

Aus der Abteilung für Neuropsychologie
des Krankenhauses München-Bogenhausen
Lehrkrankenhaus des Universitätsklinikums *München rechts der Isar*
(Chefarzt: apl. Prof. Dr. G. Goldenberg)

**Vergleich der Imitation und Perzeption von Gesten der Finger, der Hand
und des Fußes bei Patienten mit links- oder rechtszerebralen Läsionen**

Stefan Strauß

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. D. Neumeier

Prüfer der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. G. Goldenberg
2. Univ.-Prof. Dr. B. Conrad

Die Dissertation wurde am 21.10.2002 bei der Technischen Universität München eingereicht
und durch die Fakultät für Medizin am 15.01.2003 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Theoretischer Teil	3
1.1 Definition der Apraxie	
1.2 Klassische Apraxiemodelle und Apraxietheorien	5
1.3 Zerebrale Dominanz für Sprache und motorische Kontrolle	12
1.4 Funktionelle Neuroanatomie - Neuroanatomische Korrelate der Apraxie	14
1.5 Neuere Apraxiemodelle	17
2. Zielsetzung	22
3. Datenerhebung und Methode	27
3.1 Datenerhebung und Untersuchung der Patienten	27
3.2 Methodik	29
3.2.1 Aufbau des Tests	29
3.2.2 Bewertung der Testergebnisse	34
3.2.3 Datenauswertung und statistische Tests	35
4. Ergebnisse	36
4.1 Beschreibung der demographischen und klinischen Daten	36
4.2 Testergebnisse	39
4.2.1 Testergebnisse für Hand, Fuß und Finger in Abhängigkeit von der Modalität des Testens	39
4.2.1.1 Vergleich der Imitation zwischen den einzelnen Gruppen	39
4.2.1.2 Vergleich der Perzeption zwischen den einzelnen Gruppen	43
4.2.1.3 Globaler Vergleich der Imitation und Perzeption zwischen den einzelnen Gruppen	46
4.2.2 Überblick über die bisherigen Ergebnisse	48

4.2.3	Einzelfallanalyse	50
4.2.4	Vergleich der Testergebnisse für Hand, Fuß und Finger innerhalb der einzelnen Gruppen	55
4.2.4.1	Vergleich der Testergebnisse der Imitation und Perzeption für Hand, Fuß und Finger innerhalb der Gruppe mit LZL	55
4.2.4.2	Vergleich der Testergebnisse der Imitation und Perzeption für Hand, Fuß und Finger innerhalb der Gruppe mit RZL	57
4.2.5	Vergleich der Testergebnisse für Hand, Finger und Fuß unabhängig von der Modalität des Testens	58
4.2.6	Verteilung der Testergebnisse in Abhängigkeit von der intrazerebralen Lokalisation der Läsion	60
4.2.7	Vergleich der Achsenbewegungen mit den Handstellungen bei Patienten mit LZL und eindeutigen Hinweis auf visuoimitative Apraxie	62
4.2.8	Korrelationen der Testergebnisse innerhalb der Patientengruppen	62
5.	Diskussion	65
5.1	Vergleich der Testergebnisse zwischen den Patientengruppen	68
5.2	Betrachtung der Testergebnisse innerhalb der einzelnen Gruppen	74
5.2.1	Betrachtung der Testergebnisse innerhalb der Gruppe mit LZL	74
5.2.2	Betrachtung der Testergebnisse innerhalb der Gruppe mit RZL	75
5.2.3	Korrelationen zwischen den beiden Testmodalitäten innerhalb der Gruppen	76
5.3.	Einfluss der intrazerebralen Lokalisation der Läsion auf die Testleistungen	78
5.4.	Testergebnisse für die Achsenbewegungen	79
6.	Zusammenfassung	81
	Liste der verwendeten Abkürzungen	85
	Literatur	86
	Lebenslauf	90

1. Theoretischer Teil

Bei zerebrovaskulären Erkrankungen treten relativ häufig klassische neuropsychologische Störungen auf. Einige dieser Störungen können unabhängig von der Seite der Läsion auftreten, wie z. B. Gedächtnisprobleme oder Frontalhirnsyndrome. Andere Syndrome sind dagegen typisch für rechts- oder linkshemisphärische Läsionen, wobei die linke Hemisphäre als dominant vorausgesetzt wird. Während sich bei entsprechenden linkszerebralen Läsionen typischerweise Aphasien, Agraphien, Akalkulien und sehr häufig auch Apraxien finden, treten bei entsprechenden rechtshemisphärischen Läsionen oft ein Neglect, eine visuo-konstruktive Störung oder gelegentlich eine aufgehobene emotionale Prosodie auf. Über das Auftreten apraktischer Störungen bei rechtszerebralen Läsionen herrscht Uneinigkeit unter den Autoren, so wird in dem weit verbreiteten, von Heilmann herausgegebenen Lehrbuch der Neuropsychologie das Phänomen von apraktischen Störungen nach rechtshemisphärischen Läsionen nicht erwähnt.

Beginnen wollen wir mit einer kurzen Einführung des Begriffs der Apraxie. Zunächst soll er klinisch definiert werden und anschließend einige Möglichkeiten der Testung auf Apraxie beschrieben werden.

1.1 Definition der Apraxie

Für die grosse Mehrheit der klinischen Situationen kann folgende operationale Definition der Apraxie verwendet werden (Geschwind und Damasio, 1985): Die fehlerhafte motorische Bewegung auf ein verbales Kommando oder die fehlerhafte Imitation einer durch den Untersucher demonstrierten Bewegung bzw. Geste oder die fehlerhafte pantomimische Demonstration eines Werkzeuggebrauchs (transitive Geste) auf ein visuell dargebotenes Werkzeug hin oder ein fehlender korrekter Objektgebrauch. Allerdings muss ausgeschlossen werden, dass die Ursache für diese Störung eine Parese, ein sensorisches Defizit, ein pathologischer Muskeltonus, eine extrapyramidal-motorische Störung oder ein

Intelligenzdefekt ist oder dass die Störung insbesondere bei der verbaler Aufforderung ihre Ursache in einer Störung des Sprachverständnisses hat, also z. B. eine sensorische Aphasie vorliegt. Eine einfache Abgrenzung gegenüber den genannten grundlegenden motorischen Störungen besteht darin, dass bei der Apraxie auch die zur Läsion ipsilateralen Extremitäten bzw. bei der bukkofazialen Apraxie auch die ipsilaterale Gesichtshälfte mitbetroffen ist.

Klassifiziert wird die Apraxie der Extremitäten sowohl durch die Art der vom Patienten begangenen Fehler, als auch durch die Untersuchungsmittel, durch die diese Fehler festgestellt werden. Häufig wird ein Test auf Extremitätenapraxie verwendet.

Die *Pantomime von Objektgebrauch* gehört zum klassischen Repertoire des Tests. Die Aufforderung kann dabei verbal erfolgen oder durch Zeigen des Objekts verdeutlicht werden.

Echter *Werkzeug- und Objektgebrauch* werden durch tatsächliches Ausführen der Handlung getestet. Das Testen von *symbolischen Gesten*, also von Gesten mit festgelegter symbolischer Bedeutung (z. B. „Winken“), kann nur auf verbale Aufforderung hin geprüft werden.

Dagegen erfolgt das Imitieren von *bedeutungslosen Gesten* unter Umgehung des Sprachverständnisses. Bei dem Test auf Extremitätenapraxie sollte daher diesem Aufgabentyp immer Vorrang gegeben werden oder er sollte in die Apraxieprüfung mit aufgenommen werden.

Apraxie tritt relativ häufig nach linkshemisphärischen Läsionen im Versorgungsgebiet der Arteria cerebri media auf. Bei etwa 75% von Patienten mit diesen Läsionen tritt im Akutstadium ein unterschiedlicher Schweregrad an ideomotorischer Apraxie auf (Hanlon, 1994), die durch eine fehlerhafte Ausführung von bedeutungslosen oder bedeutungsvollen Gesten oder pantomimischer Demonstration von Objektgebrauch gekennzeichnet ist. Die Apraxie ist häufig mit einer Aphasie assoziiert, jedoch besteht kein kausaler Zusammenhang.

1.2 Klassische Apraxiemodelle und Apraxiethorien

Der deutsche Neurologe Hugo Liepmann, ein Schüler Carl Wernickes, beschrieb vor 100 Jahren ein zwar schon bekanntes, aber erstmals von ihm als „motorisches Problem“ erkanntes neuropsychologisches und neurologisches Phänomen bei einem seiner Patienten. Dieses Phänomen wurde erstmals Ende des 19. Jahrhunderts von Steinthal (1881) mit dem Begriff Apraxie benannt und von den Autoren vor Liepmann zur Erklärung als motorische Asymbolie bezeichnet. Gegenwärtige Vorstellungen über die Apraxie stammen größtenteils immer noch von den klassischen Arbeiten Liepmanns (1905, 1908). Er postulierte, dass die Vorstellung von der motorischen Aktion oder die Bewegungsformel, d. h. das räumlich-zeitliche Bild der Bewegung, im linken Parietallappen gespeichert ist. Um eine zweckgerichtete Bewegung auszuführen, muss der „Raum-Zeit-Plan“ abgerufen werden und über kortikale Verbindungen mit den Innervationsmustern verbunden werden. Diese sind im linken „Sensomotorium“ (dem Gyrus präzentralis und postzentralis und dem Fuß der oberen, mittleren und unteren frontalen Windungen) gespeichert, das die Information über die Bewegungsformeln zum linken primär motorischen Cortex übermittelt. Wenn die linke Extremität eine Bewegung ausführt, muss die Information vom linken zum rechten „Sensomotorium“ durch das Corpus Callosum gelangen, um den rechten motorischen Cortex zu aktivieren (Liepmann, 1905). Pick traf schon vor Liepmann die fast schon historische Unterscheidung in ideatorische und motorische Apraxie (auch ideokinetische Apraxie), wobei letztere Form in der modernen Literatur mit dem Begriff ideomotorische Apraxie bezeichnet wurde. Unter ideatorischer Apraxie, wenn gleichsam der Plan für die Bewegung fehlt, versteht man nach Liepmann diejenige Form, bei der es zu einer Unterbrechung des zeitlich-räumlichen Plans oder seiner Aktivierung kommt, so dass es unmöglich sei, den Plan für die Bewegung zu konstruieren. Im Gegensatz dazu wäre bei ideomotorischer Apraxie der Raum-Zeitplan intakt, aber dieser könne nicht länger die Innervationsengramme steuern, die die Bewegungen in Gang setzen, weil die

dazugehörigen Verbindungen unterbrochen sind. Der Patient wisse zwar, was er tun wolle, aber nicht, wie er es tun solle.

Nach Heilmann (2002) - wobei Liepmann allerdings nicht dieser Meinung war - waren viele Apraxieforscher bis vor etwas 30 Jahren der Ansicht, dass die Apraxie als Störung im Umgang mit Symbolen aufzufassen sei. Es wurde angenommen, dass der linken Hemisphäre eine wesentliche Bedeutung beim Symbolgebrauch zukommt. Während die Aphasie als Unfähigkeit der korrekten Anwendung von Sprachsymbolen gesehen wurde, wurde angenommen, dass bei der Apraxie die Anwendung von symbolischen Gesten gestört sei. Aus dem Blickwinkel des fehlerhaften Gestengebrauchs bei der Aphasie und ebenso bei der Apraxie wurde in der Literatur zur Liepmanns Zeit (Finkelnburg, 1870), wie erwähnt, die Apraxie anfangs als motorische Asymbolie bezeichnet. Zwei Haupteinwände sind jedoch gegen dieses Modell der Apraxie vorzubringen. Apraktische Patienten haben auch bei tatsächlichem Objektgebrauch Schwierigkeiten, darüber hinaus gibt es aus der Erfahrung in der klinischen Praxis Patienten mit Aphasien, die keine Apraxien haben und selten auch Patienten mit Apraxien ohne Aphasien. Wenn zwei Syndrome in ihrem Vorkommen dissoziieren, dann kann es nicht nur eine Ursache oder einen Mechanismus für beide geben. Die genannte Asymbolie kommt somit nicht als gemeinsame Ursache für beide Störungen in Frage.

Damals fanden Liepmanns Entdeckung international nur geringe Beachtung, im deutschsprachigen Raum jedoch wurden seine Forschungsergebnisse von einigen anderen Autoren unterstützt (Goldstein, 1908, Bonhoeffer, 1914). Norman Geschwind hat bei seiner Untersuchung von Patienten mit bestimmten Läsionen des Corpus Callosum die Arbeiten Liepmanns wiederentdeckt und das Interesse der Neurowissenschaftler weltweit auf das Phänomen der Apraxie gelenkt. Anfang der sechziger Jahre (N. Geschwind and E. Kaplan, 1962) erschien die grundlegende Arbeit über die Apraxie. Seitdem erschienen zahlreiche

Artikel in Fachbüchern und Publikationen von Neurologen, Neuropsychologen und Psychiatern über Apraxie.

Deshalb soll zunächst der Literaturüberblick vertieft werden und teilweise auch entgegengesetzte Positionen von Autoren gegenübergestellt werden.

Anführen wollen wir die bahnbrechende und lange Zeit unumstritten anerkannte Arbeit "Neural Mechanisms of Disorders of Learned Movement" von N. Geschwind (1975), in der er anhand von Einzelfalluntersuchungen ein anatomisches Modell für die Apraxie beschreibt und auch motorische Systeme einbezieht, die von der Apraxie weniger stark betroffen sind. Er folgt dabei Liepmanns Interpretationen und entwickelt ein neuronales Modell für die Apraxie, das dem von Wernicke für die Sprachverarbeitung vorgeschlagenen ähnelt.

Geschwind beschreibt also an einem Patienten mit Balkenapraxie ein anatomisches Modell der Apraxie. Dieser Patient war größtenteils unfähig mit seinem linken Arm pantomimische Bewegungen auf Kommando, wie z. B. "Zeigen Sie mir, wie Sie sich die Haare kämmen", auszuführen. Er zeigte dabei entweder keine Bewegung oder reagierte mit einer völlig unangepassten Bewegung. Sollte er dagegen mit seinem rechten Arm diese pantomimischen Bewegungen ausführen, bereitete ihm dies keinerlei Schwierigkeiten. Unter anderen Untersuchungsbedingungen, bei der visuellen Darbietung dieser transitiven Gesten oder bei dem Test auf Objektgebrauch, beging der Patient auch mit dem linken Arm keinen Fehler. Dieses jetzt völlig korrekte Durchführen von Bewegungsabläufen mit dem linken Arm schloß als Ursache des Versagens eine Schwäche, mangelnde Koordinationsfähigkeit oder eine andere grundlegende Störung, die den linken Arm betrifft, aus. Ebenso schloß der normale Gebrauch des rechten Arms bei verbalem Kommando für die geforderten Gesten fehlendes Verständnis, Unaufmerksamkeit oder mangelnde Kooperation des Patienten aus. Hierbei handelt es sich aufgrund der anatomischen Lokalisation der Läsion, auf die im folgenden eingegangen wird, um eine Sonderform der Apraxie.

Aufgrund der speziellen anatomischen Lokalisation der Läsion dieses Patienten entwickelt Geschwind sein Modell der Apraxie, von dem er annimmt, dass es für alle Apraxieformen gültig sei. Der geschilderte Patient hatte eine postmortal bestätigte Läsion der vorderen vier Fünftel des Corpus Callosum. Geschwind beginnt mit der Beschreibung der anatomischen Verbindungen bzw. der Bahnen, die es ermöglichen, motorische Bewegungen auf verbales Kommando auszuführen.

Abbildung 1.1

Geschwinds anatomisches Modell der Apraxie (aus Geschwind, 1975).

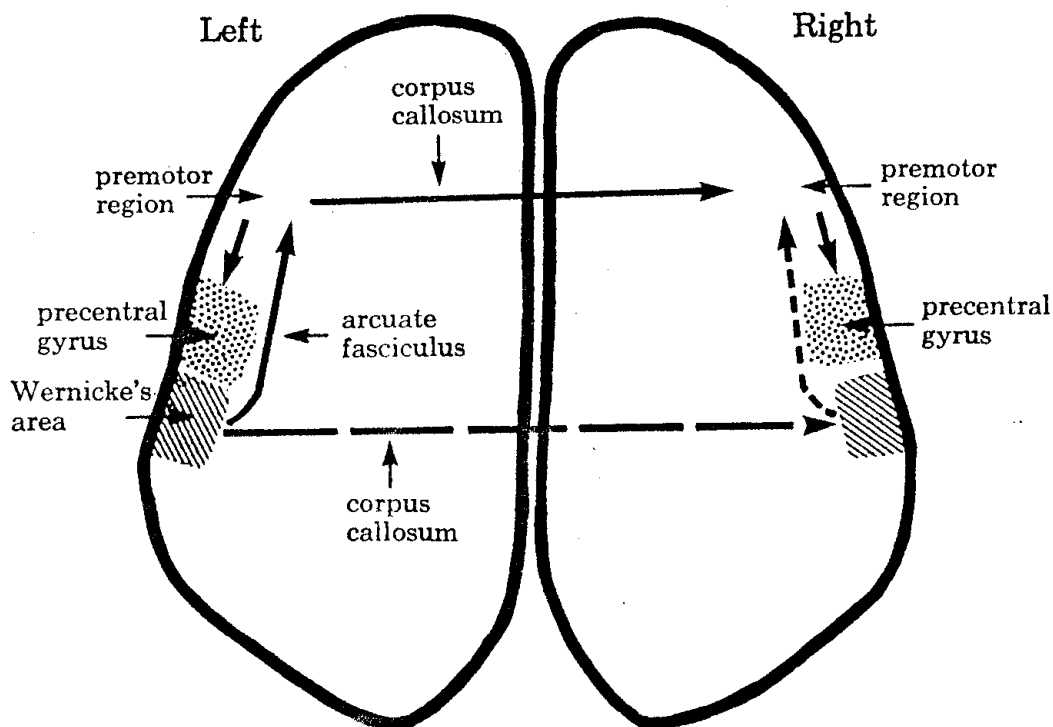


Figure 2. Human brain viewed from above showing the intrahemispheric callosal pathways (color) used in carrying out movements with the right or left limbs in response to verbal command.

Auch die folgenden Ausführungen beziehen sich auf Geschwind (1975). Wie in den vergangenen 100 Jahren durch eine Vielzahl von Untersuchungen gezeigt, werden bei der überwiegenden Mehrzahl aller Menschen die Fähigkeiten für das Verständnis und die Produktion der Sprache von der linken Hemisphäre vermittelt. Die Region, die als Wernicke

Areal bekannt ist, ist gewöhnlich beim Erfassen der gesprochenen Sprache beteiligt und dafür verantwortlich. Wenn also eine Person eine Anweisung erhält, eine Bewegung mit der rechten Hand auszuführen, wird diese Anweisung wahrscheinlich vom Wernicke Areal durch den unteren Parietallappen zur linken prämotorischen Region weitergeleitet. Die prämotorische Region wiederum dürfte die primär motorische Hirnrinde, aus der die Pyramidenbahn entspringt, kontrollieren.

Wenn einer Person ein Kommando gegeben wird, das sie mit ihrer linken Hand ausführen soll, gelangt die Anweisung zunächst durch das Wernicke Areal in die linke Hemisphäre. Zwei alternative Verbindungen bzw. Wege könnten von diesem Punkt aus eingeschlagen werden. Die eine geht vom Wernicke Areal zur linken prämotorischen Region, von dort über das Corpus Callosum zur prämotorischen Region der rechten Hemisphäre, und von dort zum rechtem Gyrus präzentralis, der die linken Extremitäten kontrolliert. Die andere alternative Verbindung, sie wird in der Abbildung 1.1 durch eine gestrichelte Linie angezeigt, geht vom Wernicke Areal zu der korrespondierenden Region der rechten Hemisphäre und von dort zum rechten prämotorischen Kortex und zum Gyrus präzentralis. Die alternative Verbindung dürfte nicht diejenige sein, die vornehmlich genutzt wird, da eine Schädigung dieser Verbindung – bei Erhalt der weiter rostral gelegenen Verbindung – nicht zur Apraxie des linken Armes (abgesehen von wenigen Ausnahmen) führt. Bei dem von Geschwind mitgeteilten Patienten konnte die verbale motorische Aufforderung als Folge der Zerstörung der Corpus Callosum nicht mehr die rechte Hemisphäre erreichen und folglich war eine korrekte Antwort der linken Extremitäten nicht mehr zu erhalten. Wenn jedoch der Untersucher die aktuelle motorische Anforderung demonstrierte, war das Sprachverständnis nicht mehr notwendig, da die rechte Hemisphäre des Patienten gleichsam beobachten und imitieren konnte. Wurde dem Patienten in die linke Hand ein Werkzeug, z. B. ein Hammer gegeben, konnte die rechte Hemisphäre auf den visuellen Stimulus mit einer korrekten

Bewegung antworten. In seinem Modell führt Geschwind Diskonnektionen als Ursache für Apraxien ein.

Ebenfalls hat Geschwind als erster Achsenbewegungen getestet und gefunden, dass diese im Vergleich zu Extremitätenbewegungen erhalten sind. In der Literatur werden im Zusammenhang mit der Apraxie immer wieder die sog. Achsenbewegungen diskutiert. Eine einheitliche Definition dieser Bewegungen, die Geschwind (1975) in seiner Arbeit, auf die im folgenden immer wieder Bezug genommen wird, auch als Ganzkörperbewegungen bezeichnet hat, gibt es nicht. Geschwind definiert sie „als Bewegungen, bei denen mittelliniennahe Bewegungen mit Ausnahme der Lippen, Zunge und des Larynx eingeschlossen sind“. Als typische Beispiele für diesen Typ führt er Kommandobewegungen an, bei denen die Augen („Schauen sie nach oben“), die Augenlieder („Öffnen sie die Augen“), der Nacken („Beugen sie den Kopf nach hinten“) und der Stamm („Stehen sie auf“, „Knien sie“, „Gehen sie rückwärts“) beteiligt sind.

Den Erhalt dieser Bewegungen versucht er durch Hypothesen, die wohl zum Teil anatomisch überholt sind, zu belegen: Er schreibt, unilaterale oder bilaterale Extremitätenbewegungen, die durch das motorische System der Pyramidenbahn angesteuert würden, seien bei der Apraxie gestört. Um den Erhalt der Achsenbewegungen zu erklären, bringt er das extrapyramidal-motorische System ins Spiel. Das extrapyramidal-motorische System kontrolliere Bewegungen der axialen Muskulatur, der Augenmuskulatur, des Nackens oder des Stammes und darüber hinaus initiiere es gewisse koordinierte Bewegungen auf beiden Körperseiten. Um die genannte Theorie zu stützen, weist Geschwind auf folgende Tatsache hin: „Augenbewegungen sind ein besondere Klasse von Bewegungen, weil sie überhaupt keine Repräsentation oder nur eine äußerst begrenzte im Pyramidensystem haben.“ Weil die Augenbewegungen bei apraktischen Patienten neben den oben genannten anderen Bewegungen auf verbales Kommando fast ausnahmslos nicht beeinträchtigt sind, geht er

davon aus, dass das extrapyramidale System erhalten ist und deshalb die erhaltenen Achsenbewegungen ermöglicht.

Achsenbewegungen können somit im Gegensatz zu unilateralen Extremitätenbewegungen extrapyramidal angesteuert werden. Der Ursprung des extrapyramidalen Systems liege an multiplen Orten im Cortex, im Temporallappen scheint es das Wernicke Areal zu sein.

Wesentliche Anregungen hat die heutige Apraxieforschung von Geschwind erhalten. Er zieht aus seinen klinischen Beobachtungen zwei Folgerungen:

1. Achsenbewegungen sind im Vergleich zu Extremitätenbewegungen relativ erhalten.
2. Distale Extremitätenbewegungen sind stärker betroffen als proximale.

Der erste Punkt, gegen den es als Tatsache keine Einwände gibt, wird später noch näher erläutert. Dagegen ist der zweite Punkt aufgrund neuerer Ergebnisse nicht mehr haltbar, worauf später näher eingegangen wird.

Eine Schwäche des Geschwindschen Diskonnektionsmodells besteht laut Heilmann (1982) darin, dass es nicht erklären kann, weshalb transitive Gesten oder auch tatsächlicher Objektgebrauch bei Extremitätenapraxie häufig fehlerhaft ausgeführt werden. In Geschwinds Modell werden die Apraxien gewöhnlich mit Hilfe verbaler Aufforderung untersucht und er sieht ihre Ursache in der Unterbrechung von Zentren der motorischen Ausführung mit den Sprachzentren.

Heilmann (1982) bringt basierend auf der Kritik an Geschwinds Modell eine Erklärung für das fehlerhafte Imitieren transitiver Gesten. Er behauptet, dass der Gyrus supramarginalis des linken Parietallappens, nach dessen Läsion typischerweise Extremitätenapraxie auftritt, die Repräsentation oder die Erinnerung speichert, wie z. B. der Arm bewegt werden sollte, wenn er eine erlernte, zielgerichtete Bewegung ausführt.

Um seine Hypothese zu prüfen, untersuchte er apraktische Patienten mit linkshemisphärischen Läsionen und teilte sie in eine Gruppe mit posterioren Läsionen, die den Gyrus supramarginalis einschlossen, und solche mit mehr anterioren Läsionen ein, bei denen der

Gyrus supramarginalis nicht betroffen war. Bei korrekter Hypothese ist zu erwarten, dass Patienten mit Läsionen des Gyrus supramarginalis auch Schwierigkeiten beim Erkennen von fehlerhaft oder richtig durchgeführten transitiven pantomimischen Gesten zeigen. Er überprüft dies, indem er den beiden Patientengruppen Filme mit pantomimischen Gesten zeigt, die als richtig oder falsch imitiert beurteilt werden müssen. Die Schwierigkeiten bei der Diskrimination der fehlerhaft oder richtig imitierten Gesten lassen sich durch den Verlust der Repräsentation oder der Erinnerung an die räumlichen und zeitlichen Charakteristika der transitiven Geste bzw. der erlernten Bewegung zurückführen. Patienten mit mehr anterioren Läsionen dagegen sollten aufgrund der intakten Repräsentation bzw. Erinnerung an die erlernte Bewegung keine Schwierigkeiten bei der Unterscheidung dieser transitiven Bewegungen haben. Bei der Beurteilung der transitiven Gesten beim Betrachten der Filme durch die Patienten bestätigte sich die Vermutung, dass nur Patienten mit Läsionen des Gyrus supramarginalis Schwierigkeiten bei der visuellen Unterscheidung zwischen fehlerhafter und richtiger Durchführung der Pantomime hatten.

Jedoch bringen weder Geschwind noch Heilmann eine Erklärung für die fehlerhafte Imitation bedeutungsloser Gesten, die ja keine Anforderungen an das Gedächtnis im engeren Sinn stellen.

