen Punkt dafür. Wurde die falsche Auswahl getroffen oder konnte der Patient gar keine Entscheidung treffen, so bekam man hierfür keinen Punkt. Folglich konnte hier eine Höchstpunktzahl von 10 erreicht werden.

Im Anschluss daran wurde in gleicher Weise das Erkennen von Fingerstellungen geprüft. Nachdem ein großes Bild von einer bestimmten Fingerstellung auf dem Bildschirm

gezeigt wurde, erschien wieder eine Auswahl von 4 weiteren Fingerstellungen. Nur eine davon war wieder die gleiche, wie sie eingangs präsentiert wurde. Ebenso wurde wieder auf eine gleichmäßige Verteilung der richtigen Antwortmöglichkeiten auf oben, unten, links und rechts geachtet. Die Schwierigkeit bestand hier darin, dass die Fingerpositionen aus unterschiedlichen Perspektiven fotografiert wurden. Hier musste also das Konzept der Fingerstellung verstanden und erkannt werden, wobei der Bezug zum Körper der ausführenden Person keine Rolle spielte. Es wurden jeweils lediglich die Finger im Bezug zur Hand fotografiert. Bei richtiger Identifizierung der korrekten Stellung aus der 4er-Auswahl erhielt der Proband dafür 1 Punkt, wodurch wieder ein mögliches Erreichen von 10 Punkten gegeben war.



**Abbildung 3:** Beispiel für das Erkennen von Handstellungen (links) und Fingerstellungen (rechts)  
(Goldenberg 1999)

Als Letztes wurde der Functional-Association-Test durchgeführt. Dem Patienten wurde auf dem Bildschirm ein Foto eines Gegenstands präsentiert. Diesem Objekt musste dann ein weiterer Gegenstand aus einer Auswahl aus 4 Gegenständen zugeordnet werden. Dabei ging es um den funktionellen Bezug zwischen den Objekten. Einer Gießkanne musste beispielsweise das Bild einer Pflanze zugeordnet werden, da die Funktion der Gießkanne darin besteht, die Pflanze damit zu gießen. Es besteht folglich ein funktioneller Bezug. Würde der Gießkanne in diesem Falle das Bild des Bierkrugs zugeordnet werden, so wäre das ein Fehler, denn zwischen diesen beiden Objekten besteht kein Zusammenhang im Sinne des Functional-Association-Tests. Um auch hier wieder zu gewährleisten, dass der Patient die Instruktionen verstanden hatte, musste erst ein Probendurchlauf erfolgen. In diesem musste ein Bild eines Brotmessers dem Bild eines Brots zugeordnet werden, mit dem funktionellen Sinn „mit einem Messer ein Brot schneiden“. Eine Zuordnung des Messers zu dem Bild einer Pflanze wäre falsch gewesen, da hier kein Zusammenhang zwischen den Gegenständen besteht. Auf eine gleichmäßige Verteilung der Antwortmöglichkeiten auf dem Bildschirm wurde wiederum geachtet.

Folgende korrekte funktionelle Assoziationen mussten gefunden werden:

- 1) Bleistift – Adressbuch
- 2) Bügeleisen – Wäsche
- 3) Gießkanne – Pflanze
- 4) Kamm – Haar
- 5) Säge – Ast
- 6) Schere – zum Ausgießen angeschnittene Milchtüte
- 7) Hammer – Nagel
- 8) Schlüssel – Schloss
- 9) Zahnbürste – Zähne
- 10) Pinsel – Farbpalette

Auch bei diesem Functional-Association-Test war die höchste Punktezahl, die erreichbar war, eine Anzahl von 10 Punkten.

Bei allen Untersuchungen wurde dem Probanden die Möglichkeit zur Selbstkorrektur gegeben. Erst wenn er sich festgelegt hatte und diese Entscheidung fehlerhaft war, wurde ihm der Punkt verwehrt. Nur im Rahmen des Tests zur Imitation von Handstellungen und Fingerstellungen wurde bei ursprünglich fehlerhaft imitierter Stellung die Möglichkeit zur Korrektur gegeben. Folgte dann eine korrekte Imitation beim zweiten Versuch so erhielt der Proband immerhin 1 von 2 Punkten. War diese jedoch auch fehlerhaft, so ging er leer aus.

Die Zeit, die ein Patient zur Ausführung der Aufgabe benötigte, wurde nicht bewertet.

### **2.5 Untersuchungsablauf**

Jeweils eine Woche im Vorlauf wurde nach Einverständnis des Patienten ein Termin zur Testung vereinbart. Der Patient wurde entweder von der Neuropsychologischen Station 31a oder von der Neuropsychologischen Tagklinik abgeholt und ins Untersuchungszimmer des Klinikums Bogenhausen gebracht. Die Dauer der Untersuchung betrug in der Regel 40-45 Minuten.

Der Proband saß dem Untersucher an einem Tisch direkt gegenüber.

Für den ersten Teil der Testung (Produktion von Pantomime, Imitation von Handstellungen und Fingerstellungen) kamen keine Gegenstände als Hilfsmittel zum Einsatz.

Während des zweiten Teils der Untersuchung (Erkennen von Pantomime, Erkennen von Handstellungen und Fingerstellungen, Functional-Association-Test) wurde ein Computerbildschirm vor den Patienten auf dem Tisch positioniert. Hier musste der

Proband nur mit groben, aber eindeutigen Richtungsangaben auf unterschiedliche Testitems mit dem Finger oder der Hand deuten, wodurch ausgeschlossen wurde, dass der Patient aufgrund eines Sprach- oder starken motorischen Defizits einen Fehler beging.

Nach Beendigung der Testung wurde der Patient wieder in sein Zimmer oder in die Tagklinik zurückgebracht.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Einleitung statistische Auswertung der Tests

Zunächst soll hier ein Überblick über die allgemeinen statistischen Daten der verschiedenen Testkategorien aller Patienten und der Kontrollgruppe gegeben werden. Daraufhin werden die Ergebnisse der Patienten innerhalb der einzelnen Kategorien dargestellt und dabei eine Einteilung in „normal“ gegenüber „pathologisch“ vorgenommen. Diesem Überblick über die verschiedenen Testkategorien und ihrem Schwierigkeitsgrad folgt eine Analyse zum Verhältnis zwischen Aphasie und Apraxie, welches anhand einer Korrelationstabelle veranschaulicht werden soll. Im Anschluss daran wird auf die Relation zwischen Perzeption und Produktion von Pantomime, Handstellungen und Fingerstellungen eingegangen. Dies geschieht in Form von einer allgemeinen Gruppenanalyse zum Erkennen vs. Produzieren gefolgt von detaillierteren graphischen Einzelanalysen der Testkategorien Pantomime, Hand und Finger. Diesen Ergebnissen folgend werden einzelne Patientenbeispiele, welche sich als besonders interessant und außergewöhnlich erwiesen haben, herausgegriffen und dargestellt. Anhand einer Multidimensionalen Skalierung (MDS) wird eine quantitative Ähnlichkeitsabschätzung zwischen den 7 Testkategorien dargestellt. Abschließend, basierend auf dem Ergebnis der MDS, soll eine mögliche Einteilung der Gesten dem Inhalt nach (Semantik vs. räumliches Denken) vorgeschlagen werden.

### 3.1.1 Patientengruppe

Die unterschiedlichen Testkategorien Imitation Hand, Handstellungen Erkennen, Pantomime Ausführen, Pantomime Erkennen, Functional-Association-Test, Imitation Finger und Fingerstellungen Erkennen konnten bis auf eine Ausnahme bei allen 30 Patienten vollständig getestet werden. Wie in Tabelle 3 erkennbar reicht die Spannweite der Ergebnisse beispielsweise beim Functional-Association-Test von einem Minimum von 2 erreichten Punkten bis zu einem Maximum von 10 Punkten. Beim Imitieren von Fingerstellungen liegen das Minimum bei 11 Punkten und das Maximum bei 20 Punkten. Die Spannweite der Daten umfasst im Mittel 50% der Skalen. Im Mittel wurden sehr hohe Scores erzielt, was in der Tabelle unter „Mean“ erkennbar ist. Die größte Standardabweichung und somit die größte Streuung weisen die Testkategorien „Pantomime Ausführen“ mit 12,0, „Imitation Hand“ mit 2,7, und „Imitation Finger“ mit 2,2 auf.

Vergleicht man die Werte mit denen früherer Studien, die mit dem gleichen Material die Imitation von Hand- und Fingerstellungen sowie die Pantomime des Objektgebrauchs prüften (z. B. *Goldenberg & Karnath 2006; Goldenberg et al. 2007*), fällt auf, dass das Gesamtniveau der Leistungen der aphasischen Patienten höher ist als in den früheren Studien.

	N	Minimum	Maximum	Mean	Median	Std. Deviation
<b>Imitation_Hand</b>	30	11.00	20.00	17.63	18.50	2.74
<b>Handstellungen_Erkennen</b>	29	5.00	10.00	8.48	9.00	1.57
<b>Pantomime_Ausführen</b>	29	12.00	55.00	44.41	49.00	12.02
<b>Pantomime_Erkennen</b>	30	5.00	10.00	8.70	9.00	1.47
<b>Functional_Association</b>	30	2.00	10.00	8.23	9.00	2.03
<b>Imitation_Finger</b>	30	11.00	20.00	18.20	19.00	2.19
<b>Fingerstellung_Erkennen</b>	29	5.00	10.00	8.79	9.00	1.35
<b>Valid N (listwise)</b>	29					

**Tabelle 3:** Deskriptive Statistik Patientengruppe

### 3.1.2 Kontrollgruppe

Ebenso bei allen 20 Kontrollpersonen wurden die Tests der unterschiedlichen Testkategorien vollständig geprüft. Die Spannweite der Ergebnisse ist durchweg gering. Sie reicht zum Beispiel beim Functional-Association-Test von einem Minimum von 9 erreichten Punkten bis zu einem Maximum von 10 Punkten. Im Mittel wurden durchweg eindeutig höhere Scores erzielt als beim Patientenkollektiv, was in der Tabelle unter „Mean“ erkennbar ist.

Kein Gesunder beging einen Fehler beim Imitieren von Handstellungen, beim Erkennen von Pantomime und beim Erkennen von Fingerstellungen.

Beim Ausführen von Pantomime traten wie erwartet am meisten Fehler von allen 7 Kategorien auf. Hier schnitt die ausgewählte Kontrollgruppe jedoch relativ gut ab. Auf Grundlage der bei der Standardisierung des Tests gewonnen Normdaten hätte man ein niedrigeres Minimum an erreichten Punkten und einen schlechteren Mittelwert erwartet.

	<b>N</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Mean</b>	<b>Median</b>	<b>Std. Deviation</b>
<b>Imitation_Hand</b>	20	20.00	20.00	20.00	20.00	0.00
<b>Handstellungen_Erkennen</b>	20	9.00	10.00	9.90	10.00	0.31
<b>Pantomime_Ausführen</b>	20	52.00	55.00	54.60	55.00	0.88
<b>Pantomime_Erkennen</b>	20	10.00	10.00	10.00	10.00	0.00
<b>Functional_Association</b>	20	9.00	10.00	9.95	10.00	0.22
<b>Imitation_Finger</b>	20	19.00	20.00	19.95	20.00	0.22
<b>Fingerstellung_Erkennen</b>	20	10.00	10.00	10.00	10.00	0.00
<b>Valid N (listwise)</b>	20					

Tabelle 4: Deskriptive Statistik Kontrollgruppe

## 3.2 Überblick über die verschiedenen Testkategorien

### 3.2.1 Einteilung in Normal vs. Pathologisch

Wie im vorherigen Abschnitt bereits gezeigt, unterscheiden sich die Leistungen der Patientengruppe für beide Testmodalitäten (Imitation und Perzeption) von der Kontrollgruppe. Um ein Ergebnis eines Patienten näher einschätzen zu können, so muss es zuerst als „normal“ oder „pathologisch“ eingestuft werden. Hierzu werden die Ergebnisse der Kontrollen als Grundlage verwendet. Der Cut-off ist ein festgelegter Punkt, bei dem alle Werte, die darüber liegen, als noch „normal“ eingestuft werden und alle Werte, die darunter liegen und gleich dem Wert sind, als „pathologisch“. Dieser Cut-off-Wert liegt jeweils bei der ersten ganzzahligen Punktzahl gleich oder kleiner als 95% des Mittelwerts der Kontrollgruppe für den jeweiligen Test. Die erhaltenen Cut-offs sind

stabil bzgl. abweichender Definitionen, wie z. B. Mittelwert, MIN, schlechtesten 5% (bei  $n=20$  äquivalent MIN) jeweils der Kontrollgruppe. Bei Imitation Hand liegt er bei 19, bei Handstellungen Erkennen bei 9, bei Pantomime Ausführen bei 51, bei Pantomime Erkennen bei 9, bei Imitation Finger bei 19, bei Fingerstellungen Erkennen bei 9 und beim Functional-Association-Test ebenfalls bei 9. Jetzt ist eine Klassifikation jedes einzelnen Tests jedes Patienten in normal oder pathologisch bezüglich der gesunden Kontrollen möglich. Wie in der Tabelle 5 dargestellt, schnitten beispielsweise beim Test Pantomime Ausführen 9 Patienten normal und 20 pathologisch ab. In den Kategorien Handstellungen Erkennen, Pantomime Ausführen und Fingerstellungen Erkennen fehlt jeweils ein Ergebnis, da bei einem Patienten diese Tests nicht durchgeführt wurden.

