

Produktion von Konsonantenclustern bei Patienten  
mit aphasisch-phonologischer Störung und  
Sprechapraxie

Inauguraldissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der Philosophie  
an der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von  
Hanna Jakob  
aus Viernheim  
2018

**Erstgutachter:** apl. Prof. Dr. rer. nat. Wolfram Ziegler

**Zweitgutachter:** PD Dr. Marianne Pouplier

**Datum der mündlichen Prüfung:** 20. Februar 2019

# Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	1
I Theoretischer Hintergrund.....	5
1 Neurologisch bedingte Lautproduktionsstörungen .....	6
1.1 Ätiologie und Lokalisation .....	6
1.2 Störungsursache und modelltheoretische Einordnung .....	7
1.2.1 Verarbeitung von Einzelwörtern in Sprachproduktionsmodellen .....	7
1.2.2 Aphasisch-phonologische Störung .....	9
1.2.3 Sprechapraxie .....	10
1.3 Sprachliche Symptomatik.....	12
1.3.1 Aphasisch-phonologische Störung .....	12
1.3.2 Sprechapraxie .....	13
1.3.3 Differenzierung der Störungsbilder anhand der sprachlichen Symptomatik .....	15
1.4 Einflussfaktoren auf die sprachliche Symptomatik.....	17
1.4.1 Einfluss des phonologischen Kontextes auf phonematische Fehler .....	17
1.4.2 Zusammenhang zwischen dem verbalen Kurzzeitgedächtnis und sprachlichen Leistungen .....	21
1.5 Messmethoden zur Erfassung von Lautproduktionsfehlern.....	24
1.5.1 Einschränkungen von transkriptionsbasierten Analysemethoden .....	24
1.5.2 Einschränkungen apparativer Methoden .....	26
2 Phonologische und phonetische Verarbeitung komplexer Strukturen.....	28
2.1 Die Silbe des Deutschen .....	28
2.1.1 Silbenstruktur und Markiertheitsannahmen .....	29
2.1.2 Sonoritätsstruktur der Silbe .....	29
2.1.3 Silbeninitiale Konsonantencluster im Deutschen .....	31
2.2 Optimalitätstheorie .....	33
2.2.1 Grundannahmen .....	33
2.2.2 Constraints der Silbenstruktur .....	35
2.2.3 Variation bei der Auswahl der Outputform .....	35
2.2.4 Schlussfolgerungen auf die Struktur phonologischer Fehler .....	36

2.2.5 Zusammenhang mit Lautproduktionsstörungen.....	37
2.3 Artikulatorische Phonologie.....	38
2.3.1 Grundannahmen .....	38
2.3.2 Organisation von Konsonantenclustern.....	41
2.3.3 Schlussfolgerungen für die Struktur phonologischer Fehler bei neurologisch gesunden Sprechern .....	43
2.3.4 Fehlermechanismen bei Patienten mit Lautproduktionsstörungen .....	45
2.4 Nicht-lineares Gestenmodell.....	47
2.4.1 Aufbau .....	47
2.4.2 Fehleranfälligkeit von Clustern im NLG.....	48
2.4.3 Differenzierung zwischen Sprechapraxie und aphasisch-phonologischen Störungen ...	49
3 Produktion von Konsonantenclustern bei Patienten mit Lautproduktionsstörungen.....	50
3.1 Fehleranfälligkeit von Clustern im Vergleich zu Singletons .....	50
3.2 Exkurs: Zusammenhang von Phonemanzahl und Konsonantenclustern .....	52
3.3 Vereinfachung komplexer Strukturen durch phonematische Fehler .....	53
3.3.1 Substitutionen markierter durch weniger markierte Laute .....	53
3.3.2 Vereinfachung durch verbesserte Sonoritätsstruktur der Silbe .....	54
3.3.3 Vereinfachung der Silbenstruktur .....	56
3.3.4 Motorische vs. phonologische Ursachen für Vereinfachung .....	60
3.4 Exkurs: Therapieeffekte durch Nachsprechen von Wörtern mit Konsonantenclustern.....	62
II Empirische Studie.....	64
4 Fragestellungen.....	65
4.1 Fehleranfälligkeit von Konsonantenclustern .....	66
4.2 Arten phonematischer Fehler .....	67
4.3 Einfluss von Kontext auf die Nachsprechleistung .....	68
5 Methode.....	70
5.1 Probanden .....	70
5.1.1 Ein- und Ausschluss von Probanden .....	70
5.1.2 Beschreibung der Lautproduktionsstörung .....	72
5.1.3 Einteilung der Patientengruppen .....	75
5.2 Untersuchung der auditiv-perzeptiven Leistungen.....	77
5.2.1 Auditiver Wortverständnistest.....	77
5.2.2 Test der auditiven Merkspanne .....	80

5.3 Nachsprechexperiment .....	82
5.3.1 Wortmaterial .....	83
5.3.2 Reihenfolge der Stimuli .....	88
5.3.3 Durchführung .....	89
5.3.4 Datenaufbereitung und -analyse.....	90
5.4 Interrater-Reliabilität .....	95
5.5 Untersuchungssituation und -protokoll .....	96
6 Ergebnisse .....	98
6.1 Datenkorpus aus dem Nachsprechexperiment.....	98
6.1.1 Größe der Datengrundlage .....	98
6.1.2 Häufigkeiten der entstandenen Fehlertypen.....	99
6.1.3 Zusammenhänge zwischen Fehlern im Nachsprechexperiment und den Leistungen in klinischen Tests .....	103
6.1.4 Zusammenhänge zwischen Fehlern im Nachsprechexperiment und nicht systematisch variierten Faktoren des Stimulusmaterials .....	104
6.1.5 Zusammenfassung.....	106
6.2 Fehleranfälligkeit von Konsonantenclustern .....	107
6.2.1 Sind Konsonantencluster fehleranfälliger als Singletons? .....	107
6.2.2 Ist der Clustereffekt durch die höhere Phonemanzahl zu erklären? .....	109
6.2.3 Unterscheiden sich die Clustertypen in ihrer Fehleranfälligkeit? .....	110
6.2.4 Vergleich der Schwierigkeit der Clustertypen mit der von relatierten Singletons.....	112
6.2.5 Zusammenfassung.....	113
6.3 Arten phonematischer Fehler .....	114
6.3.1 Wie unterscheiden sich Ziel- und Ersatzlaut in Substitutionen hinsichtlich ihres Merkmalsabstandes? .....	114
6.3.2 Wie verändert sich die phonologische Komplexität durch das Auftreten phonematischer Fehler?.....	116
6.3.3 Durch welche phonematischen Fehler wurden Silben vereinfacht? .....	119
6.3.4 Welche Vereinfachungsarten finden bei den unterschiedlichen Clustertypen statt?..	122
6.3.5 Welche Formen von Verkomplizierungen finden statt? .....	124
6.3.6 Zusammenfassung.....	126
6.4 Einfluss des phonologischen Kontexts beim Nachsprechen von Wortpaaren.....	127
6.4.1 Datengrundlage beim Nachsprechen von Wortpaaren .....	128
6.4.2 Zusammenhang zwischen der Nachsprechleistung bei Wortpaaren und der auditiven Merkspanne .....	129

6.4.3 Sind Wörter in der Paarbedingung fehleranfälliger als in der Einzelwortbedingung? .	130
6.4.4 Wo im Wortpaar entstehen die meisten Fehler? .....	131
6.4.5 Entstehen mehr Fehler durch eine komplexe Struktur im Paar?.....	132
6.4.6 Welchen Einfluss hat die phonologische Nähe im Wortpaar auf die Häufigkeit von Fehlern?.....	134
6.4.7 Übertragen sich Phoneme innerhalb eines Wortes oder Wortpaares?.....	135
6.4.8 Überträgt sich das Merkmal „einfach“ vom Singleton oder das Merkmal „komplex“ vom Cluster auf das benachbarte Wort im Paar? .....	136
6.4.9 Findet der Übertrag der phonologischen Struktur antizipatorisch oder perseveratorisch statt? .....	140
6.4.10 Zusammenfassung.....	143
7 Diskussion.....	145
7.1 Fehleranfälligkeit von Konsonantenclustern .....	146
7.1.1 Konsonantencluster vs. Singletons .....	147
7.1.2 Vergleich der Clustertypen.....	150
7.2 Arten phonematischer Fehler .....	152
7.2.1 Neutrale Fehler ohne Änderung der phonologischen Struktur .....	153
7.2.2 Häufigkeit von Vereinfachung vs. Verkomplizierung der phonologischen Struktur .....	154
7.2.3 Qualitative Darstellung der Vereinfachungen.....	156
7.2.4 Qualitative Darstellung der Verkomplizierungen.....	160
7.3 Der Einfluss des phonologischen Kontextes .....	162
7.3.1 Fehlerrate bei Wortpaaren vs. Einzelwörtern.....	163
7.3.2 Fehlerlokalisierung innerhalb der Wortpaare.....	164
7.3.3 Schwierigkeitsunterschiede zwischen den Wortpaarbedingungen .....	165
7.3.4 Übertrag der phonologischen Struktur innerhalb des Wortpaares .....	166
7.3.5 Zusammenfassung der Effekte beim Nachsprechen von Wortpaaren .....	168
8 Zusammenfassung und Ausblick .....	170
Literaturverzeichnis.....	175
Abbildungsverzeichnis.....	184
Tabellenverzeichnis.....	186
Anhang .....	189
Danke! .....	197



# Einleitung

Sprachliche Einheiten, ob Laute, Silben, Wörter oder Phrasen, unterscheiden sich stark in ihrer Struktur und somit auch mutmaßlich in ihrer Komplexität. Betrachtet man die Phoneme in einer Silbe des Deutschen, zeigt sich eine variable Anzahl an Konsonanten. So werden einige Silben vollständig ohne Konsonanten im Onset gebildet (z. B. /o:.pa/), andere mit zwei (z. B. /gro:s.fa:te/) oder maximal drei Konsonanten (z. B. /tʁaɪ.çə/). In typologischen Studien wird sichtbar, dass die Konsonant-Vokal-Verbindung [CV] die am häufigsten vorkommende Silbenstruktur ist (Hall, 2000). Dies legt die Vermutung nahe, dass diese Silben besonders „einfach“ sind und deshalb in den Sprachen der Welt bevorzugt vorkommen. Die Optimalitätstheorie, eine weit verbreitete phonologische Theorie, bezeichnet diese Silbenstruktur aus diesem Grund als „unmarkiert“ im Vergleich zu Silben mit mehreren Konsonanten im Onset (Prince & Smolensky, 2004). Neben dieser Ansicht, die der abstrakten phonologischen Form eines Konsonantenclusters eine erhöhte Komplexität zuschreibt, kann der Komplexitätsgrad eines Clusters auch durch phonetische Ansätze erklärt werden. In der artikulatorischen Phonologie (Browman & Goldstein, 1989; 1990; 1992; Goldstein & Fowler, 2003) beispielsweise bilden nicht abstrakte Phoneme die Grundeinheiten des phonologischen Systems, sondern artikulatorische Gesten. Eine artikulatorische Geste wird durch unterschiedliche Artikulatoren, z. B. der Zungenspitze oder der Unterlippe, gebildet. Diese Konstriktion kann hierbei zum Beispiel ein vollständiger Verschluss bei einem Plosiv oder eine unvollständige Engebildung bei Frikativen sein. Nach dieser Beschreibung stellt ein Konsonantencluster eine erhöhte Komplexität dar, da meist mehrere Artikulatoren, z. B. beim Cluster /kn/ die Glottis, der Zungenrücken, die Zungenspitze und das Velum, Konstriktionen bilden, die an verschiedenen Artikulationsorten zeitlich präzise koordiniert werden müssen. Diese Gegenüberstellung macht deutlich, dass Konsonantencluster ein Element unserer Sprache sind, an dem Komplexität messbar wird und diese sowohl aus phonologischer Sicht als auch aufgrund phonetischer Mechanismen hergeleitet werden kann.

Trotz der Komplexität können gesunde Sprecher bemerkenswerterweise sogar nur selten vorkommende Cluster des Deutschen, wie in den Wörtern *Psalm*, *Twist*, *Xylophon*, *Smaragd* oder *Tschüss*, ohne auditiv wahrnehmbare Unsicherheiten aussprechen. Die angenommene Komplexität von Clustern scheint demnach in der ungestörten Sprachproduktion keine Probleme zu verursachen. Dies könnte jedoch bei Patienten mit beeinträchtigter Sprachproduktion nicht der Fall sein, da sie möglicherweise „sensitiver“ für Komplexität sind als gesunde Sprecher. Somit

könnten Patienten mit Lautproduktionsstörungen eine Evidenzquelle sein, um Annahmen zur Komplexität von Konsonantenclustern zu überprüfen.

Lautproduktionsstörungen werden unterteilt in aphasisch-phonologische Störungen und Sprechapraxien. Beide Störungsbilder werden durch Läsionen der linken Hemisphäre ausgelöst. Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen wird eine beeinträchtigte phonologische Verarbeitung zugeschrieben, wobei die zugrundeliegenden Störungsmechanismen noch unklar sind. Aufgrund der typischen Läsionsorte in temporoparietalen Bereichen (Buchsbaum et al., 2011; Schwartz, Faseyitan, Kim & Coslett, 2012) liegen einer aphasisch-phonologischen Störung möglicherweise Beeinträchtigungen abstrakter auditiver Repräsentationen oder eingeschränkte verbale Kurzzeitgedächtnisprozesse zugrunde. Bei Patienten mit Sprechapraxie hingegen wird eine Störung der Sprechbewegungsplanung und -koordination auf der Ebene der phonetischen Enkodierung angenommen (Ziegler, Aichert & Staiger, eingereicht). Sprechapraxiepatienten weisen entsprechend Läsionen in kortikalen sprechmotorischen Planungsarealen auf (Ziegler et al., eingereicht). Aus dem Vergleich der Störungsmuster der zwei Patientengruppen kann möglicherweise Evidenz zu Fragen der Organisation phonetisch-phonologischer Prozesse der Sprachproduktion gewonnen werden.

In der Therapie von Patienten mit Lautproduktionsstörungen stellt die Differenzierung der beiden Störungsbilder eine entscheidende Ausgangslage dar, um eine an den zugrundeliegenden Störungsmechanismen angepasste Therapie durchführen zu können. Während die auf modelltheoretischer Ebene gezogene Unterscheidung der beiden Störungsbilder weitestgehend anerkannt ist (Ziegler et al., eingereicht), stellt sich eine Differenzierung in der Klinik jedoch häufig als schwierig dar (McNeil, Robin & Schmidt, 2009; Ziegler et al., eingereicht). Zum einen treten die Störungen häufig gemeinsam auf, zum anderen ähneln sich die sprachlichen Symptome der beiden Patientengruppen an der Oberfläche, auch wenn vermutlich unterschiedliche Ursachen zugrunde liegen. Für die Differentialdiagnose stellen hierbei vor allem die überschneidenden Symptome der phonematischen Fehler ein Problem dar. Von beiden Patientengruppen werden Laute vertauscht, ausgelassen oder hinzugefügt. Ein Vergleich der Muster phonematischer Fehler der beiden Gruppen könnte zur Aufklärung der zugrundeliegenden Mechanismen dienen und möglicherweise auch differenzialdiagnostisch hilfreich sein. Ob Unterschiede in der Ausprägung der phonematischen Fehler bestehen, wurde in unterschiedlichen klinischen Arbeiten untersucht (z. B. Galluzzi, Bureca, Guariglia & Romani, 2015; Romani & Galluzzi, 2005; Romani, Olson, Semenza & Granà, 2002). Hierbei wurden die phonematischen Fehler häufig in Fehler, die die phonologische Struktur vereinfachen und welche diese verkomplizieren, unterteilt.

Während Vertreter der Optimalitätstheorie die Annahme postulieren, dass alle Patienten mit Lautproduktionsstörungen dazu tendieren, markierte Strukturen durch phonematische Fehler in weniger markierte Einheiten umzuwandeln (Buchwald, 2009; Goldrick, 2011), wird von anderen Autoren vermutet, dass eine Tendenz zur Vereinfachung phonologischer Strukturen nur ein typisches Merkmal für Sprechapraxie sein könnte:

*„(...) the presence vs. absence of a simplification pattern can be a powerful tool to identify AoS [Apraxia of Speech].“ (Galluzzi et al., 2015, S. 66)*

Vereinfachung kann auf unterschiedliche Weise definiert werden. In einigen Studien wurde die Verbesserung der Sonoritätsstruktur einer Silbe als Vereinfachung bewertet (vgl. Galluzzi et al., 2015; Romani & Galluzzi, 2005; Romani et al., 2002), wohingegen in anderen Studien nur die Reduktion von Konsonantenclustern untersucht wurde (z. B. Buchwald, 2009). In unterschiedlichen Studien zu Patienten mit Lautproduktionsstörungen wurde Vereinfachung ausführlich beschrieben, während dem umgekehrten Fall von Verkomplizierungen bisher wenig Beachtung geschenkt wurde. Von Vertretern der Optimalitätstheorie wurden Verkomplizierungen lediglich als „zufällige Störung“, die im Ausnahmefall in der Sprachproduktion beobachtet werden kann, charakterisiert (Goldrick & Daland, 2009). Dass Verkomplizierungen seltener beobachtet wurden als Vereinfachungen, könnte daran liegen, dass in bisherigen Studien phonematische Fehler meist nur durch eine Einzelwort-Aufgabe erhoben wurden. So vermuten Romani & Galluzzi (2005), dass in einer natürlicheren Kommunikationssituation mit längeren Äußerungen womöglich mehr Verkomplizierungen auftreten.

Ziel dieser Arbeit war es, die Einflüsse von phonologischer und phonetischer Komplexität, die in Konsonantenclustern angenommen werden, auf die Nachsprechleistung bei Patienten mit Lautproduktionsstörungen zu untersuchen. Es wurde ein Nachsprechexperiment durchgeführt, bei dem vier systematisch ausgewählte Onset-Konsonantencluster des Deutschen mit strukturell gematchten Einzelkonsonanten verglichen wurden. Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen und Patienten mit Sprechapraxie sprachen sowohl Einzelwörter als auch Wortpaare nach. Letzteres ermöglichte eine Analyse von Kontexteinflüssen in diesen größeren sprachlichen Äußerungen und stellt eine methodische Erweiterung zu bisherigen Studien dar. Die beim Nachsprechen aufgetretenen phonematischen Fehler wurden anschließend transkribiert und analysiert. Hierbei wurde Vereinfachung bzw. Verkomplizierung als Tilgung oder Neubildung von Konsonantenverbindungen definiert. Ein Vergleich der entstandenen Fehler sollte mögliche Unterschiede zwischen den Patientengruppen aufdecken und die von Galluzzi et al. (2015) aufgestellte These, Vereinfachung könne der Differenzierung zwischen Sprechapraxie und aphasisch-phonologischer Störung dienen, überprüft werden. Dabei wurde erwartet, dass die

Fehlermuster sprechapraktischer Patienten deutlichere Hinweise auf zugrundeliegende motorische Mechanismen liefern als die der Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung.

Außerdem wurden durch diese Arbeit grundlegende Fragen zur Komplexität von Konsonantenclustern untersucht. Es sollte herausgefunden werden, ob Cluster für Patienten mit Lautproduktionsstörungen tatsächlich eine erhöhte Herausforderung darstellen und zu mehr Fehlern führen als Einzelkonsonanten. Dass hier Unterschiede zwischen Sprechapraxiepatienten und Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung bestehen, lässt eine vergleichende Studie von Romani & Galluzzi (2005) vermuten. Durch eine differenzierte Betrachtung der vier ausgewählten Clustertypen sollten in dieser Arbeit außerdem Faktoren identifiziert werden, die eine mögliche Clusterkomplexität bedingen. Die generierten Ergebnisse sollen Schlussfolgerungen für phonologische Theorien ermöglichen und deren Aussagen zur phonologischen oder phonetischen Komplexität von Konsonantenclustern überprüfen.

Im theoretischen Teil dieser Arbeit werden zunächst die Störungsbilder der aphasisch-phonologischen Störung sowie der Sprechapraxie und insbesondere die für diese Arbeit relevanten Einflussfaktoren des phonologischen Kontextes und des auditiven Kurzzeitgedächtnisses auf deren sprachliche Symptomatik dargestellt. Anschließend wird die phonologische und phonetische Verarbeitung komplexer Strukturen anhand theoretischer Annahmen erläutert, um dann schwerpunktmäßig klinische Studien zur Produktion von Konsonantenclustern bei Patienten mit Lautproduktionsstörungen aufzuführen. Die Forschungsfragen dieser Arbeit werden aus dem theoretischen Hintergrund abgeleitet und es schließt sich der empirische Teil der Studie an. Hier werden die Stichprobe sowie die Entwicklung, Durchführung und Auswertung des Nachsprechexperiments dargestellt. Anschließend erfolgt die Darstellung der Ergebnisse sowie deren Diskussion und Interpretation in Bezug auf den theoretischen Hintergrund.

# I Theoretischer Hintergrund

# 1 Neurologisch bedingte Lautproduktionsstörungen

Unter dem Begriff der Lautproduktionsstörungen werden Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen und mit Sprechapraxie zusammengefasst. Beide Störungsbilder basieren auf einer Schädigung der meist sprachdominanten Hemisphäre. Sprechapraxie ist eine Störung der Sprechbewegungsplanung und ist von einer aphasischen Störung sowie einer Dysarthrie abzugrenzen (Duffy, 2013). Auch wenn Sprechapraxiepatienten häufig begleitend an einer Aphasie und/oder Dysarthrie leiden, werden auch Fälle mit einer reinen Sprechapraxie beschrieben (z. B. Odell, McNeil, Rosenbek & Hunter, 1990). Dies spricht für die Eigenständigkeit des Störungsbildes. Während eine Abgrenzung zur Dysarthrie, die auf der Ebene der Sprechbewegungsausführung an letzter Stelle im Sprachproduktionsprozess anzusiedeln ist, weniger Schwierigkeiten bereitet (vgl. Ziegler et al., eingereicht), stellt hingegen die Differenzierung zwischen aphasisch-phonologischen Störungen und einer Sprechapraxie im klinischen Alltag eine große Herausforderung dar:

*“(...) the differentiation between apraxic speech disorders and phonological (linguistic) impairment is very difficult to establish on the basis of broad clinical descriptions or when screening batteries for aphasia are applied, and the differential diagnosis is often difficult even for trained clinicians.” (Laganaro, 2012, S. S1 537)*

Galluzzi et al. (2015) gehen sogar so weit zu sagen, “(...) the differential diagnosis of Apraxia of Speech and Phonological Impairment (...) is one of the thorniest issues in aphasiology.” (Galluzzi et al., 2015, S. 66). Im Folgenden werden die Störungsbilder im Vergleich aus unterschiedlichen Perspektiven dargestellt und sowohl die Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede herausgearbeitet.

## 1.1 Ätiologie und Lokalisation

Sowohl bei aphasisch-phonologischen Störungen als auch bei Sprechapraxie ist die häufigste Ursache eine Läsion der sprachdominanten Hemisphäre, meist ausgelöst durch Infarkte oder Blutungen der mittleren Hirnarterie oder seltener durch einen Tumor oder ein Schädelhirntrauma (Duffy, 2013; Ziegler et al., eingereicht). Einige Studien konnten Unterschiede in den betroffenen Hirnarealen bei den zwei Patientengruppen aufzeigen.

So geht man davon aus, dass einer Sprechapraxie linkshemisphärische Läsionen des ventrolateralen frontalen Kortex zugrunde liegen (Ziegler et al., eingereicht). Für die sprechmotorische Planung werden insbesondere der hintere (operculare) Anteile des Broca-Areals (Brodmann-Areal 44), der ventrolaterale prämotorische und primär-motorische Kortex (Brodmann-Areal 4 und 6) und die vordere Inselrinde (Ziegler et al., eingereicht) als verantwortlich angesehen. Die Beteiligung der vorderen Inselregion wird jedoch aufgrund widersprüchlicher Ergebnisse noch diskutiert (Ziegler et al., eingereicht). Bei aphasisch-phonologischen Störungen ohne begleitende Sprechapraxie hingegen wurden Läsionen des temporoparietalen Übergangs oder der Faserverbindung des Fasciculus arcuatus als charakteristisch aufgezeigt (Buchsbaum et al., 2011; Schwartz et al., 2012).

Eine simple Trennung aufgrund der Läsionslokalisierung ist jedoch in der Klinik meist nicht möglich. Die Patienten weisen häufig große Läsionen auf, die sowohl für Sprechapraxie als auch für aphasisch-phonologische Störungen verantwortliche Areale umfassen (Ziegler et al., eingereicht). Diese Areale sind zudem durch Faserverbindungen, dem sogenannten *dorsalen Strom*, miteinander verknüpft (Catani, Jones & ffytche, 2005). Es wird in der Diskonnektionshypothese diskutiert, ob die Trennung dieser Verbindung von ventrolateral-frontalen, superior-temporalen und inferior-parietalen Hirnarealen eine weitere Ursache einer Sprechapraxie (Fridriksson, Guo, Fillmore, Holland & Rorden, 2013; Moser, Basilakos, Fillmore & Fridriksson, 2016) und ebenso einer aphasisch-phonologischen Störung ("Leitungsaphasie", Bernal & Ardila, 2009) darstellt.

## 1.2 Störungsursache und modelltheoretische Einordnung

Sprachproduktionsmodelle versuchen die komplexen Abläufe während der Produktion von Sprache zu beschreiben. Das Modell von Levelt, Roelofs & Meyer (1999) hat hierbei eine weite Verbreitung gefunden. Anders als die meisten anderen Sprachproduktionsmodelle beinhaltet das Modell eine Beschreibung der phonologischen und phonetischen Verarbeitungsebene. Aus diesem Grund ist eine modelltheoretische Störungslokalisierung von aphasisch-phonologischen und sprechpraktischen Störungen anhand dieses Modells möglich, was im folgenden Abschnitt dargestellt wird.

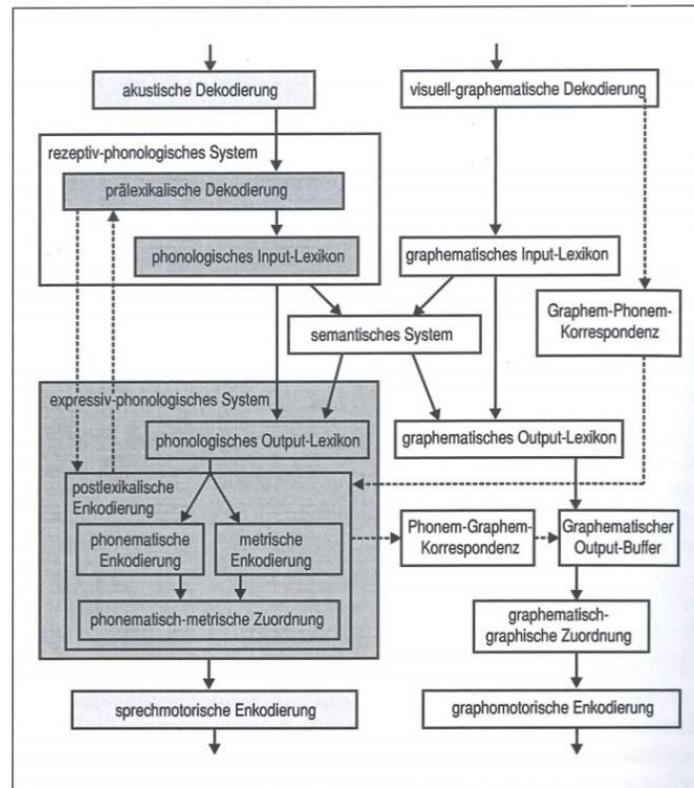
### 1.2.1 Verarbeitung von Einzelwörtern in Sprachproduktionsmodellen

Levelt et al. (1999) beschreiben in ihrem Sprachproduktionsmodell die Verarbeitung von Einzelwörtern von der Konzeptionalisierung bis zur Artikulation. In der ersten Phase wird das

lexikalisch-semantische Konzept aktiviert, das dann zur Auswahl des zugehörigen Lemmas im mentalen Lexikon führt. Nachdem auf der Verarbeitungsstufe der morphologischen Enkodierung die zugehörige Wortform mit ihren morphematischen Bestandteilen ausgewählt wurde, startet der Prozess des phonologischen Enkodierens. Diese Stufe beinhaltet laut Levelt et al. (1999) auch die Silbifizierung des phonologischen Wortes durch Anwendung universaler und sprachspezifischer Regeln. Das silbifizierte phonologische Wort dient als Input für die nächste Verarbeitungsebene der phonetischen Enkodierung. Levelt und Kollegen gehen davon aus, dass auf dieser Stufe ganzheitlich abgespeicherte, motorische Silbenprogramme aus einem mentalen Silbenlexikon abgerufen werden. Es herrscht die Annahme, dass beginnend im kindlichen Spracherwerb silbische Einheiten hoch überlernt werden und aus Ökonomiegründen die häufigsten Silben einer Sprache ganzheitlich im Silbenspeicher gespeichert werden. Neben dieser silbischen Programmierung von Wörtern, sehen Levelt und Kollegen eine zweite Verarbeitungsrouten vor, über die Wörter aus sub-silbischen Segmenten enkodiert werden (segmentale Route). Diese Route ermöglicht es dem Sprecher unbekannte oder sehr niedrigfrequente Silben zu produzieren. Nach Abschluss der phonetischen Enkodierung wird der als *phonetic gestural score* bezeichnete Output dann in Artikulationsbewegungen umgesetzt und das Wort ausgesprochen (Levelt et al., 1999).

Cholewa & Corsten (2010) haben den Ansatz von Levelt und Kollegen mit anderen psycholinguistischen Modellen der Sprachverarbeitung (insbesondere dem Logogen-Modell) in Zusammenhang gebracht (vgl. Abbildung 1). In den dunkelgrau hinterlegten Kästen wird sowohl die rezeptive als auch die produktive phonologische Verarbeitung dargestellt. An dieser Darstellung wird deutlich, dass der Prozess des phonologischen Enkodierens während der Sprachproduktion in zwei Phasen unterteilt werden kann: 1) das Abrufen der abstrakten phonologischen Wortform aus dem phonologischen Output-Lexikon und 2) die post-lexikalische Transformation dieser abstrakten Form in eine sprach- und kontextspezifische Form, die zum Einleiten der motorischen Artikulationsvorgänge genutzt wird (Butterworth, 1992; Goldrick & Rapp, 2007). Butterworth (1992) gibt folgende Definition für den Prozess des phonologischen Enkodierens:

*„(...) processes that intervene between ascertaining that there is a (single) word in the mental lexicon that can express the lexical intention or plan and the full phonetic description that realizes it. Of course, further processes will be required to turn this description into a motor plan for articulation (...)”* (Butterworth, 1992, S. 262)



**Abbildung 1 Sprachverarbeitungsmodell (Cholewa & Corsten, 2010, S. 210)**

Es herrscht noch Uneinigkeit darüber, welche Informationen die lexikalische Repräsentation des Wortes enthält und welche zusätzlichen Spezifikationen dieser Repräsentation auf der postlexikalischen Ebene noch hinzugefügt werden (Goldrick & Rapp, 2007). So würden Vertreter der artikulatorischen Phonologie (vgl. Abschnitt 2.3) oder Levelt und Kollegen sogar annehmen, "(...) that fully syllabified segmental representations are used to access pre-compiled articulatory representations of syllables (...). According to this view, features are not represented at any pre-articulatory phonological level." (Goldrick & Rapp, 2007, S. 225).

### 1.2.2 Aphasisch-phonologische Störung

Phonologische Störungen können nach der im vorhergehenden Abschnitt dargestellten Unterteilung des phonologischen Enkodierens in zwei Ausprägungen unterteilt werden: eine Störung auf Ebene des phonologischen Lexikons und eine post-lexikalische Störung (Butterworth, 1992; Goldrick & Rapp, 2007; Nickels & Howard, 2000). Während bei einer lexikalischen Störung der Abruf der korrekten phonologischen Wortform aus dem Lexikon oder die Wortform an sich gestört ist, wird die post-lexikalische Störung als eine Beeinträchtigung der korrekten Auswahl, Sequenzierung und Silbifizierung von Phonemen angesehen (Cholewa & Corsten, 2010). Auch Störungen auf der Ebene eines phonologischen Output-Buffers wird der post-lexikalischen

Störung zugeordnet (Shallice, Rumiati & Zadini, 2000; vgl. Abschnitt 1.4.2 zum Zusammenhang von verbalem Kurzzeitgedächtnis und sprachlichen Leistungen).

Um den Störungslokus innerhalb der phonologischen Enkodierung bei einem Aphasiepatienten zu identifizieren, werden unterschiedliche Methoden vorgeschlagen. Butterworth (1992) empfiehlt, mehrere Produktionen eines Wortes bei einem Patienten zu erheben und die Konsistenz der Fehler zu untersuchen. Wird ein Wort bei einigen Versuchen korrekt produziert, kann nicht von einer grundlegenden Beschädigung der lexikalischen Wortform ausgegangen werden. Als ein Hinweis auf eine lexikalische Abrufstörung kann die Wirksamkeit von Anlauthilfen bei Wortabrufproblemen eines Patienten dienen (Cholewa & Corsten, 2010). Goldrick & Rapp (2007) hingegen nutzten einen Vergleich zwischen der Fehleranzahl beim Benennen und beim Nachsprechen, um eine lexikalische von einer post-lexikalischen Störung bei zwei Patienten zu unterscheiden. Bei den Patienten wurde zunächst das semantische Lexikon durch eine Wortverständnisaufgabe als unbeeinträchtigt eingestuft. Einer der Patienten produzierte mehr Fehler beim Benennen als beim Nachsprechen, weshalb die Autoren von einer gestörten lexikalischen Repräsentation ausgingen, wohingegen der andere Patient ein ausgeglichenes Fehlerverhältnis zwischen den zwei Aufgaben zeigte und ihm eine post-lexikalische Störung zugeschrieben wurde (Goldrick & Rapp, 2007). In dieser Studie zeigte lediglich der Patient mit lexikalischer Störung einen Einfluss der Wortfrequenz und der *Neighborhood density* (Anzahl an phonologisch ähnlichen Wörtern im Lexikon) auf seine sprachliche Leistung, wohingegen der Patient mit post-lexikalischer Störung einen Einfluss von Phonemfrequenz, Silbenposition und Artikulationsstelle zeigte (Goldrick & Rapp, 2007). Während das Vorliegen einer dysarthrischen Störung bei den Patienten ausgeschlossen wurde, gehen die Autoren jedoch nicht weiter auf den Ausschluss einer vorliegenden Sprechapraxie ein (Goldrick & Rapp, 2007).

### 1.2.3 Sprechapraxie

Die Sprechapraxie ist eine motorische Sprechstörung, die durch die Beeinträchtigungen in der Planung von Sprechbewegungen charakterisiert ist (Ziegler et al., eingereicht; Ziegler, Staiger & Aichert, 2010). Somit wird hier klar eine Trennung zur aphasischen Störung, die mit zentralen phonologischen Verarbeitungsstörungen einhergeht (vgl. Abschnitt 1.2.2), vorgenommen. Die Störungslokalisation bei Sprechapraxie ist im Bereiche der phonetischen Enkodierung vorzunehmen:

*„(...) the impairment must be located to a stage where more abstract phonological representations are transformed into motor commands for the movements of the speech*

*organs, i.e. the phonetic encoding stage of spoken language production.*“ (Ziegler et al., 2010, S. 6)

Auch wenn bisher experimentelle Evidenzen fehlen, wird aufgrund klinischer Beobachtungen, wie einem erhaltenen Fehlermonitoring und häufigen Selbstkorrekturen, bei einer Sprechapraxie von einer intakten phonologischen Verarbeitung ausgegangen (Ziegler et al., eingereicht). Vielmehr wird die Umsetzung einer phonologischen Repräsentation in einen sprechmotorischen Plan als beeinträchtigt angesehen (Ziegler et al., eingereicht).

Es bestehen unterschiedliche Annahmen darüber, welche Planungseinheit diesem sprechmotorischen Enkodierungsprozess zugrunde liegt. Einige Autoren sind davon ausgegangen, dass bei Sprechapraxie die Silbe als sprechmotorische Planungseinheit nicht mehr im Silbenlexikon (vgl. Abschnitt 1.2.1) zur Verfügung steht und die Patienten jede Silbe mühsam über die segmentale Route enkodieren müssen (Varley & Whiteside, 2001). Andere Arbeiten, die das Fehler- und Lernverhalten sprechapraktischer Patienten untersuchten, sprechen hingegen gegen diese Annahme (Aichert, 2008; Aichert & Ziegler, 2004b; 2008; Laganaro, 2008; Staiger & Ziegler, 2008). So wurde die Relevanz der Silbe als sprechmotorische Planungseinheit für die Therapie von Sprechapraxiepatienten nachgewiesen. Hier konnten größere Therapieerfolge durch ein silbenbasiertes Lernen gegenüber einem segmentalen Therapieansatz erreicht werden (Aichert, 2008). Außerdem konnte gezeigt werden, dass Sprechapraxiepatienten einen Silbenfrequenzeffekt in Sprachproduktionsaufgaben aufwiesen (Aichert & Ziegler, 2004b; Laganaro, 2008; Staiger & Ziegler, 2008). Dies lässt darauf schließen, dass Patienten mit Sprechapraxie weiterhin auf silbische Repräsentationen zugreifen können, jedoch niedrigfrequente Silben fehleranfälliger sind als hochfrequente. Ein weiterer Hinweis für das Vorhandensein einer silbischen Repräsentation bei Sprechapraxie wurde bei Aichert & Ziegler (2004b) gefunden, wo Sprechapraxiepatienten Konsonantencluster innerhalb einer Silbe häufig vereinfachten, jedoch Konsonanten, die an einer Silbengrenze aufeinandertrafen, von dieser Vereinfachungstendenz nicht betroffen waren. Diese Vereinfachungstendenz bei sprechapraktischen Fehlern widerspricht jedoch der Annahme, dass Silben als hoch überlerntes Programm ganzheitlich im mentalen Silbenlexikon abgespeichert sind und somit auch kein Effekt der Silbenkomplexität zu erwarten ist. Es zeigte sich jedoch bei Staiger & Ziegler (2008), dass ein Komplexitätseffekt nur bei niedrigfrequenten Silben bei Sprechapraxiepatienten zu finden war. Es wird hieraus geschlossen, dass eine sub-silbische Verarbeitungsrouten erst bei niedrigfrequenten Silben beansprucht wird, während hochfrequente Silben weiterhin im mentalen Silbenlexikon zur Verfügung stehen (Staiger & Ziegler, 2008). Dass diese Silbenrepräsentationen holistischer Natur sind (vgl. Abschnitt 1.2.1), wird durch Lernstudien, die

Transfereffekte von phonologisch einfachen zu komplexen Silben bei Sprechapraxiepatienten nachweisen, in Frage gestellt (Aichert & Ziegler, 2008). Da sprechapraktische Fehler jedoch auch bei hochfrequenten Silben auftreten, sind weitere Annahmen für die Störungsursache notwendig:

*„Hence, if we accept the mental syllabary concept we have to concede that although the entries in the syllable lexicon may still be accessible to the apraxic patients, their gestural contents can partially be disrupted.“* (Ziegler et al., 2010, S. 10)

### 1.3 Sprachliche Symptomatik

Während im vorhergehenden Abschnitt die zwei Störungsbilder durch eine Einordnung in einen modelltheoretischen Rahmen voneinander differenziert wurden, soll im Folgenden eine Unterscheidung anhand der sprachlichen Symptomatik vorgenommen werden. Dabei soll aufgezeigt werden, dass diese Differenzierung aufgrund sich überschneidender Symptome teilweise problematisch ist.

#### 1.3.1 Aphasisch-phonologische Störung

Die Sprachproduktion von Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung kann als wohlartikuliert und flüssig beschrieben werden und sie erfolgt ohne artikulatorisches Suchen (Ziegler, Aichert & Staiger, 2012). Es kommt vorrangig zu Fehlern, die die segmentale Ebene eines Wortes betreffen, das heißt Phoneme werden getilgt, hinzugefügt oder substituiert (Cholewa & Corsten, 2010). Hierbei können die segmentalen Fehler das Wort unterschiedlich stark verändern und es werden in diesem Zusammenhang verschiedene Begriffe für die beobachteten Fehler verwendet. So wird teilweise von einem **(phonematischen) Jargon** gesprochen, wenn in der Sprachproduktion eines Patienten lediglich Nicht-Wörter in Form von unverständlichen Silbenketten aneinandergereiht werden und sich dem Hörer der Sinn des Gesagten nicht mehr erschließt (Tesak, 2006). Ein ebenfalls häufig verwendeter, jedoch nicht einheitlich definierter Begriff ist der des **Neologismus** (Butterworth, 1992). Einige Autoren sprechen von einem phonologischen Neologismus, wenn eine Relation des entstandenen Nicht-Wortes zum Zielwort zu erkennen ist und von einem abstrusen Neologismus, wenn die phonologische Abweichung zum Zielwort so stark ist, dass keine Relation zu diesem hergestellt werden kann (Tesak, 2006). Andere Autoren machen diesen Unterschied nicht und fassen beide Fehlerarten unter dem Begriff des Neologismus zusammen (Marshall, 2006). Wiederum andere Autoren setzen ein 50-Prozent-Kriterium an und kategorisieren einen Fehler als Neologismus,

wenn mehr als 50 Prozent der Phoneme des Zielwortes verändert wurden (z. B. Moses, Nickels & Sheard, 2004).

Im Gegensatz zum Neologismus werden nur leichte phonologische Abweichungen vom Zielwort, bei denen dieses noch zu erkennen ist, als **phonematische** oder **phonologische Paraphasie** bezeichnet (Cholewa & Corsten, 2010; Tesak, 2006). Hierbei kann es zu der Besonderheit kommen, dass die leichte phonologische Veränderung zu einem neuen Wort führt (z. B. durch die Phonemaddition bei /kasə/ → /klasə/), was als **formale Paraphasie** bezeichnet wird (Tesak, 2006). Es wird diskutiert, ob eine formale Paraphasie als falsche Auswahl der phonologischen Wortform auf Ebene des Lexikons zu interpretieren ist. Bei Patienten, die sehr häufig formale Paraphasien produzieren, wie z. B. von Best (1996) beschrieben, liegt diese Schlussfolgerung nahe. Andererseits könnten formale Paraphasien jedoch auch allein per Zufall entstehen, da besonders bei kurzen Wörtern die Chance hoch ist, dass durch einen phonematischen Fehler ein neues Wort entsteht (Nickels & Howard, 1995; 2000).

Phonematische Paraphasien können durch die **phonologische Umgebung** beeinflusst werden. So werden Antizipationen (ein nachfolgender Laut wird vorgezogen), Perseverationen (ein vorangegangener Laut wird wiederholt), Assimilationen (benachbarte Laute beeinflussen sich) und Metathesen (Vertauschungen zweier Laute) unterschieden (Tesak, 2006).

**Selbstkorrekturen** sind bei Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen häufig zu beobachten. Hierbei zeigen einige Patienten das Phänomen des sogenannten *conduite d'approche*. Das bedeutet, sie nähern sich im Verlauf der wiederholten Selbstkorrekturen an das Zielwort an. Der umgekehrte Fall eines *conduite d'ecart* ist ebenfalls zu beobachten, bei dem sich der Patient durch die Selbstkorrektur immer weiter von der phonologischen Struktur des Zielwortes entfernt (Christman, Boutsen & Buckingham, 2004).

Während die dargestellten segmentalen Fehler die charakteristischen Symptome einer aphasisch-phonologischen Störung darstellen, können diese Fehler auch die Ebene der metrischen Struktur (Silbenanzahl und Betonung) eines Wortes verändern (Aichert & Ziegler, 2004a).

### 1.3.2 Sprechapraxie

Bei Sprechapraxie werden sowohl segmentale als auch suprasegmentale Fehler beobachtet. Außerdem sind Auffälligkeiten des Sprechverhaltens ein charakteristisches Symptom einer Sprechapraxie. Unter **segmentalen Fehlern** werden bei Patienten mit Sprechapraxie sowohl phonematische Fehler als auch phonetische Lautentstellungen zusammengefasst (Ziegler et al., eingereicht).

Im Falle eines **phonematischen Fehlers**<sup>1</sup> kommt es ähnlich wie bei aphasisch-phonologischen Störungen (vgl. Abschnitt 1.3.1) an der Oberfläche zu einer kategorialen und wohlartikulierte klingenden Lautsubstitution, -tilgung oder -addition. Bei genauerer Analyse der Lautsubstitutionen sprechapraktischer Patienten konnte in einer Studie gezeigt werden, dass sich bei der Mehrheit von 63 Prozent der Substitutionen der Ziellaut vom substituierenden Laut in lediglich einem der drei Merkmale *Artikulationsort*, *-art* und *Stimmhaftigkeit* unterschied (Odell et al., 1990).

**Phonetische Lautfehler** sind hingegen graduelle Abweichungen in der artikulatorischen Ausführung eines Lautes. Es ist prinzipiell eine unbegrenzte Menge an phonetischen Entstellungen denkbar und die Lokalisation auf einzelne Segmente innerhalb einer Äußerung ist aufgrund des Höreindrucks häufig schwierig (Ziegler et al., eingereicht). Beim Versuch, phonetische Fehler detailliert zu codieren, wurden in einer Studie an vier Patienten mit reiner Sprechapraxie als häufigste Fehler Lautdehnungen, Entstimmungen und eine reduzierte Koartikulation gefunden (Odell et al., 1990).

Phonematische und phonetische Fehler können auch gleichzeitig in Form phonetisch entstellter Lautsubstitutionen auftreten (Wambaugh, Duffy, McNeil, Robin & Rogers, 2006). Odell et al. (1990) zeigte, dass genauso häufig entstellte Substitutionen wie vollständige Substitutionen bei Sprechapraxie zu beobachten waren. Einige Autoren gehen sogar davon aus, dass bei Patienten mit Sprechapraxie ausschließlich entstellte phonematische Fehler auftreten (McNeil et al., 2009). Sowohl phonematische als auch phonetische Fehler können bei Sprechapraxie auf den gleichen Pathomechanismus zurückgeführt werden, eine gestörte sprechmotorische Programmierung (Ziegler et al., eingereicht). Im Falle von wohlartikulierten Lautsubstitutionen entsteht lediglich durch das fehlerhafte Zusammenspiel der artikulatorischen Gesten ein neuer Laut, wohingegen bei Lautentstellungen hier nur eine graduelle Abweichung des Zielphonemes an der Oberfläche hörbar ist (Ziegler et al., eingereicht).

Die produzierten Fehler treten bei unterschiedlichen Realisationen eines Zielwortes nicht immer oder nicht immer auf gleiche Art und Weise auf. Inwiefern diese **Fehlerinkonsistenz** als charakteristisch für eine Sprechapraxiediagnose anzusehen ist und wie diese operationalisiert werden kann, wird in der Literatur diskutiert (Haley, Jacks & Cunningham, 2013; Staiger, Finger-Berg, Aichert & Ziegler, 2012). Neben der Variabilität der Fehler treten außerdem teilweise komplett **fehlerfreie Äußerungen** bei Patienten mit Sprechapraxie auf<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Man spricht im Zusammenhang mit Sprechapraxie nicht von „Paraphasien“ (Ziegler et al., eingereicht)

<sup>2</sup> Dies kann als Abgrenzungsmerkmal zu einer Dysarthrie dienen, da dysarthrische Störungsmechanismen, z. B. eine vorliegende Muskelschwäche, durchgehend bestehen (Ziegler et al., eingereicht).

Als **Störung der Prosodie** liegt bei Patienten mit Sprechapraxie eine langsame und sehr häufig skandierende Sprechweise vor, die auch als silbisches Sprechen bezeichnet wird. Dieser Höreindruck wird vor allem durch intersilbische Pausen, eine reduzierte Koartikulation an den Silbengrenzen und Lautdehnungen hervorgerufen (Ziegler et al., eingereicht). Außerdem werden von Sprechapraxiepatienten auch Pausen innerhalb von Silben (intrasilbisch), hauptsächlich innerhalb von Konsonantenclustern, eingefügt (Ziegler et al., eingereicht). Durch diese Symptome ist eine Satzmelodie häufig nicht aufrechtzuerhalten (Ziegler et al., eingereicht).

Das **Sprechverhalten** der Patienten mit Sprechapraxie ist ein weiteres charakteristisches Merkmal. Die Patienten nehmen ihre Fehler meist gut wahr und es kommt häufig zu Selbstkorrekturen bzw. zu mehreren Fehlversuchen und als Folge, zu einer Sprechanstrengung. Auch ein stilles oder von Phonation begleitetes artikulatorisches Suchen ist häufig zu beobachten (Ziegler et al., eingereicht). Hinzukommt, dass die Patienten teilweise eine Überartikulation von Lauten zeigen, diese also mit übertriebenen Artikulationsbewegungen ausführen. Teilweise zeigen die Patienten eine muskuläre Anstrengung in anderen Körperbereichen, z. B. der Halsmuskulatur, während des Sprechens (Ziegler et al., eingereicht).

### 1.3.3 Differenzierung der Störungsbilder anhand der sprachlichen Symptomatik

Die Differenzierung der beiden Störungsbilder Sprechapraxie und aphasisch-phonologische Störung ist aufgrund der sich überschneidenden sprachlichen Symptome nicht leicht (McNeil et al., 2009; Ziegler et al., eingereicht). Besonders die bei beiden Störungen auftretenden phonematischen Fehler sowie das im Höreindruck teilweise ähnlich klingende Sprechverhalten (Selbstkorrekturen durch artikulatorisches vs. phonematisches Suchen) kann eine Unterscheidung erschweren (Ziegler et al., eingereicht). Unterschiede innerhalb der produzierten **phonematischen Fehler** wurden von Galluzzi et al. (2015) festgestellt: Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung zeigten ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Fehlern auf Konsonanten und Vokalen, während Patienten mit Sprechapraxie phonologische Fehler vorrangig auf Konsonanten produzierten. Auch zeigte sich, dass Sprechapraxiepatienten bei Lautsubstitutionen eine größere phonetische Nähe zwischen dem Ziel- und dem Ersatzlaut zeigten als Patienten mit flüssiger Aphasie (Canter, Trost & Burns, 1985). Als ein weiteres Differenzierungsmerkmal innerhalb der phonematischen Fehler wird das Auftreten von phonologischen Vereinfachungen, zum Beispiel Reduktion von Konsonantenclustern, angesehen:

*„(...) the presence vs. absence of a simplification pattern can be a powerful tool to identify AoS.“ (Galluzzi et al., 2015, S. 66)*

Inwieweit Unterschiede in der Vereinfachungsrate zwischen den Patientengruppen in bisherigen Studien gefunden wurden, wird in Abschnitt 3.3 ausführlich dargestellt.

Während **phonetische Entstellungen** als charakteristisches Symptom einer Sprechapraxie gelten, kann dieses Symptom auch in geringem Ausmaß bei aphasischen Patienten beobachtet werden. Klare Angaben über die Auftretenshäufigkeit dieses Fehlertyps bei Aphasie liegen jedoch nicht vor (Laganaro, 2012; Ziegler et al., eingereicht). Galluzzi et al. (2015) gehen in ihrer Studie davon aus, dass bei einem Anteil von unter 5 Prozent phonetischer Fehler eine aphasisch-phonologische Störung vorliegt. In dieser Arbeit wird jedoch von einer „mixed-group“ gesprochen, wenn zwischen 5 und 10 Prozent phonetischer Fehler produziert wurden und bei einer Häufigkeit von mehr als 10 Prozent wird von einer Sprechapraxie ausgegangen (Galluzzi et al., 2015).

Neben dem Auftreten von phonetischen Fehlern ist ein weiteres Differenzierungsmerkmal auf der **suprasegmentalen Ebene** zu finden. Hier zeichnet sich eine Sprechapraxie durch ein langsames und häufig silbisches Sprechen mit beeinträchtigten Übergängen zwischen Lauten und inter- sowie intrasilbischen Pausen aus, während dies bei aphasisch-phonologischen Störungen nicht zu finden ist (McNeil et al., 2009; Ziegler et al., eingereicht). Dass der Bereich der suprasegmentalen Ebene bei der Differenzierung einer aphasischen von einer sprechpraktischen Störung von Bedeutung ist, zeigte sich in unterschiedlichen Untersuchungen (Ballard et al., 2016; Basilakos et al., 2017; Seddoh et al., 1996). So hat bereits Seddoh et al. (1996) zeitlich akustische Parameter in der Produktion von einsilbigen Wörtern bei fünf Patienten mit reiner Sprechapraxie mit der von vier Patienten mit Leitungsaphasie sowie einer sprachgesunden Kontrollgruppe verglichen. Hier produzierten Sprechapraxiepatienten eine längere Pause nach dem initialen Konsonanten, längere Vokale sowie Konsonant-Vokal-Verbindungen und zeigten in diesen Parametern eine höhere Variabilität zwischen den Wortwiederholungen als gesunde Sprecher. Patienten mit Leitungsaphasie hingegen produzierten lediglich eine längere Vokal und Konsonant-Vokal Dauer als gesunde Sprecher, dies jedoch sehr konstant über unterschiedliche Wortproduktionen hinweg (Seddoh et al., 1996).