1.3 Zerebrale Dominanz für Sprache und motorische Kontrolle

Schon seit Broca (1865) und damit am längsten bekannt ist die Lateralisation der Sprache in die linke Hemisphäre. Damals schon wurde beobachtet, dass bei Rechtshändern nach einer entsprechenden Läsion der linken Hemisphäre fast stets eine Aphasie eintritt, dagegen in höchstens bei 1-2% der Fälle nach rechtshemisphärischer Läsion, was als sog. gekreuzte Aphasie bezeichnet wird. Genauere Untersuchungen, die vor allem genauere Information zur Lateralisation der Sprache bei Linkshändern bringen, sind seit der Einführung des Wada-Tests (intraarterielle Injektion von 10%igem Natrium-Amytal in die A. carotis interna) bekannt. Er

wird vor allem zur präepilepsiechirurgischen Diagnostik (Rasmussen und Milner, 1975) angewendet. Bei 96 % der Rechtshänder (140 Patienten) fand sich das Sprachzentrum in der linken und bei 4 % in der rechten Hemisphäre. Im Gegensatz dazu fand sich bei links- oder beidhändigen Patienten in nur noch 70 % das Sprachzentrum in der linken, in 15 % in der rechten und bei wiederum 15 % waren beide Hemisphären an der Bildung des Sprachzentrums beteiligt.

Die Auffassung, dass die linke Hemisphäre für die Organisation von zweckgerichteten Bewegungsabläufen der Extremitäten beider Seiten zuständig ist, ist durch zahlreiche Arbeiten belegt. Schon Liepmann (1905) stellte bei seinen 41 untersuchten Patienten mit rechtsseitiger Hemiplegie bei 20 eine Apraxie fest, dagegen bei keinem von 42 untersuchten Patienten mit linksseitiger Hemiplegie und folglich rechtszerebralen Läsionen. Auch andere Autoren kamen zu den gleichen Ergebnissen (u.a. Hécaen, 1962, De Renzi et al., 1968). Nur wenige Autoren (Poeck und Kerschensteiner, 1971, Heilmann et al., 1973) berichten über Fälle von Apraxie bei Linkshändern nach rechtsseitiger Hemisphärenverletzung. Während einige dieser Patienten gleichzeitig eine Aphasie haben (Poeck und Kerschensteiner, 1971) trifft dies bei der Patientengruppe von Heilmann et al. (1973) bei keinem Patienten zu. Durch diese äußerst interessanten Beobachtungen wird gezeigt, dass die Organisation des Sprachvermögens und der sinnvollen Bewegungsabläufe nicht notwendigerweise an dieselbe Hemisphäre gebunden sind. Eine Apraxie ohne eine gleichzeitig vorliegende Aphasie ist eine Rarität, wie durch die Untersuchung von Papagno et al. (1993) - unter Punkt 3.1 (Datenerhebung und Untersuchung der Patienten) erwähnt - gezeigt wurde. Er fand unter 699 Patienten mit linksseitiger zerebrovaskulärer Läsion zehn, die eine Apraxie und keine Aphasie hatten. Jedoch hatten 149 aphasische Patienten von dieser Gruppe keine Apraxie (21%).

Schon in der älteren Literatur wird die Beziehung zwischen Aphasie und Apraxie diskutiert. Zu einfach ist die Vorstellung, dass der Patient die Aufforderung nicht richtig versteht und deshalb die geforderte Bewegung fehlerhaft ausführt. Dies ist jedoch

ausgeschlossen, da Apraxie in vielen Fällen auch nur durch Testen von Imitation festgestellt werden kann und dazu so gut wie kein Sprachverständnis notwendig ist.

Von einem anderen Blickwinkel lässt sich annehmen, dass bei der Aphasie und Apraxie gemeinsam der Umgang mit Symbolen gestört ist, wobei sowohl Worte als auch bedeutungsvolle Gesten betroffen sind. Dagegen spricht aber, dass bedeutungslose Gesten gleichermaßen betroffen sind, die keinen Symbolcharakter haben. Es ist deshalb vernünftigerweise anzunehmen, dass Sprache und Bewegungskontrolle durch teilweise überlappende Strukturen kontrolliert werden. Diese sind wegen ihrer anatomischen Nähe häufig gleichzeitig unterbrochen, aber sie tragen keine anatomisch-funktionelle Beziehung zueinander.

Wie aus den bisherigen Ausführungen hervorgeht, stand es bisher außer Zweifel, dass die linke Hemisphäre alleine für die motorische Kontrolle und zweckgerichtete Bewegungsabläufe verantwortlich ist. Neuere Studien, die die Imitation von Fingerstellungen untersuchten (De Renzi, 1980, Goldenberg, 1996, 1999) fanden jedoch, dass Fingerstellungen auch bei Patienten mit RZL (rechtszerebralen Läsionen) beeinträchtigt sind. Auf diese Ergebnisse wird anschließend noch näher eingegangen. Fest steht heute, dass die rechte Hemisphäre auch eine entscheidende Bedeutung bei der motorischen Kontrolle bestimmter Bewegungen hat.

1.4 Funktionelle Neuroanatomie und Schwierigkeiten der eindeutigen Zuordnung

– Neuroanatomische Korrelate der Apraxie

Die meisten Studien, die das klinisch neuroanatomische Korrelat für die unterschiedlichen Typen der Extremitätenapraxie untersuchten, fanden keine einheitliche und spezifische Läsion für diese Störungen. Somit liegt die Vermutung nahe, dass praktische Funktionen über verschiedene neuroanatomisch funktionelle Systeme verteilt sind, die gemeinsam operieren, aber jedes für sich einen bestimmten Vorgang kontrolliert, wie z. B. die parietofrontalen Systeme das Greifen. Eine Schädigung dieses Systems würde ein selektives apraxiebezogenes

Defizit zur Folge haben, das aber vom Kontext der Bewegung und von den kognitiven Anforderungen der Aktion abhängt (Leiguarda, 2000).

Wie oben schon erwähnt, sind Extremitätenapraxien in der Regel Symptome linkshirniger Läsionen. Innerhalb der linken Hemisphäre liegen die typischen Apraxie erzeugenden Läsionen parietal (Gyrus parietalis inferior), prämotorisch, subkortikal im suprasylvischen Marklager oder in den Basalganglien. Bei parietalen Läsionen ist die Häufigkeit des Auftretens von Apraxien am größten und ihre spontane Rückbildungstendenz am schlechtesten (Kertesz, 1984, Basso et al., 1987). Die Größe der Läsion korreliert allgemein mit der Schwere der Apraxie (Goldenberg, 2000).

Die bukkofaziale Apraxie, die bisher hier nicht erwähnt wurde, bildet, was die Lokalisation innerhalb der linken Hemisphäre angeht, eine Ausnahme. Parietale Läsionen spielen bei ihr im Gegensatz zur Extremitätenapraxie keine Rolle. Sie tritt bei insulären, prämotorischen und vorderen subkortikalen Läsionen auf (Tognola et al., 1980).

Einen neuen Ansatz bei der Erforschung des neuronalen Substrats der Imitation von Gesten zeigt die Arbeitsgruppe von Jacoboni (1999). Hauptfragestellung dieser Arbeit ist, wie der motorische Plan für die Imitation aus der direkten Beobachtung einer motorischen Aktion bzw. einer bedeutungslosen Geste entsteht. Bei einer Stichprobe gesunder Probanden wurde die kortikale Aktivität mittels funktioneller Kernspintomographie (fMRT) bei der Imitation von Fingerbewegungen auf das gezeigte Bild einer Fingerposition hin und bei der Durchführung dieser Bewegungen in einem zeitlichen Abstand untersucht. Als dritte Aufgabe wurde die kortikale Aktivität bei symbolischer Aufforderung zu einer bekannten Fingerbewegung untersucht.

Bei allen drei Aufgaben werden die gleichen kortikalen Areale aktiviert, jedoch in unterschiedlich starkem Ausmaß. Die direkte Imitationsaufgabe produzierte die eindeutig grössere Signalintensität im Vergleich zu den zwei anderen Beobachtungs-Exekutionsaufgaben. Diese Effekte wurden in 3 Arealen beobachtet: im linken frontalen Operkulum (*Area 44*), in der

rechten anterioren parietalen Region und im rechten parietalen Operkulum. Da jeweils alle drei Areale unabhängig vom Stimulus aktiviert werden, dürfte die Imitation auf einem Mechanismus beruhen, der die beobachtete Aktion mit einer internen motorischen Repräsentation der Geste vergleicht. Auf der Basis der physiologischen Eigenschaften der Neurone der anterioren parietalen Region und der oben erwähnten neuroanatomischen Korrelate wird folgende plausible Interpretation für die parietale Aktivierung während der Imitation gegeben: Die kinästhetische Kopie der Bewegung wird im rechten Parietallappen während der Beobachtung erstellt. Diese Kopie, die die endgültigen und möglichen Zwischenpositionen der Gelenke enthält, wird dann für die motorische Exekution verwendet. Für die eigene Untersuchung ist von Bedeutung, dass sowohl bei der Imitation als auch bei der Beobachtung von Fingerstellungen Areale in der linken und in der rechten Hemisphäre aktiviert werden.

Auch Hermsdörfer et al. (2001) beschäftigen sich mit dem kortikalen Korrelat der Gestenproduktion. Er sucht nach zerebralen Aktivitäten während der Imitation von bedeutungslosen Gesten. Untersucht wird ausschließlich die Perzeption von Finger- und Handstellungen an einer gesunden Stichprobe, wobei die kortikale Aktivität mittels Positronen Emissionstomographie (PET) Untersuchungen gemessen wird. Aus den klinischen und bildgebenden Befunden bzw. Untersuchungen Goldenbergs zu der Imitation von Hand- und Fingergesten (im nächsten Kapitel näher erläutert) ist bekannt, dass diese zwei Gesten unterschiedliche neuronale Mechanismen beanspruchen, die unterschiedlich über die beiden Hemisphären verteilt sind. Bei der Perzeption der Handstellungen zeigte sich eine streng in die linke Hemisphäre lateralisierte Aktivierung des Gyrus supramarginalis (im Gyrus parietalis inferior) und eine Aktivierung der prä-supplementär motorischen Area. Die Fingerstellungen zeigten dagegen eine mehr symmetrische Aktivierung beider Hemisphären mit einer Aktivierung im rechten Sulcus intraparietalis, in den medialen visuellen Assoziationsarealen und in den linken okzipitotemporalen Verbindungen. Letztere Verbindungen werden auch bei den Handstellungen aktiviert.

1.5 Neuere Apraxiemodelle

Liepmanns anfangs erwähntes Schema der hierarchischen motorischen Steuerung findet sich auch in neueren und aktuellen Modellen wieder (Roy et al. 1992). Sie unterscheiden wie Liepmann zwischen einer Form der Apraxie, bei der der Entwurf des Handlungsplanes gestört ist und einer anderen, bei der die Umsetzung des Handlungsplanes in die motorische Aktion gestört ist. Diese beiden Formen entsprechen also der ideatorischen und der in der späteren Literatur sogenannten „ideomotorischen“ Apraxie Liepmanns. In dem Modell wird angenommen, dass beim Imitieren der Handlungsplan vorgegeben ist und alleine die Umsetzung in motorische Programme geprüft wird. Eine Schwäche des Modells liegt in der Annahme, dass gestörtes Imitieren seine Ursache immer in der zweiten Ebene der Handlungssteuerung hat und damit eine „ideomotorische“ Apraxie wäre. Nach dem Modell begehen Patienten, die fehlerhaft imitieren, auch Fehler, wenn sie Gesten aus dem Gedächtnis abrufen. Es wird also bei diesem Modell kein Unterschied zwischen der Imitation bedeutungsvoller und bedeutungsloser Gesten angegeben.

Die Umsetzung von Gesten in motorische Programme ist jeweils dem Handlungsentwurf nachgeschaltet. Beim Imitieren wird die Umsetzung dieses Entwurfes in motorische Aktionen geprüft. Diese gemeinsame Endstrecke, durch die alle Gesten hindurchgehen, ist aber in dem Modell für alle Gesten gleich. Jedoch wurden bei Apraxieuntersuchungen Patienten gefunden, die bedeutungslose Gesten fehlerhaft imitieren, aber bedeutungsvolle Gesten sowohl auf verbale Aufforderung als auch bei visueller Darbietung richtig imitieren konnten. Diese Beobachtungen der Dissoziation von bedeutungslosen und bedeutungsvollen Gesten können also durch das Modell nicht erklärt werden.

Rothi und Mitarbeiter (Rothi et al., 1991) entwarfen ein Modell der Gestenproduktion und Imitation, das diese Dissoziation berücksichtigt. In ihm wird angenommen, dass es für bekannte Gesten, sowohl für solche auf verbales Kommando als auch für bekannte bedeutungsvolle, ein „Eingangs-“ und ein „Ausgangsaktionslexikon“ gibt, die jeweils mit dem

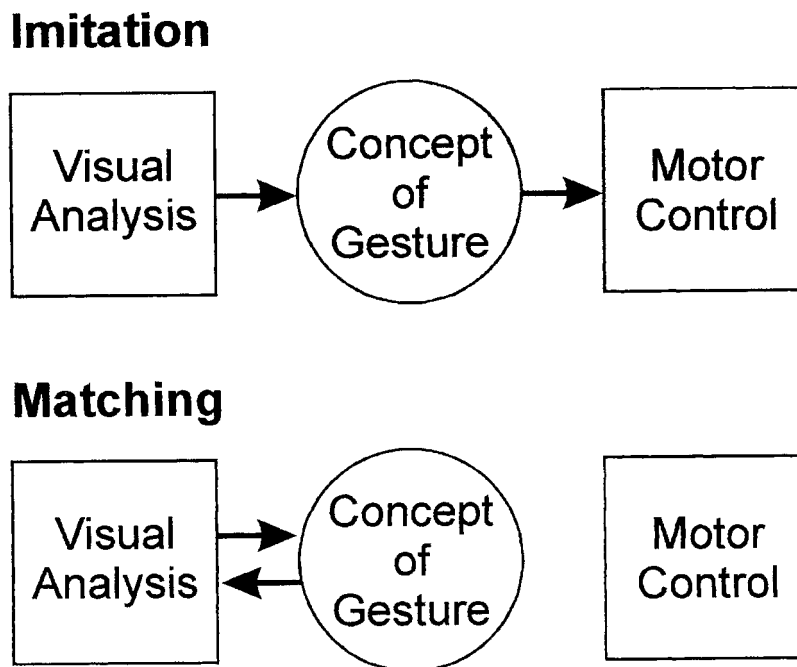
zentralen semantischen System verbunden sind. Während bedeutungsvolle Gesten über die Verbindung des Eingangsaktionslexikons zum semantischen System und zurück zum Ausgangsaktionslexikon in ihrer Bedeutung erkannt, von der Bedeutung her produziert und auch imitiert werden können, sind bedeutungslose Gesten dagegen in diesen Aktionslexika nicht repräsentiert. Ihre Imitation erfolgt ohne Umschaltung über die Aktionslexika über eine direkte Route, die die visuelle Analyse der demonstrierten Geste direkt mit der motorischen Aktion verbindet. Eine Unterbrechung dieser Route hat also eine selektive Störung des Imitierens bedeutungsloser Gesten zur Folge.

Entgegengesetzte Beeinträchtigung bei der Imitation und Perzeption von Hand- und Fingerstellungen von Patienten mit LZL und RZL hat Goldenberg in früheren Untersuchungen (1996, 1999) gefunden. Diese gegensätzlichen Unterschiede zwischen Handpositionen und Fingerkonfigurationen bei den Patientengruppen mit LZL und RZL zeigen, dass unterschiedliche Mechanismen die fehlerhafte Imitation und auch die Perzeption in beiden Läsionsgruppen verursachen. Diese Mechanismen sollen anhand eines Modells bzw. durch Hypothesen aus den Arbeiten von Goldenberg (1996, 1999) beschrieben werden.

Folgt man den älteren Apraxiemodellen, die sich was die Imitation von bedeutungslosen Gesten anbelangt, an Liepmanns „ideomotorischer“ Gestentestung anlehnen, so wird die einzige Schwierigkeit bei der Testung von bedeutungslosen Gesten in der motorischen Ausführung der Gesten gesehen. Neuere Modelle, wie das von Rothi et al. (1991) wissen schon um die Wichtigkeit der visuellen Analyse der gezeigten Geste. Dabei wird jedoch immer noch außer acht gelassen, dass die Geste vom Körper der anderen Person auf den eigenen Körper übertragen werden muss. Goldenberg (1996, 1997, 1999) bezweifelte die direkte Route von der visuellen Analyse zur motorischen Exekution bei der Imitation bedeutungsloser Gesten.

Abbildung 1.2

“Matching and imitation of hand and finger postures in patients with damage in the left or right hemispheres” (aus Goldenberg, 1999)



Neben der genauen visuellen Analyse der Geste sei vor der motorischen Exekution die konzeptuelle Mediation, die die bestimmenden und charakteristischen Eigenschaften der Geste unabhängig vom Blickwinkel oder ihrer visuellen Erscheinung durch die Demonstration von verschiedenen Personen beschreibt, notwendig.

Um seine Befunde zu erklären, entwickelt Goldenberg ein Modell über das Zusammenspiel zweier mentaler Prozesse, nämlich der konzeptuellen Mediation und der visuellen Analyse in den Bewegungen des gesunden Menschen (Abbildung 1.2).

In diesem Modell wird angenommen, dass die konzeptuelle Mediation an die Intaktheit der linken und die visuelle Analyse an die Intaktheit der rechten Hemisphäre gebunden ist.

Eine Erklärung für die Schwierigkeiten der Patienten mit LZL beim Imitieren der Handstellungen beruht auf folgender Hypothese: Das Wissen über den menschlichen Körper ist ein

Bindeglied zwischen der visuellen Wahrnehmung und der motorischen Ausführung. Dieses Wissen bezieht sich auf die nicht veränderlichen Strukturen des menschlichen Körpers und ist nicht begrenzt auf die gegenwärtige individuelle Gestalt und Konfiguration des Körpers einer Person. Es beinhaltet eine allgemein gültige strukturelle Beschreibung des menschlichen Körpers, die eine Klassifizierung von signifikanten Körperteilen vorsieht, und die Grenzen genau beschreibt, die sie definieren (Sirigu, 1991). Die Anwendung dieses Wissens reduziert die vielen Details der demonstrierten Geste auf einfache Beziehungen zwischen einer begrenzten Anzahl von signifikanten Körperteilen, die im Arbeitsgedächtnis vom Ende der Demonstration bis zur Vollendung der motorischen Ausführung aufrecht erhalten werden können. Diese signifikanten Körperteile dürften bevorzugten Zugang zu bestimmten motorischen Programmen haben (Goldenberg, Hermsdörfer, 1996).

Die erforderliche Vermittlung durch das allgemeine Wissen über den menschlichen Körper ist für die Imitation von Hand- und Fingerstellungen verschieden. Handpositionen werden im Gegensatz zu Fingerstellungen definiert in Beziehung zum Kopf und bestimmten Teilen des Gesichts. Der Kopf und das Gesicht der eigenen Person können nur indirekt und nicht in der gleichen Weise wie der einer anderen Person wahrgenommen werden. Deshalb unterscheidet sich die mentale Repräsentation proximaler Körperteile der eigenen Person von der mentalen Repräsentation der gleichen Körperteile einer anderen Person. Es muss das allgemeine Konzept des menschlichen Körpers angewendet werden, um die Entsprechung zwischen diesen unterschiedlichen mentalen Repräsentationen herzustellen. Denn die Imitation einer bedeutungslosen Gesten erfordert die Überführung der Geste vom Körper des Untersuchers auf den Körper des Patienten. Die eigene Hand und auch Fingerstellungen einer Person werden im Gegensatz dazu ähnlich wahrgenommen wie die Hand einer anderen Person. Bei den Fingerstellungen könnte jedoch wegen der Ähnlichkeit der mentalen Repräsentation wahrgenommener und imitierter Fingerstellungen teilweise die Übertragung durch das allgemein gültige Wissen über den menschlichen Körper umgangen werden.

Ein weiterer bedeutender Unterschied zwischen Hand- und Fingerstellungen betrifft die Anforderungen an die visuospatiale Analyse der wahrgenommenen Geste. Handstellungen werden definiert durch Beziehung zwischen perzeptiv eindeutig unterscheidbaren Körperteilen, wie Mund, Nase, Ohr oder Kinn, aber auch durch Beziehung von anatomischen Handteilen, wie dem Handrücken und der Handfläche oder der Ulnar- und Radialseite, zueinander. Im Gegensatz dazu wirken Finger beim Vergleichen ähnlich. Ihre Identifizierung wird hauptsächlich bestimmt durch ihre räumliche Position im Hinblick auf andere Finger und zur Hand. Exakte visuelle Erkundung und visuospatiale Analyse der wahrgenommenen Fingerkonfigurationen sind deshalb eine Vorbedingung für die Anwendung eines allgemeingültigen Konzepts über den menschlichen Körper.

Dieses Modell soll an einer neuen Stichprobe von Patienten überprüft werden und es sollen in den schon bestehenden Test für die Imitation und Perzeption von Hand- und Fingerstellungen Gesten des Fußes integriert und aus der Sicht des Modells interpretiert werden.

2. Zielsetzung

Modell und Hypothesen

Die Untersuchung neurologischer Patienten, insbesondere von Patienten mit Corpus Callosum Läsionen (vor allem der vorderen zwei Drittel), hat zu neuen Einsichten in die zerebrale Organisation der kognitiven Leistungen des Menschen geführt. Dabei zeigte sich, dass das Gehirn strukturell und funktionell aus diskreten Einheiten, die als Module bezeichnet werden, besteht, und dass diese die kognitiven Leistungen generieren (Gazzaniga, 1989).

Am deutlichsten zeigt sich der modulare Aufbau bei der Analyse der Leistungen des sensorischen, vor allem des visuellen Systems. Aber auch für die höheren kognitiven Leistungen, wie die Sprache und das Erkennen von Gesichtern, konnte eine modulare Organisation nachgewiesen werden. G. Goldenberg hat ein Modell für den modularen Aufbau des Imitierens bedeutungsloser Gesten publiziert (Goldenberg, 1996) und in mehreren experimentellen Untersuchungen weiter präzisiert. Dieses Modell der Handlungssteuerung bildet den theoretischen Hintergrund der vorliegenden klinisch-experimentellen Untersuchung zur Imitation und Perzeption (Vergleichen) von bedeutungslosen Gesten bei Patienten mit zerebralen Läsionen. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Imitation bedeutungsloser Gesten von zwei Modulen kontrolliert wird. Dies sind die konzeptuelle Mediation und die visuelle Analyse, die zwar immer gemeinsam, aber doch weitgehend unabhängig voneinander operieren.

Der Grundgedanke der experimentellen Anordnung, mit der die Fragestellung der vorliegenden Arbeit untersucht wird, besteht darin, mit dem Imitations- und Perzeptionstest zwei Patientengruppen mit rechts- (RZL) oder linkszerebralen Läsionen (LZL) zu untersuchen, wobei hypothetisch angenommen wird, dass jeweils nur eines der beiden Module (Prozesse) in seiner Leistungsfähigkeit beeinträchtigt wird.

Aus Voruntersuchungen ist bekannt, dass bei der Imitation und Perzeption von bedeutungslosen Gesten gleichzeitig sowohl eine imitative als auch eine perzeptive Komponente beteiligt

ist. Im Modell wird angenommen, dass die Imitation vom Modul konzeptuelle Mediation und die Perzeption vom Modul visuelle Analyse vermittelt wird. Weiterhin ist aus Voruntersuchungen bekannt, dass beim Testen der Handstellungen überwiegend die Imitationskomponente und beim Testen der Fingerstellungen überwiegend die Perzeptionskomponente belastet wird. Bei der Untersuchung der Fußstellungen wird angenommen, dass beide Komponenten stark belastet werden.

Zum Zweck der Hypothesengenerierung wird das Modell dahingehend ausgelegt, dass eine hemisphärische Lateralisation der beiden Prozesse angenommen wird. Wir nehmen an, dass die Imitationsleistung von der Intaktheit der linken Hemisphäre und die Perzeptionsleistung von der Intaktheit der rechten Hemisphäre abhängt.

Methodik der empirischen Überprüfung des Modells

Das wichtigste methodische Hilfsmittel für die Untersuchung der Modularität eines kognitiven neuropsychologischen Modells besteht im Nachweis einer doppelten Dissoziation. Eine einfache Dissoziation bei einem Patienten mit einem Zwei Komponenten Syndrom wird von Shallice (1989) folgendermaßen erklärt: Der Patient zeigt in der einen Aufgabenstellung eine normale Leistung, in der anderen Aufgabenstellung eine beeinträchtigte Leistung.

Ein doppelte Dissoziation dagegen liegt vor, wenn ein Patient (Patientengruppe) in einem Test eine normale, in einem anderen aber eine beeinträchtigte Leistung zeigt, der zweite Patient (Patientengruppe) aber genau das umgekehrte Leistungsprofil in den beiden Tests zeigt. In der vorliegenden Arbeit untersuchen wir die beiden Patientengruppen mit LZL und RZL und getestet werden die Körperteile (Hand, Finger und Fuß) für die Modalitäten Imitation und Perzeption. Aus der doppelten Dissoziation darf nach Shallice auf die funktionelle Spezialisierung eines Bereichs des kognitiven Systems, d. h. auf die Modularität geschlossen werden.

Fragestellung

Die Zielsetzung der Arbeit besteht in der Überprüfung der erwähnten hypothetischen Eigenschaften des Modells und in der Integration eines neu entwickelten Apraxietests für die untere Extremität in dieses Modell. Aus der Hypothese der hemisphärischen Lateralisation der Module des Modells ergeben sich Folgerungen, die wir anhand der experimentellen Daten überprüfen wollen. Die Auswertung der experimentellen Daten erfolgt unter dem Gesichtspunkt des Nachweises einer doppelten Dissoziation für die Testwerte der Hand- und Fingerstellungen und zwar für beide Testmodalitäten. Für die Fußstellungen erwarten wir, dass deren Testleistungen bei der Imitation mit denen der Handstellungen und bei der Perzeption mit den Leistungen der Finger einhergehen.

Im einzelnen werden folgende Fragen untersucht:

1. Unterscheiden sich die Leistungen der Kontrollgruppe für Hand, Finger und Fuß für beide Testmodalitäten (Imitation und Perzeption) von den beiden Patientengruppen?
2. Unterscheiden sich die imitativen Leistungen der Patienten für die drei Körperteile (Hand, Finger und Fuß) zwischen LZL und RZL?
3. Entsprechend der 2. Fragestellung wird die Frage für die Perzeption formuliert.
4. Betrachtet man die Leistungen bei der Patientengruppe mit LZL getrennt für Imitation und Perzeption, so stellt sich die Frage, ob die drei Körperteile (Hand, Finger und Fuß) für jeweils eine Testmodalität ein unterschiedliches Leistungsprofil zeigen.
5. Entsprechend der 4. Fragestellung wird die Frage für die Patienten mit RZL formuliert.

Um die Entwicklung des Apraxietests für den Fuß zu begründen und die Einbeziehung dieses Tests in die vorliegende Untersuchung zu motivieren, verweisen wir darauf, dass in der Literatur unseres Wissens nach nur eine Arbeit, auf die im übernächsten Absatz näher eingegangen wird, zu dieser Thematik vorhanden ist.