**Einteilung der Patienten in Normal vs. Pathologisch**

	<b>Imitation Hand</b>	<b>Handst. Erkennen</b>	<b>Pantomime Ausführen</b>	<b>Pantomime Erkennen</b>	<b>Imitation Finger</b>	<b>Fingerst. Erkennen</b>	<b>Functional Association</b>
<b>Normal</b>	11	10*	9*	10	11	12*	7
<b>Pathologisch</b>	19	19	20	20	19	17	23

\* konnte bei Patient Nr. 25 nicht erhoben werden

**Tabelle 5:** Einteilung der Patienten in Normal vs. Pathologisch

### 3.2.2 Schwierigkeitsgrad der Tests

An der Tabelle 5 lässt sich erkennen, dass die linkshirngeschädigten Patienten generell mehr Probleme in den Tests aufweisen als ihre gesunden Kontrollen. Bei Hand und Pantomime, jeweils bei der Perzeption (Erkennen) und beim Produzieren (Imitation, Ausführen), fallen mehr pathologische Resultate auf, als bei den Fingerstellungen. Die Ergebnisse liegen jedoch nahe beieinander und lassen daher nur einen Trend erkennen. Ein Test auf Signifikanz der Unterschiede zwischen den Tests wurde nicht durchgeführt, da eine wegweisende Einschätzung an dieser Stelle ausreicht. Das etwas bessere Abschneiden beim Konzept der Finger könnte auf eine geringere Auswirkung linkshemisphärischer Läsionen auf das Erkennen und Imitieren von Fingerstellungen hinweisen.

Die meisten pathologischen Resultate kamen bei der Pantomime (Erkennen sowie Ausführen) und vor allem beim Functional-Association-Test, mit 23 pathologischen Resultaten und nur 7 normalen, zum Vorschein. Diese Testkategorien stellen hohe Ansprüche an ein semantisches Verständnis, welches von der linken Hemisphäre gesteuert wird.

Pantomime Ausführen fällt womöglich schwerer, als Hand- und Fingerstellungen zu Imitieren, da die Bedeutung der Pantomime wahrscheinlich vom semantischen Gedächtnis reproduziert werden muss, bei dessen Vorgang eine komplexere Verschaltung erfolgen muss. Bei der Imitation Hand/Finger wird die gewünschte Bewegung vom Untersucher vorgemacht und könnte daher eventuell einfacher reproduziert werden, da nur eine Nachahmung erfolgt.

In diesem Kapitel konnte nun trotz der nahe beieinanderliegenden Ergebnisse ein grober Überblick über die Störungen in den einzelnen Kategorien gegeben werden. Eine orientierende Aussage über den Schwierigkeitsgrad eines Tests ist möglich und welche Kategorie stärker und welche schwächer betroffen sein könnte.

### 3.3 Verhältnis zwischen Aphasie und Apraxie

Da wir uns in dieser Arbeit ausschließlich mit linkshemisphärischen Läsionen befassen und da die bereits in der Einleitung erwähnten neuropsychologischen Krankheitsbilder „Apraxie“ und „Aphasie“ folglich oft gleichzeitig auftreten, wird in diesem Abschnitt auf den Zusammenhang zwischen ihnen eingegangen. Der Schweregrad der Aphasie wurde anhand des AAT und seinen Untertests erfasst, während die Ausprägung der Apraxie anhand der Ergebnisse der Apraxie-Tests eruiert wurde.

Als Erstes fällt auf, dass durchweg alle Untertests des AAT (TT, Nachsprechen, Schriftsprache, Benennen, Sprachverständnis) mit den Testkategorien Pantomime Ausführen und Pantomime Erkennen auf einem Signifikanzniveau von  $p < 0.01$  (2-seitig) signifikant korrelieren.

Bemerkenswert ist, dass ebenso alle Tests des AAT mit dem Functional-Association-Test (FAT) signifikant positiv korrelieren.

Mit der Testkategorie Finger, sowohl Imitation als auch Erkennen, bestehen auffällig weniger Korrelationen. Die Ergebnisse im Test Fingerstellungen Erkennen zeigen gar keinen signifikanten Zusammenhang zum Aphasie-Test.

Sowohl das Erkennen, als auch das Imitieren von Fingerstellungen nehmen eine besondere Stellung ein, da sie scheinbar unabhängig von einer Sprachstörung zu sein scheinen. Alle anderen Kategorien (Hand, Pantomime, FAT) hingegen scheinen deutlich mit einer Aphasie verbunden.

Bestimmte Anforderungen, welche im Test zur Pantomime, Hand und im Functional-Association-Test an das Gehirn gestellt werden, scheinen möglicherweise auf einer sprachlichen Ebene zu liegen, worauf im Diskussionsteil näher eingegangen werden soll.

## Korrelationen Aphasie - Apraxie

		Imitation Hand	Handst. Er- kennen	Pantomime Ausfuehren	Pantomi- me Erkennen	Function- al Associatio- n	Imita- tion Finger	Fingerst. Er- kennen
<b>TT</b>	Pearson Correlation	,229	,444*	,581**	,476**	,474**	,327	-,002
	Sig. (2- tailed)	,224	,016	,001	,008	,008	,078	,990
	N	30	29	29	30	30	30	29
<b>Nach- sprech- en</b>	Pearson Correlation	,180	,346	,553**	,474**	,405*	,175	,051
	Sig. (2- tailed)	,351	,071	,002	,009	,029	,364	,796
	N	29	28	28	29	29	29	28
<b>Schrift- -spra- che</b>	Pearson Correlation	,376*	,557**	,671**	,582**	,510**	,457*	,143
	Sig. (2- tailed)	,040	,002	,000	,001	,004	,011	,459
	N	30	29	29	30	30	30	29
<b>Be- nennen</b>	Pearson Correlation	,194	,354	,525**	,533**	,413*	,302	,032
	Sig. (2- tailed)	,314	,065	,004	,003	,026	,111	,873
	N	29	28	28	29	29	29	28
<b>Sprach- -ver- ständ- nis</b>	Pearson Correlation	,379*	,425*	,640**	,645**	,562**	,509**	,108
	Sig. (2- tailed)	,047	,027	,000	,000	,002	,006	,593
	N	28	27	27	28	28	28	27

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Tabelle 6:** Korrelationen Aphasie - Apraxie

### 3.4 Zusammenhang zwischen Perzeption und Produktion von Gesten

Man kann eine Korrelation von 0,791\*\* auf einem Signifikanzniveau von  $p < 0,01$  (2-seitig) zwischen dem Erkennen und dem Ausführen von Pantomime feststellen. Auch im Bereich Fingerstellungen zeigt sich eine signifikante Korrelation von 0,499\*\* zwischen Erkennen und Imitieren. In der Test-Kategorie Handstellungen lässt sich jedoch kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Erkennen und dem Imitieren feststellen ( $p = 0,247$ ).

Tabelle 7 zeigt vollständig die Korrelationen der Testkategorien (Finger, Hand, Pantomime, FAT) und ihrer Teilttests (Erkennen, Imitieren).

		Correlations						
		Imitation_Hand	Handstellungen_erkennen	Pantomime_ausfuehren	Pantomime_erkennen	Functional_Association	Imitation_Finger	Fingerstellung_erkennen
Imitation_Hand	Pearson Correlation	1	.247	.604**	.548**	.494**	.698**	.141
	Sig. (2-tailed)		.196	.001	.002	.005	.000	.465
	N	30	29	29	30	30	30	29
Handstellungen_erkennen	Pearson Correlation	.247	1	.592**	.596**	.631**	.374*	.352
	Sig. (2-tailed)	.196		.001	.001	.000	.046	.061
	N	29	29	29	29	29	29	29
Pantomime_ausfuehren	Pearson Correlation	.604**	.592**	1	.791**	.678**	.303	-.052
	Sig. (2-tailed)	.001	.001		.000	.000	.110	.789
	N	29	29	29	29	29	29	29
Pantomime_erkennen	Pearson Correlation	.548**	.596**	.791**	1	.755**	.385*	.080
	Sig. (2-tailed)	.002	.001	.000		.000	.036	.679
	N	30	29	29	30	30	30	29
Functional_Association	Pearson Correlation	.494**	.631**	.678**	.755**	1	.339	.027
	Sig. (2-tailed)	.005	.000	.000	.000		.067	.891
	N	30	29	29	30	30	30	29
Imitation_Finger	Pearson Correlation	.698**	.374*	.303	.385*	.339	1	.499**
	Sig. (2-tailed)	.000	.046	.110	.036	.067		.006
	N	30	29	29	30	30	30	29
Fingerstellung_erkennen	Pearson Correlation	.141	.352	-.052	.080	.027	.499**	1
	Sig. (2-tailed)	.465	.061	.789	.679	.891	.006	
	N	29	29	29	29	29	29	29

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

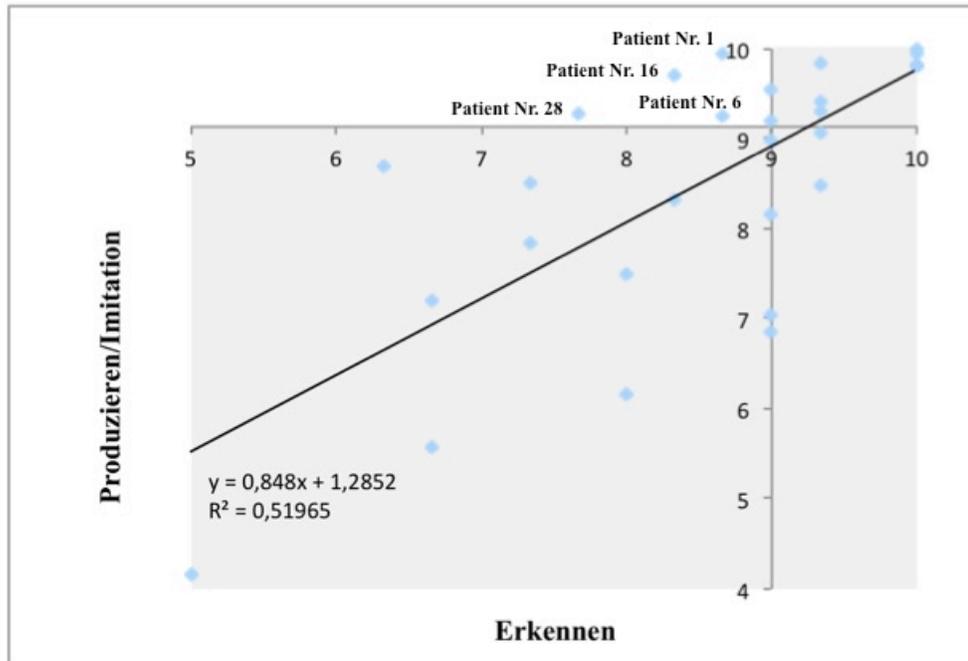
**Tabelle 7:** Korrelationen der Testkategorien und ihrer Teilttests

### 3.4.1 Perzeption als Voraussetzung für Produktion

Eine Korrelation zwischen Perzeption und Produktion kann gemäß vorangehendem Abschnitt für Pantomime und Finger hoch signifikant bestätigt werden. Das Aufzeigen von Kausalität zwischen Erkennen und Ausführen bedarf jedoch noch einer detaillierteren Analyse. Im Folgenden soll nun diese Relation näher erläutert werden und auf die Frage eingegangen werden, ob generell das Erkennen der Geste Voraussetzung für ihre Produktion darstellt.

Die Hypothese, dass das Erkennen einer Geste eine Voraussetzung für das Produzieren einer Geste ist, soll zu Beginn anhand einer Gruppenanalyse für alle Testkategorien zusammen in Form eines Graphen ersichtlich gemacht werden. Um einen aggregierten Graphen aller hierfür interessanten Testergebnisse aller Patienten zu erstellen, wurden die erreichten Punkte des jeweiligen Probanden in den verschiedenen Testkategorien jeweils zu einem gemeinsamen Wert für das Produzieren und einem gemeinsamen Wert für das Erkennen auf 10-er Skalen normiert und im einfachen arithmetischen Mittel zusammengefasst. Daraus entstanden kombinierte Wertepaare für Erkennen auf der x-Achse und Produzieren auf der y-Achse. Die abgebildeten Skalenabschnitte wurden in allen folgenden Ansichten so gewählt, dass Skalen-Maximum und kleinster erreichter Testwert je Skala sichtbar sind. Damit können alle Patienten abgebildet werden. Die Achsen der folgenden Abbildungen schneiden sich in ihren Medianen. Zur Einteilung der Patienten in „gutes“ und „schlechtes“ Erkennen bzw. Produzieren erfolgt anhand dieser Mediane der jeweiligen Verteilungen. Damit liegen die 50% besten Testergebnisse für Erkennen in den rechten zwei (1./4.) Quadranten, die 50% schlechtesten in den linken zwei (2./3.) Quadranten. Ebenso liegen die 50% besten Testergebnisse für Produktion in den oberen zwei (1./2.) Quadranten, die 50% schlechtesten in den unteren zwei (3./4.) Quadranten.

Für alle Testkategorien gemeinsam:



**Abbildung 4 :** Zusammengefasste Graphik zu Erkennen vs. Produzieren. Lineare Regressionsgerade mit Gleichung und Bestimmtheitsmaß. Graue Quadranten als Bereich der Hypothese „Erkennen als notwendige Voraussetzung für Produktion“.

Das Modell des posterior nach anterior Stroms der Gestenproduktion sagt vorher, dass Erkennen eine frühere Stufe der Gestenproduktion prüft als die Ausführung. Es sollte daher keine Patienten geben, die produzieren aber nicht erkennen können. Anders formuliert, unterstützen alle Patienten, die Gesten mindestens genauso gut erkennen wie sie Gesten produzieren, die Behauptung, dass intaktes Erkennen eine grundlegende Voraussetzung für die Produktion darstellt. Die drei grauen Quadranten in Abbildung 4 (1., 3. und 4. Quadrant) zeigen den gültigen Bereich der eben erwähnten Hypothese „Perzeption als Voraussetzung für Produktion“. Die blauen Punkte verkörpern einzelne Patienten mit ihren Testergebnissen. Bei einem Blick auf die Graphik ist erkennbar, dass die Mehrzahl der untersuchten Probanden sich mit den Ergebnissen im grauen Bereich

befindet (26 von 30 Patienten). Des Weiteren kann man eine lineare Regressionsgerade mit Gleichung und Bestimmtheitsmaß in der Abbildung finden. Die Trendlinie ist das Ergebnis einer linearen Regression. Das Bestimmtheitsmaß beträgt  $R^2=52\%$ . Der Anstieg der Trendlinie des Zusammenhangs zwischen Erkennen und Produktion ist mit 0.848 positiv. Damit sind Erkennen und Produktion positiv miteinander korreliert.