Auch Ballard et al. (2016) haben den Versuch unternommen, differenzialdiagnostische Kriterien für die Unterscheidung einer Sprechapraxie und einer Aphasie ohne begleitende Sprechapraxie zu finden. In ihrem Modell zeigten zwei Variablen eine hohe diagnostische Aussagekraft für Sprechapraxiepatienten: eine steigende Fehleranzahl bei zunehmender Wortlänge und eine angegliche Vokaldauer zwischen betonten und unbetonten Silben in dreisilbigen Wörtern. Diese prosodische Auffälligkeit der veränderten Vokaldauer wird beim Hörer als eine einheitliche

Betonung aller Silben im Wort wahrgenommen und geht einher mit einer langsamen Sprechweise (Ballard et al., 2016). Auch Basilakos et al. (2017) haben sich der Aufgabe angenommen, durch primär akustische Messverfahren Parameter zu finden, die eine Sprechapraxie von einer aphasischen Störung ohne begleitende Sprechapraxie unterscheidet. Ähnliche wie bei Ballard et al. (2016) wurde die Varianz zwischen Vokallängen in der Äußerung und zusätzlich die Varianz der *Voice-onset-time* (VOT) gemessen. Außerdem wurde ein bisher im Zusammenhang mit Sprechapraxie noch nicht erfasstes akustisches Maß, das die prosodische Modulation widerspiegelt (*amplitude envelope modulation spectrum*, EMS), berechnet. Ferner gingen Lautenstellungen, die durch eine enge phonetische Transkription erfasst wurden, in das Modell mit ein. Das berechnete Modell zeigte, dass alle Parameter bis auf die VOT-Varianz einen Beitrag zur Differentialdiagnostik leisteten. Der Faktor mit der größten Vorhersagekraft war das erstmals untersuchte EMS-Maß der prosodischen Modulation (Basilakos et al., 2017).

### 1.4 Einflussfaktoren auf die sprachliche Symptomatik

Die im vorhergehenden Abschnitt dargestellte sprachliche Symptomatik der beiden Patientengruppen hängt von unterschiedlichen Einflussfaktoren ab. In diesem Abschnitt sollen zwei Faktoren herausgegriffen werden, die für die vorliegende Arbeit von Relevanz sind. Es werden Einflussfaktoren des phonologischen Kontextes auf die phonematischen Fehler der Patienten dargestellt und es wird diskutiert, inwiefern das verbale Kurzzeitgedächtnis mit sprachlichen Leistungen im Zusammenhang steht.

#### 1.4.1 Einfluss des phonologischen Kontextes auf phonematische Fehler

Inwieweit der phonologische Kontext innerhalb eines Wortes oder zwischen mehreren Wörtern, z. B. in Sätzen oder der Spontansprache, einen Einfluss auf phonologische Fehler hat, ist von besonderem Interesse, da hieraus Rückschlüsse auf die Sprachverarbeitung gezogen werden können. So konnte bei gesunden Sprechern gezeigt werden, dass die phonologische Ähnlichkeit zwischen Wörtern in Zungenbrechern erschwerend auf deren Produktion wirkt (u.a. Wilshire, 1999). Auch wurden in Wortreihen mit phonologischer Nähe mehr kontextbedingte Fehler produziert (Acheson & MacDonald, 2009; Ellis, 1980). Ellis (1980) zeigte, dass zwei Konsonanten, die eine Ähnlichkeit in ihren phonetischen Merkmalen aufwiesen (z. B. /b/ und /p/) häufiger gegenseitig substituiert wurden als unähnliche Konsonanten. Außerdem fanden Konsonantensubstitutionen häufiger zwischen Silben statt, die den gleichen Vokal beinhalteten

als zwischen Silben mit unterschiedlichen Vokalen. Dies Arbeiten zeigen, dass der phonologische Kontext die sprachlichen Fehler bei gesunden Sprechern beeinflusst.

#### *Untersuchung der Einzelwortebene*

Unter Kontextfehlern versteht man eine fehlerhafte Lautaddition oder -substitution, die von einem anderen Laut innerhalb der sprachlichen Äußerung abzuleiten ist. Die Mehrzahl an Patientenstudien, die phonologische Fehler untersuchten, erhoben diese anhand einer Nachsprechaufgabe von Einzelwörtern. Hier beschränkt sich der phonologische Kontext zwar nur auf das einzelne Wort, dennoch wurde in einigen Untersuchungen nach Kontextfehlern gesucht (Romani & Calabrese, 1998; Romani & Galluzzi, 2005; Wilshire, 2002; Wilshire & McCarthy, 1996).

Einen Hinweis auf den Einfluss des Kontextes auf phonematische Fehler liefert die Beschreibung eines Patienten mit Broca-Aphasie bei Romani & Calabrese (1998). Bei diesem Patienten zeigte sich bei 71 Prozent der verkomplizierenden und bei 56 Prozent der vereinfachenden Phonem-Additionen (z. B. [V] wird zu [CV]), dass die hinzugefügten Phoneme bereits an anderer Stelle im Wort vorkamen. So kann man hier von Perseverationen und Antizipationen sprechen (vgl. Abschnitt 1.3.1). Auch Romani & Galluzzi (2005) untersuchten Kontextfehler, die als Perseverationen oder Antizipationen innerhalb eines Wortes definiert wurden. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Anzahl an Kontextfehlern zwischen Patienten mit Sprechapraxie und Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung.

Neben den dargestellten Untersuchungen, die Nachsprechaufgaben durchführten und hier Kontextfehler bei Patienten mit Lautproduktionsstörungen aufzeigten, fand Wilshire (2002) eine sehr geringe Rate an Kontextfehlern bei einem Bildbenennungstest in einer Gruppe von 22 Aphasiepatienten, die nur bei zwei Patienten über dem Zufallsniveau lag. Es wird diskutiert, ob bei der Produktion von Einzelwörtern überhaupt ausreichend Beanspruchung an das post-lexikalische Sequenzieren und Verarbeiten gestellt wird, sodass hier Fehler bei Aphasie zu erwarten wären:

*„It could be argued that in isolated word production, the load placed on the postlexical level is low, so relatively few postlexical errors are likely to be elicited.“* (Wilshire, 2002, S. 190)

Eine ähnliche Annahme formulieren auch Romani & Galluzzi (2005). Die Autoren nehmen an, dass sich Fehler innerhalb von Einzelwörtern von wortübergreifenden Fehlern in Wortsequenzen unterscheiden. Als möglichen Unterschied in der Verarbeitung und den daraus resultierenden Fehlern beschreiben die Autoren:

*“Perhaps within-word errors (...) reflect difficulties in the phonological encoding and/or articulatory realization of words, while between-word errors reflect ordering difficulties*

*arising when several words are kept active in production buffer.” (Romani & Galluzzi, 2005, S. 840)*

Romani & Galluzzi (2005) nehmen an, dass wortübergreifende Fehler keine Vereinfachungstendenz zeigen sollten und eventuell sogar im Gegenteil eine verstärkte Verkomplizierungsrate mit sich bringen. Eine vergleichende Untersuchung von Vereinfachungs- und Verkomplizierungsraten bei Kontextfehlern vs. nicht-Kontextfehlern ist jedoch nicht bekannt.

#### *Untersuchungen von größeren sprachlichen Einheiten*

Während viele Studien zu phonematischen Fehlern nur Einzelwörter erhoben, können Studien, die größere sprachliche Einheiten untersuchten, weitere Aufschlüsse zum Einfluss des phonologischen Kontextes liefern. Eine Gegenüberstellung von Einzelwörtern vs. Mehrwortsequenzen wird von Wilshire & McCarthy (1996) angestellt. Beim lauten Lesen von 4-Wort-Sequenzen waren bei einem Patient mit Leitungsaphasie ein Drittel der Fehler kontextabhängig. Es bestand dabei kein Unterschied in der Anzahl an Kontextfehlern im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe (Wilshire & McCarthy, 1996). Es wurde die Fehlerrate, als der Patient das Wort isoliert produzierte, mit der Produktion des gleichen Wortes in einer 4er-Sequenz verglichen. Die Fehlerrate stieg in größeren sprachlichen Einheiten stark an von 2,3 auf 9,8 Prozent bei langsam gelesenen und auf 16,3 Prozent bei schnell gelesenen Wortfolgen (Wilshire & McCarthy, 1996).

Kohn & Smith (1990) analysierten die phonematischen Fehler bei einem Patienten mit Leitungsaphasie beim Nachsprechen von Sätzen, die in ihrer Länge und Anzahl an Inhalts- und Funktionswörtern variierten. Von besonderem Interesse waren in dieser Untersuchung Fehler, die sich über zwei Wörter hinweg erstreckten. Bei 41 Prozent der fehlerhaft nachgesprochenen Sätze kam es zu wortübergreifenden Fehlern. Alle diese Fehler waren Lautkopien, d.h. ein Laut, der auf Wort A bestand, wurde zusätzlich in Wort B durch eine Lautsubstitution oder -addition eingefügt (z. B. *Der Kater frisst* → *Der Kater \*krisst*). Neben Lautkopien kamen keine Lautvertauschungen und -verschiebungen vor, die man in Versprechern von gesunden Personen hingegen häufig beobachtet. Die meisten der Fehler ereigneten sich zwischen zwei Wörtern, die im Satz direkt aufeinander folgten oder maximal zwei Wörter Abstand voneinander hatten. Die Lautkopien betrafen zu 82 Prozent einen Singleton, waren signifikant häufiger Antizipationen als Perseverationen und fanden in 83 Prozent der Fälle in der Silbencoda statt (Kohn & Smith, 1990). Auch Michel Lange, Cheneval, Python & Laganaro (2016) untersuchten die Produktion von Sätzen und inwiefern bei Aphasiepatienten die phonologische Planung, die vor der eigentlichen Produktion eines Satzes stattfindet, beeinträchtigt ist. Sie gingen davon aus, dass bei einigen

Patienten das Vorausplanen beeinträchtigt ist. Um dies zu testen, untersuchten sie bei den Patienten die im Französischen vorkommenden obligatorischen Liaisons-Konsonanten (z. B. /mõ/ und /ami/ → /mõ.nami/). Die Autoren gehen davon aus, dass diese Liaisons-Konsonanten getilgt werden, wenn die Vorausplanung über mehrere Wörter beeinträchtigt ist. Außerdem nehmen sie an, dass dann auch wortübergreifende, antizipatorische Fehler ausbleiben, da für diesen Fehlertyp ebenfalls eine Vorausplanung über zwei Wörter hinweg notwendig wäre. Eine Gruppe von 13 Patienten mit leichter Aphasie und teilweise begleitender Sprechapraxie produzierten im Rahmen einer Bildbenennungsaufgabe Nominalphrasen, die aus einem Nomen und ein bis zwei Adjektiven bestanden. Es zeigte sich eine negative Korrelation zwischen der Anzahl an getilgten Liaisons-Konsonanten und wortübergreifenden Antizipationen. Das bedeutet, Patienten mit wenigen Liaisons-Tilgungen schienen in der phonologischen Vorausplanung unbeeinträchtigt zu sein, weshalb antizipatorische Fehler über die Wortgrenzen hinweg entstanden. Wohingegen Patienten mit vielen Liaisons-Tilgungen auch wenige Antizipationen über Wörter hinweg produzierten, was auf eine eingeschränkte phonologische Vorausplanung hinweist (Michel Lange et al., 2016).

Die Aphasiepatienten produzierten in der Untersuchung von Michel Lange et al. (2016) mit 44 vs. 86 Prozent weniger Kontextfehler als gesunde Kontrollsprecher, wobei die individuelle Anzahl mit 14 bis 80 Prozent entstandener Kontextfehler zwischen den einzelnen Patienten stark variierte (Michel Lange et al., 2016). Dies zeigt ein anderes Bild als bei Wilshire & McCarthy (1996) beschrieben, wo Patienten ebenso viele Kontextfehler wie gesunde Personen produzierten. Auch eine Untersuchung der Spontansprache eines Patienten mit Wernicke-Aphasie zeigte mit 54,2 vs. 71,6 Prozent weniger Kontextfehler als in einem Korpus von gesunden Sprechern (Schwartz, Saffran, Bloch & Dell, 1994). Dieser Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant. Im Gegensatz zu Gesunden, die die meisten Kontextfehler zwischen aneinandergrenzenden Wörtern produzierten, wurde 1/3 der Kontextfehler vom Aphasiepatienten innerhalb eines Wortes produziert (Schwartz et al., 1994). Im Gegensatz dazu zeigten Goldmann, Schwartz & Wilshire (2001) einen Einfluss des Kontextes bei der Spontansprachuntersuchung eines Patienten mit Wernicke-Aphasie und beschrieben überwiegend antizipatorische Fehler.

Die dargestellten Untersuchungen, die nach Kontextfehlern suchten, schlossen lediglich Patienten mit Aphasie ein. Sie konnten zeigen, dass bereits auf Einzelwortebene Kontexteffekte stattfanden. Die Fehlerrate nahm in Mehrwort-Sequenzen deutlich zu und es wurden wortübergreifende Kontextfehler beschrieben. Untersuchungen, die Mehrwort-Sequenzen bei Patienten mit Sprechapraxie systematisch auf Kontexteinflüsse untersuchten, sind nicht bekannt. Einige Autoren gehen bei Sprechapraxie von einer beeinträchtigten Vorausplanung über mehrere sprachliche Einheiten aus (Rochon, Caplan & Waters, 1990; Rogers & Storkel, 1999; Waters, Rochon & Caplan,

1992). Trifft diese Annahme zu, wären keine Kontexteinflüsse zwischen Wörtern bei Sprechapraxiepatienten zu erwarten.

### 1.4.2 Zusammenhang zwischen dem verbalen Kurzzeitgedächtnis und sprachlichen Leistungen

Phonematische Fehler werden bei Patienten mit Lautproduktionsstörungen, wie im vorhergehenden Abschnitt dargestellt, meist mittels des Nachsprechens von Einzelwörtern erhoben. Hierbei entstehen keine großen Anforderungen an das auditive Kurzzeitgedächtnis. Diese erhöhen sich jedoch, wenn größere sprachliche Einheiten nachgesprochen werden.

#### *Primacy und Recency effect*

Martin & Saffran (1990; 1997) vertreten die Annahme, dass das auditive Kurzzeitgedächtnis von lexikalisch-semantischen und phonologischen Leistungen abhängig ist. Während in anderen Modellen zum verbalen Kurzzeitgedächtnis, zum Beispiel dem weit verbreiteten *Working memory model* von Baddeley & Hitch (1974), angenommen wird, dass keine Abhängigkeit zwischen sprachlichen Leistungen und dem verbalen Kurzzeitgedächtnis besteht. Um ihre Annahme zu bekräftigen, suchten Martin & Saffran (1997) bei Aphasiepatienten nach Zusammenhängen zwischen sprachlichen und verbalen Kurzzeitgedächtnisleistungen. Sie gingen davon aus, dass beim Nachsprechen von Wörtern zunächst phonologische und anschließend semantische Informationen aktiviert werden. Spricht ein Patient mit Aphasie nun Wortlisten nach, kann sich die semantisch-lexikalische Aktivierung beim ersten Wort der Liste länger aufbauen und verstärken als beim letzten Wort der Liste, das hauptsächlich phonologische Aktivierung erfährt. Aufgrund dieses angenommenen Aktivierungsablaufs erwarten die Autoren bei aphasischen Patienten mit semantisch-lexikalischer Störung einen besseren Abruf von Wörtern am Ende einer Wortliste (*recency effect*), da diese Patienten verstärkt auf die ungestörte phonologische Information zurückgreifen. Bei Patienten mit phonologischer Störung hingegen wird erwartet, dass Wörter zu Beginn der Liste besser nachgesprochen werden können (*primacy effect*). Den angenommenen *recency effect* konnten die Autoren in einer Einzelfalluntersuchung bei einer Patientin mit transkortikal-sensorischer Aphasie und semantisch-lexikalischer Störung feststellen (Martin & Saffran, 1990).

In einer größer angelegten Studie von Martin & Saffran (1997) wurden 15 Aphasiepatienten ohne begleitende Sprechapraxie, jedoch mit reduzierter verbaler Kurzzeitgedächtnisspanne untersucht, bei denen durch vielfältige sprachliche Tests eine semantisch-lexikalische oder phonologische Störung festgestellt wurde. Die Patienten sprachen sowohl zwei- und dreisilbige Einzelwörter als

auch Wortpaare, die aus diesen Einzelwörtern gebildet wurden, nach. Alle Patienten zeigten einen Anstieg der Fehler von der Einzelwort- zur Wortpaarbedingung. Patienten mit relativ guten semantischen Fähigkeiten und schlechten phonologischen Leistungen zeigten weniger Fehler auf dem ersten als auf dem zweiten Wort des Paares (*primacy effect*). Dieses Muster wird bei diesen Patienten wie folgt erklärt:

*„(...) recall will favour early items that have had sufficient time to gain support from semantic representations by way of rehearsal or spreading activation.“* (Martin & Saffran, 1997, S. 668)

Somit sehen die Autoren ihre Annahme als bestätigt an, dass Patienten mit phonologischer Störung Schwierigkeiten beim Wiedergeben von Wörtern an zweiter Position im Wortpaar haben.

#### *Item- und Reihenfolgeinformationen*

Attout, van der Kaa, George & Majerus (2012) gehen ebenfalls davon aus, dass sprachliche Leistungen und das auditive Kurzzeitgedächtnis in engem Zusammenhang stehen. Sie machen jedoch eine Unterscheidung zwischen dem verbalen Kurzzeitgedächtnis für Item-Informationen (z. B. semantisch-lexikalische und phonologische Worteigenschaften) und dem für Informationen zur Item-Reihenfolge. Sie gehen davon aus, dass sprachliche Leistungen lediglich Einfluss auf das verbale Kurzzeitgedächtnis für itemspezifische Informationen haben und zum Aufrechterhalten von Reihenfolgeinformationen auf ein sprachunabhängiges System zurückgegriffen wird. Majerus (2013) beschreibt die Annahmen dieser neueren Modelle zum verbalen Kurzzeitgedächtnis wie folgt:

*„(...) during maintenance of verbal information, verbal item information is directly represented within the language system, rather than by copy in a dedicated STM [short-term memory] buffer, while the representation of novel serial order will be processed via a specific serial order processing system, to which the language system is connected.“*  
(Majerus, 2013, S. 4)

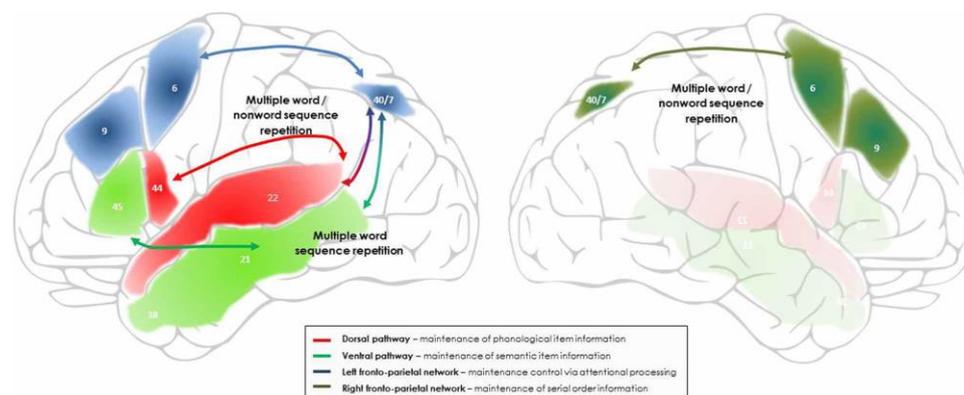
Ob diese Unterscheidung berechtigt ist, untersuchten Attout et al. (2012) an zwei Patienten mit Hirnläsionen. Einer der zwei Patienten litt an einer leichten aphasisch-phonologischen Störung, während der andere sich bereits von einer initialen sprachlichen Einschränkung zum Zeitpunkt der Studie erholt hatte und keine sprachlichen Auffälligkeiten mehr zeigte. Anhand der produzierten Fehler in unterschiedlichen Kurzzeitgedächtnistests wurde eine Störung des Gedächtnisses für Reihenfolgeinformationen und itemspezifische Informationen unterschieden. So wurden in einer Aufgabe zum Wiedergeben von Wortlisten Tilgungen oder Additionen von Wörtern sowie

Paraphrasien als Item-Fehler klassifiziert und die Wiedergabe von Wörtern in vertauschter Position innerhalb der Wortliste als Reihenfolge-Fehler (Attout et al., 2012).

Bei den zwei beschriebenen Patienten zeigte sich eine doppelte Dissoziation zwischen Leistungen des verbalen Kurzzeitgedächtnisses für Item- und für Reihenfolgeinformationen. Der Patient mit aphasisch-phonologischer Störung zeigte verstärkt Item-Fehler und keine Reihenfolge-Fehler. Beim Patient ohne aphasische Störung zeigte sich hingegen eine selektive Störung für Reihenfolgeinformationen, während Item-Fehler kaum auftraten (Attout et al., 2012).

### *Neuronale Grundlagen des verbalen Kurzzeitgedächtnisses*

Die neuronale Grundlage für das verbale Kurzzeitgedächtnis beschreibt Majerus (2013) nach einem Review der bestehenden Forschung in diesem Gebiet als ein integratives und bilaterales Netzwerk (vgl. Abbildung 2).



**Abbildung 2** Bilaterale neuronale Aktivierung beim Nachsprechen von Sequenzen aus mehreren Wörtern/Nicht-Wörtern (Majerus, 2013, S. 9)

Er nimmt dabei an, dass die kurzzeitige Aufrechterhaltung verbaler Information während dem Nachsprechen nicht durch einen extra Buffer unterstützt wird, sondern dass sprachliche sowie Aufmerksamkeitsleistungen in Kombination mit der Reihenfolgeverarbeitung beansprucht werden. Die phonologische Iteminformation wird hierbei im dorsalen Strom und die semantische Information im ventralen Strom verarbeitet, während die Information zur Reihenfolge der Items rechtshemisphärisch in einem fronto-parietalen Netzwerk repräsentiert ist (vgl. Abbildung 2). Um die Repräsentation und ihre Position innerhalb einer Liste von Items aufrecht zu erhalten, wird außerdem die Aufmerksamkeit auf die entscheidenden Items fokussiert, was in fronto-parietalen Verbindungen linkshemisphärisch zu lokalisieren ist (vgl. Abbildung 2; Majerus, 2013). Diese Aufmerksamkeitsfunktion ist besonders beim Nachsprechen von mehreren Items relevant und weniger beim Einzelwortnachsprechen (Majerus, 2013). Da beim Einzelwortnachsprechen außerdem keine arbiträre Reihenfolge gespeichert werden muss (rechtshemisphärisches fronto-

parietales Netzwerk), geht Majerus (2013) davon aus, dass in diesem Fall lediglich die linkshemisphärischen dorsalen und ventralen Sprachverarbeitungsnetzwerke aktiviert werden.

## 1.5 Messmethoden zur Erfassung von Lautproduktionsfehlern

Um die sprachlichen Symptome bei Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung und Sprechapraxie zu erfassen, liegen unterschiedliche Methoden vor. Eine lange Tradition und weite Verbreitung im therapeutischen Alltag hat die Transkriptionsmethode (Ziegler et al., eingereicht). In den letzten Jahrzehnten sind jedoch durch apparative Methoden neue Verfahren aufgekommen, die im Rahmen von wissenschaftlichen Studien vereinzelt auch bei Patienten zum Einsatz kommen. Die Einschränkungen beider Messmethoden sollen im folgenden Abschnitt dargestellt werden.

### 1.5.1 Einschränkungen von transkriptionsbasierten Analysemethoden

Um phonematische Fehler zu erfassen, bestand lange Zeit lediglich die Möglichkeit einer perceptiven Beurteilung der Sprachproduktion. Das Gehörte wurde phonologisch transkribiert und phonetische Abweichungen markiert. Kritik an dieser Methode wird geäußert, da das menschliche Ohr das Gehörte vorfiltern könnte und ein kategorial wahrgenommener Laut eventuell eine phonetische Missbildung enthält, die lediglich vom Transkribierenden nicht als solche wahrgenommen wurde (Pouplier & Hardcastle, 2005). In ihrem Review über Studien mit gesunden Personen sowie mit Sprechern mit Aphasie und Sprechapraxie kommen Pouplier & Hardcastle (2005) zu folgendem Schluss:

*„ (...) in speech errors for both subject populations, new gestures are often added without the target gesture being deleted, leading to the simultaneous articulation of two sounds instead of one substituting for another.“ (Pouplier & Hardcastle, 2005, S. 236)*

Die Schwierigkeit, eine Lautsubstitution aufgrund des perceptuellen Urteils einer sprachlichen Verarbeitungsebene zuzuschreiben, wird auch von Buckingham & Yule (1987) beschrieben. Hiernach können Substitutionen aufgrund einer phonologischen Verarbeitungsstörung auf der Ebene der Phonemauswahl entstehen oder aufgrund von phonetischen Störungen auf der Ebene der phonetischen Verarbeitung. Unter dem Begriff *phonemic false evaluation* verstehen die Autoren eine Lautsubstitution, die aufgrund des perceptuellen Urteils fälschlicherweise als phonematischer Fehler klassifiziert wird, obwohl die Fehlerursache auf der artikulatorischen

Ebene im Verarbeitungsprozess lag (Buckingham & Yule, 1987). Dieses Problem stellt auch Laganaro (2012) heraus:

*„One central issue then is whether the phoneme substitution errors observed in AOS [Apraxia of Speech] are in fact distortion errors falling close to another phonemic category and are perceived as substitution errors, or whether they are „real“ categorical substitution errors generated during phonological encoding.“* (Laganaro, 2012, S. S1 537)

Hardcastle & Edwards (1992) zeigten in einer Studie, die Elektropalatographie (EPG) bei vier Patienten mit Aphasie und Sprechapraxie einsetzte, dass hier artikulatorische Gesten im EPG der Patienten sichtbar wurden, die von den Mustern der vier Kontrollsprechern abwichen (sog. *misdirected articulatory gestures*; MAG). Hier waren viele dieser simultan ausgeführten artikulatorischen Gesten von alveolaren und velaren Plosiven perzeptiv nicht wahrgenommen worden, was teilweise zu einer fehlenden Fehlerbewertung oder zu einer Bewertung als Substitution führte. Die Autoren sehen hierin einen Vorteil des EPG, das zugrundeliegende motorische Probleme sichtbar macht, die durch auditive Analysen nicht erfasst worden wären (Hardcastle & Edwards, 1992). Zu ähnlichen Ergebnissen kommt eine weitere EPG-Studie, die bei drei Patienten mit Sprechapraxie durchgeführt wurde (Bartle-Meyer, Murdoch & Goozée, 2009b). Hier zeigten sich MAGs bei der Produktion von Singletons und Clustern, die teilweise zum perzeptuellen Eindruck einer Lautentstellung oder -substitution sowie intersilbischen Pausen führten. Phonemtilgungen hingegen wurden bei den EPG-Daten der Patienten nicht gefunden, auch wenn im perzeptuellen Eindruck Tilgungen von Lauten hörbar waren (Bartle-Meyer et al., 2009b).

Baum & Slatkovsky (1993) untersuchen das Phänomen der *phonemic false evaluation* an einem Einzelfall mit Leitungsaplasie. Bei „falschen“ Phonemsubstitutionen sollte ein akustischer Unterschied zwischen einem Laut innerhalb eines Substitutionsfehlers und diesem Laut, wenn er an korrekter Position im Wort produziert wurde, gefunden werden. Dies war jedoch bei dem untersuchten Patienten mit Leitungsaplasie nicht der Fall (Baum & Slatkovsky, 1993). Die akustischen Messungen beim ersetzenden Laut, wie beispielsweise VOT des Plosivs oder Dauer des Frikativs, zeigten keine Abweichungen zum korrekten Ziellaut, weshalb hier eine *phonemic false evaluation* ausgeschlossen wurde (Baum & Slatkovsky, 1993).

Ein anderes Bild zeigten Kurowski & Blumstein (2016) bei einer Gruppe von Patienten mit Broca-Aphasie (N = 3), Wernicke-Aphasie (N = 1) und Leitungsaplasie (N = 3). In den Substitutionen von /z/ zu /s/ Lauten und umgekehrt enthielt der jeweils ersetzende Laut noch akustische Spuren des ursprünglichen Ziellautes. Dies zeigte sich in Dauer- und Frequenzparametern im akustischen Signal des falsch produzierten Lautes über die Gruppe an Patienten hinweg, wobei bei einzelnen

Patienten dieses Muster nicht gefunden wurde. Das spricht für die Heterogenität der Patienten und zeigt, dass Untersuchungen von größeren Stichproben notwendig sind.

Es kann außerdem auch der Fall eintreten, dass phonetische Fehler auditiv gar nicht erst wahrgenommen werden. So zeigt sich bei Seddoh et al. (1996), dass Patienten mit Leitungsaphasie und Sprechapraxie Abweichungen zur Kontrollgruppe in akustischen Parametern wie der Vokallänge oder der Pause zwischen Konsonanten und Vokalen aufwiesen. Bemerkenswert ist, dass die nachgesprochenen Wörter trotz dieser Abweichungen perceptiv als fehlerfrei beurteilt wurden.

Wie die Darstellung der Studien zeigt, besteht ein Nachteil bei transkriptionsbasierten Verfahren darin, dass messbare artikulatorische Fehler (Doppelartikulation, MAGs) oder geringfügige akustische Abweichungen (phonetische Entstellungen) fälschlicherweise als kategoriale phonologische Fehler klassifiziert werden oder gar nicht auditiv wahrgenommen werden. Hier kann jedoch die Frage diskutiert werden, ob eine auditiv nicht wahrnehmbare Abweichung überhaupt als Fehler zu bewerten ist (vgl. Abschnitt 1.5.2).

### 1.5.2 Einschränkungen apparativer Methoden

Im vorhergehenden Abschnitt wurden unter anderem Studien dargestellt, die als apparatives Verfahren das EPG bei Patienten einsetzten (Bartle-Meyer et al., 2009b; Hardcastle & Edwards, 1992). Als weitere apparative Verfahren, die zur Aufklärung von artikulatorischen Vorgängen bei Gesunden und vereinzelt auch bei Patienten mit Aphasie und Sprechapraxie zum Einsatz kamen, sind die Elektromagnetische Artikulographie (EMA) (z. B. bei Bartle-Meyer, Goozée, Murdoch & Green, 2009a, dargestellt in Abschnitt 2.3.4) und die Echtzeit Magnetresonanztomographie (*realtime MRI*) (z. B. Hagedorn et al., 2017, siehe Abschnitt 2.3.4) zu nennen.

Die Erhebung und anschließende Analyse der akustischen und kinematischen Daten mittels apparativer Verfahren sind kosten- und zeitaufwändig. So bedarf die Untersuchung mittels EMA einer aufwändigen Kalibrierung und das Anbringen der Sensoren kann von den Probanden als unangenehm empfunden werden. Inwiefern das intraorale Anbringen des künstlichen Gaumens bei EPG und von Sensoren bei EMA das taktil-sensorische Feedback sowie die Artikulation stören und ob mögliche Einschränkungen sich bei ohnehin sprachbeeinträchtigten Patienten verstärkt äußern, wird ebenfalls diskutiert (Hagedorn et al., 2017; Katz, Bharadwaj & Stettler, 2006).

Aus Ökonomiegründen und um die Belastung der Probanden gering zu halten, wird in EMA-Studien in der Regel nur ein sehr umschriebenes und stark kontrolliertes Stimulusset erfasst, zum Beispiel Silbenwiederholungen, während längere oder gar freie produzierte sprachliche

Äußerungen kaum durch apparative Methoden untersucht wurden (Pouplier & van Lieshout, 2016). Bei Studien mit EPG ist der Messbereich bereits durch die Methode an sich auf alveolare und palatale Konsonanten beschränkt. Dies wirft die Frage auf, ob dieses hoch experimentelle Setting überhaupt mit einer natürlichen Sprachproduktion vergleichbar ist (Pouplier & van Lieshout, 2016). Diese Einschränkung trifft in gewissem Maße auch auf transkriptionsbasierte Methoden zu, da auch hier häufig kontrolliertes Material und keine freie Sprachproduktion erhoben und ausgewertet wird, wenn auch meist ein größerer Umfang an Sprachmaterial einbezogen wird.

Als weitere Beschränkung apparativer Studien geben Hardcastle & Edwards (1992) zu Bedenken, dass die verfügbaren Normdaten sehr limitiert sind. Da die Methoden aufwändiger sind, werden häufig nur kleine Stichproben an Patienten untersucht und es liegen keine umfangreicheren Normdaten vor. Auch Pouplier & Hardcastle (2005) stellen dieses Problem fest:

*„The experimental data available at this point are sparse, especially so in comparison with decades of highly productive transkription-based work. The articulatory investigation of speech errors is hampered by its very asset: the instrumentation employed.”* (Pouplier & Hardcastle, 2005, S. 230)

Somit besteht die Gefahr, dass mögliche als normal einzustufende artikulatorische Variationen bei gesunden Sprechern nicht aufgezeigt wurden und individuelle Eigenschaften von einzelnen Patienten fälschlicherweise auf die Gesamtpopulation verallgemeinert werden. Des Weiteren bleibt es fraglich, ob gefundene artikulatorische Abweichungen zwischen Patienten und gesunden Sprechern, die jedoch perzeptiv *nicht* wahrnehmbar waren (z. B. Seddoh et al., 1996), überhaupt als Fehler zu werten sind. Dem steht das therapeutische Ziel bei Patienten mit Lautproduktionsstörungen entgegen: die *perzeptiv* als korrekt bewertete Produktion von Lauten. Auch im klinischen Alltag haben apparative Methode wie EPG oder EMA bisher keine große Verbreitung in der Diagnostik und Therapie von Sprechapraxie gefunden, obwohl einige Autoren die Vorteile auch für diese Bereiche sehen und sie im Kontext empirischer Therapieforschung zum Einsatz kommen (Hardcastle, Gibbon & Jones, 1991; Howard & Varley, 1995; Katz, McNeil & Garst, 2010).

## 2 Phonologische und phonetische Verarbeitung

### komplexer Strukturen

Sprachliche Einheiten, ob artikulatorische Gesten, Phoneme, Silben, Wörter oder Phrasen, variieren in ihrer strukturellen Komplexität und stellen unterschiedliche Anforderungen an die phonologische und phonetische Verarbeitung während wir sie produzieren. So wird die Komplexität von Silben unter anderem durch das Vorhandensein von Konsonantenclustern im Silbenonset oder der -coda bestimmt. Konsonantencluster bilden den Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit, die die Frage beantworten soll, wie die als komplex geltenden Konsonantencluster von Patienten mit Lautproduktionsstörungen verarbeitet werden und welche Rückschlüsse hieraus auf phonologische und phonetische Theorien der Sprachproduktion gezogen werden können.

Im folgenden Kapitel soll „Komplexität“ zunächst anhand von unterschiedlichen Annahmen zur Markiertheit der Silbe erläutert werden sowie die im Deutschen möglichen Onset-Konsonantencluster als eine Form von Komplexität dargestellt werden. Anschließend werden die phonologisch ausgerichtete Optimalitätstheorie sowie die phonetisch basierte artikulatorische Phonologie dargestellt. Während die Optimalitätstheorie von der Verarbeitung abstrakter phonologischer Einheiten ausgeht und die Systematik phonologischer Regeln zu beschreiben versucht, geht die artikulatorische Phonologie von einer engen Integration des phonologischen mit dem phonetischen Systems aus. Beide Theorien machen Annahmen zur Verarbeitung von komplexen sprachlichen Strukturen, z. B. Konsonantenclustern, und welche sprachlichen Fehler bei diesen Strukturen zu erwarten sind.

#### 2.1 Die Silbe des Deutschen

Im folgenden Abschnitt soll zunächst die Struktur der Silbe im Deutschen beschrieben werden und welchen Markiertheitsannahmen diese unterliegt. Außerdem wird dargestellt, wie die Silbenstruktur nach Sonoritätskriterien bewertet werden kann. Abschließend folgt eine Darstellung aller im Deutschen vorkommenden, silbeninitialen Konsonantencluster.

### 2.1.1 Silbenstruktur und Markiertheitsannahmen

Die Silbe bildet eine relevante Einheit in der Phonologie (Hall, 2000; Wiese, 2000). Sie besteht aus einem obligatorischen Silbenkern sowie einem fakultativen Silbenanlaut und -auslaut. Aus welchen Segmenten sich eine Silbe zusammensetzt und welche kombinatorischen Beschränkungen dabei vorliegen, wird in der Phonotaktik, einem Teilbereich der Phonologie, beschrieben (Wiese, 2000). Der Silbenkern wird im Deutschen in den meisten Fällen durch einen Vokal gebildet. Von dieser Regel abweichend können im Deutschen in unbetonten Silben außerdem Nasale und Liquide den Silbenkern bilden, z. B. in der zweiten Silbe des Wortes /le:zŋ/ (Hall, 2000).

Der Silbenkern kann von einem Silbenanlaut und -auslaut umgeben sein, die aus Konsonanten bestehen, deren Anzahl zwischen den Sprachen dieser Welt variiert. Auf Grundlage dieser Unterschiede wurde das Silbenanlautgesetz formuliert (Vennemann, 1988), das maßgeblich auf der Auftretenshäufigkeit bestimmter Silbenstrukturen in den Sprachen der Welt beruht (Hall, 2000). Dieses Gesetz definiert die Markiertheit einer Silbe bestehend aus einer bestimmten Anzahl an Konsonanten [C] und Vokalen [V] wie folgt:

[CV] ist weniger markiert als [V] und

[C<sup>n</sup>V] ist weniger markiert als [C<sup>n+1</sup>V].

Somit gilt nach diesem Gesetz die Silbe [CV] als die am wenigsten markierte Silbe. Betrachtet man den Silbenauslaut, können sich Unterschiede in den zulässigen Konsonantenclustern im Vergleich zum Silbenanlaut ergeben. So sind im Deutschen im Silbenauslaut zum Beispiel im Wort *Herbsts* fünf Konsonanten in dieser morphologisch komplexen Wortform möglich, während im Silbenanlaut maximal drei Konsonanten im Deutschen zulässig sind (Hall, 2000). Auch beim Silbenauslautgesetz (Vennemann, 1988) wird eine Silbe als weniger markiert angesehen, je weniger Konsonanten diese im Auslaut enthält.

Die Silbifizierung, sprich die Einteilung eines Wortes in Silben, erfolgt nach dem Prinzip der Onset-Maximierung, das besagt, dass Konsonanten nach Möglichkeit dem Onset und nicht dem Auslaut der Silbe zugeordnet werden (Hall, 2000). So wird im Deutschen das Wort *Kobra* nicht als \*/ko:p.ra/ sondern als /ko:.bra/ silbifiziert.

### 2.1.2 Sonoritätsstruktur der Silbe

Die Konstituenten einer Silbe können nach ihrer Sonorität unterschieden werden. Eine einheitliche Definition von Sonorität liegt nicht vor (Hall, 2000). Während aus phonetischer Sicht

diese häufig als Grad der auditiven Wahrnehmbarkeit eines Lautes angesehen wird, kann sie auch als Grad des gebildeten Verschlusses im Vokaltrakt angesehen werden (Hall, 2000). Somit sind auditiv prominente Laute wie Vokale sonorer als ein stimmloser Plosiv. Hier treffen beide Kriterien zu, ein Vokal ist sowohl durch eine erhöhte Lautstärke als auch durch eine größere Öffnung des Vokaltraktes gekennzeichnet. Eine Sonoritätshierarchie der Laute kann wie folgt aufgestellt werden:

Vokale > Liquide > Nasale > Obstruenten (Hall, 2000).

Es gibt jedoch auch Sonoritätshierarchien, bei denen die Lautgruppen weiter unterteilt werden. So spricht Wiese (2000) dem Liquid /r/ eine höhere Sonorität als dem Lateral /l/ zu. Eine weitere Differenzierung der Obstruenten wird u.a. von Selkritt (1984) vorgeschlagen, der besagt, dass Frikative sonorer seien als Plosive und stimmhafte Obstruenten sonorer als stimmlose. Folgt man diesen Annahmen, kann folgende feinstufigere Sonoritätshierarchie aufgestellt werden:

Vokal > Liquid > Nasal > sth. Frikative > stl. Frikative > sth. Plosive > stl. Plosive (Maas, 1999).

In der Phonologie besagt das Sonoritätsprinzip, dass der Silbenkern immer das sonorste Segment der Silbe bildet. Die Sonorität steigt innerhalb des Anfangsrandes zum Silbenkern möglichst steil an und fällt dann im Endrand vom Silbenkern bis zum Silbenende wieder ab (Wiese, 2000). Wenn also die Silbe mit einem Konsonantencluster beginnt, sollte der erste Konsonant weniger sonor sein als die darauffolgenden. Somit entspricht zum Beispiel die Silbe /plɒmp/ dem Sonoritätsprinzip: im Onsetcluster /pl/ steigt die Sonorität an, erreicht ihren Gipfel im Vokal und fällt dann über den Nasal hin zum /p/ wieder ab (Hall, 2000). Dem Sonoritätsprinzip entsprechend sind im Deutschen die Kombinationen von [Obstruent-Liquid] sowie [Obstruent-Nasal] im Silbenonset zulässig, jedoch die umgekehrte Reihenfolge nicht möglich (Hall, 2000). Der umgekehrte Fall ist im Auslaut einer deutschen Silbe gegeben: z. B. [Liquid-Obstruent] ist zulässig jedoch nicht [Obstruent-Liquid] (Hall, 2000). Es gibt jedoch auch Silbensegmente, die Sonoritätskriterien verletzen, wie zum Beispiel das silbeninitiale Cluster /jp/. Es wird jedoch diskutiert, ob diese Cluster überhaupt als solche oder eher als affrikat-ähnlicher, komplexer Einzellaute einzustufen sind (Wiese, 2000). Einige Phonologen nehmen an, dass der erste Konsonant eines Clusters, bei dem das Sonoritätsprinzip verletzt wird, auf einer phonologischen Ebene als „extra-silbisch“ angesehen werden kann (Maas, 1999). Diese Annahme wird unter anderem in Wiese (1991) kritisch diskutiert.

## 2.1.3 Silbeninitiale Konsonantencluster im Deutschen

*“Die Vielfalt der Sprachen der Welt zeigt sich ganz deutlich in den Konsonantenverbindungen, die in silbeninitialer Position zugelassen sind.”* (Hall, 2000, S. 212)

Unterschiedliche Sprachen variieren in der Anzahl an Konsonanten, die im Silbenanlaut maximal erlaubt sind, zwischen einem und vier oder mehr. Im Deutschen sind maximal drei Konsonanten im Silbenonset zugelassen (Hall, 2000). Tabelle 1 gibt einen Überblick, welche kombinatorischen Möglichkeiten zur Bildung silbeninitialer **Zwei-Konsonanten-Cluster** im Deutschen bestehen (nach Hall, 2000; Kohler, 1995; Maas, 1999).

**Tabelle 1 Übersicht über mögliche silbeninitiale Konsonantencluster aus zwei Konstituenten im Deutschen (nach Hall, 2000; Kohler, 1995; Maas, 1999)**

C1 \ C2		Liquid		Nasal		Frikativ					Affrikate	Gleitlaut	Plosiv				
		r	l	m	n	f	v	s	z	ʃ	ʒ	ts	j	p	t	k	
Plosiv	p	+	+	-	(+)	+ <sup>Aff</sup>	-	(+)	-	(+)	-	-	-	-	-	-	-
	b	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(+)	-	-	-	-
	t	+	-	-	-	-	(+)	+ <sup>Aff</sup>	-	(+)	-	-	(+)	-	-	-	-
	d	+	+ <sup>int</sup>	-	-	-	-	-	-	-	(+)	-	-	-	-	-	-
	k	+	+	(+)	+	-	+	(+)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	g	+	+	(+)	(+)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Affrikate	pf	(+)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ts	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Frikativ	f	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(+)	-	-	-	-
	v	(+)	(+)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	s	-	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	-	-	-	-	(+)	-	-	(+)	+	-
	ʃ	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	(+)

+ Cluster kommt im Deutschen vor, - Cluster kommt nicht im Deutschen vor, (+) Cluster kommt nur sehr selten im Deutschen vor, +<sup>int</sup> Cluster kommt nur wortintern vor, +<sup>Aff</sup> Affrikate

Cluster, die im Deutschen vorkommen, sind mit [+] markiert und unzulässige Cluster mit [-]. Cluster, die nur sehr selten und teilweise nur in Fremd- oder Lehnwörtern sowie Namen vorkommen, sind mit (+) markiert. Für jedes dieser seltenen Cluster wird hier ein Beispiel gegeben: *pneumatisch, Psalm, Pschorr, Björn, Twist, Tschüss, tja, Dschungel, Khmer, Xylophon, Gmünd, Gnom, Pfropf, Fjord, Wrack, Vladimir, Slalom, Smaragd, Snack, Sven, Sphäre, Szene, Stil, Schkeuditz*. Kohler (1995) merkt zu diesen seltenen Clustern an:

*„Fehlende oder zahlenmäßig schwache Belege, die darüber hinaus oft aus Dialekten (Gmund) oder anderen Sprachen (Khmer) stammen, sind kein Einwand gegen die strukturelle Möglichkeit dieser Verkettung im Deutschen entsprechend den geltenden phonotaktischen Regeln.“* (Kohler, 1995, S. 180)

Des Weiteren ist das Cluster /dl/ als mit [+<sup>int</sup>] markiert, da dieses nur wortintern vorkommt, zum Beispiel im Wort /a:.dle/, jedoch nicht am Wortanfang (Hall, 2000). Die Markierung [+<sup>Aff</sup>] steht in Tabelle 1 für eine Affrikate, die durch die Kombination der zwei Konsonanten entsteht. Aus der Tabelle wird ersichtlich, dass der Singleton /j/ die meisten Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Konsonanten zulässt. Die zweite Position im Cluster wird im Vergleich zu den anderen Lautgruppen am häufigsten von einem Liquid besetzt (s. Tabelle 1). Aus der Übersicht geht hervor, dass Cluster aus einem Plosiv und einem Nasal oder Lateral, die mit dem gleichen Artikulationsorgan produziert werden, im Deutschen nicht zugelassen sind: \*/pm/, \*/bm/, \*/tl/, \*/tn/ und \*/dn/. Hingegen kommen die ebenfalls homorganen Affrikate /ts/ und /pf/ sowie die Cluster /kr/ und /gr/ im Deutschen häufig vor. Außerdem sind die seltenen homorganen Cluster /sl/ und /sn/ zu finden.

Neben diesen Clustern aus zwei Komponenten sind im Deutschen silbeninitial **dreigliedrige Cluster** aus einem der beiden stimmlosen Konsonanten /j/ oder /s/ in erster Position, gefolgt von einem stimmlosen Plosiv und einem Liquid an dritter Stelle möglich. Andere Kombinationen sind nicht zulässig. Folgende Cluster aus drei Konstituenten können somit im Deutschen gebildet werden: /jpr/, /jpl/, /jtr/ sowie /skr/ und /skl/ (Hall, 2000). Das seltener vorkommende /spl/ (z. B. im Wort *Spleen*) und /spr/ als Aussprachvariante neben /jpr/ im Wort *Spray* können ebenfalls vorkommen (Kohler, 1995). Es ist zu beachten, dass bei dreigliedrigen Clustern das Sonoritätsprinzip missachtet wird (vgl. Abschnitt 2.1.2).

Untersuchungen konnten Hinweise finden, dass sich die **strukturellen Charakteristika** von Konsonantenclustern im Deutschen untereinander unterscheiden (Bombien, Mooshammer & Hoole, 2013; Hoole, Pouplier, Benus & Bombien, 2013; Pouplier, 2012). So konnte beispielsweise im Deutschen beim Cluster /kn/ eine geringer artikulatorische Überlappung zwischen den zwei

Konsonanten festgestellt werden als bei /kl/ (Bombien et al., 2013), was sich auch im Französischen zeigte (Kühnert, Hoole & Mooshammer, 2006). Es wird vermutet, dass die geringere Überlappung bei /kn/ vs. /kl/ entsteht, weil bei /n/ im Vergleich zu /l/ die Velumöffnung koordiniert werden muss (Kühnert et al., 2006). Auch eine perzeptive Erklärung könnte der Grund für die Überlappungsunterschiede sein: Eine parallel zur /k/-Bildung einsetzende Velumöffnung für den Nasal würde die Perzeption des Plosives stärker stören, als eine beginnende Verschlussbildung des Laterals (Kühnert et al., 2006). Dieses Beispiel verdeutlicht, dass neben artikulatorischer Charakteristika auch die perzeptiven Merkmale von Konsonantencluster nicht außer Acht gelassen werden sollten (Coté, 2000; Davidson, 2003). So konnte zum Beispiel gezeigt werden, dass im Wortonset eine höhere akustische Saliens vorherrscht und aus diesem Grund die C1-Position im Cluster möglicherweise eine stabilere Repräsentation als C2 aufweist (Wright, 2004). Ferner ist eine auditive Maskierung von C2 bei Clustern mit Frikativ auf der C1-Position durch Friktionsgeräusche denkbar (Wright, 2004). Diese auditive Sicht auf phonologische Strukturen wurde jedoch nur in wenigen phonologischen Theorien integriert (Davidson, 2003; Flemming, 1995).

## 2.2 Optimalitätstheorie

Die im vorhergehenden Abschnitt dargestellten Annahmen zur Markiertheit von Silben finden sich auch in der Optimalitätstheorie (OT; Prince & Smolensky, 2004), einer weit verbreiteten phonologischen Theorie, wieder. Ein wichtiges Merkmal der OT ist die Beschreibung von sogenannten *Constraints*, die vorgeben, wie eine sprachliche Oberflächenform in einer Sprache ausgeprägt sein kann. Was unter einem Constraint zu verstehen ist und wie diese untereinander in Beziehung stehen, wird in den folgenden Abschnitten dargestellt. Die OT fand in einigen Arbeiten auch Anwendung bei der Beschreibung von aphasisch-phonologischen Störungen, welche ebenfalls im Folgenden zusammengefasst werden.

### 2.2.1 Grundannahmen

Phonologische Regeln werden in der OT nicht aufgestellt, sondern lediglich sogenannte Constraints beschrieben. Es handelt sich dabei um Beschränkungen einer bestimmten Ausprägung der Oberflächenrepräsentation (Hall, 2000). So besagt zum Beispiel der Constraint *Onset* (ONS), dass alle Silben einer Sprache einen Onsetkonsonanten aufweisen müssen. Die Constraints wurden aufgrund von typologischen Studien in unterschiedlichen Sprachen aufgestellt und sind

im Sinne der OT demnach universell für alle Sprachen der Welt gültig. Eine wichtige Klasse an Constraints sind zum Beispiel Markiertheitsconstraints. Diese besagen, dass nur möglichst unmarkierte Strukturen in einer Sprache vorkommen sollten (Hall, 2000). Ein weiteres wichtiges Constraint ist die Treue, das besagt, dass die phonetische Outputform mit der zugrundeliegenden Repräsentation (Inputform) übereinstimmen sollte (Hall, 2000). Sobald zum Beispiel ein Aphasiepatient eine phonematische Paraphasie produziert, wird das Treue-Constraint verletzt, da die produzierte Outputform nicht länger mit der zugrundeliegenden Inputform übereinstimmt.

Die OT formuliert eine Vielzahl an Constraints und die Beziehung zwischen diesen Constraints innerhalb einer Sprache wird wie folgt charakterisiert:

*„(...) the constraints operating in a particular language are highly conflicting and make sharply contrary claims about the well-formedness of most representations.“ (Prince & Smolensky, 2004, S. 3)*

Die Summe dieser sich teilweise widersprechenden Constraints und ihre Anordnung nach Priorität bildet die Grammatik einer Sprache. Ob eine bestimmte Oberflächenrepräsentation im Sinne der OT als wohlgeformt gilt, wird nicht durch die Bewertung eines einzelnen Constraints ermittelt, sondern indem alle Constraints der Sprache berücksichtigt werden (Prince & Smolensky, 2004). Auch wenn Constraints im Sinne der OT universell für alle Sprachen gültig sind, kann dennoch eine Differenzierung zwischen den Sprachen erfolgen. Diese wird in der OT durch ein Ranking der Constraints dargestellt (Prince & Smolensky, 2004). Somit gibt es dominante Constraints, die einen höheren Stellenwert einnehmen gegenüber Constraints mit einer geringeren Bedeutung in der spezifischen Sprache.

Constraints sind prinzipiell verletzbar. Ob ein Constraint erfüllt ist oder verletzt wurde, wird in der OT in einem Tableau ausgedrückt (Prince & Smolensky, 2004). Zunächst wird ein unendliches Set an Outputformen oder sogenannten Kandidaten, die zu einer spezifischen Inputform potentiell möglich sind, generiert (sog. GEN). So sind zum Beispiel zu der Inputform des Wortes *Hose* folgende Outputformen möglich: /ho:zə/, /jo:zə/, /plo:zə/, /ha:zə/ etc. Diese unterschiedlichen Outputformen werden dann im Tableau aufgeführt und es wird jeweils bewertet, ob die Outputform die Constraints der Sprache verletzt oder erfüllt. Bei der Bewertung wird hierbei auch das Ranking des Constraints beachtet: Verletzungen eines dominanten Constraints wiegen somit schwerer. Die Outputform, die am wenigsten dominante Constraints verletzt, wird als optimal angesehen und gewinnt die sogenannte Evaluierung (EVAL) der unterschiedlichen, möglichen Outputformen (Hall, 2000).