Geschwind betrachtet bei der Untersuchung seiner Patienten mit Apraxie neben den Achsenbewegungen auch die Bewegungen der unteren Extremität. In dem häufig diskutierten

Artikel „The Apraxias: Neural Mechanisms of Disorders of Learned Movement“ (Geschwind, 1975) beschreibt er ausführlich den Erhalt der Achsenbewegungen im Vergleich zu anderen Bewegungen. Den Test auf Achsenapraxie auf verbales Kommando hat er bei den untersuchten Patienten häufig in Kombination mit Beinstellungen durchgeführt. So lässt er einen apraktischen Patienten erfolgreich die Grundstellung eines Boxers einnehmen (typische Stellung, bei der ein Fuß vor dem anderen steht) oder erfolgreich Tanzschritte ausführen. Geschwind schliesst also bei den Rumpfbewegungen gleichzeitig die Beine mit ein. Poeck nennt Gründe für Vernachlässigung der unteren Extremität bei den meisten Apraxieuntersuchungen. Er schreibt dazu in seinem Lehrbuch der klinischen Neuropsychologie in dem Kapitel über Apraxie (Poeck, 1997), dass Gliedmaßenapraxie im allgemeinen leichter für Bewegungen von Arm und Hand als für Bewegungen von Bein und Fuß nachgewiesen wird. „Dies könnte anatomische Gründe haben. Schlaganfälle sind im Versorgungsgebiet der A. cerebri media, die die Hand- und Armregion und deren motorischen Assoziationskortex versorgt, fünfmal so häufig wie im Versorgungsgebiet der A. cerebri anterior, die die Beinregion versorgt. Das Überwiegen der ideomotorischen Apraxie an den oberen Extremitäten kann aber auch ein Untersuchungsartefakt sein. Sehr wenige Untersucher prüfen überhaupt, ob eine Apraxie der Beine vorliegt“ (Poeck, 1997).

Bisher wurde die Apraxie an der unteren Extremität - wir sprechen meist von der Apraxie des Fußes - noch nicht systematisch getestet und mit der Apraxie der oberen Extremität verglichen. G. Lehmkuhl und K. Poeck haben als erste in einer Studie (Lehmkuhl, Poeck und Willmes, 1982) neben bedeutungsvollen und bedeutungslosen Armstellungen, bimanuellen Aufgaben und oralen Bewegungen auch bedeutungsvolle und bedeutungslose Fuß- und Beinstellungen untersucht. Ziel ihrer Studie war herauszufinden, ob bestimmte aphasische Syndrome mit bestimmten Fehlertypen apraktischer Störungen gemeinsam auftreten und ob es bestimmte apraktische Syndrome gibt, die sich an bestimmten Körperteilen (*body parts*) manifestieren. Das Ziel der vorliegenden Arbeit dagegen ist der Vergleich

der Ergebnisse unterschiedlicher Gestentypen, nämlich der Hand der Finger und des Fußes, untereinander.

Als zusätzlichen Punkt betrachten wir in dieser Arbeit die erstmals von Geschwind erwähnten und später von Poeck und Hanlon diskutierten Achsenbewegungen, die in der Einleitung näher beschrieben wurden. Hierbei stellt sich die Frage, ob die Achsenbewegungen im Vergleich zu den Extremitätenstellungen bei Patienten mit schweren Apraxien erhalten sind. Neben dem theoretischen Beitrag, den ein Apraxietest für die untere Extremität liefern kann, sei erwähnt, dass der Apraxietest für die untere Extremität auch im Praxisalltag eine Rolle spielen könnte, nämlich bei Diagnose und Behandlung von Patienten mit Apraxien der unteren Extremität.

Den Physiotherapeuten stünde somit ein einfacher Test zur Prüfung der Apraxie der unteren Extremität zur Verfügung. Der Schwerpunkt der Therapie orientiert sich gewöhnlich am Ausmaß der motorischen Störung, die sich meist als Parese manifestiert. Ist zusätzlich zur Parese auch das Imitieren beeinträchtigt, kann dies ein großes Hindernis für die Therapie sein. Darüber hinaus können apraktische Patienten mit Paresen die nicht paretische Extremität im Alltag nicht richtig einsetzen - so kann das Erlernen neuer Tätigkeiten mit nur einer Extremität, wie z. B. das Antreiben des Rollstuhls mit nur einem Bein notwendig sein -, was wiederum spezieller Therapie bedarf.

3. Datenerhebung und Methode

3.1 Datenerhebung und Untersuchung der Patienten

In einem Zeitraum von 16 Monaten, von April 1999 bis Juli 2000, wurden 53 rechtshändige Patienten mit umschriebenen zerebralen Läsionen in einer prospektiven Studie untersucht. In die Auswertung wurden 50 Patienten aufgenommen. Die Patienten stammen alle aus dem Krankenhaus München Bogenhausen. Der größte Teil von ihnen, 47 Patienten, gehörte zur Abteilung für Neuropsychologie, wobei Patienten sowohl von der Station als auch aus der Tagklinik untersucht wurden. Fünf Patienten stammten aus der Abteilung für physikalische Medizin und ein Patient von der Abteilung für Neurologie im Haus. Als Kontrollgruppe dienten 20 Normalpersonen, die an keinen neurologischen Erkrankungen litten. Sie wurden größtenteils aus zwei chirurgischen Stationen im Haus rekrutiert, die übrigen aus dem Bekanntenkreis.

Zu Beginn der Studie wurde der Umfang des zu untersuchenden Patientenkollektivs auf 20 Patienten mit rechtshemisphärischen Läsionen und 30 mit linkshemisphärischen Läsionen festgelegt. Ausgewählt wurden Patienten mit umschriebenen, chronischen, einseitigen, entweder links- oder rechtshemisphärischen, meist zerebrovaskulären Läsionen. Dabei handelte es sich vorwiegend um Patienten nach einem apoplektischen Insult, der ischämisch oder hämorrhagisch sein konnte, selten um Patienten mit Zustand nach einer Subarachnoidalblutung. Einschlusskriterium war die Läsion im Stromgebiet der Arteria cerebri media, wobei eine Mitbeteiligung des Stromgebietes der Arteria cerebri posterior oder der Arteria cerebri anterior möglich war. Miteingeschlossen wurden einseitige zerebrale Traumen - was aber bei dem untersuchten Patientenkollektiv nicht vorkam - oder traumatische Ereignisse, die zu Dissektionen (zwei Patienten) und dadurch zu einer zerebralen Minderperfusion und einem Infarkt führten. Patienten mit rechtshemisphärischen Läsionen wurden nur eingeschlossen, wenn sie einen Neglect oder ein räumlich-konstruktives Defizit hatten, Patienten mit

linkshemisphärischen Läsionen nur, wenn sie eine Aphasie oder eine andere neuropsychologische Störung (Agraphie, Alexie oder Akalkulie) hatten. Häufig hatte letztere Patientengruppe eine Aphasie, die oft mit einer Apraxie assoziiert ist. Bewusst wurde jedoch auch versucht, Patienten ohne Aphasie miteinzuschließen. Das seltene Phänomen Apraxie ohne Aphasie wurde von Papagno und Mitarbeitern beschrieben. Von 699 Patienten mit linksseitiger zerebrovaskulärer Läsion fanden sie zehn, die eine Apraxie und keine Aphasie hatten. Jedoch hatten 149 aphasische Patienten aus dieser Gruppe keine Apraxie (21%) (Papagno et al., 1993).

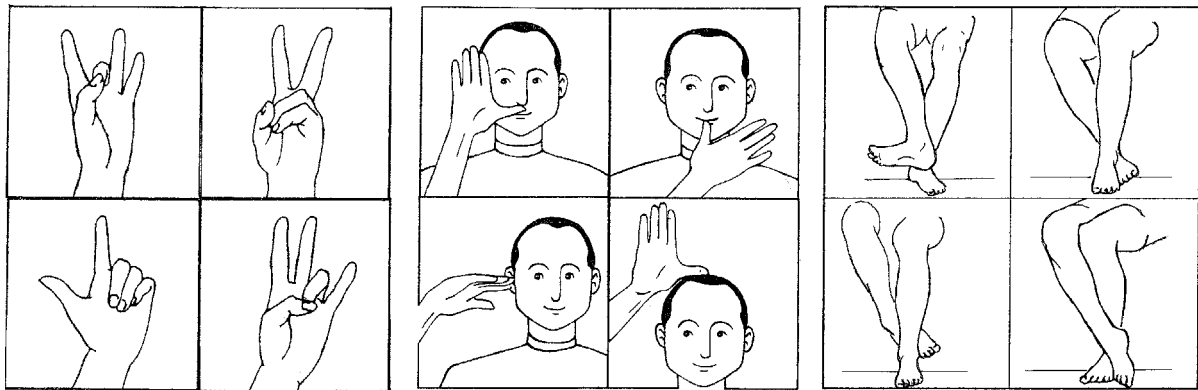
Ausschlusskriterien waren multiple singuläre Läsionen und lakunäre Läsionen. Weiterhin wurden Patienten mit alleinigen Läsionen im Stromgebiet der A. cerebri ant. und A. cerebri post. ausgeschlossen. Linkshemisphärisch geschädigte Patienten wurden ausgeschlossen, wenn sie aufgrund von aphasischen Verständnisschwierigkeiten die Instruktion des ersten Teils des Tests nicht verstanden. Der Test wurde dann abgebrochen. Dies kam jedoch nur bei einem aphasischen Patienten vor. Patienten mit rechtszerebralen Läsionen wurden ausgeschlossen, wenn sie aufgrund eines stark ausgeprägten Neglects überzufällig häufig im Untersuchungsheft auf die rechte Seite des Blattes zeigten (Chi-Quadrat Test $p > 0,05$). Zwei Patienten mit einem Neglect wurden aufgrund eines solchen Bias ausgeschlossen.

Die Lokalisation der Läsion wurde bei allen Patienten mit bildgebenden Verfahren, meist einer MRT, in einigen Fällen auch mit einer CT festgestellt. Anhand der Bildgebung wurde bei allen Patienten die Läsionen in folgende anatomische Lokalisationen eingeteilt und in *templates* (zweidimensionale Hirnschnitte auf einem DIN A4 Papier) die jeweils betroffenen Regionen (Abbildung 3.1) eingezeichnet: frontal, temporal, parietal, okzipital, Basalganglien, Thalamus, Insula, subcortical.

3.2 Methodik

3.2.1 Aufbau des Tests

Beispiele von je vier im Test verwendeten Gesten der Finger, der Hand und des Fußes



Die angewendeten Tests bestehen aus zwei Teilen. Untersucht wurde im ersten Teil das Erkennen, genauer das perzeptive Vergleichen von Gesten. Dabei wurden nacheinander Bilder von Gesten der Hand, des Fußes und der Finger vorgelegt. Für diesen perzeptiven Teil des Tests wurden hintereinander zehn Blätter mit jeweils 5 Photographien vorgelegt. Diese zeigen 5 verschiedene Personen, welche die oben beispielhaft gezeigten Gesten demonstrieren. Bei den Handstellungen ändert sich die Position der Hand relativ zum Kopf bzw. zum Gesicht. Die Position der Finger bleibt dabei weitgehend erhalten, abgesehen von z. B. kleinen „unwillkürlichen“ Abweichungen des Abstandes zwischen zwei Fingern. Bei den Fingerstellungen hingegen wird die Position der Finger unabhängig von der Stellung der Hand gezeigt, wobei die Stellung der Hand zum Körper nicht gezeigt wurde. Das oberste Bild zeigt jeweils eine Person, die die gesuchte Geste demonstriert. Es ist gleichsam als Original auf der DIN A4 Seite zentriert angeordnet und damit von den zu vergleichenden Stellungen abgesetzt. Die vier darunter angeordneten Bilder zeigen vier andere Personen, von denen eine die Originalstellung imitiert und die drei anderen vom Original abweichende Stellungen ausführen. Die gesuchte Photographie, d. h. die richtige Imitation des Originals,

Abb. 3.1

Beispiele zweier templates von Patienten mit LZZL

(Ort der Läsion ist jeweils schraffiert in den Hirnschnitt eingezeichnet)

Linke Abbildung:

Läsionsorte: temporal, parietal,
subcortical, insulär.

Rechte Abbildung:

Läsionsorte: parietal, insulär.

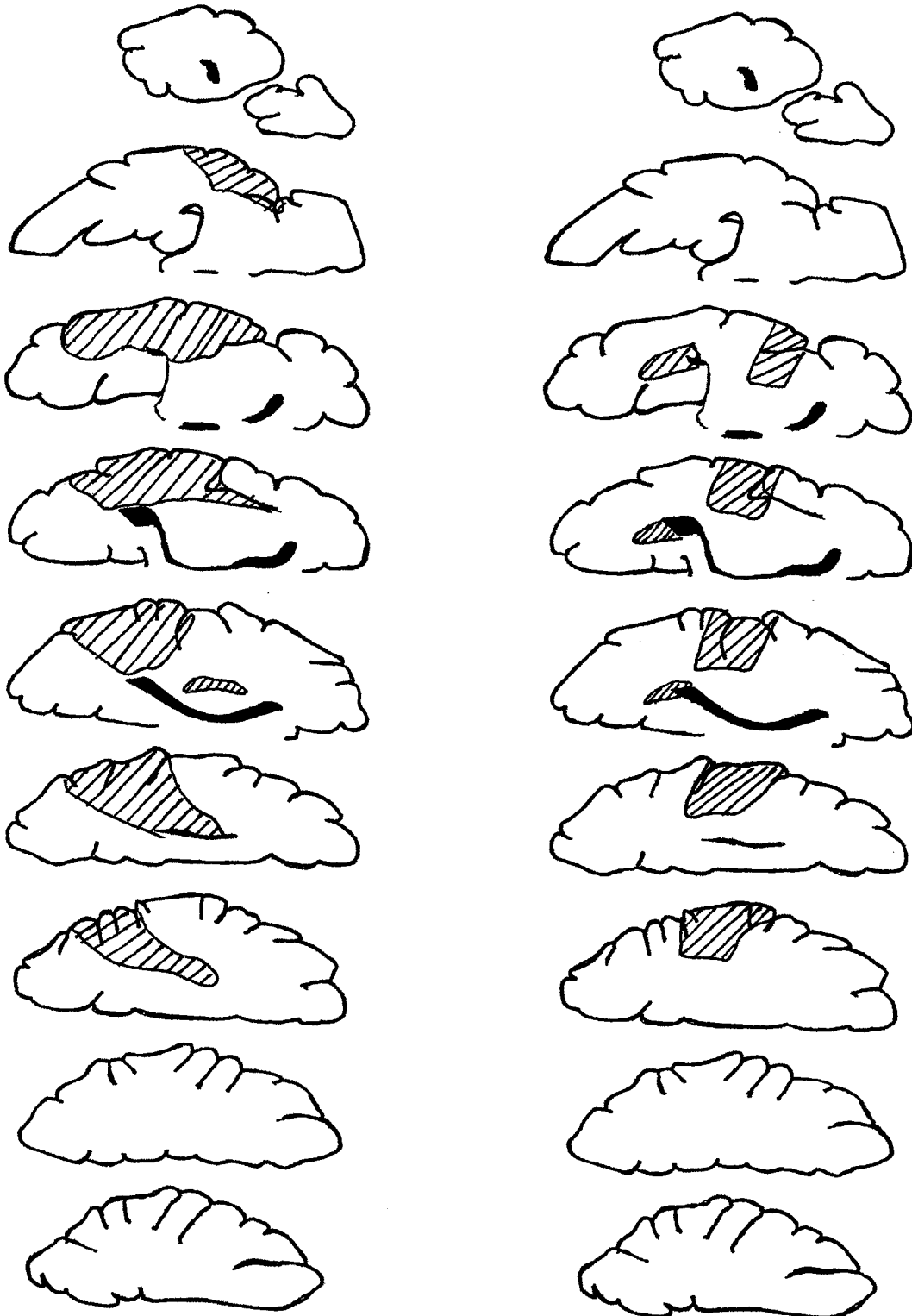


Abb. 3.1

Beispiele zweier templates von Patienten mit **RZL**

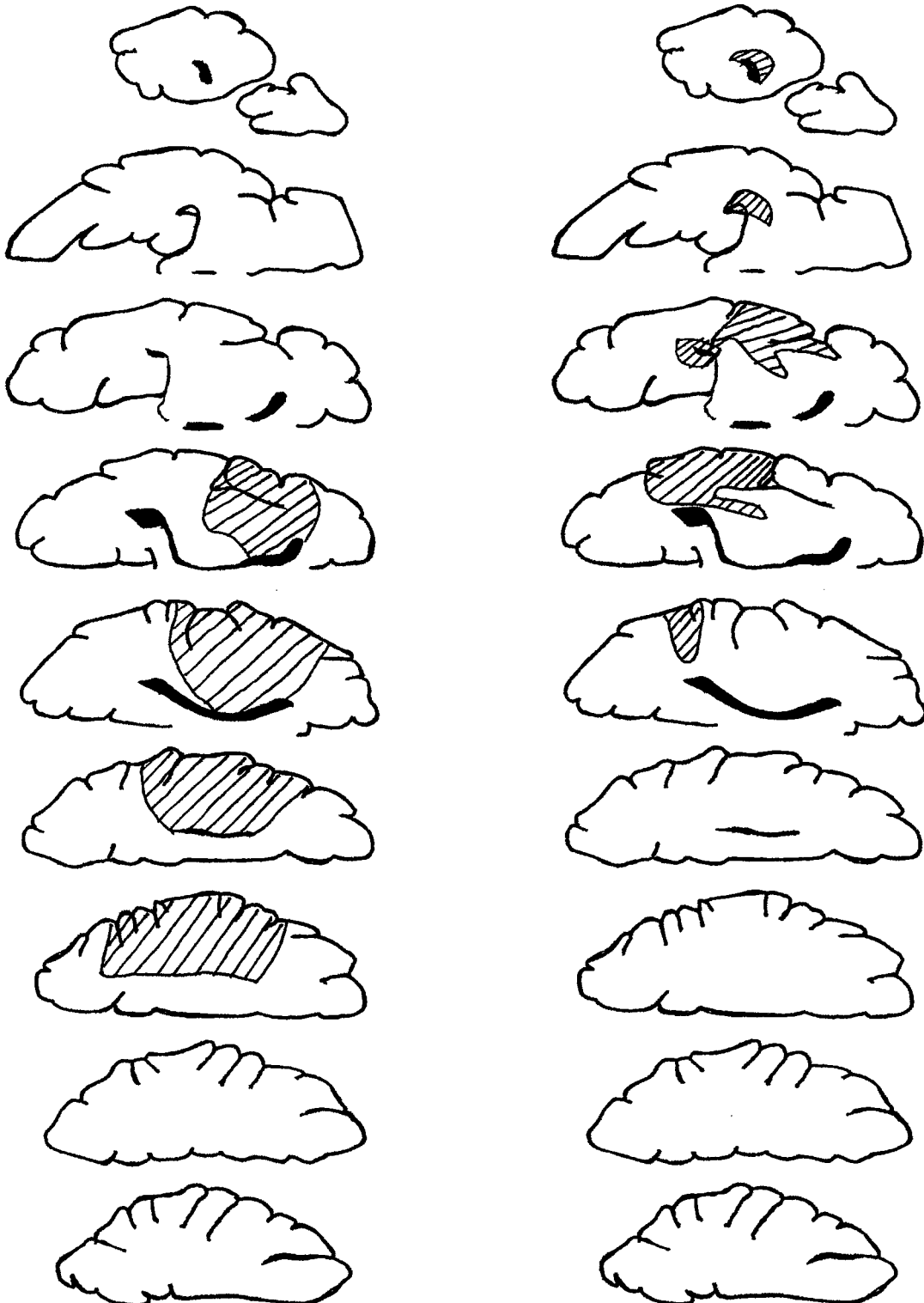
(Ort der Läsion ist jeweils schraffiert in den Hirnschnitt eingezeichnet)

Linke Abbildung:

Läsionsorte: frontal, parietal,
insulär, Basalganglien.

Rechte Abbildung:

Läsionsorte: temporal, parietal,
insulär.



wurde gleich häufig rechts und links und gleich häufig oben und unten angeordnet. Die Gesten der Hand- und Fingerstellungen wurden bereits publiziert (Goldenberg, 1996). Dabei ist es vor allem bei den Handstellungen, bei denen auch das Gesicht der Person mit auf dem Bild ist, wichtig, dass die einzelnen Stellungen von fünf unterschiedlichen Personen ausgeführt werden. Sonst könnte die untersuchte Personen versuchen ganze Bilder zu erkennen, was am gleichen Gesicht bei nur zwei oder drei demonstrierenden Personen sehr einfach wäre. Auch bei alleiniger Demonstration der Stellungen durch ein und dieselbe Person wäre das Problem des Erkennens von Bildern gegeben, da hier der Patient mehr auf Details der Stellungen achten könnte und das Ziel des Erkennens der gesamten Geste verloren geht. Die Fußstellungen wurden in Zusammenarbeit mit Physiotherapeuten entwickelt und anschließend fotografiert. Bei der Vorbereitung der Stellungen des Fußes, bei denen auch das Bein unterschiedlich stark miteinbezogen ist, war es wichtig, die Stellungen so zu wählen, dass die Durchführung immer auch für Patienten mit einer Hemiparese und auch einer Hemiplegie möglich ist. Alle Fußstellungen wurden deshalb so entwickelt und ausgewählt, dass sie im Sitzen ausgeführt werden können. Das Problem der Schwierigkeit der Rumpfkontrolle bei hemiplegischen Patienten bei Stellungen, bei denen der Fuß oberhalb der Höhe der Malleolengabel gebracht werden sollte, war uns bewusst. Trotz sorgfältiger Auswahl der Stellungen ließ sich eine gewisse Instabilität des Rumpfes bei einigen Stellungen der unteren Extremität bei hemiplegischen Patienten nicht ganz vermeiden.

Im zweiten Teil wurde das Imitieren dieser Stellungen getestet. Dabei saß der Untersucher dem Probanden gegenüber. Bei den Kontrollpersonen (ausschließlich Rechtshänder) wurde zur Hälfte die links- und rechtsseitige Extremität geprüft. (Eine vorausgehende Untersuchung Goldenbergs (1998) zeigte keinen Unterschied zwischen links- und rechtsseitiger Testung, deswegen wurden die Werte gemeinsam betrachtet). Die Geste wurde dann mit dem Arm, den Fingern oder dem Fuß des Untersuchers, der der zerebralen Läsion des Patienten gegenüberlag demonstriert und die Patienten imitierten mit der ipsiläsionalen Extremität. So konnte der

Proband die Geste wie Bild und Spiegelbild imitieren und es war gewährleistet, dass ein Patient nie aufgrund einer Parese oder einer Plegie die vorgegebene Stellung nicht ausführen konnte. Aber vor allem wurde damit der Anforderung an einen Test auf Apraxie gefolgt, da immer die ipsiläsionale Seite getestet wurde.

Bei bestimmten Patienten, bei denen eine schwere visuo-imitative Apraxie vorlag, wurden zusätzlich noch sogenannte Achsenbewegungen getestet. Als Grenze für den Test auf Achsenbewegungen wurden weniger als 16 Punkte bei den Handstellungen gefordert. Diese Grenze wurde sehr tief angesetzt, um nur deutlich ausgeprägte apraktische Störungen zu erfassen. Bei Goldenberg wurde der *cut-off* für den Test auf visuo-imitative Apraxie bei den Handstellungen auf 17 Punkte festgelegt (Goldenberg, 1996). In der eigenen Arbeit lag er auch bei 17 Punkten für die Handstellungen und bei jeweils 16 Punkten für die Finger- und Fußstellungen. Die Imitationsscores wurden als pathologisch angesehen, wenn sie einen Punkt unter demjenigen der schlechtesten Kontrolle lagen (schlechtester Wert der Kontrollgruppe bei den Handstellungen: 18 Punkte, bei den Fuß- und Fingerstellungen: 17 Punkte). Imitativ wurden zehn bedeutungslose Gesten getestet, bei denen der Körperstamm oder mittelliniennahe Strukturen, z. B. der Oberkörper und die Schultermuskulatur beteiligt sind, aber auch Bewegungen des Kopfes, der Gesichtsmuskulatur und der Augenmuskulatur. Da die Achsenbewegungen nicht von anatomisch einheitlichen Strukturen ausgehen, wurde auch eine Bewegung der Gesichtsmuskulatur, die von einigen Autoren, wie z. B. von Poeck (1982) zum Test auf Gesichtsapraxie verwendet wurde, mitaufgenommen. Die Gesten, wie sie nacheinander demonstriert wurden, lassen sich stichpunktartig zusammenfassen: Nach-Unten-Beugen des Kopfes, Nach-Hinten-Beugen des Kopfes, Nach-Rechts-Schauen mit Hilfe der Nackenmuskulatur (ein Hinweis auf die Richtung wurde mit dem Zeigefinger gegeben), Schließen der Augen, Nach-Oben-Ziehen der Augenbrauen, Heben beider Schultern, Nach-Rechts-Beugen des Oberkörpers, Rümpfen der Nase, Nach-Vorn-Beugen des Oberkörpers und Abduzieren der Augen nach rechts (ohne Zuhilfenahme der Nackenmuskulatur);

3.2.2 Bewertung des Testergebnisses

Beim ersten Teil des Tests, dem perzeptiven Teil, werden für jede der drei Aufgabengruppen maximal zehn Punkte erreicht. Jede richtig erkannte Handstellung wird mit einem Punkt bewertet, ebenso jede Fuß- und Fingerstellung. Die Möglichkeit zur Korrektur wurde der untersuchten Person vor der endgültigen Auswahl der Geste gegeben. Die unterschiedlich lange Bearbeitungszeit einer Testaufgabe bei den einzelnen Patienten wurde nicht in die Bewertung miteinbezogen.

Die Bewertung des imitativen Teil des Testes wurde folgendermaßen durchgeführt: Die untersuchte Person bekam, wenn die spontane Imitation nach der ersten Demonstration falsch war noch eine zweite Möglichkeit, nach erneuter Demonstration die Geste richtig zu imitieren. War die Imitation beim ersten Versuch richtig, erhielt der Patient bzw. die Kontrollperson zwei Punkte. Sie wurde mit einem Punkt bewertet, wenn die Imitation erst nach erneuter Demonstration richtig ausgeführt wurde. Bei der Bewertung wurde nur die endgültige Position der Geste bewertet und Suchbewegungen, Zögern und die Korrektur während der Bewegung blieb unberücksichtigt. Auch wurden kleinere Abweichungen des Winkels bei den Handstellungen, und bei den Fingerstellungen Abweichungen vom Ausmaß der Streckung der einzelnen Finger nicht berücksichtigt. Die Achsenbewegungen wurden wie die übrigen imitativen Aufgaben bewertet. Jedoch wurden, wie unter Punkt 3.2.1 angedeutet, nur schwer apraktische Patienten getestet.