Bei fast allen untersuchten Patienten wird die Hypothese unterstützt, dass das Erkennen eine notwendige Voraussetzung für Gestenproduktion darstellt. Die Ergebnisse von vier Patienten jedoch liegen im linken oberen Quadranten (Patient Nr. 1, 6, 16 und 28). Diese Lage macht sie zu interessanten Ausnahmefällen, da sie eben doch gut Produzieren können, aber nicht Erkennen. Doch wie und warum kommt es zu diesem Widerspruch zur aufgestellten Hypothese? Ausgewählte Patientenfälle sollen im anschließenden Kapitel als Einzelfallanalysen näher erläutert und dargelegt werden.

Doch zuerst werden für ein tieferes Verständnis der Kausalität zwischen Erkennen und Produktion von Gesten die Testkategorien noch getrennt voneinander hinsichtlich Perzeption und Produktion untersucht:

Begonnen wird mit einem Graphen zur Darstellung der Ergebnisse für Pantomime. Auf der x-Achse befinden sich die Werte für das Erkennen und auf der y-Achse für das Produzieren. Das Bestimmtheitsmaß beträgt  $R^2=63\%$ . Der Anstieg der Trendlinie des Zusammenhangs zwischen Erkennen und Ausführen ist mit 7.2514 deutlich positiv. Damit sind Erkennen und Ausführen positiv miteinander korreliert. Die Mehrheit der Ergebnisse der Patienten befindet sich ebenfalls in den drei grauen Quadranten, die die Hypothese „Erkennen Voraussetzung für erfolgreiches Produzieren“ vertreten. Das Ergebnis, dass sich ein Patient im Fall der Pantomime im weißen Quadranten befindet, legt die Vermutung nahe, dass es Ausnahmefälle gibt, in denen die Pantomime gut produziert werden kann, jedoch schlecht erkannt wird. Diese Besonderheit stellt Patientin Nr. 16 dar, welche im anschließenden Abschnitt genauer analysiert werden soll.

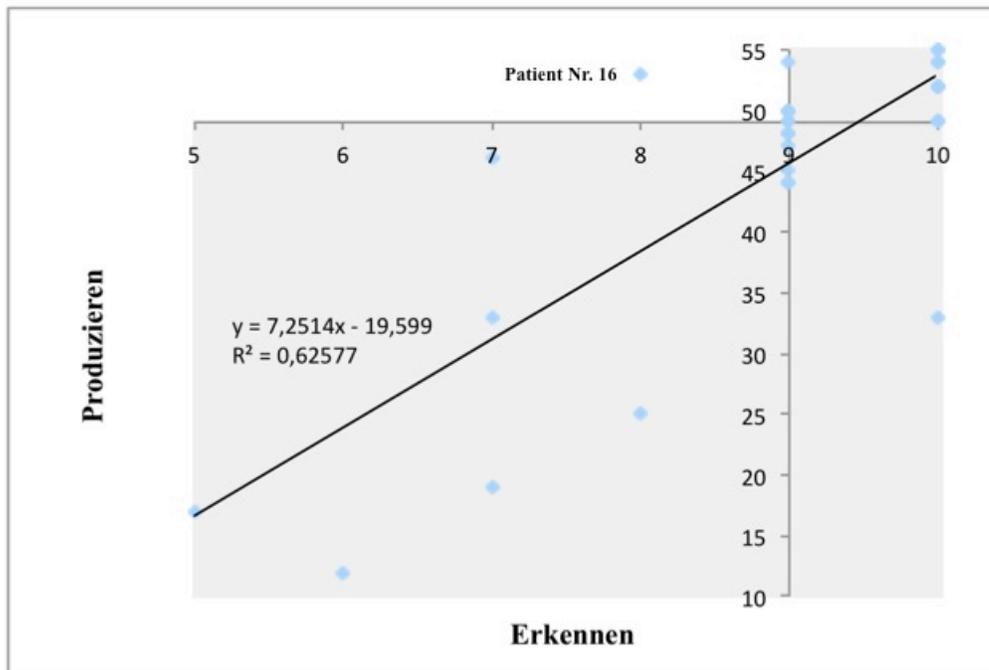
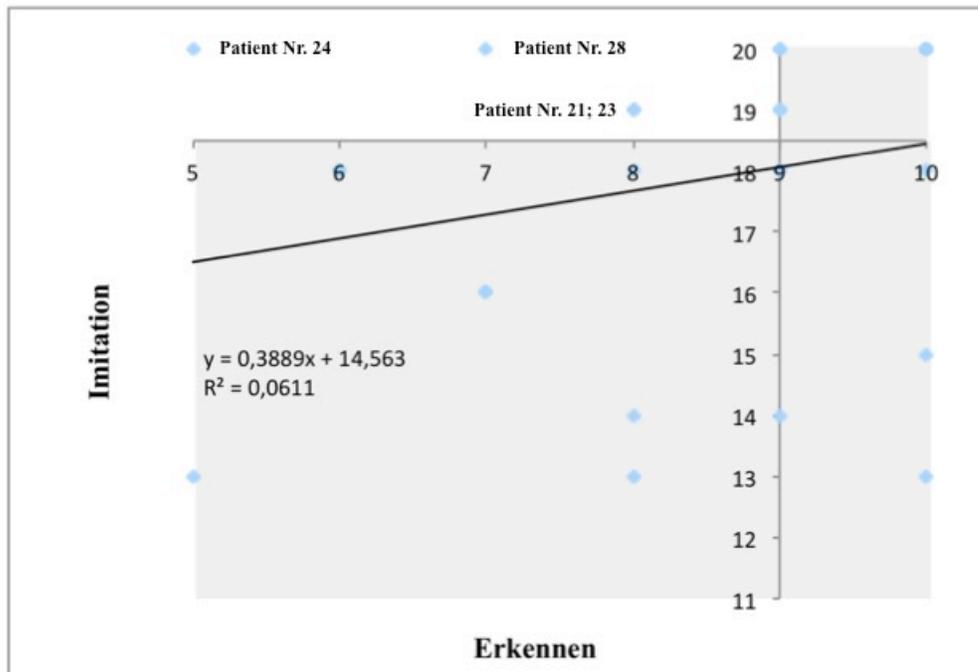


Abbildung 5: Pantomime Erkennen und Ausführen

Die Steigung der Geraden in der graphischen Darstellung zu den Handstellungen beträgt 0,3889 (Abbildung 6). Das Erkennen und Imitieren von Handstellungen korreliert zwar nicht signifikant, wie bereits weiter oben dargelegt, zeigt aber dennoch einen positiven Trend. Der Großteil der Ergebnisse bestätigt wieder die aufgestellte Hypothese, jedoch gibt es auch bei den Handstellungen wieder interessante Fälle, die sich im linken oberen Quadranten befinden. Dies trifft für die Patienten Nr. 21, 23, 24 und 28 zu (die blauen Punkte für Patient Nr. 21 und Patient Nr. 23 liegen in der Graphik übereinander und sind daher als nur ein Punkt zu erkennen). Da sich Patient Nr. 24 und Patientin Nr. 28 am deutlichsten abheben, werden sie im Folgenden exemplarisch besprochen.



**Abbildung 6:** Handstellungen Erkennen und Imitation

Zwischen Fingerstellungen Erkennen und Imitieren besteht ein signifikanter Zusammenhang, wie bereits oben erwähnt. Auch in dieser Teilkategorie wird wieder die Hypothese, wer gut Erkennen kann, der kann auch gut Ausführen, bestätigt, bis auf drei Ausnahmen (Abbildung 7; Patienten Nr. 1, 6, 16). Auch Patient Nr. 1 und Patientin Nr. 16 sollen hierfür im Anschluss vorgestellt werden (blaue Punkte für Patient Nr. 6 und Patientin Nr. 16 liegen graphisch übereinander und daher als ein gemeinsamer Punkt erkennbar).

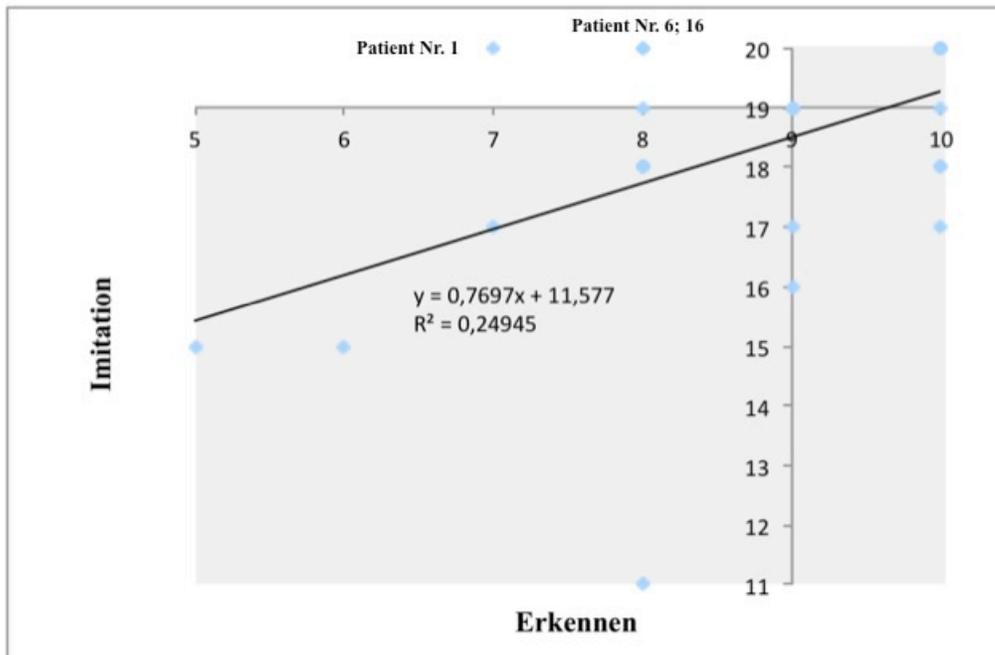


Abbildung 7: Fingerstellungen Erkennen und Imitation

### 3.4.2 Einzelfallanalysen von „Erfolgreicher Produktion ohne vorausgegangene Perzeption“

Wenn man die vier Graphen im Kapitel zuvor betrachtet so fallen 4 Patienten besonders auf, die sich mit ihren Ergebnissen von den anderen am deutlichsten unterscheiden: Patient Nr. 1, 16, 24 und 28 widersprechen der Annahme *Erkennen ist Voraussetzung für erfolgreiches Produzieren*, da sie in mindestens einer Kategorie schlecht im Erkennen, jedoch gut im Produzieren abgeschnitten haben. Diese Patienten sollen im Folgenden exemplarisch für alle erwähnten Ausnahmefälle vorgestellt werden. Im Speziellen fallen Patient Nr. 24 und Patientin Nr. 28 bei den Handstellungen auf, diese konnten sie erfolgreich imitieren ohne ausreichend zu erkennen. Patientin Nr. 16 befindet sich in der

Teilkategorie Pantomime im interessanten Ausnahme-Quadranten. In der Kategorie Fingerstellungen stellen Patient Nr. 1 und Patientin Nr. 16 Fälle dar, die einer näheren Beleuchtung wert sind. Den zusammengefassten aggregierten Graphen betreffend soll auf Patientin Nr. 16 eingegangen werden.

Die Frage, die sich bei allen erwähnten Patienten stellt, ist die gleiche:

Warum können diese die geforderte Geste erfolgreich produzieren oder imitieren, ohne sie jedoch zu erkennen? Gibt es bei diesen Patienten einen anderen Weg, der nicht über das Erkennen zur Produktion führt, sondern selbst ohne Erkennen eine erfolgreiche Produktion ermöglicht? Welche Rolle könnten die gespeicherten oder auch nicht gespeicherten oder zerstörten Engramme einer Bewegung hier einnehmen? Existiert möglicherweise ein alternativer Weg im Gehirn zum klassischen posterior-anterior-Strom? Wie lässt sich dies mit den Studienergebnissen von Heilman et al. in Bezug setzen? Nach einer Vorstellung der Patientendaten folgt eine Analyse der jeweiligen Testergebnisse der Aphasie- und Apraxietests.

	<b>Geschlecht (m/w)</b>	<b>Alter</b>	<b>Wochen nach Läsion</b>	<b>Ätiologie</b>	<b>Hemi- parese</b>	<b>Hemi- anopsie</b>	<b>Neglekt</b>	<b>Aphasie- Typ</b>
<b>Pat. Nr.1</b>	m	61	1,7	Ischämie	nein	nein	nein	Amnes- tische Aphasie
<b>Pat. Nr. 16</b>	w	87	3,7	Blutung	ja	nein	ja	Wernicke Aphasie
<b>Pat. Nr. 24</b>	m	49	38,6	Blutung	ja	nein	ja	Globale Aphasie
<b>Pat. Nr. 28</b>	w	62	4,1	Ischämie	ja	nein	nein	Nicht- klassifizier bare Aphasie

**Tabelle 8:** Patientendaten der Einzelfälle

Hinsichtlich Geschlecht und Alter gibt es keine Auffälligkeiten verglichen mit dem restlichen Patientenkollektiv. Patientin Nr. 16 ist die älteste aller Probanden. Die Anzahl der Wochen, die vom Zeitpunkt der Läsion bis zum Untersuchungstag vergangen sind, unterscheidet sich bei den vier Patienten stark voneinander. Bei zwei von ihnen ist die Hirnschädigung auf eine Ischämie zurückzuführen und bei zwei Patienten auf eine Blutung, was auf eine möglicherweise schwerere Läsion schließen lässt und auch den längeren Zeitraum bei Patient Nr. 24 bis zur Untersuchung erklären könnte. Keiner der vorzustellenden Einzelfälle litt an einer Hemianopsie.

Doch was haben diese Patienten sonst noch gemeinsam? Welche Besonderheiten bei der Schädigung sind erkennbar? Treten noch andere Nebendiagnosen oder Begleitstörungen auf? Bei einer vertieften Recherche in den jeweiligen Patientenakten konnte folgendes herausgefunden werden:

**Patient Nr. 1**, mit Zustand nach Nierenkarzinom beidseits und Mediateilinfarkt 1994 und 1995 bei vollständiger Remission der damaligen Symptomatik, erlitt am 19.09.2012 einen Reinfarkt im Versorgungsgebiet der A. cerebri media links. In der CT-Aufnahme zeigte sich eine frontale Schädigung links. Das Broca-Areal war ausgespart. Im Vordergrund der neuropsychologischen Beschwerden stand eine amnestische Aphasie mit leichter Alexie, Agraphie und Akalkulie. In der Aufnahmeexploration war eine ausreichend verständliche Kommunikation mit dem Patienten möglich. In der Spontansprache traten teilweise Wortabrufstörungen sowie semantische und phonematische Paraphasien auf. Es bestand kein Anhalt für eine Sprachverständnisstörung. Aufgrund einer Fazialisparese rechts war die Sprache anfangs noch etwas undeutlich und verwaschen, was sich jedoch mit der Zeit legte. Motorisch bestanden abgesehen von einer noch eingeschränkten körperlichen Belastbarkeit keinerlei Einschränkungen. Es zeigte sich kein Hinweis auf einen Neglekt.