## 2.2.2 Constraints der Silbenstruktur

Im Folgenden sollen die für diese Arbeit relevanten Aussagen der OT zur Silbenstruktur näher betrachtet werden. Die OT formuliert folgende Markiertheitsconstraints in Bezug auf die Silbenstruktur:

ONS: Eine Silbe muss einen Onset aufweisen

–COD: eine Silbe darf keinen Auslaut aufweisen

\*<sub>M</sub> / v: Ein Vokal darf nicht Silbenonset oder -coda (*Margin*) besetzen

NUC: Eine Silbe muss einen Nukleus haben

\*<sub>P</sub> / c: Der Nukleus (*Peak*) darf kein Konsonant sein

(Prince & Smolensky, 2004, S. 106, 108f)

Nach dem Constraint ONS sind somit CV-Silben optimaler als V-Silben und dem Constraint –COD zufolge CVC-Silben weniger optimal als CV-Silben. Ein weiterer Constraint, der die Komplexität der Silbenstruktur betrifft, wird von Prince & Smolensky (2004, S. 108) wie folgt formuliert:

\*COMPLEX: Jede Silbenposition soll von nicht mehr als einem Konsonant oder Vokal besetzt werden

Diesem Constraint zufolge sind CV-Silben optimaler als CCV-Silben und CVC-Silben optimaler als CVCC. Die hier formulierten Constraints der Silbenstruktur sind in Einklang mit den Markiertheitsannahmen aus den Silbenstrukturgesetzen, die unter 2.1.1 beschrieben werden.

## 2.2.3 Variation bei der Auswahl der Outputform

Wie die Darstellung der klassischen Annahmen der OT zeigt (vgl. Abschnitt 2.2.1), wird immer nur die optimalste Outputform ausgewählt und durch den Sprecher produziert. Eine Variation ist an dieser Stelle nicht vorgesehen. Um diese Restriktion zu entschärfen, wurde eine Weiterentwicklung der OT von Coetzee (2006) vorgenommen, bei der eine Variation in der Auswahl der optimalen Outputform möglich wird. Coetzee (2006) nennt dieses weiterentwickelte Modell *rank ordering model of EVAL (ROE)*. Es wurde hierzu ein Mechanismus in den Evaluationsprozess der OT hinzugefügt, der mehr als eine als optimal erkannte Outputform zulässt. Dies geschieht, indem bei der Evaluierung aller möglichen Output-Kandidaten ein Ranking der Wohlgeformtheit des kompletten Kandidaten-Sets vorgenommen wird. Auf welcher Stufe des Wohlgeformtheits-Ranking der Kandidat eingeordnet wird, ist entscheidend für die Wahrscheinlichkeit, dass dieser Kandidat vom Sprecher als tatsächliche Outputform produziert

wird (Coetzee, 2006). Unter welchen Umständen eine Outputform, die nicht den höchsten Platz auf dem Ranking der Optimalität erreicht, dennoch vom Sprecher ausgewählt wird, wird im ROE-Modell nicht näher spezifiziert. Auch wie weit die produzierte Outputform vom eigentlich optimalen Fall auf dem Ranking entfernt sein kann, wird durch dieses Modell nicht vorhergesagt:

*„In most circumstances, only the topmost candidate on the rank-ordering is well-formed enough to be selected as output. In some situations, however, the top two (or more than two) candidates are both well-formed enough and can both surface as grammatical outputs.“* (Coetzee, 2006, S. 338)

Um die Fragen zu beantworten, wann Variation in den Outputformen auftritt und wie weit sich diese in der Hierarchie des Kandidaten-Sets nach unten erstreckt, wurde das ROE-Modell durch die Annahme eines Cut-Off Wertes innerhalb des Sets an Constraints erweitert (Coetzee, 2006). Der Cut-Off Wert teilt das Set an Constraints in zwei Schichten. Die obere beinhaltet Constraints, deren Verletzung alle zu ungrammatischen Outputformen führen und somit zu Kandidaten, die niemals als Outputform produziert werden. Innerhalb dieser oberen Schicht an Constraints wird der optimalste Kandidat, wie in der klassischen OT, ausgewählt und es wird immer nur einen optimalen Kandidaten als Resultat geben. In der zweiten Schicht an Constraints hingegen wiegen Verletzungen nicht so schwer, als dass sie zum kompletten Ausschluss einer Outputform führen. Wenn nun also Outputformen keine Verletzung in der strikt zum Ausschluss führenden oberen Constraintschicht aufzeigen, jedoch die unteren weniger relevanten Constraints verletzen, stehen diese mehreren Outputformen als Kandidaten dem Sprecher zur Produktion zur Verfügung. Innerhalb dieser möglichen Kandidaten wird dann ein Ranking der Wohlgeformtheit vorgenommen. Welcher Kandidat dann tatsächlich produziert wird, hängt, wie bereits in ROE beschrieben, vom Rangplatz des Kandidaten ab (Coetzee, 2006). Ausgehend von dieser Annahme, dass Constraints durch einen Cut-Off Wert in zwei Schichten geteilt werden, tritt Variation somit nur auf, wenn mehr als ein möglicher Kandidat ausschließlich Constraints der unteren Schicht verletzt (Coetzee, 2006). Ob ein Cut-Off Wert tatsächlich vorliegt, muss durch empirische Arbeiten belegt werden (Coetzee, 2006).

#### 2.2.4 Schlussfolgerungen auf die Struktur phonologischer Fehler

Von der OT kann die Annahme abgeleitet werden, dass sich Fehler in der Sprachproduktion nach der phonologischen Markiertheit richten:

*„Speech errors (...) are more likely to target marked structures and result in the production of unmarked structures.“* (Goldrick, 2011, S. 401)

Bezogen auf den für diese Arbeit besonders relevanten Constraint \*COMPLEX würde diese Annahme dafür sprechen, dass mehr Fehler auf Konsonantenclustern stattfinden und diese Fehler zu einer Vereinfachung des Clusters führen. Inwiefern diese Annahme in der Literatur zu Fehlern bei Aphasie und Sprechapraxie zutrifft, wird in Abschnitt 3.2 dargestellt. Mit der OT können hingegen Fehler, bei denen eine unmarkierte Struktur durch eine markierte ersetzt wird, nicht erklärt werden, was zu Einschränkungen führt:

*„This is too restrictive to account for the full range of speech error distributions: although speech errors favor the production of more well-formed forms, they can also result in the production of less well-formed structures.“ (Goldrick, 2011, S. 403)*

Dieser Meinung sind auch Goldrick & Daland (2009) und versuchen durch ihr Modell die selten auftretenden Fehler, die die Markiertheit steigern, zu erklären. Hierbei nehmen sie eine zufällige Störvariable („random noise“, Goldrick & Daland, 2009, S. 160) an, die unabhängig von Markiertheitsannahmen ein bestimmtes Constraint oder die Gewichtung zwischen Constraints zerstört. Hierdurch wird in manchen Fällen fälschlicherweise eine markierte Outputform ausgewählt. Eine rein zufällig agierende Störvariable kann das beobachtete Fehlermuster, dass mehr unmarkierte als markierte Outputformen durch Fehler entstehen, jedoch nicht erklären. Aus diesem Grund gehen Goldrick & Daland (2009) davon aus, dass ein unterschiedliches Ausmaß an Zerstörung durch die Störvariable je nach Fehler benötigt wird: Fehler, die sich im Sinne von Markiertheitsconstraints weit von der korrekten Zielform entfernen, bedürfen einer stärkeren Zerstörung als Fehler, die nur geringfügig von der Zielform abweichen.

### 2.2.5 Zusammenhang mit Lautproduktionsstörungen

Buchwald (2009) beschrieb eine Patientin mit Aphasie, die Reduktionen von phonologisch komplexen Strukturen zeigte (eine ausführliche Darstellung des Fehlermusters der Patientin ist in Abschnitt 3.3.3 zu finden). Es wird hier der Zusammenhang zur OT hergestellt und von einem Re-Ranking der Constraints \*COMPLEX und \*TREUE ausgegangen, sodass die Reduktion eines komplexen Musters höher rankt als das Bestreben, eine Deckung zwischen Input- und Outputform zu gewährleisten. Auch wenn dies hier als Erklärung für die spezifischen Fehler der vorgestellten Patientin formuliert wird, sieht der Autor an dieser Stelle von einer Verallgemeinerung dieses Ergebnisses auf andere Aphasiepatienten ab:

*„It is not necessary that the \*COMPLEX family is the one that is affected (and thus promoted) in cases of aphasia.“ (Buchwald, 2009, S. 1392)*

Weiter versucht Buchwald (2009) eine Beschreibung einer „aphasischen Grammatik“ und stellt die Hypothese auf, dass ein Aphasiepatient die Grammatik eines Kindes zeigt, bei der Markiertheitsconstraints den Treue-Constraint dominieren. Jedoch wird angemerkt, dass es weiterer Forschung bedarf, um die offene Frage zu klären, warum nur einige Markiertheitsconstraints bei Aphasie an Bedeutung gewinnen und andere nicht.

Galluzzi et al. (2015) leiten aus ihren dargestellten Patientendaten andere Rückschlüsse auf linguistische Theorien ab. Sie gehen von Markiertheitseffekten aus, die durch die artikulatorische Komplexität begründet sind und nicht aufgrund einer abstrakten phonologischen Repräsentation (vgl. Abschnitt 2.3). An dieser Diskussion wird deutlich, dass die Integration der phonologischen und phonetischen Verarbeitungsebene in linguistischen Theorien bisher nicht vorgenommen wurde (Ohala, 1990).

## 2.3 Artikulatorische Phonologie

Anders als bei der im vorherigen Kapitel beschriebenen OT, die eine auf abstrakten segmentalen Einheiten basierende Organisation phonologischer Repräsentationen postuliert, sind in der artikulatorischen Phonologie (AP; Browman & Goldstein, 1989; 1990; 1992; Goldstein & Fowler, 2003) artikulatorische Gesten die entscheidenden Einheiten, aus denen ein lexikalischer Eintrag geformt wird. Gesten bilden distinktive Unterschiede zwischen lexikalischen Einheiten und die phonologische Form ist in der AP als eine Organisation gestischer „Events“ definiert:

*„(...) phonology is a set of relations among physically real events (...)“ (Browman & Goldstein, 1992, S. 156)*

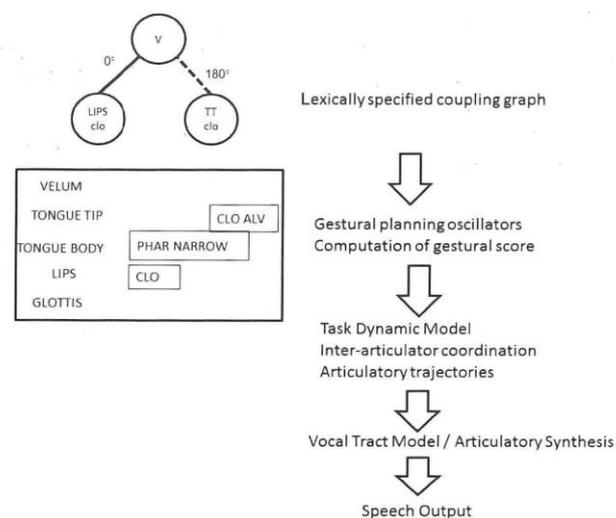
Mit dieser Ansicht wird die traditionelle Trennung zwischen Phonologie und Phonetik aufgehoben. Vielmehr werden Gesten als prä-linguistische „units of action“ angesehen, die in der kindlichen Sprachentwicklung den Grundstein jeglicher Ausbildung von phonologischen Strukturen bilden (Browman & Goldstein, 1989).

### 2.3.1 Grundannahmen

Unter einer Geste werden Konstriktionen des Vokaltraktes verstanden, die durch sechs Artikulatoren ausgeführt werden können: Lippen, Zungenspitze, Zungenrücken bzw. -grund, Kiefer, Velum und Glottis (Goldstein & Fowler, 2003). Artikulatoren sind somit Organe, die die Konstriktion an unterschiedlichen Konstriktionsorten ausführen. Die Art der Konstriktion wird

näher spezifiziert mit sogenannten *Traktvariablen*. Hierunter fallen der Konstriktionsort und -grad der Lippen, der Zungenspitze und des -rückens sowie des Velums und der Glottis (Browman & Goldstein, 1992). Gesten werden in der AP in zwei Klassen unterteilt: vokalisch vs. konsonantisch (Browman & Goldstein, 1992).

Für das Erreichen gestischer Ziele wird in der AP das Prinzip der *motorischen Äquivalenz* angenommen (Goldstein & Fowler, 2003). So wird als Ziel des Lautes /b/ der Lippenschluss definiert. Dieser kann im dynamischen Prozess der Sprachproduktion auf unterschiedlichen Wegen erreicht werden. So kann zum Beispiel eine starke Kieferöffnung bei einem dem /b/ vorausgehenden offenen Vokal durch ein vermehrtes Absenken der Oberlippe kompensiert und so der Lippenschluss erreicht werden (Goldstein & Fowler, 2003). Wie an diesem Beispiel deutlich wird, sind Gesten physische Ereignisse und während des Sprechens auch durch andere physische Ereignisse beeinflussbar, beispielsweise durch angrenzende artikulatorische Gesten. Gesten werden in der AP im sogenannten *gestural phasing* zu größeren Einheiten koordiniert, dessen Resultat als *gestural score* bezeichnet wird (Browman & Goldstein, 1992). Dieser Schritt findet im *Gestural planning model* von Pouplier & van Lieshout (2016) an zweiter Stelle im Sprachproduktionsprozess statt, nachdem die lexikalisch gespeicherten Kopplungsverhältnisse eines bestimmten Wortes, hier im Beispiel das englische Wort *bad*, abgerufen wurden (vgl. Abbildung 3).



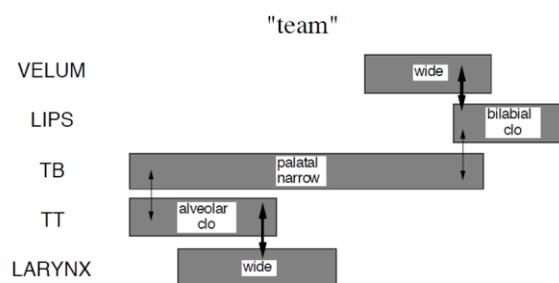
**Abbildung 3 Gestural planning model (Pouplier & van Lieshout, 2016, S. 259)**

Zur Beschreibung einer sprachlichen Äußerung wird das Zusammenspiel von Gesten im zeitlichen Verlauf dargestellt. Hierbei werden die Dauer jeder Geste und die zeitliche Überlappung zwischen den einzelnen Gesten abgebildet. Um das Zusammenspiel von mehreren Artikulatoren zu modellieren, wurde das *Task-dynamics Model* (siehe z. B. Saltzman & Byrd, 2000; Saltzman &

Munhall, 1989) entwickelt. Hierbei wird die Bewegung von *Traktvariablen* in einem dynamischen Zusammenspiel beschrieben und nicht die Bewegung einzelner Artikulatoren (Browman & Goldstein, 1992). Dieser Schritt schließt sich im *Gestural planning model* an die Bildung des *gestural scores* an (vgl. Abbildung 3).

Durch die Überlappung der einzelnen Gesten im Produktionsprozess können Koartikulation und das Auftreten allophonischer Varianten erklärt werden. Der Grad an Überlappung ist abhängig von den beteiligten Gesten, ob diese in silbeninitialer oder -finaler Position stehen, und von der Artikulationsgeschwindigkeit. Auch prosodische Grenzen innerhalb einer Äußerung beeinflussen den Grad an Überlappung (Browman & Goldstein, 1992). Der Überlappungsgrad entscheidet wiederum, ob eine Geste durch eine benachbarte Geste komplett verdeckt und auditiv als Tilgung wahrgenommen wird (*gestural hiding*) oder ob Teile der Geste noch hörbar sind und eine Assimilation der zwei Laute wahrgenommen wird (Browman & Goldstein, 1992).

Werden Gesten in der zeitlichen Abfolge eng miteinander koordiniert, wird hier von einer Bindung zwischen zwei Gesten gesprochen (Goldstein & Fowler, 2003). Diese kann unterschiedlich stark ausgeprägt sein (*bonding strength*) und wird in Abbildung 4 durch Pfeile in unterschiedlicher Stärke dargestellt. In diesem Beispiel zeigt sich demnach eine enge Koordination zwischen der Lippen- und Velumgeste bei /m/.



**Abbildung 4 Darstellung überlappender Gesten und deren Bindungsstärke am Beispielwort „Team“ (Goldstein & Fowler, 2003, S. 156)**

Eine phonologische Grammatik, d.h. das implizite Wissen über phonologische Regeln, wird in der AP als das Wissen über die zeitliche Koordination von Gesten verstanden:

*„(...) phonological generalizations that refer to patterns or modes of coordination, abstracting away from the particular actions that are being coordinated.“* (Goldstein & Fowler, 2003, S. 170)

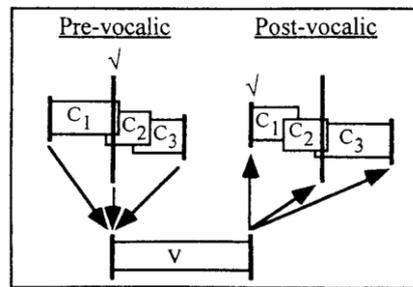
Tilsen (2016) entwickelte die *selection-coordination theory* der Sprachproduktion, die das Konzept der AP um eine psycholinguistische Perspektive erweitert. Die Theorie geht von zwei motorischen

Mechanismen bei der Artikulation aus, der Selektion und der zeitlichen Koordination von artikulatorischen Gesten, die wiederum zu einer kompetitiven oder koordinativen Ausführung von Artikulationsbewegungen führen. Bei kompetitiver Kontrolle wird eine Geste nach der anderen aktiviert und ausgeführt, wohingegen bei koordinativer Ausführung Gesten zeitlich überlappen. Es wird angenommen, dass sich im Spracherwerb phonologische Strukturen ausbilden, indem sich die Kontrolle der Artikulation von einem kompetitiven hin zu einem koordinativen Modus entwickelt (Tilsen, 2016). Um diese Entwicklung zu vollziehen, benötigt das Kind interne Feedbackmechanismen, die die korrekte Selektion der artikulatorischen Geste bereits durch internes sensorisches Feedback bestätigen, weit bevor die Korrektheit des ausgesprochenen Lautes über den Höreindruck (externes Feedback) kontrolliert werden kann. Artikulatorische Gesten können durch das unmittelbar zur Verfügung stehende, interne Feedback zeitlich enger koordiniert und die effiziente Koordination von sich überlappenden Gesten kann produziert werden (Tilsen, 2016). Diese Überlappung artikulatorischer Gesten führt jedoch dazu, dass die sogenannte *perceptual recoverability* reduziert wird, d.h. dass die einzelnen Gesten perzeptiv nicht mehr gut wahrnehmbar sind. Deshalb geht Tilsen (2016) davon aus, dass während der Sprachproduktion bei Erwachsenen stets eine Ausbalancierung zwischen dem kompetitiven und koordinativen Modus stattfindet.

### 2.3.2 Organisation von Konsonantenclustern

Browman & Goldstein (1988) beschreiben die Organisation artikulatorischer Gesten in Konsonantenclustern. Sie zeigen, dass für die Koordination des Vokals und eines silbeninitialen Clusters das sogenannte *C-Center* eine entscheidende Rolle spielt. Das *C-Center* eines Einzelkonsonanten bildet den mittleren Punkt zwischen dem linken und rechten Rand des Plateaus der artikulatorischen Geste des Konsonanten. In einem Konsonantencluster wird der Mittelpunkt zwischen dem linken und rechten Rand des gesamten Clusters als *C-Center* angesehen (Browman & Goldstein, 1988). Die Autoren nehmen an, dass silbeninitiale Cluster nicht durch Ankerpunkte der einzelnen Konsonanten des Clusters mit dem Vokal zeitlich koordiniert werden, sondern dass Cluster über das *C-Center* mit dem Wort koordiniert werden (Browman & Goldstein, 1988). Silbenfinale Cluster hingegen zeigen laut Browman & Goldstein (1988) eine andersartige Koordination. Hier spielt nicht das *C-Center* des Clusters eine Rolle, sondern es werden vielmehr der rechte Rand der vokalischen Geste und der linke Rand des Konsonanten-Plateaus zeitlich miteinander verknüpft. In Abbildung 5 wird die Koordination zwischen Konsonantenclustern und dem Vokal der Silbe veranschaulicht. Hier wird deutlich, dass die zeitliche Koordination der vokalischen Geste mit dem silbeninitialen Cluster dazu führt, dass eine

Überlappung zwischen Vokal und Cluster besteht, wohingegen diese bei silbenfinalen Clustern nicht gegeben ist (Browman & Goldstein, 1988).



**Abbildung 5** Zeitliche Koordination von silbeninitialen und -finalen Konsonantenclustern mit dem Vokal (Honorof & Browman, 1995, S. 552)

Diese Annahmen zur Koordination von Clustern und dem Vokal der Silbe konnte von Honorof & Browman (1995) anhand von vier Probanden und sechs untersuchten Clustern mittels der *x-ray microbeam* Methode bestätigt werden. Byrd (1995) hingegen konnte bei zwei von fünf Probanden auch bei den drei untersuchten Codaclustern eine *C-Center*-Organisation feststellen. Marin & Pouplier (2010) merken an, dass für eine Klärung der Frage die Untersuchung von diverseren Clustertypen und größeren Probandenstichproben notwendig wäre. Sie konnten neben Ergebnissen, die die *C-Center*-Organisation für Onset- vs. Codacluster bestätigten, unter anderem zeigen, dass eine Linksverschiebung Richtung Vokal bei //i/-Codacluster zu beobachten ist (Marin & Pouplier, 2010). Dies legt die Vermutung nahe, dass die *C-Center* Hypothese eventuell nicht auf alle Clustertypen generalisiert werden kann.

Neben der beschriebenen starken Überlappung, d.h. Koartikulation, zwischen Cluster und Vokal schreiben Goldstein & Fowler (2003) Konsonanten des Silbenonsets eine hohe *bonding strength* (vgl. Abschnitt 2.3.1) zu, die unter anderem durch die begrenzten kombinatorischen Möglichkeiten begründet sein könnte:

*„Syllable onsets are tightly bonded, and the number and nature of consonant combinations that can occur as syllable onsets (in English and in languages generally) is highly restricted (...)“.* (Goldstein & Fowler, 2003, S. 156)

Annahmen zur Koordination artikulatorischer Gesten innerhalb einer Silbe werden im *Coupled Oscillator Model* (Goldstein, Nam, Saltzman & Chitoran, 2009; Nam, Goldstein & Saltzman, 2009) beschrieben. Hier geht man von zwei möglichen zeitlichen Kopplungen zwischen artikulatorischen Gesten aus: *in-phase* und *anti-phase*. Bei ersterem werden die konsonantischen Gesten gleichzeitig gestartet und in der *anti-phase* Koordination erfolgt der Beginn einer Geste, sobald die vorhergehende ihr Ziel erreicht hat. Das Modell beschreibt eine *in-phase* Koordination

zwischen Onset-Konsonanten und dem Vokal, wohingegen von einer anti-phase Kopplung bei Coda-Konsonanten ausgegangen wird (Goldstein et al., 2009).

Eine besondere Situation für die zeitliche *in-phase* Kopplung von Silbenonsets stellen Konsonantencluster dar (Goldstein et al., 2009). Hier kann keine *in-phase* Kopplung aller Clusterkonsonanten zum Vokal erfolgen, da ansonsten ein *gestural hiding* (vgl. Abschnitt 2.3.1) zwischen den Konsonanten stattfinden würde, wenn z. B. das /j/ und das /p/ eines /jp/-Onsets gleichzeitig produziert würden. Das Modell sieht hier die Möglichkeit von konkurrierender und gegensätzlicher Kopplungen vor. So kann sowohl das /j/ als auch das /p/ im Wort /ʃpi:l/ *in-phase* an den Vokal gekoppelt sein, wohingegen zwischen den zwei Konsonanten eine *anti-phase* Kopplung vorherrscht. Das *Coupled Oscillator Model* berechnet aus diesen konkurrierenden Kopplungsverhältnissen im Cluster einen Kompromiss (Goldstein et al., 2009). Durch diese konkurrierende Kopplung kann das beobachtete zeitliche Verhältnis zwischen den Onset-Konsonanten und dem Vokal erklärt werden: Die Konstriktion des ersten Konsonanten wird durch die *anti-phase* Kopplung zwischen den zwei Konsonanten nach links verschoben und die Konstriktion des zweiten Konsonanten nach rechts (Goldstein et al., 2009).

### 2.3.3 Schlussfolgerungen für die Struktur phonologischer Fehler bei neurologisch gesunden Sprechern

Anhand der Theorie der artikulatorischen Phonologie können einige Annahmen über Lautproduktionsfehler abgeleitet werden (Browman & Goldstein, 1992). Fehler in der Sprachproduktion bei gesunden Sprechern entstehen nach Annahmen der AP aus zwei Gründen: einem Anstieg der Gestenüberlappung und durch Abnahme der Gestendauer (Browman & Goldstein, 1992). Weiter formulieren die Autoren folgende Schlussfolgerung für Lautproduktionsfehler:

*„(...) all the lexical phonological units are present, though they may be decreased in magnitude and overlapped by other gestures. Gestures are never changed into other gestures, nor are gestures added.“* (Browman & Goldstein, 1992, S. 37)

Auch Goldstein, Pouplier, Chen, Saltzman & Byrd (2007) stellen Annahmen zu Sprachproduktionsfehlern auf, die von der artikulatorischen Phonologie abgeleitet werden können, und untersuchen diese anhand einer „Versprecherstudie“ mit gesunden Sprechern. So gehen die Autoren davon aus, dass jeder Fehler eine linguistisch relevante Konstriktion (Geste) im Vokaltrakt widerspiegelt und bei Fehlern zwar Gesten zur falschen Zeit produziert werden, jedoch keine beliebigen Bewegungen ausgeführt werden (Goldstein et al., 2007). Fehler können sich nach

der Annahme von Goldstein et al. (2007) auf einzelne Konstriktionen oder auf ganze Gestengruppen, z. B. ein ganzes Phonem, beziehen. Außerdem sollen Fehler durch den dynamischen Kontext, z. B. der Artikulationsgeschwindigkeit, beeinflusst werden (Goldstein et al., 2007). In einer Studie, bei der sieben Probanden mit EMA beim Nachsprechen der Zwei-Wort-Phrasen *top cop* und *tip kip* untersucht wurden, konnten diese Annahmen bestätigt werden (Goldstein et al., 2007).

Es zeigten sich in dieser Studie zwei unterschiedliche Fehlertypen: vollständige oder partielle Addition und Reduktion von Gesten. Sobald beide Fehler gleichzeitig produziert wurden, also eine intendierte Geste vollständig getilgt und gleichzeitig eine andere Geste vollständig addiert wurde, entstand eine Substitution (Goldstein et al., 2007).

Werden alle Items über die Probanden hinweg betrachtet, wurden insgesamt mehr Gesten addiert (28 %) als reduziert (3,3 %) und substituiert (4,3 %) (Goldstein et al., 2007). Bei 70 Prozent der Fehler wurde eine Geste lediglich partiell addiert oder reduziert und vollständige Gesten-Additionen oder -Tilgungen fanden mit 30 Prozent deutlich seltener statt (Goldstein et al., 2007). Sowohl die Fehlerrate als auch im Speziellen die Anzahl an Substitutionen nahmen im Experiment mit der Anzahl an produzierten Wiederholungen der Phrase zu (Goldstein et al., 2007).

Bei Phrasen mit Nasalen wurden sowohl Additionen von allen Gesten des multigestischen Konsonanten /ŋ/ (Velum und Zungenrücken) zu einem anderen Konsonanten als auch Additionen von nur einer Geste von /ŋ/ beobachtet. Insgesamt zeigte sich, dass Sequenzen, die einen Nasal enthielten, schwieriger waren als z. B. die Phrase *cop top* (Goldstein et al., 2007).

Die Ergebnisse dieser Studie stehen im Widerspruch zu der Annahme, dass Sprecher den artikulatorischen Aufwand zu reduzieren versuchen (vgl. Abschnitt 2.2). Außerdem ist das Ergebnis bemerkenswert, dass in Fehlern zwei Gesten gleichzeitig produziert wurden, die normalerweise in der Sprache des Sprechers nicht simultan vorkommen, z. B. eine Zungenspitzenkonstriktion für /t/ und eine Zungenrücken Konstriktion für /k/.

Hinweise, dass in Versprechern eine parallele und graduelle Aktivierung mehrerer Artikulationsorgane stattfindet, wurden bereits von Mowrey & MacKay (1990) in einer Elektromyographie Studie gefunden. Hier wurde jedoch nicht eine Konstriktion in Form einer artikulatorischen Geste gemessen, sondern die Aktivität einzelner Muskeln während der Artikulation von Zungenbrechern, z. B. *Bob flew by bligh bay*. Es wurden hier Fehler in der muskulären Aktivität festgestellt, die jedoch vom Hörer nicht wahrgenommen wurden. Dennoch bewerten die Autoren diese Muskelaktivität als Fehler:

*„(...) such production anomalies are errors if speech output differs from the speaker's intended output, however subtle the anomaly, whether or not the speaker is aware of it,*

*and whatever its effect (or lack thereof) upon the listener's percept."* (Mowrey & MacKay, 1990, S. 1299)

Zur Diskussion der Analysemethoden und der Detektion von Fehlern durch perzeptive Verfahren siehe Abschnitt 1.5.

Mowrey & MacKay (1990) beschreiben bereits das Problem, dass artikulatorische Abweichungen in der Lautproduktion auditiv oftmals nicht wahrnehmbar waren. Inwieweit sich die graduelle, abnorme Artikulation der Konsonanten, wie sie in Goldstein et al. (2007) beobachtet wurde, auf die Wahrnehmung von Fehlern beim Hörer auswirkt, wurde von Pouplier & Goldstein (2005) systematisch untersucht. Hierzu hörten elf Probanden jeweils eines der gesprochenen Wörter aus der Studie von Goldstein et al. (2007) und sollten entscheiden, ob das Wort mit einem bestimmten Konsonanten beginnt. Hierbei wurde die Reaktionszeit bis zur Entscheidung gemessen. Die präsentierten Wörter variierten in ihrem Grad an artikulatorischer Abweichung vom Ziel. Es zeigte sich, dass Unterschiede in der Wahrnehmbarkeit von artikulatorischen Fehlern bestanden: Beim Laut /t/ wirkten sich graduelle Abweichungen stärker auf die Perzeption von Fehlern aus als bei /k/. Ein geringfügiger Unterschied bestand zwischen /j/, bei dem sich artikulatorische Fehler etwas mehr auswirkten als bei /s/.

#### 2.3.4 Fehlermechanismen bei Patienten mit Lautproduktionsstörungen

Hagedorn et al. (2017) untersuchten die Produktion artikulatorischer Gesten in Anlehnung an die Studien von Goldstein und Kollegen (s. Abschnitt 2.3.3) bei einem Patienten mit Sprechapraxie bei primär progredienter Aphasie. Es wurden unterschiedliche sprachliche Stimuli im Rahmen einer Echtzeit-Magnetresonanztomographie (*real-time magnetic resonance imaging; rtMRI*) vom Patienten in Rückenlage produziert: Spontansprache, Nachsprechen von kurzen Phrasen sowie Einzelwörtern und ein schnellstmögliches Wiederholen der Zwei-Wort Phrase *top cop*. Daraufhin wurden in den Aufnahmen des Vokaltraktes im Sagittalschnitt drei Regionen markiert: Lippen, Zungenspitze und Zungenrücken. In diesen Regionen wurde anschließend die artikulatorische Aktivität anhand der rtMRI Bilder gemessen (Hagedorn et al., 2017).

Die Ergebnisse zeigen, dass wie bereits bei den gesunden Sprechern in der Untersuchung von Goldstein et al. (2007) auch beim Patienten mit Sprechapraxie Gesten fehlerhaft hinzugefügt wurden und es zur Doppelartikulation zweier Gesten, der intendierten und der hinzugefügten, kam. Diese Additionen von Gesten wurden beim Sprechapraxiepatienten jedoch häufiger festgestellt als in den Daten von Goldstein et al. (2007) bei gesunden Sprechern. Bei den meisten der hinzugefügten Gesten war weder die Amplitude der hinzugefügten noch die der intendierten

Geste reduziert. Es wurde außerdem beobachtet, dass der Patient mit Sprechapraxie mehrere stille Artikulationen eines Lautes vor der hörbaren Produktion desselben produzierte. Diese stillen Artikulationen traten vor allem bei Segmenten auf, bei denen mehrere Gesten und somit mehrere Artikulatoren koordiniert werden mussten (Hagedorn et al., 2017).

In einer EMA-Studie (Bartle-Meyer et al., 2009a) sollte untersucht werden, inwiefern unterschiedliche Artikulatoren bei der Produktion der Silben /ta/, /sa/, /la/ und /ka/ unabhängig voneinander bewegt werden. Hierzu wurden fünf Patienten mit Sprechapraxie und begleitender Aphasie untersucht. Es wurde jede der Silben jeweils zwölf Mal hintereinander vom Untersucher vorgesprochen und der Patient sollte diese dann nachsprechen. Es wurde sowohl in für den Sprechapraxiepatienten normaler, d.h. im Vergleich zu Gesunden dennoch verlangsamter, Geschwindigkeit und in einem zweiten Durchgang in schneller Sprechgeschwindigkeit nachgesprochen. Hierbei wurde die Bewegung der Zungenspitze, des Zungenrückens und des Kiefers gemessen. Es zeigte sich eine stärkere artikulatorische Kopplung bei vier der fünf Sprechapraxiepatienten als bei gesunden Kontrollsprechern, was dafür sprechen könnte, dass die Patienten Schwierigkeiten im unabhängigen Ansteuern von unterschiedlichen Artikulatoren zeigten (Bartle-Meyer et al., 2009a). Eine weitere mögliche Interpretation könnte sein, dass Sprechapraxiepatienten durch eine stärkere Kopplung zwischen den Artikulatoren die Freiheitsgrade reduzieren, die gleichzeitig kontrolliert werden mussten (Bartle-Meyer et al., 2009a). Es wird ferner angemerkt, dass auch eine erhöhte Bewegungsamplitude zu einer stärkeren artikulatorischen Kopplung führt und dies die Ergebnisse bei den Sprechapraxiepatienten, die häufig eine höhere Bewegungsamplitude zeigen, beeinflusst haben könnte (Bartle-Meyer et al., 2009a). Dass eine erhöhte Amplitude von Patienten mit Sprechapraxie als Kompensationsmechanismus zur Stabilisierung der artikulatorischen Koordination eingesetzt werden könnte, nehmen van Lieshout, Bose, Square & Steele (2007) an. Sie verglichen in einer EMA-Studie bei einer Probandin mit Broca-Aphasie und Sprechapraxie flüssiges Sprechen mit Passagen, die direkt vor einem unflüssigen Sprechen stattfanden. Es zeigte sich, dass die Bewegungsamplitude bei flüssigem Sprechen größer war als bei gesunden Kontrollsprechern und eine unflüssige Sprechpassage durch eine Reduktion der Bewegungsamplitude eingeleitet wurde. Die reduzierte Bewegungsamplitude ging mit einer erhöhten Variabilität in gestischer Koordination einher (van Lieshout et al., 2007).

Die dargestellten klinischen Studien untersuchten lediglich Patienten, die begleitend zur Aphasie an einer Sprechapraxie litten (Bartle-Meyer et al., 2009a; Hagedorn et al., 2017; van Lieshout et al., 2007). Vereinzelt untersuchten bezogen Patienten mit rein aphasisch-phonologischer Störung ein und konnten hier ebenfalls Abweichungen in der Organisation artikulatorischer

Gesten, z. B. in Form von Doppelartikulation, im EPG finden (unveröffentlichte Arbeit von Wood, zitiert in Pouplier & Goldstein, 2005). In einer EMA-Studie mit fünf Patienten mit nicht näher beschriebener Aphasie ohne begleitende Sprechapraxie konnten Bose, van Lieshout & Square (2003) erste Hinweise für eine größere Variabilität der intergestischen Koordination bei den Patienten im Vergleich zu Kontrollsprechern zeigen. Die AP würde für beide Patientengruppen, aphasisch-phonologische Störung und Sprechapraxie, den gleichen Fehlermechanismus annehmen, was jedoch aus klinischer Sicht die Frage nach sich zieht, wie die unterschiedliche Oberflächensymptomatik der beiden Patientengruppen zustande kommt und welche Rolle die unterschiedlichen Läsionsmuster spielen (Ziegler, 2016). Pouplier & van Lieshout (2016) ordnen die phonologische Störung, wie sie von Buchwald & Miozzo (2012) beschrieben wird (vgl. Abschnitt 3.3.4), in ihrem Modell (vgl. Abbildung 3) auf eine Ebene vor dem Generieren des *gestural scores* ein:

*„(...) for what they considered to be a “phonological-based” disorder, the deletion would have occurred before the planning oscillators would have generated a gestural score for a given word.” (Pouplier & van Lieshout, 2016, S. 264)*

## 2.4 Nicht-lineares Gestenmodell

Das nicht-lineare Gestenmodell (NLG) basiert auf den Grundannahmen der artikulatorischen Phonologie (vgl. Abschnitt 2.3.1) und wurde aufgestellt, um die Fehleranfälligkeit eines Wortes zu berechnen. Hierzu wurde ein nicht-lineares, gestenbasiertes Modell anhand von empirischen Fehlerdaten sprechapraktischer Patienten aufgestellt (Ziegler, 2009; 2011; Ziegler & Aichert, 2015; Ziegler, Aichert & Staiger, 2017a).

### 2.4.1 Aufbau

In das NLG gehen Gesten ein, die jedoch im Gegensatz zum Gesten-Begriff in der AP vereinfacht als Transitionen zwischen zwei benachbarten Phonemen angesehen werden. Außerdem wird keine temporale Ausdehnung oder zeitliche Überlappung zwischen den Gesten in die Modellberechnungen mit einbezogen. Es wird zwischen oralen Gesten, die die Artikulatoren Lippen, Vorder- und Hinterzunge umfassen, velaren und glottalen Gesten unterschieden (Ziegler, 2009).

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Wort korrekt ausgesprochen wird, wird in diesem Modell als Funktion der Wahrscheinlichkeiten berechnet, dass alle artikulatorischen Gesten des Wortes korrekt ausgeführt werden. Die Wahrscheinlichkeit wiederum, dass eine dieser Gesten durch einen Sprecher korrekt ausgeführt wird, wird innerhalb des Modells durch unterschiedlich gewichtete Koeffizienten modifiziert. Die Modell-Koeffizienten bilden strukturelle und lexikalische Eigenschaften des Wortes ab: Synchronizität zwischen Gesten, Konsonantencluster, Wortonset und -coda, reguläre (trochäische) oder irreguläre (z. B. jambische) Betonung, Wort vs. Nicht-Wort (Ziegler, 2009; 2011). In einer Weiterentwicklung des Modells wurde ein weiterer Koeffizient „Konstriktionsgrad“ mit aufgenommen, um einen vollständigen Verschluss bei Plosiven und Nasalen von einem inkompletten Verschluss bei Frikativen und Liquiden zu unterscheiden (Ziegler & Aichert, 2015).

Das Modell wurde durch reale Fehlerdaten von einem großen Pool an Sprechapraxiepatienten und unterschiedlichem Sprachmaterial trainiert (Ziegler, 2009; 2011; Ziegler & Aichert, 2015; Ziegler et al., 2017a). Das entstandene nicht-lineare Modell hat folgendes Ziel:

*„Taking only the structural properties of a given word as its input, the model tries to predict the probability of an apraxic speaker to succeed or fail.“ (Ziegler, 2009, S. 653)*

### 2.4.2 Fehleranfälligkeit von Clustern im NLG

In Bezug auf die Frage, ob ein Konsonantencluster ein Wort schwieriger macht, zeigen die unterschiedlichen Arbeiten zum NLG inkonsistente Ergebnisse. In zwei Arbeiten zeigte sich eine erhöhte Fehleranfälligkeit bei Wörtern mit Konsonantenclustern (Aichert, Späth & Ziegler, 2016; Ziegler, 2009). Dieser Clustereffekt war bei Patienten mit schwerer Sprechapraxie stärker ausgeprägt als bei Patienten mit leichteren sprechapraktischen Beeinträchtigungen (Ziegler, 2009). Widersprüchlicher Weise zeigte das Modell von Ziegler (2011) keine erhöhte Schwierigkeit eines Konsonanten, wenn dieser innerhalb eines Clusters produziert wurde, was zu folgender Schlussfolgerung führte:

*„Given the inconsistent results of our different nonlinear modeling approaches, it is still an open question if the increase of phonetic encoding expenses involved in consonant clusters is disproportionately large and, therefore, requires for some additional explanation, for example, by specifically challenging timing demands.“ (Ziegler, 2011, S. 317)*

Ebenso zeigte sich auch im berechneten Modell bei Ziegler & Aichert (2015) kein Clustereffekt. Die Autoren geben jedoch zu bedenken, dass dies an dem verwendeten Sprachmaterial liegen könnte, das zum Training des Modells verwendet wurde. Hier könnte der fehlende Clustereffekt

darauf zurückzuführen sein, dass lediglich Zwei-Konsonanten-Cluster verwendet wurden und keine Cluster aus drei Konsonanten im Material enthalten waren (Ziegler & Aichert, 2015).

### 2.4.3 Differenzierung zwischen Sprechapraxie und aphasisch-phonologischen Störungen

Das NLG kann in seiner aktuellsten Weiterentwicklung einen diagnostischen Mehrwert schaffen. Es kann hier durch ein Rasch-Modell die Leistung einzelner Patienten im Hinblick auf die Wahrscheinlichkeit einer vorhandenen sprechapraktischen Störung bewertet werden (Ziegler et al., 2017a).

Inwieweit eine differenzialdiagnostische Aussage anhand des NLGs möglich ist und Fehlerdaten von Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen ebenfalls mit dem Modell vorhergesagt werden können, bzw. inwieweit sich die Gewichtung der einzelnen Modell-Koeffizienten bei dieser Patientengruppe von der der Sprechapraxiepatienten unterscheidet, ist bisher noch unbeantwortet. Ein erster Versuch wurde anhand eines Test-Samples von 15 Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung unternommen. Die Fehlerdaten dieser Patienten lassen sich zu einem Großteil durch das anhand von Sprechapraxiedaten trainierte NLG erklären (Ziegler, Lehner, Jakob & Aichert, 2017b).

## 3 Produktion von Konsonantenclustern bei Patienten mit Lautproduktionsstörungen

In diesem Kapitel werden klinische Studien dargestellt, die der Frage nachgehen, wie Patienten mit Lautproduktionsstörungen phonetisch sowie phonologisch komplexe Wörter produzieren und welche Fehler dabei entstehen. Es erfolgt zunächst eine Zusammenfassung der Evidenz zur grundlegenden Frage, ob für Patienten mit Aphasie und/oder Sprechapraxie die Produktion von Konsonantenclustern eine größere Herausforderung darstellt als die Produktion von Singletons. Eine herausragende Fehleranfälligkeit von Konsonantenclustern kann sowohl durch eine phonologische Markiertheit (vgl. Abschnitt 2.2) als auch durch eine artikulatorische Komplexität erklärt werden (vgl. Abschnitt 2.3). Aus diesem Grund kann eine gesonderte Untersuchung von Patienten mit Sprechapraxie im Vergleich zu Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung einen Beitrag zur Klärung der Frage leisten, welche Eigenschaft eines Clusters dieses fehleranfällig macht. Eine Unterscheidung der beiden Patientengruppen wird jedoch nicht in allen, im Folgenden dargestellten Untersuchungen vorgenommen.

Im zweiten Teil des Kapitels wird näher darauf eingegangen, wie phonematische Fehler die Struktur einer sprachlichen Äußerung verändern, d.h. ob diese vereinfacht oder verkompliziert wird. Hierbei kann Vereinfachung und Verkomplizierung auf unterschiedliche Weisen definiert werden. Abschließend wird die Frage diskutiert, ob einer Vereinfachung eher phonologische oder phonetische Mechanismen zugrunde liegen.

### 3.1 Fehleranfälligkeit von Clustern im Vergleich zu Singletons

In einer frühen Untersuchung zeigten Canter et al. (1985) bei je zehn Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung und Patienten mit Broca-Aphasie sowie begleitender Sprechapraxie, dass Wörter, die ein Konsonantencluster enthielten, im Vergleich zu Wörtern mit Singletons beim Nachsprechen und mündlichen Benennen fehleranfälliger waren. Der Unterschied in der Fehlerrate zwischen Singletons und Clustern war bei Patienten mit Sprechapraxie stärker ausgeprägt. Auch Buchwald & Miozzo (2011) beschrieben zwei Patienten mit unflüssiger Aphasie und begleitender leichter bis mittelschwerer Sprechapraxie. Diese Patienten tilgten in einer

Nachsprechaufgabe systematisch das /s/ in /s/-Plosiv-Clustern und produzierten beide signifikant mehr Fehler bei Cluster-Onsets als bei Singleton-Onsets.

In Studien, die Patienten mit möglichst reiner Sprechapraxie mit keiner oder nur minimaler begleitender Aphasie untersuchten, lag eine höhere Fehleranfälligkeit bei Konsonantenclustern im Vergleich zu Singletons vor (Odell et al., 1990; Staiger & Ziegler, 2008). Odell et al. (1990) zeigten dies bei vier Patienten mit reiner Sprechapraxie beim Nachsprechen von ein- bis dreisilbigen Wörtern und Staiger & Ziegler (2008) konnten dieses Bild innerhalb der Spontansprache von drei Sprechapraxiepatienten finden. Hier bestand eine erhöhte Fehleranfälligkeit von Clustern jedoch nicht bei sehr hochfrequenten Silben. Diese schienen so überlernt zu sein, dass hier eine komplexe Silbenstruktur zu keinem Anstieg der Fehler führte (Staiger & Ziegler, 2008).

Romani & Galluzzi (2005) untersuchten das Nachsprechen von Einzelwörtern bei 13 Patienten mit Lautproduktionsstörungen und klassifizierten diese anhand ihrer phonetischen Fehler in Patienten mit Sprechapraxie oder mit phonologischer Störung. Um die Komplexität der nachgesprochenen Wörter zu messen, wurden folgende Komplexitätspunkte vergeben: 0,5 Punkte für Singleton-Onsets bestehend aus einem Glide, Geminaten oder Silben mit leerem Onset; 1 Komplexitätspunkt für Onset-Konsonantencluster, Coda-Konsonanten sowie Hiatus; 2 Komplexitätspunkte für 3-Konsonantencluster-Onsets und Coda-Konsonantencluster. Entsprechend dieser Komplexitätsskala zeigte sich bei Patienten, die als sprechapraktisch kategorisiert wurden, dass diese bei komplexen Wörtern signifikant mehr Fehler produzierten als bei einfachen Wörtern. Dieser Effekt wurde bei Patienten mit phonologischer Störung nicht gefunden. Ein etwas anderes Bild zeigte sich, wenn lediglich die Anzahl an Konsonantenclustern als Maß für Komplexität herangezogen wurde. Hier wirkte sich die Silbenkomplexität bei fünf von sieben Patienten mit Sprechapraxie sowie bei zwei von sechs Patienten mit phonologischer Störung auf die Nachsprechleistung aus. Um Komplexitätseffekte noch genauer zu untersuchen, wurden anschließend zwei Wortlisten verglichen, die in Phonemanzahl, Silbenanzahl, Konkretheit und Frequenz vergleichbar waren und sich lediglich in ihrer Komplexität unterschieden. Bei diesem kontrollierten Material zeigte sich bei vier von fünf Patienten mit Sprechapraxie ein Einfluss der Komplexität auf die Nachsprechleistung, jedoch bei keinem der phonologischen Patienten (Romani & Galluzzi, 2005).

Neben den beschriebenen Studien, die eine erhöhte Fehleranfälligkeit bei Clustern im Vergleich zu phonologisch weniger markierten Elementen vor allem in der Gruppe von Sprechapraxiepatienten zeigten, war bei Moen (1993) kein solch eindeutiges Fehlermuster zu erkennen. Sie untersuchte phonologische Fehler in einem Spontansprachinterview von 15

Patienten mit Leitungsaphasie und zeigte, dass sich die Fehlerrate auf Konsonantenclustern im Vergleich zu Singletons je nach Fehlerart unterschied. 73,3 Prozent der Substitutionen fanden auf Singletons im Vergleich zu Konsonantenclustern statt, wohingegen mit 56 Prozent die Mehrzahl der Phonemtilgungen innerhalb von Clustern im Vergleich zu Singletons auftraten.

Auch Favreau, Nespoulous & Lecours (1990) konnten keine vermehrte Fehleranfälligkeit von Konsonantenclustern im Vergleich zu Singletons bei vier Patienten mit unterschiedlich klassifizierten, jedoch flüssigen Aphasien finden. Die Autoren gehen davon aus, dass kein Einfluss der Silbenkomplexität bei flüssigen Aphasien im Gegensatz zu Aphasien mit motorischen Planungsdefiziten besteht, da nach ihrer Ansicht Markiertheit ein Maß für artikulatorische Komplexität ist (Favreau et al., 1990).

### 3.2 Exkurs: Zusammenhang von Phonemanzahl und Konsonantenclustern

Betrachtet man die Fehleranfälligkeit von Clustern, ist zu beachten, dass diese mit einer erhöhten Phonemanzahl einhergehen. Während sich bei Romani & Galluzzi (2005) ein Einfluss von phonologischer Komplexität unabhängig von der Phonemanzahl im Wort zeigte, war dies bei Nickels & Howard (2004) nicht der Fall. Sie untersuchten den Einfluss der Phonemanzahl in komplexen Silben an neun aphasischen Patienten, wobei drei der Patienten Symptome einer Sprechapraxie zeigten. Sie konnten bei keinem der Patienten einen Einfluss von Konsonantenclustern auf die Korrektheit der Nachsprechleistung finden, der unabhängig von der Phonemanzahl im Wort bestand. Nickels & Howard (2004) schlussfolgerten:

*„We do not suggest that effects of numbers of clusters on performance cannot occur, merely that they are not as common as some authors suggest, and that most previous studies do not provide the evidence to be able to dissociate effects of number of phonemes and number of clusters“ (Nickels & Howard, 2004, S. 72)*

Romani & Galluzzi (2005) bewerteten dieses Ergebnis kritisch, da sie die Varianz der Clusteranzahl innerhalb von Stimuluswörtern mit gleicher Phonemlänge als zu gering einschätzten. Sie gaben zu bedenken, dass durch die geringe Varianz der Einfluss der Silbenkomplexität in der Regressionsanalyse nicht gemessen werden könne. Des Weiteren nannten sie den Kritikpunkt, dass nur Patienten, die einen Längeneffekt zeigten, in die Studie eingeschlossen wurden und bereits hierdurch ein Bias entstanden sei. Tatsächlich berichteten Nickels & Howard (2004) in der Diskussion von einer Patientin, die keinen Längeneffekt jedoch einen Clustereffekt unabhängig

von der Phonemanzahl zeigte. Diese Patientin hatten sie jedoch von vorneherein aus der Studie ausgeschlossen.

Um die interagierenden Faktoren der phonologischen Komplexität und der Phonemanzahl zu differenzieren, wird im nicht-linearen Gestenmodell (Ziegler, 2009; 2011; Ziegler & Aichert, 2015; Ziegler et al., 2017a) eine komplexe Modellierung der Wortschwierigkeit unter Einbezug all dieser Faktoren herangezogen (vgl. Abschnitt 2.4).

### 3.3 Vereinfachung komplexer Strukturen durch phonematische Fehler

Neben der Frage, ob komplexe Strukturen fehleranfälliger sind als einfache (vgl. Abschnitt 3.1), wurde die Frage nach der Art oder „Richtung“ der phonematischen Fehler bei Patienten mit Lautproduktionsstörungen häufig untersucht. Die Annahme, dass komplexe Strukturen von diesen Patienten vereinfacht werden, geht in vielen Arbeiten auf Markiertheitstheorien zurück (vgl. Abschnitt 2.2). Unter Vereinfachung werden in der Literatur unterschiedliche Prozesse subsummiert. So kann Vereinfachung durch eine Veränderung der Silben- oder Sonoritätsstruktur definiert sein oder in der Substitution von markierten durch weniger markierte Laute. Klinische Studien zu diesen Arten von Vereinfachung werden im Folgenden dargestellt. Außerdem soll die Frage diskutiert werden, inwieweit eine Vereinfachung durch phonologische oder motorische Ursachen erklärt werden kann.

#### 3.3.1 Substitutionen markierter durch weniger markierte Laute

Einzelne Laute bzw. Lautgruppen werden von einigen Autoren nach ihrer Sonorität oder artikulatorischen Komplexität in eine Markiertheitshierarchie unterteilt (vgl. Abschnitt 2.1.2), auch wenn diese Annahmen aus phonetischer Sicht in Frage gestellt werden (Ladefoged, 1990; Lindblom, 2000a; 2000b). Nimmt man dennoch eine Hierarchie der Markiertheit von einzelnen Lauten an, kann Vereinfachung anhand dieser Hierarchie auf der Lautebene definiert werden. Galluzzi et al. (2015) stellten die Bedeutung von Lautsubstitutionen als häufigsten segmentalen Fehler bei Patienten mit Aphasie heraus und untersuchten, inwieweit die Substitutionen zu einem Austausch von markierten durch weniger markierte Laute stattfand. Die Komplexität von Konsonanten wurde in dieser Untersuchung wie folgt angenommen: Stimmhafte Konsonanten sind markierter als stimmlose; Plosive sind weniger markiert als alle anderen Konsonanten; labiale

und palatale Konsonanten sind weniger markiert als velare; Reduktion des Trills beim /r/ stellt eine Vereinfachung dar. Die Untersuchung zeigte, dass sowohl beim Nachsprechen, Lesen und mündlichen Benennen die Tendenz, Phoneme zu vereinfachen, signifikant stärker in der Gruppe der Sprechapraxiepatienten ausgeprägt war als bei Patienten mit phonologischer Störung. Dies galt für alle Vereinfachungsformen von Phonemen bis auf die Reduktion des Trills. Hier fand sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Patientengruppen (Galluzzi et al., 2015). Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch Cera & Ortiz (2010). Sie zeigten, dass bei 20 Patienten mit Sprechapraxie und begleitender Aphasie signifikant häufiger ein markiertes Phonem durch ein weniger markiertes ersetzt wurde. Zu den häufigsten Fehlern zählten Entstimmungen von stimmhaften Lauten sowie die Substitution eines kontinuierlichen durch einen nicht-kontinuierlichen Laut (z. B. Frikativ durch Plosiv).