Um die Reliabilität beim Bewerten der Testaufgaben bei der Imitation zu überprüfen, wurden vier weitere Patienten und eine weitere Kontrollperson, die nicht in die Ergebnisauswertung miteingingen, vor laufender Videokamera vom Autor der Arbeit getestet und bewertet. Der Testablauf wurde dabei etwas abgeändert und jede Geste wurde bei der untersuchten Person zweimal getestet. Durch das grundsätzliche zweimalige Testen wurde dem Zweitbewerter, Prof. Goldenberg, der die Patienten anhand des Videos bewertete, kein Hinweis auf die Bewertung des Autors gegeben. Die Inter-Rater Übereinstimmung wurde bestimmt durch

prozentuale Übereinstimmung der Bewertung der einzelnen Items zwischen den beiden Ratern. Sie beträgt 96% für die Fuß-, 92% für die Handstellungen und 99% für die Fingerpositionen.

3.2.3 Datenauswertung und statistische Tests

Da die Streuung der Testwerte sehr groß ist und es dadurch eine asymmetrische Verteilung gibt, werden nicht-parametrische Testverfahren angewendet: Für den paarweisen Vergleich der Wilcoxon-Mann-Whitney Test, für den Drei-Gruppenvergleich diente der Kruskal-Wallis Test. Der Chi-Quadrat Test wurde für den Vergleich von Häufigkeiten verwendet.

Bei der Beurteilung der statistischen Tests wurden die gebräuchlichen Signifikanzniveaus zugrundegelegt:

$p > 0,05$, nicht signifikant,

$p < 0,05$, signifikant,

$p < 0,001$, hochsignifikant.

Die p-Werte wurden auf 3 Nachkommastellen gerundet, wobei bei 0,5 aufgerundet wurde.

Bei der Besprechung der Arbeit im Ergebnis- und Diskussionsteil wurden aus Gründen der Lesbarkeit der Arbeit nur in ausgewählten Fällen die Median- und Mittelwerte der Testergebnisse im Text angeführt, selbstverständlich werden aber alle Ergebnisse, auf die sich die Arbeit bezieht, in tabellarischer Form oder in Abbildungen aufgenommen.

Wir führen bei der Auswertung der Ergebnisse neben den Median- auch die Mittelwerte auf. Diese Darstellung der Ergebnisse wurde gewählt, um die Vergleichbarkeit mit den Referenzarbeiten sicherzustellen.

4. Ergebnisse

4.1 Beschreibung der demographischen und klinischen Daten

Die demographischen, klinischen und radiologischen Daten von Patienten mit LZL und RZL und der Kontrollgruppe werden in Tabelle 1 gezeigt. Von den Patienten mit LZL hatten alle 30 eine Aphasie, die in vier klassifizierbare Untergruppen und in eine nicht klassifizierbare eingeteilt wurde, und zwei Patienten zeigten Symptome einer Restaphasie. Sieben Patienten hatten eine Wernicke-, sechs eine Global-, sechs eine Broca- und vier Patienten eine amnestische Aphasie. Bei fünf Patienten konnte die Aphasie durch eine einfache klinische Untersuchung nicht weiter klassifiziert werden. Bei den Patienten mit RZL ($n = 20$) wurde in 14 Fällen ein visueller Neglect diagnostiziert, bei 5 Patienten Symptome eines Restneglects und ein Patient hatte eine visuokonstruktive Störung.

Wir vergleichen die Patienten mit LZL mit denjenigen mit RZL bezüglich der wichtigsten demographischen und klinischen Merkmale, um sicherzustellen, dass die für die Patientengruppen gefundenen Unterschiede in den experimentellen Tests nicht durch eine asymmetrische Verteilung wichtiger klinischer Merkmale zustande kommen d. h. auf eine Wechselwirkung der experimentellen Tests mit den demographischen bzw. klinischen Merkmalen zurückzuführen sind.

Im Hinblick auf das Alter gab es zwischen beiden Patientengruppen keinen Unterschied (Wilcoxon Test: $z = 0,525$, $p = 0,599$), ebenso zeigte sich kein Unterschied, wenn zu den beiden Patientengruppen zusätzlich das Alter der Kontrollpersonen zum Vergleich hinzugezogen wurde (Kruskal-Wallis Test: $\text{Chi}^2 = 1,83$, $\text{df} = 2$, $p = 0,401$). Hinsichtlich der Ätiologie des apoplektischen Insultes d. h. im Verhältnis Blutung zu Ischämie gab es keinen Unterschied zwischen den beiden Gruppen (Chi-Quadrat Test: $\text{Chi}^2 = 0,130$, $\text{df} = 1$, $p = 0,718$). Die Geschlechterverteilung zwischen den beiden Gruppen zeigte ebenfalls keinen Unterschied (Chi-Quadrat Test: $\text{Chi}^2 = 0,893$, $\text{df} = 1$, $p = 0,345$). Jedoch zeigte sich ein

signifikanter Unterschied in der Verteilung der Paresen zwischen Patienten mit links- (n = 14) und rechtszerebralen (n = 16) Läsionen zugunsten der letzteren Patientengruppe (Chi-Quadrat Test: $\chi^2 = 4,254$, $df = 1$, $p = 0,039$). Vergleicht man jedoch innerhalb der Gruppe der Patienten mit rechtszerebralen Läsionen diejenigen mit und ohne Paresen, findet man keine Unterschiede innerhalb einander entsprechender experimenteller Tests zwischen der paretischen und nichtparetischen Gruppe. Der größte absolute Z-Wert und dementsprechend der kleinste p-Wert fand sich beim Vergleich der Perzeption der Fußstellungen von Patienten mit rechtszerebralen Läsionen mit und ohne Paresen und dieser Wert war nicht signifikant (Wilcoxon Test: $z = -1,10$, $p = 0,271$). Bei allen übrigen Vergleichen zeigte sich ein absolut kleinerer Z-Wert und ein dementsprechend größerer p-Wert (Wilcoxon Test: $p > 0,271$ und $z < 1,10$).

Ebenso gab es keinen Unterschied zwischen den beiden Patientengruppen im Hinblick auf die mittlere Zeitdauer vom zerebrovaskulären Ereignis bis zur Untersuchung (Wilcoxon Test: $z = -1,08$, $p = 0,280$).

Der Typ der Aphasie hatte keinen Einfluss auf das Ergebnis des Imitationstests, wobei exemplarisch nur die Handstellungen - da die Fehler bei den Handstellungen am deutlichsten mit der Apraxie einhergehen - getestet wurden. Denn beim Vergleich der Werte der Handstellungen zwischen den Aphasiegruppen zeigte sich kein Unterschied (Wilcoxon Test mit kleinstem p-Wert, $p = 0,334$ und dem absolut größten Z-Wert, $z = -0,965$).

Die gesamte Anzahl der Läsionsorte wurde in die Tabelle 4.1 mitaufgenommen. Da die Läsion meist mehr als nur eine in der Tabelle aufgelistete anatomische Struktur betrifft, ist die gesamte Anzahl der Läsionen grösser als die Gesamtzahl der Patienten.

Tabelle 4.1 Demographische, klinische und radiologische Daten für die Patienten und die Kontrollgruppe

	LZL* (n=30)	RZL* (n=20)	KGR* (n=20)
<i>Alter</i>	57,4 (11,3)**	55,9 (12,7)	51,6 (16,3)
<i>männlich/weiblich</i>	19 / 11	16 / 4	12 / 8
<i>Tage bis zur Untersuchung</i>	142 (121,2)**	190 (167,5)	
<i>Blutung/Ischämie</i>	7 / 23	3 / 17	
<i>Parese ja/nein</i>	14 / 16	16 / 4	
<i>Läsionsort</i>			
frontal	5	12	
temporal	15	14	
parietal	20	10	
okkzipital	2	3	
Insel	3	10	
Basalganglien	6	8	
Thalmaus	0	3	
Marklager	8	5	
<i>Neglect ja/nein</i>		14 / 6	
<i>Aphasie</i>			
Global	6		
Broca	6		
Wernicke	7		
amnestisch	4		
nicht klassifizierbar	5		
Restaphasie	2		

* LZL Patienten mit linkszerebralen Läsionen
RZL Patienten mit rechtszerebralen Läsionen
KGR Kontrollgruppe

** Mittelwert und Standardabweichung

Hinsichtlich der Lokalisation des Läsionsortes zeigte sich zwischen der Gruppe mit rechtszerebralen und linkszerebralen Läsionen ein signifikanter Unterschied bezüglich der Verteilung der frontalen Läsionen zugunsten der Patientengruppe mit RZL (Chi-Quadrat Test: $\chi^2 = 8,203$, $df = 1$, $p = 0,004$). In den experimentellen Tests, die sich auf einzelne Testvariablen bezüglich frontaler und nichtfrontaler Läsionen beziehen, zeigte sich jedoch kein Unterschied innerhalb der Gruppe mit rechtszerebralen Läsionen (Wilcoxon Test mit kleinstem p-Wert, $p = 0,124$ und mit dem absolut größtem Z-Wert, $z = 1,54$).

In der Gruppe mit LZL finden sich bis auf einen Vergleich ebenfalls keine Unterschiede. Dieser tritt bei der Gegenüberstellung der Imitation von Fußstellungen der Patienten mit frontalen und nicht frontalen Läsionen auf (Wilcoxon Test: $z = -2,13$, $p = 0,033$). Der gefundene Wert hat geringe Aussagekraft wegen der ungleichen Verteilung der Patientenzahlen für die beiden Läsionsorte (5 zu 25 Patienten).

4.2 Testergebnisse

4.2.1 Testergebnisse für Hand, Fuß und Finger in Abhängigkeit von der Modalität des Testens

Wir betrachten zuerst die Testergebnisse für die Imitation und dann für die Perzeption jeweils zwischen den einzelnen Gruppen (Patienten mit RZL und LZL). Anschließend soll dann im Punkt 4.2.1.3 ein globaler Vergleich der Imitation und Perzeption (Punktwerte der drei Gesten werden addiert) zwischen den einzelnen Gruppen erfolgen. Danach werden innerhalb der beiden Läsionsgruppen die Körperteile, d. h. Hand, Fuß und Finger, miteinander verglichen.

4.2.1.1 Vergleich der Imitation zwischen den einzelnen Gruppen

Betrachtet man die globalen Leistungen bei der Imitation, also die Testergebnisse der Hand, der unteren Extremität und der Finger gemeinsam (die Testergebnisse für Hand, Fuß und Finger werden addiert), so begehen Patienten mit LZL ($M = 51,0$; $m = 48,9$) beim Imitieren mehr Fehler als Patienten mit RZL ($M = 53,5$; $m = 53,0$), wobei der Unterschied nicht signifikant ist. Differenziert

man die Ergebnisse nach Körperteilen, fächert man sie also nach Hand, Fuß und Finger auf, so zeigt sich ein anderes Bild.

Die Testergebnisse der Imitation sollen im Folgenden nach Hand, Fuß und Finger aufgeschlüsselt werden.

Wir betrachten jetzt die Ergebnisse der Imitation für Hand, Finger und Fuß einzeln.

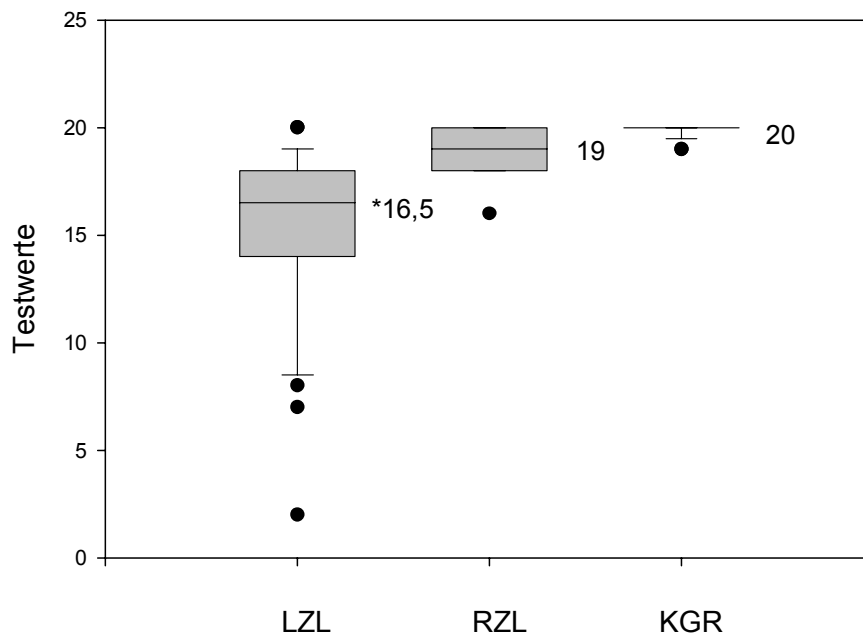
Tabelle 4.2

Handstellungen	min	max	M	m	s
LZL (n=30)	2	20	16,5	15,4	4,2
RZL (n=20)	16	20	19,0	19,1	1,1
KGR (n=20)	19	20	20,0	19,9	0,3

Patienten mit LZL begehen bei Imitation der Handpositionen (Tabelle 4.2, Abbildung 4.1)

wesentlich mehr Fehler als Patienten mit RZL (Wilcoxon Test: $z = -4,34$, $p < 0,001$). Betrachtet man zusätzlich die Kontrollpersonen, so ist der Unterschied im Dreigruppenvergleich wiederum hochsignifikant (Kruskal-Wallis Test: $\text{Chi}^2 = 41$, $\text{df} = 2$, $p < 0,001$).

Abb. 4.1 Ergebnisse des Imitationstests für die *Handstellungen* bei Patienten mit LZL, RZL und der KGR (Boxplots für Patienten mit LZL, RZL und KGR)



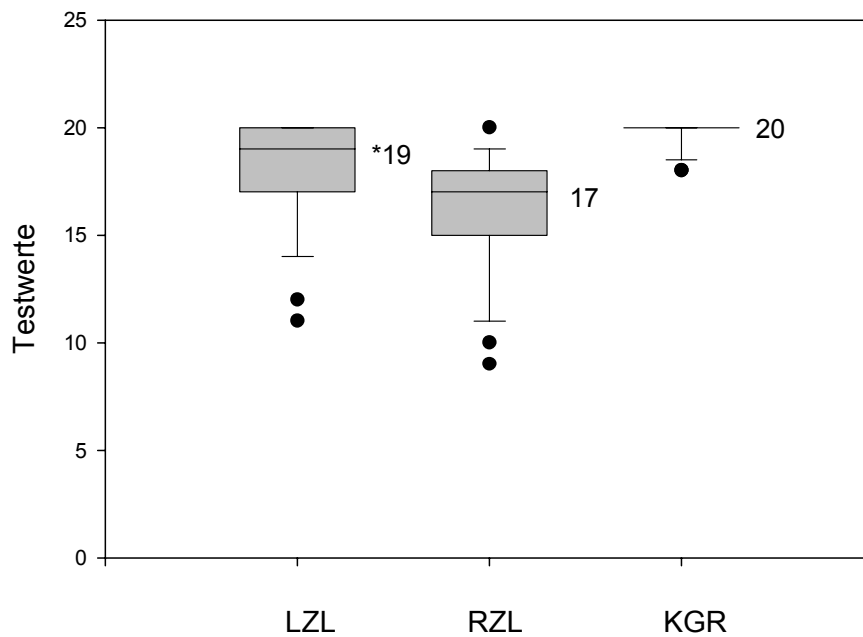
* Medianwert steht jeweils rechts des entsprechenden Boxplots

Tabelle 4.3

Fingerstellungen	min	max	M	m	s
LZL (n=30)	11	20	19,0	18,0	2,4
RZL (n=20)	9	20	17,0	16,2	2,9
KGR (n=20)	18	20	20,0	19,7	0,7

Patienten mit RZL dagegen begehen mehr Fehler bei der Imitation der Fingerstellungen (Tabelle 4.3, Abbildung 4.2) als Patienten mit LZL, wobei der Unterschied abermals deutlich, aber doch geringer als bei den Handstellungen ausfällt (Wilcoxon Test: $z = 2,86$, $p = 0,004$). Zieht man wiederum die Kontrollgruppe bei der Testung hinzu, so findet sich beim Dreigruppenvergleich ebenfalls ein signifikanter Unterschied (Kruskal-Wallis Test: $\text{Chi}^2 = 27,6$, $\text{df} = 2$, $p < 0,001$).

Abb. 4.2 Ergebnisse des Imitationstests für die *Fingerstellungen* bei Patienten mit LZL, RZL und der KGR (Boxplots für Patienten mit LZL, RZL und KGR)



* Medianwert steht jeweils rechts des entsprechenden Boxplots

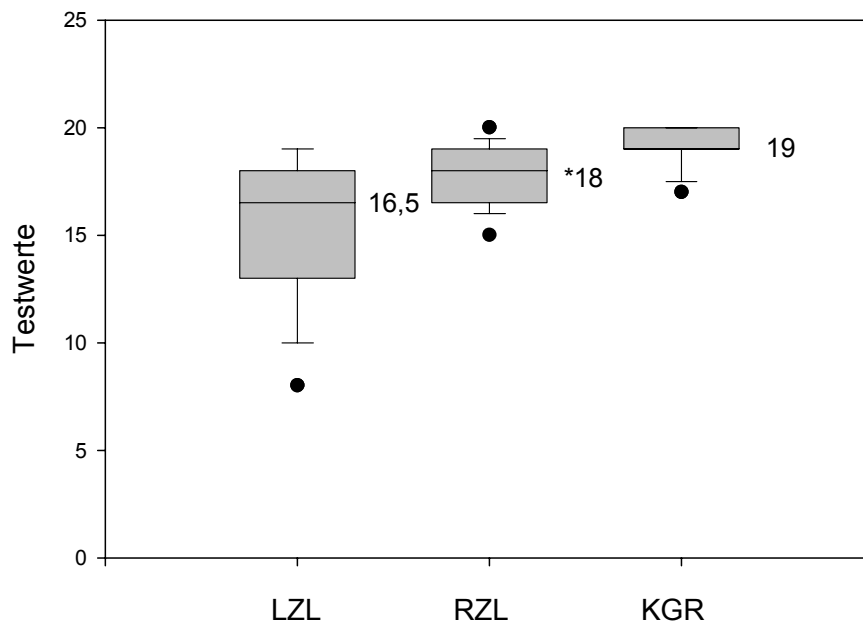
Zusätzlich betrachtet werden in dieser Arbeit auch die Imitation von Fußstellungen.

Tabelle 4.4

Fußstellungen	min	max	M	m	s
LZL (n=30)	8	19	16,5	15,5	3,4
RZL (n=20)	15	20	18,0	17,8	1,5
KGR (n=20)	17	20	19,0	19,2	0,9

Die Testergebnisse der Imitation der Fußstellungen (Tabelle 4.4, Abbildung 4.3) sind bei Patienten mit LZL niedriger als bei Patienten mit RZL (Wilcoxon Test: $z = -2,39$, $p = 0,017$). Betrachtet man zusätzlich die Kontrollpersonen im Dreigruppenvergleich so ist der Unterschied ebenfalls signifikant (Kruskal-Wallis Test: $\text{Chi}^2 = 27,2$, $\text{df} = 2$, $p < 0,001$).

Abb. 4.3 Ergebnisse des Imitationstests für die *Fußstellungen* bei Patienten mit LZL, RZL und der KGR (Boxplots für Patienten mit LZL, RZL und KGR)



* Medianwert steht jeweils rechts des entsprechenden Boxplots

Die geringste Differenz zwischen den Testwerten der Patienten- und der Kontrollgruppe weisen bei der Imitation Patienten mit RZL bei den Handstellungen auf. Obwohl sich die Testwerte der Handstellungen zwischen Patienten mit RZL ($M = 19,0$; $m = 19,1$) und der Kontrollgruppe ($M = 20$; $m = 19,9$) nur geringfügig unterscheiden, ist der statistische Unterschied signifikant (Wilcoxon Test: $z = -3,12$, $p = 0,002$).

4.2.1.2 Vergleich der Perzeption zwischen den einzelnen Gruppen

Patienten mit RZL ($M = 25,5$; $m = 24,7$) zeigen bei der Perzeption, wenn bei dieser die Ergebnisse für Hand, Fuß und Finger gemeinsam betrachtet werden, schlechtere Ergebnisse als Patienten mit LZL ($M = 27,0$; $m = 26,5$), wobei der Unterschied jedoch nicht signifikant ist. Die genauen Ergebnisse zu diesem Vergleich werden im nächsten Punkt, unter 4.2.1.3 aufgeführt.

Die Perzeption soll jetzt wie die Imitation der Gesten innerhalb der einzelnen Gruppen verglichen werden. Wir untersuchen bezüglich dieser Modalität neben den Hand- und Fingerstellungen auch die Fußstellungen.

Die Testergebnisse der Perzeption sollen, wie auch bei der Imitation, nach Hand, Fuß und Finger aufgeschlüsselt werden.

Tabelle 4.5

Handstellungen	min	max	M	m	s
LZL (n=30)	4	10	9,0	8,8	1,5
RZL (n=20)	7	10	9,0	9,1	1,0
KGR (n=20)	9	10	10	9,9	0,3

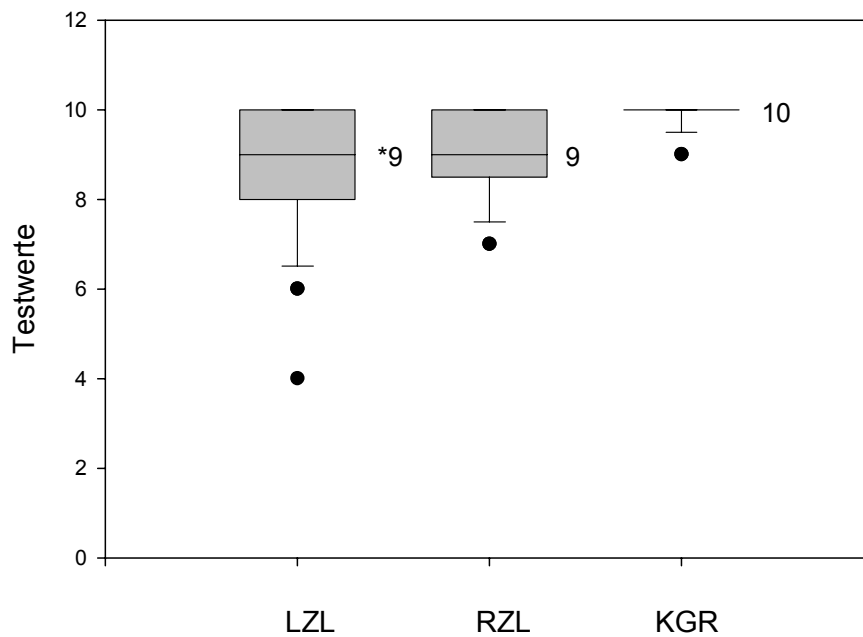
Die Handstellungen (Tabelle 4.5, Abbildung 4.4) unterscheiden sich nicht (Wilcoxon Test: $z = 1,74$, $p = 0,524$) zwischen Patienten mit RZL und LZL. Zieht man wiederum die Kontrollgruppe hinzu, so findet sich im Vergleich der drei Gruppen ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen (Kruskal-Wallis Test: $\text{Chi}^2 = 14,8$, $\text{df} = 2$, $p < 0,001$).

Tabelle 4.6

Fingerstellungen	min	max	M	m	s
LZL (n=30)	5	10	10,0	9,4	1,1
RZL (n=20)	6	10	8,5	8,2	1,4
KGR (n=20)	9	10	10,0	9,9	0,3

Beim Vergleichen von Fingerstellungen (Tabelle 4.6, Abbildung 4.5) dagegen sind Patienten mit RZL schlechter als Patienten mit LZL (Wilcoxon Test: $z = 3,46$, $p < 0,001$). Betrachtet man zusätzlich die Kontrollgruppe, so zeigt sich wiederum ein deutlicher Unterschied (Kruskal-Wallis Test: $\text{Chi}^2 = 24,1$, $\text{df} = 2$, $p < 0,001$). Obwohl die Leistungen der Finger bei Patienten mit LZL ($M = 10,0$; $m = 9,4$) sehr hoch sind – dies ist die Geste mit der geringsten Differenz zum Wert der Kontrollgruppe – unterscheiden sie sich immer noch von der KGR ($M = 10,0$; $m = 9,9$). Der Unterschied ist gerade signifikant (Wilcoxon Test: $z = -2,1$, $p = 0,035$).

Abb. 4.4 Ergebnisse des Perzeptionstests für die *Handstellungen* bei Patienten mit LZL, RZL und der KGR (Boxplots für Patienten mit LZL, RZL und KGR)



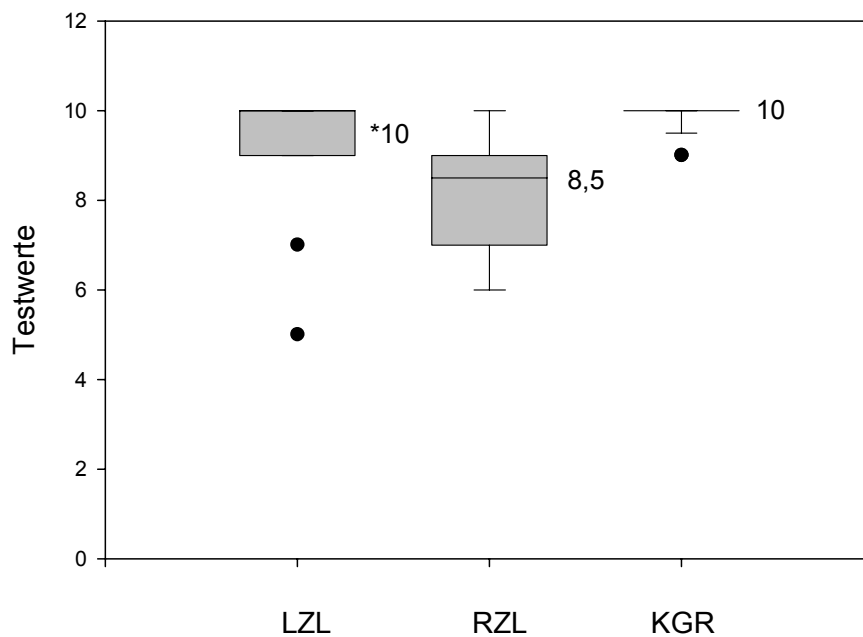
* Medianwert steht jeweils rechts des entsprechenden Boxplots

Tabelle 4.7

Fußstellungen	min	max	M	m	s
LZL (n=30)	5	10	8,0	8,3	1,3
RZL (n=20)	4	10	8,0	7,4	1,9
KGR (n=20)	8	10	10,0	9,5	0,7

Bei den Fußstellungen (Tabelle 4.7, Abbildung 4.6) haben wir gefunden, dass deren Ergebnisse wiederum bei der Patientengruppe mit RZL schlechter als bei der Gruppe mit LZL sind. Der Unterschied ist deutlich, jedoch nicht signifikant (Wilcoxon Test: $z = 1,66$, $p = 0,097$). Zieht man wiederum die Kontrollpersonen beim Dreigruppenvergleich hinzu, so zeigt sich ein signifikanter Unterschied (Kruskal-Wallis Test: $\text{Chi}^2 = 19,4$, $\text{df} = 2$, $p < 0,001$).