**Patientin Nr. 16** wurde zunächst am 17.11.2012 aufgrund einer hypertensiv bedingten intrazerebralen Basalganglienblutung links mit minimalem Ventrikeleinbruch in der Stroke Unit des Klinikums Großhadern aufgenommen. Im EKG zeigte sich

Vorhofflimmern. Unter Berücksichtigung des intermittierenden Vorhofflimmern und einer Raumforderung im Bereich der Mitralklappe kann differentialdiagnostisch auch an ein primär kardioembolisches Geschehen mit sekundärer zerebraler Einblutung gedacht werden. Bei Aufnahme in der Neuropsychologie Bogenhausen bestand eine Dysphagie mit Verdacht auf erhöhte Aspirationsneigung. Es lagen eine leichte Fazialis- und Hypoglossusparese rechts vor. Eine Hemiparese rechts mit hypotonem Rumpf, eine Stand- und Gangunsicherheit, Hemineglect rechts, Fallneigung nach rechts und reduzierte Belastbarkeit waren nachweisbar. Gehen war in Begleitung mit Unterstützung möglich. Es zeigten sich Anzeichen für eine Wernicke-Aphasie mit geringgradiger Alexie, leichter bis mittelgradiger Agraphie sowie leichter Akalkulie. Bei komplexen Anforderungen war das semantische Wissen beeinträchtigt.

**Patient Nr. 24** erlitt am 30.06.2012 eine Subarachnoidalblutung aus einem A. communicans anterior Aneurysma. Im Anschluss trat ein Subduralhämatom links frontal auf. Das Aneurysma wurde durch ein Coiling versorgt. Es kam zu einer osteoklastischen Kraniotomie und einer Knochendeckelreimplantation mit Anlage eines ventrikuloperitonealen Shunts am 08.10.2012. Eine schwere Globalaphasie konnte diagnostiziert werden. Der Patient wies eine Hemiparese und einen Neglect nach rechts auf. Zum Zeitpunkt der Patientenrekrutierung wurde der Patient als Rechtshänder geführt und somit für die Studie als geeignet angesehen. Bei erneuter Aktendurchsicht blieb jedoch aufgrund uneindeutiger Dokumentation unklar, ob vielleicht Linkshändigkeit vorlag.

**Patientin Nr. 28** litt am 16.04.2013 an multiplen Hirninfarkten hauptsächlich im Stromgebiet der A. cerebri media links sowie der A. cerebri posterior links am ehesten kardioembolischer Genese nach einer aortokoronaren Bypass-OP. Bei näherer Betrachtung fand sich laut Bericht auch eine mögliche unbedeutende Läsion im Stromgebiet der rechten A. cerebri posterior, was jedoch aufgrund der dominant vorherrschenden Schädigung auf der linken Seite nicht als Ausschlusskriterium aus der Studie erwogen wurde. Es zeigte sich eine nicht-klassifizierbare Aphasie. Ein Benennen von Gegenständen war ihr nicht möglich, das Sprachverständnis schien gemäß dem

neurologischen Aufnahmebefund teilweise stark gestört gewesen zu sein. Eine Hemiparese rechts war ausgeprägt, jedoch fiel kein Neglekt auf.

Zwei der vier Patienten weisen anteriore Läsionen auf, ein Patient eine posteriore Läsion.

	<b>TT</b>	<b>Nach-sprechen</b>	<b>Schrift-sprache</b>	<b>Benennen</b>	<b>Sprach-verständnis</b>
<b>Pat. Nr.1</b>	97	68	96	88	76
<b>Pat. Nr. 16</b>	83	91	84	55	59
<b>Pat. Nr. 24</b>	7	16	11	6	24
<b>Pat. Nr. 28</b>	31	50	45	14	21

**Tabelle 9:** AAT-Ergebnisse der Einzelfälle

Wenn man sich die Werte der Aphasie-Testung ansieht, so fällt auf, dass Patient Nr. 24 mit Abstand am schlechtesten abschneidet. Seine Ergebnisse deuten auf eine schwere Sprachstörung hin, da sie alle Bereiche des AAT betreffen. Auch Patientin Nr. 28 weist durchgehend gravierende Defizite auf. Patient Nr. 1 schneidet von allen dargestellten Patienten im AAT am besten ab. Patient Nr. 24 hat folglich die größten sprachlichen Schwierigkeiten.

	<b>Imitation Hand</b>	<b>Handst. Erkennen</b>	<b>Pant. Ausfüh- ren</b>	<b>Pant. Erkennen</b>	<b>Functional Association</b>	<b>Imitation Finger</b>	<b>Fingerst. Erkennen</b>
<b>Pat. Nr.1</b>	20	10	54	9	10	20	7
<b>Pat. Nr. 16</b>	19	9	53	8	9	20	8
<b>Pat. Nr. 24</b>	20	5	47	9	8	15	5
<b>Pat. Nr. 28</b>	20	7	46	7	5	19	9

**Tabelle 10:** Ergebnisse der Apraxie-Tests der Einzelfälle

Der Median des gesamten Patientenkollektivs im Test zur Imitation von Handstellungen liegt bei 18,5. Daher liegen die gerade besprochenen Patienten hinsichtlich dieses Tests über dem Median. Beim Erkennen jedoch ist auffallend, dass Patient Nr. 24 das Minimum des Patientenkollektivs mit 5 Punkten erreicht. In der Kategorie Pantomime ist Patientin Nr. 16 auffällig, da sie als Einzige beim Ausführen über dem Median von 49 Punkten und gleichzeitig beim Erkennen unter dem Median von 9 Punkten liegt. Beim Functional-Association-Test liegt der Median bei 9, sodass Patientin Nr. 28 hier mit ihren erreichten 5 Punkten deutlich darunter liegt. Fingerstellungen imitieren Patient Nr. 1 und Patientin Nr. 16 absolut fehlerfrei, erhalten im Gegensatz dazu beim Erkennen jedoch nur eine schlechte Punktzahl, welche jeweils unter dem Median von 9 erreichten Punkten liegt. Allgemein fällt erneut Patient Nr. 24 auf, der sowohl beim Handstellungen Erkennen, beim Imitieren von Fingerstellungen und beim Fingerstellungen Erkennen mit Abstand der schlechteste ist. Dies könnte in Kombination mit den schwachen sprachlichen Leistungen im AAT den Schluss nahe legen, dass die schlechten Resultate insgesamt auf einer starken Störung und auf ein daraufhin zurückzuführendes gestörtes Verständnis der Aufgaben beruhen. Dem ist jedoch eine fehlerfreie Imitation von

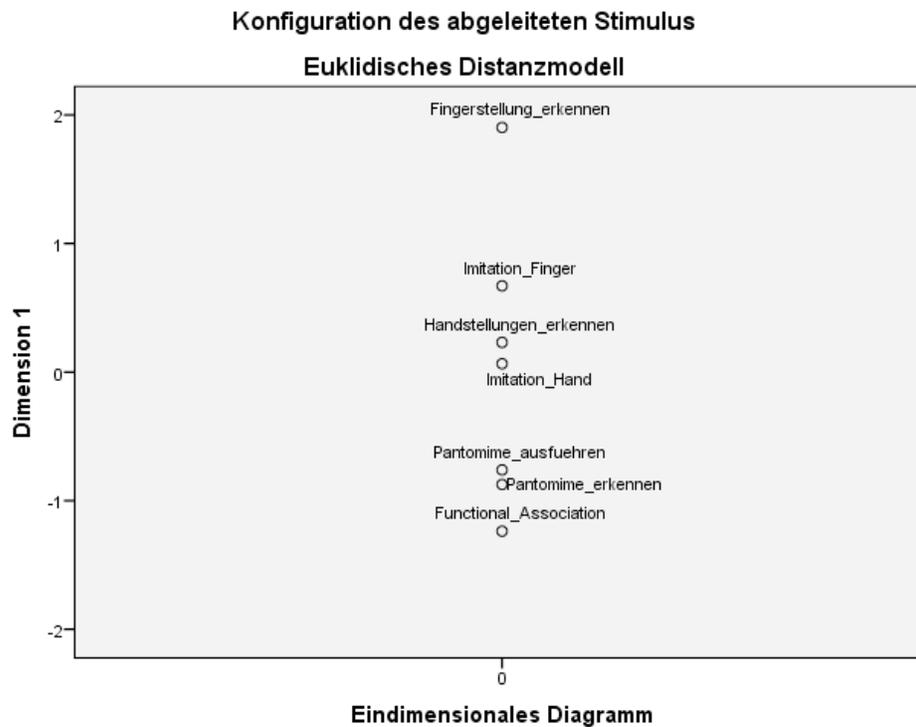
Handstellungen und ein nahezu fehlerfreies Erkennen von Pantomime, sowie überdurchschnittliche Ergebnisse beim Ausführen der Pantomime und im Functional-Association-Test entgegenzusetzen. Ein Grund dafür, warum Patientin Nr. 28 im Functional-Association-Test schlecht abschneidet, kann in dessen semantischem Anspruch liegen. Bemerkenswert ist, dass die erwähnten vier Patienten beim Erkennen von Fingerstellungen am meisten Probleme aufweisen, während im gesamten Patientenkollektiv Fingerstellungen Erkennen die Kategorie mit den wenigstens pathologischen Resultaten (Tabelle 5; 17 pathologisch, 12 normal) ist. Patient Nr. 1, Patientin Nr. 16 und Patientin Nr. 28 zeigen im zusammengefassten Graphen beim Erkennen pathologische Resultate, während sie das Ausführen dennoch bewältigen, was Zweifel an der Hypothese Liepmann's und Heilman's aufkommen lässt.

Aus der Verbindung von individuellen Hirnläsionen und den Testergebnissen lassen sich Schlussfolgerungen für die Hypothese Heilman's ziehen: Zwei Patienten zeigen nach frontalen Schädigungen erfolgreiche Produktion bei mangelhafter Perzeption: Laut Heilman sollte ein Patient mit frontaler Schädigung besser erkennen als produzieren können, was hier aber genau umgekehrt zutrifft. Kann das die These vom posterior nach anterior-Strom widerlegen, da korrektes Ausführen eigentlich im Widerspruch zu einer frontalen Schädigung steht? Bei einer frontalen Schädigung sollte die Verbindung der gespeicherten Engramme einer Bewegung zum motorischen Kortex gestört sein und somit eine Produktion einer Geste erschwert werden, während die Engramme immer noch existieren sollten. Die erwähnten Patienten legen die Möglichkeit nahe, dass der motorische Kortex seine Informationen zur motorischen Ausführung einer Bewegung auch noch von einem anderen Hirnareal erhält oder auf einem anderen Weg. Ebenso könnte die alleinige Speicherung gelernter Bewegungen in Form von Engrammen hier in Frage gestellt werden. Möglicherweise spielt hier noch eine andere Form der Speicherung zusätzlich eine Rolle. Eine andere Lokalisation der Speicherung wäre auch denkbar. Welche Rolle spielt die Unklarheit der Händigkeit bei Patient Nr. 24? Könnte dies den Widerspruch erklären?

Eine Dissoziation zwischen Ausführen und Erkennen fiel bei Patientin Nr. 28 im aggregierten Graphen und bei den Handstellungen auf. Welche Rolle nimmt hier ihre posteriore Schädigung durch den A. cerebri posterior Infarkt ein? Kann diese ein geschädigtes Erkennen erklären?

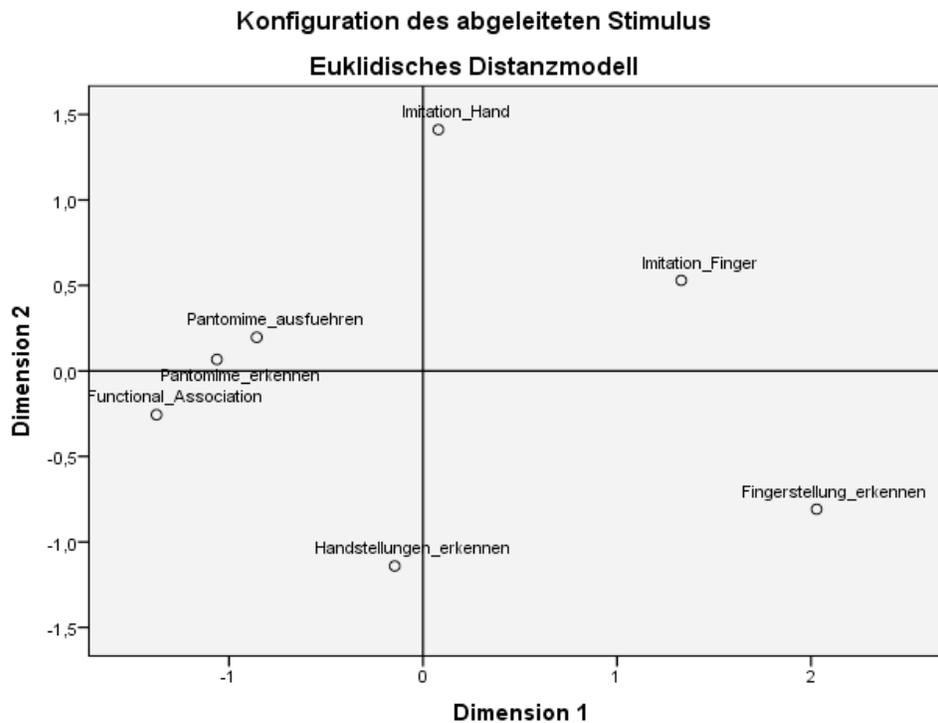
### **3.5 Multidimensionale Skalierung – Inhalt der Gesten: Semantik vs. Räumliches Denken**

Um weiter die Bedeutung und den Anspruch der Gesten an das Gehirn zu untersuchen, wird im Folgenden auf die Ähnlichkeiten der einzelnen Tests zueinander eingegangen. Das klare Erkennen von Ähnlichkeiten neuropsychologischer Messwerte kann subjektiv schwierig sein, daher ist die Multidimensionale Skalierung (MDS) ein gutes und geeignetes Werkzeug objektiv eine quantitative Ähnlichkeitsabschätzung zu erzeugen. Es ist eine Gesamtheit aus statistischen Routinen zur explorativen Datenanalyse und zur Darstellung von Dimensionalität der Daten. Als Input zur Ähnlichkeitsabschätzung dienen die Korrelationen aller Testkategorien untereinander. Aus den 21 Korrelationen der 7 Testkategorien ist eine MDS möglich ( $k * (k-1) / 2$ ). Der Output ist eine Karte, die die Beziehungen zwischen den 7 Testkategorien räumlich ausdrückt, so dass ähnliche Testkategorien nah aneinander und unähnliche weiter entfernt voneinander angeordnet werden. Aus der Anordnung der Datenpunkte auf der Karte kann man Dimensionen ableiten und Hypothesen visuell testen. Für verschiedene Anzahl an Dimensionen wird die Platzierung der einzelnen Testkategorien auf der Karte durch eine Stressfunktion beschrieben. Für eine Dimension und zwei Dimensionen konnten bei dieser Arbeit sinnvolle Stressfunktionen erreicht werden, wobei die zweidimensionale Lösung die bevorzugte mit geringem Stress ist (*Hout et al 2013*).