#### 3.3.2 Vereinfachung durch verbesserte Sonoritätsstruktur der Silbe

Neben der Betrachtung einzelner Phoneme kann Vereinfachung auch unter Gesichtspunkten der Sonoritätsstruktur einer Silbe definiert werden (vgl. Abschnitt 2.1.1). Durch phonematische Fehler kann die Sonoritätsstruktur verändert werden und es besteht die Möglichkeit der „Vereinfachung“ bzw. „Verbesserung“ der Silbe. So wird zum Beispiel die Silbe /ta/ besser bewertet als die Silbe /ra/ (Romani & Galluzzi, 2005).

Erste Hinweise, dass Patienten mit Jargonaphasie vermehrt optimale Silben im Sinne der Sonoritätstheorie produzieren, zeigten sich bei der Analyse von Neologismen (Christman, 1992; Stenneken, Bastiaanse, Huber & Jacobs, 2005) als auch bei *Recurring Utterances* (Code & Ball, 1994). Außerdem zeigte sich in einer Studie mit zwei Aphasiepatienten mit begleitender leichter bis mittelschwerer Sprechapraxie, dass markierte Sonoritätsstrukturen schwieriger zu produzieren waren als Silben mit einfacher Sonoritätsstruktur (Buchwald & Miozzo, 2011). Die Patienten tilgten das /s/ in /s/-Plosiv-Clustern. Hierbei entstanden mehr Fehler bei Clustern mit einer fallenden Sonoritätsstruktur (z. B. /sp/) im Vergleich zu Clustern mit einer ansteigenden Sonorität (z. B. /sl/; Buchwald & Miozzo, 2011).

In einigen Studien wird eine verbesserte Sonoritätsstruktur der Silbe mit der Auflösung phonologisch komplexer Strukturen gemeinsam unter dem Begriff „Vereinfachung“ subsummiert (Galluzzi et al., 2015; Romani & Galluzzi, 2005; Romani et al., 2002). Diese Arbeiten werden im folgenden Abschnitt 3.3.3 dargestellt. Bei Romani, Galluzzi, Bureca & Olson (2011) wurde die Vereinfachung/Verkomplizierung der Sonoritätsstruktur der Silbe hingegen gesondert zur Silbenstruktur analysiert und es zeigte sich hier, dass lediglich in der Gruppe mit Sprechapraxie die

Phonemsubstitutionen zu einem verbesserten, d.h. steileren Sonoritätsanstieg vom Onset zum Nukleus der Silbe führten. Bei phonologisch beeinträchtigten Patienten wurde dieses Bild nicht gefunden.

Auch Romani & Calabrese (1998) fanden bei einem Patienten mit Broca-Aphasie eine solche Vereinfachungstendenz. Es zeigten sich zwar eine Sprechanstrengung jedoch keine phonetischen Entstellungen in der Sprachproduktion des Patienten. Eine Sprechapraxiediagnostik wurde nicht explizit durchgeführt. Über einen Zeitraum von drei Jahren wurden dem Patienten unterschiedliche Wortlisten (insgesamt über 7500 Wörter) zum Nachsprechen präsentiert. Die Ergebnisse zeigen, dass der Patient durch Tilgungen eines Clusterkonsonanten im Onset der Silbe diese im Sinn der Sonoritätsstruktur verbesserte und eine weniger markierte Silbe produzierte. So tilgte der Patient fast ausschließlich das /l/ in Obstruent-/l/-Clustern und nur sehr selten den Obstruenten (Romani & Calabrese, 1998).

Die häufigste Fehlerart des Patienten waren Phonemsubstitutionen. Hierbei wurde in Konsonantenclustern ausschließlich der erste Konsonant substituiert. Sowohl auf Konsonantenclustern als auch auf Singletons wurde der Zielkonsonant signifikant häufiger durch einen weniger sonoren Konsonanten als durch einen sonoreren Konsonanten ersetzt. Hierbei fanden sehr häufig Entstimmungsfehler statt. Dies führte zu einem Anstieg der Sonoritätskurve innerhalb der Silbe und somit zu einer verbesserten Sonoritätsstruktur. Der Patient zeigte jedoch keine phonematischen Fehler auf der Silbencoda, die den Sonoritätsprinzipien folgten (Romani & Calabrese, 1998), wobei anzumerken ist, dass im Italienischen nur einfache Codas erlaubt sind und hier wenige Möglichkeiten bestanden, diese weiter zu vereinfachen.

Im Gegensatz zu den dargestellten Ergebnissen, wonach vor allem Patienten mit Sprechapraxie und unflüssiger Aphasie zu einer Verbesserung der Sonoritätsstruktur tendieren, zeigte Christman (1994) bei drei Patienten mit flüssiger Jargonaphasie, dass diese die Sonoritätsstruktur durch einen phonematischen Fehler häufiger verbesserten als verschlechterten (27 vs. 20 Prozent der produzierten phonematischen Fehler). Béland, Caplan & Nespoulous (1990) beschrieben einen Einzelfall mit Leitungsaphasie, der fast ausschließlich den Liquid an zweiter Position im Konsonantencluster tilgte, was mit dem von Romani & Calabrese (1998) beschriebenen Fehlermuster übereinstimmte, und dadurch die Sonoritätsstruktur verbesserte. Auch Bastiaanse, Gilbers & van der Linde (1994) beschrieben vier Patienten mit Leitungsaphasie, die die Sonoritätsstruktur durch die Mehrzahl der Phonemsubstitutionen verbesserten, wohingegen dieses Bild bei einer Vergleichsgruppe von sieben Patienten mit Broca-Aphasie nicht vorlag (Bastiaanse et al., 1994). Die Autoren schlussfolgern daraus, dass dieser Unterschied auf unterschiedliche Störungsursachen bei diesen zwei Aphasieformen hindeutet: bei Leitungsaphasie auf eine phonologische Verarbeitungsstörung und bei Broca-Aphasie auf eine artikulatorische

Verarbeitungsstörung. Da jedoch auch einige der Lautsubstitutionen der Patienten mit Broca-Aphasie zu einer verbesserten Sonorität führten, sehen die Autoren hier eine Mischung aus phonologischer und phonetischer Fehlerursache als plausibel an (Bastiaanse et al., 1994).

#### 3.3.3 Vereinfachung der Silbenstruktur

Die phonologische Struktur einer Silbe kann im Deutschen in eine Komplexitätshierarchie eingeteilt werden (vgl. Abschnitt 2.1.1), anhand derer man phonematische Fehler in Verkomplizierungen, sprich Neubildungen komplexer Silbenstrukturen, und Vereinfachungen einteilen kann. Geht man zum Beispiel von einer Markiertheit von Konsonantenclustern aus, sollte es unter der Vereinfachungsannahme vermehrt zu Reduktionen dieser Strukturen kommen (vgl. Abschnitt 2.2). Dennoch werden in der klinischen Praxis nicht selten Patienten beschrieben, die Verkomplizierungen durch ihre phonologischen Fehler produzieren. Ein Überblick über Studien, die die Vereinfachung und Verkomplizierung der Silbenstruktur untersuchten, soll im Folgenden dargestellt werden.

##### *Studien mit Aphasiepatienten*

Einige Studien untersuchten die Vereinfachungstendenz bei Aphasiepatienten mit unterschiedlichen Syndromen beim Nachsprechen von Wörtern (Béland et al., 1990; Buchwald, 2009; Favreau et al., 1990; Keller, 1984; Romani & Calabrese, 1998). In einer Arbeit von Keller (1984) konnte gezeigt werden, dass es zu Vereinfachungen von Konsonantenclustern und Diphthongen bei Broca- und Leitungsaphasien jedoch nicht bei Wernicke-Aphasie kam. Eine Verkomplizierungstendenz wurde in dieser Studie nicht gezeigt. Methodisch weist diese Untersuchung jedoch einige Schwächen auf, da keine klare Beschreibung einer möglichen, begleitenden Sprechapraxie vorgenommen wurde und sich die Erhebungsmethode des analysierten Sprachmaterials zwischen den Probanden unterschied.

Auch Béland et al. (1990) zeigten bei einem Einzelfall mit Leitungsaphasie eine Vereinfachungstendenz in Form von vielen Tilgungen eines Konsonanten innerhalb von Konsonantenclustern.

Buchwald (2009) untersuchte eine Patientin mit nicht näher beschriebener Aphasie, die bereits in einer vorhergehenden Studie erfasst wurde (vgl. Buchwald, Rapp & Stone, 2007). Bei diesem Einzelfall konnten beim Nachsprechen von Wörtern mit Konsonantenclustern häufig Vereinfachungen festgestellt werden. So wurden bei Obstruent-/l/-Clustern und /kw/-Clustern sehr häufig Schwa-Einfügungen festgestellt (69 und 82 Prozent) und bei C-/j/-/u/-Onsets zwar keine Schwa-Einfügungen jedoch bei 79 Prozent der Wörter Tilgungen des /j/. Buchwald (2009)

geht davon aus, dass /ju/ als steigender Diphthong verarbeitet wird und der C-/j/-/u/-Onset kein Cluster darstellt. Aufgrund dieses angenommenen, strukturellen Unterschiedes werden die unterschiedlichen Fehlermuster (Schwa-Einfügung vs. Konsonantentilgung) erklärt (Buchwald, 2009). Ziegler (2017) sieht in einer Schwa-Einfügung in ein Cluster hingegen keine Vereinfachung bei deutschsprachigen Patienten, da hierdurch aus einsilbigen Wörtern ein Jambus entsteht (z. B. /knast/ → /kə.'nast/), der im Deutschen als markierter gilt. Auch im NLG Modell (vgl. Abschnitt 2.4) ist ein Anstieg der Komplexität des Wortes durch eine Schwa-Einfügung in das Konsonantencluster zu verzeichnen, während eine Tilgung von C2 die Komplexität verringert (Ziegler, 2017).

Im Gegensatz zu den gezeigten Vereinfachungstendenzen von Aphasiepatienten kamen Favreau et al. (1990) bei der Analyse von Fehler, die beim Nachsprechen von Wörtern von vier Patienten mit unterschiedlich klassifizierten, jedoch flüssigen Aphasien gemacht wurden, dass die Patienten genauso häufig Verkomplizierungen wie Vereinfachungen der Silbenstruktur produzierten. Auch Romani & Calabrese (1998) kamen nach der Beschreibung eines Patienten mit unflüssiger Aphasie, der zwar insgesamt mehr Vereinfachungen als Verkomplizierungen produzierte, zu dem Schluss:

*„Some of the insertion errors made by [patient] DB, as well as by other aphasics, are puzzling because they unduly complicate the syllabic structure of the target word.”*  
(Romani & Calabrese, 1998, S. 110)

#### *Vergleichende Studien zu Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen vs. Sprechapraxie*

Romani et al. (2002) verglichen erstmals die phonologischen Fehler eines Patienten mit motorischer Planungsstörung, der bereits bei Romani & Calabrese (1998) beschrieben wurde, mit einem Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung. Die Studie weist methodische Schwächen auf, da das analysierte Wortmaterial bei einem Patienten in einer Nachsprechaufgabe von Einzelwörtern erhoben wurde und bei dem anderen Patienten zusätzlich aus der Spontansprache und einer Satzvervollständigungsaufgabe. Die Wörter wurden zwar weitestgehend nachträglich gemacht, aber dennoch kann die unterschiedliche Erhebungssituation die phonologischen Fehler beeinflusst haben (vgl. Abschnitt 1.4.1). Unter Vereinfachung subsummierten die Autoren sowohl eine Vereinfachung der Silbenstruktur (z. B. Tilgung eines Clusterkonsonanten, Einfügung eines Vokals in ein Cluster oder Tilgung eines Coda-Singletons) als auch Verbesserung der Sonoritätsstruktur (z. B. Konsonantensubstitution, die zu einem größeren Sonoritätsanstieg vom Onset zum Nukleus der Silbe führt). Verkomplizierung wurden analog dazu definiert. Die

Ergebnisse zeigen, dass sich nur bei Patient DB, bei dem eine artikulatorische Planungsstörung als Ursache der phonologischen Fehler angenommen wurde, eine Vereinfachungstendenz zeigte. Der Patient mit phonologischer Verarbeitungsstörung produzierte hingegen gleich viele Vereinfachungen wie Verkomplizierungen (Romani et al., 2002). Zu einem vergleichbaren Ergebnis kam auch ein Gruppenvergleich mit je fünf Patienten (Romani & Galluzzi, 2005). Patienten mit Sprechapraxie produzierten hier signifikant mehr Vereinfachungen als Verkomplizierungen, wohingegen Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung gleich viele Vereinfachungen wie Verkomplizierungen produzierten. Dennoch fanden bei beiden Patientengruppen auch Verkomplizierungsfehler statt (Romani & Galluzzi, 2005).

Neben den bisher beschriebenen Studien, die phonologische Fehlermuster beim Nachsprechen von Wörtern untersuchten, wurde bei Romani et al. (2011) nicht nur die Nachsprechleistung der Patienten erhoben, sondern zusätzlich auch phonologische Fehler beim lauten Lesen und mündlichen Benennen untersucht. Bei einem Gruppenvergleich der Vereinfachungstendenz bei elf Patienten mit Sprechapraxie und neun Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung zeigte sich eine Vereinfachung der phonologisch komplexen Strukturen (Konsonantencluster im Silbenonset und -coda, Geminaten, Hiatus) nur in der Sprechapraxiegruppe. Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung produzierten hingegen gleich viele Vereinfachungen wie Verkomplizierungen. Dieses Muster zeigte sich über alle Aufgabentypen (Nachsprechen, Lesen und Benennen) hinweg. Eine konstante Vereinfachungstendenz über alle Patienten mit Sprechapraxie hinweg zeigte sich jedoch nur bei der Reduktion von Konsonantenclustern, wobei bei den Hiatus und Geminaten das Vereinfachungsmuster zwischen den Patienten mit Sprechapraxie variierte.

In der bisher größten Stichprobe von 24 Patienten untersuchten Galluzzi et al. (2015) den Unterschied in der Vereinfachung phonologischer Strukturen zwischen Patienten mit Sprechapraxie und aphasisch-phonologischer Störung beim lauten Lesen, Nachsprechen und Benennen auf Einzelwortebene. Vereinfachung wurde hier wie folgt definiert: Reduktion von Konsonantenclustern, Verbesserung der Sonoritätsstruktur der Silbe und Substitution von komplexen Phonemen durch einfache (s. Abschnitt 3.3.1). Wie bereits in den Untersuchungen zuvor (Romani & Galluzzi, 2005; Romani et al., 2011; Romani et al., 2002) zeigte sich ein klarer Unterschied zwischen den Patientengruppen: Lediglich Patienten mit Sprechapraxie vereinfachten phonologisch komplexe Strukturen, wohingegen Patienten mit phonologischer Störung gleich häufig verkomplizierten wie vereinfachten.

Einige Untersuchungen schlossen lediglich Patienten mit Sprechapraxie ein und konnten hier weitere Belege für eine Vereinfachungstendenz bei dieser Gruppe feststellen. So zeigte Schwartz,

Romani, Brown & Brecher (2015) einen Zusammenhang zwischen der Anzahl an phonetischen Fehlern und der Vereinfachung von phonologischen Silbenstrukturen bei 22 Patienten mit Aphasie und/oder Sprechapraxie unabhängig von der Schwere der Aphasie und der Läsionsgröße. Dieses Ergebnis spricht dafür, dass Patienten mit Sprechapraxie zur Vereinfachung von phonologisch komplexen Strukturen tendieren. Näheres über die Position von Vereinfachungen innerhalb eines Wortes wurde bei Aichert & Ziegler (2004b) untersucht. Sie zeigten an einer Stichprobe von zehn Patienten mit Sprechapraxie, dass signifikant mehr Fehler in Clustern im Silbenonset im Vergleich zur -coda produziert wurden. Außerdem wurde gezeigt, dass Vereinfachungen von Clustern kaum bei Clustern über die Silbengrenzen hinweg auftraten, sondern signifikant häufiger bei Onset- und Codaclustern (Aichert & Ziegler, 2004b).

#### *Untersuchungen der Spontansprache*

Neben den bisher dargestellten Untersuchungen von Vereinfachung durch die Produktion von Einzelwörtern wurde in der Arbeit von Edmonds & Marquardt (2004) die Spontansprache von fünf Sprechern mit Sprechapraxie und Broca-Aphasie untersucht. Anhand von 100 Turns aus einer freien Konversation mit dem Untersucher wurde die Länge und phonologische Komplexität der verwendeten Wörter analysiert. Es zeigte sich, dass die Patienten mit Sprechapraxie kürzere und weniger komplexe Wörter als gesunde Kontrollsprecher in ihrer Kommunikation verwendeten. Dies wird von den Autoren als eine kommunikative Strategie gewertet, die dazu dient, den sprachlichen Output an die Beeinträchtigung anzupassen und so einen größtmöglichen kommunikativen Erfolg zu erzielen. Staiger & Ziegler (2008) konnten im Gegensatz zu Edmonds & Marquardt (2004) in einigen strukturellen Eigenschaften der Spontansprache zwischen gesunden Sprechern und drei Sprechapraxiepatienten mit relativ reiner Sprechapraxie keinen Unterschied finden. So verwendeten die Patienten Silben mit einem vergleichbaren Frequenzranking und zeigten eine vergleichbare Type-Token-Ratio innerhalb der verwendeten Silben wie gesunde Kontrollen. Weiter fanden Staiger & Ziegler (2008) nur bei einem von drei Sprechapraxiepatienten, dass dieser weniger komplexe Silben produzierte als gesunde Sprecher. Bei einer genaueren Analyse zeigte sich, dass dieser Unterschied zwischen diesem einen Sprechapraxiepatienten und den Kontrollprobanden durch weniger produzierte Codacluster entstand, wohingegen er vergleichbar viele Silben mit Onsetclustern produzierte wie die gesunden Sprecher. Dies könnte jedoch an seiner leichten, begleitenden Broca-Aphasie liegen, bei der Flexion selten produziert wird, die im Deutschen wiederum durch Codacluster gebildet wird.

### 3.3.4 Motorische vs. phonologische Ursachen für Vereinfachung

Die Vereinfachung einer phonologisch komplexen Struktur kann auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden. Zwei mögliche Ursachen, die häufig gegeneinander gestellt werden, sind die motorische vs. phonologische Vereinfachung. Einige Studien möchten diesen Unterschied anhand der addierten oder nach einer Tilgung zurückbleibenden Phoneme aufdecken.

So versuchten Buchwald et al. (2007) anhand von Schwa-Einfügungen in Konsonantenclustern Unterschiede zwischen einem phonologischen Optimierungsprozess und phonetischem *Mistiming* zu finden. Es wird in dieser Einzelfallstudie eine Aphasiepatientin beschrieben. Eine Testung oder Beschreibung einer begleitenden Sprechapraxie wurde nicht vorgenommen. Die Patientin produzierte beim Nachsprechen von 79 Wörtern mit Onsetcluster bei 54,4 Prozent eine Schwa-Einfügung im Cluster. Ausnahmen bildeten s-initiale Cluster und Cluster mit /j/ als zweitem Konsonanten: Hier kamen keine Schwa-Einfügungen vor. Um die Störungsursache für diese Fehler zu untersuchen, wurden sowohl die Zungenkontur mittels Ultraschall als auch akustische Maße, wie z. B. die Dauer der eingefügten Schwas, erhoben. Es wurde ein Vergleich zwischen lexikalischen Schwas, z. B. im englischen Wort *believe*, im Vergleich zu in Cluster eingefügten Schwas erhoben. Mit dieser Methode sollten folgende denkbaren Störungsursachen getestet werden: Schwa-Einfügung a) als phonologischer Reparaturprozess, b) als Resultat einer falschen zeitlichen Koordination der einzelnen Phoneme oder c) aufgrund einer gestörten artikulatorischen Ausführung („articulatory noise“, Buchwald et al., 2007, S. 916). In einer Nachsprechaufgabe produzierte die Patientin 22 Wörter mit Konsonantenclustern im Onset. Es handelte sich hierbei um Obstruent-/l-Cluster mit ausschließlich labialen oder velaren Obstruenten (z. B. *clone*). Außerdem sprach die Patientin 22 gematchte Kontrollwörter mit [C<sub>1</sub>əC<sub>2</sub>] als Onset nach (z. B. *cologne*). Während des Nachsprechens wurde der mittlere Saggitalschnitt der Zunge durch ein am Mundboden von außen angebrachten Schallkopf erfasst. Außerdem wurde das akustische Signal aufgezeichnet und anschließend die Dauer der Schwas im Sonagramm gemessen (Buchwald et al., 2007).

Die Ergebnisse aus der akustischen Analyse zeigten weder einen Längenunterschied noch einen Unterschied in der Varianz zwischen den Schwa-Realisationen zwischen lexikalischen und in Clustern eingefügten Schwas. Dieses Ergebnis spricht laut Autoren gegen eine gestörte artikulatorische Ausführung und für eine Schwa-Einfügung als phonologischen Reparaturprozess. Auch die Ergebnisse aus der Ultraschalluntersuchung sprechen für letzteres: Es zeigten sich keine systematischen Unterschiede in der Zungenkontur zwischen dem lexikalischen und dem in Cluster eingefügten Schwa. Deshalb gingen die Autoren von der Einfügung eines lexikalischen Schwas in

das Cluster aus. Abschließend diskutierten die Autoren jedoch einen möglichen Einfluss einer artikulatorischen Störung:

*„(...) the [schwa epenthesis] repair could be a type of compensation for a peripheral deficit, permitting more time for articulatory planning and implementation processes.“* (Buchwald et al., 2007, S. 942)

Anstatt sich einen hinzugefügten Laut und dessen akustische Parameter anzuschauen, untersuchen weitere Studien die Frage, ob der zurückbleibende Konsonant nach einer Tilgung des anderen Clusterkonsonanten in den akustischen Parametern eher einem Singleton oder einem Clusterkonsonanten ähnelt (Buchwald & Miozzo, 2011; 2012). Ist Ersteres der Fall, gehen die Autoren von einem phonologischem Reparaturprozess des markierten Clusters aus, wohingegen die Tatsache, dass der zurückbleibende Konsonant in seinen akustischen Werten einem Konsonanten im Cluster entspricht, für eine motorische Störungsursache spräche. Buchwald & Miozzo (2011) untersuchten die Voice-Onset-Time (VOT) des Plosivs, nachdem das /s/ in /s/-Plosiv-Clustern getilgt wurde. Die zwei untersuchten Aphasiepatienten zeigten unterschiedliche Muster. Ein Patient produzierte nach der /s/-Tilgung den zurückbleibenden Plosiv mit einer VOT wie in einem Singleton-Onset üblich, wohingegen der andere Patient den Plosiv mit einer VOT wie im Cluster produzierte. Erklärungsversuche, warum die zwei Aphasiepatienten dieses unterschiedliche Muster zeigten, wurden nicht angestellt. Aus dem Ergebnis schlossen die Autoren auf mindestens zwei Ebenen im Sprachproduktionsprozess, die separat beeinträchtigt sein können:

*„(...) one processing stage with context-independent representations of sounds and another with context-specific representations.“* (Buchwald & Miozzo, 2011, S. 1118)

Die in der Studie von Buchwald & Miozzo (2011) untersuchten zwei Aphasiepatienten wurden ein weiteres Mal in der Arbeit von Buchwald & Miozzo (2012) einbezogen. Hier findet sich nun eine detailliertere Beschreibung der Sprechapraxie. Es fanden sich typische Sprechapraxiesymptome, wie phonetische Entstellungen, in der Spontansprache beider Patienten. Da diese Symptome beim Patienten HFL häufiger auftraten, wurde hier die Diagnose mittelschwere bis schwere Sprechapraxie vergeben, wohingegen Patient DLE die Diagnose einer leichten Sprechapraxie erhielt. Die Patienten sprachen /s/-Nasal-Cluster sowie Wörter mit Nasal-Singleton-Onsets und sonst identischen Phonemen nach. Die Dauer von Singleton-Nasalen ist in der Regel länger als die von Nasalen im Cluster. Es wurde die Dauer der von den Patienten produzierten Nasale bei Singletons, Nasalen im Cluster und Nasalen in Clustern, bei denen das /s/ getilgt wurde, gemessen. Es zeigte sich, dass Patient HFL mit schwerer Sprechapraxie Nasale im getilgten Cluster

mit einer Dauer wie Nasale im Cluster produzierte und Patient DLE diese Nasale mit einer Dauer von Singleton-Nasalen produzierte.

Anhand der Beschreibung dieser insgesamt drei Aphasiepatienten und der akustischen Analyse von Einzellauten leiteten die Autoren Annahmen bezüglich der Fehlerursache ab: Patienten mit Sprechapraxie produzierten eine Vereinfachung des Clusters auf der motorischen Verarbeitungsebene und Patienten mit phonologischer Störung produzierten einen phonologischen Reparaturprozess mit der Tilgung des Clusters bereits auf der phonologischen Verarbeitungsebene (Buchwald & Miozzo, 2011; 2012; Buchwald et al., 2007).

## 3.4 Exkurs: Therapieeffekte durch Nachsprechen von Wörtern mit Konsonantenclustern

Buchwald, Gagnon & Miozzo (2017) gingen der Frage nach, ob Patienten durch eine wiederholte Produktion von Konsonantenclustern ihre Nachsprechleistung steigern können. Hierzu wurden vier Patienten mit Aphasie und Sprechapraxie in die Studie eingeschlossen. Die Diagnose einer Sprechapraxie wurde anhand einer 3-Punkte Skala (1 = keine Sprechapraxie, 2 = Sprechapraxie möglich, 3 = Sprechapraxie) und auf Grundlage von drei unabhängigen Expertenratings vorgenommen. Hier wurde bei allen vier Patienten mit Aphasie ein Rating von 2 oder 3 vergeben und somit der Rückschluss gezogen, dass alle Patienten eine zusätzlich Sprechapraxie aufwiesen. Bei zwei der Patienten wurde eine nicht-flüssige Broca-Aphasie beschrieben und bei zwei eine flüssige Aphasie (amnestische und Leitungsaphasie). Um die Störungsursache bei den Patienten zu identifizieren, wurde die Methode wie in Buchwald & Miozzo (2011; 2012) angewandt und der nach einer Clusterkonsonantentilgung verbleibende Konsonant akustisch analysiert. Bei zwei Patienten wurde so die Störungsursache auf der phonologischen Verarbeitungsebene verortet, wohingegen die anderen beiden Patienten eine motorische Störungsursache zugeschrieben bekamen (Buchwald et al., 2017).

Die Patienten erhielten insgesamt acht Therapiesitzungen, die wöchentlich abgehalten wurden, bei denen sie Wörter mit zwölf unterschiedlichen Konsonantenclustern nachsprachen. Es wurde kein Feedback über die Korrektheit des Nachsprechens gegeben. Vor und nach der achtwöchigen Trainingsphase wurde die Nachsprechleistung der trainierten und untrainierten Kontrollitems überprüft und die Clusterproduktion als korrekt oder unabhängig vom Fehlertyp als falsch bewertet. Die Übungseffekte auf trainierte und untrainierte Wörter wurden analysiert. Hier zeigte sich lediglich bei den zwei Patienten mit einer motorischen Verarbeitungsstörung eine signifikant

bessere Leistung im Nachsprechen der Cluster nach dem Training sowohl für geübte als auch ungeübte Items. Patienten mit einer phonologischen Störungsursache zeigten hingegen keine Trainingseffekte. Die Autoren schlossen daraus, dass bei Patienten mit Aphasie und Sprechapraxie unterschiedliche Ebenen der Sprachproduktion gestört sind (phonologische vs. motorische Ebene) und hierdurch vorhergesagt werden kann, inwieweit der Patient von einem wiederholten Nachsprechen in der Therapie profitiert (Buchwald et al., 2017).

## II Empirische Studie

## 4 Fragestellungen

Die Komplexität von sprachlichen Äußerungen kann sowohl nach phonologischen Kriterien definiert werden, was beispielsweise in Markiertheitsannahmen zum Ausdruck kommt, als auch auf Grundlage von phonetischen Mechanismen. Integrative Ansätze, die Komplexität nach phonologischen und phonetischen Gesichtspunkten darstellen und hier eine enge Abhängigkeit dieser zwei Ebenen im Sprachproduktionsprozess annehmen, sind aktuell kaum zu finden (Ohala, 1990). Um die Abhängigkeit von phonologischer und phonetischer Verarbeitung im Sprachproduktionsprozess zu untersuchen, stellen aphasisch-phonologische Störungen sowie Sprechapraxie interessante Störungsbilder dar, da deren Störungsmechanismen diesen zwei Verarbeitungsebenen zuzuordnen sind. Anhand der Lautproduktionsfehler der Patienten kann unter anderem untersucht werden, welche Faktoren ein Wort mehr oder weniger komplex machen. Hierzu eignet sich besonders die Verwendung von Sprachmaterial mit Konsonantenclustern, das auch in dieser Arbeit zum Einsatz kam.

Wie der Überblick über klinische Studien zur Produktion von Konsonantenclustern in Kapitel 3 des Theorieteils zeigt, wurde eine erhöhte Fehleranfälligkeit von dieser komplexen Struktur bei Patienten mit Lautproduktionsstörungen und hier vor allem bei Patienten mit Sprechapraxie festgestellt. Angetrieben von Markiertheitsannahmen, wie sie zum Beispiel die Optimalitätstheorie formuliert, wurde in zahlreichen Studien nach Vereinfachungsprozessen innerhalb der phonologischen Fehler von Patienten gesucht. Hierbei werden uneinheitliche Ergebnisse berichtet. Die Frage, ob eine Vereinfachung hierbei phonologisch oder motorisch motiviert ist, wird ebenfalls diskutiert.

Im Folgenden werden die Fragestellungen dieser Arbeit formuliert, die an bisherige Studien zur Untersuchung von phonologisch komplexen Strukturen bei Patienten mit Lautproduktionsstörungen anknüpfen. Durch eine systematische Kontrolle des Stimulusmaterials sollen methodische Schwächen bisheriger Arbeiten überwunden und die sonst typischen Nachsprechaufgaben von Einzelwörtern durch eine Wortpaarbedingung ergänzt werden. Hierdurch werden neue Erkenntnisse zum Einfluss von verbalen Kurzzeitgedächtnisleistungen und dem phonologischem Kontext auf die Lautproduktionsfehler bei Patienten erwartet.

## 4.1 Fehleranfälligkeit von Konsonantenclustern

Konsonantencluster werden im Rahmen von phonologischen Theorien, wie der Optimalitätstheorie (vgl. Abschnitt 2.2), als markierte Strukturen angesehen und ihnen wird im Vergleich zu Singletons somit eine erhöhte Komplexität zugeschrieben. Phonetisch ausgerichtete Theorien hingegen sehen die Komplexität eines Clusters nicht in einer Markierung der abstrakten phonologischen Form begründet, sondern in einer möglicherweise erhöhten Anforderung durch die enge zeitliche Koordination verschiedener artikulatorischer Gesten und ausführender Artikulatoren (vgl. Tilsen, 2016).

Überträgt man diese Annahmen auf die Patientengruppen mit aphasisch-phonologischen Störung und mit Sprechapraxie, können folgende Hypothesen zur Fehleranfälligkeit von Konsonantenclustern aufgestellt werden: Konsonantencluster bilden eine phonologisch markierte Struktur und sind aus diesem Grund für Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen schwieriger zu produzieren als Einzelkonsonanten. Außerdem sind Konsonantencluster durch den höheren artikulatorischen Planungsaufwand für Patienten mit Sprechapraxie schwieriger als Einzelkonsonanten. Während Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung durch die generelle Markiertheit der abstrakten Struktur [CC], wie sie beispielsweise in der Optimalitätstheorie angenommen wird, bei allen Konsonantenclustern eine vergleichbare Fehleranfälligkeit zeigen sollten, wird bei Sprechapraxiepatienten insbesondere bei Konsonantenclustern, die eine hohe artikulatorische Komplexität durch die Beteiligung vieler Artikulatoren aufweisen, eine besondere Schwierigkeit erwartet.

Frühere Arbeiten zeigen, dass eine erhöhte Fehleranfälligkeit von Clustern im Vergleich zu Singletons vor allem bei Patienten mit Sprechapraxie auftrat, wohingegen Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen dieses Muster nicht zeigten (vgl. Abschnitt 3.1). In Studien, wie beispielsweise von Romani & Galluzzi (2005), zeigte sich erst durch eine Kontrolle des Wortmaterials nach Faktoren wie Frequenz, Silbenanzahl und Konkretheit ein Clustereffekt, was die Bedeutung einer sorgfältigen Auswahl des Wortmaterials hervorhebt. Insbesondere um die Fehleranfälligkeit lediglich auf den Faktor „Cluster“ zurückführen zu können, muss ein enges Matching zwischen Cluster- und Singleton-Wörtern vorgenommen werden, das weitere Einflussfaktoren ausschließt. Diese sorgfältige Strukturierung des Stimulusmaterials wurde in früheren Studien nicht beschrieben.

In der vorliegenden Arbeit wurde ein solches Matching von Cluster- und Singleton-Wörtern vorgenommen, um die Fehleranfälligkeit bei Konsonantenclustern zu untersuchen. Während frühere Arbeiten die konfundierenden Faktoren der Phonemanzahl und des Clusters nicht

differenzierten, wurde in dieser Arbeit außerdem überprüft, ob der etwaige Clustereffekt lediglich durch eine erhöhte Anzahl an Phonemen im Cluster erklärt werden kann.

Die Untersuchung der vorliegenden Arbeit beschränkte sich dabei auf vier systematisch ausgewählte Clustertypen. Die Auswahl richtete sich nach strukturellen Gesichtspunkten der Clustertypen, da nicht davon auszugehen ist, dass alle Konsonantenverbindungen im Deutschen die gleiche artikulatorische Komplexität aufweisen (Bombien et al., 2013; Hoole et al., 2013; Pouplier, 2012). Diese Annahme zur unterschiedlichen Komplexität von Clustern kann anhand der gezielt ausgewählten Clustertypen untersucht werden.

### 4.2 Arten phonematischer Fehler

Neben der Frage, ob Konsonantencluster eine erhöhte Schwierigkeit für Patienten mit Lautproduktionsstörungen aufweisen, kann im nächsten Schritt die Frage angeschlossen werden, welche Arten von phonematischen Fehlern bei der Produktion von Clustern auftreten. Nach Markiertheitsannahmen der Optimalitätstheorie kann hier davon ausgegangen werden, dass phonematische Fehler in einer Reduktion der Markiertheit resultieren, zum Beispiel in der Reduktion eines Clusters. Fehler, die die phonologische Struktur einer Silbe verkomplizieren, zum Beispiel durch die Addition eines Onset-Konsonanten und somit einer Clusterneubildung, werden von Theorien wie der Optimalitätstheorie hingegen ausgeschlossen. Dieses Fehlermuster sollte demnach bei Patienten mit Lautproduktionsstörungen nicht zu beobachten sein.

In früheren Studien wurde der Frage nach der Richtung von Komplexität verändernden Fehlern bei Patienten mit Aphasie und Sprechapraxie nachgegangen. Hierbei wurde eine Tendenz zur Vereinfachung vor allem in der Gruppe der Sprechapraxiepatienten aufgezeigt, wobei einige Studien dieses Muster auch bei aphasischen Patienten beschreiben und somit keine eindeutigen Evidenzen zu Gruppenunterschieden vorliegen (vgl. Abschnitt 3.3). Methodisch unterscheiden sich bisherige Studien maßgeblich in der Definition von Vereinfachungsfehlern. Während einige Autoren neben Vereinfachung der phonologischen Silbenstruktur auch Verbesserungen im Sinne der Sonoritätshierarchie sowie Substitutionen von markierten durch unmarkierte Phoneme darunter subsumieren (z. B. Galluzzi et al., 2015), untersuchen andere Autoren lediglich die Vereinfachung von Konsonantenclustern (z. B. Buchwald, 2009).

Einige Autoren berichten auch von Verkomplizierungen bei Patienten mit Lautproduktionsstörungen. Eine nähere Beschreibung dieser Fehler blieb jedoch aus (vgl. Favreau et al., 1990; Romani & Calabrese, 1998).

In dieser Arbeit soll die Frage beantwortet werden, ob phonematische Fehler häufiger zu Vereinfachungen oder Verkomplizierungen führen und ob hierbei Unterschiede zwischen den Patientengruppen gefunden werden. Hierzu wurde eine Definition von Vereinfachung/Verkomplizierung in Bezug auf die phonologische Struktur der Silbe gewählt und keine Annahmen zur Sonoritätshierarchie oder einer Komplexitätshierarchie von einzelnen Phonemen einbezogen.

Die beobachteten Typen an Vereinfachungs- und Verkomplizierungsfehlern wurden des Weiteren detailliert dargestellt und nach Unterschieden im Fehlermuster zwischen den Patientengruppen gesucht.

### 4.3 Einfluss von Kontext auf die Nachsprechleistung

Die Produktion von mehr oder weniger komplexem Sprachmaterial wurde in vorherigen Studien meist mittels Nachsprechen von Einzelwörtern erhoben. Durch diese Erhebungsmethode kann das sprachliche Material systematisch kontrolliert werden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass der phonologische Kontext innerhalb von längeren sprachlichen Äußerungen in natürlicheren Kommunikationssituationen sowohl die Fehlerrate als auch die Fehlertypen beeinflusst (vgl. Abschnitt 1.4.1) und beispielsweise mehr Verkomplizierungen zu erwarten wären (Romani & Galluzzi, 2005). Um diesen Faktor des phonologischen Kontextes auf die phonematischen Fehler bei der Produktion von Konsonantenclustern zu untersuchen, wurde eine neue Erhebungsmethode in der vorliegenden Studie gewählt: Es wurden neben Einzelwörtern auch Wortpaare durch die Probanden nachgesprochen. Die Wortpaare unterschieden sich ferner in ihrer phonologischen Relation der zwei Wörter und der Position des Cluster-Wortes im Paar.

Es ist davon auszugehen, dass beim Nachsprechen von Wortpaaren eine erhöhte Anforderung an die phonologische Verarbeitung besteht, die bei Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen zu einem Anstieg der Fehlerrate in Wortpaaren im Vergleich zu Einzelwörtern führen sollte (Martin & Saffran, 1997). Bisher wurde ein Anstieg der Fehlerrate bei Wortpaaren im Vergleich zu Einzelwörtern lediglich bei Patienten mit aphasischen Störungen gezeigt (Martin & Saffran, 1997) und es liegen hierzu keine Untersuchungen bei Sprechapraxiepatienten vor, weshalb hier die Voraussagen spekulativer bleiben. Geht man bei Sprechapraxie von einer eingeschränkten Vorausplanung über mehrere Silben und Wörter hinweg aus (Rochon et al., 1990; Rogers & Storkel, 1999; Waters et al., 1992), sollte kein Anstieg der Fehler in der Wortpaarbedingung stattfinden.

Es wurde in dieser Arbeit, wie von Attout et al. (2012) vorgeschlagen, zwischen Item- und Reihenfolge-Fehlern unterschieden und nach Zusammenhängen zu verbalen Kurzzeitgedächtnisleistungen der Patienten gesucht. Basierend auf den Annahmen einer engen Abhängigkeit von semantisch-lexikalischen und phonologischen Fähigkeiten sowie dem auditiven Kurzzeitgedächtnis (Martin & Saffran, 1990; 1997), sollte in dieser Arbeit überprüft werden, welches Wort im Paar überwiegend von Fehlern betroffen ist. Es wurde bei phonologischen Störungen das Auftreten eines *primacy effects* erwartet (nach Martin & Saffran, 1997). Geht man bei Sprechapraxie von einer Störung der Initiierung von Äußerungen aus (z. B. Canter et al., 1985), kann von einem vermehrten Auftreten von Fehlern auf dem ersten im Vergleich zum zweiten Wort im Paar ausgegangen werden (*recency effect*).

Des Weiteren sollte in der vorliegenden Arbeit anhand einer systematischen Variation der phonologischen Relation innerhalb der Wortpaare überprüft werden, inwieweit sich die phonologische Nähe der Wörter im Paar erleichternd oder erschwerend auf das Nachsprechen auswirkt.

Neben der generellen Fehlerrate bei Wortpaaren sollte außerdem untersucht werden, ob ein Übertrag von phonologischen Strukturen von einem Wort auf das benachbarte Wort im Paar stattfindet. Hierbei wird folgendes Übertragungsmuster anhand der Optimalitätstheorie abgeleitet: Die weniger markierte phonologische Struktur eines Wortes überträgt sich im direkten Kontext im Wortpaar auf das Nachbarwort. Konsonantencluster gelten in der Optimalitätstheorie als phonologisch markiert, weshalb hiernach angenommen wird, dass sich der dominante Singleton-Kontext überträgt und es vermehrt zu Vereinfachungen kommt. Unter der Annahme einer parallelen Aktivierung beider Wörter im Wortpaar wird erwartet, dass der Übertrag sowohl perseveratorisch als auch antizipatorisch erfolgt.

## 5 Methode

### 5.1 Probanden

In dieser Studie wurden Patienten mit Lautproduktionsstörungen aufgrund eines zerebrovaskulären Insults untersucht. Die Unterteilung in die zwei Patientengruppen „aphasisch-phonologische Störung“ und „Sprechapraxie“ wurde erst nach Aufnahme der Patienten in die Studie auf Basis der durchgeführten sprachlichen Tests vorgenommen.

#### 5.1.1 Ein- und Ausschluss von Probanden

Die Probanden wurden in unterschiedlichen logopädischen Praxen und neurologischen Kliniken in München und Umland rekrutiert. Folgende Ein- und Ausschlusskriterien wurden formuliert:

##### **Einschlusskriterien**

- Aphasie und/oder Sprechapraxie liegt vor
- Ursache der Beeinträchtigung ist ein zerebrovaskulärer Insult
- Nachsprechen von Einzelwörtern ist möglich und es treten dabei phonematische Fehler auf
- Muttersprache ist Deutsch

##### **Ausschlusskriterien**

- Schwere Sprachverständnisstörung
- Dysarthrie
- Höreinschränkungen (gut eingestellte Hörgeräte führten nicht zum Ausschluss)
- Demenz

Es wurden 22 Patienten untersucht, wovon zwei Probanden aus der Stichprobe ausgeschlossen werden mussten. Bei Proband P009 konnte anhand des Aachener Aphasie Tests (AAT; Huber, Poeck, Weniger & Willmes, 1983) keine Aphasie mehr nachgewiesen werden und es lag auch keine Sprechapraxie vor. Bei Proband P017 lag eine begleitende Dysarthrie vor, die zum Ausschluss führte.

Somit bildeten die verbleibenden 20 Probanden die Stichprobe für die Studie (s. Tabelle 2). Darunter waren 13 Frauen und sieben Männer im Alter zwischen 30 und 81 Jahren (MW = 59,7; SD = 13,1). Die Zeit post-onset variierte zwischen einem und 181 Monaten (MW = 46,7;

SD = 54,8). Die neurologischen Diagnosen unterschieden sich zwischen den Probanden (s. Tabelle 2). Die Mehrzahl der Patienten hatte eine linkshemisphärische Läsion erlitten, lediglich bei einer Probandin bestand eine rechtsseitige Schädigung bei unbekannter Händigkeit. 15 Probanden hatten einen Infarkt im Mediastromgebiet und fünf Patienten eine Hirnblutung erlitten. Bei den meisten Probanden konnte nicht auf die Bildgebung zurückgegriffen werden und die Beschreibung des neurologischen Ereignisses beschränkte sich ausschließlich auf den schriftlichen Befund aus der Aufnahmeklinik.

**Tabelle 2 In die Studie eingeschlossene Probanden (N = 20)**

ID	Ge- schlecht	Alter in Jahren	Monate post- onset	Neurologische Diagnose
P001	w	55	9	Multiple Infarkte unterschiedlicher Gefäßareale und intrazerebrale Blutung li. temporoparietal
P002	w	63	18	Intrazerebrale Blutung re. temporoparietal
P003	w	40	91	A. cerebri media Infarkt li. bei Mediahauptstammverschluss li.
P004	w	30	17	A. cerebri media Infarkt li., traumatische Dissektion der proximalen A. carotis interna mit Verschluss A. carotis interna und M1 li. nach Fahrradsturz
P005	w	61	7	Verschluss der Carotis interna links bis A. cerebri media links, A. cerebri media Infarkt li., kleiner Infarkt der A. cerebri anterior beidseits, Infarkt cerebellär beidseits
P006	w	55	129	A. cerebri media Infarkt li.
P007	m	54	61	A. cerebri media Infarkt im M1-Segment li.
P008	w	72	56	A. cerebri media Infarkt li.
P010	m	71	181	Ausgedehnter A. cerebri media Infarkt li. anterior
P011	m	68	14	A. cerebri media Infarkt li.
P012	w	69	65	A. cerebri media Infarkt li. anterior bei symptomatischer Stenose der A. carotis interna li. extrakraniell
P013	w	64	160	A. cerebri media Infarkt li.
P014	m	72	1	A. cerebri media Infarkt li. temporoparietal
P015	w	67	2	Akute kleine kortikaler ischämischer Infarkt li. hochparietal sowie kleine streifige ischämische Infarkte kaudal parietal bzw. kortikal temporal
P016	w	81	60	A. cerebri media Infarkt li., Subduralhämatom fronto-temporoparietal unter Marcumar
P018	m	68	2	A. cerebri anterior Infarkt li., A. cerebri media Infarkt li.
P019	m	39	2	Intrazerebrale Massenblutung li. fronto-temporoparietal
P020	m	53	5	Große atypische intrazerebrale Blutung li. temporal
P021	w	66	39	A. cerebri media Infarkt li., Infarkt der A. cerebelli inferior posterior und der A. cerebri posterior li.
P022	w	45	14	A. cerebri media Infarkt li.

### 5.1.2 Beschreibung der Lautproduktionsstörung

Um die Lautproduktionsstörungen der Patienten zu charakterisieren, wurden unterschiedliche sprachliche Tests durchgeführt. Die Aphasie des Patienten wurde mittels des in der behandelnden Einrichtung durchgeführten AATs (Huber et al., 1983) erfasst. Zusätzlich wurde noch der Untertest zum mündlichen Benennen aus Lexikon Modellorientiert (LeMo; Stadie, Cholewa & de Bleser, 2013) erhoben. Um eine Differenzierung zwischen aphasisch-phonologischen Störungen und einer Sprechapraxie vorzunehmen, wurden das Nachsprechen von hierarchischen Wortlisten (HWL; Liepold, Ziegler & Brendel, 2003) sowie eine Spontansprachbeurteilung durchgeführt.

#### 5.1.2.1 Aachener Aphasie Test

Die Testung mit dem AAT (Huber et al., 1983) wurde vom behandelnden Sprachtherapeuten in der therapeutischen Einrichtung des Patienten durchgeführt und die zur Verfügung stehende aktuellste Testung wurde herangezogen (Darstellung aller AAT Unterergebnisse s. a) Anhang). Eine erneute Testung mit dem AAT zum Zeitpunkt der Studie war aus Zeitgründen nicht möglich. Lediglich bei drei Probanden lag die AAT-Testung bereits länger als sechs Monate zurück. Bei zwei dieser Probanden (P006, P012) betrug die Zeit post-onset jedoch bereits 129 und 65 Monate, weshalb mit keiner starken Veränderung der Aphasie seit AAT-Testung zu rechnen war. Bei einem der Probanden (P022) lag das Ereignis jedoch nur 14 Monaten zurück, was stärkere sprachliche Veränderungen wahrscheinlich macht und die bereits sieben Monate zurückliegende AAT-Testung vermutlich nicht mehr uneingeschränkte Gültigkeit hatte. Bei der Probandin P016 lag keine Testung mit dem AAT vor.

Laut AAT bestand bei allen Patienten eine Aphasie (s. Tabelle 3). Der Aphasieschweregrad laut AAT variierte von minimal-leicht bis mittel-schwer. Sechs Probanden hatten eine amnestische Aphasie, sechs eine globale Aphasie, vier eine Broca-Aphasie und drei eine Wernicke-Aphasie. Bei der Probandin P016 konnte aufgrund der fehlenden AAT-Testung das Syndrom nicht ermittelt werden, das klinische Bild entsprach jedoch am ehesten einer Broca-Aphasie.

#### 5.1.2.2 Test zum mündlichen Benennen

Beim Untertest zum mündlichen Benennen der Diagnostik Lexikon Modellorientiert (LeMo; Stadie et al., 2013) wurden dem Patienten 20 schwarz-weiß Zeichnungen vorgelegt und dieser sollte diese mit einem Wort mündlich benennen. Dabei handelte es sich um hoch- und niedrigfrequente, einsilbige Nomen. Eine Audioaufnahme der Patientenreaktion wurde erstellt und anschließend die Korrektheit des Benennversuches bewertet. Folgende Fehlerkategorien

wurden unterschieden: Nullreaktion, semantische Paraphasie, phonematischer Fehler und morphologischer Fehler (Darstellung der Ergebnisse s. b) Anhang).

Wenn mehr als ein Fehler bei 20 Benennungen produziert wurden, lag eine Beeinträchtigung vor (Stadie et al., 2013). Dies war bei allen Probanden der Fall und die Gesamtfehlerzahl variierte zwischen drei und 19 Fehlern (MW = 10,3; SD = 4,4; vgl. Tabelle 3).

Es wurde keine vollständige Testung mit der LeMo Testbatterie, die zur Differenzierung einer lexikalischen von einer post-lexikalischen phonologischen Störung hilfreich wäre (vgl. Abschnitt 1.2.2), vorgenommen. Es wurde davon abgesehen, da in dieser Studie ausschließlich auf Nachsprechdaten Bezug genommen wurde und anzunehmen ist, dass hier lexikalische Einflüsse kaum eine Rolle spielen.

**Tabelle 3 Ergebnisse der sprachlichen Tests und Gruppeneinteilung**

ID	AAT		LeMo	HWL (N Fehler)		Spontansprache		Gruppe
	Syndrom	Schweregrad	N Fehler Benennen	phonet.	phonem.	Artikulation /Prosodie*	Phonem. Struktur**	
P001	amnestisch	leicht-mittel	8	2	9	4	3	PI
P002	amnestisch	minimal-leicht	6	6	9	5	4	PI
P003	global	mittel-schwer	12	9	18	5	4	PI
P004	global	mittel-schwer	10	31	28	2	2	SAX
P005	global	mittel-schwer	12	7	3	4	3	--
P006	Broca	mittel	13	29	19	3	3	SAX
P007	Broca	leicht-mittel	9	17	8	2	3	SAX
P008	global	mittel-schwer	19	25	19	4	1	SAX
P010	Wernicke	mittel-schwer	9	33	20	4	4	SAX
P011	amnestisch	leicht-mittel	3	4	7	5	4	PI
P012	Broca	leicht-mittel	5	26	15	3	3	SAX
P013	Broca	mittel-schwer	17	46	41	1	2	SAX
P014	Wernicke	mittel-schwer	9	0	11	4	4	PI
P015	Wernicke	leicht-mittel	10	0	3	5	4	PI
P016	--	--	11	36	15	2	4	SAX
P018	global	mittel-schwer	18	3	37	5	1	PI
P019	amnestisch	leicht-mittel	6	36	12	2	3	SAX
P020	amnestisch	leicht-mittel	9	0	4	5	4	PI
P021	amnestisch	leicht-mittel	5	3	10	5	4	PI
P022	global	mittel-schwer	15	12	18	3	4	SAX

\* 0 = keine Äußerung, 1 = sehr starke Dysprosodie, 2 = starke Dysprosodie, 3 = leichte Dysprosodie und/oder langsame Sprechgeschwindigkeit, 4 = minimale Zeichen einer Dysprosodie und/oder leicht verlangsamte Sprechgeschwindigkeit, 5 = keine Störung der Artikulation und der Prosodie

\*\* 0 = keine Äußerung oder nicht beurteilbar, 1 = nahezu nur sinnlose flüssige bzw. nichtflüssige Aneinanderreihung von phonematischen Paraphasien bzw. Neologismen, 2 = sehr viel phonematische Paraphasien und/oder phonematische Neologismen, 3 = viele phonematische Paraphasien und kaum Neologismen, 4 = einige phonematische Paraphasien und/oder phonematische Unsicherheiten, 5 = keine phonematische Störung

### 5.1.2.3 Hierarchische Wortlisten

Bei der Kurzfassung der hierarchischen Wortlisten (HWL; Liepold et al., 2003) handelt es sich um einen Nachsprechtest von 48 Wörtern, die in ihrer phonetisch-phonologischen Komplexität ansteigen. Der Untersucher spricht dem Patienten ein Wort vor und dieser spricht das Wort daraufhin mit Bild- und Textunterstützung nach. Die Bewertung erfolgt auf drei Ebenen: phonetische Entstellungen, phonematische Fehler und Redefluss-Fehler (z. B. Wiederholungen und Selbstkorrekturen). Der Untersucher hört sich die Audioaufnahmen nach der Testung an und bewertet auf jeder Ebene, ob das Item hier einen Fehler aufweist oder nicht. Treten verhältnismäßig mehr phonetische als phonematische Fehler auf, ist dies ein Hinweis, dass eine Sprechapraxie vorliegen könnte. Klare Grenzwerte oder Normdaten, ab wie vielen Fehlern die Diagnose einer Sprechapraxie zu vergeben ist, werden von den Autoren des Tests nicht genannt. Deshalb floss zusätzlich zum Ergebnis der HWL das gesamte klinische Bild des Patienten inklusive der Spontansprachbewertung mit in die Diagnosestellung ein.