Abb. 4.5 Ergebnisse des Perzeptionstests für die *Fingerstellungen* bei Patienten mit LZL, RZL und der KGR (Boxplots für Patienten mit LZL, RZL und KGR)

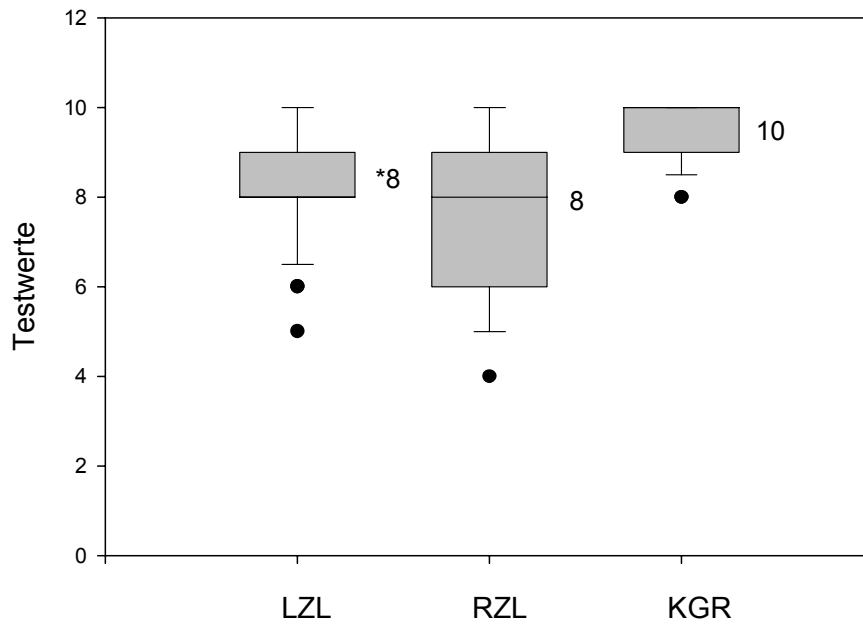


* Medianwert steht jeweils rechts des entsprechenden Boxplots

4.2.1.3 Globaler Vergleich der Imitation und Perzeption zwischen den einzelnen Gruppen

Versucht man die globalen Ergebnisse der Imitation den globalen Ergebnissen der Perzeption gegenüberzustellen, so ist das Ergebnis für die Perzeption mit dem Faktor zwei zu multiplizieren. Zunächst sollen jedoch die Gesamtergebnisse der Imitation zwischen Patienten mit LZL und RZL verglichen werden. Als Maß für die globalen Leistungen der Imitation wählen wir die Summe der Punktwerte der Einzelergebnisse von Hand, Fuß und Finger. Bei dieser Gegenüberstellung zeigt sich, dass bei der Imitation Patienten mit LZL ($M = 51,0$; $m = 48,9$) mehr Fehler als Patienten mit RZL ($M = 53,5$; $m = 53,0$) begehen, wobei der Unterschied deutlich, aber nicht signifikant ist (Wilcoxon Test: $z = -1,77$, $p = 0,077$). Dagegen begehen bei der Perzeption Patienten mit RZL ($M = 51,0$; $m = 49,3$) mehr Fehler als Patienten mit LZL ($M = 54,0$; $m = 52,9$), und umgekehrt. Der Unterschied ist auch hier deutlich, aber ebenfalls nicht signifikant (Wilcoxon Test: $z = 1,74$, $p = 0,082$). Wird jeweils die Kontrollgruppe hinzugezogen, so finden sich im Dreigruppenvergleich

Abb. 4.6 Ergebnisse des Perzeptionstests für die *Fußstellungen* bei Patienten mit LZL, RZL und der KGR (Boxplots für Patienten mit LZL, RZL und KGR)

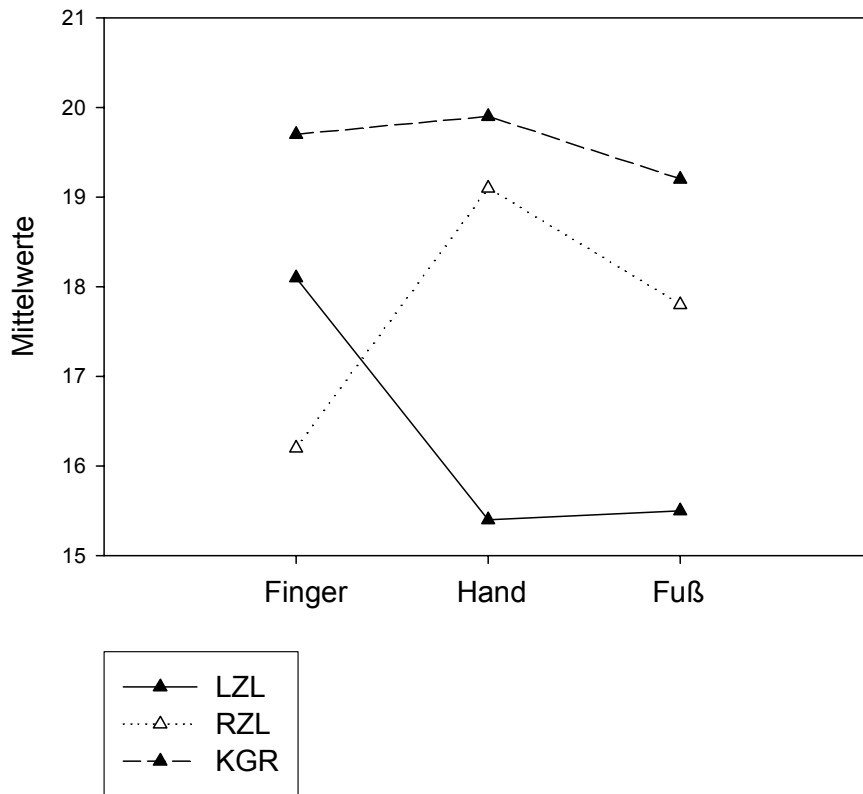


* Medianwert steht jeweils rechts des entsprechenden Boxplots

in beiden Fällen signifikante Unterschiede (Kruskal-Wallis Test: $\text{Chi}^2 = 37,9$ für die Imitation bzw., $\text{Chi}^2 = 26,4$ für der Perzeption und jeweils $\text{df} = 2$, $p < 0,001$).

4.2.2 Überblick über die bisherigen Ergebnisse

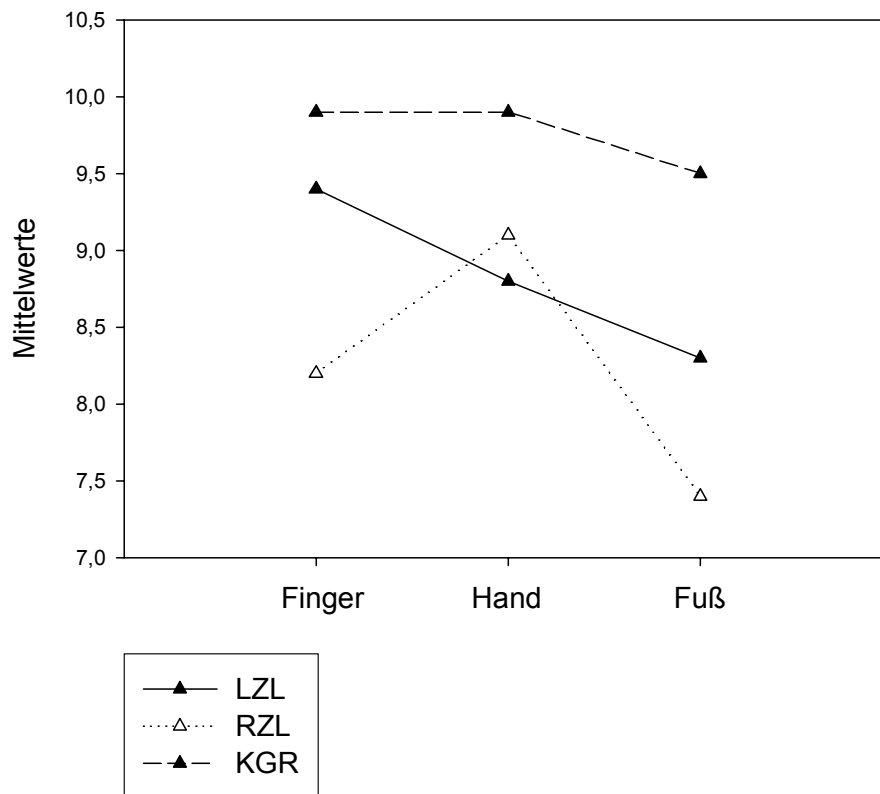
Abb. 4.7 Liniendiagramm für die Mittelwerte der Imitationstests (Patientengruppen und Kontrollgruppe)



Die bisherigen Ergebnisse lassen sich zunächst für die Imitation und anschließend für die Perzeption knapp folgendermaßen zusammenfassen.

Patienten mit LZL und RZL verhalten sich für Hand- und Fingerstellungen bei der Imitation (Abbildung 4.7) entgegengesetzt, d. h. Patienten mit LZL zeigen bei der Imitation der Handstellungen signifikant niedrigere Testergebnisse als solche mit RZL, Patienten mit RZL dagegen weisen bei der Imitation der Fingerstellungen signifikant niedrigere Testwerte auf als solche mit LZL. Fußstellungen zeigen bei der Imitation bei LZL signifikant niedrigere Ergebnisse als bei RZL und weisen fast keinen Unterschied im Vergleich zu den Handstellungen auf. Formal finden wir bei der Imitation der Hand- und Fingerstellungen für die beiden Läsionsgruppen eine doppelte Dissoziation. Die Aussage für die doppelte Dissoziation lässt sich entsprechend auch für die Fußstellungen formulieren.

Abb. 4.8 Liniendiagramm für die Mittelwerte der Perzeptionstests (Patientengruppen und Kontrollgruppe)



Tab. 4.8 Zusammenfassung der Testergebnisse für die Imitation und Perzeption (Mittelwerte)

	LZL	RZL
Imitation		
Finger	m = 18,1*	m = 16,2
Hand	m = 15,4**	m = 19,1
Fuß	m = 15,5*	m = 17,8
Perzeption		
Finger	m = 9,4*	m = 8,2
Hand	m = 8,8	m = 9,1
Fuß	m = 8,3	m = 7,4

** p < 0,001 * p < 0,05. (Wilcoxon-Mann-Whitney Test)

Auch für die Perzeption (Abbildung 4.8) lassen sich die Ergebnisse entsprechend knapp zusammenfassen.

Patienten mit RZL weisen bei der Perzeption der Fingerpositionen signifikant niedrigere Testwerte auf als diejenigen mit LZL. Bei den Handstellungen zeigt sich zwischen Patienten mit LZL und RZL kein signifikanter Unterschied, obwohl die Tendenz in Richtung einer Verschlechterung der Patienten mit RZL geht. Die Fußstellungen zeigen in beiden Läsionsgruppen die niedrigsten Testergebnisse. Vergleichend ist aber zu erwähnen, dass auch die KGR bei der Perzeption dieser Stellungen die niedrigsten Testergebnisse zeigt. Obwohl die Mittelwerte der beiden Läsionsgruppen deutliche Unterschiede aufweisen, unterscheiden sie sich nicht signifikant. Bei der Perzeption finden wir also nur eine einfache Dissoziation für die Fingerstellungen zwischen den beiden Läsionsgruppen. Ein entsprechendes Verhalten, d. h. eine einfache Dissoziation, lässt sich für Hand und Fuß hier nicht nachweisen.

4.2.3 Einzelfallanalyse

Hier sollen die Einzelergebnisse der Patienten im Vergleich zu den bisherigen Gruppenvergleichen betrachtet werden. Wir stellen uns dabei die Frage, ob es bei der Einzelfallbetrachtung Ergebnisse von Patienten gibt die den in den Gruppenvergleichen gefundenen Ergebnissen widersprechen. Wie schon im Punkt 3.1 (Datenerhebung und Untersuchung der Patienten) erwähnt, wurde der cut-off für die pathologische Imitation bei den Handstellungen auf 17 Punkte und bei den Finger- und Fußstellungen auf 16 Punkte festgelegt. Die Gesamtzahl der Patienten mit einer pathologischen Imitation und anschließend Perzeption (bei Patienten mit LZL jeweils Handstellungen, bei denjenigen mit RZL jeweils Fingerstellungen) werden für die jeweiligen Gesten nachfolgend in Klammern angegeben. Unter Berücksichtigung der Fragestellung der Arbeit gehen wir bei den Patienten mit LZL von den Handstellungen und bei denjenigen mit RZL von den Fingerstellungen aus und beginnen mit der Betrachtung der von den Ergebnissen der Gruppenvergleiche abweichenden Einzelfälle.

Abb. 4.9 Scatter Plot für die Imitation von Hand und Finger, Patienten mit LZL

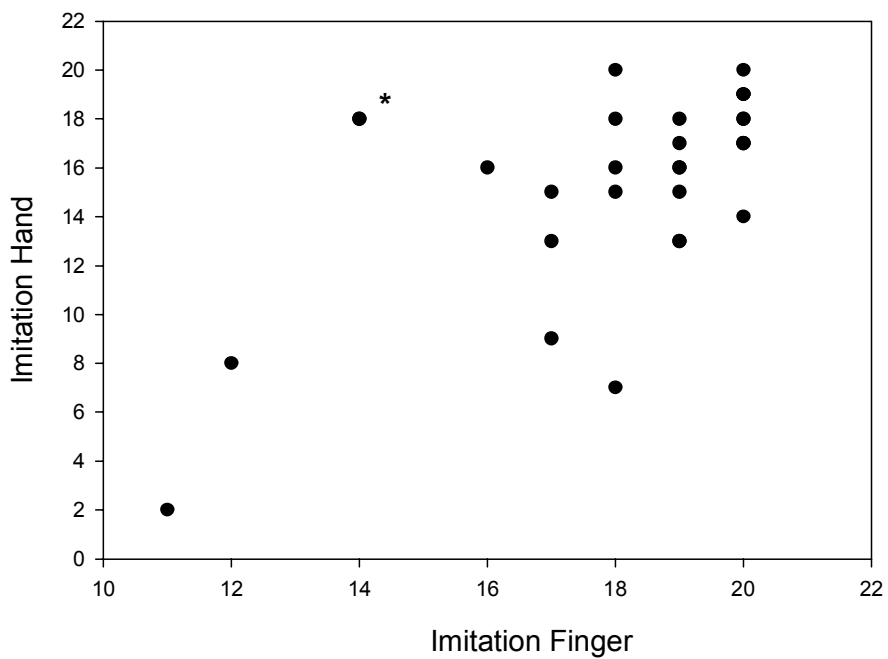
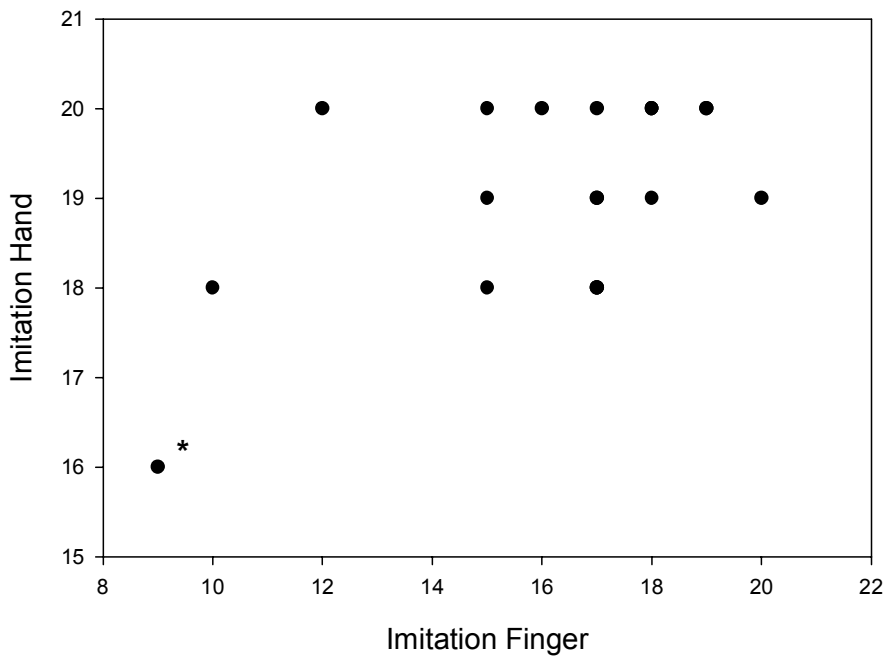


Abb. 4.10 Scatter Plot für Imitation von Hand und Finger, Patienten mit RZL



mit * gekennzeichnete Werte: von den Gruppenergebnissen abweichend

Zunächst wird mit der Betrachtung der Einzelergebnisse bei der Imitation begonnen. Bei den Patienten mit LZL (19 Patienten mit pathologischen Scores bei den Handstellungen) gab es zwei Patienten, die bei den Fingerstellungen einen pathologischen Score hatten, dagegen nicht bei den Handstellungen (jeweils 14 zu 18 Punkten) (Abbildung 4.9). Bei der Gruppe mit RZL (13 Patienten mit pathologischem Score bei den Fingerstellungen) gab es nur einen einzigen Patienten, der bei den Handstellungen (16 Punkte) einen pathologischen Score hatte (Abbildung 4.10). Jedoch war dieser Patient auch bei den Fingerstellungen (9 Punkte) massiv beeinträchtigt.

13 Patienten mit LZL und mit pathologischen Scores bei den Fußstellungen hatten auch bei den Handstellungen pathologische Scores (Abbildung 4.11). Zwei Patienten von dieser Gruppe hatten einen pathologischen Score bei den Fußstellungen, nicht dagegen bei den Handstellungen, umgekehrt hatten sechs Patienten pathologische Scores bei den Handstellungen und nicht bei den Fußstellungen, wobei die Scores jeweils nahe am cut-off lagen und nicht mehr als 2 Punkte untereinander differierten.

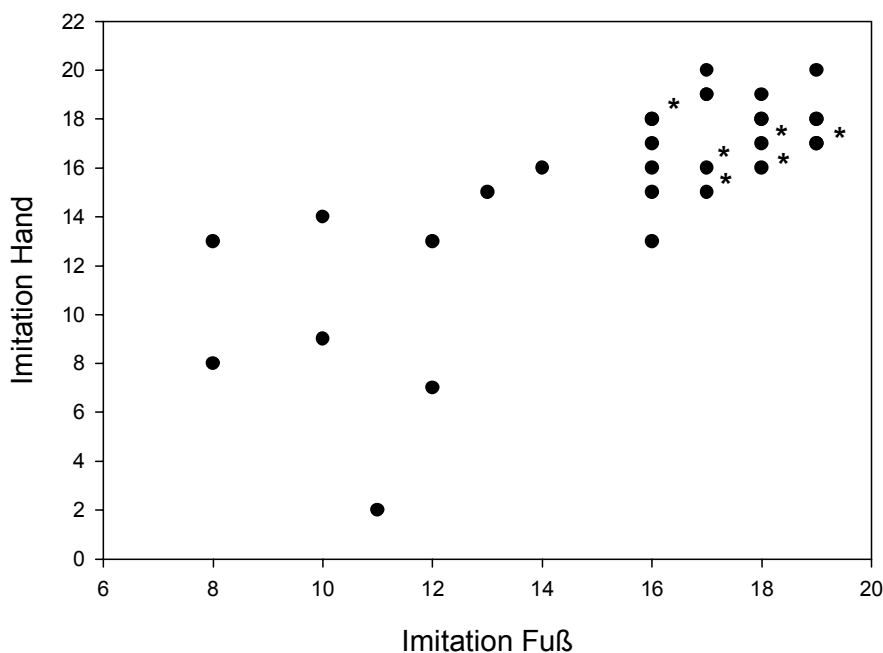
Fünf Patienten mit RZL hatten pathologische Scores bei den Fußstellungen und dabei normale Scores bei den Handstellungen, wohingegen nur ein Patient mit RZL, der bei den Handstellungen (16 Punkte) unter dem cut-off lag, bei den Fußstellungen einen grenzwertigen Score hatte (17 Punkte).

Im Anschluß an die Imitation soll auch deskriptiv eine Betrachtung der einzelnen Patienten für die Perzeption erfolgen. Der cut-off für die pathologische Perzeption wurde auf 8 Punkte für die Hand- und Fingerstellungen, und auf 7 Punkte für die Fußstellungen festgelegt.

Bei den Patienten mit RZL (10 Patienten mit pathologischen Werten bei den Fingerstellungen) finden sich auch bei den Handstellungen fünf Patienten mit pathologischen Scores, die jedoch mit einem Score unterhalb des cut-offs bei den Fingerstellungen assoziiert sind (Abbildung 4.12). Weiterhin finden sich in dieser Gruppe fünf Patienten, die bei den

Handstellungen einen normalen Score aufweisen, und nur ein Patient hatte bei den Fingerstellungen einen besseren Score (10 zu 9 Punkten) als bei den Handstellungen. Neun Patienten mit RZL hatten pathologische Scores bei den Fußstellungen, die in sechs Fällen mit einem Score unter dem cut-off bei den Finger- assoziiert sind (Abbildung 4.13). In vier Fällen

Abb. 4.11 Scatter Plot für die Imitation von Hand und Fuß, Patienten mit LZL



mit * gekennzeichnete Werte: von den Gruppenergebnissen abweichend

waren die pathologischen Scores bei den Fußstellungen mit pathologischen Scores bei den Handstellungen assoziiert.

Bei den Patienten mit LZL (9 Patienten mit pathologischen Scores bei den Handstellungen) hatten auch zwei Patienten pathologische Scores bei den Fingerstellungen (7 und 5 Punkte), die aber auch mit einem niedrigen Score bei den Handstellungen (7 bzw. 6 Punkte) assoziiert sind. Pathologische Scores bei den Fußstellungen (n = 6) waren nur in drei Fällen mit pathologischen Scores bei den Handstellungen assoziiert.

Abb. 4.12 Scatter Plot für die Perzeption von Hand und Finger, Patienten mit RZL

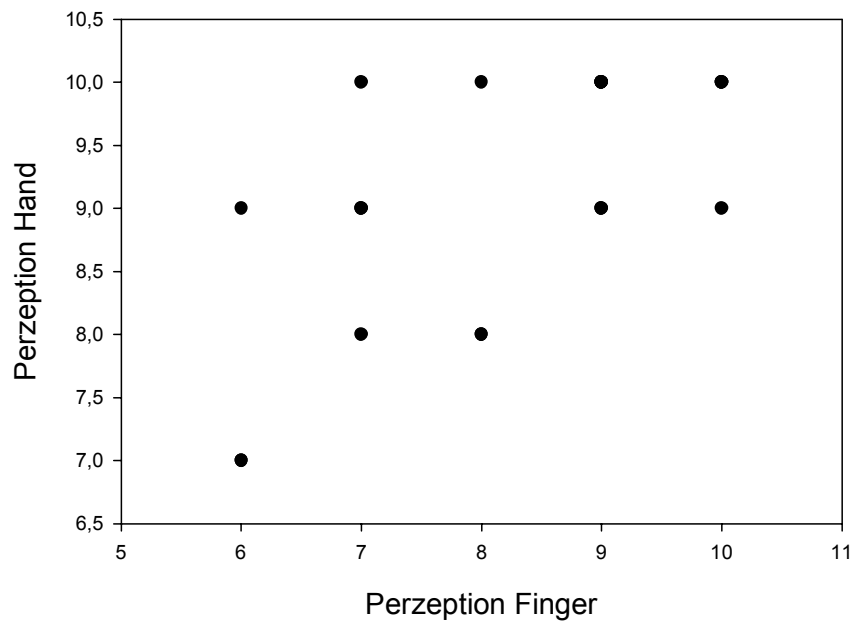
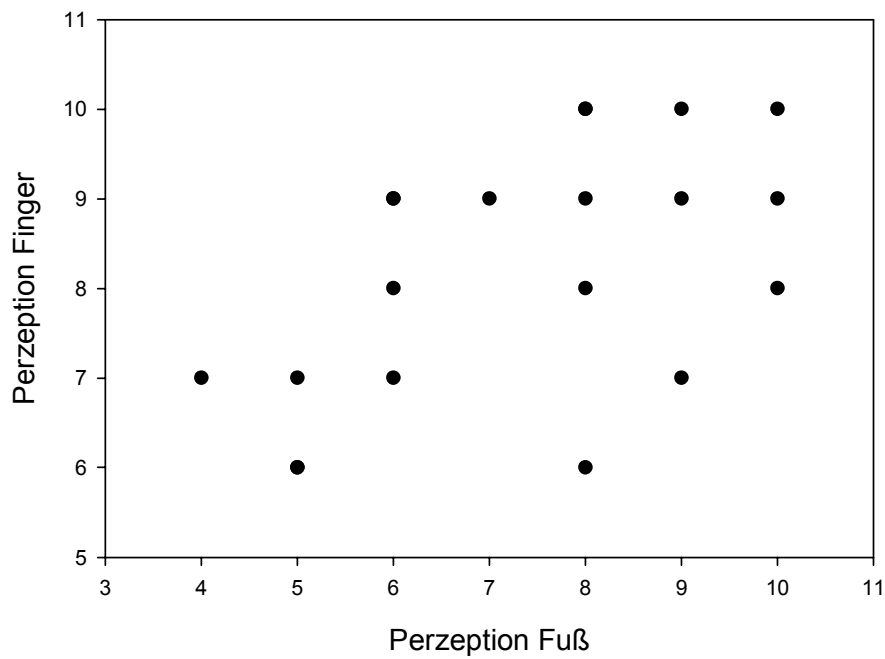


Abb. 4.13 Scatter Plot für die Perzeption von Finger und Fuß, Patienten mit RZL



4.2.4 Vergleich der Testergebnisse für Hand, Fuß und Finger innerhalb der einzelnen Gruppen

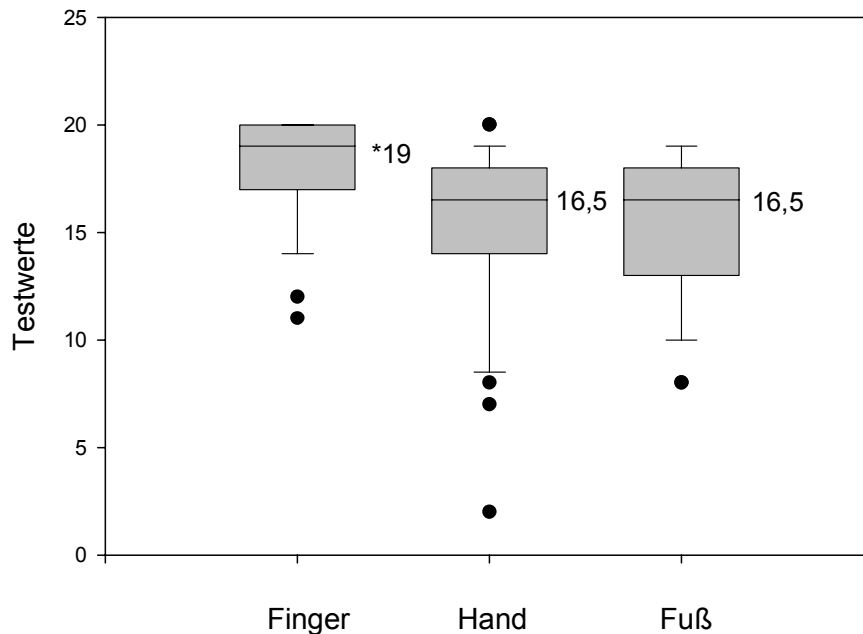
Hier sollen die Leistungen für die einzelnen Körperteile, d. h. für Hand, Fuß und Finger innerhalb der einzelnen Gruppen, also innerhalb der Gruppe mit LZL und der mit RZL, verglichen werden. Zunächst soll dabei der Vergleich für die Imitation und Perzeption innerhalb der Gruppe mit LZL und anschließend für die diejenige mit RZL erfolgen.