**Abbildung 8:** Multidimensionale Skalierung – Darstellung des eindimensionalen Diagramms

Im eindimensionalen Diagramm erstreckt sich die Dimension 1 graphisch vom negativen Bereich der Skala in den positiven bzw. von unten nach oben. Dabei ordnen sich die Tests in folgender Reihenfolge: Es beginnt mit dem Functional-Association-Test, gefolgt von dem Test zum Pantomime Erkennen und zum Ausführen, geht dann über zum Test zur Imitation von Handstellungen und zum Erkennen von Handstellungen bis schließlich zur Imitation und Erkennen von Fingerstellungen. Am weitesten entfernt befindet sich der Test zum Erkennen von Fingerstellungen.



**Abbildung 9:** Multidimensionale Skalierung – Darstellung des zweidimensionalen Diagramms

Im zweidimensionalen Modell führt eine Dimension (Dimension 1) vom negativen Bereich der x-Achse zum positiven Bereich der Achse (von links nach rechts) wie im vorangegangenen Modell. Hierzu kommt noch eine zweite Dimension (Dimension 2) auf der y-Achse (von unten nach oben).

Auch in der zweidimensionalen Darstellung ist eine Anordnung des Functional-Association-Tests nahe zu den Tests zum Erkennen und Ausführen von Pantomime erkennbar. Handstellungen, sowohl Imitieren als auch Erkennen, befindet sich hinsichtlich Dimension 1 in der Mitte, während die Tests zur Imitation und zum Erkennen von Fingerstellungen mit einem Abstand weiter nach rechts gerückt sind. Im Bezug zur Dimension 2 sind wiederum der FAT und die beiden Tests zur Pantomime am engsten beieinander. Da Pantomime Erkennen und Pantomime ausführen, wie zu Beginn

bereits beschrieben, hoch signifikant miteinander korrelieren, während Handstellungen Erkennen und das Imitieren von Handstellungen nicht signifikant sind, erscheint es nicht verwunderlich, warum die beiden Pantomime-Tests so nah beieinander liegen, die beiden Hand-Tests jedoch weit entfernt voneinander sind. Da Fingerstellungen Erkennen und Imitieren, wie bereits erwähnt, auch hoch signifikant miteinander korrelieren, liegen auch diese enger zusammen, jedoch nicht so eng wie dies bei Pantomime der Fall ist.

Eine mögliche Erklärung für Dimension 1 ist eine Gegenüberstellung von Ansprüchen an semantisches Wissen und an räumliche Komplexität der Aufgabe. Anforderungen an semantisches Wissen sind für funktionelle Assoziationen am höchsten, aber treten im Verlauf zu den Fingern gegenüber den Anforderungen an räumliche Auffassung bzw. Analyse zurück.

Laut Goldenberg (*Goldenberg 1995*) ist bei linkshirngeschädigten Patienten ein allgemeines Verständnis über die eigene Körperwahrnehmung und Lage im Raum geschädigt. Es ist schwieriger eine Handgeste zu imitieren, als eine Fingergeste (*Goldenberg 1996*), da bei der Handgeste die Hand mehr in Bezug zum Körper gebracht werden muss, als bei einer Fingergeste.

Bei Fingerstellungen ist das geforderte semantische Wissen am geringsten und eher eine räumliche Analyse notwendig (*Tessari et al 2007*). Finger können vom Gehirn in ein Zahlensystem (Finger 1, 2, 3 bis 5) eingeteilt werden, um bestimmte Fingerstellungen korrekt imitieren zu können. Diese Einteilung stellt weniger Ansprüche an die Körperteilkodierung als die Klassifizierung der Handstellungen.

Da man diese bestimmten Anforderungen an das Gehirn, wie in der Einleitung erwähnt, bestimmten Arealen des Gehirns zuordnen kann, so kann als Erklärung für die räumliche Aufteilung der Tests gemäß Dimension 1 (links-rechts) auch die Lokalisation der Hirnareale dienen. Pantomime und der FAT benötigen mehr Informationen der linken Hemisphäre, während Fingerstellungen weniger auf die linke Hemisphäre angewiesen sind (daher weiter rechts). Um Finger im Raum zu benutzen muss wohl eher auf die rechte, räumlich-analytische Hemisphäre zurückgegriffen werden.

Eine mögliche Erklärung für Dimension 2 ist die Einteilung in Perzeption vs. Produktion, während sich die Tests zur Perzeption in der unteren Diagrammhälfte befinden und die Tests zur Produktion in der oberen Hälfte.

Zusammenfassend lässt sich die Hypothese formulieren, dass der Inhalt der Gesten wichtig und entscheidend ist, ob die Geste bei einer linkshirnigen Läsion erkannt und ausgeführt werden kann oder nicht. Wie bereits in der Einleitung vorgestellt, vertrat Liepmann das Modell einer Einteilung in Ideatorisch vs. Ideomotorisch. Er ging von einer hierarchisch, seriellen Kontrolle der motorischen Bewegung aus. Möglicherweise macht es jedoch mehr Sinn diese Einteilung in Richtung einer Einteilung der Gesten dem Inhalt nach zu verfolgen. Dies soll im anschließenden Diskussionsteil weiter beleuchtet werden.

## 4 Diskussion

### *Methodenkritik*

Im Folgenden sollen mehrere methodische und Patienten-bezogene Faktoren betrachtet werden, welche die erhobenen Testergebnisse beeinflusst haben könnten.

Die Apraxietestung fand wie im Methodenteil dargelegt nach einem festgelegten Schema statt. Während eines Gegenübersitzens von Patient und Untersucher fand die Produktionstestung statt. Die Perzeptionstestung erfolgte an einem Computer. Der Vorteil dieses Untersuchungsverfahrens ist, dass eventuelle sprachliche Defizite eines Patienten das Testergebnis nicht beeinflussten, da alle Untersuchungen ohne verbale Äußerungen von Seiten des Patienten ablaufen konnten. So wurden die Ergebnisse der verschiedenen Patienten vergleichbar gemacht und eine Beurteilung entscheidend erleichtert.

Nicht alle Aufgaben hatten jedoch exakt das gleiche Schwierigkeitsniveau (Pantomime vs. Hand vs. Finger). Ein hohes Maß an Kreativität und Abstraktionsfähigkeit ist beim Erkennen und Darstellen von charakteristischen Eigenschaften eines Objektes und eines Gebrauchs notwendig, was vor allem die Testkategorie Pantomime als eine besonders schwierige Kategorie auszeichnet. Dies zeigte sich an der Anzahl der pathologischen Resultate in dieser Kategorie. Auch innerhalb der Testkategorien traten wahrscheinlich unterschiedliche Anforderungsgrade auf. So konnte es für einen Patienten schwieriger erschienen sein, beispielsweise die Pantomime „Malen mit einem Pinsel“ zu erkennen, als das „Hämmern mit einem Hammer“. Der Schwierigkeitsgrad jedoch ist auch in gewisser Weise von den persönlichen Erfahrungen und dem Wissen eines Patienten abhängig. Trotz der unterschiedlichen Anforderungen innerhalb einer Kategorie ist dies dennoch die bestmögliche Art der Testung, da es in der Natur der Sache liegt, dass die dargestellten Tätigkeiten Unterschiede aufweisen. Vergleichbare Testmethoden bilden

die Grundlage für Forschung generell im Bereich der Apraxie (*Goldenberg & Hagmann 1997; Goldenberg 1999; Goldenberg, Hartmann & Schlott 2003*).

Beim Pantomime Erkennen, Handstellungen Erkennen, Fingerstellungen Erkennen und im Functional-Association-Test wurde das Arbeitsgedächtnis in gewissem Maße mit getestet, da die Bilder, aus denen das Korrekte ausgewählt werden musste, erst nach Präsentation des einleitenden Bildes oder Filmes am Computer gezeigt werden konnte. Obwohl in vorherigen Untersuchungen (u. a. *Goldenberg 1999*) eine gleichzeitige Präsentation der Bilder aufgrund von Vorlegen von ausgedruckten Versionen gelang, sind die mittels Computer ermittelten Ergebnisse in verschiedenen Aspekten konsistent (z. B. bessere Perzeption Finger vs. Hand).

Beim Test zum Erkennen von bedeutungslosen Handgesten wurden die Handstellungen auf den Bildern von unterschiedlichen Personen präsentiert. Dadurch konnte die Aufgabe nicht durch einen Vergleich einzelner visueller Details gelöst werden, sondern es musste die räumliche Struktur der Stellung der Hand im ganzen erfasst werden. Aus ähnlichem Grund wurde beim Test zum Erkennen von Fingerstellungen diese aus verschiedenen Perspektiven fotografiert. Durch diesen Wechsel der Perspektiven ist eine Zuordnung nach bloßer visueller Ähnlichkeit verringert worden.

Da von den Patienten verlangt wurde die Imitation mit der zur Läsion ipsilateralen, nicht-paretischen Hand durchzuführen, kam es zu keiner motorischen Beeinträchtigung durch eine Parese. Darauf soll auch in zukünftigen Apraxie-Studien geachtet werden.

Ein mangelndes Verständnis der Aufgabenstellung auf Seiten der Patienten ist unwahrscheinlich, da Testobjekte zur Kontrolle verwendet wurden und somit im Vorneherein geklärt werden konnte, ob ein Patient die Aufgabe verstanden hatte oder nicht.

Bei jeder Testung wurden die gleichen Bewertungsbögen verwendet. Dadurch wurde gewährleistet, dass die Ergebnisse reproduzierbar sind.

Ein Vergleich der Resultate mit denen früherer Studien, die mit den gleichen Tests Pantomime und das Imitieren von Finger und Handstellungen bei aphasischen Patienten und bei Kontrollen prüften, zeigte durchwegs höhere Mittelwerte in der jetzigen Studie. Für die Patienten könnte dies damit erklärt werden, dass auf Grund der sprachlich relativ komplexen Instruktion Patienten mit sehr schweren Aphasien in die jetzige Studie nicht aufgenommen werden konnten, während sie in früheren Studien eingeschlossen waren. Das erklärt allerdings nicht den Unterschied bei den Kontrollen. Hier muss doch angenommen werden, dass die Bewertungskriterien in der jetzigen Studie weniger kritisch angewandt wurden als in den vorigen. Da aber alle Tests von derselben Untersucherin durchgeführt wurden, ist das Verhältnis der Testwerte zueinander wahrscheinlich erhalten. Die Mittelwerte der Kontrollgruppe lagen über den mit früheren Kontrollgruppen erzielten. Das Fehlen einer separaten Messung der Untersucher-übereinstimmung ist eine Schwäche der Studie, aber es ist anzunehmen, dass die wesentlichen Ergebnisse dadurch nicht beeinflusst wurden. Um publizierbare Ergebnisse präsentieren zu können, müssen die zuvor genannten Punkte bei einer Replikation der Studie mit entsprechenden Kontrollen beachtet werden.

Für weitere Folgestudien wäre eine Erhöhung der Patientenzahlen sinnvoll, wenn auch in diesem Forschungskontext schwer durchführbar. Obwohl in der vorliegenden Arbeit hohe Signifikanzniveaus erreicht wurden, kann eine Erhöhung der Stichprobengröße gesicherte Ergebnisse gewährleisten.

Neben den methodischen Faktoren beeinflussten im wesentlichen zwei patientenbezogenen Faktoren die Messergebnisse: Zum einen unterschiedliche Gewohnheiten im Alltagsgebrauch eines Patienten: Ein Patient berichtete beispielsweise nach der Testung des FAT, dass er selten eine Milchtüte mit einer Schere öffnete, da er

die Milch immer in Flaschen kaufte und es ihm daher schwer fiel diese Assoziation auf Anhieb zu knüpfen. Rein durch eine logische Herangehensweise, gelang es dem Patienten trotzdem den richtigen Gegenstand auszuwählen. Zum anderen könnten unsere Testergebnisse die emotionale Verfassung zum Zeitpunkt der Untersuchung, vorangegangene Therapiestunden des Patienten mit folgendem Konzentrationsdefizit oder die Tageszeit beeinflusst haben. Patienten könnten manchmal schon mit einer Aufgabenstellung vertraut gewesen sein, da sowohl bei einem Aufnahmegespräch und einer Routineuntersuchung in der neuropsychologischen Abteilung, als auch bei therapeutischen Sitzungen in den verschiedensten Disziplinen (z.b. bei der Sprachtherapie, sowie Ergotherapie oder Physiotherapie) bereits eine der Testkategorien geprüft worden sein könnte. So könnte sich beispielsweise beim Imitieren von Handstellungen ein Lerneffekt durch Wiederholung zeigen, der zu besseren Ergebnissen geführt hat, als es bei der allerersten Testung der Fall gewesen wäre. Für zukünftige Untersuchungen wäre es empfehlenswert, darauf zu achten, einen derartigen möglichen Trainingseffekt zu vermeiden durch eine frühe Testung.