Die kompletten Testergebnisse der HWL werden im c) Anhang dargestellt. Die für die Differenzierung einer phonologischen Störung von einer Sprechapraxie besonders aussagekräftigen Werte der phonetischen und phonematischen Fehler sind Tabelle 3 zu entnehmen. Die Anzahl an phonetischen Fehlern variierte zwischen null und 46 (MW = 16,2; SD = 15,0). Die Anzahl an phonematischen Fehlern streute von drei bis 41 (MW = 15,3; SD = 10,4).

### 5.1.2.4 Spontansprachbeurteilung

In einem semistandardisierten Interview wurden dem Patienten zu unterschiedlichen Themen, wie zum Beispiel Beruf, Hobby und Freizeit, Fragen gestellt, die er dann frei beantworten und auf Nachfragen des Untersuchers reagieren sollte. Zum Themenbereich Urlaub wurden beispielsweise folgende Fragen gestellt: Wohin fahren Sie gerne in den Urlaub? Waren Sie dort schon öfter? Was kann man dort unternehmen? Insgesamt wurden fünf bis zehn Minuten Spontansprache mit Audio- und Videoaufnahme erhoben. Die Spontansprachprobe diente neben den hierarchischen Wortlisten (s. Abschnitt 5.1.2.3) zur Beurteilung einer Sprechapraxie und zur Bewertung, ob eine dysarthrische Störung vorlag.

Die Spontansprachproben wurden nach AAT-Kriterien auf den Skalen *Artikulation und Prosodie* und *Phonematische Struktur* bewertet (s. Tabelle 3). Erstere Skala bewertet die Ausprägung von Dysprosodie und langsamer Sprechgeschwindigkeit, welche beide Symptome einer Sprechapraxie sind. Auf der Skala zur phonematischen Struktur wird die Häufigkeit von phonematischen Paraphasien und Neologismen bewertet. Die Skalen umfassen den Wertebereich zwischen null (schwere Störung) und fünf (keine Störung). Einige Patienten zeigten auf einer oder beiden Skalen sehr hohe Werte, was für eine nur leichte Beeinträchtigung sprechen kann (vgl. jedoch Abschnitt

5.1.2.5 zur Diskrepanz zwischen Spontansprache und Nachsprechen). Wenn Probanden auf der Skala *Artikulation und Prosodie* Werte  $\leq 3$  erhielten, wurde dies als Zeichen für das Vorliegen einer Sprechapraxie gedeutet. Viele dieser Patienten zeigten ebenfalls vergleichbar niedrige Punktwerte auf der Skala *Phonematische Struktur*, was bei einer vorliegenden Sprechapraxie zu erwarten ist.

#### *5.1.2.5 Diskrepanz zwischen Spontansprachbeurteilung und HWL*

Es soll an dieser Stelle auf Patienten eingegangen werden, die Unterschiede in ihren phonetischen und phonematischen Fehlern beim Nachsprechen (HWL Testung) und der Spontansprache zeigten (s. Tabelle 3). Bei drei Probanden (P003, P008 und P010) bestand eine Diskrepanz zwischen einer kaum beeinträchtigten Spontansprache und einer höheren Fehlerrate beim Nachsprechen in den HWL.

P003 zeigte nur wenige phonematische Paraphasien in der Spontansprache, obwohl in der Nachsprechaufgabe der HWL vermehrt phonologische Fehler produziert wurden, was für das Vorliegen einer aphasisch-phonologischen Störung spricht. In der Spontansprache produzierte die Patientin viele flüssige Redefloskeln, es kam zu Satzabbrüchen und Umformulierungen, wodurch vermutlich viele phonematische Fehler bereits vor deren Produktion umgangen wurden. Auch in anderen Arbeiten zur Spontansprachbewertung bei Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen zeigten sich kaum phonematische Fehler (Lehner, 2015).

P010 produzierte in den HWL sehr viele phonetische und phonematische Fehler, was für das Vorliegen einer Sprechapraxie spricht. In der Spontansprache verwendete der Patient jedoch überwiegend Floskeln und nur einzelne Inhaltswörter, bei denen sich nur wenige phonematische Paraphasien und phonetische Fehler zeigten. Hier wurde das Bild einer Sprechapraxie nur erkennbar, als der Patient bei der Nachsprechaufgabe in den HWL dazu angehalten war, auch für ihn schwierige Wörter zu produzieren.

Patientin P008 produzierte nur in der Nachsprechsituation der HWL phonetische Fehler, während Sie in der Spontansprache auf der Skala *Artikulation und Prosodie* einen hohen Punktwert von 4 erhielt. Die Patientin konnte in der Spontansprache phonetische Fehler umgehen, da sie überwiegend flüssige, inhaltsleere Silbenaneinanderreihungen produzierte (Skala *Phonematische Struktur* Punktwert 1).

### 5.1.3 Einteilung der Patientengruppen

Die 20 Probanden sollten aufgrund der vorliegenden sprachlichen Tests in folgende zwei Patientengruppen eingeteilt werden: aphasisch-phonologische Störung (PI für *phonological impairment*) und Sprechapraxie (SAX). Wie die sprachliche Diagnostik mit dem AAT und dem

Untertest Benennen von LeMo zeigte, lag bei allen Patienten eine Aphasie mit Lautproduktionsstörungen vor (vgl. Abschnitt 5.1.2.1 und 5.1.2.2). Dieses Bild entspricht der zu erwartenden Komorbidität von Aphasie und Sprechapraxie, wobei reine Sprechapraxien sehr selten sind (vgl. Abschnitt 1.3.3).

Wenn begleitend zur Aphasie eine Sprechapraxie diagnostiziert werden konnte, wurde dieser Proband der Sprechapraxiegruppe zugewiesen. Die Diagnose einer Sprechapraxie erfolgte durch Konsensurteile zwischen drei im Bereich der Sprechapraxie klinisch erfahrenen Beurteilern. Hierzu wurden die Testergebnisse der HWL und das klinische Bild des Patienten in der Spontansprachbeurteilung (vgl. Abschnitt 5.1.2.4) einbezogen. Wenn ein Patient in den HWL mehr phonetische als phonematische Fehler produzierte, war dies ein Hinweis auf das Bestehen einer Sprechapraxie. Der Fehlerwert in den HWL im Bereich Redefluss und Nullreaktionen lässt keine eindeutige Aussage über die Zuordnung zu Sprechapraxie oder phonologische Störung zu, weshalb diese zwei Bereiche nicht weiter in die Diagnosedstellung eingingen. Da für die Diagnose der Sprechapraxie bisher klare Kriterien fehlen, wurde diese Methode gewählt, um zu möglichst verlässlichen Urteilen zu kommen. Neun Patienten wurden so der Gruppe PI und zehn Patienten der Gruppe SAX zugeordnet (s. Tabelle 3).

Eine Patientin (P005) konnte nicht eindeutig einer der Gruppen zugeordnet werden. Sie produzierte in den HWL zwar mehr phonetische als phonematische Fehler, was für eine Sprechapraxie spricht, jedoch war die Fehleranzahl insgesamt sehr gering (s. Tabelle 3). Zusätzlich war kein Anstieg von Fehlern bei komplexeren Wörtern in den HWL zu erkennen, sodass hier die Diagnose Sprechapraxie nicht sicher vergeben werden konnte. In der Spontansprache zeigte die Patientin jedoch auch kein klares Bild einer flüssigen aphasisch-phonologischen Störung. Insgesamt war der Sprachantrieb reduziert und auf Einzelwörter beschränkt. Aufgrund des gesamten klinischen Bildes konnte die Patientin keiner der beiden Patientengruppen sicher zugeordnet werden und wurde aus der Stichprobe ausgeschlossen.

In der SAX-Gruppe waren somit sieben Frauen und drei Männer, in der PI-Gruppe fünf Frauen und vier Männer. Das mittlere Alter der Patienten mit phonologischer Störung lag bei 61,3 Jahren (Range: 40-72; SD = 10,2) und das der Patienten mit Sprechapraxie bei 58,0 Jahren (Range: 30-81; SD = 16,3). Die Zeit post-onset lag bei der PI-Gruppe im Mittel bei 20,1 Monaten (Range: 1-91; SD = 29,2) und bei der SAX-Gruppe bei 74,5 Monaten (Range: 2-181; SD = 62,1).

In der Gruppe der Sprechapraxiepatienten bestand nach AAT-Klassifikation bei einem Probanden eine amnestische Aphasie, bei vier eine Broca-Aphasie, bei einem Probanden eine Wernicke-Aphasie und bei vier Probanden eine globale Aphasie. Bei einer Patientin lag keine AAT-Testung

vor. In der PI-Gruppe lag laut AAT bei fünf Probanden eine amnestische Aphasie, bei zwei eine Wernicke-Aphasie und bei weiteren zwei Probanden eine globale Aphasie vor. Die mündliche Benennstörung war in beiden Patientengruppen vergleichbar stark ausgeprägt. Die Fehleranzahl im LeMo Benenntest variierten in der PI-Gruppe zwischen drei und 18 (MW = 8,9; SD = 4,4) und in der SAX-Gruppe zwischen fünf und 19 (MW = 11,4; SD = 4,6).

## 5.2 Untersuchung der auditiv-perzeptiven Leistungen

Fehler beim Nachsprechen von Wörtern können durch eine beeinträchtigte Perzeption entstehen. Um abzuklären, ob dies im Nachsprechexperiment dieser Arbeit (s. Abschnitt 5.3) bei den Probanden der Fall war, wurden relevante auditiv-perzeptive Leistungen der Patienten getestet. Hierzu wurden ein auditiver Wortverständnistest und ein Test zur auditiven Merkspanne entwickelt und durchgeführt.

### 5.2.1 Auditiver Wortverständnistest

Es wurde ein auditiver Wortverständnistest entwickelt, bei dem auditive Minimalpaare aus Nomen das Sprachmaterial bildeten. Somit wurden in diesem Test sowohl die auditive Analyse von ähnlich klingenden Wörtern als auch das Sprachverständnis für Wörter überprüft.

#### 5.2.1.1 Systematik der Testitems

Es wurden jeweils vier Wörter zu einem Item im Wortverständnistest gruppiert. Die Wörter mussten auf Fotos abbildbar sein. Ein Überblick über die Items wird in Tabelle 4 gegeben. Zu jedem der vier Clustertypen /kl/, /kn/, /jl/ und /jn/, die auch im Nachsprechexperiment dieser Arbeit überprüft wurden (vgl. Abschnitt 5.3), wurden zwei Items aus je vier Wörtern erstellt. Hierzu wurde zunächst ein Minimalpaar aus einem Nomen mit Cluster- und einem mit Singleton-Onset gebildet, z. B. *Klasse* - *Kasse*. Analog zu den im Produktionsexperiment verwendeten Paaren (vgl. Abschnitt 5.3.1.4) begann das Singleton-Wort entweder mit dem ersten oder mit dem zweiten Konsonanten des Clusters. Des Weiteren wurde ein Nomen, das sich nur im Onset von diesen beiden Wörtern unterschied, aber kein Bezug zum Cluster hatte, ausgewählt, z. B. *Tasse*. Um das Item aus vier Wörtern zu komplementieren wurde außerdem ein vollständig unrelatiertes Wort, z. B. *Vogel*, hinzugefügt. Da jeweils in einem Item das Cluster-Wort und in einem weiteren das relatierte Singleton-Wort das Zielwort war, beinhaltete der Test insgesamt 16 Items von diesem Typ (s. Tabelle 4).

Zusätzlich wurden drei Vierer-Wortgruppen gebildet, die andere Konsonantencluster enthielten als im Nachsprechexperiment. Auch diese wurden einmal mit dem Cluster-Wort und einmal mit dem Singleton-Wort als Zielwort präsentiert, was zu weiteren sechs Testitems führte. Schließlich wurden zehn Items mit ausschließlich Singleton-Onsets gebildet, die aus jeweils drei phonologischen Minimalpaaren und einem unrelatierten Wort bestanden. Insgesamt enthielt der auditive Wortverständnistest somit 32 Items aus je vier Wörtern (s. Tabelle 4).

**Tabelle 4 Items des auditiven Wortverständnistests, Zielwörter fett geschrieben**

Items mit Konsonantenclustern aus Nachsprechexperiment			
<b>Klasse</b>	<b>Kasse</b>	Tasse	Vogel
<b>Klippe</b>	<b>Lippe</b>	Wippe	Sofa
<b>Knopf</b>	<b>Kopf</b>	Topf	Haus
<b>Knoten</b>	<b>Noten</b>	Pfoten	Schere
<b>Schlauch</b>	<b>Lauch</b>	Rauch	Hund
<b>Schlüssel</b>	<b>Schüssel</b>	Rüssel	Fahrrad
<b>Schnecke</b>	<b>Schecke</b>	Zecke	Auto
<b>Schnabel</b>	<b>Nabel</b>	Gabel	Hose
Items mit Konsonantencluster nicht im Nachsprechexperiment			
<b>Fliege</b>	<b>Liege</b>	Wiege	Sonne
<b>Glocke</b>	<b>Locke</b>	Socke	Hase
<b>Kreis</b>	<b>Reis</b>	Mais	Schaf
Items mit Singleton-Onset			
<b>Hund</b>	Hand	Mund	Baum
<b>Hose</b>	Hase	Rose	Löffel
<b>Maus</b>	Mais	Haus	Stuhl
<b>Nudel</b>	Nadel	Pudel	Birne
<b>Tonne</b>	Tanne	Sonne	Geige
<b>Schal</b>	Schaf	Wal	Herz
<b>Herd</b>	Herz	Pferd	Apfel
<b>Baum</b>	Bauch	Schaum	Kuh
<b>Beil</b>	Bein	Seil	Hut
<b>Welt</b>	Zelt	Geld	Kamm

### 5.2.1.2 Durchführung und Auswertung

Die Testung erfolgte in Form einer auditiven Wort-Bild-Zuordnung. Dem Patienten wurden vier Fotos auf dem Laptop über die Software PsychoPy (Peirce, 2007) präsentiert und er hörte das Zielwort über Lautsprecher von einem Modellsprecher gesprochen. Daraufhin sollte der Patient das passende Foto zeigen. Jedes der 32 Items wurde einmal präsentiert.

Es wurden von PsychoPy die Anzahl der Fehler und das gewählte Ablenkerfoto aufgezeichnet. Es wurde erfasst, ob es sich hierbei um ein Ablenkerwort mit Cluster-Onset handelte (Zielwort: *Kasse*, Patientenreaktion: *Klasse*) oder im umgekehrten Fall der Ablenker ein Singleton-Wort war. Außerdem bestand die Möglichkeit, dass sich das Ablenkerwort zum Zielwort im Vokal unterschied (Zielwort: *Hund*, Patientenreaktion: *Hand*) oder unrelatiert war (Zielwort: *Hund*, Patientenreaktion: *Baum*). Wenn der Patient keine Fehler im Sprachverständnistest produzierte, zeigte dies, dass er mit der Perzeption minimaler phonologischer Unterschiede keine Probleme hatte und auch keine schwerwiegende lexikalische Störung aufzeigte. Wenn jedoch Fehler im Test produziert wurden, konnte dies aufgrund einer Diskriminationsstörung von phonologischen Merkmalen auf einer frühen Stufe der auditiven oder phonologischen Analyse oder aufgrund einer lexikalischen Störung sein.

### 5.2.1.3 Ergebnisse

In Tabelle 5 werden die Ergebnisse zu den fehlerhaft ausgewählten Ablenkerbildern dargestellt. In der Patientengruppe mit aphasisch-phonologischen Störungen lag die Anzahl an Gesamtfehlern zwischen null und vier von insgesamt 32 Items (MW = 1,7; SD = 1,2). Lediglich eine Patientin in dieser Gruppe produzierte gar keinen Fehler. In der Sprechapraxiegruppe blieb hingegen die Hälfte der Patienten fehlerfrei und die verbleibenden Sprechapraxiepatienten produzierten ebenfalls maximal vier Fehler (MW = 1,4; SD = 1,64).

Es ist weiter anzumerken, dass Verwechslungen zwischen Wörtern, die sich lediglich im Vokal unterschieden, in beiden Gruppen nie auftraten und lediglich einmal ein unrelatiertes Ablenker ausgewählt wurde. Die Fehler bezogen sich somit fast ausschließlich auf Minimalpaare, die sich im konsonantischen Onset der Silbe unterschieden.

Die Gesamtfehlerzahlen lagen bei beiden Patientengruppen in einem niedrigen Bereich und es kann davon ausgegangen werden, dass sowohl die auditive Analyse von phonologisch ähnlich klingenden Wörtern als auch die lexikalische Verarbeitung bei den Probanden weitestgehend intakt war. Inwieweit die dennoch festgestellten leichten Beeinträchtigungen im auditiven Wortverständnistest sich auf die Leistungen im Nachsprechexperiment auswirken, kann unter Abschnitt 6.1.3 im Ergebnisteil dieser Arbeit nachvollzogen werden.

Tabelle 5 Ergebnisse des auditiven Wortverständnistests, Anzahl der fehlerhaft gewählten Ablenkerbilder

Gruppe	ID	Cluster-Ablenker	Singleton-Ablenker	Vokal-Ablenker	unrelatierter Ablenker	Fehler gesamt
PI	P001	1	0	0	0	1
	P002	0	2	0	0	2
	P003	1	0	0	0	1
	P011	1	1	0	0	2
	P014	2	2	0	0	4
	P015	1	2	0	0	3
	P018	1	0	0	0	1
	P020	1	0	0	0	1
	P021	0	0	0	0	0
SAX	P004	0	0	0	0	0
	P006	0	0	0	0	0
	P007	0	0	0	0	0
	P008	1	1	0	0	2
	P010	2	2	0	0	4
	P012	0	2	0	0	2
	P013	0	2	0	0	2
	P016	0	0	0	0	0
	P019	0	0	0	0	0
	P022	1	2	0	1	4

### 5.2.2 Test der auditiven Merkspanne

Es wurde ein Test der auditiven Merkspanne entwickelt. Dieser sollte erfassen, ob das Nachsprechen von Wortpaaren im Nachsprechexperiment dieser Arbeit (vgl. Abschnitt 5.3) eventuell durch eine beeinträchtigte Merkspanne beeinflusst wurde.

#### 5.2.2.1 Systematik der Testitems

Es wurden jeweils zwei zweisilbige, phonologisch ähnliche Nomen ausgewählt, sodass parallel zum Nachsprechexperiment dieser Arbeit (vgl. Abschnitt 5.3) ähnlich klingende Wörtern kurzfristig behalten werden mussten. Die Nomen waren abbildbar und überwiegend im Wortverständnistest enthalten (vgl. Abschnitt 5.2.1). Zu diesen zwei Zielwörtern wurden zusätzlich jeweils zwei Ablenker gewählt. Es bestand keine semantische Relation zwischen den Wörtern. Die Hälfte der Items enthielt ein Zielwort mit Cluster-Onset. Insgesamt wurden 16 Items präsentiert (s. Tabelle 6).

### 5.2.2.2 Durchführung und Auswertung

Der Patient bekam über Lautsprecher nacheinander zwei Wörter von einem Modellsprecher präsentiert. Zwischen den zwei Wörtern war eine Pause von 350 ms, was der Pause in Wortpaaren im Nachsprechexperiment entsprach (vgl. Abschnitt 5.3). Direkt im Anschluss wurden dem Patienten vier Bilder auf dem Laptop präsentiert. Er sollte auf die entsprechenden Bilder in der vorgegebenen Reihenfolge zeigen. Es wurde erfasst, welche Bilder und in welcher Reihenfolge der Patient diese zeigte. So konnten Fehler in der Reihenfolge und auch falsch angezeigte Bilder erfasst werden, was beides auf eine Störung der auditiven Merkspanne hindeutet.

**Tabelle 6 Items aus dem Test der auditiven Merkspanne**

Zielwort 1	Zielwort 2	Ablenker	
<i>Vogel</i>	<i>Sofa</i>	<i>Hose</i>	<i>Sonne</i>
<i>Auge</i>	<i>Auto</i>	<i>Geige</i>	<i>Apfel</i>
<i>Schüssel</i>	<i>Tasse</i>	<i>Birne</i>	<i>Apfel</i>
<i>Nudel</i>	<i>Noten</i>	<i>Schlüssel</i>	<i>Löffel</i>
<i>Pudel</i>	<i>Lupe</i>	<i>Rose</i>	<i>Sofa</i>
<i>Geige</i>	<i>Leiter</i>	<i>Hase</i>	<i>Auto</i>
<i>Fahrrad</i>	<i>Gabel</i>	<i>Hase</i>	<i>Tasse</i>
<i>Sonne</i>	<i>Koffer</i>	<i>Sofa</i>	<i>Vogel</i>
<i>Fliege</i>	<i>Birne</i>	<i>Geige</i>	<i>Glocke</i>
<i>Klammer</i>	<i>Jacke</i>	<i>Kerze</i>	<i>Lupe</i>
<i>Schlange</i>	<i>Tanne</i>	<i>Leiter</i>	<i>Auge</i>
<i>Schnecke</i>	<i>Wecker</i>	<i>Schere</i>	<i>Sessel</i>
<i>Glocke</i>	<i>Socke</i>	<i>Sofa</i>	<i>Sonne</i>
<i>Knoten</i>	<i>Kerze</i>	<i>Kappe</i>	<i>Hose</i>
<i>Krone</i>	<i>Hose</i>	<i>Koffer</i>	<i>Sessel</i>
<i>Schlüssel</i>	<i>Löffel</i>	<i>Nudel</i>	<i>Noten</i>

### 5.2.2.3 Ergebnisse

Tabelle 7 zeigt die Ergebnisse der Patienten im Test zur auditiven Merkspanne von Wortpaaren. Der häufigste Fehlertyp war in beiden Patientengruppen die Vertauschung der Item-Reihenfolge. Die Gesamtfehlerzahlen in der PI-Gruppe variierten zwischen null und 13 Fehlern (MW = 3,7; SD = 4,2) und in der SAX-Gruppe zwischen null und neun Fehlern (MW = 3,7; SD = 2,7). Besonders beeinträchtigt war Patient P018 mit einer aphasisch-phonologischen Störung, der bei neun der 16 Items die Reihenfolge der Items vertauschte und bei vier weiteren Items beide Wörter falsch zeigte.

**Tabelle 7 Ergebnisse des Tests der auditiven Merkspanne, Anzahl der Fehler**

Gruppe	ID	Reihenfolge- Fehler	Ein Wort fehlerhaft	Beide Wörter fehlerhaft	Fehler gesamt
PI	P001	1	1	0	2
	P002	0	1	0	1
	P003	5	2	0	7
	P011	0	0	0	0
	P014	2	3	0	5
	P015	1	0	0	1
	P018	9	0	4	13
	P020	0	2	1	3
	P021	1	0	0	1
SAX	P004	9	0	0	9
	P006	1	1	0	2
	P007	0	0	0	0
	P008	3	2	0	5
	P010	1	2	0	3
	P012	2	2	0	4
	P013	2	2	0	4
	P016	2	1	0	3
	P019	0	0	0	0
	P022	2	4	1	7

Aufgrund der relativ hohen Fehlerzahlen von durchschnittlich rund vier falschen Items von insgesamt 16 ist von einer Beeinträchtigung der auditiven Merkfähigkeit bei den Probanden auszugehen. Inwiefern sich die Beeinträchtigung auf das Nachsprechen von Wortpaaren auswirkt, wird im Ergebnisteil Abschnitt 6.4.2 dargestellt.

### 5.3 Nachsprechexperiment

Es wurde ein Nachsprechexperiment durchgeführt, bei dem die Probanden Wörter mit unterschiedlicher phonologischer Komplexität nach der Vorgabe eines Audiomodells nachsprachen. Einige der Wörter enthielten ein Konsonantencluster im Onset andere einen Singleton. Im Folgenden wird das Wortmaterial erläutert.

### 5.3.1 Wortmaterial

#### 5.3.1.1 Konsonantencluster

Es sollten Konsonantencluster untersucht werden, die

- a) hochfrequent im Deutschen vorkommen,
- b) eine ansteigende Sonorität aufweisen und
- c) kein /r/ enthalten, da dieses an zwei unterschiedlichen Artikulationsstellen realisiert werden kann.

Es wurden folgende vier Konsonantencluster im Wortonset ausgewählt: /kn/, /kl/, /fn/ und /fl/. Diese Cluster erfüllten die oben genannten Kriterien und ermöglichten zusätzlich einen Vergleich des Plosivs /k/ mit dem Frikativ /f/ an der ersten Cluster-Position (C1) und einen Vergleich auf der zweiten Position des Clusters (C2) zwischen dem Nasal /n/ und dem Liquid /l/. Eine solche Parallelität war in keinem anderen Quartett an Clustern des Deutschen zu finden. Die Clusterfrequenzen (natürlicher Logarithmus der Onset-Frequenz pro Millionen Wörter) unterscheiden sich nur geringfügig, wobei das /kn/ den niedrigsten Frequenzwert hat (s. Tabelle 8).

**Tabelle 8 Charakteristika der Clustertypen**

Onset-cluster	Frequenz*	Feinmotorische Komplexität	Beteiligte Artikulatoren
/fl/	8,73	+ Frikativ + Liquid	1. Glottis 2. Vorderzunge
/kl/	8,79	+ Liquid	1. Glottis 2. Vorderzunge 3. Hinterzunge
/fn/	7,29	+ Frikativ	1. Glottis 2. Vorderzunge 3. Velum
/kn/	6,46		1. Glottis 2. Vorderzunge 3. Hinterzunge 4. Velum

\*nach Celex schriftlich und mündlich pro Mio., natürlicher Logarithmus; hohe Werte = hochfrequent (nach Aichert, Marquardt & Ziegler, 2005)

Anhand des ausgewählten Cluster-Quartetts können im Folgenden unterschiedliche Hypothesen zum Einfluss von strukturellen Unterschieden zwischen den Clustern untersucht werden. Es wird angenommen, dass sich die ausgewählten Cluster in ihrer feinmotorischen Komplexität unterscheiden (s. Tabelle 8). Diese ist bei Frikativen größer als bei Plosiven (/f/- vs. /k/-Cluster), da die präzise Bildung der Konstriktionsstelle beim Frikativ feinmotorisch herausfordernder ist als der

komplette Verschluss beim Plosiv. Auch C2 unterscheidet sich bei den ausgewählten Clustern in ihrer feinmotorischen Komplexität: Bei /l/ ist diese durch die komplexe Verformung der Vorderzunge größer als bei /n/ mit einem einfachen alveolaren Verschluss. Nach feinmotorischen Gesichtspunkten kann somit das Cluster /ʃl/ als am schwierigsten und /kn/ als am einfachsten eingestuft werden.

Außerdem unterscheiden sich die Cluster in ihrer für die Produktion notwendigen artikulatorischen Gesten und der Anzahl an beteiligten Artikulationsorganen (s. Tabelle 8). Bei /k/-Clustern wird durch den Zungenrücken ein zusätzlicher Artikulator im Vergleich zu /ʃl/-Clustern eingesetzt und durch die Velumgeste bei /n/-Clustern kommt hier ein weiterer Artikulator hinzu. Nach dieser Logik ist /kn/ durch die höchste Anzahl an beteiligten Artikulatoren das schwierigste und /ʃl/ das leichteste.

### 5.3.1.2 Nomen mit Cluster-Onset

Die ausgewählten Konsonantencluster sollten im Onset eines Nomens des Deutschen stehen. Alle ausgewählten Nomen (s. Tabelle 9) waren zweisilbig und wiesen ein trochäisches Betonungsmuster auf. Der Vokal in der ersten Silbe des Wortes wurde weitestgehend über die vier Clustertypen kontrolliert und war entweder ein /a/, /a:/, /ɛ/, /e:/, /aɪ/, /ɪ/ oder /ʏ/.

**Tabelle 9 Ausgewählte Nomen mit Cluster-Onset**

Vokal 1. Silbe	/kl/	/kn/	/ʃl/	/ʃn/
/a:/	<i>Klage</i>	<i>Knabe</i>	<i>Schlager</i>	<i>Schnabel</i>
/a/	<i>Klappe</i>	<i>Knarre</i>	<i>Schlappe</i>	<i>Schnalle</i>
/e:/, /ɛ/	<i>Kleber</i>	<i>Knebel</i>	<i>Schleppe</i>	<i>Schnecke</i>
/aɪ/	<i>Kleider</i>	<i>Kneipe</i>	<i>Schleife</i>	<i>Schneider</i>
/ɪ/, /ʏ/	<i>Klippe</i>	<i>Knüppel</i>	<i>Schlitten</i>	<i>Schnitte</i>

Außerdem wurden die Nomen so weit wie möglich nach weiteren Eigenschaften kontrolliert (vgl. d) Anhang). Die Silbenstruktur der Nomen war in den meisten Fällen [CCV][CV] oder [CCV][C]V in Ausnahmefällen [CCV][CVC] bzw. [CCV][C]VC (*Knebel*, *Knüppel*, *Schlitten* und *Schnabel*). Alle Nomen bis auf zwei (*Kleider* und *Klage*) waren nach der CELEX-Datenbank (Baayen, Piepenbrock & Gulikers, 1995) niederfrequent (allg. Wortfrequenz ≤ 10). Die silbenstrukturelle Komplexität der Wörter (Gesten-Score, Ziegler & Aichert, 2015) streute kaum, wohingegen die Silbenfrequenz der ersten Silbe zwischen den Stimuluswörtern variierte. Dies ließ sich bei der Wortauswahl nicht

vermeiden und wurde gemeinsam mit der Wortfrequenz und dem Gesten-Score des Wortes als unabhängige Variable in weitere Berechnungen mit einbezogen (s. Ergebnisteil Abschnitt 6.1.4).

Es wurde bei der Auswahl des Wortmaterials darauf geachtet, dass die zweite Silbe mit einem Plosiv begann. Lediglich in drei Ausnahmefällen war dies nicht der Fall (*Knarre*, *Schleife* und *Schnalle*). In der Mehrzahl der Wörter entstand ein neues Wort des Deutschen, wenn einer der Clusterkonsonanten getilgt wurde, z. B. *Kleber* → *Leber*, dies war bei der Materialkonstruktion nicht zu vermeiden. Bei den verwendeten Wörtern handelte sich bis auf sechs Ausnahmen (*Klage*, *Schlager*, *Schlappe*, *Knabe*, *Schnecke* und *Schneider*) um konkrete, unbelebte Nomen.

### *5.3.1.3 Nomen mit Singleton-Onset*

Es wurden neben Nomen mit Cluster-Onset auch Wörter mit Singleton-Onset in das Nachsprechexperiment aufgenommen. Die Auswahl dieser Wörter wurde bestimmt durch das Cluster-Wort. Es wurden 20 Singleton-Wörter mit phonologischer Nähe zum Cluster-Wort sowie 20 Singleton-Wörter ohne phonologische Relation zum Cluster eingeschlossen. Die Auswahl der Singleton-Wörter wurde durch die Bildung von Wortpaaren bestimmt und wird im Folgenden Abschnitt 5.3.1.4 erläutert.

### *5.3.1.4 Wortpaare aus Nomen mit Cluster- und Singleton-Onset*

Jedes Wort mit Konsonantencluster im Onset sollte in Kombination mit einem Wort mit einem Singleton im Onset nachgesprochen werden. Die phonologische Nähe zwischen dem Cluster- und dem Singleton-Wort variierte zwischen den Wortpaaren.

#### *Phonologisch relatierte Wortpaare*

In dieser Wortpaarbedingung wurden Cluster-Wörter mit einem phonologisch ähnlichen Singleton-Wort gepaart. Um möglichst natürliche Äußerungen zu bilden, wurde zunächst nach Verbindungen aus einem Nomen und einem Adjektiv oder einem Verb gesucht, z. B. „eine lahme Klage“ oder „eine Klage nagen“. Wie die Beispiele zeigen, führte dies jedoch zu semantisch abstrusen Phrasen oder es konnte aufgrund der stark beschränkten Wortauswahlmenge keine Kombination gefunden werden. Deshalb wurden Paare aus semantisch unrelatierten Nomen gebildet.

Zu jedem Cluster-Wort wurde ein phonologisch ähnliches Singleton-Nomen ausgewählt (s. Tabelle 10). Der Onset des Singleton-Wortes war einer der beiden Clusterkonsonanten und der Vokal der ersten Silbe war identisch, z. B. *Klage* - *Kater*. Die zweite Silbe des relatierten Singleton-Wortes sollte mit einem Konsonanten beginnen, der sich in der Artikulationsstelle zum Konsonanten der zweiten Silbe des Cluster-Wortes unterschied. Bei zwei Wortpaaren war dies jedoch nicht möglich

(*Kleider - Leine* und *Schnalle - Natter*). Des Weiteren enthielt die zweite Silbe des Singleton-Wortes keinen der Clusterkonsonanten und wies – bis auf drei Ausnahmen – die gleiche Silbenstruktur auf wie das Cluster-Wort ([CV] oder [CVC]).

Alle relatierten Singleton-Wörter waren konkret, bis auf fünf Nomen unbelebt und bis auf fünf Ausnahmen handelte es sich um niederfrequente Wörter (allg. Wortfrequenz  $\leq 10$  nach CELEX, Baayen et al., 1995). Durch Addition eines weiteren Konsonanten im Onset und somit der Neubildung eines Konsonantenclusters, entstand bei neun der 20 Wörter ein deutsches Wort, z. B. *Kater* → *Krater*.

#### Phonologisch unrelatierte Wortpaare

Eine weitere Bedingung waren Wortpaare aus einem Cluster-Wort und einem phonologisch unrelatierten Singleton-Wort, z. B. *Klage - Pute* (s. Tabelle 10).

**Tabelle 10 Übersicht zu den relatierten und unrelatierten Wortpaaren**

Cluster-Wort	Relatiertes Singleton-Wort		Unrelatiertes Singleton-Wort	
	Zielwort	Formale Paraphrasie Clusterneubildung	Zielwort	Formale Paraphrasie Clusterneubildung
<i>Klage</i>	<i>Kater</i>	<i>Krater</i>	<i>Pute</i>	<i>spute</i>
<i>Klappe</i>	<i>Kasse</i>	<i>Klasse</i>	<i>Busse</i>	--
<i>Kleber</i>	<i>Leder</i>	--	<i>Puder</i>	--
<i>Kleider</i>	<i>Leine</i>	<i>kleine</i>	<i>Bohne</i>	--
<i>Klippe</i>	<i>Kissen</i>	--	<i>Pässe</i>	--
<i>Knabe</i>	<i>Nase</i>	--	<i>Dose</i>	--
<i>Knarre</i>	<i>Kappe</i>	<i>Knappe, Klappe</i>	<i>Puppe</i>	--
<i>Knebel</i>	<i>Kehle</i>	--	<i>Teile</i>	<i>steile</i>
<i>Kneipe</i>	<i>Keile</i>	--	<i>Taler</i>	--
<i>Knüppel</i>	<i>Nüsse</i>	--	<i>Tasse</i>	<i>Trasse</i>
<i>Schlager</i>	<i>Schafe</i>	<i>schlafe</i>	<i>Hefe</i>	--
<i>Schlappe</i>	<i>Latte</i>	<i>glatte, Platte</i>	<i>Futter</i>	--
<i>Schleppe</i>	<i>Schecke</i>	<i>Schnecke, schlecke, schmecke, stecke, Strecke</i>	<i>Jacke</i>	--
<i>Schleife</i>	<i>Leiter</i>	--	<i>Vater</i>	--
<i>Schlitten</i>	<i>Lippen</i>	--	<i>Wappen</i>	--
<i>Schnabel</i>	<i>Nagel</i>	--	<i>Segel</i>	--
<i>Schnalle</i>	<i>Natter</i>	--	<i>Wette</i>	--
<i>Schnecke</i>	<i>Neffe</i>	--	<i>Waffe</i>	--
<i>Schneider</i>	<i>Scheibe</i>	<i>schreibe</i>	<i>Fieber</i>	--
<i>Schnitte</i>	<i>Schippe</i>	<i>schnippe, Schrippe</i>	<i>Suppe</i>	--

Bei /k/-Cluster-Wörtern fing das unrelatierte Singleton-Wort mit einem Plosiv an und bei /ʃ/-Cluster-Wörtern mit einem Frikativ. Das Singleton-Wort hatte abgesehen vom Onset die gleiche Silbenstruktur wie das Cluster-Wort. Das unrelatierte Singleton-Wort unterschied sich zum Cluster-Wort im Vollvokal und an der jeweiligen Position im Wort in der Artikulationsstelle des Konsonanten. Um die zwei Wortpaarbedingungen „relatiert“ und „unrelatiert“ möglichst vergleichbar zu halten, wurden Singleton-Wörter gewählt, die sich in der zweiten Silbe phonologisch ähnlich waren, z. B. das relatierte Singleton-Wort *Kater* und das unrelatierte Singleton-Wort *Pute*.

Durch Addition eines weiteren Konsonanten im Onset entstand bei drei der unrelatierten Singleton-Wörter ein deutsches Wort (formale Paraphrasie). Bis auf zwei Wörter waren alle unrelatierten Singleton-Wörter konkret, bis auf zwei Nomen unbelebt und bis auf vier Ausnahmen niedrigfrequent.

#### *Reihenfolge der Cluster- und Singleton-Wörter innerhalb der Wortpaare*

Sowohl in phonologisch relatierten als auch in unrelatierten Wortpaaren wurde die Position des Cluster-Wortes im Paar variiert. So gab es folgende Wortpaarbedingungen:

- a) relatiert, Cluster-Wort in Position 1 (z. B. *Klage - Kater*)
- b) relatiert, Cluster-Wort in Position 2 (z. B. *Kater - Klage*)
- c) unrelatiert, Cluster-Wort in Position 1 (z. B. *Klage - Pute*)
- d) unrelatiert, Cluster-Wort in Position 2 (z. B. *Pute - Klage*)

#### *5.3.1.5 Wortpaare aus zwei Nomen mit Singleton-Onset*

Als Kontrollbedingung zu den Wortpaaren, die ein Cluster-Wort enthielten, wurden Paare aus zwei Singleton-Wörtern gebildet (vgl. e) Anhang). Diese Paare setzten sich aus einem der ausgewählten relatierten und einem unrelatierten Singleton-Wort zusammen. Bei der Hälfte der Paare stand das ursprünglich relatierte Singleton-Wort an erster Position, während bei der anderen Hälfte das unrelatierte Singleton-Wort diese Position im Paar besetzte. Die Singleton-Wörter im Paar unterschieden sich im Konsonanten und Vokal der ersten Silbe, z. B. *Kater - Teile*. Auch im Onset der zweiten Silbe lag bis auf sechs Ausnahmen ein Unterschied in der Artikulationsstelle der Konsonanten zwischen den zwei Singleton-Wörtern vor. Die Silbenstruktur der zwei Wörter im Paar war bis auf vier Ausnahmen identisch.

### 5.3.1.6 Unterschiede zwischen den Wortgruppen

Die ausgewählten Wörter in den drei Wortgruppen „Cluster-Wörter“, „relatierte Singleton-Wörter“ und „unrelatierte Singleton-Wörter“ sollten sich nicht in ihrer Wortfrequenz unterscheiden. Dass dies zutrifft, zeigte eine Varianzanalyse ( $F(2, 56) = 1,63$ , ns).

Die Variablen „Gesten-Score des Wortes“ und „Frequenz der Onset-Silbe“ unterschieden sich hingegen signifikant zwischen den drei Wortgruppen. Dies war zu erwarten, da die Cluster-Wörter definitionsgemäß einen höheren Gesten-Score und auch eine niedrigere Onset-Silbenfrequenz aufwiesen als die Singleton-Wörter. Im post-hoc Vergleich zeigte sich dieser signifikante Unterschied im Gesten-Score der Cluster-Wörter im Vergleich zu den relatierten Singleton-Wörtern ( $t(38) = -10,28$ ,  $p < 0,001$ ) sowie in der Frequenz der Onset-Silbe ( $t(38) = -3,67$ ,  $p < 0,01$ ). Ebenso unterschieden sich die Cluster-Wörter zu den unrelatierten Singleton-Wörtern im Gesten-Score ( $t(38) = -10,98$ ,  $p < 0,001$ ) und der Onset-Silbenfrequenz ( $t(38) = -3,42$ ,  $p < 0,01$ ). Inwiefern sich die Wort- und Silbenfrequenz sowie der Gesten-Score auf die Ergebnisse im Nachsprechexperiment auswirkten, wird in Abschnitt 6.1.4 des Ergebnisteils dargestellt.

Wie intendiert, unterschieden sich die relatierten nicht von den unrelatierten Singleton-Wörtern in ihrem Gesten-Score ( $t(38) = -0,37$ , ns) und der Onset-Silbenfrequenz ( $t(38) = 0,63$ , ns). Außerdem wurde überprüft, ob sich die relatierten und unrelatierten Singleton-Wörter in der Möglichkeit zur Clusterneubildung durch Addition eines Konsonanten im Onset unterschieden. Hierzu wurde die Biphonemfrequenz (nach CELEX (Baayen et al., 1995) schriftlich und mündlich pro Millionen) der möglichen Cluster-Neubildungen zwischen den zwei Singleton-Wörter-Gruppen verglichen. Es bestand kein signifikanter Unterschied ( $Z = -0,67$ ; ns).

### 5.3.2 Reihenfolge der Stimuli

Der Patient sprach 20 Einzelwörter mit Singleton-Onset (relatierte Singleton-Wörter, s. Tabelle 10) und 20 Einzelwörter mit Cluster-Onset (Cluster-Wörter, s. Tabelle 10) nach. Außerdem wurden insgesamt 100 Wortpaare nachgesprochen. Darunter waren 40 Paare mit Cluster-Wort plus relatiertem Singleton-Wort, 40 Wortpaare mit Cluster-Wort und unrelatiertem Singleton-Wort und 20 Wortpaare aus zwei Singleton-Wörtern. Somit wurden insgesamt 140 Stimuli vom Probanden nachgesprochen. Die Stimuli wurden blockweise und in randomisierter Reihenfolge präsentiert:

- Block a) 20 Einzelwörter (Singleton- und Cluster-Wörter)
- Block b) 100 Wortpaare (relatierte, unrelatierte und Singleton-Paare)
- Block c) 20 Einzelwörter (Singleton- und Cluster-Wörter)

Jeder Patient bekam die Stimuli in gleicher Reihenfolge präsentiert. Dabei wurden Cluster- und Singleton-Wörter durchmischt präsentiert. Es wurde bei der Reihenfolge der Stimuli darauf geachtet, dass nicht zweimal das gleiche Cluster-Wort in einer unterschiedlichen Wortpaarbedingung hintereinander präsentiert wurde.

### 5.3.3 Durchführung

Der Patient erhielt vor jedem Stimuliblock folgende Instruktion bei Einzelwörtern: „Sie hören gleich ein Wort, sprechen Sie dieses nach“. Die Instruktion bei Wortpaaren lautete: „Sie hören gleich zwei Wörter. Hören Sie sich beide Wörter erst an. Sprechen Sie dann die Wörter in gleicher Reihenfolge nach“. Der Patient wurde außerdem zu Beginn des Experimentes drauf hingewiesen, dass ihm beim Nachsprechen eventuell Fehler passieren, er sich jedoch korrigieren darf.

Die Stimuli wurden von einem Modellsprecher in modernem Standarddeutsch eingesprochen und dem Probanden über Audioboxen präsentiert. Der Proband sollte den Stimulus daraufhin nachsprechen. Die Präsentation der Stimuli erfolgte über die Software PsychoPy (Peirce, 2007). Sobald die Präsentation des Stimulus durch den Modellsprecher startete, begann die Audioaufnahme und wurde vom Untersucher manuell gestoppt, sobald der Patient den Stimulus nachgesprochen hatte oder dem Untersucher signalisierte, dass dies nicht gelingt und eine Nullreaktion erfolgt. Die Aufnahme erfolgte über die Software PsychoPy (Peirce, 2007) mit einem Rode NTG 2 Mikrophon und einem Scarlett Audio-Interface.

Zwischen den zwei Wörtern der Wortpaare fand eine ungefüllte Pause von 350 ms statt. Diese Pausendauer wurde gewählt, um die Wörter auditiv klar voneinander abzusetzen und nicht den Eindruck eines Kompositums zu erwecken. Es wurden keine prosodischen Zusammenhänge über die Wortgrenzen hinweg im Wortpaar hergestellt, d. h. das Betonungsmuster der zwei Nomen im Paar entsprach der Betonung der zwei Einzelwörter.

Zwischen den einzelnen Stimuli fand eine Pause von drei Sekunden statt. Hierdurch sollten Perseverationen zwischen den Stimuli vermieden werden. In dieser Pause sollte der Patient weder verbale Äußerungen hören noch selbst sprechen. Nach jedem 16. bis 20. Stimuli erfolgte eine Pause von 40 bis 70 Sekunden. Hier wurde dem Probanden ein Comicfilm eines Strichmännchens gezeigt, in dem nur Musik und Geräusche, jedoch keine Sprache produziert wurde. Insgesamt wurden sechs Pausenfilme pro Proband gezeigt. Das Produktionsexperiment wurde in zwei Teilen präsentiert, dazwischen wurden Perzeptionstestungen (s. Abschnitt 5.2) durchgeführt. Die Reihenfolge der gesamten Testung wird in Abschnitt 5.5 dargestellt.

### 5.3.4 Datenaufbereitung und -analyse

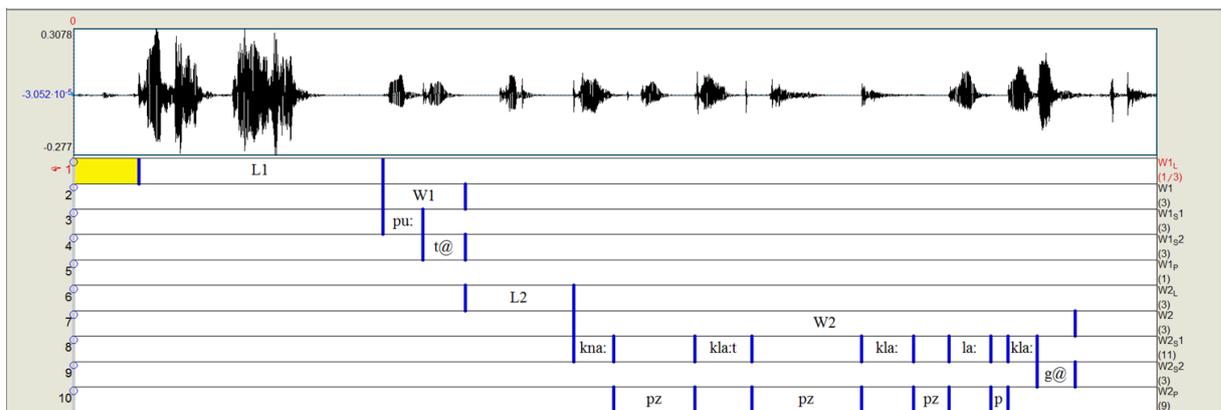
Die Aufbereitung und Analyse der im Nachsprechexperiment erfassten Audioaufnahmen erfolgte in vier Schritten: Zunächst wurde die Audioaufnahme in Teilabschnitte segmentiert, daraufhin ein phonetisches Transkript der Äußerungen des Probanden erstellt, anschließend wurden Fehler auf Wort- und Silbenebene bewertet und im letzten Schritt statistisch analysiert.

#### 5.3.4.1 Segmentierung

Die Audioaufnahme enthielt jeweils den vorgeschprochenen Stimulus und die daraufhin geäußerte Reaktion des Probanden. Es wurde ein Textgrid mit mehreren Zeilen (sog. Tiers) in Praat (Boersma, 2001) für jedes Audiofile erstellt:

- Tier 1: Latenz erstes Wort
- Tier 2: Gesamtdauer erstes Wort
- Tier 3: Erste Silbe erstes Wort
- Tier 4: Zweite Silbe erstes Wort
- Tier 5: Pausen innerhalb des ersten Wortes

Bei Wortpaaren wurden analog weitere fünf Tiers erstellt, die sich auf das zweite Wort im Paar bezogen (vgl. Abbildung 6).



**Abbildung 6 Segmentierung und Transkription einer Patientenreaktion auf den Stimulus „Pute - Klage“ in Praat (Boersma, 2001)**

Um die **Latenz** des ersten Wortes zu erhalten, wurde die Spanne zwischen dem Beginn des vorgeschprochenen Stimulus, da dieser eindeutiger zu segmentieren war als das Ende des Stimulus, und dem Beginn der Probandenreaktion markiert. Von dieser Dauer wurde anschließend die Stimulusdauer subtrahiert, um die tatsächliche Latenzzeit zu erhalten. Die Latenz des zweiten Wortes wurde ab dem Ende der Probandenreaktion des ersten Wortes bis zum Beginn der Probandenreaktion des zweiten Wortes gemessen.

Als **Wortdauer** wurde der gesamte Nachsprechversuch für das jeweilige Wort von Beginn der Patientenreaktion bis zu dessen Ende markiert. Hier konnten mehrere Wiederholungen von einzelnen Silben oder auch des gesamten Wortes enthalten sein. Erst wenn phonologisch oder prosodisch klar erkennbar zum Nachsprechen des zweiten Wortes übergegangen wurde, wurde hier die Wortdauer auf dem Tier des zweiten Wortes markiert. Der Beginn und das Ende jeder **Silbenrealisation** wurden auf dem jeweiligen Tier für die erste und zweite Silbe des Wortes segmentiert. Es waren auch mehrere Silbenrealisationen pro Wort möglich, wenn Selbstkorrekturen vom Probanden produziert wurden.

Der Beginn und das Ende von auditiv eindeutig erkennbaren **Sprechpausen**, die innerhalb des Produktionsprozesses eines Wortes auftraten, wurden auf dem Pausentier des jeweiligen Wortes markiert. Pausen waren innerhalb einer Silbe möglich, zwischen der ersten und zweiten Silbe des Wortes und zwischen Wortwiederholungen. Es wurde anschließend codiert, welche dieser drei Pausenarten produziert wurde.

#### *5.3.4.2 Transkription*

Die Transkription erfolgte nach SAMPA Konventionen (Wells, 1997, siehe f) Anhang). Das Transkript wurde in Praat innerhalb der als Silbenrealisation markierten Bereiche im Silbentier vorgenommen (vgl. Abbildung 6). Alle auditiv eindeutig erkennbaren Phoneme wurden mit SAMPA Zeichen transkribiert.

Für die Transkription der phonetischen Fehler wurden weitere Codierungszeichen festgelegt. Lautentstellungen wurden mit einer runden Klammer um ein oder mehrere Phoneme markiert, z. B. (j)nEk@. Wenn hörbare artikulatorische Suchbewegungen in der Audioaufnahme auftraten, die jedoch nicht als Phonemrealisationen zu erkennen und bewerten waren, wurde dies mit (?) im Transkript vermerkt. Suchverhalten wurde entweder als Silbenrealisation gewertet, wenn es durch eine Pause von weiteren Phonemen getrennt war, oder konnte in Kombination mit erkennbaren Phonemen innerhalb einer Silbenrealisation auftreten. Als weiterer phonetischer Fehler wurden Lautdehnungen mit einem Doppelpunkt hinter dem entsprechenden Laut im Transkript markiert. Wenn eine intrasilbische Pause aufgetreten war, wurde die Position dieser Pause zwischen den Phonemen mit einem [-] im Transkript markiert und ebenfalls als phonetischer Fehler gewertet.

#### *5.3.4.3 Fehlerbewertung*

Die Fehlerbewertung erfolgte sowohl auf Wort- als auch Silbenebene. Hierzu wurde ein eigenes Codiersystem der unterschiedlichen Fehlertypen entwickelt und in mehreren Iterationen auf die

Anwendbarkeit bei unterschiedlichen Patienten erprobt und angepasst. Dieser Vorgang wurde so lange wiederholt, bis ein finales Codiersystem feststand, mit dem alle aufgetretenen Fehlertypen differenziert werden konnten (siehe g) Anhang).

### *Wortbewertung*

Im ersten Schritt erfolgte die Bewertung der gesamten Wortrealisation. Hier wurde zunächst beurteilt, ob die Wortrealisation dem Zielwort aufgrund einer phonetisch-phonologischen oder semantischen Nähe zugeordnet werden konnte. In die Bewertung der phonetisch-phonologischen Nähe zum Zielwort gingen folgende Beurteilungsdimensionen mit in das Rater-Urteil ein:

- Anzahl der korrekt realisierten Phoneme
- Anzahl der fehlerhaft hinzugefügten Phoneme
- Anzahl der Phonemsubstitutionen und Ähnlichkeit der substituierten Laute mit dem Zielphonem

Wenn eine Wortzuordnung aufgrund semantischer Nähe möglich war, handelte es sich bei der Wortrealisation um eine semantische Paraphrasie (z. B. Zielwort: *Jacke*, Realisation: *Hose*).