Die im Abschnitt 4.2.4 durchgeführten Tests werden nur im Sinne der explorativen Statistik interpretiert. Die p-Werte werden somit nicht im Sinne der Inferenzstatistik berechnet, sondern dienen lediglich dazu die Gruppenunterschiede anschaulich zu verdeutlichen.

4.2.4.1 Vergleich der Testergebnisse der Imitation und Perzeption für Hand, Fuß und Finger innerhalb der Gruppe mit LZL

Beginnen wollen wir bei dieser Betrachtung mit der Imitation und führen folgende ausgewählte Vergleiche durch. Innerhalb der Patientengruppe mit LZL zeigt sich bei der Imitation (Abbildung 4.14) der Handstellungen ($M = 16,5$; $m = 15,4$) kein Unterschied zu den Leistungen der Fußstellungen ($M = 16,5$; $m = 15,5$) (Wilcoxon Test: $z = 0,09$, $p = 0,929$). Beim Vergleich der Imitation der Finger- ($M = 19,0$; $m = 18,0$) mit den Handstellungen und der Finger- mit den Fußstellungen findet sich dagegen jeweils ein hochsignifikanter Unterschied (Wilcoxon Test: $z = 3,32$, $p < 0,001$, bzw. $z = 3,68$, $p < 0,001$).

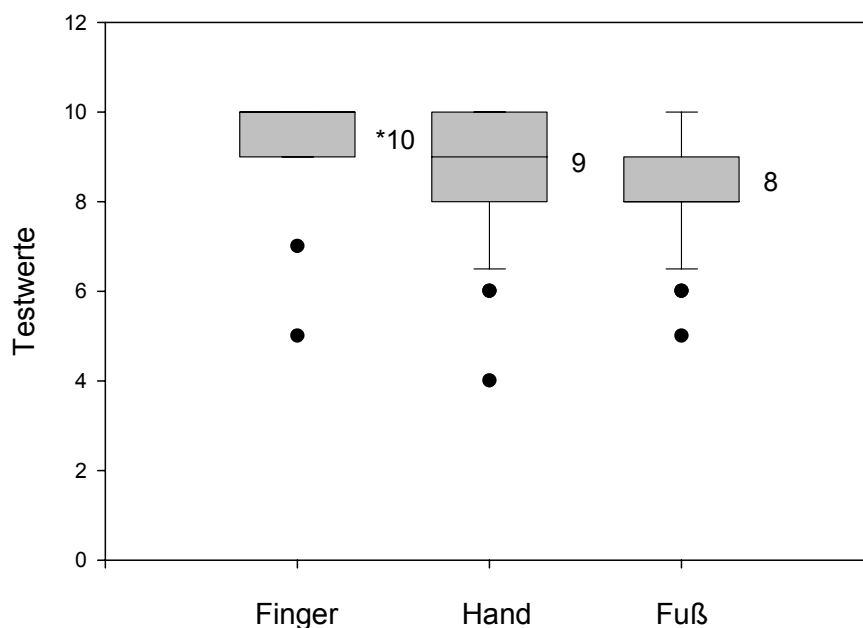
Abb. 4.14 Ergebnisse des Imitationstests für die Patienten mit LZL
(Boxplots für Finger, Hand und Fuß)



* Medianwert steht jeweils rechts des entsprechenden Boxplots

In gleicher Weise soll nun ein Vergleich der Perzeption für die Körperteile innerhalb der gleichen Gruppe erfolgen (Abbildung 4.15). Vergleicht man die Perzeption der Finger- ($M = 10,0$; $m = 9,4$) mit den Handstellungen ($M = 9,0$; $m = 8,8$), so findet sich ein signifikanter Unterschied (Wilcoxon Test: $z = 2,34$, $p = 0,019$). Beim Vergleich der Perzeption der Finger- mit den Fußstellungen ($M = 8,0$; $m = 8,3$) findet sich ein hochsignifikanter Unterschied (Wilcoxon Test: $z = 3,99$, $p < 0,001$). Dagegen ist der Unterschied zwischen der Perzeption der Hand- und Fußstellungen gerade nicht signifikant (Wilcoxon Test: $z = 1,91$, $p = 0,056$).

Abb. 4.15 Ergebnisse des Perzeptionstests für die Patienten mit LZL
(Boxplots für Finger, Hand und Fuß)



* Medianwert steht jeweils rechts des entsprechenden Boxplots

4.2.4.2 Vergleich der Testergebnisse der Imitation und Perzeption für Hand, Fuß und Finger innerhalb der Gruppe mit RZL

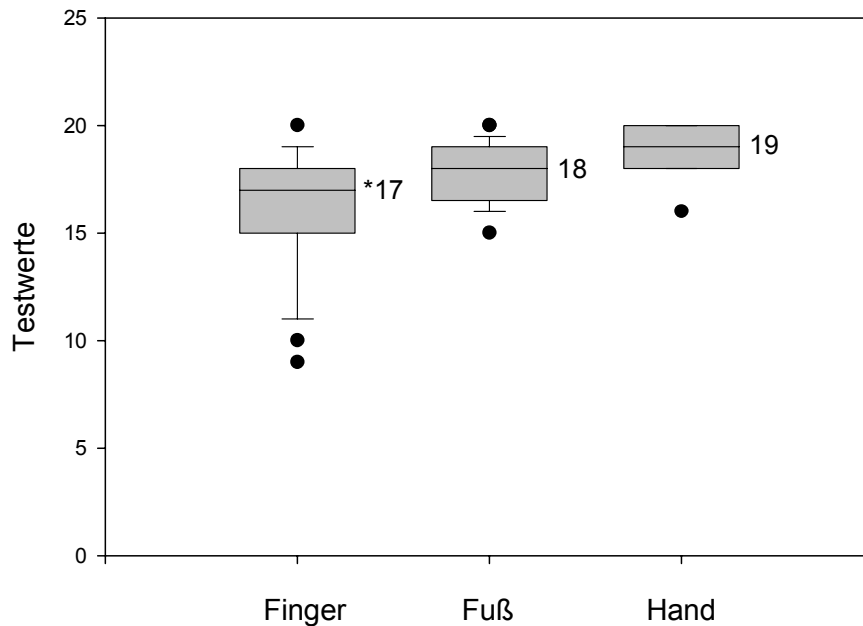
Beginnend mit der Imitation sollen hier innerhalb der Gruppe mit RZL (Abbildung 4.16) wiederum ausgewählte Vergleiche durchgeführt werden. Beim Vergleich von Hand- ($M = 19,0$; $m = 19,1$) und Fingerstellungen ($M = 17,0$; $m = 16,2$) zeigt sich ein hochsignifikanter Unterschied (Wilcoxon Test: $z = -4,04$, $p < 0,001$). Auch ist der Unterschied zwischen der Imitation der Hand- und Fußstellungen ($M = 18,0$; $m = 17,8$) signifikant (Wilcoxon Test: $z = 2,88$, $p = 0,004$). Dagegen ist der Unterschied zwischen der Imitation der Finger- und Fußstellungen nicht signifikant (Wilcoxon Test: $z = -1,76$, $p < 0,079$)

Ebenso führen wir einen Vergleich der Perzeption innerhalb dieser Gruppe durch (Abbildung 4.17).

Werden die Perzeption von Hand- ($M = 9,0$; $m = 9,1$) und Fingerstellungen ($M = 8,5$; $m = 8,2$) verglichen, so zeigt sich ein signifikanter Unterschied (Wilcoxon Test: $z = 2,10$, $p = 0,036$), ebenso

beim Vergleich von Hand- und Fußstellungen ($M = 8,0$; $m = 7,4$) (Wilcoxon Test: $z = 3,06$, $p = 0,002$). Im Gegensatz dazu findet sich zwischen der Perzeption von Fuß- und Fingerstellungen kein Unterschied (Wilcoxon Test: $z = -1,46$, $p = 0,145$).

Abb. 4.16 Ergebnisse des Imitationstests für die Patienten mit RZL (Boxplots für Finger, Fuß und Hand)



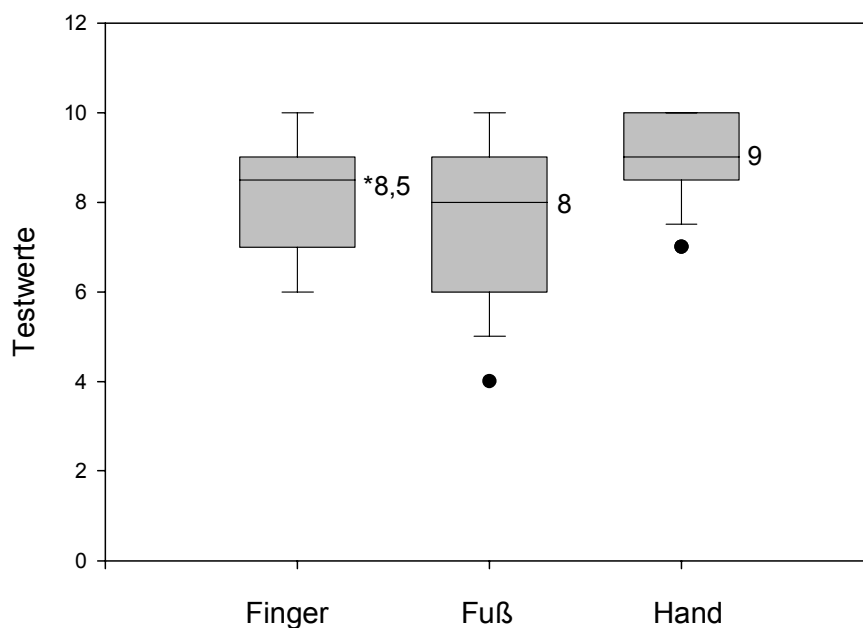
* Medianwert steht jeweils rechts des entsprechenden Boxplots

4.2.5 Vergleich der Testergebnisse für Hand, Finger und Fuß unabhängig von der Modalität des Testens

Im folgenden sollen die Leistungen der untersuchten Personen bei den einzelnen Aufgaben unabhängig von der Modalität des Testens ausgewertet werden. Wir gehen dabei so vor, dass wir die Ergebnisse für die Imitation und Perzeption addieren und für Hand, Fuß und Finger getrennt betrachten. Die Werte für die Perzeption werden vor dieser Addition verdoppelt, um eine Vergleichbarkeit mit der Imitation innerhalb der einzelnen Aufgaben zu erreichen. Wird die Handstellung unabhängig von der Modalität des Testens betrachtet, so haben Patienten mit LZL ($M = 35,5$; $m = 32,9$) mehr Schwierigkeiten bei den Stellungen der Hand als Patienten mit

RZL ($M = 37,5$; $m = 37,3$) (Wilcoxon Test: $z = -2,84$, $p=0,005$). Betrachtet man zusätzlich die Werte der Kontrollgruppe ($M = 40,0$; $m = 39,6$) so ist der Unterschied wiederum signifikant (Kruskal-Wallis Test: $\text{Chi}^2 = 36$, $df = 2$, $p < 0,001$). Umgekehrt zeigen Patienten mit RZL ($M = 34,5$; $m = 32,6$) bei den Fingerstellungen schlechtere Ergebnisse als Patienten mit LZL ($M = 38,0$; $m = 36,9$), wenn die Imitation und Perzeption gemeinsam betrachtet werden (Wilcoxon Test: $z = 4,02$, $p < 0,001$). Zieht man wiederum die Werte der Kontrollpersonen ($M = 40,0$; $m = 39,5$) hinzu so, zeigt sich beim Dreigruppenvergleich ebenso ein signifikanter Unterschied (Kruskal-Wallis Test: $\text{Chi}^2 = 37$, $df = 2$, $p < 0,001$). Die Fußstellungen zeigen dagegen keine Unterschiede (Wilcoxon Test: $z = -0,169$, $p = 0,866$) zwischen Patienten mit LZL ($M = 33,5$; $m = 32,0$) und RZL ($M = 33,0$; $m = 32,5$), wenn beide Modalitäten gemeinsam betrachtet werden. Betrachtet man wiederum zusätzlich die Werte der Kontrollgruppe ($M = 39,0$; $m = 38,2$) so findet sich ein signifikanter Unterschied (Kruskal-Wallis Test: $\text{Chi}^2 = 26$, $df = 2$, $p < 0,001$).

Abb. 4.17 Ergebnisse des Perzeptionstests für die Patienten mit RZL (Boxplots für Finger, Fuß und Hand)



* Medianwert steht jeweils rechts des entsprechenden Boxplots

4.2.6 Verteilung der Testergebnisse in Abhängigkeit von der intrazerebralen Lokalisation der Läsion

Betrachtet man die Testwerte beim Imitieren der Handstellungen für die einzelnen Läsionsorte aus Tabelle 4.9 und 4.10, so fällt auf, dass linkszerebral geschädigte Patienten mit und ohne parietale Läsionen für die Handstellungen die grössten Unterschiede aufweisen ($m = 14,8$; $M = 16,0$ und $m = 16,6$; $M = 17,5$). Dieser Unterschied ist deutlich, aber nicht signifikant (Wilcoxon Test: $z = -1,39$, $p = 0,163$). Ein Unterschied mit und ohne parietale Läsionen, der wiederum nicht signifikant ist, findet sich ebenfalls bei den Fußstellungen. ($m = 15,0$; $M = 16,0$ mit parietalen Läsionen und $m = 16,5$; $M = 17,0$ ohne parietale Läsionen, Wilcoxon Test: $z = 0,823$, $p = 0,412$). Bei den Fingerstellungen finden sich etwas geringere Unterschiede ($m = 17,6$; $M = 18,5$ und $m = 18,9$; $M = 19,5$, Wilcoxon Test: $z = -1,312$, $p = 0,189$)

Bei den Patienten mit RZL finden sich keine ausgeprägten Unterschiede bis auf die Mittelwerte der Imitation der Fingerstellungen der Patienten mit und ohne temporale Läsionen ($m = 15,7$; $M = 17,0$ und $m = 17,3$; $M = 17,0$). Testet man wie bisher auch nicht parametrisch, so ist der Unterschied nicht signifikant (Wilcoxon Test: $z = -0,757$, $p = 0,449$). Weiterhin ist zu bemerken, dass die Patientenzahlen für die beiden Läsionsorte asymmetrisch verteilt sind (14 zu 6 Patienten).

Tabelle 4.9

Patienten mit LZL

Ort der Läsion	I m i t a t i o n			P e r z e p t i o n		
	Hand	Fuß	Finger	Hand	Fuß	Finger
parietal (n=20)	14,8	15	17,6	8,6	8,4	9,4
nicht parietal (n=20)	16,6	16,5	18,9	9,1	8	9,4
frontal (n=5)	16	16,6	18,8	9,8	7,8	9,6
nicht frontal (n=25)	15,2	15,2	17,9	8,6	8,4	9,4
temporal (n=15)	16,2	14,8	18,3	8,9	8,1	9,5
nicht temporal (n=15)	14,5	16,1	17,3	8,6	8,4	9,3

Tabelle 4.10

Patienten mit RZL

Ort der Läsion	I m i t a t i o n			P e r z e p t i o n		
	Hand	Fuß	Finger	Hand	Fuß	Finger
parietal (n=10)	18,6	17,6	15,7	9,3	7,3	8,6
nicht parietal (n=10)	19,5	17,9	16,7	8,9	7,4	7,8
frontal (n=12)	19,2	18,2	16,2	9,1	7,4	8,3
nicht frontal (n=8)	18,9	17,1	16,2	9,1	7,2	8,0
temporal (n=14)	19,1	17,4	15,7	8,9	7,1	7,9
nicht temporal (n=6)	19,0	18,5	17,3	9,7	7,8	8,3

4.2.7 Vergleich der Achsenbewegungen mit den Handstellungen bei Patienten mit LZL und eindeutigem Hinweis auf visuoimitative Apraxie

Bei der Kontrollgruppe wurden die Achsenbewegungen nur bei elf Personen exemplarisch untersucht. Denn das Imitieren der Achsenbewegungen wirkte sowohl auf die untersuchten Patienten als auch auf die untersuchten Personen der Kontrollgruppe auf Grund der geringen Anforderung und des geringen Schwierigkeitsgrades der Gesten etwas befremdlich und belustigend.

Dabei zeigte sich, dass die untersuchten Probanden der Kontrollgruppe mit Ausnahme des letzten Items keine Fehler begehen. (Das letzte Item bereitete insofern Schwierigkeiten, da das Abduzieren der Augen nach rechts gelegentlich mit einer Wendung des Halses nach rechts verbunden war). Wie unter 3.2.1 angedeutet, wurden die Achsenbewegungen nur bei schwer apraktischen Patienten getestet (11 Patienten), die weniger als 16 Punkte bei den Handstellungen hatten. Vergleicht man die Achsenbewegungen ($M = 18,0$; $m = 17,6$) mit den Handstellungen ($M = 13,0$; $m = 11,3$) bei dieser Patientengruppe so fällt auf, dass die Achsenbewegungen selbst bei apraktischen Patienten nahezu erhalten sind (Wilcoxon Test: $z = -3,81$, $p < 0,001$). Beim Vergleich dieser körperstammnahen Bewegungen zwischen Kontrollgruppe ($M = 20$; $m = 19,2$) und Patientengruppe zeigt sich ein signifikanter Unterschied (Wilcoxon Test: $z = -2,87$, $p = 0,004$).

4.2.8 Korrelationen der Testergebnisse innerhalb der Patientengruppen

Innerhalb der Kontrollgruppe finden sich wegen der hohen Werte und meist nur zufallsbedingter Fehler der Kontrollpersonen nur sehr niedrige Korrelationen. Dies führen wir darauf zurück, dass Kontrollpersonen alle Aufgaben annähernd gleich gut lösen.

Zunächst sollen die Testergebnisse der Imitation für Hand, Finger und Fuß miteinander korreliert werden.

Bei der Patientengruppe mit LZL korreliert die Imitation der Handstellungen signifikant mit der der Fingerstellungen ($r = 0,59$, $p = 0,001$) und der Fußstellungen ($r = 0,75$, $p < 0,001$) wohingegen die Korrelation zwischen Finger- und Fußstellungen schwächer ist ($r = 0,34$, $p = 0,064$).

Bei Patienten mit RZL korreliert die Imitation von Fingerstellungen sowohl mit den Handstellungen ($r = 0,54$, $p = 0,0134$) als auch mit den Fußstellungen ($r = 0,48$, $p = 0,033$), und die Korrelation zwischen Hand- und Fußstellungen war schwächer ($r = 0,41$, $p = 0,076$).

Entsprechend der Imitation sollen auch die Testergebnisse der Perzeption für Hand, Finger und Fuß innerhalb der beiden Läsionsgruppen korreliert werden.

Bei der Patientengruppe mit LZL korreliert die Perzeption der Handstellungen signifikant mit der der Fußstellungen ($r = 0,51$, $p = 0,004$), dagegen fällt die Korrelation zwischen Handstellungen und Fingerstellungen deutlich schwächer aus und ist nicht signifikant ($r = 0,33$, $p = 0,073$). Zwischen Fuß- und Fingerstellungen findet sich fast keine Korrelation ($r = 0,16$, $p = 0,39$).

Betrachten wir die Patientengruppe mit RZL korreliert das Vergleichen der Fingerstellungen signifikant mit dem der Handstellungen ($r = 0,65$, $p = 0,002$), eine etwas geringere Korrelation findet sich jedoch zwischen den Finger- und Fußstellungen ($r = 0,54$, $p = 0,015$), dagegen ist die Korrelation zwischen Hand- und Fußstellungen wieder höher ($r = 0,69$, $p = 0,001$).

Innerhalb der beiden Patientengruppen soll nun die Korrelation zwischen den beiden Testmodalitäten, d.h. zwischen Perzeption und Imitation der Gesten, betrachtet werden.

Bei Patienten mit LZL (Tabelle 4.11) korreliert das Vergleichen (Perzeption und Vergleichen werden abwechselnd und synonym verwendet) der Handstellungen hochsignifikant mit der Imitation der gleichen Stellungen ($r = 0,72$, $p < 0,001$) und ebenso korreliert die Perzeption der Handstellungen mit der der Fußstellungen ($r = 0,72$, $p < 0,001$). Die Korrelation des Vergleichens der Handstellungen mit der Imitation der Fingerstellungen ist auch signifikant, aber doch wesentlich schwächer ($r = 0,39$, $p = 0,032$). Auch finden sich noch folgende signifikante Korrelationen:

Perzeption Finger gegen Perzeption Hand ($r = 0,54$, $p = 0,002$), Perzeption Finger gegen Imitation Finger ($r = 0,64$, $p < 0,001$).

Bei der Gruppe mit RZL (Tabelle 4.12) korreliert dagegen die Perzeption der Fingerstellungen signifikant mit der Imitation der Fußstellungen ($r = 0,65$, $p = 0,002$), ebenso korreliert das

Vergleichen der Fingerstellungen, wenn auch gerade noch signifikant, mit der Imitation derselben Stellungen ($r = 0,44$, $p = 0,05$).

Nicht dagegen korreliert die Perzeption der Finger- gegen Imitation der Handstellungen ($r = 0,16$, $p = 0,489$). Es korrelieren: hochsignifikant Perzeption der Handstellungen gegen Imitation der Fingerstellungen ($r = 0,71$, $p < 0,001$), Perzeption der Fuß- gegen Imitation der Fingerstellungen ($r = 0,57$, $p = 0,009$), Perzeption der Hand- gegen Imitation der Fußstellungen ($r = 0,45$, $p = 0,049$), Perzeption der Fuß- gegen Imitation der Handstellungen ($r = 0,55$, $p = 0,011$) und Perzeption der Fußstellungen gegen Imitation der gleichen Stellungen ($r = 0,52$, $p = 0,019$).

Tabelle 4.11

Patienten mit LZL	Imitation Hand	Imitation Fuß	Imitation Finger
Perzeption Hand	0,72** $p < 0,001$	0,72** $p < 0,001$	0,39* $p = 0,032$
Perzeption Fuß	0,44* $p = 0,015$	0,46 $p < 0,01$	0,04 $p = 0,827$
Perzeption Finger	0,54* $p = 0,002$	0,29 $p = 0,127$	0,64** $p < 0,001$

Tabelle 4.12

Patienten mit RZL	Imitation Hand	Imitation Fuß	Imitation Finger
Perzeption Hand	0,18 $p = 0,44$	0,45* $p = 0,049$	0,71** $p < 0,001$
Perzeption Fuß	0,55* $p = 0,011$	0,52* $p = 0,019$	0,57* $p = 0,009$
Perzeption Finger	0,16 $p = 0,489$	0,65* $p = 0,002$	0,44 $p = 0,05$

** $p < 0,001$ * $p < 0,05$

5. Diskussion

Der von Liepmann geprägte Begriff der motorischen Apraxie (in der modernen Literatur wurde aus ihm der Begriff ideomotorische Apraxie) besagt ursprünglich, dass die Umsetzung eines richtigen Plans einer Bewegung in die motorische Aktion gestört ist. Im Gegensatz dazu spricht er von der ideatorischen Apraxie, wenn der Plan der motorischen Aktion bzw. der Plan der Bewegung gestört ist oder fehlt. Auch wenn die Einteilung in ideomotorische und ideatorische Apraxie heute nicht mehr zeitgemäß ist, so wird doch in der Praxis unter ideomotorischer Apraxie diejenige Störung verstanden, bei der kommunikative Gesten, bedeutungslose Gesten oder die Imitation von Bewegungen gestört sind. Die im Test verwendeten Gesten sind Bewegungen ohne Objektgebrauch und werden aus dem Gedächtnis abgerufen. Die verwendeten bedeutungslosen Gesten gehören, will man sie denn zuordnen, zur Untersuchung auf ideomotorische Apraxie. Dieser Begriff besagt auch, dass eine richtig wahrgenommene Geste nicht in eine angemessene motorische Handlung umgesetzt wird, und damit fehlerhaft imitiert wird. Dies ist ein Defizit der motorischen Ausführung (Liepmann, 1908).

Die neuere Apraxielehre geht von Norman Geschwind aus. Geschwind (1975) beschäftigt sich eingehend mit der Theorie zur Apraxie und beschreibt in seiner Arbeit ein anatomisches Modell der Apraxie, mit dem er eine unterschiedlich starke Ausprägung der Apraxie bei Testung von unterschiedlichen Teilen des Körpers, wie z. B. der distalen und proximalen Teile der Extremitäten oder des Körperstamms, begründete. Wie in der Einleitung erwähnt, nimmt er an, dass die Apraxie ihre Ursache in der Diskonnektion von linkshemisphärischen Anteilen - die dominant für das Sprachverständnis, insbesondere für das verbale Kommando sind - mit dem Gyrus präzentralis hat, den kortikalen Ursprüngen des Pyramidensystems. Achsenbewegungen waren bei Einzelfalluntersuchungen Geschwinds erhalten im Vergleich zu Extremitätenbewegungen auf Kommando. Achsenbewegungen werden unterschiedlich definiert, deshalb soll hier die Definition Geschwinds wiedergegeben werden: "Zu den

Achsenbewegungen werden Bewegungen gezählt, an denen mittellinien nahe Strukturen, abgesehen von Lippen, Zunge und Larynx, beteiligt sind. Diesen relativen Erhalt erklärt Geschwind folgendermaßen: "Das *nicht pyramidale motorische System*, das vom Wernicke Areal entspringt, wird durch die Läsion nicht betroffen." Es bestünden direkte extrapyramidale Efferenzen zum Rückenmark, die die erwähnte Diskonnektion ausgleichen könnten. Diese direkten Efferenzen projizieren zu bilateralen spinalen Motoneuronen und können deshalb beide Körperseiten ansteuern, sind jedoch hauptsächlich auf die axiale und proximale Muskulatur beschränkt. Deshalb fordert Geschwind, dass bei der Apraxie gewöhnlich die axialen Bewegungen erhalten sind und sie weniger schwer für proximale als für distale Extremitätenbewegungen ausgeprägt ist. Auch kommt er aufgrund seiner Untersuchungen zu der Überzeugung, dass proximale Extremitätenbewegungen bei Patienten mit Apraxie grundsätzlich weniger betroffen sind als distale Extremitätenbewegungen. Untersuchungen verschiedener Autoren - auf diese wird später näher eingegangen - zeigen, dass die Überlegungen Geschwinds in dieser Form nicht haltbar sind.