### *Interpretation der Ergebnisse aller Patienten*

In vorliegender Studie wurde die Perzeption und Produktion von Gesten bei linkshirngeschädigten Patienten untersucht. Da bei einer Apraxie das richtige, konzeptuelle Erfassen einer Geste betroffen ist, entstehen auch Fehler, wenn Patienten Gesten auf Fotos erkennen müssen. Diese Erkenntnis wurde bei der Testentwicklung miteinbezogen. Dabei wurde in dieser Arbeit im Speziellen auf das Erkennen und Produzieren von Pantomime und auf das Erkennen und Imitieren von Hand- und Fingerstellungen eingegangen. Dies wurde durchgeführt um mehr über die perzeptiven, konzeptuellen und motorischen Aspekte einer Gestenproduktion zu erfahren. In einer früheren Studie von *Goldenberg 1999* wurde Erkennen und Imitation ausschließlich von Hand- und Fingerstellungen jeweils an 35 linkshirngeschädigten und 21

rechtshirngeschädigten Patienten untersucht. In dieser Studie zeigte sich, dass Patienten mit einer Linkshirnschädigung mehr Schwierigkeiten bei der Imitation, als beim Erkennen hatten, während dies bei Rechtshirnschädigung umgekehrt war. Außerdem konnte man sehen, dass Patienten mit einer Läsion in der linken Gehirnhälfte mehr Fehler bei den Handstellungen als bei den Fingerstellungen begingen, sowohl beim Erkennen als auch beim Imitieren. Wohingegen bei Patienten mit einer rechtsseitigen Läsion die Fingerstellungen fehlerhafter waren als die Handstellungen (*Goldenberg 1999*). Unsere Ergebnisse der vorliegenden Studie decken sich ebenfalls mit diesen Erkenntnissen, darin, dass mehr Fehler bei den Handstellungen als bei den Fingerstellungen begangen wurden. Da jedoch nur Patienten mit linksseitiger Läsion untersucht wurden, lässt sich auch nur über diese Gruppe eine Aussage treffen. *Goldenberg 1999* führt an, dass bei Linkshirngeschädigten eine konzeptuelle Komponente und nicht eine motorische Ausführung verantwortlich ist für eine schlechtere Imitation als Perzeption. In dieser vorliegenden Arbeit kombinierte man eine Testung von bedeutungsvollen Gesten (hier anhand von Pantomime) und bedeutungslosen Gesten (hier anhand von Hand- und Fingerstellungen), da der Mechanismus deren Imitation vermutlich nicht der gleiche ist. Bedeutungsvolle Gesten können von einem gespeicherten Wissen über ihre Form abgerufen werden, während bedeutungslose Gesten über keine Repräsentation im Langzeitgedächtnis verfügen (*Goldenberg 2009*). Eine Imitation von bedeutungslosen Gesten müsste folglich über eine andere Route verlaufen, welches ein Vorwissen über eine Geste umgehen kann (*Gonzales Rothi, Ochipa & Heilman 1991*) und eventuell auf gleichzeitige räumlich-analytische Auffassung zurückgreift (*Goldenberg 2013*).

Die in der Studie von *Goldenberg 1999* herausgefundenen Erkenntnisse, dass linkshirngeschädigte gegenüber rechtshirngeschädigten Patienten mehr Schwierigkeiten bei der Imitation, als beim Erkennen aufweisen, wurden in der vorliegenden Studie mit Blick auf linkshirngeschädigte Patienten untersucht und die Testung weiter ausgebaut. Es wurde die Beziehung zwischen Perzeption und Produktion nach Kausalität untersucht: Wie stehen diese beiden Modalitäten zueinander in Beziehung bzw. bedingen einander?

Einen Teil dieser Arbeit stellte daher die Prüfung der Hypothese *Erfolgreiche Perzeption ist eine Voraussetzung für Produktion* dar (ausgehend von *Liepmann u. a. 1905, 1908*). Eine positive Korrelation zwischen Perzeption und Produktion konnte für die Kategorien Pantomime und Finger hoch signifikant bestätigt werden. Anhand von graphischen Analysen wurde aufgezeigt, dass 97% der Patienten in der Kategorie Pantomime, 87% in der Kategorie Handstellungen und 90% in der Kategorie Fingerstellungen diese Hypothese stützen (jeweils graue Quadranten in Abbildung 5-7). Anhand von Einzelfallanalysen der Ausnahmen wurde *Erfolgreiche Produktion ohne vorausgegangene Perzeption* näher untersucht. Dabei fiel auf, dass zwei Patienten nach frontaler Schädigung eine erfolgreiche Produktion bei mangelhafter Perzeption zeigten. Gemäß *Heilman, Rothi & Valenstein 1982* und *Heilman & Rothi 1993* sollte ein Patient mit frontaler Schädigung aber besser erkennen als produzieren können. Bei einer frontalen Schädigung sollte die Verbindung der gespeicherten Engramme einer Bewegung zum motorischen Kortex gestört sein und somit eine Produktion einer Geste erschwert werden, während die Engramme immer noch existieren sollten. Dieser Möglichkeit widersprachen folglich unsere Patienten in der vorliegenden Studie. Aufgrund dieses Widerspruchs kann hier die These des ursprünglich von posterior nach anterior-Stroms in Frage gestellt werden. Die erwähnten Patienten legen die Option nahe, dass der motorische Kortex seine Informationen zur motorischen Ausführung einer Bewegung von einem anderen Hirnareal erhält oder auf einem anderen Weg oder gar anhand eines anderen Konzeptes.

### *AAT und FAT*

Um die Apraxietestung mit dem bei linkshirngeschädigten Patienten oft zusammen auftretendem Krankheitsbild der Aphasie in Verbindung zu setzen, wurde an dieser Stelle für alle Patienten die jeweiligen Ergebnisse des Aachener-Aphasie-Tests (*Huber, Poeck & Willmes 1984*) erhoben und festgehalten. Dadurch ist ein Einschätzen des

Zusammenhangs zwischen Apraxie und Aphasie möglich geworden. Alle Untertests des AAT korrelierten ohne Ausnahme hoch signifikant mit den Testkategorien Pantomime Ausführen und Pantomime Erkennen, was eine enge Beziehung der Pantomime zur Sprache nahe legt. Ebenso zeigt die positive Korrelation zwischen allen AAT-Untertests und dem Functional-Association-Test die Bedeutung der sprachlichen Fähigkeiten beim FAT. Der FAT fordert vom Patienten Wissen über die Funktion von bestimmten Objekten und verlangt ein hohes Maß an semantischem Verständnis. Leidet ein Patient an einer Aphasie, so wirkt sich dies auch auf die Ergebnisse im Functional-Association-Test aus. Mit der Kategorie Fingerstellungen zeigt der AAT keinen signifikanten Zusammenhang, während mit Handstellungen immerhin die Subtests Schriftsprache und Sprachverständnis korrelieren. Es scheint also, dass das Konzept der Fingerstellungen im Gehirn am wenigsten in Zusammenhang mit Sprache gebracht wird. Das Konzept von bedeutungsvollen Gesten (hier Pantomime) scheint hingegen besonders eng mit sprachlichen Fähigkeiten verschaltet zu sein.

Die Beobachtung, dass viele Patienten, die an einer Aphasie leiden, Fehler bei der Pantomime des Objektgebrauchs aufweisen, wurde schon in zahlreichen Studien aufgezeigt. Dennoch ist und bleibt der Ursprung dieser Schädigung ein Streitpunkt (*Goldenberg, Hartmann & Schlott 2003*). Eine Abhängigkeit zwischen fehlerhafter Ausführung von Pantomime und der Stärke der Aphasie deutet auf eine Asymbolie hin, wohingegen eine zusätzliche Verbindung mit einer fehlerhaften Imitation von Gesten auf eine Apraxie hinweist. Laut Studien von *Duffy et al.* zeigte sich, dass beide Ansichten vorkommen, jedoch keine der beiden als alleine absolut anzusehen ist. Um der Frage nach Apraxie oder Asymbolie näher nachzugehen, untersuchte *Goldenberg, Hartmann & Schlott 2003* in einer Studie mit 40 Patienten zusätzlich das Zeichnen von Objekten aus dem Gedächtnis. Bei einer multidimensionalen Skalierung zeigte sich eine klare Trennung zwischen den verbalen AAT-Tests auf der einen Seite und dem Zeichnen und der Imitation von Hand- und Fingerstellungen auf der anderen Seite. Die Pantomime nahm genau eine mittlere Position zwischen diesen verbalen und non-verbalen Tests ein. Fehler beim Imitieren von Hand- und Fingerstellungen entspringen von einer Unfähigkeit

mehrere visuelle Details einer präsentierten Geste auf einfache räumliche Beziehungen zwischen definierten Körperteilen zu reduzieren (*Goldenberg 1996*), was als *body part coding* bezeichnet wird. Eine allen Testkategorien und besonders der Pantomime gemeinsame kognitive Komponente wird als mögliche Erklärung für die zentrale Stellung zwischen den verbalen und non-verbalen Tests angeführt. Dies führt wieder auf die Frage nach einem gemeinsamen Faktor zurück, der eine Schädigung, welche typischerweise bei einer Linkshirnläsion vorkommt, erklären könnte. Die Idee einer Schädigung des kategorialen und abstrakten Denkens könnte gemäß *Goldenberg et al.* eine bessere Erklärung darstellen, als dass eine Schädigung der linken Hirnhälfte eine motorische Ausführung behindert (*Goldenberg, Hartmann & Schlott 2003*).

Um weiter eine mögliche Schädigung eines kategorialen und abstrakten Denkens zu überprüfen, wurde in dieser vorliegenden Arbeit eine multidimensionale Skalierung der Ähnlichkeiten der untersuchten Testkategorien angefertigt (siehe Abbildung 8 und 9). Sie zeigt den Functional-Association-Tests zusammen mit dem Erkennen und dem Ausführen von Pantomime deutlich auf einer Seite, Imitieren und Erkennen von Handstellungen in der Mitte, während Imitation und Erkennen von Fingerstellungen mit Abstand auf der anderen Seite zu finden ist. Eine mögliche Erklärung für diese Aufteilung könnte die semantische Bedeutung versus eine hohe räumliche Komplexität der Aufgabe darstellen. Anforderungen an semantisches Wissen sind für funktionelle Assoziationen am höchsten. Beim Ausführen und Erkennen von Pantomime scheint ebenso ein großer Teil auf einer sprachlichen, semantischen Anforderungsebene zu liegen. Eine mögliche Verbindung zwischen Aphasie und einer fehlerhaften Pantomime könnte darin liegen, dass beide einen Zugang zum semantischen Gedächtnis verlangen. Auf sprachlicher Ebene ist dies wichtig, um die Bedeutung von Wörtern und Sätzen zu verstehen. Für die Pantomime ist ein semantisches Wissen über bestimmte Eigenschaften eines Werkzeugs oder Gegenstands wichtig um den Gebrauch zu demonstrieren. Diese semantischen Anforderungen treten im Verlauf zur Kategorie der Fingerstellungen scheinbar gegenüber den Anforderungen an räumliche Auffassung bzw. Analyse zurück. Das Verständnis über die eigene Körperwahrnehmung und Lage im Raum ist bei linkshirngeschädigten

Patienten eingeschränkt (*Goldenberg 1995*). Bei Fingerstellungen ist eher systematische räumliche Exploration notwendig (*Tessari et al 2007; Goldenberg & Münsinger & Karnath 2009*) und die Anforderungen an ein semantisches Wissen scheinen bei den Fingerstellungen von den hier getesteten Kategorien am geringsten zu sein. Da die sprachlichen Areale der linken Hirnhälfte zugeordnet werden und diese bei unseren hier getesteten Patienten geschädigt wurde, so könnte man annehmen, dass das System der Finger eher der rechten Gehirnhälfte zugeordnet werden könnte, da die Imitation und das Erkennen von Fingerstellungen in unserer Untersuchung keinen signifikanten Zusammenhang zur sprachlichen Ebene, nämlich dem AAT, aufzeigten.

Der Unterschied zwischen den Handstellungen und den Fingerstellungen lässt sich vermutlich von den zwei verschiedenen Gesichtspunkten einer räumlichen Analyse ableiten, von denen jeweils einer von der linken und einer von der rechten Gehirnhälfte unterstützt wird (*Goldenberg 2009; Goldenberg 2013*). Parietale Regionen in der linken Hirnhälfte sind für das body part coding notwendig, welches die wahrgenommene Fülle an demonstrierten Gesten auf eine Verknüpfung einer begrenzten Anzahl an Körperteilen reduziert. Eine Imitation von Handstellungen stellt hohe Herausforderungen an das body part coding, da hier viele Körperteile, wie zum Beispiel die Hand, das Gesicht, das Kinn, die Stirn usw. in eine Verbindung gesetzt werden müssen. Regionen in der rechten Hirnhälfte kommen wahrscheinlich zu tragen, wenn es eher auf eine genaue gleichzeitige räumliche Auffassung ankommt, wie es beispielsweise beim System der Fingerstellungen der Fall ist, da die einzelnen Finger beispielsweise mathematisch gesehen von eins bis fünf durchnummeriert werden können (*Goldenberg 2013*). Damit lässt sich der Abstand der Handstellungen zu den Fingerstellungen in der MDS weniger auf Semantik als auf den Unterschied body part coding vs. genaue gleichzeitige räumliche Auffassung zurückführen.