Falls nur bei einem von zwei Wörtern im Paar eine Wortzuordnung möglich war, wurde die Zuordnung des zweiten Wortes im Paar im Ausschlussverfahren vorgenommen. Wenn zum Beispiel das Wortpaar *Klage - Pute* durch den Patienten mit /la:gə/ - \*/fot/ realisiert wurde, wurde die erste Realisation /la:gə/ anhand der phonetisch-phonologischen Nähe dem Zielwort *Klage* zugeordnet und das zweite realisierte Wort \*/fot/ im Ausschlussverfahren dem zweiten Zielwort im Paar *Pute* zugeordnet und als Neologismus bewertet.

In Wortpaaren, deren Zielwörter phonologisch related waren, war die Wortzuordnung teilweise nicht möglich, da ein realisiertes Wort eine gleich starke phonetisch-phonologische Nähe zu beiden Zielwörtern im Paar aufwies (z. B. Zielwörter: *Klage - Kater*, Realisation: /ta:gə/ - \*/ka:gə/). Wenn eine Wortzuordnung nicht möglich war, wurde keine weitere phonologische Fehleranalyse durchgeführt, da hierfür ein zugeordnetes Zielwort notwendig war, auf das sich die phonologische Analyse bezog. Sobald eine Wortzuordnung möglich war, wurden unterschiedliche Wortbewertungen vorgenommen (s. Tabelle 11).

Wenn eine Zuordnung der Realisation zu einem Zielwort möglich war, konnte im Wortpaar daraufhin auch beurteilt werden, ob die zwei Wörter im Paar in der korrekten Reihenfolge vom Patienten nachgesprochen wurden. Wenn dies nicht der Fall war, wurde eine Wortvertauschung codiert und somit änderte sich auch der realisierte Paartyp. So konnte ein Paartyp 1 (Cluster-Wort – relatedes Singleton-Wort) durch eine produzierte Wortvertauschung zu einem Paartyp 2 werden (relatedes Singleton-Wort – Cluster-Wort).

**Tabelle 11 Wortbewertungen**

Bewertung	Erläuterung	Weitere Fehleranalyse
Korrektes Wort	Zielwort aufgrund der phonetisch-phonologischen Übereinstimmung erkennbar.	Möglich
Formale Paraphasie	Zielwort aufgrund der phonetisch-phonologischen Übereinstimmung erkennbar, aber neues deutsches Wort ist entstanden. Es wurde keine formale Paraphasie bewertet: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ bei morphologischen Varianten, z. B. Pluralform des Zielwortes,</li> <li>▪ wenn während Korrekturprozessen zwischendurch eine formale Paraphasie entstanden ist, final jedoch keine formale Paraphasie produziert wurde oder</li> <li>▪ wenn die potentielle formale Paraphasie phonetisch entstellte Phoneme enthielt, die distinktiv waren, z. B. <i>Kasse</i> → /t)asə/.</li> </ul>	Möglich
Fragment	Zielwort aufgrund der phonetisch-phonologischen Übereinstimmung erkennbar, aber nur eine Silbe des Zielwortes produziert. Wenn nur ein Phonem des Zielwortes produziert wurde, wurde dieses nicht als Fragment sondern als Neologismus gewertet.	Möglich
Neologismus	Das Zielwort wurde durch einen phonematischen Neologismus ersetzt (keine ausreichende phonetisch-phonologische Übereinstimmung). Können Einzellaute oder Lautketten sein.	Nicht möglich
Semantische Paraphasie	Zielwort wird durch ein phonologisch fremdes Wort mit semantischer Ähnlichkeit ersetzt.	Nicht möglich
Substitutionen	Das Zielwort wird durch ein phonologisch und semantisch unrelatiertes Wort ersetzt. Können auch Perseverationen aus vorherigen Stimuli des Produktionsexperimentes sein.	Nicht möglich
Nullreaktion	Zielwort wurde nicht nachgesprochen oder nur reine Suchbewegungen produziert.	Nicht möglich

### *Silbenbewertung*

Ausschließlich bei erkennbaren Wortrealisationen, formalen Paraphasien und Wortfragmenten wurde anschließend eine phonologische Fehleranalyse durchgeführt (s. Tabelle 11, Spalte 3). Hierbei wurde jede einzelne Silbe auf phonologische und phonetische Fehler bewertet (Auswertungskventionen vgl. g) Anhang). Bei der phonologischen Analyse wurden die unterschiedlichen Segmente der Silbe wie folgt bewertet:

- Vokal: korrekt, Substitution, Tilgung oder Addition
- Silbenonset: korrekt, Substitution von Konsonant/en, Tilgung von Konsonant/en, Einzelkonsonant ersetzt durch unrelatiertes Cluster, Cluster ersetzt durch unrelatierten Einzelkonsonanten, Addition von Konsonanten oder eines Schwas
- Silbencoda: korrekt, Substitution, Tilgung oder Addition

Außerdem wurde bewertet, ob ein substituierter oder addierter Laut bereits an anderer Stelle im Wort oder Wortpaar vorkam (relatierter Fehler). All diese als phonematische Fehler codierten Varianten lassen eine phonologische Interpretation zu. So auch die Schwa-Addition, bei der eine phonetische anstatt phonologische Fehlerursache in der Literatur diskutiert wird (vgl. Abschnitt 3.3.4).

Des Weiteren wurden „phonetische Fehler“ codiert. Hierunter wurden Fehler verstanden, die nicht phonologisch interpretierbar waren. Folgende phonetische Fehlertypen wurden differenziert:

- Lautentstellungen
- Artikulatorisches Suchverhalten
- Überartikulation
- Lautdehnungen
- Intrasilbische Pausen

Es soll an dieser Stelle angemerkt werden, dass im engeren Sinne unter „phonetischen Fehlern“ häufig nur Lautentstellungen definiert werden (vgl. Abschnitt 1.3.2), in dieser Arbeit die Kategorie jedoch breiter gefasst wird.

### 5.3.4.4 Statistische Analyse

Zur Prüfung von Zusammenhängen zwischen metrischen Variablen wurden in dieser Arbeit Korrelationen nach Pearson berechnet. Mittelwertsunterschiede in abhängigen Stichproben wurden mithilfe von t-Tests mit gepaarten Messwerten durchgeführt. Mehrfaktorielle Modelle ohne Random-Effekte wurden mittels Varianzanalysen (ANOVA) gerechnet. Diese prüfstatischen Verfahren wurden mit SPSS (Version 24) durchgeführt.

Ein Großteil der statistischen Fragestellungen wurde mittels *Generalized linear mixed-effects models* (GLMM) beantwortet. Als Zufallsfaktoren wurden die Intercepts der PROBANDEN und der ITEMS berücksichtigt. In dieser Arbeit waren alle abhängigen Variablen dichotom, weshalb die *logit link* Funktion verwendet wurde. Alle Berechnungen wurden mit R (R-Core-Team, 2017) im RStudio (Version 3.5.1) durchgeführt und dabei die *glmer* Funktion des *lme4-Pakets* verwendet (Bates, Maechler, Bolker & Walker, 2015).

Es wurde prinzipiell immer das vollständige GLMM gerechnet, das neben Haupteffekten auch Interaktionen beachtet. Falls unter den Modellkoeffizienten (log odds) der Interaktionseffekte keine signifikanten Koeffizienten markiert waren, wurde ein reduziertes Modell ohne Interaktionen mit dem vollständigen Modell verglichen. Hierzu wurde der *likelihood ratio test* (anova Funktion in R) zum Modellvergleich verwendet. Zeigte sich in diesem Vergleich, dass keine

signifikante Verbesserung des Modells durch den Einschluss von Interaktionen erzielt werden konnte, wurden alle folgenden Berechnungen mit dem reduzierten Modell ausschließlich mit Haupteffekten durchgeführt.

Bei Fragestellungen, bei denen ein Vergleich zwischen mehr als zwei Ausprägungen eines festen Faktors notwendig war, wurde die *re-level* Funktion in R verwendet. Dieses Vorgehen war notwendig, da im GLMM immer nur eine Ausprägung eines Faktors als Referenz festgelegt wird. Bei Faktoren mit mehr als zwei Ausprägungen werden nicht alle relevanten Paarvergleiche im ersten Schritt des GLMM durchgeführt. Durch die *re-level* Funktion kann variiert werden, welche Ausprägung als Referenz im Paarvergleich dient und somit können alle relevanten Paarvergleiche zwischen den verschiedenen Ausprägungen eines Faktors vorgenommen werden.

Das Signifikanzniveau wurde in allen Berechnungen bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,05$  festgelegt und die Signifikanzstufen  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  und  $p < 0,001$  angegeben. Irrtumswahrscheinlichkeiten zwischen 0,05 und 0,1 wurden als Tendenz zur Signifikanz gewertet und der genaue p-Wert angegeben. Irrtumswahrscheinlichkeiten, die mit  $p > 0,1$  sowohl außerhalb des Signifikanzniveaus als auch des Bereiches einer Tendenz zur Signifikanz lagen, wurden als nicht signifikant (ns) gekennzeichnet.

### 5.4 Interrater-Reliabilität

Um die Reliabilität der Datenanalyse zu untersuchen, wurde ein Teil der Sprechproben aus dem Nachsprechexperiment, die von der ersten Untersucherin (Rater 1) bewertet wurden, zusätzlich von einer weiteren Untersucherin (Rater 2) unabhängig bewertet. Rater 2 war ebenfalls mit Patienten mit Lautproduktionsstörungen vertraut und hatte Erfahrung in der Transkription von Sprechproben. Es wurden von den 19 Probanden drei aus jeder der beiden Patientengruppen ausgewählt. Dabei wurde darauf geachtet, dass jeweils ein Patient mit einer leichten, einer mittelschweren und einer schweren sprachlichen Beeinträchtigung in die Interrater-Studie einging. Von den insgesamt 140 Items je Patient wurden 40 über die unterschiedlichen Bedingungen (Einzelwörter, Wortpaare, Clustertypen etc.) gleich verteilte, zufällig ausgewählte Items re-evaluiert. Hierzu erhielt Rater 2 eine Einweisung durch Rater 1 in die in dieser Arbeit verwendeten Transkriptionskonventionen und es wurde ein kurzes Training anhand eines Patienten, der nicht in die Interrater-Studie eingeschlossen wurde, durchgeführt. Anschließend erfolgte die unter Abschnitt 5.3.4.2 beschriebene Transkription in den bereits vorsegmentierten Silbenabschnitten durch Rater 2 ohne Absprache mit Rater 1. Auf Grundlage dieser Transkription

erfolgte durch Rater 1 die Silbenbewertung mit dem festgelegten objektiven Codiersystem (5.3.4.3 Fehlerbewertung – Silbenbewertung).

Die Interrater-Reliabilität wurde mittels Krippendorffs  $\alpha$  (Hayes & Krippendorff, 2007) für die später in der Arbeit verwendeten Fehlermaße *Phonematische Fehler*, *Phonetische Fehler*, *Vereinfachungen* und *Verkomplizierungen* berechnet. Die Werte von Krippendorffs  $\alpha$  und dem 95%-Konfidenzintervall sind in Tabelle 12 aufgeführt.

**Tabelle 12 Interrater-Reliabilität ermittelt durch Krippendorffs  $\alpha$  (Hayes & Krippendorff, 2007)**

Fehlertyp	Krippendorffs $\alpha$	95%-Konfidenzintervall	Bewertung*
Phonematische Fehler	0,84	0,72 – 0,93	nahezu perfekt
Phonetische Fehler	0,50	0,23 – 0,77	moderat
Vereinfachung	0,77	0,51 – 0,94	substantiell
Verkomplizierung	0,82	0,50 – 1,00	nahezu perfekt

\*nach Landis & Koch (1977)

Cohens Kappa Werte stimmten in allen Fällen mit den mittleren Krippendorffs  $\alpha$  Werten überein und sind nach Landis & Koch (1977) als moderat bis nahezu perfekt zu bewerten (s. Tabelle 12). Betrachtet man das 95%-Konfidenzintervall von Krippendorffs  $\alpha$  befindet sich die Untergrenze bei phonetischen Fehlern, Vereinfachungen und Verkomplizierungen allerdings in einem kritischen Bereich (Hayes & Krippendorff, 2007).

## 5.5 Untersuchungssituation und -protokoll

Jeder Proband wurde mit folgenden Tests in immer gleicher Reihenfolge untersucht:

- 1) Nachsprechexperiment Teil 1 (20 Einzelwörter und 50 Wortpaare)
- 2) Sprachverständnistest für Wörter
- 3) Nachsprechexperiment Teil 2 (50 Wortpaare und 20 Einzelwörter)
- 4) Test zur auditiven Merkspanne
- 5) LeMo mündliches Benennen
- 6) Spontansprachinterview
- 7) HWL

Es wurde bei der Reihenfolge der einzelnen Tests darauf geachtet, dass sich expressive mit rezeptiven Aufgaben abwechseln. Zwischen allen Untertests bestand die Möglichkeit, Pausen

einulegen. Besonders bei Patienten mit starker Tendenz zur Perseveration beim Nachsprechen wurde darauf geachtet, dass genügend Pausen eingehalten wurden.

Alle Untersuchungen wurden von der gleichen Untersucherin durchgeführt. Die gesamte Testung dauerte pro Patient zwischen 75 und 90 Minuten. Sie wurde in der Regel zu einem Testzeitpunkt durchgeführt und fand in den Räumen der behandelnden Sprachtherapeuten oder im Hausbesuch statt.

## 6 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Arbeit beschrieben. Hierbei werden zunächst die generelle Datenlage und die produzierten Fehler im Überblick dargestellt. Anschließend wird der Zusammenhang zwischen Fehlern im Nachsprechexperiment und anderen Faktoren, z. B. der sprachlichen Leistungen der Patienten in klinischen Tests, analysiert.

Im zweiten Teil wird die Fehleranfälligkeit von Cluster-Silben im Vergleich zu Singleton-Silben näher untersucht und mögliche Einflussfaktoren auf die Fehlerrate dargestellt. Anschließend richtet sich die Analyse auf die genauere Betrachtung der entstandenen Fehlertypen und die Suche nach möglichen Unterschieden im Fehlermuster zwischen den Patientengruppen.

Im letzten Teil der Ergebnisdarstellung wird untersucht, welchen Einfluss der phonologische Kontext in Wortpaaren auf phonematische Fehler hat.

### 6.1 Datenkorpus aus dem Nachsprechexperiment

Im Folgenden soll die Datengrundlage, die aus dem Nachsprechexperiment entstand, beschrieben werden. Anschließend werden die entstandenen sprachlichen Fehler deskriptiv dargestellt und Zusammenhänge zu den sprachlichen Leistungen der Patienten in der Diagnostik und nicht systematisch kontrollierten Faktoren des Stimulusmaterials gesucht.

#### 6.1.1 Größe der Datengrundlage

Jeder der 19 Probanden sprach insgesamt 240 Wörter nach. Bei lediglich 0,15 Prozent der Wörter lag aufgrund technischer Probleme keine Aufnahme vor. Daraus resultiert ein Gesamtkorpus von 4553 nachgesprochenen Wörtern.

Im Nachsprechexperiment kam es bei Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung bei 5,8 Prozent und bei Sprechapraxiepatienten bei 9,7 Prozent der Wörter zu Nullreaktionen. Außerdem wurde bei 1,1 Prozent (PI) und 0,6 Prozent (SAX) der Wörter nur eine Silbe des Wortes nachgesprochen (fragmentarische Äußerung; s. Tabelle 14). Nach Abzug der Nullreaktionen wurden noch 4195 zweisilbige Wörter von den 19 Probanden nachgesprochen, was abzüglich der fehlenden Silben bei fragmentarischen Äußerungen eine Gesamtsilbenanzahl von 8353 ergäbe. Es

wurden jedoch auch Silbenwiederholungen analysiert (vgl. Abschnitt 5.3.4.1), wovon die Patienten 1547 produzierten und sich somit die analysierte Gesamtsilbenzahl auf 9900 Silben belief.

9,3 Prozent der produzierten Silben konnten nicht weiter phonologisch analysiert werden, da beispielsweise ein phonologischer Neologismus oder eine semantische Paraphrasie vorlag (vgl. Abschnitt 5.3.4.3). Somit lagen 8975 Silben für die weiteren phonologischen Analysen vor. Hierunter waren 4843 erste Silben des zweisilbigen Wortes. In alle weiteren Berechnungen wurden lediglich phonologisch beurteilbare, erste Silben der Wörter einbezogen, da diese zur Beantwortung weiterer Fragestellungen strukturiert waren und zum Beispiel den Vergleich zwischen Cluster- und Singleton-Silben ermöglichten.

## 6.1.2 Häufigkeiten der entstandenen Fehlertypen

In diesem Kapitel werden zunächst die entstandenen Sprechpausen dargestellt und anschließend Substitutionen des gesamten Zielwortes sowie silbenbezogene phonematische und phonetische Fehler näher betrachtet. Für Erläuterungen, nach welchen Konventionen die hier dargestellte Fehlereinteilung vorgenommen wurde, wird auf den Methodenteil dieser Arbeit verwiesen (vgl. Abschnitt 5.3.4.3).

### 6.1.2.1 Sprechpausen

Während des Nachsprechens von Einzelwörtern und Wortpaaren wurden von den Patienten Pausen produziert. Diese wurden segmentiert und in drei Typen kategorisiert (s. Tabelle 13). Bei Wortpaaren wurde die Pause zwischen Wort 1 und 2 nicht beachtet.

**Tabelle 13 Anzahl produzierter Sprechpausen**

Gruppe	Intrasilbische Pause	Pause zwischen 1. und 2. Silbe	Pause zwischen Silbenwiederholungen	Pausen gesamt
PI	6 (0,88 %)	21 (3,07 %)	656 (96,05 %)	683 (100 %)
SAX	41 (5,98 %)	215 (31,34 %)	430 (62,68 %)	686 (100 %)

Es zeigte sich, dass Patienten mit Sprechapraxie mehr intrasilbische Pausen und mehr Pausen zwischen der ersten und der zweiten Silbe des Wortes produzierten, während Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung hauptsächlich Pausen zwischen Silbenwiederholungen einfügten. Hier gilt es zu beachten, dass dieser Pausentyp von der Anzahl produzierter

Silbenwiederholungen abhängt und somit das Selbstkorrekturverhalten der Patienten widerspiegelt.

### 6.1.2.2 Substitution des Zielwortes

Tabelle 14 zeigt wortbezogene Fehlertypen. Insgesamt traten nur selten semantisch und phonologisch unrelatierte Worts substitutionen, semantische Paraphrasien (semantisch relatierte Wortersetzung) und formale Paraphrasien (Ersetzung des Zielwortes durch ein phonologisch ähnliches im Deutschen existierendes Wort) auf.

**Tabelle 14 Wortbezogene Fehler (in % der Wörter) in beiden Patientengruppen**

Fehlertyp	PI	SAX
Nullreaktionen	5,8	9,7
Fragmentarische Äußerung	1,1	0,6
Unrelatierte Worts substitution	1,2	2,1
Semantische Paraphrasie	0,6	0,9
Formale Paraphrasie	2,5	2,9
Phonologischer Neologismus	2,6	4,0

### 6.1.2.3 Phonematische und phonetische Fehler

#### Neologismen

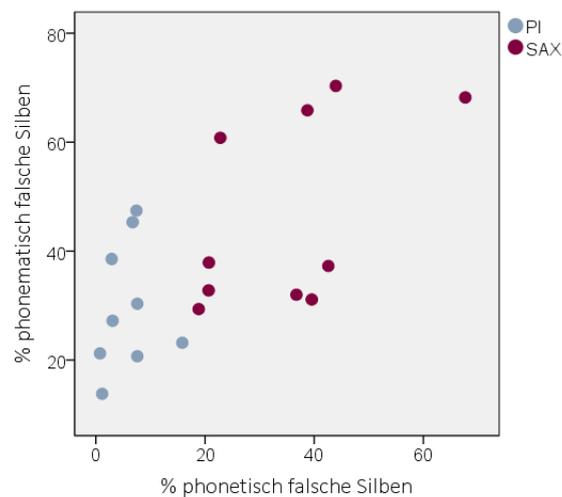
Bei phonologischen Neologismen kann kein Bezug zum Zielwort hergestellt werden und sie können als schwerster phonematischer Fehler betrachtet werden. Diesen Fehlertyp produzierten Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung bei 2,6 Prozent und Sprechapraxiepatienten bei 4,0 Prozent der nachgesprochenen Wörter (s. Tabelle 14).

#### Phonematische vs. phonetische Fehler

Betrachtet man nur die phonologisch beurteilbare erste Silbe des Wortes, entstanden bei PI im Mittel bei 30,0 Prozent dieser Silben phonematische Fehler (Range: 14,0 - 47,0; SD = 11,7) und bei SAX bei durchschnittlich 46,6 Prozent (Range: 29,0 - 70,0; SD = 17,3).

Phonetische Fehler entstanden im Mittel bei 6,1 Prozent der Silben (Range: 1,0 - 16,0; SD = 4,7) in der PI-Gruppe im Vergleich zu 35,2 Prozent (Range: 19,0 – 68,0; SD = 15,1) in der SAX-Gruppe (vgl. Abbildung 7). Somit wurden in der PI-Gruppe deutlich weniger phonetische Fehler produziert als in der Sprechapraxiegruppe. Die Mehrzahl der Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung

zeigte zwischen einem und acht Prozent phonetisch falscher Silben. Diese Werte liegen unter dem von Galluzzi et al. (2015) verwendeten Grenzwert für das Vorliegen einer Sprechapraxie von 10 Prozent phonetischer Fehler. Lediglich Probandin P011 wich in der PI-Gruppe mit 16 Prozent phonetisch falscher Silben nach oben ab. Hierunter waren 53,7 Prozent der phonetisch falschen Silben durch eine Lautentstellung gekennzeichnet und bei 41,5 Prozent fand eine Lautdehnung statt. Dennoch wurde die Patientin aufgrund ihres klinischen Bildes nach dem im Methodenteil beschriebenen Vorgehen der PI-Gruppe zugeordnet (vgl. Abschnitt 5.1.3).



**Abbildung 7 Silbenbezogene Fehlertypen phonematische und phonetische Fehler**

Um die Frage zu beantworten, ob sich die Patientengruppen in den produzierten Fehlern voneinander unterscheiden, wurde ein *Generalized linear mixed-effects model* (GLMM) mit dem Faktor FEHLERART [Phonetisch, Phonematisch] und dem Faktor GRUPPE [SAX, PI] sowie Items und Probanden als Zufallsfaktoren (Intercept) berechnet. Die abhängige Variable war die Anzahl falscher Silben.

Es zeigte sich, dass die SAX-Gruppe insgesamt signifikant mehr Fehler produzierte als die PI-Gruppe (log odds: 0,81;  $p < 0,01$ ) und dass über beide Gruppen hinweg mehr phonematische als phonetische Fehler entstanden (log odds: -2,06;  $p < 0,001$ ). Der Unterschied in der Anzahl phonetischer Fehler zwischen den Gruppen erwies sich als signifikant (log odds: 1,55;  $p < 0,001$ ), was die Plausibilität der Gruppeneinteilung unterstreicht.

### *Phonetische Fehlertypen*

Die Häufigkeit unterschiedlicher Typen phonetischer Fehler wird in Tabelle 15 dargestellt. Der deutlichste Unterschied zwischen den zwei Patientengruppen bestand in der Anzahl an Lautentstellungen, die mit 17,0 vs. 1,9 Prozent sehr viel häufiger bei Patienten mit Sprechapraxie im Vergleich zu PI-Patienten auftraten. Auch alle weiteren phonetischen Fehlertypen wurden von

der SAX-Gruppe häufiger produziert als von der PI-Gruppe. Die in Tabelle 15 dargestellten intrasilbischen Pausen beziehen sich lediglich auf die erste Silbe des Wortes und sind deshalb nicht mit der Anzahl in Tabelle 13 aufgeführten intrasilbischen Pausen gleichzusetzen.

**Tabelle 15 Phonetische Fehlertypen (in % aller produzierten Silben), auf einer Silbe können mehrere Fehlertypen gleichzeitig auftreten**

Phonetischer Fehlertyp	PI	SAX
Lautentstellungen	1,9	17,0
Suchverhalten	0,2	2,6
Überartikulation	1,1	3,4
Lautdehnung	1,9	4,6
Intrasilbische Pause innerhalb eines Clusters	0,1	0,7
Intrasilbische Pause außerhalb eines Clusters	0,0	0,0

#### *Phonematische Fehlertypen*

Betrachtet man die phonematischen Fehler (s. Tabelle 16), zeigt sich, dass häufig Lautsubstitutionen stattfanden. Hierbei traten bei Patienten mit Sprechapraxie vor allem Substitutionen von Konsonanten im Vergleich zu Vokalen auf, während PI-Patienten nahezu gleichhäufig Vokale und Konsonanten substituierten.

**Tabelle 16 Phonematische Fehlertypen (in % phonematisch falscher Silben), auf einer Silbe können mehrere Fehlertypen gleichzeitig auftreten**

Phonematischer Fehlertyp	PI	SAX
Vokal Tilgung	12,5	8,9
Vokal Addition	0,4	0,3
Vokal Substitution (durch einen Vokal)	28,7	17,3
Onset-Konsonant/en Tilgung	14,3	12,8
Onset-Konsonant/en Addition	13,5	15,1
Onset-Konsonant/en Substitution (durch einen Konsonanten)	33,9	43,0
Coda-Konsonant/en Addition	16,7	5,4
Schwa-Addition	6,6	14,1
Relatierte Fehler	17,5	18,8

Bei Tilgungen und Additionen von Vokalen und Onset-Konsonanten zeigten beide Patientengruppen ein ähnliches Bild. Coda-Konsonanten wurden häufiger von Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung hinzugefügt, wohingegen mehr Schwa-Additionen bei Sprechapraxiepatienten beobachtet wurden. Relatierte Fehler (der addierte oder substituierte Laut befand sich auch an anderer Stelle im Wort oder dem Wortpaar) traten in beiden Gruppen gleichhäufig auf. Für weitere Betrachtungen der entstandenen phonematischen Fehler siehe Abschnitt 6.3.

### 6.1.3 Zusammenhänge zwischen Fehlern im Nachsprechexperiment und den Leistungen in klinischen Tests

Es wurde überprüft, ob die phonematischen Fehler im Nachsprechexperiment mit den Leistungen in der neurolinguistischen Diagnostik zusammenhängen (s. Tabelle 17). Wie zu erwarten war, zeigten sich signifikante Korrelationen zwischen den Aufgaben zur mündlichen Sprachproduktion (AAT Nachsprechen und Benennen, LeMo Benennen, HWL) mit den Fehlern im Nachsprechexperiment, wohingegen die AAT-Untertests schriftliches Benennen, auditives Sprachverständnis und Tokentest nicht mit der Nachsprechleistung korrelierten. Es bestand außerdem keine Korrelation zwischen dem für diese Studie konstruierten auditiven Wortverständnistest für phonologisch ähnliche Wörter und dem Nachsprechexperiment. Es ist demnach nicht davon auszugehen, dass die in dieser Studie analysierten phonematischen Fehler auf auditive Verarbeitungsprobleme zurückzuführen sind.

**Tabelle 17 Zusammenhang (Korrelationskoeffizient  $r$  nach Pearson) zwischen sprachlicher Diagnostik und phonematischen Fehlern im Nachsprechexperiment. TT = Tokentest, Nach = Nachsprechen, Ben = Benennen, SV = Sprachverständnis**

	HWL seg. Fehler	LeMo Ben.	AAT Prozenträge					auditives Wortverständnis
			TT	Nach	Ben	Schr	SV	
Phonematische Fehler	0,63**	0,62*	ns	-0,69**	-0,53*	ns	ns	ns

\*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$

### 6.1.4 Zusammenhänge zwischen Fehlern im Nachsprechexperiment und nicht systematisch variierten Faktoren des Stimulusmaterials

Das Stimulusmaterial wurde so weit wie möglich nach relevanten Faktoren kontrolliert (vgl. Abschnitt 5.3.1). Da eine vollständige Kontrolle aller Faktoren nicht möglich war, variierte das im Nachsprechexperiment verwendete Wortmaterial beispielsweise in der Wortfrequenz. Ob diese unabhängigen Faktoren einen Einfluss auf die Fehlerrate hatten, wird im Folgenden dargestellt.

#### 6.1.4.1 Frequenz und Gesten-Score

Das Wortmaterial im Nachsprechexperiment variierte in der Wortfrequenz (Celex allgemeine Wortfrequenz, natürlicher Logarithmus: Range = 0 - 5,25; MW = 1,41; SD = 1,31), der Silbenfrequenz der ersten Silbe (Celex schriftliche und mündliche Frequenz in Mio., natürlicher Logarithmus: Range = 0 - 8,24; MW = 4,35; SD = 2,26) und dem Gesten-Score des Wortes (Range = 0,37 - 0,68; MW = 0,56; SD = 0,08).

Tabelle 18 zeigt die Zusammenhänge zwischen diesen Eigenschaften des Wortmaterials und den phonematischen und phonetischen Fehlern auf der ersten Silbe des Wortes. Zwischen phonematischen Fehlern und den unabhängigen Variablen bestanden signifikante negative Korrelationen. Lediglich bei Patienten mit Sprechapraxie korrelierte die Wortfrequenz nicht mit der Anzahl phonematisch falscher Silben. Ein Zusammenhang zwischen phonetischen Fehlern und den Ausprägungen des Stimulusmaterials zeigte sich lediglich beim Gesten-Score des Wortes: Es wurden mehr phonetische Fehler bei Wörtern mit niedrigem Gesten-Score gemacht. Dieser Zusammenhang bestand bei beiden Patientengruppen (s. Tabelle 18).

**Tabelle 18 Zusammenhang (Korrelationskoeffizient  $r$  nach Pearson) zwischen Eigenschaften des Wortmaterials und der Fehlerrate der ersten Silbe**

	PI		SAX	
	phonematische Fehler	phonetische Fehler	phonematische Fehler	phonetische Fehler
Wortfrequenz	-0,36**	-0,16	-0,17	0,06
Silbenfrequenz	-0,48**	-0,19	-0,48**	-0,10
Gesten-Score	-0,43**	-0,28*	-0,61**	-0,35**

\*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$

#### 6.1.4.2 Weitere lexikalische und semantische Faktoren

Bei einigen Wörtern im Nachsprechexperiment bestand die Möglichkeit, dass durch eine Addition oder Tilgung einer der Onset-Konsonanten eine formale Paraphrasie entstand. So entsteht zum Beispiel beim Stimuluswort *Kater* durch eine Clusterneubildung das existierende Wort *Krater* und bei *Klasse* durch eine Clustertilgung das Wort *Kasse*. Ob dieser lexikalische Faktor des Stimulusmaterials die Clusterneubildung oder Clustertilgung begünstigte, wurde anhand von Varianzanalysen untersucht (s. Tabelle 19). Es zeigte sich, dass Clustertilgungen unabhängig von der Möglichkeit, dass hierdurch ein neues Wort entstand, von den Patienten produziert wurden (kein lexikalischer Effekt und keine Interaktion). Bei den Clusterneubildungen zeigte sich hingegen, dass die Patienten diese häufiger produzierten, wenn bei den Wörtern die Möglichkeit zur Wortneubildung durch eine Konsonantenaddition bestand (signifikanter lexikalischer Effekt; s. Tabelle 19).

**Tabelle 19 Lexikalische und semantische Einflussfaktoren, ANOVA**

Faktor	Gruppeneffekt	semantischer/ lexikalischer Effekt	Interaktion
Formale Paraphrasie durch Clustertilgung möglich	$F(1,18) = 46,49^{***}$	$F(1,18) = 0,03; ns$	$F(1,18) = 1,00; ns$
Formale Paraphrasie durch Clusterneubildung möglich	$F(1,38) = 1,91; ns$	$F(1,38) = 12,55^{**}$	$F(1,38) = 2,13; ns$
Konkretheit	$F(1,58) = 130,22^{***}$	$F(1,58) = 1,26; ns$	$F(1,58) = 11,12^{**}$
Belebtheit	$F(1,58) = 104,61^{***}$	$F(1,58) = 0,52; ns$	$F(1,58) = 0,52; ns$

\*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$

Eine formale Paraphrasie durch Verkomplizierung war bei 20 Prozent der Stimuluswörter möglich, jedoch nur bei 50 Prozent davon fand auch tatsächlich eine solche statt. Von den 248 stattgefundenen Verkomplizierungen führten aber nur 3,23 Prozent ( $N = 8$ ) zu einer formalen Paraphrasie in Form des möglichen Onset-Minimalpaars (s. Tabelle 20). Der gefundene lexikalische Effekt, dass mehr Clusterneubildungen bei Wörtern entstanden, wo eine formale Paraphrasie möglich war, kann nicht allein durch diese wenigen produzierten Onset-Minimalpaare erklärt werden.

**Tabelle 20 Entstandene formale Paraphasien durch Verkomplizierung**

Zielwort	Realisierte formale Paraphasie durch Verkomplizierung (N)	N Onset-Minimalpaare
Kater	Krater (3)	3
Schecke	Schnecke (3)	3
Leine	Kleine (1)	1
Kappe	Knabe (2), knappe (1)	1
Scheibe	Schneiden (1)	0
Teile	Schneiden (1)	0

Die Stimuluswörter unterschieden sich außerdem in den semantischen Faktoren KONKRETHEIT und BELEBTHEIT untereinander. Ob sich diese Faktoren auf die Fehlerrate auswirkten, wurde ebenfalls mittels Varianzanalysen untersucht (s. Tabelle 19). Es zeigten sich keine signifikanten Effekte der semantischen Faktoren KONKRETHEIT und BELEBTHEIT. Es bestand lediglich eine schwer zu interpretierende Interaktion beim Faktor KONKRETHEIT: Die PI-Gruppe produzierte unerwarteter Weise mehr Fehler auf konkreten als auf abstrakten Wörtern, wohingegen die SAX-Gruppe das umgekehrte Bild zeigte.

### 6.1.5 Zusammenfassung

Im vorhergehenden Abschnitt wurde die Datengrundlage aus dem Nachsprechexperiment dargestellt. Bei Betrachtung der aufgetretenen Fehlertypen zeigten sich Unterschiede zwischen den Patientengruppen: Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung produzierten eine sehr viel geringere Rate an phonetisch falschen Silben als Sprechapraxiepatienten. Dieser Unterschied wurde vor allem in der Anzahl an Lautentstellungen deutlich. Das bestätigt die Plausibilität der Gruppeneinteilung. Bei den produzierten phonematischen Fehlern war der häufigste Fehlertyp die Lautsubstitution.

Neben der Darstellung der produzierten Fehler wurde nach Zusammenhängen zwischen diesen mit den nicht experimentell kontrollierten Faktoren des Stimulusmaterials gesucht. Hierbei wurde deutlich, dass der Gesten-Score über beide Patientengruppen hinweg sowohl phonematische als auch phonetische Fehler am besten vorhersagte, wohingegen die Silbenfrequenz lediglich einen Zusammenhang mit der Anzahl an phonematischen Fehlern in beiden Patientengruppen aufzeigte.

Als weiteres interessantes Ergebnis zeigte sich ein lexikalischer Einfluss auf Verkomplizierungsfehler: Es entstanden mehr Verkomplizierungen bei Wörtern, bei denen durch eine Verkomplizierung eine formale Paraphasie potentiell möglich war, z. B. *Kater* → *Krater*

(formale Paraphrasie). Diese potentiellen formalen Paraphrasen wurden jedoch von den Patienten nur äußerst selten produziert und erklären somit nicht den gefundenen Effekt. Es scheint vielmehr, als gebe es eine Elizitierung von Cluster-Neubildungen durch die reine Möglichkeit, dass durch ein Cluster ein neues Wort entsteht, auch wenn dieses neue Wort selbst nicht produziert wird.

## 6.2 Fehleranfälligkeit von Konsonantenclustern

Im folgenden Abschnitt wird der grundlegenden Frage nachgegangen, ob Cluster höhere Anforderungen an sprachliche Verarbeitungsprozesse stellen als Singletons und deshalb zu mehr Fehlern bei sprachbeeinträchtigten Patienten führen. Anschließend wird nach Hinweisen gesucht, von welchen strukturellen Eigenschaften des Konsonantenclusters dessen Fehleranfälligkeit abhängt.

Für die Berechnungen der einzelnen Fragestellungen wird im Folgenden meist nur ein spezifischer Teil des Stimulusmaterial aus dem Nachsprechexperiment herangezogen. Das Stimulusmaterial wurde, wie im Methodenteil dieser Arbeit dargestellt, systematisch strukturiert und dem Patienten in unterschiedlichen Bedingungen zum Nachsprechen präsentiert. Vor jeder Berechnung der einzelnen Fragestellung wird im Folgenden die Auswahl des einbezogenen Wortmaterials in Form einer Tabelle dargestellt (vgl. beispielsweise Tabelle 21). Diese Tabelle zeigt jeweils den gesamten Materialkorpus und die für die Berechnung herangezogene Teilmenge ist grau hinterlegt.

### 6.2.1 Sind Konsonantencluster fehleranfälliger als Singletons?

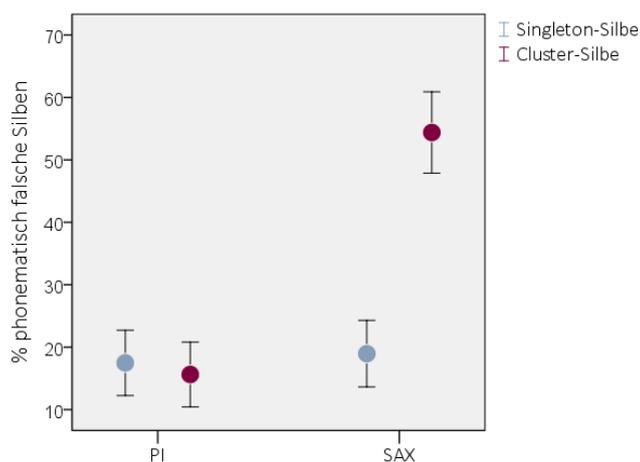
In folgende Berechnungen wurden lediglich Silben der nachgesprochenen Einzelwörter und nicht aus Wortpaaren einbezogen (s. Tabelle 21). Darunter waren 20 Wörter mit Cluster-Onset und 20 Wörter mit zu den Clustern relatierten Singleton-Onsets. Jeder Proband sprach jedes Wort einmal nach.

Das Auftreten bzw. Nicht-Auftreten eines phonematischen Fehlers auf einer Silbe stellte die dichotome abhängige Variable dar. Es wurde ein GLMM mit den festen Faktoren ONSET [Singleton, Cluster] und GRUPPE [PI, SAX] sowie ITEMS und PROBANDEN als Zufallsfaktoren (Intercept) berechnet.

**Tabelle 21 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt). Beispiel: CC = *Klage*, C = *Kater* (relatiert zu CC) und X = *Pute* (unrelatiert zu CC)**

Kontextbedingung	Onset	Anzahl
Einzelwörter	C	20
	CC	20
Cluster-Paar relatiert	CC – C	20
	C – CC	20
Cluster-Paar unrelatiert	CC – X	20
	X – CC	20
Singleton-Paar	C – X	10
	X – C	10

Abbildung 8 stellt die Häufigkeit phonematisch falscher Silben bei Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung und Sprechapraxiepatienten dar. Es zeigte sich, dass bei Sprechapraxie die Anzahl an phonematischen Fehlern bei Clustern höher lag als bei Singletons.



**Abbildung 8 Fehlerrate (Mittelwert, 95 % Konfidenzintervall) bei Cluster- vs. Singleton-Silben**

Das vollständige GLMM zeigte keinen signifikanten Effekt des Faktors GRUPPE (log odds: 0,15; ns). Außerdem zeigte sich kein signifikanter Effekt des Faktors ONSET (log odds: -0,05; ns). Ein Interaktionseffekt zeigte sich in einer vermehrten Fehleranfälligkeit von Cluster-Onsets in der SAX-Gruppe im Vergleich zur PI-Gruppe (log odds: 1,95;  $p < 0,001$ ).

## 6.2.2 Ist der Clustereffekt durch die höhere Phonemanzahl zu erklären?

### *Statistische Analyse*

Um dieser Frage nachzugehen, wurde die Fehleranfälligkeit von Cluster-Silben durch die Fehleranfälligkeit von Singleton-Silben vorhergesagt. Geht man von der Annahme aus, dass die Schwierigkeit eines Zwei-Konsonanten-Clusters allein aus der Schwierigkeit jedes der beteiligten Einzelkonsonanten resultiert, kann folgende Berechnung angestellt werden:

Patient A hat folgende Ergebnisse im Produktionsexperiment dieser Studie gezeigt:

Singleton-Silben Rate korrekt:  $k^S = 0,72$

Cluster-Silben Rate korrekt:  $k^C = 0,65$

Unter der Annahme, dass Cluster-Fehler auf voneinander unabhängigen Fehlermechanismen der beteiligten Einzelkonsonanten beruhen, kann die Korrektheit von Cluster-Silben aus der Korrektheit von Singleton-Silben nach kombinatorischen Regeln wie folgt vorhergesagt werden:

Cluster-Silben vorhergesagt korrekt:  $k_v^C = k^S \times k^S = 0,52$

Für weitere statistische Berechnungen wurde nun die Differenz zwischen der tatsächlichen und der vorhergesagten Korrektheit von Cluster-Silben gebildet:

$\Delta = k^C - k_v^C = 0,65 - 0,52 = 0,13$

Dies führt zu der Ergebnisinterpretation, dass bei einem  $\Delta > 0$  das Cluster leichter als vorhergesagt ist und die beiden Konsonanten eines Clusters vermutlich zu einer Einheit integriert wurden. Ergibt sich ein  $\Delta < 0$  ist das Cluster schwieriger als vorhergesagt, was dahingehend interpretiert werden kann, dass die zeitliche Koordination zweier Konsonanten im Cluster eine zusätzliche Fehlerquelle darstellt.

Die Datengrundlage für folgende Berechnungen bildeten lediglich Einzelwörter (s. Tabelle 21). Um Gruppenunterschiede festzustellen, wurde ein t-Test mit gepaarten Messwerten und abhängigen Stichproben durchgeführt.

### *Ergebnisse*

Folgende Ergebnisse werden in Abbildung 9 dargestellt. Für die Gruppe der Sprechapraxiepatienten zeigte sich, dass Cluster signifikant fehleranfälliger waren als zwei Einzelkonsonanten ( $t(17) = 4,12$ ;  $p < 0,05$ ). Dieses Ergebnis spricht dafür, dass die unter Abschnitt 6.2.1 gezeigte erhöhte Fehleranfälligkeit von Cluster-Silben bei Patienten mit Sprechapraxie nicht allein aufgrund der erhöhten Phonemanzahl von Clustern auftritt, sondern dass es sich um einen

„echten“ Clustereffekt handelt. Für Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung konnte hingegen ein gegensätzlicher Trend festgestellt werden, wonach Cluster tendenziell weniger fehleranfällig waren als zwei Einzelkonsonanten ( $t(8) = 1,44$ ;  $p = 0,07$ ). Hier gilt zu beachten, dass es sich mit lediglich neun PI-Patienten um eine kleine Stichprobe handelt.

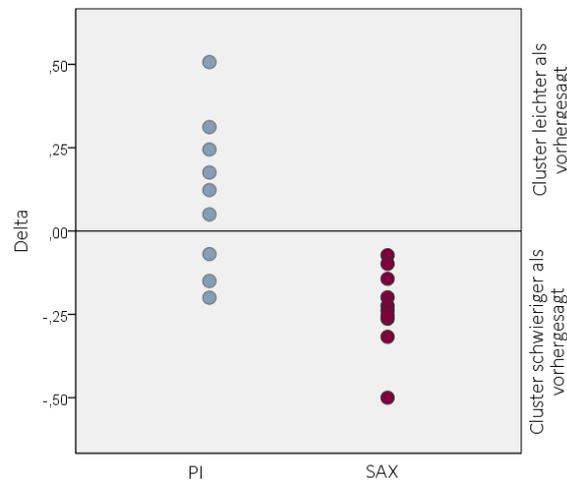


Abbildung 9 Delta zwischen tatsächlicher und vorhergesagter Clusterschwierigkeit

### 6.2.3 Unterscheiden sich die Clustertypen in ihrer Fehleranfälligkeit?

#### Statistische Analyse

Datengrundlage bildeten sowohl Cluster-Silben in Einzelwörtern als auch in Wortpaaren (s. Tabelle 22). Somit wurden 25 Realisationen pro Patient und Clustertyp in die Berechnungen eingeschlossen.

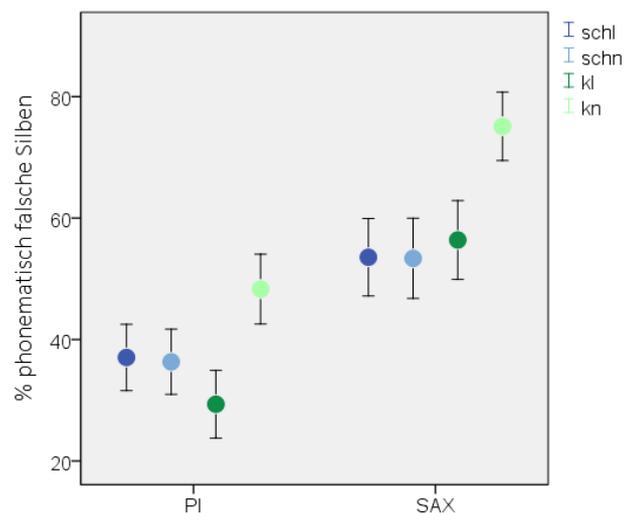
Tabelle 22 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt). Beispiel: CC = *Klage*, C = *Kater* (relatiert zu CC) und X = *Pute* (unrelatiert zu CC)

Kontextbedingung	Onset	Anzahl
Einzelwörter	C	20
	CC	20
Cluster-Paar relatiert	CC – C	20
	C – CC	20
Cluster-Paar unrelatiert	CC – X	20
	X – CC	20
Singleton-Paar	C – X	10
	X – C	10

Die dichotome abhängige Variable repräsentierte das Auftreten bzw. Nicht-Auftreten eines phonematischen Fehlers auf der Silbe. Es wurde ein GLMM mit den festen Faktoren CLUSTER [ʃl, ʃn, kl, kn] und GRUPPE [PI, SAX] sowie ITEMS und PROBANDEN als Zufallsfaktoren (Intercept) berechnet. Um Unterschiede zwischen den verschiedenen Clustertypen zu untersuchen, wurden Paarvergleiche zwischen den Ausprägungen des Faktors CLUSTER [ʃl, ʃn, kl, kn] durchgeführt. Hierzu wurde jeweils ein Clustertyp als Referenz ausgewählt und alle anderen Ausprägungen mit dieser verglichen. Um alle möglichen Paarvergleiche durchzuführen, wurde das Referenzcluster durch die *re-level* Funktion in R variiert.

### Ergebnisse

Abbildung 10 zeigt, dass bei beiden Patientengruppen die meisten Fehler beim Cluster /kn/ im Vergleich zu den anderen Clustertypen produziert wurden.



**Abbildung 10 Fehllrate (Mittelwert, 95 % Konfidenzintervall) der unterschiedlichen Clustertypen**

Das berechnete vollständige GLMM zeigt, dass das Cluster /kn/ signifikant fehleranfälliger war als die anderen drei Clustertypen (s. Tabelle 23).

**Tabelle 23 log odds von Ausgangs- zum Referenzcluster**

		Referenz		
		ʃl	ʃn	kl
Ausgang	ʃn	-0,02		
	kl	-0,30	-0,27	
	kn	0,55*	0,58*	0,85**

\* p < 0,05, \*\* p < 0,01

Dieses Ergebnis gilt weitestgehend für beide Patientengruppen. Es gab lediglich eine Interaktion mit dem Faktor GRUPPE, der darauf hinweist, dass bei Sprechapraxiepatienten der Unterschied in der Fehleranfälligkeit von /kn/ zu /jl/ stärker ausgeprägt war als bei PI-Patienten (log odds: 0,58;  $p < 0,05$ ).

#### 6.2.4 Vergleich der Schwierigkeit der Clustertypen mit der von relatierten Singletons

##### *Statistische Analyse*

Im Folgenden sollte untersucht werden, ob die Schwierigkeit eines spezifischen Clustertyps höher ist, als durch die Fehlerrate der relatierten Singleton-Silben vorhergesagt werden kann. Hierzu wurden Einzelwörter und Cluster-Paare in die Berechnung mit einbezogen (s. Tabelle 24). Wie unter Abschnitt 6.2.2 beschrieben wurde der Parameter  $\Delta$  für jeden der vier Clustertypen aus der Fehlerrate von dessen relatierten Singleton-Wörtern berechnet. So wurde z. B. zur Berechnung der Clusterschwierigkeit ( $\Delta$ ) von /kn/ die Fehlerrate der /k/- und /n/-Silben herangezogen. Ein  $\Delta > 0$  bedeutet, dass das Cluster leichter ist als vorhergesagt und ein  $\Delta < 0$ , dass das Cluster schwieriger ist als vorhergesagt. Bei jedem der vier Clustertypen wurde die Hypothese  $\Delta = 0$  mit einem t-Test mit einer Stichprobe geprüft.

**Tabelle 24 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt). Beispiel: CC = *Klage*, C = *Kater* (relatiert zu CC) und X = *Pute* (unrelatiert zu CC)**

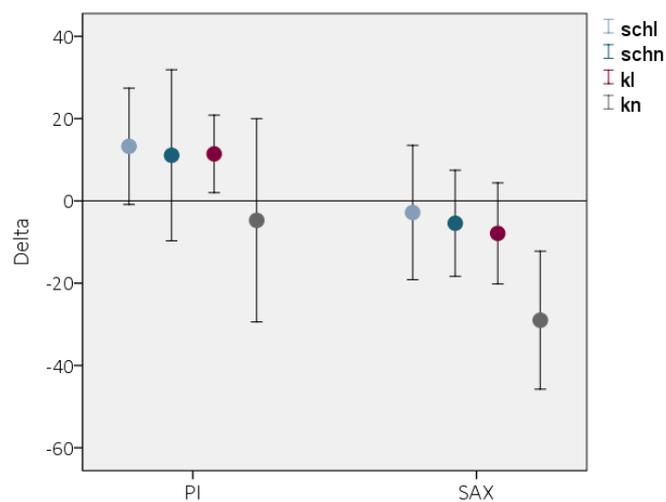
Kontextbedingung	Onset	Anzahl
Einzelwörter	C	20
	CC	20
Cluster-Paar relatiert	CC – C	20
	C – CC	20
Cluster-Paar unrelatiert	CC – X	20
	X – CC	20
Singleton-Paar	C – X	10
	X – C	10

##### *Ergebnisse*

Bei Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung zeigte sich, dass nur das Cluster /kl/ signifikant von Null abwich ( $t(8) = 2,80$ ;  $p < 0,05$ ; vgl. Abbildung 11). /kl/ war also leichter, als durch die Fehlerrate der Singletons /k/ und /l/ vorhergesagt wurde ( $\Delta > 0$ ). Bei /jl/ wurde  $\Delta > 0$  knapp nicht signifikant, was jedoch durch einen Ausreiser, Proband P013, zustande kam ( $t(8) =$

2,16;  $p = 0,062$ ). Bei den Clustern /ʃn/ und /kn/ war  $\Delta = 0$  und diese Clustertypen waren somit weder besonders schwierig noch besonders einfach im Vergleich zu den relatierten Singletons. Bei /kn/ zeigt sich jedoch eine breite Streuung von  $\Delta$ , die auch in den negativen Bereich reichte, was vermuten lässt, dass bei einigen PI-Patienten eine erhöhte Schwierigkeit bei /kn/ bestand.

Bei Patienten mit Sprechapraxie traf die Hypothese  $\Delta = 0$  bei drei der vier Clustertypen zu. Diese waren somit weder besonders schwierig noch besonders leicht im Vergleich zu zwei Singletons. Lediglich /kn/ zeigte ein  $\Delta < 0$  und stellte somit eine erhöhte Schwierigkeit für Sprechapraxiepatienten im Vergleich zu den relatierten Singletons /k/ und /n/ dar ( $t(8) = -3,91$ ;  $p < 0,01$ ).



**Abbildung 11** Delta für die vier Clustertypen berechnet aus der Fehlerrate der zum jeweiligen Cluster relatierten Singleton Fehlerrate

### 6.2.5 Zusammenfassung

In diesem Kapitel konnte gezeigt werden, dass Cluster nur für Patienten mit Sprechapraxie eine erhöhte Fehleranfälligkeit im Vergleich zu Singleton-Silben aufwiesen. Bei Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung lag keine erhöhte Fehleranfälligkeit bei Clustern vor. Dieser Cluster-Effekt konnte nicht allein auf die erhöhte Fehlerwahrscheinlichkeit durch die höhere Phonemanzahl im Cluster zurückgeführt werden.