Unsere Arbeit geht von Untersuchungen Goldenbergs aus, der gezeigt hat, dass beim Test auf ideomotorische Apraxie die proximalen Extremitätenbewegungen der Hand stärker beeinträchtigt sind als die distalen. Davon ausgehend entwickelt Goldenberg ein kognitives Modell der Gestenproduktion und Imitation. Dieses schon in der Einleitung beschriebene Modell soll hier nochmals kurz zusammengefasst werden.

In Liepmanns Apraxiemodell und seinen Weiterentwicklungen (z. B. Geschwind, 1975, Roy, 1992) wird die Hauptschwierigkeit bei der Imitation von bedeutungslosen Gesten in der motorischen Ausführung gesehen. Die Imitation ist keine einheitliche Leistung, vielmehr sind daran mehrere Mechanismen beteiligt. Goldenberg erhebt Einwände gegen die direkte Route von der visuellen Analyse zur motorischen Exekution und schlägt ein Drei-Stufen-Modell vor. In diesem Modell ist zwischen die visuelle Analyse und die abschließende motorische Ausführung eine Übertragung der Geste vom Körper des Untersuchers auf den Körper der

imitierenden Person, also eine interne motorische Repräsentation der Aktion, zwischengeschaltet. Dieses Wissen über die Lagebeziehungen am eigenen menschlichen Körper stellt als Zwischenschritt ein Bindeglied zwischen der visuellen Analyse und der motorischen Ausführung dar. Diesen Prozess der Transformation der demonstrierten Geste auf den menschlichen Körper nennt Goldenberg konzeptuelle Mediation. Die Transformation beschreibt die charakteristischen Eigenschaften der Geste und ist unabhängig von den Unterschieden der visuellen Erscheinung der Details der demonstrierten Geste und unabhängig von den charakteristischen Merkmalen des individuellen Untersuchers, und unabhängig vom Blickwinkel des Probanden. Das Modell beinhaltet, dass beide Prozesse unabhängig voneinander operieren und die konzeptuelle Mediation eine überwiegend linkshemisphärische und die visuelle Analyse eine überwiegend rechtshemisphärische Leistung ist. Es wird also eine linkshemisphärische Lateralisation der konzeptuellen Mediation und eine rechtshemisphärische Lateralisation der visuellen Analyse angenommen.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht darin, die hypothetisch angenommenen Eigenschaften des Modells von Goldenberg zu überprüfen, wobei außer den bisher untersuchten Hand- und Fingerstellungen auch Fußstellungen betrachtet werden. Der Test für die Imitation und Perzeption von Fußstellungen wurde in Zusammenarbeit mit Physiotherapeuten entwickelt.

Bei der nachfolgenden Diskussion sollen die Ergebnisse den Folgerungen aus dem zugrundeliegenden Modell gegenübergestellt und mit den Resultaten aus der Literatur verglichen werden. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, dieses Modell anhand eigener Ergebnisse und anhand der Ergebnisse aus der Literatur zu prüfen. Für die Untersuchung wurden 48 Patienten mit primär apoplektischen Insulten und 2 Patienten mit Dissektionen, die im Stromgebiet der Arteria cerebri media lokalisiert sind, ausgewählt. Das Untersuchungskollektiv besteht aus 30 Patienten mit LZL, 20 Patienten mit RZL und 20 Kontrollpersonen.

Bei der Diskussion der Ergebnisse beziehen sich die p-Werte auf die Ergebnisse der durchgeführten nichtparametrischen statistischen Tests. Aus Gründen der Lesbarkeit verzichten wir auf die Auflistung der dazugehörigen Medianwerte der Testergebnisse, die im Ergebnisteil nachzulesen sind. Um aber die Vergleichbarkeit mit den Referenzarbeiten sicherzustellen, führen wir jeweils in Klammern die dazugehörigen Mittelwerte auf.

Folgen wir den bisherigen Ergebnissen von Untersuchungen der Handpositionen und Fingerstellungen, anhand derer Goldenberg das kognitive Modell der motorischen Steuerung entwickelt hat, so erwarten wir vergleichbare Resultate und vergleichen sie mit den Annahmen des Modells.

5.1 Vergleich der Testergebnisse zwischen den Patientengruppen

Patienten mit LZL haben global betrachtet mehr Schwierigkeiten bei der Imitation, Patienten mit RZL bei der Perzeption.

Patienten mit LZL ($m = 48,9$) machen beim Imitieren der für Hand, Finger und Fuß gemeinsam betrachteten Gesten mehr Fehler als Patienten mit RZL ($m = 53,5$). Der Unterschied ist deutlich, aber nicht signifikant ($p = 0,077$). Um die globalen Leistungen bei der Imitation bzw. Perzeption zu vergleichen, werden die Einzelergebnisse von Hand, Fuß und Finger addiert. Betrachtet man neben den zwei bisherigen Gruppen auch die Scores der Kontrollgruppe ($m = 58,8$), so ist der Unterschied im Dreigruppenvergleich signifikant ($p < 0,001$).

Bei der Perzeption dagegen begehen Patienten mit RZL ($m = 24,7$) mehr Fehler als Patienten mit LZL ($m = 26,5$). Der Unterschied ist ebenfalls deutlich, aber nicht signifikant ($p = 0,082$). Wird wiederum die Kontrollgruppe ($m = 29,3$) zu den bisherigen zwei Gruppen hinzugenommen, so ist der Unterschied im Dreigruppenvergleich signifikant ($p < 0,001$).

Das Ergebnis ist mit der Annahme verträglich, dass bei Patienten mit RZL vor allem visuospatiale Fähigkeiten betroffen sind und bei Patienten mit LZL die Imitation, und damit die konzeptuelle Mediation, absolut stärker betroffen ist als die Perzeption. Diesen Unterschied hat Goldenberg (1999) schon in einer früheren Arbeit gefunden.

Nachfolgend sollen die Testergebnisse nach den Körperteilen (*body parts*) aufgeschlüsselt werden.

Patienten mit LZL haben mehr Schwierigkeiten beim Imitieren der Handstellungen, Patienten mit RZL dagegen mehr Schwierigkeiten beim Imitieren der Fingerstellungen.

Wir betrachten zuerst die Ergebnisse der Imitation für Hand und Finger einzeln. Patienten mit LZL begehen bei Imitation der Handpositionen wesentlich mehr Fehler als Patienten mit RZL ($p < 0,001$). Dagegen begehen Patienten mit RZL mehr Fehler bei der Imitation der Fingerstellungen als Patienten mit LZL, wobei der Unterschied deutlich, aber doch geringer als bei den Handstellungen ist ($p = 0,004$). Zieht man die Kontrollgruppe zu den bisherigen beiden Gruppen hinzu, so findet sich im Dreigruppenvergleich ein signifikanter Unterschied ($p < 0,001$). Wir belegen somit, dass sich die beiden Patientengruppen von der gesunden Kontrollgruppe unterscheiden. Damit replizieren wir die Ergebnisse Goldenbergs (1999). Die schlechteren Leistungen der Patienten mit LZL bei den Handstellungen im Vergleich zu den Patienten mit RZL stehen im Einklang mit dem Modell, dass bei Patienten mit LZL die konzeptuelle Mediation, also die Übertragung des Wissens über den menschlichen Körper beeinträchtigt ist. Die Schwierigkeiten der Patienten mit RZL bei den Fingerstellungen stehen ebenso im Einklang mit dem Modell, da bei ihnen die Ergebnisse darauf hinweisen, dass hier die visuospatialen Fähigkeiten beeinträchtigt sind. Die Dissoziation von Hand und Fingerstellungen im Imitationstest für LZL und RZL konnten wir somit auch in unserer Studie replizieren. Wird die Imitation der Handstellungen von Patienten mit RZL mit der Kontrollgruppe verglichen, so fällt auf, dass die beiden Mittelwerte sich nur geringfügig unterscheiden ($m = 19,1$ bzw. $19,9$). Der statistische Unterschied ist trotzdem noch signifikant. Goldenberg (1999) fand keinen signifikanten Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen.

Bei den Handstellungen zeigte auch Lehmkuhl, dass eine Verschlechterung der Imitation nur bei Patienten mit LZL auftritt (Lehmkuhl et al. 1983). In einer früheren Arbeit Goldenbergs (1996) wurde zunächst nur die Imitation von Finger- und Handstellungen untersucht, wobei

Patienten ohne pathologische Ergebnisse ausgeschlossen wurden. Dabei zeigte sich der relative Erhalt der Fingerstellungen bei Patienten mit LZL bei fehlerhafter Imitation der Handstellungen, bei Patienten mit RZL dagegen verhielten sich die Leistungen umgekehrt.

Dem stehen Ergebnisse von Ogura und Yamadori (1983) entgegen, die fanden, dass die Imitation von Fingerstellungen in ähnlichem Ausmaß bei Patienten mit LZL und RZL verschlechtert ist.

De Renzi (1980) findet bei einer Untersuchung von Patienten mit RZL und mit LZL mit und ohne Aphasien, dass eine gering größere Anzahl von Patienten mit RZL und aphasischen Patienten mit LZL beim Imitieren von Fingerstellungen mehr Fehler als beim Imitieren von Handstellungen oder motorischen Sequenzen begehen. Jedoch sind die Unterschiede nicht signifikant. De Renzi findet also keinen relativen Erhalt der Imitation der Fingerstellungen bei Patienten mit LZL. Es erscheint unwahrscheinlich, dass unsere Bewertung der Fingerstellungen zu grob war, da die gleichen Bewertungskriterien wesentlich niedrigere Testwerte bei Patienten mit RZL zeigten. Der Unterschied zwischen den beiden Studien dürfte in den verwendeten Gesten liegen. Unsere Fingerstellungen wurden sehr einfach aufgebaut: sie wurden durch ein bis drei Finger dargestellt, die gestreckt werden sollten, während der übrigen Finger geschlossen wurden. Die anderen Studien (De Renzi, 1980, Haaland, 2000) verwendeten Gesten, welche die Imitation von komplizierteren Beziehungen zwischen einzelnen Fingern forderten, z. B. sollte der Mittelfinger in einem bestimmten Winkel auf den Zeigefinger gesetzt werden.

In Ergänzung zum Testaufbau aus der Arbeit von Goldenberg (1999) wurde in der vorliegenden Arbeit auch ein Test für die Imitation und Perzeption von Fußstellungen in die Untersuchung mitaufgenommen.

Bei den Fußstellungen weisen Patienten mit LZL bei der Imitation mehr Schwierigkeiten auf, wobei sich die Fußstellungen wie die Handstellungen verhalten.

Da zu den Fußstellungen noch keine eindeutigen Ergebnisse aus früheren Arbeiten vorlagen, möchten wir zuerst unsere Hypothesen zu den erwarteten Ergebnissen durch allgemeine

Überlegungen begründen: Fußstellungen sind weder mit den Handpositionen noch mit den Fingerstellungen eindeutig zu vergleichen, da der Fuß auch aus Vorfuß und Zehen besteht. Weiterhin stehen die Fußstellungen immer in Beziehung zu anderen Teilen des menschlichen Körpers, wie z. B. zum anderen Fuß oder zu bestimmten Teilen der unteren Extremität. Deshalb erwarten wir, dass bei einer Beeinträchtigung der konzeptuellen Mediation - bei der ja der Zugriff auf das Wissen über den menschlichen Körper beeinträchtigt ist - sich die Fußstellungen ähnlich wie die Handstellungen verhalten. Sie stellen hohe Anforderungen sowohl an die konzeptuelle Mediation, als auch an die visuospatiale Analyse. Bei der Perzeption darf deshalb erwartet werden, dass die Fußstellungen wegen der komplexeren Anforderungen an die visuospatiale Analyse sich eher wie die Fingerstellungen als wie die Handstellungen verhalten. Die Fußstellungen sind im Perzeptionstest wegen insgesamt detailreicherer Strukturen den Fingerstellungen ähnlicher als den Handstellungen.

Bei der Imitation der Fußstellungen bestätigt sich unsere Annahme, dass sich die untere Extremität bei Patienten mit LZL so verhält wie die Hand. Die Imitation der Stellungen des Fußes ist bei Patienten mit LZL schlechter als bei Patienten mit RZL ($p = 0,017$). Aber sie ist bei der Gruppe mit RZL doch besser als die Imitation der Fingerstellungen ($p = 0,079$). Betrachtet man zusätzlich die Kontrollgruppe, so ist der Unterschied im Dreigruppenvergleich ebenfalls signifikant ($p < 0,001$).

Unseres Wissens liegt bisher nur eine einzige Arbeit vor, nämlich von Lehmkuhl (1983), in der auch die Fußstellungen getestet wurden. Lehmkuhl findet zwischen Fuß- und Handstellungen imitatorisch ebenfalls keinen Unterschied. Bei Patienten mit RZL findet er jedoch keine Verschlechterung. Hier ist einzuwenden, dass Lehmkuhl nur zehn Patienten mit RZL getestet hat und der Test so aufgebaut war, dass zur Hälfte bedeutungsvolle und zur Hälfte bedeutungslose Gesten verwendet wurden. In die Summe der Fehler gehen somit zur Hälfte Aufgaben mit bedeutungsvollen und zur Hälfte mit bedeutungslosen Gesten ein.

Das wichtigste Ergebnis des Imitationstests ist eine doppelte Dissoziation der Hand und Fingerstellungen für die Patientengruppe mit LZL beziehungsweise RZL. Entsprechend lässt sich eine doppelte Dissoziation für die Finger- und Fußstellungen formulieren.

Goldenberg (1999) führt in seiner Arbeit neben einem Imitationstest auch einen Test für die Perzeption ein. Wir untersuchen bezüglich dieser Modalität neben den Hand und Fingerstellungen auch die Fußstellungen und beginnen mit der Diskussion dieser Stellungen.

Fußstellungen und Handstellungen zeigen bei der Perzeption keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den beiden Läsionsgruppen.

Patienten mit RZL ($m = 7,4$) zeigen bei der Perzeption der Stellungen der unteren Extremität schlechtere Ergebnisse als Patienten mit LZL ($m = 8,3$), wobei der Unterschied deutlich, aber nicht signifikant ist ($p = 0,097$). Bei zusätzlichem Hinzuziehen der Kontrollgruppe ($m = 9,5$) zu den bisherigen zwei Gruppen findet sich im Dreigruppenvergleich ein signifikanter Unterschied ($p < 0,001$). Bei den Handstellungen dagegen finden sich nur minimale Unterschiede der Testwerte zwischen den beiden Patientengruppen. Handstellungen unterscheiden sich somit nicht ($p = 0,524$) zwischen Patienten mit RZL ($m = 9,1$) und LZL ($m = 8,8$). Betrachtet man zusätzlich die Kontrollgruppe, so ist der Unterschied im Dreigruppenvergleich signifikant ($p < 0,001$). Auch damit stimmen die Ergebnisse mit denen von Goldenberg (1999) überein.

Fingerstellungen sind die einzige Aufgabengruppe, bei der es bei der Perzeption einen klaren Unterschied zu Ungunsten der Gruppe mit RZL gibt.

Finger zeigen im Perzeptionstest ein völlig anderes Verhalten als Hand und Fuß. Die Fingerpositionen verhalten sich im Perzeptionstest wie im Imitationstest, d. h. beim Vergleich dieser Stellungen sind die Leistungen der Patienten mit RZL ($m = 8,2$) schlechter ($p < 0,001$) als die mit LZL ($m = 9,4$). Damit bestätigen wir ebenfalls die Ergebnisse von Goldenberg (1999). Beim Vergleich der Perzeption der Fingerstellungen von Patienten mit LZL mit derjenigen der Kontrollgruppe fällt auf, dass sich die Mittelwerte nur äußerst geringfügig unterscheiden

($m = 9,4$ bzw. $9,9$). Der Unterschied ist jedoch trotzdem noch signifikant ($p = 0,035$). Wird wiederum die Kontrollgruppe hinzugezogen, so zeigt sich im Dreigruppenvergleich ebenfalls ein signifikanter Unterschied ($p < 0,001$).

Die Ergebnisse des Perzeptionstests sind nicht so einfach zu interpretieren wie diejenigen des Imitationstests. Bei der Perzeption finden wir nur eine einfache Dissoziation für die Fingerstellungen zwischen den beiden Läsionsgruppen. Hand- und Fußstellungen dissoziieren nicht im Perzeptionstest zwischen LZL und RZL.

Ausgehend von den Ergebnissen des Imitations- und Perzeptionstests nehmen wir zu den im theoretischen Teil formulierten Hypothesen Stellung. Aus der doppelten Dissoziation der Hand- und Fingerleistungen im Imitationstest folgern wir, dass ein Teil der neuronalen Prozesse, die die Hand- und Fingerleistungen vermitteln, unabhängig voneinander operieren. Weiterhin folgern wir aus der selektiven Störung der Imitationsleistungen für die Hand- und Fußstellungen, dass das Modul konzeptuelle Mediation linkshemisphärisch lateralisiert ist. Das Profil der Ergebnisse des Perzeptionstests ist kompliziert und schwieriger zu interpretieren. Aus der einfachen Dissoziation für die Fingerstellungen schliessen wir, dass der diese Leistung vermittelnde Prozess, die visuelle Analyse, bei RZL beeinträchtigt ist. Die fehlende einfache Dissoziation für die Hand- und Fußstellungen im Perzeptionstest führen wir darauf zurück, dass bei LZL nicht nur die Imitationskomponente, sondern auch die Perzeptionskomponente beeinträchtigt ist.

Versucht man die globalen Ergebnisse der Imitation den globalen Ergebnissen der Perzeption für LZL und RZL gegenüberzustellen, so ist zunächst das Ergebnis für die Perzeption mit dem Faktor zwei zu multiplizieren. Bei dieser Gegenüberstellung zeigt sich, dass bei der Imitation Patienten mit LZL ($m = 48,9$) mehr Fehler als Patienten mit RZL ($m = 53,0$) begehen, wohingegen bei der Perzeption Patienten mit RZL ($m = 49,3$) mehr Fehler als Patienten mit LZL ($m = 52,9$) begehen, und umgekehrt. In beiden Fällen zeigt sich ein Unterschied, der aber nicht signifikant ist ($p = 0,077$ bzw. $p = 0,082$).

Darüber hinaus betrachten wird die globalen Ergebnisse für Hand, Finger und Fuß unabhängig von der Modalität des Testens, d. h. wir vergleichen die einzelnen Körperteile (*body parts*) unabhängig von der Imitation und Perzeption zwischen den beiden Läsionsgruppen. Wird die Handstellung unabhängig von der Modalität des Testens betrachtet, d.h. werden die Leistungen für die Imitation und Perzeption - nach Verdoppelung der Werte der Perzeption - der Handstellungen addiert, so haben Patienten mit LZL ($m = 32,9$) mehr Schwierigkeiten bei den Stellungen der Hand als Patienten mit RZL ($m = 37,3$; $p = 0,005$). Umgekehrt zeigen Patienten mit RZL ($m = 32,6$) bei den Fingerstellungen schlechtere Ergebnisse als Patienten mit LZL ($m = 36,9$), wenn die Imitation und Perzeption gemeinsam betrachtet werden ($p < 0,001$). Die Fußstellungen zeigen dagegen keine Unterschiede ($p = 0,866$) zwischen Patienten mit LZL ($m = 32,0$) und RZL ($m = 32,5$), wenn beide Modalitäten gemeinsam betrachtet werden. Wir finden also auch hier eine doppelte Dissoziation der Hand- und Fingerleistungen zwischen Patienten mit LZL und RZL. Wir schliessen wiederum, dass die die Handleistung vermittelnde konzeptuelle Mediation linkshemisphärisch lateralisiert ist und die die Fingerleistung vermittelnde visuelle Analyse eine rechtshemisphärische Leistung ist.

5.2 Betrachtung der Testergebnisse innerhalb der einzelnen Gruppen

Im folgenden sollen die Testwerte für Hand-, Fuß- und Fingerstellungen innerhalb der einzelnen Gruppen diskutiert werden. Jeweils werden die Vergleiche überwiegend nach den Vorstellungen des Modells durchgeführt und nur vollzogen, wenn sie sinnvoll erscheinen.

5.2.1 Betrachtung der Testergebnisse innerhalb der Gruppe mit LZL

Dabei soll zunächst innerhalb der Gruppe mit LZL die Imitation und anschließend die Perzeption zwischen den Körperteilen, d. h. zwischen Hand, Fuß und Finger, verglichen werden.

Die linkshemisphärische Läsion wirkt sich nur gering auf die Imitation von Fingerstellungen aus.

Hand und Fuß zeigen keine Unterschiede im Imitationstest ($p = 0,929$), da beide in fast gleichem Ausmaß die linkshemisphärische Leistung der konzeptuellen Mediation beanspruchen. Die Imitationsleistungen der Finger, die eine äußerst geringe Anforderung an die konzeptuelle Mediation erfordern, unterschieden sich jeweils von den Testleistungen der Hand und des Fußes (jeweils $p < 0,001$). Obwohl die Testwerte der Finger bei LZL nur gering beeinträchtigt sind, unterscheiden sie sich signifikant von der KGR und korrelieren positiv mit der Imitationsleistung der Hand ($r = 0,59$, $p = 0,001$).

Die linkszerebrale Läsion zieht nicht nur bei der Hand, sondern auch beim Fuß eine Verschlechterung der perzeptiven Leistungen des gleichen Körperteils (*body part*) nach sich. Bei Betrachtung der Ergebnisse des Perzeptionstests findet sich ebenfalls ein Unterschied zwischen Hand- und Fingerstellungen ($p = 0,019$), der gut damit erklärt werden kann, dass die Fingerstellungen fast keine Anforderung an die konzeptuelle Mediation stellen und deshalb nur gering beeinträchtigt sind. Bei der Perzeption der Finger- und Fußstellungen ist der Unterschied ($p < 0,001$) noch deutlicher. Ursache dürfte die hohe Anforderung der Fußstellungen auch bei der Perzeption an die konzeptuelle Mediation sein. Dafür spricht auch die niedrige Korrelation der Perzeptionsleistung der Finger mit der des Fußes ($r = 0,16$, $p = 0,39$). Auch findet sich im Test zwischen Hand- und Fußstellungen kein signifikanter Unterschied ($p = 0,054$) und damit verhält sich der Fuß im Perzeptionstest ähnlich wie die Hand. Am geringsten beeinträchtigt sind die Fingerpositionen und sie korrelieren nur gering mit den Handstellungen ($r = 0,33$, $p = 0,073$).

5.2.2 Betrachtung der Testergebnisse innerhalb der Gruppe mit RZL

Jetzt sollen innerhalb der Gruppe der Patienten mit RZL jeweils die Imitation und dann die Perzeption zwischen den Körperteilen verglichen werden.

Die rechtshemisphärische Läsion zieht eine Verschlechterung ähnlichen Ausmaßes der imitatorischen Finger- und Fußleistungen nach sich.

Der größte Unterschied bei der Imitation zeigt sich beim Vergleich der Hand- und Fingerstellungen ($p < 0,001$), die die schwächsten Leistungen zeigen. Dies erklären wir durch die hohe Anforderung beim Imitieren der Fingerstellungen an die visuelle Analyse, die ja eine rechtshemisphärische Leistung ist. Ebenso zeigt sich ein Unterschied im Testergebnis zwischen den Hand- und Fußstellungen ($p = 0,004$), der jedoch geringer ausfällt als der zwischen Hand- und Fingergesten. Der geringere Unterschied kann möglicherweise dadurch erklärt werden, dass die Fußstellungen neben der Anforderung an die visuelle Analyse auch die konzeptuelle Mediation erheblich beanspruchen und diese bei RZL fast nicht beeinträchtigt ist. Zwischen den Finger- und Fußstellungen findet sich kein signifikanter Unterschied ($p = 0,079$). Dies ist mit der Annahme verträglich, dass beide Stellungen auch bei der Imitation die visuelle Analyse stark beanspruchen. Zwischen den Hand- und Fingerleistungen findet sich eine deutliche und signifikante Korrelation ($r = 0,54$, $p = 0,013$)

Die perzeptiven Leistungen der Fußstellungen und Fingerstellungen sind bei rechtszerebraler Läsion fast gleichermaßen verschlechtert.

Bei Betrachtung der Perzeptionstests - wiederum innerhalb der Gruppe mit RZL - findet sich der deutlichste Unterschied zwischen den Hand- und Fußgesten ($p = 0,002$), wobei Fuß- und Fingerstellungen deutlich beeinträchtigt sind. Ein geringerer Unterschied findet sich zwischen den Hand- und Fingerstellungen ($p = 0,036$). Die höchsten Anforderungen an die visuelle Analyse stellen damit die Gesten des Fußes, obschon zwischen den Fuß- und Fingergesten sich kein signifikanter Unterschied findet ($p = 0,145$). Auch dieses einander entsprechende Testverhalten von Fuß und Finger spricht für die massive Beanspruchung der visuellen Analyse durch beide Gesten. Am geringsten beeinträchtigt sind die Handstellungen. Alle drei Testwerte korrelieren deutlich positiv miteinander (kleinstes $r = 0,54$, größtes $p = 0,015$).

5.2.3 Korrelationen zwischen den beiden Testmodalitäten innerhalb der Gruppen

Nachfolgend interpretieren wir die Ergebnisse der Korrelation unserer Testergebnisse im Hinblick auf das Modell, das wir unserer Arbeit zugrunde legen. Dem Modell folgend erwarten wir, dass bei Patienten mit RZL das visuospatiale Defizit stärker ausgeprägt ist als bei Patienten mit LZL, und bei Patienten mit LZL die Ebene der konzeptuellen Mediation stärker beeinträchtigt ist als bei solchen mit RZL.

Im folgenden soll die Korrelation innerhalb der beiden Patientengruppen zwischen den beiden Testmodalitäten, d. h. zwischen Perzeption und Imitation, verglichen werden. Wir sind uns bewusst, dass Korrelationen in diesem Zusammenhang nur sehr schwierig zu interpretieren sind. Bei der Gruppe mit LZL korreliert die Perzeption der Handstellungen mit allen drei Imitationstests. Aber die Perzeption der Fingerstellungen korreliert nicht mit der Imitation der Fußstellungen.

Wir finden aber auch, dass die Perzeption der Fingerpositionen hochsignifikant mit der Imitation der Handstellungen korreliert und dass sie ebenfalls hochsignifikant mit der Imitation der Fingerstellungen korreliert. Da die Perzeption der Fingerpositionen mehr von der visuospatialen Analyse Gebrauch macht als die Perzeption der Handstellungen, ist die Korrelation der Finger- mit den Handstellungen schwächer als die Perzeption der Hand- mit der Imitation der gleichen Stellungen. Die Korrelation der Perzeption der Finger- mit der Imitation der Fingerstellungen lässt sich dadurch erklären, dass die Imitation dieser Stellungen auch hohe Anforderungen an das visuospatiale System stellt. Durch die gefundenen Korrelationsstrukturen ist nicht mehr auszuschließen, dass eine LZL auch eine Beeinträchtigung der visuospatialen Analyse nach sich zieht.