*Ideen zu Annahmen Liepmann's*

Gemäß einem Überblick von *Goldenberg 2009* über die letzten Forschungsergebnisse zum Thema Apraxie und dem Parietallappen ist die Beteiligung des Parietallappens beim Krankheitsbild der Apraxie umstritten. Zwei Folgerungen lassen sich aus der Mehrheit der betrachteten Studien ableiten: Erstens, im Gegensatz zu den Vorhersagen aller Varianten von Liepmann's Schema, ist der Einfluss einer parietalen Schädigung auf die Pantomime des Objektgebrauchs nicht einheitlich erkennbar oder sogar überhaupt nicht vorhanden. Zweitens, die Domänen, welche am meisten von parietalen Läsionen betroffen sind, sind das Imitieren von bedeutungslosen Gesten und der tatsächliche Werkzeug- und Objektgebrauch (welcher in dieser Arbeit nicht untersucht wurde). Diese Ergebnisse widersprechen laut *Goldenberg* nicht nur den Vorhersagen von Liepmann, sondern auch seinen Nachfolgern. Er geht sogar noch einen Schritt weiter, indem Zweifel am Versuch, Störungen bei der Imitation, bei bedeutungsvollen Gesten auf Aufforderung und beim Objektgebrauch, auf eine Ursache oder Läsion im Gehirn zu beschränken, erhoben werden. Er stellt ein System, welches für Planung und Ausführung einer Bewegung verantwortlich ist (*Liepmann 1905; Liepmann 1908*) in Frage. Es scheint besser zu sein, die Anforderungen einer Testaufgabe zu untersuchen und die Lokalisation der Schädigung für die jeweilige Domäne. Folglich wäre es hilfreich Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den Testanforderungen und den Orten der Hirnschädigungen zu finden. Diese Differenzierung der Testaufgaben hinsichtlich ihrer Anforderungen wurde in der vorliegenden Arbeit in Form einer MDS basierend auf den Korrelationen der Testaufgaben versucht herauszufinden (Semantik vs. Räumlichkeit). Eine über links- und rechtshemisphärisch hinausgehende Lokalisation der je Testaufgabe verantwortlichen Hirnareale bleibt für Folgestudien eine umfassende Forschungsaufgabe. *Goldenberg* stellt die Hypothese auf, dass eine Imitation von Gesten (und der Werkzeug- und Objektgebrauch) auf den Parietallappen aufgrund von Anforderungen an ein kategoriales Verständnis von räumlichen Gegebenheiten angewiesen ist. Ein sogenanntes „body part coding“ (*Goldenberg 2009*) spielt hier eine wichtige Rolle, da visuelle

Aspekte einer vorgemachten Geste in einfachere räumliche Beziehungen zwischen bestimmten Körperteilen umgewandelt werden. So eine Kodierung reduziere die Fülle an Informationen, welche das Arbeitsgedächtnis speichern muss bis die Ausführung einer motorischen Bewegung abgeschlossen ist. Außerdem könnte auch eine alternative semantische Route helfen, eine genaue Analyse räumlicher Beziehungen zwischen den Körperteilen zu umgehen. Diese Hypothesen konnten wie in den oberen Abschnitten dargelegt auch in der vorliegenden Arbeit unterstützt werden. Die Tatsache, dass ein gefordertes Verständnis räumlicher Körperteilbeziehungen plausibler erscheint als eine Abrufung von gespeicherten Bewegungen in Form von Engrammen, lässt letztlich Zweifel an dem ursprünglich von Liepmann konzipierten posterior-nach-anterior Strom der motorischen Kontrolle aufkommen.

## 5 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit hatte zum Ziel, Erkennen und Imitation/Produktion von Gesten bei linkshirngeschädigten Patienten mit Apraxie, einem klassischen neuropsychologischen Krankheitsbild mit Störungen im Werkzeug-, Objektgebrauch, der Produktion und Imitation von Gesten, zu untersuchen.

Die Auswahl der Testaufgaben in dieser Studie umfasst das Erkennen und Produzieren von Pantomime, das Erkennen und Imitieren von Hand- und Fingerstellungen und den Functional-Association-Test (FAT). Um die Apraxietestung mit dem bei linkshirngeschädigten Patienten oft zusammen auftretendem Krankheitsbild der Aphasie in Verbindung zu setzen, wurden für alle Patienten Resultate des Aachener-Aphasie-Tests (AAT) in die Auswertungen miteinbezogen. Für die Untersuchung wurden 30 Patienten mit zerebralen linkshemisphärischen Läsionen und 20 Kontrollen ausgewählt. Es wurde eine Einteilung der Patienten in „normal“ gegenüber „pathologisch“ vorgenommen.

Die Ergebnisse der Arbeit umfassen zuerst den Einfluss von Aphasie auf Apraxietests, des weiteren eine Bestätigung der Annahme *Erkennen einer Geste als Voraussetzung für deren Imitation/Produktion* und schließlich eine diese beiden Aspekte zusammenfassende Ähnlichkeitsabschätzung der durchgeführten Tests mittels Multidimensionaler Skalierung (MDS):

Die meisten pathologischen Resultate kamen bei der Kategorie Pantomime (Erkennen sowie Ausführen) und beim FAT zum Vorschein. Alle Untertests des AAT korrelierten ohne Ausnahme hoch signifikant mit den Testkategorien Pantomime Ausführen und Pantomime Erkennen, was eine enge Beziehung der Pantomime zur Sprache nahe legt. Ebenso zeigt die positive Korrelation zwischen allen AAT-Untertests und dem FAT die Bedeutung der sprachlichen Fähigkeiten beim FAT. Mit der Kategorie Fingerstellungen

zeigt der AAT keinen signifikanten Zusammenhang. Es scheint also, dass das Konzept der Fingerstellungen im Gehirn am wenigsten in Zusammenhang mit Sprache gebracht wird. Das Konzept von bedeutungsvollen Gesten (hier Pantomime) scheint hingegen besonders eng mit sprachlichen Fähigkeiten verschaltet zu sein. Damit konnte der Einfluss der Aphasie auf im klinischen Alltag verwendete Apraxietests quantifiziert werden.

Es wurden mehr Fehler bei den Handstellungen, sowohl Erkennen als auch Imitieren, als bei den Fingerstellungen begangen. Der Unterschied lässt sich vermutlich von den zwei verschiedenen Gesichtspunkten einer räumlichen Analyse ableiten, von denen jeweils einer von der linken und einer von der rechten Gehirnhälfte unterstützt wird. Eine Imitation von Handstellungen stellt hohe Herausforderungen an das body part coding, welches Input von parietalen Regionen in der linken Hirnhälfte bedarf. Regionen in der rechten Hirnhälfte kommen wahrscheinlich zu tragen, wenn es eher auf eine genaue gleichzeitige räumliche Auffassung ankommt, wie es bei den Fingerstellungen der Fall ist.

In der vorliegenden Studie wurden Erkenntnisse, dass linkshirngeschädigte Patienten mehr Schwierigkeiten bei der Imitation, als beim Erkennen aufweisen, näher untersucht und ausgebaut. Hierzu wurde die Hypothese *Erfolgreiche Perzeption ist eine Voraussetzung für Produktion* geprüft und gezeigt, dass eine hoch signifikant positive Korrelation zwischen Perzeption und Produktion für die Kategorien Pantomime und Fingerstellungen besteht. Anhand von graphischen Analysen konnte dargelegt werden, dass die Mehrheit der Patienten diese Hypothese stützt. Anhand von Einzelfallanalysen der Ausnahmen wurde anschließend *Erfolgreiche Produktion ohne vorausgegangene Perzeption* näher analysiert. Damit konnte die in der Einleitung vorgestellte These eines posterior-anterior Stroms Liepmann's in Frage gestellt werden. Dieses Ergebnis legt die Möglichkeit nahe Liepmann's Einteilung der Apraxie in Ideatorisch vs. Ideomotorisch durch eine Einteilung nach dem Inhalt der Gesten zu verfolgen.

Hierzu konnte anhand einer die Ergebnisse zusammenfassenden MDS eine quantitative Ähnlichkeitsabschätzung zwischen den Testkategorien erstellt werden. Dabei ergab sich neben einer Dimension Erkennen vs. Produzieren eine neue zweite Dimension zwischen den Testkategorien als Gegenüberstellung von Ansprüchen an semantisches Wissen und an räumliche Komplexität. Da man bestimmte inhaltliche Anforderungen an das Gehirn, bestimmten Arealen des Gehirns zuordnen kann, kann als Erklärung für die Aufteilung der Tests auch die Lokalisation der Hirnareale dienen. Pantomime und der FAT scheinen mehr Informationen der linken (geschädigten) Hemisphäre zu benötigen, während Fingerstellungen weniger auf die linke Hemisphäre angewiesen sind und daher weiter rechts (hier intakte Hemisphäre) angeordnet sind. Es erscheint sinnvoller, die Anforderungen einer Testaufgabe zu untersuchen und die Lokalisation der Schädigung für die jeweilige Domäne. Diese Differenzierung der Testaufgaben hinsichtlich ihrer Anforderungen (Semantik vs. Räumlichkeit) wurde in der vorliegenden Arbeit in Form der MDS dargestellt, bleibt jedoch für Folgestudien eine umfassende Forschungsaufgabe.

Die Tatsache, dass ein gefordertes Verständnis räumlicher Körperteilbeziehungen (body part coding) für Erkennen und Produktion von Gesten plausibler erscheint als eine in der Einleitung vorgestellte Abrufung von gespeicherten Bewegungen in Form von Engrammen, stellt letztlich den ursprünglich von Liepmann konzipierten posterior-nach-anterior Strom der motorischen Kontrolle einer Geste erneut in Frage.

## 6 Literaturverzeichnis

Brodmann, K. "Vergleichende Lokalisationslehre der Großhirnrinde." (1909).

Buxbaum, L. J., Kyle, K. M., & Menon, R. "On beyond mirror neurons: internal representations subserving imitation and recognition of skilled object-related actions in humans." *Cognitive Brain Research* 25.1 (2005) 226-239.

Daumüller, M., & Goldenberg G. "Therapy to improve gestural expression in aphasia: a controlled clinical trial." *Clinical Rehabilitation* 24.1 (2010) 55-65.

Geschwind, N. "The Apraxias: Neural Mechanisms of Disorders of Learned Movement: The anatomical organization of the language areas and motor systems of the human brain clarifies apraxic disorders and throws new light on cerebral dominance." *American Scientist* 63.2 (1975) 188-195.

Goldenberg, G. "Apraxia and the parietal lobes." *Neuropsychologia* 47.6 (2009) 1449-1459.

Goldenberg, G. "Apraxia in left-handers." *Brain* 136.8 (2013) 2592-2601.

Goldenberg, G. "Defective imitation of gestures in patients with damage in the left or right hemispheres." *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* 61.2 (1996) 176-180.

Goldenberg, G. "Fortschritte der Neuropsychologie", Apraxien, Hogrefe Verlag, Göttingen (2011), Band 10, 1-9.

Goldenberg, G. "Imitating gestures and manipulating a mannikin—the representation of the human body in ideomotor apraxia." *Neuropsychologia* 33.1 (1995) 63-72.

Goldenberg, G. "Matching and imitation of hand and finger postures in patients with damage in the left or right hemispheres." *Neuropsychologia* 37.5 (1999) 559-566.

Goldenberg, G. "Apraxia and beyond: life and work of Hugo Liepmann." *Cortex* 39.3 (2003) 509-524.

Goldenberg, G. "Neuropsychologie: Grundlagen, Klinik, Rehabilitation." Urban & Fischer Verlag, München (2007), 4. Auflage, 71-165.

Goldenberg, G., & Hagmann, S. "The meaning of meaningless gestures: A study of visuo-imitative apraxia." *Neuropsychologia* 35.3 (1997) 333-341.

Goldenberg, G., Hartmann, K., & Schlott, I. "Defective pantomime of object use in left brain damage: apraxia or asymbolia?." *Neuropsychologia* 41.12 (2003) 1565-1573.

Goldenberg, G., Hermsdörfer, J., Glindemann, R., Rorden, C., & Karnath, H. O. "Pantomime of tool use depends on integrity of left inferior frontal cortex." *Cerebral Cortex* 17.12 (2007) 2769-2776.

Goldenberg, G., & Karnath, H. O. "The neural basis of imitation is body part specific." *The Journal of neuroscience* 26.23 (2006) 6282-6287.

Goldenberg, G., Münsinger, U., & Karnath, H. O. "Severity of neglect predicts accuracy of imitation in patients with right hemisphere lesions." *Neuropsychologia* 47.13 (2009) 2948-2952.

Gonzalez Rothi, L. J., Ochipa, C., & Heilman, K. M. "A cognitive neuropsychological model of limb praxis." *Cognitive Neuropsychology* 8.6 (1991) 443-458.

Halsband, U., Schmitt, J., Weyers, M., Binkofski, F., Grützner, G., & Freund, H. J. "Recognition and imitation of pantomimed motor acts after unilateral parietal and premotor lesions: a perspective on apraxia." *Neuropsychologia* 39.2 (2001) 200-216.

Heilman, K. M., Rothi, L. J., & Valenstein, E. "Two forms of ideomotor apraxia." *Neurology* 32.4 (1982) 342-342.

Heilman, K.M. & Rothi, L. J.G. Apraxia. In K.M. Heilman & E. Valenstein (Eds.). *Clinical Neuropsychology*, Oxford University Press, New York (1993) 141-164.

Hout, M. C., Papesh, M. H., & Goldinger, S. D. "Multidimensional scaling." *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science* 4.1 (2013) 93-103.

Huber, W., Poeck, K., & Willmes, K. "The Aachen Aphasia Test." *Advances in neurology* 42 (1984) 291.

Kolominsky-Rabas, P. L., & Heuschmann, P. U. "Inzidenz, Ätiologie und Langzeitprognose des Schlaganfalls." *Fortschritte der Neurologie- Psychiatrie* 70.12 (2002) 657-662.

Liepmann, H. "Die linke Hemisphäre und das Handeln." *Muenchener Medizinische Wochenschrift* 49 (1905) 2375-2378.

Liepmann, H. "Drei Aufsätze aus dem Apraxiegebiet“: (Kleine Hilfsmittel bei der Untersuchung von Gehirnkranken [1905]; Die linke Hemisphäre und das Handeln [1905];

Über die Funktion des Balkens beim Handeln und die Beziehungen von Aphasie und Apraxie zur Intelligenz [1907]). Karger (1908).

Tessari, A., Canessa, N., Ukmar, M., & Rumiati, R. I. "Neuropsychological evidence for a strategic control of multiple routes in imitation." *Brain* 130.4 (2007) 1111-1126.

Weiss-Blankenhorn, P. H., & Fink, G. R. "Neue Erkenntnisse zur Pathophysiologie der Apraxien durch funktionelle Bildgebung." *Fortschritte der Neurologie·Psychiatrie* 76.07 (2008) 402-412.