Es wurde des Weiteren gezeigt, dass die vier untersuchten Clustertypen sich in ihrer Fehleranfälligkeit unterschieden. Für beide Patientengruppen war das Cluster /kn/ am schwierigsten zu produzieren. In einer anschließenden Analyse der Schwierigkeit der Clustertypen im Vergleich zur aus den relatierten Singletons vorhergesagten Schwierigkeit zeigte sich, dass lediglich bei Sprechapraxiepatienten das Cluster /kn/ über das kombinatorisch vorhergesagte Maß

hinaus besonders schwierig war. Bringt man dieses Ergebnis mit den strukturellen Besonderheiten dieses Clusters (vgl. Abschnitt 5.3.1.1) in Verbindung, scheint vor allem der Faktor ANZAHL BETEILIGTER ARTIKULATOREN für die Komplexität des Clusters ausschlaggebend zu sein, wohingegen feinmotorische Anforderungen in Clustern mit Frikativen die Schwierigkeit nicht steigerten.

## 6.3 Arten phonematischer Fehler

Im Folgenden Kapitel werden die beobachteten phonematischen Fehler genauer analysiert. Es wird zunächst auf Fehler eingegangen, die die phonotaktische Struktur des Wortes nicht veränderten (Lautsubstitutionen). Anschließend werden Fehler dargestellt, die mit einer Änderung der phonologischen Komplexität der Silbe einhergingen, d. h. diese vereinfachten oder verkomplizierten. Daraufhin werden die unterschiedlichen Arten von Vereinfachungen und Verkomplizierungen dargestellt und sowohl nach Unterschieden zwischen den beiden Patientengruppen als auch zwischen den vier Clustertypen gesucht.

### 6.3.1 Wie unterscheiden sich Ziel- und Ersatzlaut in Substitutionen hinsichtlich ihres Merkmalsabstandes?

#### *Statistische Analyse*

Um die Unterschiede zwischen dem Ziel- und dem Ersatzlaut innerhalb von Substitutionen zu erfassen, wurden nur Fehler ausgewählt, bei denen entweder C1 oder C2 in Cluster- und Singleton-Onsets durch einen anderen Konsonanten ersetzt wurden. Substitutionen von ganzen Konsonantenclustern durch einen Singleton und Substitutionen von beiden Clusterkonsonanten durch zwei andere Konsonanten wurden nicht in die Analyse eingeschlossen, da hierbei nicht feststellbar war, welcher Ersatzlaut welchen Clusterkonsonanten substituierte. Ein Überblick über die in die folgende Analyse eingeschlossenen Ziellaute wird in Anhang h) gegeben.

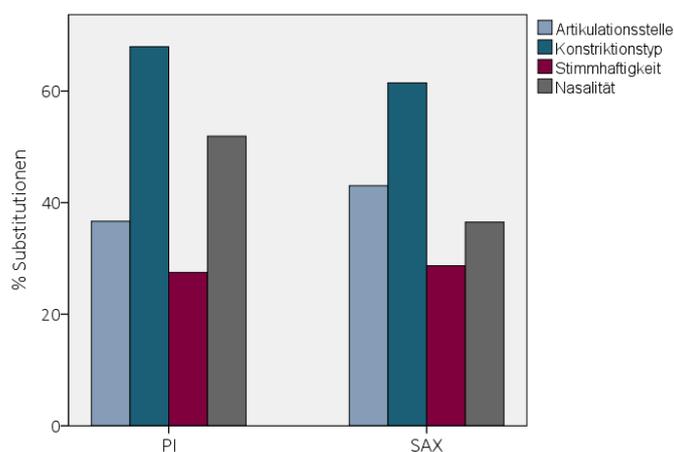
Bei den eingeschlossenen Substitutionen wurde eine Merkmalsanalyse zwischen dem Ziel- und dem Ersatzlaut vorgenommen. Hierbei wurde festgestellt, inwieweit sich die zwei Laute in den folgenden vier Parametern voneinander unterschieden: *Artikulationsstelle*, *Konstriktionstyp*, *Stimmhaftigkeit* und *Nasalität*. Als Artikulationsstellen wurden folgende fünf Positionen unterschieden: glottal, velar, post-alveolar, alveolar und labial (beinhaltete bilabiale und labiodentale Laute). Beim Laut /r/ wurde nicht zwischen der alveolaren und velaren Artikulationsstelle unterschieden und Ersetzungen in diesem Fall nicht gezählt. Es wurden weiterhin sechs

Konstriktionstypen unterschieden: vollständige Konstriktion (Plosive, Nasale), Frikative, Lateral, Trill, Approximant und Affrikate. Bei Stimmhaftigkeit und Nasalität bestanden lediglich die zwei Kategorien „vorhanden“ vs. „nicht vorhanden“.

Bei jeder beobachteten Substitution wurde kodiert, ob sich hierbei einer oder mehrere dieser Parameter änderten. So wurde beispielsweise bei der Substitution eines /k/ durch /b/ zwei veränderte Merkmale gezählt: *Artikulationsstelle* und *Stimmhaftigkeit*. Die Merkmale *Konstriktionstyp* (Plosiv) und *Nasalität* hingegen wurden durch die Substitution nicht verändert. Um Unterschiede zwischen den Gruppen auf Signifikanz zu testen, wurde ein  $\chi^2$ -Test gerechnet.

### Ergebnisse

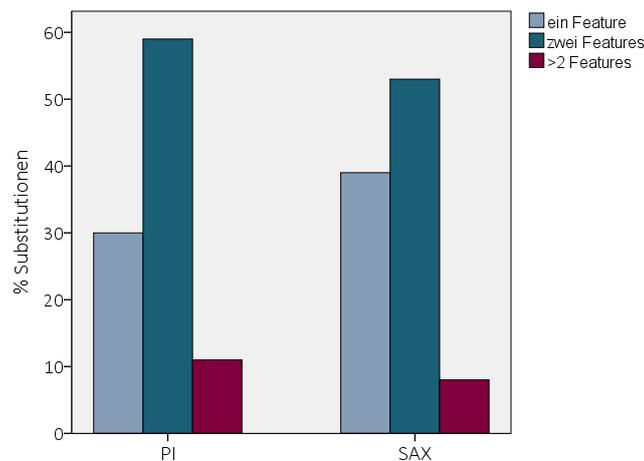
Abbildung 12 zeigt, wie häufig einer der vier Parameter in einer Substitution verändert wurde. Es wird deutlich, dass nur geringe Unterschiede zwischen den Patientengruppen bestanden. Dennoch unterschied sich das Verteilungsmuster signifikant zwischen den beiden Gruppen ( $\chi^2(3) = 9,54$ ;  $p < 0,05$ ). Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung veränderten durch eine Substitution etwas häufiger den *Konstriktionstyp* und die *Nasalität* eines Lautes als dies bei Sprechapraxiepatienten zu beobachten war. Eine Veränderung in der *Artikulationsstelle* zeigte sich dafür etwas häufiger bei Patienten mit Sprechapraxie als bei PI-Patienten. *Stimmhaftigkeitsfehler* waren bei beiden Patientengruppen am seltensten zu beobachten.



**Abbildung 12** Durch eine Substitution veränderte Merkmale, PI: N = 262 Substitutionen, SAX: N = 397 Substitutionen

Bei dieser Gegenüberstellung ist jedoch zu beachten, dass die Wahrscheinlichkeit für die Veränderung des *Konstriktionstyps* mit sechs und der *Artikulationsstelle* mit fünf Ausprägungen sehr viel größer ist, als die Veränderung im Merkmal *Nasalität* oder *Stimmhaftigkeit* mit jeweils nur zwei Ausprägungen. Außerdem waren die Lautgruppen innerhalb der Ziellaute nicht ausgeglichen verteilt (vgl. h) Anhang), so kam beispielsweise nur ein Nasal als Ziellaute vor, womit eine Reduktion der *Nasalität* lediglich bei diesem Laut möglich war.

Analysiert man auf Grundlage dieser Auswertung nun, wie viele Merkmale durch eine Substitution gleichzeitig verändert wurden, zeigte sich ebenfalls ein vergleichbares Bild zwischen Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung und Sprechapraxiepatienten (vgl. Abbildung 12). Lediglich ein leichter, jedoch nicht signifikanter Unterschied wurde sichtbar (1-Feature vs. 2-Features vs. >2 Features:  $\chi^2(2) = 1,97$ ; ns). Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung produzierten 1-Feature-Substitutionen etwas seltener und 2-Feature-Substitutionen etwas häufiger als Sprechapraxiepatienten. Substitutionen, die mehr als zwei Parameter änderten, waren in beiden Patientengruppen selten vorzufinden.



**Abbildung 13** Anzahl der durch eine Substitution veränderten Merkmale

### 6.3.2 Wie verändert sich die phonologische Komplexität durch das Auftreten phonematischer Fehler?

#### *Definition von Vereinfachung und Verkomplizierung*

Bei der Tilgung eines Konsonanten im Silbenonset und dem damit verbundenen Wegfall der für dessen Produktion notwendigen artikulatorischen Gesten wird in dieser Arbeit von Vereinfachung gesprochen (für andere Definitionen von Vereinfachung s. Abschnitt 3.3). Eine Vereinfachung konnte demnach sowohl bei Konsonantenclustern als auch bei Singletons auftreten (s. Tabelle 25). Es ist anzumerken, dass letzteres nicht den klassischen Markiertheitsannahmen, wie sie unter Abschnitt 2.1.1 dargestellt werden, entspricht und auch nur sehr selten von den Patienten produziert wurde.

**Tabelle 25 Vereinfachungsfehler auf der ersten Silbe des Wortes**

Fehlertyp	Bsp. Cluster-Wort / <i>laɪfə</i> /	Bsp. Singleton-Wort / <i>ka:te</i> /
C1-Tilgung	→ / <i>laɪfə</i> /	→ / <i>a:te</i> /
C2-Tilgung	→ / <i>ʃaɪfə</i> /	
CC-Tilgung	→ / <i>aɪfə</i> /	
Schwa-Einfügung	→ / <i>ʃəlaɪfə</i> /	
Substitution CC durch fremdes C	→ / <i>paɪfə</i> /	

Verkomplizierungen wurden zum einen definiert als Additionen von einem oder mehreren Konsonanten im Onset der Silbe. Diese Additionen konnten bei Konsonantenclustern und bei Singletons stattfinden, z. B. das Singleton-Zielwort /*laɪte*/ → \*/*ʃlaɪte*/ oder das Cluster-Zielwort /*laɪfə*/ → \*/*ʃplaɪfə*/. Außerdem wurden Substitutionen von einem Onset-Singleton durch ein unrelatiertes Cluster als Verkomplizierung definiert, z. B. /*laɪte*/ → \*/*praɪte*/.

Es wurde bei der Codierung von Vereinfachungen und Verkomplizierungen darauf geachtet, dass diese teilweise gleichzeitig auf einer Silbenrealisation stattfanden und sich dann gegenseitig neutralisierten. Dies war zum Beispiel der Fall, wenn es zu einer Verkomplizierung durch eine Konsonantenaddition und gleichzeitig zu einer Vereinfachung in Form einer Schwa-Einfügung kam, z. B. /*laɪte*/ → \*/*ʃəlaɪte*/. In diesem Fall wurden die Fehler weder als Vereinfachung noch als Verkomplizierung gezählt.

Phonematische Fehler, die zu keiner Änderung der phonologischen Komplexität führten, z. B. bei der Konsonantensubstitutionen /*laɪte*/ → \*/*paɪte*/, wurden als neutrale Fehler gewertet. Wurde beispielsweise eine Silbe für die Ausprägung „Vereinfachung“ mit 0 kodiert, so lag für diese Silbe entweder ein neutraler phonematischer Fehler oder eine Verkomplizierung vor.

### *Statistische Analyse*

Es wurden lediglich phonematisch falsche Silben aus dem Nachsprechen von Einzelwörtern und Wortpaaren in die folgenden Berechnungen mit einbezogen (s. Tabelle 26). Die Wortpaare aus zwei Singleton-Wörtern wurden nicht in die Berechnung eingeschlossen, um die Anzahl an Cluster- und Singleton-Wörtern vergleichbar zu halten.

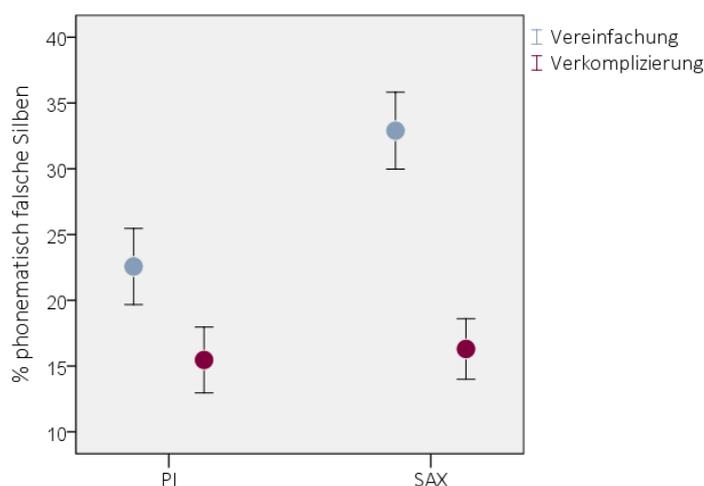
Die abhängige Variable repräsentierte das Auftreten bzw. Nicht-Auftretens eines Fehlers, der die Komplexität der Silbe veränderte. Es wurde ein GLMM mit dem Faktor GRUPPE [SAX, PI] und dem Faktor RICHTUNG [Vereinfachung, Verkomplizierung] sowie ITEMS und PROBANDEN als Zufallsfaktoren (Intercept) berechnet.

**Tabelle 26 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt), nur phonematisch falsche Silben eingeschlossen. Beispiel: CC = *Klage*, C = *Kater* (relatiert zu CC) und X = *Pute* (unrelatiert zu CC)**

Kontextbedingung	Onset	Anzahl
Einzelwörter	C	20
	CC	20
Cluster-Paar relatiert	CC – C	20
	C – CC	20
Cluster-Paar unrelatiert	CC – X	20
	X – CC	20
Singleton-Paar	C – X	10
	X – C	10

### Ergebnisse

Abbildung 14 zeigt, dass sowohl Patienten mit Sprechapraxie als auch mit aphasisch-phonologischer Störung mehr Vereinfachungen als Verkomplizierungen produzierten und dennoch in beiden Gruppen auch Verkomplizierungen auftraten. Das berechnete vollständige GLMM zeigte einen signifikanten Gruppenunterschied (log odds: 0,69;  $p < 0,001$ ), was bedeutet, dass die Sprechapraxiepatienten signifikant mehr Fehler produzierten, die die Komplexität der Silbe veränderten, als PI-Patienten. Des Weiteren zeigte sich ein signifikanter Einfluss des Faktors RICHTUNG (log odds: -0,61;  $p < 0,001$ ), was zeigt, dass beide Patientengruppen mehr Vereinfachungen als Verkomplizierungen produzierten. Die signifikante Interaktion der Faktoren (log odds: -0,76;  $p < 0,001$ ) weist darauf hin, dass dieser Unterschied in der SAX-Gruppe stärker ausgeprägt war.



**Abbildung 14 Vereinfachung und Verkomplizierung phonologischer Strukturen**

## 6.3.3 Durch welche phonematischen Fehler wurden Silben vereinfacht?

*Statistische Analyse*

In die Berechnungen gingen alle phonematisch falschen Cluster-Silben ein, sowohl aus dem Nachsprechen von Einzelwörtern als auch von Wortpaaren (s. Tabelle 27).

**Tabelle 27** In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt), nur phonematisch falsche Silben eingeschlossen. Beispiel: CC = *Klage*, C = *Kater* (relatiert zu CC) und X = *Pute* (unrelatiert zu CC)

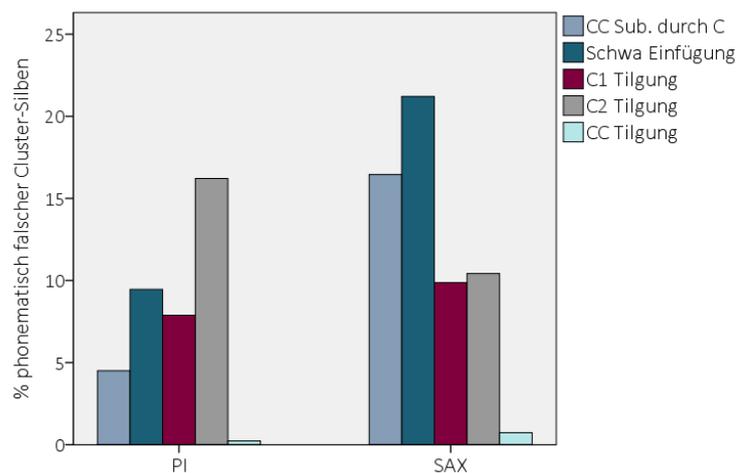
Kontextbedingung	Onset	Anzahl
Einzelwörter	C	20
	CC	20
Cluster-Paar relatiert	CC – C	20
	C – CC	20
Cluster-Paar unrelatiert	CC – X	20
	X – CC	20
Singleton-Paar	C – X	10
	X – C	10

Für jede Silbenrealisation wurde codiert, ob ein Vereinfachungsfehler produziert wurde und wenn ja, welcher der fünf Vereinfachungstypen: CC-Substitution durch C, Schwa-Einfügung, C1-Tilgung, C2-Tilgung oder CC-Tilgung. Die abhängige Variable war die Anzahl vereinfachter Silben. Es wurde ein GLMM mit den festen Faktoren VEREINFACHUNGSTYP [CC\_zu\_C, Schwa\_add, C1\_til, C2\_til, CC\_til] und GRUPPE [PI, SAX] sowie ITEMS und PROBANDEN als Zufallsfaktoren (Intercept) berechnet.

Um Unterschiede zwischen den verschiedenen Vereinfachungstypen zu untersuchen, wurden Paarvergleiche zwischen den Ausprägungen des Faktors VEREINFACHUNGSTYP [CC\_zu\_C, Schwa\_add, C1\_til, C2\_til, CC\_til] durchgeführt. Hierzu wurde jeweils eine Ausprägung als Referenz ausgewählt und alle anderen Ausprägungen mit dieser verglichen. Um alle möglichen Paarvergleiche durchzuführen, wurde die Referenz-Ausprägung durch die *re-level* Funktion in R variiert.

*Ergebnis des Gruppenvergleichs*

Abbildung 15 zeigt, dass die Patientengruppen unterschiedlich häufig die verschiedenen Typen an Vereinfachungsfehlern produzierten. PI-Patienten produzierten vorrangig Tilgungen des zweiten Clusterkonsonanten, wohingegen Patienten mit Sprechapraxie am häufigsten Schwa-Einfügungen als Vereinfachung des Clusters produzierten. Ebenfalls häufig ersetzten Sprechapraxiepatienten das Konsonantencluster durch einen unrelatierten Singleton, z. B. /jɛkə/ → /dɛkə/.



**Abbildung 15** Häufigkeit von Vereinfachungsfehlern im Verhältnis zu allen falschen Cluster-Silben

Das vollständige GLMM zeigte ein Haupteffekt des Faktors GRUPPE (log odds: 1,46;  $p < 0,001$ ), wonach die SAX-Gruppe signifikant mehr Vereinfachungsfehler als die PI-Gruppe produzierte. In Tabelle 28 werden die Modellkoeffizienten der Paarvergleiche zwischen den Ausprägungen des Faktors VEREINFACHUNGSTYP unterhalb der Diagonalen sowie Interaktionen mit dem Faktor GRUPPE bei dem jeweiligen Paarvergleich oberhalb der Diagonalen dargestellt.

**Tabelle 28** Modellkoeffizienten des Faktors VEREINFACHUNGSTYP (unterhalb der Diagonalen) und Interaktionen mit dem Faktor GRUPPE (oberhalb der Diagonalen), log odds

	CC Sub. durch C	Schwa-Einfügung	C1-Tilgung	C2-Tilgung	CC-Tilgung
CC Sub. durch C	-	-0,48	-1,20***	-1,97***	-0,26
Schwa-Einfügung	0,80**	-	0,72*	-1,48***	0,21
C1-Tilgung	0,60*	0,2	-	-0,77**	0,93
C2-Tilgung	1,43***	0,63**	0,83***	-	1,70
CC-Tilgung	-3,05**	-3,85***	-3,65***	-4,48***	-

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$

Die zahlreichen signifikanten Koeffizienten für die Ausprägungen des Faktors VEREINFACHUNGSTYP zeigen, dass die unterschiedlichen Vereinfachungstypen von den Patienten insgesamt unterschiedlich häufig produziert wurden.

An den signifikanten Interaktionen zeigte sich, dass das Verhältnis von Schwa-Einfügungen zu C1-Tilgungen sowie zu C2-Tilgungen in der SAX-Gruppe andersartig ausgeprägt war als in der PI-Gruppe. Außerdem zeigte sich, dass das Verhältnis von Cluster-Substitutionen durch einen unrelatierten Singleton zu C1-Tilgungen und C2-Tilgungen in der SAX- im Vergleich zur PI-Gruppe

unterschiedlich ausgeprägt war. Ferner zeigten die Interaktionen von C2-Tilgungen mit CC-Substitutionen durch C, Schwa-Einfügungen und C1-Tilgungen, dass sich das Verhältnis zwischen diesen Fehlertypen unter den Patientengruppen signifikant voneinander unterschied.

#### *Clustersubstitutionen durch einen unrelatierten Singleton*

Der Fehlertyp „CC-Substitution durch C“ wurde im folgenden Schritt näher betrachtet, um die Relation zwischen dem ersetzten [CC] und [C] zu beschreiben. Die Mehrzahl dieser Art von Substitutionen fand bei den Clustern /kn/ und /kl/ (N = 43 und N = 38) statt und seltener bei den Clustern /jn/ und /jl/ (N = 19 und N = 12).

/j/-Cluster wurden am häufigsten durch /l/, /s/ und /t/ ersetzt (25,8 %, 19,4 % und 12,9 %) und /k/-Cluster am häufigsten durch /t/, /j/, /d/ und /l/ (21,0 %, 18,5 %, 13,6 % und 11,1 %). Alle diese häufigen Ersatzlaute wurden durch die Zungenspitze als Artikulationsorgan gebildet.

#### *Interindividuelle Unterschiede zwischen den Patienten*

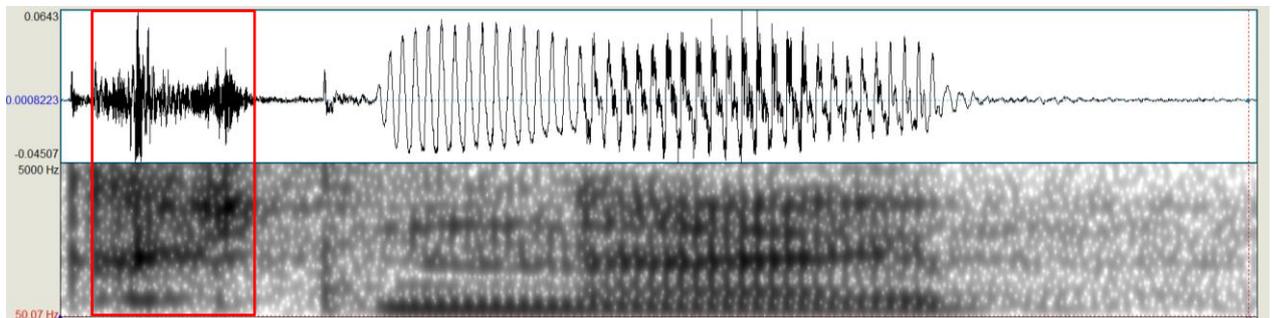
Die Untersuchung der verschiedenen Vereinfachungstypen hat gezeigt, dass sich die Patientengruppen in der Anzahl produzierter Subtypen an Vereinfachungen unterscheiden.

**Tabelle 29 Vereinfachungstyp in % aller phonematisch falscher Cluster-Silben, für die Gruppe gesehen typische Fehlerart (grau hinterlegt), Ausnahmen von dieser Regel (rot hinterlegt)**

Gruppe	ID	CC Sub. durch C	Schwa Einfügung	C1- Tilgung	C2- Tilgung	CC- Tilgung
PI	P001	2,5	3,7	13,6	22,2	0
	P002	0	10,8	0	8,1	0
	P003	7,1	0	21,4	0	0
	P011	3,6	14,3	25	7,1	0
	P014	10,3	5,7	6,9	13,8	0
	P015	0	0	3,9	25	0
	P018	10,3	2,6	12,8	12,8	2,6
	P020	7,7	3,8	0	11,5	0
	P021	1,8	42,9	0	17,6	0
	SAX	P004	30,7	9,1	5,7	19,3
P006		4,1	0	4,1	16,4	0
P007		14,3	30,2	1,6	4,8	1,6
P008		37,9	6,9	17,2	13,8	0
P010		0	38,9	2,8	2,8	0
P012		2,5	32,5	17,5	0	0
P013		29,9	0	32,8	4,5	2,3
P016		11,3	37,1	1,6	6,5	1,6
P019		1,9	58,5	13,2	9,4	0
P022		30,6	16,7	5,6	22,2	0

Ein besonders häufiger Vereinfachungstyp bei PI ist die C2-Tilgung und bei SAX sowohl die Schwa-Einfügung als auch die Substitution des gesamten Clusters durch einen unrelatierten Singleton. Dieses Muster mag über die Gruppe an Patienten gesehen zu signifikanten Unterschieden in der Analyse geführt haben, betrachtet man jedoch die einzelnen Patienten, zeigen sich individuelle Abweichungen von dieser Regel (s. Tabelle 29).

So zeigen Proband P003 und P011 der PI-Gruppe im Verhältnis häufiger C1-Tilgungen und nicht die für PI gängige C2-Tilgung. Eine deutliche Abweichung von der Gesamtgruppe an PI-Patienten zeigte sich bei PI-Patientin P021, die sehr häufig Schwa-Einfügungen produzierte (für ein Beispiel siehe Abbildung 16), die eigentlich typischerweise bei Sprechapraxie auftraten. Die Probandin P021 zeigte jedoch keine Anzeichen einer Sprechapraxie.



**Abbildung 16** Schwa-Einfügung (roter Kasten) der Probandin P021 bei der Silbe /knaɪ/, 472 ms gesamte Silbendauer

Auch in der Gruppe der Sprechapraxiepatienten zeigten sich Ausnahmen von den typischen Vereinfachungsfehlern, nämlich der CC-Substitution durch C und Schwa-Einfügung. So zeigte Proband P006 nur sehr selten diese beiden Vereinfachungsfehler, sondern primär C2-Tilgungen, die typischerweise bei PI vorkamen. Der Sprechapraxiepatient P013 hingegen zeigte keine Schwa-Einfügungen, jedoch viele C1-Tilgungen.

#### 6.3.4 Welche Vereinfachungsarten finden bei den unterschiedlichen Clustertypen statt?

Ob Unterschiede in der Vereinfachungsart zwischen den Clustertypen vorliegen, soll im Folgenden deskriptiv dargestellt werden. Mangels statistischer Power liegt keine Prüfstatistik für diese Daten vor. Betrachtet man die Verteilung an Vereinfachungstypen je Clustertyp, zeigt sich eine nahezu gleich verteilte Häufigkeit von CC-Substitutionen und Schwa-Einfügungen für die vier Clustertypen in der SAX-Gruppe, wohingegen die PI-Gruppe vor allem bei den Clustern /ɲ/ und /k/ eine

Substitution des Clusters produzierte und überwiegend in das Cluster /kn/ Schwas einfügte (vgl. Abbildung 17 und Abbildung 18).

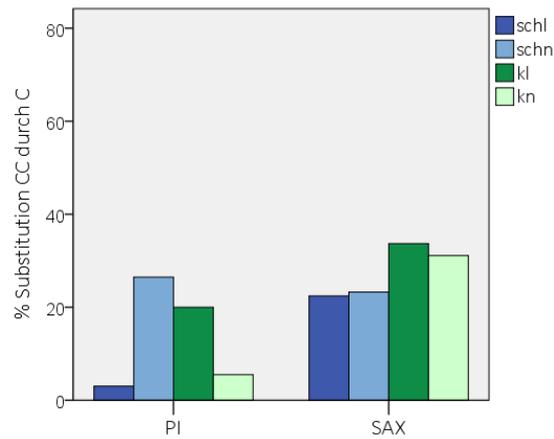


Abbildung 17 CC-Substitution durch C je Clustertyp

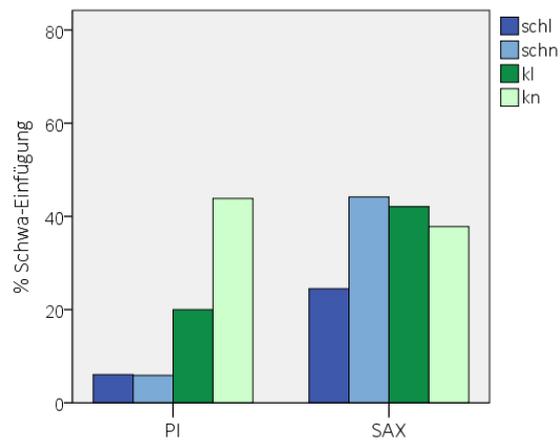


Abbildung 18 Schwa-Einfügungen je Clustertyp

Bei den insgesamt nur selten auftretenden C1-Tilgungen konnten keine deutlichen Unterschiede zwischen den Clustertypen erkannt werden (vgl. Abbildung 19).

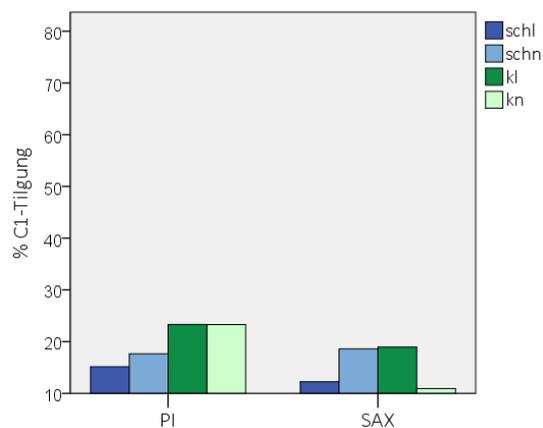


Abbildung 19 C1-Tilgungen je Clustertyp

Von C2-Tilgungen war in beiden Patientengruppen am häufigsten das //j/ betroffen, in der PI-Gruppe gefolgt vom //n/ (vgl. Abbildung 20). Von der Darstellung der noch seltener vorkommenden CC-Tilgung wird an dieser Stelle abgesehen.

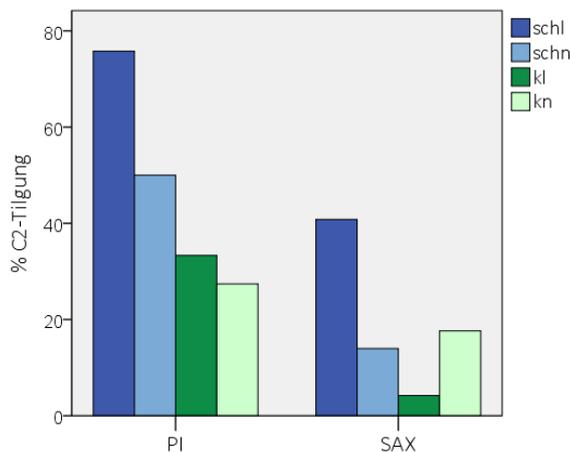


Abbildung 20 C2-Tilgungen je Clustertyp

### 6.3.5 Welche Formen von Verkomplizierungen finden statt?

Im Folgenden wurde die Verkomplizierung bei Einzelwörtern sowie bei denselben Wörtern in Kombination im Wortpaar betrachtet (vgl. Tabelle 30). Die Daten werden mangels statistischer Power nur deskriptiv ohne Prüfstatistik dargestellt.

**Tabelle 30** In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt), nur verkomplizierte Silben eingeschlossen. Beispiel: CC = *Klage*, C = *Kater* (relatiert zu CC) und X = *Pute* (unrelatiert zu CC)

Kontextbedingung	Onset	Anzahl
Einzelwörter	C	20
	CC	20
Cluster-Paar relatiert	CC – C	20
	C – CC	20
Cluster-Paar unrelatiert	CC – X	20
	X – CC	20
Singleton-Paar	C – X	10
	X – C	10

Insgesamt wurden bei den betrachteten Wörtern 155 Verkomplizierungen produziert. Davon wurden mit 56,8 Prozent etwas mehr von PI-Patienten im Vergleich zu Patienten mit

Sprechapraxie produziert. Besonders häufig fanden Verkomplizierungen bei den PI-Patienten P014 (22,6 Prozent aller Verkomplizierungen, N = 35) und P011 (9,7 Prozent, N = 15) und der Sprechapraxiepatientin P006 statt (12,3 Prozent, N = 19).

Wie zu erwarten war, fand mit 89 Prozent die überwiegende Mehrheit der Verkomplizierungen bei Singletons und nicht auf Cluster-Silben statt. Fast alle der seltenen Cluster-Verkomplizierungen (insg. N = 17) wurden von Sprechapraxiepatienten produziert. Hierbei wurde mit 76,5 Prozent bei der Mehrzahl ein Einzelkonsonant vor dem Cluster addiert und dies fast ausschließlich bei //j/-Clustern, z. B. /jna:bəl/ → \*/pjna:bəl/ oder /jnəkə/ → \*/tjnəkə/. Keines der neu gebildeten Drei-Konstituenten-Cluster existiert im Deutschen im Silbenonset.

Tabelle 31 zeigt, welche Arten von Verkomplizierungsfehlern bei Singletons auftraten und wie sich die Patientengruppen dabei voneinander unterschieden. In der überwiegenden Mehrzahl fand eine Verkomplizierung durch die Addition eines Einzelkonsonanten *nach* dem bestehenden Singleton statt. Patienten mit Sprechapraxie produzierten im Vergleich zu Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen etwas mehr Additionen an der initialen Position des Wortes. Diese produzierten hingegen mehr Additionen nach dem bestehenden Singleton als Patienten mit Sprechapraxie. Additionen von mehr als einem Konsonanten und Substitutionen des Singletons durch ein unrelatiertes Cluster, z. B. /ka:tə/ → \*/pla:tə/, waren hingegen bei Patienten mit Sprechapraxie im Vergleich zu Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung öfter zu beobachten.

**Tabelle 31 Arten von Verkomplizierungsfehlern bei Singleton-Silben, in Prozent**

Art der Verkomplizierung	PI (N = 84 Verkompl.)	SAX (N = 54 Verkompl.)
C-Addition an Position C1	21,4	29,6
C-Addition an Position C2	73,8	51,9
Multiple C-Addition	1,2	7,4
C-Substitution durch CC	3,6	11,1

Tabelle 32 zeigt, welche Cluster durch die Addition von Einzelkonsonanten neu entstanden sind. Am häufigsten waren die Singletons //j/ und /k/ von Verkomplizierung betroffen, seltener /n/ und /l/. Die am häufigsten addierten Laute waren mit 40,4 Prozent das /n/, gefolgt von /l/ (21,1 Prozent). Somit entstanden durch Verkomplizierung am häufigsten die Cluster /kn/ (N = 31) und /jn/ (N = 29). Ebenfalls häufig entstanden /jl/ (N = 15) und /kl/ (N = 13). Alle weiteren entstandenen Cluster wurden im Verhältnis dazu nur selten produziert. Dass die neugebildeten

Cluster lediglich durch formale Paraphrasen entstanden, wurde bereits in Abschnitt 6.1.4.2 ausgeschlossen.

**Tabelle 32 Neue Cluster (N), die durch die Addition eines Konsonanten bei Singleton-Silben entstanden**

<b>C-Addition an Position C1 (34)</b>	<b>C-Addition an Position C2 (90)</b>
/kn/ (7)	/kn/ (24)
/jn/ (6)	/jn/ (23)
/tʃ/ (6)	/ʃl/ (12)
/ʃl/ (3)	/kl/ (12)
/nl/ (2)	/kr/ (7)
/pl/ (2)	/nd/ (3)
/pk/ (2)	/ʃr/ (2)
/bl/ (1)	/ʃb/ (2)
/dl/ (1)	/ʃd/ (2)
/kl/ (1)	/ʃv/ (2)
/tl/ (1)	/ʃh/ (1)
/tk/ (1)	
/pʃ/ (1)	

Tabelle 32 zeigt auch vereinzelt Clusterneubildungen, die im Deutschen nicht vorkommen, z. B. das Onsetcluster /nd/ oder /dl/. Es sei hier angemerkt, dass diese Cluster überwiegend von Patienten mit Sprechapraxie produziert wurden und häufig im Prozess des artikulatorischen Suchens auditiv wahrnehmbar waren. Dies ist der Methode geschuldet, bei der der gesamte Produktionsversuch der Patienten transkribiert wurde und gerade bei Patienten mit Sprechapraxie die Grenze zwischen einer phonetischen Entstellung und einer phonematischen Paraphrasie bei stark vom Zielwort abweichenden Silben teilweise schwer zu ziehen war.

### 6.3.6 Zusammenfassung

Im vorhergehenden Abschnitt wurden die entstandenen phonematischen Fehler näher betrachtet. Lautsubstitutionen waren der häufigste phonematische Fehler. Eine Merkmalsanalyse zeigte keine großen Unterschiede zwischen den Patientengruppen in den durch die Substitution veränderten Merkmalen.

Betrachtet man die Fehler, die die phonologische Komplexität der Silbe veränderten, zeigte sich zunächst, dass zwar grundlegend mehr Vereinfachungen als Verkomplizierungen in beiden

Patientengruppen produziert wurden, dass jedoch dieser Unterschied in der Gruppe der Sprechapraxiepatienten stärker ausgeprägt war.

Das Vereinfachungsmuster unterschied sich im Gruppenvergleich zwischen den Patienten mit Sprechapraxie, die vor allem das gesamte Cluster durch einen Singleton ersetzen oder ein Schwa einfügten, und Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung, die hauptsächlich C2-Tilgungen zur Vereinfachung des Clusters produzierten. Bei näherer Betrachtung der individuellen Unterschiede einzelner Patienten zeigten sich jedoch deutliche Ausnahmen von dieser Regel. So produzierte zum Beispiel eine Patientin mit aphasisch-phonologischer Störung sehr häufig Schwa-Einfügungen, die eigentlich typisch für Sprechapraxiepatienten waren.

Verkomplizierungen fanden in beiden Patientengruppen zu einem nicht vernachlässigbaren Anteil statt. Bei näherer Betrachtung zeigten sich hier vor allem Neubildungen der Cluster /kl/, /kn/, /jl/ und /jn/. Individuelle Unterschiede in der Häufigkeit der Verkomplizierungen waren zwischen den einzelnen Patienten zu finden. Eine Patientin mit Sprechapraxie gehörte bemerkenswerterweise zu den Patienten, die sehr viele Cluster neu bildete. Insgesamt produzierten Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung etwas mehr Verkomplizierungen, durch die Addition eines Konsonanten an der Position C2 im Onset der Silbe im Vergleich zu Sprechapraxiepatienten. Die wiederum produzierten die verbleibenden Verkomplizierungsfehler (C-Addition an Position C1, multiple C-Additionen und C-Substitution durch CC) häufiger als Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung.

## 6.4 Einfluss des phonologischen Kontexts beim Nachsprechen von Wortpaaren

In diesem letzten Abschnitt der Ergebnisdarstellung wird der Einfluss des phonologischen Kontextes beim Nachsprechen von Wortpaaren untersucht. Es wird überprüft, ob das Nachsprechen von Wortpaaren eine erhöhte Anforderung an die sprachlichen Verarbeitungsprozesse darstellt, indem die Fehleranfälligkeit von Paaren mit der von Einzelwörtern verglichen wird. Ebenso wird der Einfluss der auditiven Merkspanne auf diese Leistung untersucht.

Eine nähere Betrachtung der unterschiedlichen Wortpaarbedingungen lässt im Folgenden Rückschlüsse zu, welche strukturellen Faktoren ein Wortpaar besonders schwierig machen.

Abschließend wird die Frage untersucht, ob ein Übertrag phonologischer Strukturen innerhalb des Wortpaares stattfindet. Es soll dabei herausgearbeitet werden, ob sich bestimmte Merkmale mit herausragender Dominanz auf andere Strukturen übertragen und in welcher Richtung der Übertrag im Wortpaar erfolgt.

#### 6.4.1 Datengrundlage beim Nachsprechen von Wortpaaren

Die Datengrundlage aus dem Nachsprechexperiment unterschied sich in der Wortpaar- und der Einzelwortbedingung (s. Tabelle 33). Die Patienten produzierten im Vergleich zum Einzelwort-Nachsprechen, bei dem sehr wenige Nullreaktionen auftraten, mehr Nullreaktionen beim Versuch, ein Wortpaar nachzusprechen. Hierbei wurde in beiden Patientengruppen tendenziell häufiger das zweite Wort im Wortpaar ausgelassen. Auch Wortpaare, bei denen eines der beiden Wörter nicht nachgesprochen wurde, wurden in weitere Analysen mit einbezogen. Dieses Vorgehen wurde gewählt, da davon ausgegangen wurde, dass bereits das Hören und der Versuch, beide Wörter zu produzieren, die Verarbeitung beider Wörter aktivierte und sich somit bereits hier ein Kontexteffekt einstellen konnte.

Bei Wortpaaren war außerdem zu beobachten, dass Patienten die zwei vorgesprochenen Wörter nicht immer in der korrekten Reihenfolge nachsprachen (Wortvertauschung). Bei Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung kam bei 10,94 Prozent der Wortpaare eine Vertauschung vom ersten und zweiten Wort vor, bei Sprechapraxiepatienten war dies mit 20,56 Prozent fast doppelt so häufig der Fall (s. Tabelle 33). Die Wortpaare mit Wortvertauschung wurden in die folgenden Analysen einbezogen. Es wurde dabei aber bei allen Beurteilungen die vertauschte Wortposition berücksichtigt, z. B. dass sich die Position des Cluster-Wortes nach einer Wortvertauschung im Paar änderte.

**Tabelle 33 Nullreaktionen und Wortvertauschungen, W1 = erstes Wort im Paar, W2 = zweites Wort im Paar**

	PI		SAX	
	Einzelwort	Wortpaar	Einzelwort	Wortpaar
Nullreaktionen	0,55 %	W1 4,15 % W2 6,67 %	0,25 %	W1 7,24 % W2 10,34 %
Wortvertauschung im Paar	--	10,94 %	--	20,56 %

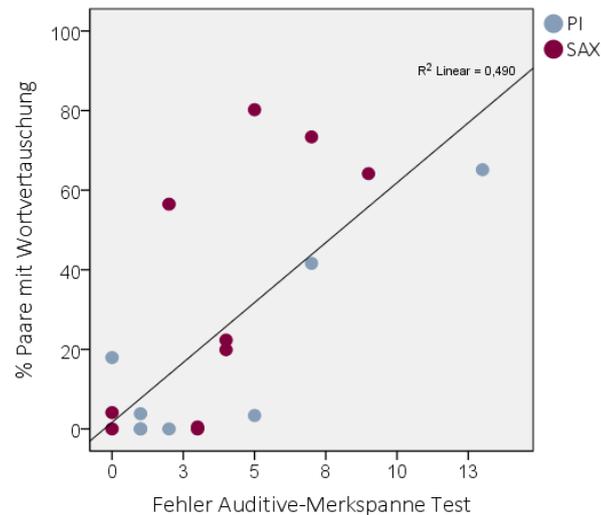
### 6.4.2 Zusammenhang zwischen der Nachsprechleistung bei Wortpaaren und der auditiven Merkspanne

Um den Einfluss der auditiven Merkspanne auf die Leistung im Nachsprechen von Wortpaaren zu überprüfen, wurde für diese Studie ein Test der auditiven Merkspanne entwickelt (vgl. Abschnitt 5.2.2) und mit jedem Patienten durchgeführt. Um den Anteil an Einzelwort-Fehlern an der mittleren Fehleranzahl zu bilden, wurden die phonematischen Fehler des Singleton-Wortes als Einzelwort und im Wortpaar in die Berechnung einbezogen (s. Tabelle 34).

**Tabelle 34 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt). Beispiel: CC = *Klage*, C = *Kater* (relatiert zu CC) und X = *Pute* (unrelatiert zu CC)**

Kontextbedingung	Onset	Anzahl
Einzelwörter	C	20
	CC	20
Cluster-Paar relatiert	CC – C	20
	C – CC	20
Cluster-Paar unrelatiert	CC – X	20
	X – CC	20
Singleton-Paar	C – X	10
	X – C	10

Es zeigte sich kein Zusammenhang zwischen der Fehleranzahl im Test der auditiven Merkspanne und dem gebildeten Quotienten ( $r = -0,19$ , ns). Ebenfalls bestand kein Zusammenhang zwischen Nullreaktionen im Wortpaar und dem Merkspannentest ( $r = 0,39$ , ns). Es gibt also keinen Hinweis, dass phonematische Fehler und Nullreaktionen aufgrund einer reduzierten auditiven Merkspanne produziert wurden. Es bestand jedoch eine signifikante Korrelation zwischen Fehlern im Test der auditiven Merkspanne und der Anzahl an Wortvertauschungen im Wortpaar ( $r = 0,7$ ;  $p < 0,01$ ; vgl. Abbildung 21).



**Abbildung 21 Zusammenhang zwischen Wortvertauschungen im Paar und Fehlern im Auditive-Merkspanne-Test**

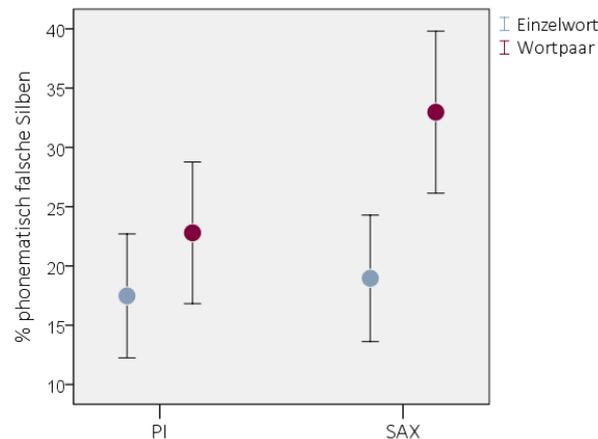
#### 6.4.3 Sind Wörter in der Paarbedingung fehleranfälliger als in der Einzelwortbedingung?

Wie bei der vorherigen Frage wurden lediglich Silben aus dem Nachsprechen von Einzelwörtern mit Singleton-Onset ( $N = 20$ ) und den gleichen Wörtern in der Nachsprechbedingung „Paar aus zwei Singleton-Wörtern“ ( $N = 20$ ) in die Berechnung miteinbezogen (s. Tabelle 34). So wurden sowohl in der Einzelwort- als auch in der Wortpaarbedingung nur Fehler auf einem Wort gezählt, um den Einfluss des Wortpaares zu ermitteln und zusätzliche Einflussfaktoren wie die phonologische Nähe oder Komplexität durch Cluster-Wörter im Paar auszuschließen.

Die dichotome abhängige Variable repräsentierte das Auftreten bzw. Nicht-Auftreten eines phonematischen Fehlers auf der Silbe. Es wurde ein GLMM mit den festen Faktoren PAAR [Einzelwort, Paar] und GRUPPE [PI, SAX] und den Zufallsfaktoren ITEMS und PROBANDEN (Intercept) berechnet.

Abbildung 22 zeigt eine erhöhte Fehlerrate bei Wortpaaren im Vergleich zu Einzelwörtern in beiden Patientengruppen. Um zu testen, ob Interaktionen in das GLMM eingeschlossen werden sollten, wurde ein vollständiges Modell inklusive Interaktionen mit einem Modell, das nur Haupteffekte beachtet, verglichen. Der Vergleich der beiden Modelle mit dem *likelihood ratio test* (anova Funktion in R) zeigte, dass durch die Hinzunahme von Interaktionen keine Verbesserung des Modells erzielt wurde ( $\chi^2(1) = 1,38$ ; ns), weshalb ein Modell ausschließlich mit Haupteffekten für die weiteren Berechnungen verwendet wurde.

Es zeigte sich kein Gruppenunterschied zwischen Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung und Sprechapraxiepatienten (log odds: 0,55; ns). Jedoch bestand ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor PAAR, was auf eine höhere Fehlerrate bei Wortpaaren im Vergleich zu Einzelwörtern hinweist (log odds: 0,19;  $p < 0,001$ ).



**Abbildung 22 Fehlerrate (Mittelwert, 95 % Konfidenzintervall) bei Einzelwörtern und Wortpaaren**

#### 6.4.4 Wo im Wortpaar entstehen die meisten Fehler?

Um die Frage zu untersuchen, ob Wort 1 oder 2 im Paar fehleranfälliger ist, wurden lediglich Wortpaare in die Berechnung einbezogen, bei denen keine Wortvertauschung stattgefunden hat (s. Tabelle 35).

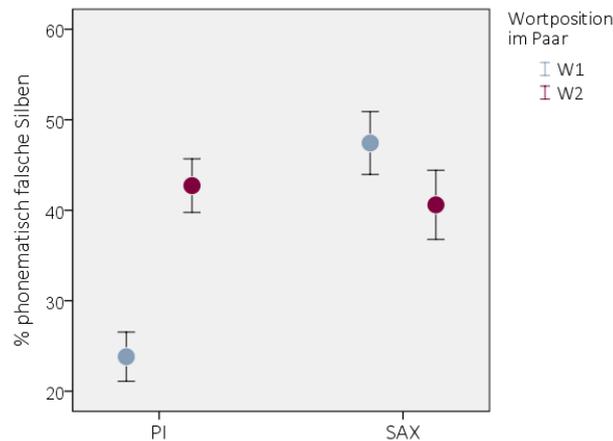
**Tabelle 35 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt), lediglich Wortpaare ohne Wortvertauschung eingeschlossen. Beispiel: CC = *Klage*, C = *Kater* (relativ zu CC) und X = *Pute* (unrelativ zu CC)**

Kontextbedingung	Onset	Anzahl
Einzelwörter	C	20
	CC	20
Cluster-Paar relativ	CC – C	20
	C – CC	20
Cluster-Paar unrelativ	CC – X	20
	X – CC	20
Singleton-Paar	C – X	10
	X – C	10

Es wurde ein GLMM mit den festen Faktoren WORTPOSITION [W1, W2] und GRUPPE [PI, SAX] und den Zufallsfaktoren ITEMS und PROBANDEN (Intercept) berechnet. Die dichotome abhängige

Variable repräsentierte das Auftreten bzw. Nicht-Auftreten eines phonematischen Fehlers auf der Silbe.

Abbildung 23 zeigt, dass Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen häufiger Fehler auf dem zweiten Wort des Paares produzierten als auf dem ersten Wort, während Patienten mit Sprechapraxie tendenziell mehr Fehler auf dem ersten Wort des Paares produzierten.



**Abbildung 23 Fehllerate (Mittelwert, 95 % Konfidenzintervall) auf dem ersten Wort (W1) und dem zweiten Wort (W2) im Paar**

Das vollständige GLMM zeigte einen signifikanten Gruppeneffekt (log odds: 1,47;  $p < 0,001$ ) und einen signifikanten Haupteffekt des Faktors WORTPOSITION (log odds: 0,89;  $p < 0,001$ ). Außerdem bestand eine signifikante Interaktion zwischen dem Faktor GRUPPE und WORTPOSITION (log odds: -1,10;  $p < 0,001$ ).

#### 6.4.5 Entstehen mehr Fehler durch eine komplexe Struktur im Paar?

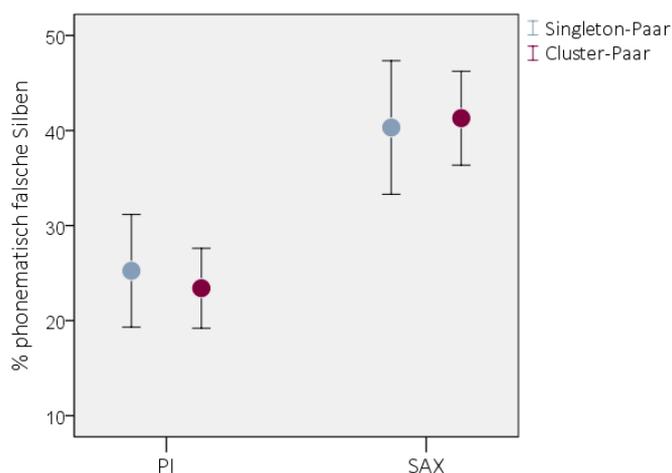
Lediglich Singleton-Silben aus dem Nachsprechen von Wortpaaren bildeten die Datengrundlage für die Analyse. Es wurde ein Vergleich zwischen zwei Paarbedingungen untersucht: zwei Singleton-Wörter vs. Singleton-Wort und unrelatiertes Cluster-Wort (s. Tabelle 36). In beiden Paarbedingungen wurden jeweils die Fehler auf dem identischen Singleton-Wort untersucht, um den Einfluss des Cluster-Wortes im Paar auf die Fehllerate zu erfassen.

Die dichotome abhängige Variable repräsentierte das Auftreten bzw. Nicht-Auftreten eines phonematischen Fehlers auf der Silbe. Es wurde ein GLMM mit den festen Faktoren KOMPLEXITÄT-PAAR [Singleton-Paar, Cluster-Paar] und GRUPPE [PI, SAX] sowie ITEMS und PROBANDEN als Zufallsfaktoren (Intercept) berechnet.