Bei der Patientengruppe mit RZL ist die Korrelation am höchsten beim Vergleich der Perzeption der Fingerstellungen mit der Imitation der Fuß- und Fingerstellungen und korreliert nicht mit der Imitation der Handstellungen. Dieses Korrelationsmuster ist vereinbar mit der Annahme einer hohen Belastung der visuellen Analyse durch die Fußstellungen. Hier verhält sich die Korrelation gemäß dem Modell umgekehrt. Je mehr hier der Perzeptionstest die visuospatialen Analyse belastet, desto weniger korreliert er mit den Fehlern bei der Imitation.

Aus der hohen Korrelation zwischen Perzeption der Hand- mit der Imitation der Fingerstellungen lässt sich schliessen, dass auch bei der Imitation der Hand eine nicht zu vernachlässigende Perzeptionskomponente vorhanden und diese beeinträchtigt ist.

5.3 Einfluss der intrazerebralen Lokalisation der Läsion auf die Testleistungen

Aus der Literatur ist bekannt, dass die intrazerebrale Lokalisation der Läsion einen Einfluß auf die Häufigkeit des Auftretens der Apraxie bzw. auf das Ausmaß der Apraxie hat. Deshalb soll der Einfluß der Läsionslokalisationen auf unsere Testergebnisse diskutiert werden.

Betrachtet man die intrahemisphärischen Läsionsorte, so weisen Patienten mit LZL mit und ohne parietale Läsionen bei der Imitation der Handstellungen die größten Unterschiede auf ($m = 14,8$ und $m = 16,6$). Obwohl der Unterschied deutlich ist, ist er nicht signifikant. Goldenberg (1999) findet einen wesentlich grösseren Unterschied zwischen parietalen und nicht parietalen Läsionen ($m = 12,5$ und $m = 16,0$), der hochsignifikant ist. Eine mögliche Erklärung ist ein Patientenkollektiv, bei dem mehr Patienten mit schwerer Apraxie vorhanden waren. Betrachtet man die Imitation der Fußstellungen bezüglich der parietalen Läsionen, so findet sich ein etwas geringerer Unterschied ($m = 15,0$ bzw. $m = 16,5$) als bei den Handstellungen, der ebenfalls nicht signifikant ist. Die Fingerstellungen weisen noch geringere Unterschiede bezüglich der parietalen Läsionen auf ($m = 17,6$ bzw. $m = 18,9$). Betrachtet man die Patienten mit und ohne temporale Läsionen, so findet man die grössten Unterschiede bei den Handstellungen ($m = 16,2$ bzw. $m = 14,5$). Ein Vergleich bezüglich der frontalen Läsionen erscheint bei der Gruppe mit LZL nicht sinnvoll, da die Verteilung dieser Läsionen äußerst ungleich ist.

Bei der Gruppe mit RZL finden wir keine ausgeprägten Unterschiede bezüglich einzelner Läsionsorte, bis auf die Imitation der Fingerstellungen bei Patienten mit und ohne temporale Läsionen ($m = 15,7$ bzw. $m = 17,3$), wobei der Unterschied aber nicht signifikant ist. Auch ist zu bemerken, dass die Patientenzahlen für die temporalen Läsionen ungleich verteilt sind (14 zu 6 Patienten). Einen Unterschied zwischen frontalen ($n = 12$) und nicht frontalen Läsionen ($n = 8$), vor allem im Hinblick auf Imitation und Perzeption von Fingerstellungen finden wir nicht, am grössten

ist die Differenz der Mittelwerte bei der Perzeption der Finger ($m = 8,3$ bzw. $m = 8,0$). Bei Goldenberg (1999) war allerdings dieser nicht erwartete Unterschied bei frontalen und nicht frontalen Läsionen in Bezug auf die Imitation und Perzeption von Fingerstellungen signifikant.

5.4 Testergebnisse für die Achsenbewegungen

In unserer Arbeit beschränken wir uns bei den Achsenbewegungen, die in dem Theoretischen Teil definiert wurden und schon im Methodik-Teil (3.2.1 Aufbau des Tests) beschrieben wurden, auf den Vergleich dieser Bewegungen mit den Handstellungen.

Allgemein ist gegen das Testen von Achsenbewegungen einzuwenden, dass sie einen ungleich geringeren Schwierigkeitsgrad haben im Vergleich zu Stellungen der Hand oder der Finger. Dies hat die Ursache in der geringen Anzahl von Freiheitsgraden, den diese einfachen Bewegungen des Rumpfes oder des Gesichts haben. Bei Bewegungen des Rumpfes nach vorne oder hinten oder bei der Imitation von Schulterzucken gibt es nur sehr wenig Variationsmöglichkeiten und keine kompliziertere Beziehung einzelner Körperteile zueinander, wie dies bei den Handstellungen der Fall ist. Deshalb erwarten wir, dass die Achsenbewegungen im Vergleich zu den Handstellungen relativ erhalten sind, auch wenn wie bei uns nur schwer apraktische Patienten, die bei den Handstellungen eine Punktzahl von 15 oder weniger erhalten haben, getestet wurden.

Beim Vergleich der Achsenbewegungen ($m = 17,6$) mit den Handstellungen ($m = 11,3$) bei der erwähnten Patientengruppe bestätigt sich unsere Annahme, dass die Achsenbewegungen im Vergleich zu den Handstellungen relativ erhalten sind ($p < 0,001$). Vergleicht man die Achsenbewegungen der Patientengruppe mit der Kontrollgruppe, so findet sich ein signifikanter Unterschied ($p = 0,004$). Damit stimmen auch unsere Ergebnisse mit der Ansicht von Geschwind überein, dass die Achsenbewegungen im Vergleich zu den Extremitätenbewegungen besser erhalten sind.

Aus der Fülle der Literatur sollen noch Arbeiten von Poeck (1982) und Hanlon (1998) diskutiert werden. Hanlon kam, wie früher schon Geschwind, in seiner Arbeit auch zu dem Ergebnis, dass bei apraktischen Patienten ein relativer Erhalt von axialen Bewegungen im Vergleich zu Extremitätenbewegungen vorliegt.

tätenbewegungen vorhanden ist. Er testete sowohl Achsenbewegungen auf Kommando und auf Imitation im Vergleich zu oralen, proximalen transitiven und intransitiven und distalen transitiven und intransitiven Bewegungen des gleichen Anforderungstyps. Dabei zeigten die axialen Bewegungen auf Kommando noch bessere Ergebnisse im Vergleich zu den übrigen Bewegungen als die axialen Bewegungen auf Imitation (jeweils $p < 0,001$; bzw. bei mehreren Imitationstests $p \leq 0,002$).

Poeck (1982) findet jedoch in seiner Arbeit keinen signifikanten Unterschied bei der Ausführung von Achsenbewegungen und auch bukkofazialen Bewegungen im Vergleich zu einseitigen Extremitätenbewegungen der Arme oder Beine und steht damit in Widerspruch zu Geschwind. Später hat Alexander (1992) den relativen Erhalt der Achsenbewegungen im Vergleich zu den Extremitätenbewegungen ebenfalls gezeigt. Jedoch weisen alle drei Arbeiten methodische Unterschiede auf. Während Geschwind ausschließlich bedeutungsvolle bzw. natürliche Ganzkörperbewegungen auf Kommando ausführen lässt, sind bei Poeck alle Achsenbewegungen, die er sowohl auf Kommando als auch imitatorisch ausführen lässt, nicht bedeutungsvoll. Bei Alexander et al. (1992) war dagegen die Hälfte der Achsenbewegungen bedeutungsvoll. Darüber hinaus hat Howes (1988) die Schlußfolgerungen Poecks in Frage gestellt, nachdem er die Daten Poecks einer erneuten statistischen Interpretation unterzogen hat.

6. Zusammenfassung

Modell und Hypothesen

Der theoretische Hintergrund der vorliegenden klinisch-experimentellen Untersuchung zur Imitation und Perzeption (Vergleichen) von bedeutungslosen Gesten bei Patienten mit zerebralen Läsionen ist ein Modell über den modularen Aufbau der motorischen Steuerung, wobei angenommen wird, dass hier zwei Module bzw. Prozesse beteiligt sind. Dies sind die konzeptuelle Mediation und die visuelle Analyse, die zwar immer gemeinsam, aber doch weitgehend unabhängig voneinander operieren. Dieses im theoretischen Teil beschriebene Modell der Imitation von bedeutungslosen Gesten wurde von Goldenberg (1996) publiziert. Der Grundgedanke der experimentellen Anordnung, mit der die Fragestellung der Arbeit untersucht wird, besteht darin, mit dem Imitations- und Perzeptionstest zwei Patientengruppen mit rechts- (RZL) oder linkszerebralen (LZL) Läsionen zu untersuchen, wobei hypothetisch angenommen wird, dass jeweils nur einer der beiden Prozesse in seiner Leistungsfähigkeit beeinträchtigt wird. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass bei der Imitation und Perzeption von bedeutungslosen Gesten gleichzeitig sowohl eine imitative als auch eine perzeptive Komponente beteiligt ist. Im Modell wird angenommen, dass die Imitation vom Prozess konzeptuelle Mediation und die Perzeption vom Prozess visuelle Analyse vermittelt wird. Weiterhin ist aus Voruntersuchungen bekannt, dass beim Testen der Handstellungen überwiegend die Imitationskomponente und beim Testen der Fingerstellungen überwiegend die Perzeptionskomponente belastet wird.

Bei der Untersuchung der Fußstellungen wird angenommen, dass beide Komponenten stark belastet werden. Zum Zweck der Hypothesengenerierung wird das Modell dahingehend ausgelegt, dass eine hemisphärische Lateralisation der beiden Prozesse angenommen wird. Wir nehmen an, dass die Imitationsleistung von der Intaktheit der linken Hemisphäre und die Perzeptionsleistung von der Intaktheit der rechten Hemisphäre abhängt.

Fragestellung, Methodik und Daten

Die Zielsetzung der Arbeit besteht in der Überprüfung der erwähnten hypothetischen Eigenschaften des Modells und in der Integration eines neu entwickelten Apraxietests für die untere Extremität in dieses Modell. Aus der Hypothese der hemisphärischen Lateralisation der Prozesse des Modells ergeben sich Folgerungen, die wir anhand der experimentellen Daten überprüfen wollen. Die Auswertung der experimentellen Daten erfolgt unter dem Gesichtspunkt des Nachweises einer doppelten Dissoziation für die Testwerte der Hand- und Fingerstellungen und zwar für beide Testmodalitäten. Für die Fußstellungen erwarten wir, dass deren Testleistungen bei der Imitation mit denen der Handstellungen und bei der Perzeption mit den Leistungen der Finger einhergehen.

Für die Untersuchung wurden ausschließlich rechtshändige Probanden ausgewählt: 30 Patienten mit LZL, 20 Patienten mit RZL und 20 Kontrollpersonen. Bei jedem Probanden wurden jeweils der Imitations- und Perzeptionstest für Hand, Finger und Fuß durchgeführt, wobei bei den Patienten jeweils die Extremitäten der ipsiläsionalen Seite getestet wurden.

Ergebnisse

Die Leistungen der Kontrollgruppe für Hand, Finger und Fuß unterscheiden sich für beide Testmodalitäten (Imitation und Perzeption) von den beiden Patientengruppen, also von Patienten mit links- oder rechtshemisphärischen Läsionen.

Bei den Achsenbewegungen, die nur bei schwer apraktischen Patienten getestet wurden, zeigt sich ein Erhalt dieser Bewegungen im Vergleich zu den Handstellungen.

Bei der Besprechung der Hauptergebnisse soll mit der Betrachtung der *Imitation* begonnen werden. Die Imitationsleistungen der Handstellungen sind bei Patienten mit LZL niedrig und bei denjenigen mit RZL hoch. Genau umgekehrt verhalten sich die Leistungen der Finger, d. h. es finden sich bei rechtshemisphärischen Läsionen niedrige Werte und hohe bei linkshemisphärischen Läsionen.

Bei Betrachtung der Ergebnisse innerhalb der Läsionsgruppen imitiert die Gruppe mit LZL sowohl die Hand- als auch die Fußstellungen mit schlechteren Leistungen als die Finger-

stellungen. Patienten mit RZL dagegen imitieren Fingerstellungen mit mehr Fehlern als Handstellungen und Fußstellungen schlechter als Handstellungen.

Als nächstes betrachten wir die *Perzeption*. Die Perzeptionsleistungen der Fingerstellungen zeigen bei rechtshemisphärischen Läsionen niedrige Werte und bei linkshemisphärischen hohe Werte. Die perzeptiven Leistungen bei den Stellungen der Hand sind bei Patienten mit RZL etwas höher als bei solchen mit LZL, wobei der Unterschied nicht signifikant ist.

Patienten mit RZL zeigen bei dem Perzeptionstest des Fußes mehr Schwierigkeiten als Patienten mit LZL, aber der Unterschied ist nicht signifikant. Deshalb sind die Leistungen des Fußes hier den Leistungen der Finger ähnlicher als denjenigen der Hand.

Betrachtet man die Ergebnisse des Perzeptionstests innerhalb der Gruppen, so unterscheiden sich Hand- und Fußstellungen bei RZL signifikant, bei LZL dagegen findet sich kein signifikanter Unterschied.

Bei linkshemisphärischen Läsionen findet sich eine deutliche Korrelation der imitatorischen Leistungen der Hand mit den perzeptiven Leistungen der Finger, weniger ausgeprägt ist die Korrelation mit den perzeptiven Fußleistungen.

Keinen Einfluß auf das Ergebnis hatte der Typ der Aphasie bei Patienten mit LZL und die Anwesenheit oder Abwesenheit eines Neglects bei Patienten mit RZL. Ebenso zeigte die genaue Lokalisation der anatomischen Läsion keinen signifikanten Einfluß auf die Testwerte im Vergleich zu Patienten, bei denen diese anatomische Region nicht betroffen war.

Schlußfolgerungen und Interpretation

Zuerst soll auf die Achsenbewegungen eingegangen werden, da die Ergebnisse hier einfach zu deuten sind. Den Erhalt der Achsenbewegungen erklären wir mit der geringen Anzahl an Freiheitsgraden, den diese einfachen Bewegungen im Vergleich zu den Handstellungen aufweisen.

Das Profil der Leistungen der Patienten mit LZL und RZL zeigt für Hand und Finger ein einander entgegengesetztes Verhalten. Bei der Analyse der Ergebnisse der Imitationstests findet sich also eine doppelte Dissoziation der Hand- und Fingerleistungen für LZL und RZL. Die Leistungen des Fußes sind bei der Imitation mit denen der Hand vergleichbar. Daraus entnehmen wir, dass die Hand- und Fingerleistungen unabhängig voneinander beeinträchtigt werden können und schliessen daraus, dass die neuronalen Prozesse, die die Imitation und Perzeption vermitteln, also die konzeptuelle Mediation und die visuelle Analyse, weitgehend unabhängig voneinander operieren.

Weiterhin wird aus der selektiven Störung der Imitationsleistungen bei linkshemisphärischen Läsionen, wie sie sich für Hand- und Fußstellungen zeigt, gefolgert, dass der Prozess konzeptuelle Mediation linkshemisphärisch lateralisiert ist.

Das Profil der Ergebnisse der Perzeptionstests ist kompliziert und wesentlich schwieriger zu interpretieren. Aus der einfachen Dissoziation für die Perzeptionsleistungen der Fingerstellungen schliessen wir, dass der diese Leistung vermittelnde Prozess, die visuelle Analyse, bei RZL beeinträchtigt ist.

Die fehlende einfache Dissoziation für die Hand- und Fußstellungen im Perzeptionstest führen wir darauf zurück, dass bei LZL nicht nur die Imitationskomponente, sondern auch die Perzeptionskomponente deutlich beeinträchtigt ist. Die Korrelationsstruktur der linkshemisphärischen Leistungen weist in die gleiche Richtung, denn die Imitationsleistung der Hand korreliert hier mit der Perzeptionsleistung der Finger und des Fußes.

Daraus schliessen wir, dass die Perzeption der bedeutungslosen Gesten bei einer Läsion sowohl der rechten als auch der linken Hemisphäre beeinträchtigt werden kann. Somit müssen die zu Beginn formulierten Hypothesen etwas modifiziert werden. Aus den Ergebnissen lässt sich zwar eine linkshemisphärische Lateralisation der imitativen Leistungen, und damit der konzeptuellen Mediation, aber nicht zuverlässig eine rechtshemisphärischen Lateralisation der perzeptiven Leistungen, und damit der visuellen Analyse herleiten.

Liste der verwendeten Abkürzungen:

A. cerebri ant.	Arteria cerebri anterior
A. cerebri med.	Arteria cerebri media
A. cerebri post.	Arteria cerebri posterior
KGR	Kontrollgruppe
LZL	Links zerebrale Läsion, bzw. (Patienten mit) linkszerebralen Läsionen
m	Mittelwert
max	Maximum
min	Minimum
M	Median
p	Signifikanzniveau
r	Korrelationskoeffizient
RZL	Rechts zerebrale Läsion, bzw. (Patienten mit) rechtszerebralen Läsionen
s	Standardabweichung
Tab.	Tabelle

Literatur

Alexander MP, Baker E, Naeser MA, Kaplan E, Palumbo C (1992) Neuropsychological and neuroanatomical dimensions of ideomotor apraxia. *Brain* 115:87-107

Basso A, Capitani E, Della Sala S, Laiacona M, Spinnler H (1987) Ideomotor apraxia: a study of initial severity. *Acta Neurol Scand* 76:142-6

Bonnhoeffer K (1914) Klinischer und anatomischer Befund zur Lehre von der Apraxie und der „motorischen Sprachbahn“. *Monatsschrift für Psychiatrie und Neurologie* 35:113-28

Broca P (1865) Sur la siège de la faculté du langage articulé. *Bull Soc Anthropol* 6:377

De Renzi E, Motti F, Nichelli P (1980) Imitating Gestures – A Quantitative Approach to Ideomotor Apraxia. *Arch Neurology* 37:6-10

De Renzi E, Pieczuro A, Vignola LA (1968) Ideational apraxia: a quantitative study. *Neuropsychologia* 6:41-52

Finkelnburg FC (1870) Sitzung der Niederrheinischen Gesellschaft in Bonn. Medizinische Section. *Berliner Klinische Wochenschrift* 7:449-50, 460-2

Geschwind N, Damasio AR (1985) Apraxia in: Vinken PJ, Bruyn GW, Klawans HL (Eds.) *Handbook of clinical neurology*, Amsterdam: Elsevier, 45:423-32

Geschwind N and Kaplan E (1962) A human cerebral disconnection syndrome. *Neurology* 12:675-85

Geschwind N (1975) The Apraxias: Neural Mechanisms of Disorders of Learned Movement. *American Scientist* 63:188-95

Goldenberg G (1996) Defective imitation of gestures in patients with damage in the left or right hemisphere. *J Neurol Neurosurg Psychiat* 61:176-80

Goldenberg G, Hermsdörfer J, Spatt J (1996) Ideomotor Apraxia and cerebral dominance for motor control. *Cognitive Brain Research* 3:95-100

Goldenberg G, Hagmann S (1997) The meaning of meaningless gestures: A study of visuo-imitative apraxia. *Neuropsychologia* 35:333-41

Goldenberg G (1999) Matching and imitation of hand and finger postures in patients with damage in the left or right hemisphere. *Neuropsychologia* 37:559-66

Goldenberg G (1999) Störungen von Bewußtsein, Kognition und höheren Hirnleistungen in: Hopf HC, Deuschl G, Diener H-C, Reichmann H (Hrsg.) *Neurologie in Klinik und Praxis*, Georg Thieme 1:150-56

Goldenberg G (2000) Apraxie in: Sturm W, Herrmann M, Wallesch (Hrsg.) *CW Lehrbuch der klinischen Neuropsychologie*, Swets & Zeitlinger, Lisse, NL

Goldstein K (1908) Zur Lehre von der motorischen Apraxie. *Journal für Psychiatrie und Neurologie* 11:169-87, 270-83

Haaland KY, Harrington DL, Knight RT (2000) Neural representations of skilled movement. *Brain* 123:2306-13

Hanlon RE (1994) Apraxia in: *Encyclopedia of Human Behavior*, 1:199-209

Hanlon RE, Mattson D, Demery JA, Dromerick AW (1998) Axial movements are relatively preserved with respect to limb movements in aphasic patients *Cortex* 34:731- 42

Hécaen H (1962) Clinical symptomatology in right and left hemispheric lesions in: Mountcastle VB (Eds.) *Interhemispheric Relations and Cerebral Dominance*, Hopkins Baltimore 215-243

Heilmann KM (2002) Cognitive-Motor Skills in Heilmann KM *Matter of Mind, A Neurologist's View of Brain-Behavior Relationships*, Oxford University Press, 1:162-79

- Heilmann KM (1982) Two forms of ideomotor apraxia. *Neurology* 32:342-46
- Heilmann KM, Coyle JM, Gonyea EF, Geschwind N (1973) Apraxia and agraphia in a left-hander. *Brain* 96:21-8
- Hermisdörfer J, Goldenberg G, Wachsmuth C, Conrad B, Ceballos-Baumann AO, Bartenstein P, Schwaiger M, Boecker H (2001) Cortical Correlates of Gesture Processing: Clues to the Cerebral Mechanisms Underlying Apraxia during the Imitation of Meaningless Gestures. *NeuroImage* 14:149-61
- Howes DH (1988) Ideomotor apraxia: Evidence for the preservation of axial commands. *J Neurol Neurosurg Psychiat* 51:593-98
- Jacobini M, Woods RP, Brass M, Bekkering H, Mazziotta JC, Rizzolatti G (1999) Cortical Mechanisms of Human Imitation. *Science* 286:2526-28
- Kertesz A, Ferro JM (1984) Lesion size and location in ideomotor apraxia. *Brain* 107:921-33.
- Lehmkuhl G, Poeck K, Willmes K (1983) Ideomotor apraxia and aphasia: An examination of types and manifestations of apraxic symptoms. *Neuropsychologia* 21:199-212
- Leiguarda RC, Marsden CD (2000) Limb apraxias, Higher-order disorders of sensorimotor integration. *Brain* 123:860-879.
- Liepmann H (1905) Die linke Hemisphäre und das Handeln. *Münchener med. Wochenschrift* 48 und 49
- Liepmann (1908) Drei Aufsätze aus dem Apraxiegebiet. Berlin: Karger.
- Ogura J, Yamadori A (1983) Relationship of finger imitation difficulty to constructional disorder and classical apraxias. *Brain and Nerve* 35:759-63
- Papagno C, Della Sala S, Basso A (1993) Ideomotor apraxia without aphasia and apraxia without aphasia: the anatomical support for a double dissociation. *J Neurol Neurosurg Psychiat* 56:286-89

Poeck K, Kerschensteiner M (1971) Ideomotor apraxia following right-sided cerebral lesion in a left-handed subject. *Neuropsychologia* 9:359-61

Poeck K, Lehmkuhl G, Willmes K (1982) *Axial movements in ideomotor apraxia*. J Neurol Neurosurg Psychiat 45:1125-29

Poeck K (1970) Motorische Apraxie in Hartje W, Poeck K *Handbuch der klinischen Neuropsychologie*, Thieme: Stuttgart, New York, 191-199

Rasmussen T, Milner B (1975) Clinical and surgical studies of the cerebral speech areas in man in: Zülch KJ, Creutzfeld O, Galbraith (Eds.) *GC Cerebral Localization*, Springer Berlin 238-257

Roy EA & Hall C (1992) Limb Apraxia: A Process Approach in: Proteau L & Elliott D (Eds.) *Vision and motor control*, Amsterdam: Elsevier, 261-82

Rothi LJG, Ochipa C, Heilmann KM (1991) A cognitive neuropsychological model of limb praxis. *Cognitive Neuropsychology* 8:443-58

Sirigu A, Grafman J, Bressler K, Sunderland T (1991) Multiple representations contribute to body knowledge processing. *Brain* 114:629-42

Tognola G, Vignolo LA (1980) Brain lesions associated with oral apraxia in stroke patients: a clinico-neuroradiological investigation with the CT scan. *Neuropsychologia* 18:257-72

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name	Stefan Ulrich Strauß
Geburtsdatum/ -ort	30.08.1972, München
Familienstand	ledig
Staatsangehörigkeit	deutsch

Schulbildung:

1979 – 1984	Grundschule München
1984 – 1993	Asamgymnasium München Kollegstufe Gymnasium Wolfratshausen, Abitur 1993

Zivildienst:

11/1993 – 10/1994	MS Klinik Kempfenhausen
-------------------	-------------------------

Hochschulausbildung:

1995 - 2001	Studium der Humanmedizin an der Ludwig-Maximilian-Universität München, praktisches Jahr: 1. Tertial in Innerer Medizin an der Tulane University, USA 3. Staatsexamen 12/2001
-------------	---

04/2001 – 02/2002	Stipendiat des Graduiertenkollegs „Neurotraumatologie und Neuropsychologische Rehabilitation“ der DFG
-------------------	---

Weiterbildung:

Seit 06/2002	Arzt im Praktikum an der Neurologischen Klinik der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
--------------	--

Dank

Ich danke Herrn Prof. Dr. Goldenberg für die Überlassung des Themas und seine jederzeit freundliche Unterstützung und Hilfe beim Fortgang der Arbeit, bei der Erstellung der Testaufgaben und bei der Auswahl der Patienten (der Station und der Tagklinik der Neuropsychologischen Abteilung).

Die Mitarbeiterinnen der Physiotherapie des Krankenhauses München-Bogenhausen haben mit ihrer Erfahrung bei der Ausarbeitung der Testaufgaben für die untere Extremität maßgeblich mitgewirkt. Dafür danke ich ihnen.

Danken möchte ich auch dem leider verstorbenen Herrn Prof. Dr. Werner von der Abteilung für Physikalische Medizin des Krankenhauses München-Bogenhausen, der mir die Untersuchung von Patienten seiner Stationen ermöglichte und die Patienten persönlich dazu motivierte.

Die Arbeit wurde gefördert durch das Graduiertenkolleg „Neurotraumatologie und Neuropsychologische Rehabilitation“ der DFG. Hier möchte ich besonders Frau Dr. von Bülow und Herrn Prof. Dr. Bähmann danken, die durch intensiven Einsatz das Kolleg und die Zusammenarbeit der Kollegiaten förderten. Die Vorträge der Referenten des Kollegs gaben mir wertvolle Anregungen.

Mein Dank geht auch an Herrn Dr. Hermsdörfer von der „Entwicklungsgruppe für klinische Neuropsychologie“ für interessante Diskussionen und Anregungen im Rahmen des Graduiertenkollegs.

Nicht zuletzt bin ich allen Patienten für ihre Mitarbeit dankbar.