## 7 Anhang

### Patientenbogen

Name: M / W

Geburtsdatum: Tag der Untersuchung:

Zeit seit Läsion (in Wochen):

Ischämie - Blutung - andere:

Hemiparese:

Hemianopsie:

Neglect:

Aphasie (Typ):

TT	REPETITION	WRITTEN	NAMING	COMPREHEN SION

Imitation Hand	Hanstellungen erkennen	Pantomime produzieren	Pantomime erkennen	Functional Association
Imitation Finger	Fingerstellungen erkennen			

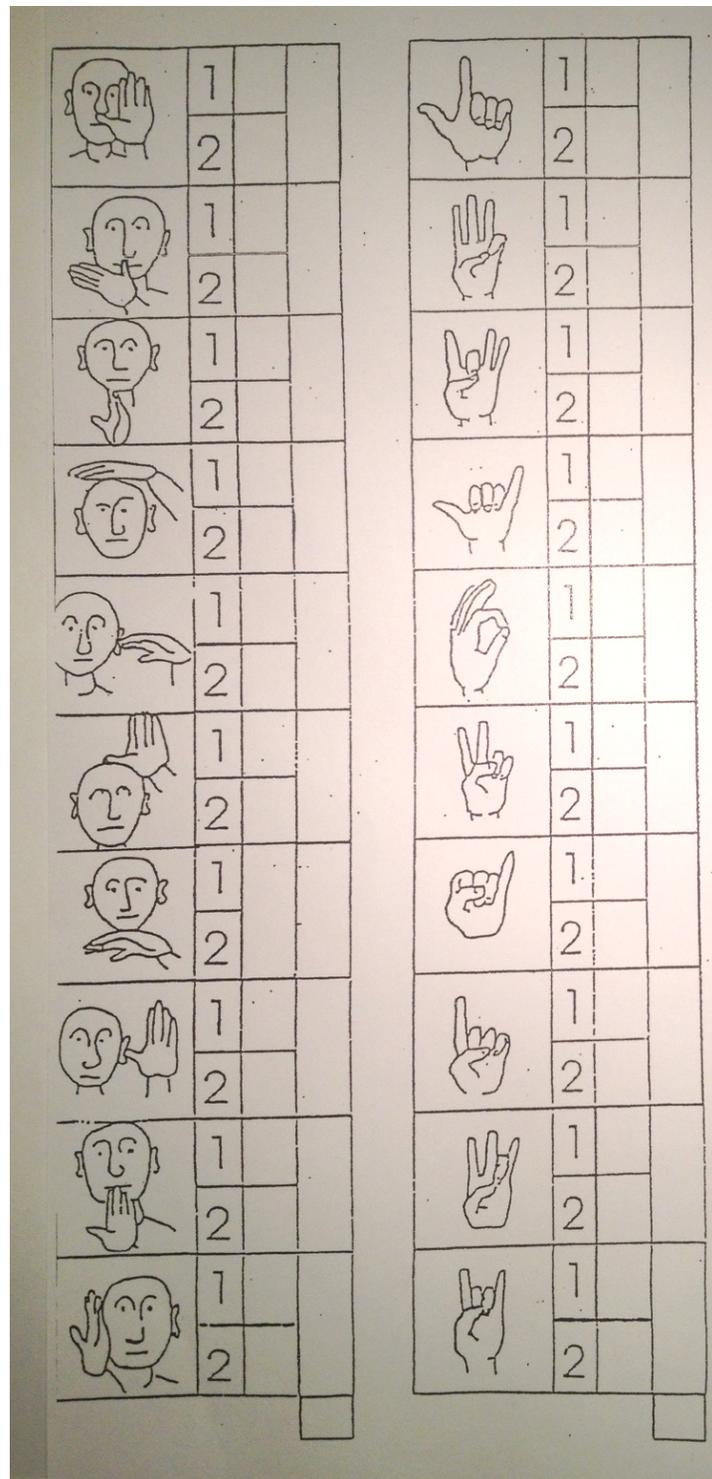
**Pantomime produzieren**

Nr	Pantomime	Griff und Bewegung	Punkte
1	Wie man eine Glühbirne einschraubt	Griff: - Sphärischer Griff (Raum für Glühbirne) Bewegung: - Repetitive Rotation des Unterarms um die Längsachse	1
			1
			/2
2	Wie man sich mit einer Zahnbürste die Zähne putzt	Griff:- Lateralgriff oder enger Zylindergriff Bewegung: - repetitive Bewegung - Abstand vom Mund (zw. 2 und 10 cm wegen Zahnbürste)	1
			1
			1
/3			
3	Wie man mit einem Hammer einen Nagel einschlägt	Griff: - Enger Zylindergriff oder Lateralgriff Bewegung: - Schlagbewegung (Auf- und Abbewegung) aus dem Ellenbogen - Die Bewegung muss vor dem Tisch anhalten	1
			1
			1
/3			
4	Wie man mit einem Schlüssel ein Schloss aufsperrt	Griff: - Lateralgriff Bewegung: - Rotation des Unterarms in Längsachse	1
			1
			/2
5	Wie man mit einem Bleistift schreibt	Griff: - Pinzettengriff in Richtung Tisch Bewegung: - Repetitive, kleinamplitudige Bewegung parallel zum Tisch - Abstand der Finger zum Tisch	1
			1
			1
/3			
6	Wie man einen Apfel isst	Griff: - Sphärischer Griff - Handinnenseite zum Körper zeigend Bewegung: - Bewegung hin zum Mund mit Abstand zum Mund	1
			1
			1
/3			
7	Wie man sich mit einem Kamm die Haare kämmt	Griff: - Lateralgriff Bewegung: - Repetitive Bewegung tangential zum Kopf - Abstand zum Kopf (zusätzliches Streichen über den Kopf/Fahren durch die Haare ist gestattet)	1
			1
			1
/3			
8	Wie man mit einer Gießkanne Blumen gießt	Griff: - Enger Zylindergriff oder Lateralgriff Bewegung: - Bewegung der Hand in oder zu annähernd (45°) waagrechter Stellung	1
			1

			/2
9	Wie man mit einer Schere ein Blatt Papier durchschneidet	Griff: - Finger abgewinkelt mit Opposition des Daumens Bewegung: - Öffnungs- und Schließbewegung - Bewegung senkrecht zum Tisch - Vorwärtsbewegung mit dem Arm	1
			1
			1
			1
			/4
10	Wie man eine Pfeife raucht	Griff: - Raum für Pfeife zwischen Daumen und Zeigefinger, andere Finger sind leicht angewinkelt Bewegung: - Bewegung der Hand zum Mund - Abstand vom Mund	1
			1
			1
			1
			/3
11	Wie man mit einem Löffel den Kaffee umrührt	Griff: - Pinzettengriff nach unten gerichtet Bewegung: - Mehrmalige Drehbewegung aus dem Handgelenk - Abstand zum Tisch	1
			1
			1
			1
			/3
12	Wie man mit einem Pinsel malt	Griff: - Lateralgriff oder Pinzettengriff Bewegung: - Repetitives Hin- und Herbewegen oder Auf- und Abbewegen der Hand oder des Arms	1
			1
			1
			/2
13	Wie man mit einem Schraubenzieher eine Schraube reindrehrt	Griff: - Lateralgriff Bewegung: - Griff ist in Verlängerung der Achse - repetitive Rotation um die Längsachse des Unterarms	1
			1
			1
			1
			/3
14	Wie man eine Zitrone auspresst	Griff: - Sphärischer Griff, Handfläche und Finger zeigen nach unten Bewegung: - Drehbewegung der Hand - Abstand vom Tisch	1
			1
			1
			1
			/3
15	Wie man mit einem Bügeleisen bügelt	Griff: - Enger Zylindergriff, bei proniertem Arm Bewegung: - großamplitudige Bewegung der Hand parallel zum Tisch - Abstand vom Tisch	1
			1
			1
			1
			/3
16	Wie man aus einem Glas trinkt	Griff: - Senkrechter weiter Zylindergriff Bewegung: - Bewegung bis kurz vor den Mund - Kippbewegung der Hand	1
			1
			1
			1
			/3

## 7 Anhang

17	Wie man Pfeile (von einem Dart-Spiel) wirft	Griff: - Pinzettengriff Bewegung: - Wurfbewegung der Hand oberhalb der Schulter - Öffnen der Hand	1
			1
			/3
18	Wie man Klavier spielt	Griff: - geöffnete Hand, Handfläche zeigt nach unten, Finger hängen leicht nach unten (gilt für beide Hände falls möglich) Bewegung: - Auf- und Abbewegung der Hände oder Finger	1
			1
			/2
19	Wie man durch ein Fernglas sieht	Griff: - Weiter Zylindergriff, Handrücken zeigt nach außen, Abstand zwischen Daumen und Zeigefinger Bewegung: - Bewegung hin zu den Augen - Abstand von den Augen	1
			1
			/3
20	Wie man mit einer Säge sägt	Griff: - Enger Zylindergriff mit Arm in Mittelstellung (senkrecht) Bewegung: - repetitive großamplitudige Bewegung in Sagittalebene	1
			1
			/2
<b>Gesamtpunkte</b>			<b>/55</b>

Handstellungen imitieren - Fingerstellungen imitieren

**Pantomime erkennen**

	<b>Pantomime</b>	<b>Auswahl- Objekte</b>				<b>Richtig/ Falsch erkannt</b>
1	Schreiben mit einem Bleistift	Darts	Schraubenzieher	Bleistift	Nähnadel	
2	Bügeln mit einem Bügeleisen	Bügeleisen	Säge	Hammer	Gießkanne	
3	Gießen mit einer Gießkanne	Bürste	Gießkanne	Schraubenzieher	Hammer	
4	Kämmen mit einem Kamm	Zahnbürste	Kamm	Tasse	Darts	
5	Sägen mit einer Säge	Hammer	Schere	Radiergummi	Säge	
6	Schneiden mit einer Schere	Gießkanne	Schlüssel	Schere	Messer	
7	Hämmern mit einem Hammer	Hammer	Pinsel	Säge	Zahnbürste	
8	Mit einem Schlüssel ein Schloss aufsperrn	Bleistift	Zitrone	Schlüssel	Glühbirne	
9	Zähneputzen mit einer Zahnbürste	Bleistift	Zahnbürste	Kamm	Schraubenzieher	
10	Malen mit einem Pinsel	Tasse	Bleistift	Hammer	Pinsel	

Punktzahl \_\_\_\_\_

Handstellungen erkennen

<b>Bilder- Gruppe</b>	<b>1 3</b>	<b>2 4</b>	<b>Antwort richtig?</b>
<b>1</b>		4	
<b>2</b>		2	
<b>3</b>		1	
<b>4</b>		2	
<b>5</b>		4	
<b>6</b>		3	
<b>7</b>		3	
<b>8</b>		4	
<b>9</b>		1	
<b>10</b>		1	

Punktzahl \_\_\_\_\_

**Fingerstellungen erkennen**

<b>Bilder- Gruppe</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>Antwort richtig?</b>
<b>1</b>				2	
<b>2</b>				3	
<b>3</b>				1	
<b>4</b>				3	
<b>5</b>				2	
<b>6</b>				1	
<b>7</b>				4	
<b>8</b>				4	
<b>9</b>				4	
<b>10</b>				1	

Punktzahl

**Functional-Association-Test**

	<b>Items</b>					<b>Richtig/ Falsch</b>
<b>1</b>	Bleistift	Locher	Zeitung	Adressbuch	Ordner	
<b>2</b>	Bügeleisen	Haar	Knopf	Wäsche	Pflaster	
<b>3</b>	Gießkanne	Pflanze	Zwiebel	Bierkrug	Maßband	
<b>4</b>	Kamm	Hand	Haar	Pflanze	Schuh	
<b>5</b>	Säge	Zwiebel	Bleistift	Bürste	Ast	
<b>6</b>	Schere	Maßband	Adressbuch	Milchtüte	Zitrone	
<b>7</b>	Hammer	Nagel	Zeitung	Knopf	Schraube	
<b>8</b>	Schlüssel	Schraube	Bleistift	Schloss	Säge	
<b>9</b>	Zahnbürste	Schuh	Haar	Zähne	Adressbuch	
<b>10</b>	Pinsel	Adressbuch	Nagel	Palette	Schuh	

Punktzahl \_\_\_\_\_

---

## Lebenslauf

### **Sonja Christina Hovorka**

geb. 18.12.1988 in München  
ledig, deutsch

1995 - 1999	Grundschule Gars am Inn
1999 - 2008	Gymnasium Gars am Inn, Bayern, Abitur
2008 - 2010	Humanmedizin an der <b>LMU München (Vorklinik)</b> Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
2010 - 2015	Humanmedizin an der <b>TU München (TUM, Klinik)</b> Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
2014 - 2015	<b>Praktisches Jahr</b> Augenheilkunde, Univ.-Klinikum rechts der Isar, TUM Chirurgie (Viszeral- u. Notfallzentrum), Klinikum Bogenhausen, TUM Innere Medizin (Gastroenterologie, Nephrologie), Unispital Zürich Innere Medizin (Kardiologie), Univ.-Klinikum rechts der Isar, TUM
06/2015	Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung <b>Approbation als Ärztin</b>
Seit 10/2015	<b>Assistenzärztin Augenklinik, Facharztausbildung Augenheilkunde, Klinikum rechts der Isar, TU München</b>

## **Danksagung**

Mein ausdrücklicher Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Georg Goldenberg für die Überlassung des Themas, die umfassende und geduldige Betreuung, die Hilfe bei der Auswahl der Patienten von Station und der Tagklinik der Neuropsychologischen Abteilung, sowie die freundliche Unterstützung meiner Arbeit.

Den Mitarbeitern der Klinik für Neuropsychologie des Klinikums Bogenhausen danke ich für die wohlwollende und stets freundliche Arbeitsatmosphäre.

Außerdem danke ich allen Patienten für die Mitarbeit.

Ich möchte mich besonders bei meinen Eltern und dem besten Bruder der Welt bedanken, die mich jederzeit unterstützt und in jeder Lebenslage motiviert haben und somit wesentlich zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen haben. Ich danke euch von ganzem Herzen!