**Tabelle 36 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt). Beispiel: CC = Klage, C = Kater (relatiert zu CC) und X = Pute (unrelatiert zu CC)**

Kontextbedingung	Onset	Anzahl
Einzelwörter	C	20
	CC	20
Cluster-Paar relatiert	CC – C	20
	C – CC	20
Cluster-Paar unrelatiert	CC – X	20
	X – CC	20
Singleton-Paar	C – X	10
	X – C	10

Abbildung 24 zeigt den Unterschied zwischen Wortpaaren aus zwei Singleton-Wörtern im Vergleich zu Paaren, die ein Cluster-Wort enthalten. Bei beiden Patientengruppen ist kein Unterschied in der Fehlerrate zwischen den zwei Paarbedingungen zu erkennen. Es wurde zunächst geprüft, ob Interaktionen in das GLMM eingeschlossen werden sollten. Hierzu wurde mit dem *likelihood ratio test* (anova Funktion in R) ein Modell inklusive Interaktionen mit einem Modell ausschließlich mit Haupteffekten verglichen. Hierbei zeigte sich, dass keine Verbesserung des Modells durch die Hinzunahme von Interaktionen erzielt werden konnte ( $\chi^2(1) = 0,05$ ; ns). Aus diesem Grund wurde für die weiteren Berechnungen das Modell lediglich mit Haupteffekten herangezogen.



**Abbildung 24 Fehlerrate (Mittelwert, 95 % Konfidenzintervall) in Singleton- im Gegensatz zu Cluster-Paaren**

Hierbei zeigte sich kein Unterschied in der Fehlerrate zwischen Wortpaaren, die ein Cluster-Wort enthielten und Paaren aus zwei Singleton-Wörtern (log odds: 0,02; ns). Es zeigte sich lediglich ein

signifikanter Gruppenunterschied zwischen Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung und Sprechapraxiepatienten (log odds: 1,04;  $p < 0,01$ ), was darauf hinweist, dass Sprechapraxiepatienten insgesamt mehr Fehler produzierten.

#### 6.4.6 Welchen Einfluss hat die phonologische Nähe im Wortpaar auf die Häufigkeit von Fehlern?

Um den Einfluss der phonologischen Relatiertheit im Wortpaar zu untersuchen, wurde ein Vergleich zwischen phonologisch relatierten Wortpaaren und phonologisch unrelatierten Wortpaaren angestellt. Beide Wortpaartypen bestanden jeweils aus einem Cluster-Wort und einem Singleton-Wort und die ersten Silben aller Wörter wurden in die Berechnung mit einbezogen (vgl. Tabelle 37).

**Tabelle 37** In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt). Beispiel: CC = *Klage*, C = *Kater* (relatiert zu CC) und X = *Pute* (unrelatiert zu CC)

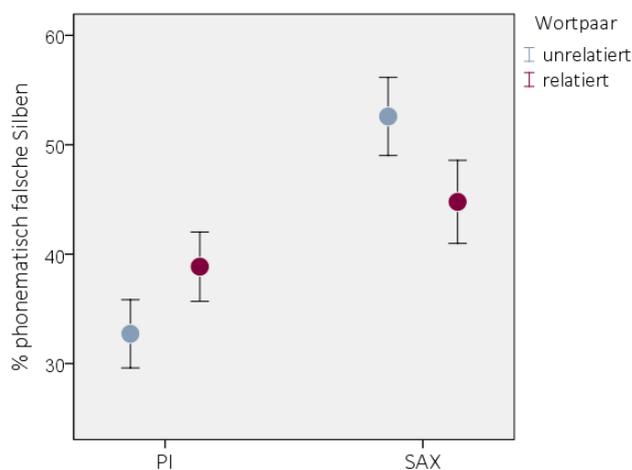
Kontextbedingung	Onset	Anzahl
Einzelwörter	C	20
	CC	20
Cluster-Paar relatiert	CC – C	20
	C – CC	20
Cluster-Paar unrelatiert	CC – X	20
	X – CC	20
Singleton-Paar	C – X	10
	X – C	10

Die dichotome abhängige Variable repräsentierte das Auftreten bzw. Nicht-Auftreten eines phonematischen Fehlers auf der Silbe. Es wurde ein GLMM mit dem Faktor PHONOLOGISCHE RELATION [relatiert, unrelatiert] und dem Faktor GRUPPE [PI, SAX] sowie PROBANDEN und ITEMS als Zufallsfaktoren (Intercept) gerechnet.

Abbildung 25 zeigt, dass in der Patientengruppe PI weniger Fehler bei unrelatierten Wortpaaren als bei relatierten Wortpaaren auftraten. Das gegenteilige Bild zeigte sich in der SAX-Gruppe: hier wurden mehr Fehler in phonologisch unrelatierten Wortpaaren produziert.

Das vollständige GLMM zeigte einen signifikanten Gruppeneffekt (log odds: 1,23;  $p < 0,001$ ) und einen signifikanten Haupteffekt des Faktors PHONOLOGISCHE RELATION (log odds: 0,29;  $p < 0,05$ ).

Außerdem bestand eine signifikante Interaktion zwischen dem Faktor GRUPPE und PHONOLOGISCHE RELATION (log odds: -0,63;  $p < 0,001$ ).



**Abbildung 25 Phonematische Fehler (Mittelwert, 95 % Konfidenzintervall) in Abhängigkeit von der phonologischen Relation im Wortpaar**

#### 6.4.7 Übertragen sich Phoneme innerhalb eines Wortes oder Wortpaares?

Es wurde untersucht, wie häufig sogenannte „relatierte Fehler“ im Einzelwort im Vergleich zum Wortpaar entstanden. Als relatierte Fehler wurden in dieser Arbeit Lautsubstitutionen oder -additionen definiert, bei denen der ersetzte oder hinzugefügte Laut an einer anderen Stelle im Wort oder Wortpaar bereits vorkam. Hierbei wurden lediglich Einzelwörter und Cluster-Paare in die Berechnung mit einbezogen (s. Tabelle 38).

**Tabelle 38 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt), lediglich phonematisch falsch Silben eingeschlossen. Beispiel: CC = *Klage*, C = *Kater* (relatiert zu CC) und X = *Pute* (unrelatiert zu CC)**

Kontextbedingung	Onset	Anzahl
Einzelwörter	C	20
	CC	20
Cluster-Paar relatiert	CC – C	20
	C – CC	20
Cluster-Paar unrelatiert	CC – X	20
	X – CC	20
Singleton-Paar	C – X	10
	X – C	10

Die Ergebnisse werden deskriptiv in Tabelle 39 aufgeführt. Es zeigte sich, dass beide Patientengruppen mehr relatierte Fehler bei Wortpaaren produzierten im Vergleich zu Einzelwörtern und hierbei geringfügig mehr relatierte Fehler bei unrelatierten Wortpaaren entstanden. Es bleibt jedoch anzumerken, dass die Chance, einen relatierten Fehler zu produzieren, durch die größere Phonemanzahl im Wortpaar höher ist als im Einzelwort.

**Tabelle 39 Prozentualer Anteil relatierter Fehler aller fehlerhaften Silben**

	PI	SAX
Einzelwörter	7,6	7,9
Relatierte Wortpaare	17,8	19,6
Unrelatierte Wortpaare	19,3	21,7

6.4.8 Überträgt sich das Merkmal „einfach“ vom Singleton oder das Merkmal „komplex“ vom Cluster auf das benachbarte Wort im Paar?

#### 6.4.8.1 Übertrag des Merkmals „Singleton“ auf Cluster-Wörter

Es wurde ein Vergleich zwischen Cluster-Wörtern als Einzelwort, Cluster-Wörtern in Kombination mit einem unrelatierten Singleton-Wort und in Kombination mit einem relatierten Singleton-Wort im Wortpaar untersucht (s. Tabelle 40). Es wurden lediglich falsche Cluster-Silben eingeschlossen.

**Tabelle 40 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt), lediglich phonematisch falsch Silben eingeschlossen. Beispiel: CC = *Klage*, C = *Kater* (relatiert zu CC) und X = *Pute* (unrelatiert zu CC)**

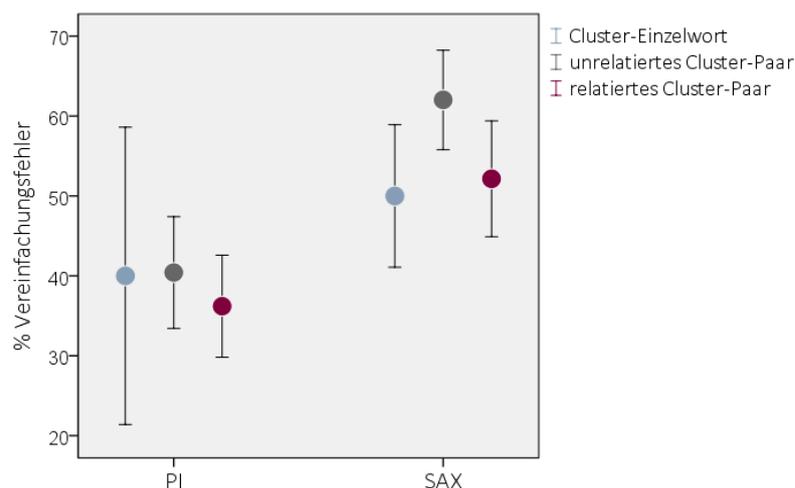
Kontextbedingung	Onset	Anzahl
Einzelwörter	C	20
	CC	20
Cluster-Paar relatiert	CC – C	20
	C – CC	20
Cluster-Paar unrelatiert	CC – X	20
	X – CC	20
Singleton-Paar	C – X	10
	X – C	10

Abhängige Variable repräsentierte das Auftreten bzw. Nicht-Auftreten von Vereinfachungsfehlern. Es wurde ein GLMM mit dem Faktor PHONOLOGISCHER KONTEXT [Einzelwort,

unrelatiertes Cluster-Paar, relatiertes Cluster-Paar] und dem Faktor GRUPPE [SAX, PI] sowie ITEMS und PROBANDEN als Zufallsfaktoren (Intercept) berechnet.

Um Unterschiede zwischen den verschiedenen Nachsprechbedingungen zu untersuchen, wurden Paarvergleiche zwischen den Ausprägungen des Faktors PHONOLOGISCHER KONTEXT [Einzelwort, unrelatiertes Cluster-Paar, relatiertes Cluster-Paar] durchgeführt. Hierzu wurde jeweils eine Ausprägung als Bezugsgröße ausgewählt und alle anderen Ausprägungen mit dieser Bezugsgröße verglichen. Um alle möglichen Paarvergleiche durchzuführen, wurde die Bezugsgröße durch die *re-level* Funktion in R variiert.

Abbildung 26 zeigt die Vereinfachungsrate von Cluster-Silben in den verschiedenen Nachsprechbedingungen. Es zeigten sich in beiden Patientengruppen die meisten Vereinfachungen in Wortpaaren ohne phonologische Relation im Gegensatz zu Einzelwörtern und zu phonologisch relatierten Wortpaaren.



**Abbildung 26 Vereinfachungsfehler (Mittelwert, 95 % Vertrauensintervall) auf Cluster-Einzelwörtern und -Wortpaaren**

Es wurde zunächst überprüft, ob Interaktionen in das GLMM eingeschlossen werden sollten, indem mit dem *likelihood ratio test* (*anova* Funktion in R) ein Modell inklusive Interaktionen mit einem Modell lediglich mit Haupteffekten verglichen wurde. Es zeigte sich, dass keine Verbesserung des Modells durch Hinzunahme von Interaktionen erzielt wurden ( $\chi^2(2) = 0,26$ ; ns), weshalb weitere Berechnungen mit einem Modell ausschließlich mit Haupteffekten vorgenommen wurden.

Das Modell zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen SAX und PI (log odds: 0,94;  $p < 0,01$ ). Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen phonologisch unrelatierten Wortpaaren und Einzelwörtern (log odds: 0,43;  $p < 0,05$ ), jedoch bestand kein signifikanter

Unterschied zwischen relatierten Wortpaaren und Einzelwörtern in der Vereinfachungsrate (log odds: 0,13; ns). Des Weiteren bestand die nicht signifikante Tendenz eines Unterschiedes in der Vereinfachungsrate zwischen unrelatierten und relatierten Wortpaaren (log odds: 0,30;  $p = 0,053$ ).

#### 6.4.8.2 Übertrag des Merkmals „Cluster“ auf Singleton-Wörter

Ob eine Neubildung eines Clusters (Verkomplizierung) auf einer Singleton-Silbe stattfand, konnte zwischen folgenden Nachsprechbedingungen verglichen werden: Singleton-Einzelwort, Paar aus zwei Singleton-Wörtern, Paar aus Singleton- und unrelatiertem Cluster-Wort sowie Paar aus Singleton- und relatiertem Cluster-Wort. Durch die Strukturierung des Stimulusmaterials konnten demnach hier im Vergleich zur vorhergehenden Frage (vgl. Abschnitt 6.4.8.1) zusätzlich das Wortpaar aus zwei Singleton-Wörtern mit in den Vergleich einbezogen werden. Es wurden lediglich falsche Singleton-Silben in die Berechnung eingeschlossen (s. Tabelle 41).

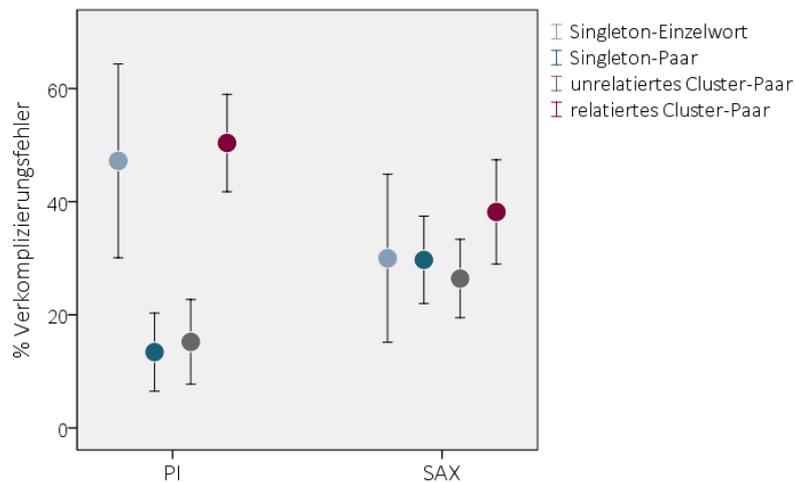
**Tabelle 41 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt), lediglich phonematisch falsch Silben eingeschlossen. Beispiel: CC = *Klage*, C = *Kater* (relatiert zu CC) und X = *Pute* (unrelatiert zu CC)**

Kontextbedingung	Onset	Anzahl
Einzelwörter	C	20
	CC	20
Cluster-Paar relatiert	CC – C	20
	C – CC	20
Cluster-Paar unrelatiert	CC – X	20
	X – CC	20
Singleton-Paar	C – X	10
	X – C	10

Die abhängige Variable repräsentierte das Auftreten bzw. Nicht-Auftreten von Verkomplizierungsfehlern. Es wurde ein GLMM mit den festen Faktoren GRUPPE [PI, SAX] und PHONOLOGISCHER KONTEXT [Einzelwort, Singleton-Paar, unrelatiertes Cluster-Paar, relatiertes Cluster-Paar] sowie ITEM und PROBANDEN als Zufallsfaktoren (Intercept) berechnet.

Um Unterschiede zwischen den verschiedenen Nachsprechbedingungen zu untersuchen, wurden Paarvergleiche zwischen den Ausprägungen des Faktors PHONOLOGISCHER KONTEXT [Einzelwort, Singleton-Paar, unrelatiertes Cluster-Paar, relatiertes Cluster-Paar] durchgeführt, indem die Bezugsgröße im Paarvergleich durch die *re-level* Funktion in R variiert wurde (vgl. Abschnitt 6.4.8.1).

In Abbildung 27 ist zu erkennen, dass Verkomplizierungen innerhalb der verschiedenen Nachsprechbedingungen unterschiedlich häufig auftraten. Hierbei zeigten die beiden Patientengruppen ein unterschiedliches Bild. Bei PI-Patienten fanden die meisten Verkomplizierungen bei Einzelwörtern und im relatierten Cluster-Paar statt und nur selten im Singleton- und unrelatierten Cluster-Paar. Bei Patienten mit Sprechapraxie hingegen sind vergleichsweise geringere Unterschiede zwischen den Nachsprechbedingungen zu erkennen. Die häufigsten Verkomplizierungen fanden bei relatierten Wortpaaren statt.



**Abbildung 27 Verkomplizierungsfehler (Mittelwert, 95 % Vertrauensintervall) auf Singletons in vier Nachsprechbedingungen**

Das vollständige GLMM zeigte keinen signifikanten Gruppeneffekt zwischen den Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung und Patienten mit Sprechapraxie.

Beim Paarvergleich zeigte sich ein signifikanter Unterschied im Vergleich von Einzelwörtern und Singleton-Paaren (log odds: -1,38;  $p < 0,01$ ), wobei hier eine signifikante Interaktion mit dem Faktor GRUPPE vorlag (log odds: 1,42;  $p < 0,05$ ). Es bestand ein knapp nicht signifikanter Modellkoeffizient im Vergleich von Einzelwörtern und unrelatierten Cluster-Paaren (log odds: -1,04;  $p = 0,053$ ) sowie kein signifikanter Unterschied im Vergleich von Einzelwörtern und relatierten Cluster-Paaren.

Des Weiteren zeigte sich ein signifikanter Unterschied im Vergleich von Singleton-Paaren und relatierten Cluster-Paaren (log odds: -1,97;  $p < 0,001$ ) und auch hier bestand eine signifikante Interaktion mit dem Faktor GRUPPE (log odds: 1,59;  $p < 0,001$ ). Der Modellkoeffizient wurde jedoch nicht signifikant im Vergleich von Singleton- und unrelatierten Cluster-Paaren.

Außerdem lag ein signifikanter Modellkoeffizient im Vergleich zwischen dem relatierten und dem unrelatierten Cluster-Paar (log odds: 1,62;  $p < 0,001$ ) und ebenfalls eine Interaktion mit dem Faktor GRUPPE (log odds: -1,32;  $p < 0,01$ ) vor.

6.4.9 Findet der Übertrag der phonologischen Struktur antizipatorisch oder perseveratorisch statt?

#### 6.4.9.1 Übertragsrichtung von Vereinfachungen

Es wurden Wortpaare mit unterschiedlicher Position des Cluster-Wortes im Paar miteinander verglichen. Hierzu wurden sowohl phonologisch relatierte als auch unrelatierte Wortpaare einbezogen (s. Tabelle 42). Es wurde die Vereinfachung falscher Cluster-Silben untersucht.

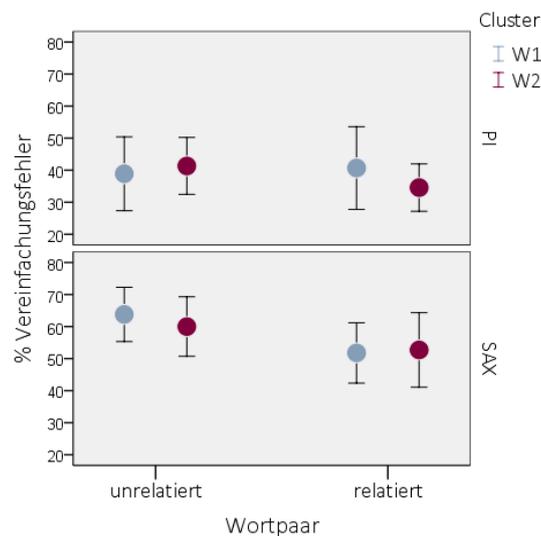
**Tabelle 42** In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt), lediglich phonematisch falsch Silben eingeschlossen. Beispiel: CC = *Klage*, C = *Kater* (relatiert zu CC) und X = *Pute* (unrelatiert zu CC)

Kontextbedingung	Onset	Anzahl
Einzelwörter	C	20
	CC	20
Cluster-Paar relatiert	CC – C	20
	C – CC	20
Cluster-Paar unrelatiert	CC – X	20
	X – CC	20
Singleton-Paar	C – X	10
	X – C	10

Die dichotome abhängige Variable repräsentierte das Auftreten bzw. Nicht-Auftreten von Vereinfachungsfehlern. Es wurde ein GLMM mit dem Faktor CLUSTER-POSITION [Wort 1 (W1), Wort 2 (W2)], dem Faktor PHONOLOGISCHE RELATION [relatiert, unrelatiert] des Wortpaares und dem Faktor GRUPPE [PI, SAX] sowie PROBANDEN und ITEMS als Zufallsfaktoren (Intercept) berechnet.

Abbildung 28 zeigt, dass kaum ein Unterschied in der Richtung der Vereinfachung bestand: sowohl Cluster an erster Position im Paar (W1) als auch an letzter Stelle (W2) wurden gleichhäufig vereinfacht. Es fanden insgesamt mehr Vereinfachungen bei unrelatierten Wortpaaren im Vergleich zu relatierten Wortpaaren statt.

Es wurde geprüft, ob Interaktionen in das GLMM eingeschlossen werden sollten. Hierzu wurde ein Modell inklusive Interaktionen mit einem Modell nur mit Haupteffekten mit dem *likelihood ratio test* (anova Funktion in R) verglichen. Es zeigte sich, dass der Einschluss von Interaktionen keine Verbesserung des Modells brachte ( $\chi^2(4) = 1,57$ ; ns). Es wurde anschließend das GLMM nur mit Haupteffekten gerechnet.



**Abbildung 28 Vereinfachungsfehler (Mittelwert, 95 % Vertrauensintervall) in vier Wortpaarbedingungen**

Es bestand hierbei neben einem Gruppeneffekt (log odds: 0,96;  $p < 0,05$ ) lediglich ein weiterer signifikanter Unterschied zwischen relationalen und unrelationalen Wortpaaren (log odds: -0,31;  $p < 0,05$ ). Die Position des Clusters im Paar zeigte keinen Haupteffekt.

#### 6.4.9.2 Übertragsrichtung von Verkomplizierungen

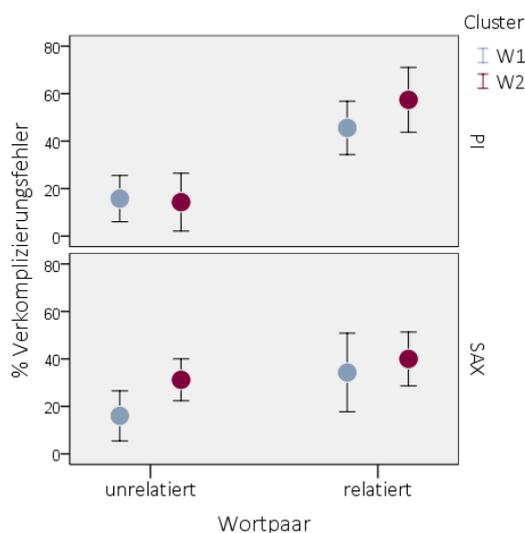
Es wurden Wortpaare mit unterschiedlicher Position des Cluster-Wortes miteinander verglichen. Hierzu wurden sowohl phonologisch relationale als auch unrelatierte Wortpaare einbezogen (s. Tabelle 43). Es wurden Verkomplizierungen falscher Singleton-Silben untersucht.

Die dichotome abhängige Variable repräsentierte das Auftreten bzw. Nicht-Auftreten von Verkomplizierungsfehlern. Es wurde ein GLMM mit dem Faktor CLUSTER-POSITION [W1, W2], dem Faktor PHONOLOGISCHE RELATION [relatiert, unrelatiert] des Wortpaares und dem Faktor GRUPPE [PI, SAX] sowie Probanden und Items als Zufallsfaktoren (Intercept) berechnet.

**Tabelle 43 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt), lediglich phonematisch falsch Silben eingeschlossen. Beispiel: CC = *Klage*, C = *Kater* (relatiert zu CC) und X = *Pute* (unrelatiert zu CC)**

Kontextbedingung	Onset	Anzahl
Einzelwörter	C	20
	CC	20
Cluster-Paar relatiert	CC – C	20
	C – CC	20
Cluster-Paar unrelatiert	CC – X	20
	X – CC	20
Singleton-Paar	C – X	10
	X – C	10

Abbildung 29 stellt die Verkomplizierungsrate auf Singletons in unterschiedlichen Wortpaarbedingungen dar. Es zeigt sich, dass bei beiden Patientengruppen mehr Verkomplizierungen in der relatierten Wortpaarbedingung stattfanden. Außerdem ist eine Tendenz zu erkennen, dass mehr antizipatorische Verkomplizierungen des Singletons im Paar stattfinden (Cluster auf W2). Dieses Muster zeigte sich bei Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung bei relatierten und bei Sprechapraxiepatienten bei unrelatierten Wortpaaren.



**Abbildung 29 Verkomplizierungsfehler (Mittelwert, 95 % Vertrauensintervall) in vier Wortpaarbedingungen**

Es wurde zunächst geprüft, ob die relevante Interaktion zwischen dem Faktor CLUSTER-POSITION und PHONOLOGISCHE RELATION in das GLMM eingeschlossen werden sollte. Hierzu wurde ein Modell inklusive dieser Interaktion mit einem Modell exklusive dieser Interaktion mit dem *likelihood ratio*

test (anova Funktion in R) verglichen. Es zeigte sich, dass der Einschluss dieser Interaktion keine Verbesserung des Modells brachte ( $\chi^2(2) = 1,27$ ; ns), weshalb sie aus dem Modell ausgeschlossen wurde, wobei alle anderen Interaktionen beibehalten wurden.

Das reduzierte Modell zeigte folgende Ergebnisse: Es bestand kein Gruppenunterschied und kein Haupteffekt des Faktors CLUSTER-POSITION und keine signifikante Interaktion zwischen diesen beiden Faktoren. Es bestand jedoch ein Haupteffekt des Faktors PHONOLOGISCHE RELATIERTHEIT des Paares (log odds: 1,84;  $p < 0,001$ ) und außerdem eine Interaktion zwischen diesem Faktor und dem Faktor GRUPPE (log odds: -1,28;  $p < 0,01$ ).

### 6.4.10 Zusammenfassung

Einleitend wurde nach Zusammenhängen zwischen der auditiven Merkspanne der Patienten und der Nachsprechleistung von Wortpaaren gesucht. Ein Zusammenhang zeigte sich jedoch lediglich für die Häufigkeit von Wortvertauschungen im Paar. Auf die Fehlerrate hingegen wirkte sich eine reduzierte auditive Merkspanne nicht aus.

Im nächsten Schritt wurde die Fehleranfälligkeit von Wortpaaren untersucht und Faktoren identifiziert, die diese beeinflussen. Es zeigte sich, dass beide Patientengruppen mehr phonematische Fehler in Wortpaaren im Vergleich zu Einzelwörtern produzierten. Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung zeigten hierbei mehr Fehler auf dem zweiten Wort im Paar, wohingegen Patienten mit Sprechapraxie tendenziell mehr Fehler auf dem ersten Wort des Paares produzierten. Das Vorhandensein eines Clusters im Wortpaar wirkte sich nicht erschwerend auf den Singleton-Paarling aus. Hingegen wurden Unterschiede in der Fehleranfälligkeit von Wörtern in Abhängigkeit ihrer phonologischen Relation im Paar gefunden. Hier zeigten sich signifikante Interaktionen zwischen den Patientengruppen: Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung produzierten mehr Fehler auf relatierten Wortpaaren als auf unrelatierten, wohingegen Patienten mit Sprechapraxie das gegenteilige Bild zeigten, für sie waren relatierte Wortpaare leichter zu produzieren.

Abschließend wurde untersucht, ob und in welcher Form sich phonologische Strukturen, Singletons und Cluster, im Wortpaar auf das benachbarte Wort übertragen. Es zeigte sich hierbei, dass vor allem auf unrelatierten Paaren häufiger als auf Einzelwörtern und tendenziell häufiger als auf relatierten Paaren das Merkmal „Singleton“ auf ein Cluster übertragen wurde. Dies war bei beiden Patientengruppen der Fall.

Beim Übertrag des Clusters auf einen Singleton zeigten sich zwischen den Patientengruppen Unterschiede. Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung zeigten am meisten

Verkomplizierungen auf Einzelwörtern und auf relatierten Wortpaaren und hingegen wenige Verkomplizierungen auf Paaren aus zwei Singleton-Wörtern und auf unrelatierten Wortpaaren. Patienten mit Sprechapraxie zeigten ausschließlich auf relatierten Wortpaaren eine vermehrte Verkomplizierung von Singletons.

Der Übertrag einer Vereinfachung oder Verkomplizierung verlief im Wortpaar ebenso häufig antizipatorisch wie perseveratorisch. Es zeigte sich lediglich eine nicht signifikante Tendenz, dass Verkomplizierungen eher antizipatorisch übertragen wurden.

## 7 Diskussion

Ziel dieser Arbeit war es, die Einflüsse von phonologischer und phonetischer Komplexität auf die Nachsprechleistung bei Patienten mit Lautproduktionsstörungen in Folge einer Schädigung der linken Hemisphäre zu untersuchen und hieraus Schlussfolgerungen für theoretische Annahmen zur Sprachproduktion zu ziehen.

Unter Patienten mit Lautproduktionsstörungen werden in dieser Studie Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen und Patienten mit Sprechapraxie zusammengefasst. Beide Patientengruppen produzieren segmentale Fehler in Form von phonematischen Paraphasien. Diese Lautproduktionsfehler, die sich an der Oberfläche sehr ähneln, erschweren die Unterscheidung der zwei Störungsbilder. In dieser Arbeit wurde eine vergleichende Untersuchung dieser zwei Patientengruppen angestellt und hierbei eine im Verhältnis zu früheren Arbeiten relative große Anzahl von insgesamt 19 Patienten eingeschlossen.

Bei den Patienten wurde eine Analyse der phonematischen Fehler, die beim Nachsprechen von Wörtern und Wortpaaren entstanden, vorgenommen. Bei dieser Untersuchung wurde der Fokus auf einen Vergleich von Wortmaterial gelegt, das in seiner phonologischen Komplexität in Form von Konsonantenclustern variierte: Es wurden Silben mit Konsonantenclustern im Onset mit Singleton-Silben verglichen. Hierbei wurde ein enges Matching zwischen Cluster- und Singleton-Silben vorgenommen, um Effekte ausschließlich auf den Faktor „Cluster“ zurückführen zu können. Die gematchten ersten Silben der Wörter unterschieden sich lediglich im Onset, wobei der Singleton-Onset aus einem der zwei Clusterkonsonanten bestand, z. B. *Knabe* – *Nase*. In die Untersuchung wurden die vier Clustertypen /kl/, /kn/, /jl/ und /jn/ einbezogen, da diese eine Gegenüberstellung von Frikativ- und Plosiv-Clustern ermöglichten und der Einfluss des Nasals im Vergleich zum Lateral an der zweiten Position im Cluster untersucht werden konnte. Die Cluster wurden hinsichtlich ihrer feinmotorischen und strukturellen Komplexität (Anzahl an beteiligten Artikulatoren) charakterisiert. /jl/ wurde hierbei als feinmotorisch am anspruchsvollsten angesehen und /kn/ als das Cluster mit der größten Anzahl an beteiligten Artikulatoren (vgl. Abschnitt 5.3.1.1).

Wie bereits in früheren Studien wurden die ausgewählten Stimuluswörter auch in dieser Arbeit als Einzelwörter nachgesprochen. Als eine Erweiterung bisheriger Ansätze wurden die Wörter außerdem auch zu Wortpaaren kombiniert und sowohl die Auswirkungen dieser Bedingung auf phonologische Fehler als auch die daraus entstehenden Kontexteffekte untersucht.

In dieser Arbeit wurden eine silbenbezogene Transkription und auditive Fehleranalyse vorgenommen. Hierbei wurde, anders als in den meisten bisherigen Studien, nicht nur eine finale Realisation eines Wortes, sondern der gesamte Produktionsprozess inklusive Suchverhalten und Selbstkorrekturen analysiert. Es wurden lediglich phonematische Fehler als Berechnungsgrundlage herangezogen und keine phonetischen Fehler, die typisch für Sprechapraxiepatienten sind. Diese Beschränkung auf phonematische Fehler wurde vorgenommen, da für diesen Fehlertyp die transkriptionsbasierte Auswertung die reliabelsten Ergebnisse erzielte. Außerdem kristallisiert sich in diesem Fehlertyp die Kontroverse über die Differenzierung der zwei Störungsbilder und mögliche Unterschiede oder Gemeinsamkeiten der zugrundeliegenden Fehlermechanismen heraus. Es erfolgte eine detaillierte Beschreibung der entstandenen phonematischen Fehler und eine Einteilung in Fehler, die die Silbenstruktur vereinfachten oder verkomplizierten. Hierbei wurden Vereinfachung und Verkomplizierung auf Konsonantencluster bezogen. Eine Auflösung eines Clusters, beispielsweise durch eine Schwa-Einfügung, wurde als Vereinfachung gesehen und eine Neubildung einer Konsonantenverbindung, z. B. durch Konsonantenaddition, als Verkomplizierung. Während in anderen Arbeiten unter Vereinfachung und Verkomplizierung eine breitere Fehlerkategorie verstanden und beispielsweise Sonoritätskriterien einbezogen wurden, lag der Fokus dieser Arbeit auf der Produktion von Konsonantenclustern, die als phonologisch und phonetisch komplexe Strukturen gelten.

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der Studie zusammengefasst und auf der Grundlage des theoretischen Hintergrundes diskutiert. Der Aufbau orientiert sich hierbei an den übergeordneten Fragestellungen dieser Arbeit (vgl. Kapitel 4).

### 7.1 Fehleranfälligkeit von Konsonantenclustern

Zunächst wurde in dieser Arbeit die in der Literatur häufig postulierte Annahme untersucht, dass Konsonantencluster im Vergleich zu Singletons sowohl bei Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung als auch bei Sprechapraxie eine erhöhte Schwierigkeit aufweisen (Buchwald, 2009; Goldrick, 2011). Dabei wird in vielen Fällen ein Bezug zu Markiertheitsannahmen aus der Optimalitätstheorie (Prince & Smolensky, 2004) hergestellt. Hierzu soll im Folgenden zunächst der Unterschied in der Fehleranfälligkeit zwischen den zwei Onsetbedingungen Cluster vs. Singleton diskutiert und anschließend die Fehleranfälligkeit der in dieser Arbeit systematisch ausgewählten vier Clustertypen verglichen werden.

### 7.1.1 Konsonantencluster vs. Singletons

Anhand der vorliegenden Studie kann die generelle Frage geklärt werden, ob Konsonantencluster für Patienten mit Lautproduktionsstörungen eine erhöhte Schwierigkeit darstellen. Aus theoretischer Sicht ist diese Frage bedeutend, da hieraus Rückschlüsse auf die normale Sprachverarbeitung gezogen werden können. Ein Konsonantencluster wird aus phonologischer Sicht, zum Beispiel in der Optimalitätstheorie, als markiert angesehen (Prince & Smolensky, 2004). Dieses Markiertheitsconstraint, das mit \*COMPLEX bezeichnet wird (Prince & Smolensky, 2004), wurde aufgrund von typologischen Studien unterschiedlicher Sprachen aufgestellt: Silben mit Clustern kommen insgesamt seltener vor, als die als unmarkiert geltende CV-Silbe. Es wird vermutet, dass diese markierte Struktur bei Patienten mit Lautproduktionsstörungen vermehrt zu Fehlern führt (Buchwald, 2009; Goldrick, 2011).

Neben dieser Annahme kann ein Cluster aufgrund der engen zeitlichen Koordination mehrerer Artikulationsorgane und -gesten auch aus phonetischer Sicht als komplex angesehen werden, wie in der artikulatorischen Phonologie beschrieben wird (Browman & Goldstein, 1989; 1990; 1992; Goldstein & Fowler, 2003). Überträgt man diese zwei Annahmen auf die Störungsbilder der aphasisch-phonologischen Störung und der Sprechapraxie, könnte hier die Annahme abgeleitet werden, dass Patienten mit phonologischen Störungen vermehrt Probleme mit der markierten phonologischen Struktur eines Clusters haben und deshalb Fehler vermehrt auf Konsonantenclustern auftreten. Patienten mit Sprechapraxie hingegen weisen eine Störung der Planung und Koordination von Sprechbewegungen auf. Eine erhöhte Fehleranfälligkeit von Konsonantenclustern könnte in dieser Patientengruppe auf eine zugrundeliegende phonetische Komplexität dieser Struktur zurückgeführt werden. Das nicht-lineare Gestenmodell (Ziegler, 2009; 2011; Ziegler & Aichert, 2015; Ziegler et al., 2017a), das die Annahmen der artikulatorischen Phonologie zur Berechnung der Fehleranfälligkeit von Wörtern anwendet, zeigte widersprüchliche Ergebnisse zum Einfluss von Konsonantenclustern auf die Wortschwierigkeit bei Patienten mit Sprechapraxie. Während in einigen Arbeiten eine erhöhte Schwierigkeit durch das Vorhandensein eines Clusters gezeigt wurde (Aichert et al., 2016; Ziegler, 2009), äußerte sich dies in anderen Arbeiten jedoch nicht (Ziegler, 2011; Ziegler & Aichert, 2015).

Canter et al. (1985) zeigten, dass Konsonantencluster für Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen tatsächlich eine erhöhte Schwierigkeit darstellten. Dieses Ergebnis konnte jedoch in anderen Arbeiten nicht bestätigt werden (Favreau et al., 1990; Romani & Galluzzi, 2005). Bei einem Vergleich der zwei Störungsbilder konnten Romani & Galluzzi (2005) eine erhöhte Fehleranfälligkeit von Konsonantenclustern lediglich bei Patienten mit Sprechapraxie und nicht bei Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen finden. Diese erhöhte Fehleranfälligkeit

von Clustern wurde auch in anderen Studien gezeigt, in die nur Patienten mit Sprechapraxie eingeschlossen wurden (Buchwald & Miozzo, 2011; Odell et al., 1990; Staiger & Ziegler, 2008).

In der vorliegenden Arbeit wurde zur Untersuchung der Fehleranfälligkeit von Clustern das verwendete Wortmaterial systematisch ausgewählt und die in Cluster-Silben verwendeten Konsonanten auch in Singleton-Wörtern verwendet. So wurde eine Vergleichbarkeit von Singleton- und Cluster-Silben gewährleistet und sichergestellt, dass eine Veränderung der Fehlerrate auf den Faktor „Cluster“ zurückzuführen war. Die Ergebnisse zeigten, dass eine erhöhte Fehleranfälligkeit von Cluster-Silben lediglich bei Patienten mit Sprechapraxie und nicht bei Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung bestand.

Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zu Studien, die eine erhöhte Schwierigkeit von Clustern bei Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen fanden (Canter et al., 1985). Außerdem spricht das Ergebnis dagegen, dass die Fehler von Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung durch Markiertheitsannahmen erklärt werden können, und insbesondere gegen die Hypothese, dass markierte Strukturen bei dieser Patientengruppe fehleranfälliger sind (Buchwald, 2009; Goldrick, 2011). Das Ergebnis dieser Arbeit ist hingegen im Einklang mit einer Studie, die eine erhöhte Fehleranfälligkeit von Konsonantenclustern lediglich bei Patienten mit Sprechapraxie aufgezeigt hat und nicht bei einer Vergleichsgruppe mit aphasisch-phonologischen Störungen (Romani & Galluzzi, 2005). Cluster scheinen demnach nur Patienten mit Sprechapraxie besondere Schwierigkeiten zu bereiten, was auch in anderen Studien gezeigt wurde (Buchwald & Miozzo, 2011; Odell et al., 1990; Staiger & Ziegler, 2008). Da Sprechapraxiepatienten eine Störung auf der Ebene der phonetischen Verarbeitung haben, kann angenommen werden, dass die erhöhte Fehlerrate bei Konsonantenclustern bei diesen Patienten aufgrund einer erhöhten phonetischen Komplexität von Clustern entstand. Diese Annahme wird im folgenden Abschnitt 7.1.2 beim Vergleich der unterschiedlichen Clustertypen weiter diskutiert.

Betrachtet man die Fehlerrate von Konsonantenverbindungen, ist ein entscheidender Faktor, dem in der Analyse Rechnung getragen werden sollte, die erhöhte Phonemanzahl innerhalb von Clustern (vgl. Nickels & Howard, 2004; Romani & Galluzzi, 2005). Da die Faktoren Phonemanzahl und Komplexität der Silbenstruktur eng voneinander abhängen, wurde in dieser Arbeit eine zusätzliche Berechnung angestellt, um die Fehleranfälligkeit von Clustern unter Einbeziehung von Wahrscheinlichkeitsannahmen zu analysieren: Wenn Fehler phonemweise erfasst werden, ist die Wahrscheinlichkeit eines Cluster-Fehlers schon allein aufgrund der höheren Phonemanzahl erhöht, ohne dass daraus ein spezifischer Cluster-Effekt ableitbar wäre. Solche Berechnungen fanden in anderen Untersuchungen zur Fehlerrate von Clustern nicht statt. Die durchgeführte Analyse bestätigte, dass Konsonantencluster für Patienten mit Sprechapraxie „schwieriger“ waren

als man aufgrund der Beteiligung von jeweils zwei Konsonanten in einem Cluster vorhersagen würde. Es scheint also bei dieser Patientengruppe ein zusätzlicher Verarbeitungsaufwand bei Clustern hinzuzukommen, der wahrscheinlich durch die enge zeitliche Koordination der zwei Konsonanten innerhalb des Clusters begründet ist (Tilsen, 2016). Bei Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen zeigte sich hingegen das gegenteilige Bild: Konsonantencluster waren tendenziell leichter als man es aus der Fehleranfälligkeit von Singletons vorhersagen würde. Dies kann dahingehend interpretiert werden, dass die beiden Konsonanten im Cluster zu einer Einheit integriert wurden und somit weniger Encodierungsaufwand als die bloße Aneinanderreihung zweier Singletons erfordern.

Anhand der Ergebnisse dieser Arbeit können folgende Rückschlüsse auf die Frage, ob die Komplexität von Konsonantenclustern durch eine Markiertheit der abstrakten phonologischen Form oder durch phonetische Mechanismen zu Stande kommt, gezogen werden. Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen zeigten keine erhöhte Fehleranfälligkeit bei Konsonantenclustern. Dies lässt nicht auf einen Einfluss der Markiertheit der abstrakten phonologischen Form eines Clusters schließen, wie sie in der Optimalitätstheorie angenommen wird (Prince & Smolensky, 2004). Bei Patienten mit Sprechapraxie zeigte sich hingegen eine erhöhte Fehleranfälligkeit von Clustern. Für die Interpretation des Cluster-Effekts bei Sprechapraxiepatienten sind optimalitätstheoretische Argumente nicht relevant, weil diese sich rein auf phonologische Annahmen stützen, die beim phonetischen Störungsmechanismus der Sprechapraxie keine Erklärungsansätze bieten. Hier können die Annahmen phonetisch basierter Theorien, wie der artikulatorischen Phonologie (Browman & Goldstein, 1989; 1990; 1992; Goldstein & Fowler, 2003), herangezogen werden. Diese beschreiben die Planung und Koordination mehrerer artikulatorischer Gesten in einem Cluster. Im nicht-linearen Gestenmodell (Ziegler, 2009; 2011; Ziegler & Aichert, 2015; Ziegler et al., 2017a) wird die Wortschwierigkeit in Abhängigkeit von unterschiedlichen Faktoren modelliert. Dabei zeigten sich bisher widersprüchliche Ergebnisse: In einigen Arbeiten wurde für Patienten mit Sprechapraxie eine erhöhte Schwierigkeit durch Konsonantencluster gefunden (Aichert et al., 2016; Ziegler, 2009), was in anderen Studien nicht der Fall war (Ziegler, 2011; Ziegler & Aichert, 2015). Die Autoren gaben jedoch zu bedenken, dass der Stimuluskorpus, mit dem das jeweilige Modell trainiert wurde, durch eine unsystematische Verteilung und Kontrolle von Konsonantenclustern zu diesen uneinheitlichen Ergebnissen geführt haben könnte (Ziegler & Aichert, 2015). In der vorliegenden Studie wurde hingegen ein Fokus in der Auswahl des Stimulusmaterials auf Konsonantencluster gelegt, woraufhin ein Clustereffekt in der Sprechapraxiegruppe sichtbar wurde.

### 7.1.2 Vergleich der Clustertypen

Neben der Frage, ob und für welche Patientengruppe Konsonantencluster eine spezielle Herausforderung darstellen, sollte in dieser Arbeit außerdem nach zugrundeliegenden Eigenschaften von Clustern gesucht werden, die deren Komplexität und somit Fehleranfälligkeit beeinflussen. Hierzu erfolgte eine differenzierte Betrachtung unterschiedlicher Clustertypen.

In anderen Studien zur Komplexität von Clustern wurde diese Differenzierung zwischen Clustertypen bisher nicht vorgenommen. So findet man meist in Patientenstudien keine Beschreibung der Clustertypen, die im Stimulusmaterial enthalten waren (z. B. Galluzzi et al., 2015), oder es wurden lediglich einzelne unsystematisch ausgewählte Cluster betrachtet und aus deren Fehleranfälligkeit Rückschlüsse auf die gesamte Klasse an Clustern gezogen (z. B. Buchwald & Miozzo, 2012). Hinweise, dass Cluster unterschiedliche strukturelle Charakteristika haben, wurden an Untersuchungen mit gesunden Sprechern im Deutschen gezeigt (Bombien et al., 2013; Hoole et al., 2013; Pouplier, 2012). So zeigte beispielsweise das Cluster /kn/ eine geringere artikulatorische Überlappung zwischen den Konsonanten als das /kl/ (Bombien et al., 2013), was auch für das Französische vorgefunden wurde (Kühnert et al., 2006). Es ist anzunehmen, dass sich Unterschiede zwischen den Clustern auch in einer unterschiedlichen Fehleranfälligkeit niederschlagen. So findet sich auch bei Wertz, LaPointe & Rosenbek (1984) ein Hinweis, wonach Cluster, die eine größere „artikulatorische Distanz“ überbrücken, auch fehleranfälliger sind (z. B. engl. *school* vs. *stool*).

Um diese Annahme zu überprüfen, wurden in das Nachsprechexperiment dieser Arbeit systematisch die vier Clustertypen /kn/, /kl/, /jn/ und /jl/ eingeschlossen. Die Struktur dieser Cluster kann sowohl nach feinmotorischen Anforderungen als auch nach der Anzahl an beteiligten Artikulatoren charakterisiert werden. Vertritt man die Ansicht, dass Frikative mit einem inkompletten und somit komplexeren Verschluss eine höhere feinmotorische Abstimmung benötigen als Plosive, sollten /j/-Cluster schwieriger sein als /k/-Cluster. Außerdem kann die komplexe Verformung der Vorderzunge bei der Bildung des Laterals im Vergleich zum Nasal eine höhere Schwierigkeit von Clustern mit /l/ im Vergleich zu /n/ hervorrufen. Folgt man dieser Logik, wäre das Cluster /jl/ nach feinmotorischen Gesichtspunkten am schwierigsten. Die vier ausgewählten Cluster unterscheiden sich außerdem in der Anzahl an Artikulatoren, die für deren Bildung benötigt werden. So wird bei /k/- im Vergleich zu /j/-Clustern die Hinterzunge zur Konstriktionsbildung eingesetzt<sup>3</sup> und bei Clustern, die ein /n/ enthalten, kommt eine

---

<sup>3</sup> Einige Autoren sehen eine Hinterzungenaktivität auch bei der Bildung eines /j/ (Stone, Faber, Raphael & Shawker, 1992), der jedoch in dieser Arbeit keine eigenständige Konstriktionsgeste zugesprochen wird, sondern als Folge der Zungenspitzenaktivierung gesehen wird.

Velumaktivität hinzu. Demzufolge wird zur Bildung eines /kn/ die größte Anzahl an Artikulatoren benötigt und könnte somit zu einer besonderen Fehleranfälligkeit dieses Clusters führen. Geht man hingegen bei der Bildung eines Clusters nicht von der Auswahl und Koordination von artikulatorischen Gesten, sondern von abstrakten Phonemen aus, sollten alle untersuchten Clustertypen eine vergleichbare Fehleranfälligkeit zeigen.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass /kn/ im Vergleich zu den anderen drei untersuchten Clustern am fehleranfälligsten war. Dies galt sowohl für Patienten mit Sprechapraxie als auch mit aphasisch-phonologischer Störung. Nach den oben formulierten Annahmen ist es am wahrscheinlichsten, dass die Anzahl an beteiligten Artikulatoren die Schwierigkeit eines Clusters bestimmt, wohingegen feinmotorische Anforderungen die Komplexität eines Clusters nicht beeinflussten. Auch die Anzahl an Phonemen scheint nicht der entscheidende Faktor einer Clusterschwierigkeit zu sein.

Da sich /kn/ in beiden Patientengruppen als herausragend fehleranfällig darstellte, kann hier angenommen werden, dass ähnliche zugrundeliegende Faktoren die Komplexität sowohl für Sprechapraxiepatienten als auch für Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen bestimmen. Da sich ein Unterschied in der Fehleranfälligkeit zwischen den Clustertypen zeigte, wurde im nächsten Schritt analysiert, ob ein Cluster „schwieriger“ war als aus der Fehlerrate der relatierten Singletons, im Fall von /kn/ die Singletons /k/ und /n/, vorhergesagt würde. Bei dieser Berechnung zeigte sich, dass für Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung keines der Cluster signifikant schwieriger war, als aus der Fehlerrate der relatierten Singletons vorhergesagt würde. In dieser Patientengruppe war bei /kl/ und /jl/ die Schwierigkeit sogar geringer als vorhergesagt und die Cluster schienen hier eher zu einer Einheit integriert zu sein. Bei den Clustern /kn/ und /jn/ hingegen zeigte sich weder ein reduzierter noch ein zusätzlicher Aufwand bei der Produktion des Clusters im Vergleich zur Produktion der relatierten Singletons. Bei Sprechapraxie zeigte sich ein anderes Bild: Hier waren die drei Cluster /kl/, /jl/ und /jn/ im Vergleich zu den relatierten Singletons nicht herausragend schwierig oder leicht zu produzieren. Das Cluster /kn/ zeigte jedoch eine deutlich höhere Schwierigkeit, als aus der Fehlerrate der relatierten Singleton-Silben abzuleiten war. Die im vorhergehenden Abschnitt berichtete erhöhte Schwierigkeit von Clustern bei Sprechapraxiepatienten kann nach dieser differenzierteren Analyse somit lediglich auf das Konsonantencluster /kn/ zurückgeführt werden. Dieses Ergebnis zeigt deutlich, dass Unterschiede zwischen den Clustern bestehen und sich diese auf deren Fehleranfälligkeit auswirken. Dies bringt neue Erkenntnisse in der Untersuchung von Konsonantenclustern mit sich, da in anderen Studien zur Komplexität von Konsonantenclustern die unterschiedlichen Clustertypen nicht systematisch untersucht wurden.

Betrachtet man die Ergebnisse für die vier Clustertypen, so wird deutlich, dass sich lediglich das Cluster /kn/ als herausragend schwierig darstellte, während zwischen den anderen drei Clustern keine Abstufung in der Schwierigkeit erkennbar war. Hier stellt sich die Frage, warum das Cluster /jl/ mit der Beteiligung von nur einem Artikulator (Vorderzunge) im Gegensatz zu den Clustern mit zwei Artikulatoren (/jn/ Vorderzunge und Velum, /kl/ Hinterzunge und Vorderzunge) keine Unterschiede zeigten. Diese offene Frage kann anhand der Daten in dieser Untersuchung nicht geklärt werden und bedarf weiterer Studien zur Komplexität der unterschiedlichen Clustertypen.

Neben der Anzahl an Artikulatoren könnte die Komplexität eines Clusters auch durch den Grad an Überlappung der beiden beteiligten Konsonanten (*Overlap*) bestimmt sein. Das Cluster /kn/ zeigte in einem Vergleich zwischen verschiedenen Clustern, u.a. /kl/, den geringsten artikulatorischen Overlap (Bombien et al., 2013). Leider liegen jedoch für die in dieser Arbeit eingeschlossenen Cluster /jl/ und /jn/ keine vergleichbaren Daten vor, weshalb hier keine Rückschlüsse gezogen werden können, ob ein geringer Überlappungsgrad ein Cluster besonders fehleranfällig macht. Des Weiteren ist anzumerken, dass /kn/ das niedrigfrequenteste der vier eingeschlossenen Cluster ist. Ob die niedrige Frequenz durch die artikulatorische Komplexität dieses Clusters zu erklären ist, oder der umgekehrte Fall vorliegt und das Cluster schwieriger ist, weil es nur selten produziert wird und somit nicht so hoch überlernt ist, kann in dieser Arbeit nicht geklärt werden. Es ist jedoch generell fraglich, ob die relativ geringen Frequenzunterschiede zwischen den Clustertypen solche klaren Auswirkungen haben können.

Um diese und weitere Fragen zur Komplexität von unterschiedlichen Clustertypen zu klären und die aus den Ergebnissen dieser Arbeit resultierende Annahme, dass die Anzahl an beteiligten Artikulatoren maßgeblich für die Komplexität eines Clusters ist, weiter zu prüfen, sollten in zukünftige Studien weitere Clustertypen des Deutschen eingeschlossen werden.

## 7.2 Arten phonematischer Fehler

Im vorhergehenden Abschnitt wurden die entstandenen phonematischen Fehler nach ihrer Häufigkeit bewertet und Unterschiede zwischen den Silben mit Clustern und Singletons dargestellt. Im nächsten Schritt wurden in dieser Arbeit die Fehler qualitativ beschrieben. Hierzu wurden drei Klassen an phonematischen Fehlern unterschieden: a) neutrale Fehler, die die phonologische Struktur der Silbe nicht veränderten, b) Vereinfachungsfehler, die die phonologische Komplexität der Silbe reduzierten und c) Verkomplizierungen, die im Gegenteil die Silbenstruktur komplexer machten. Der Fokus der Arbeit lag hierbei bei der Beschreibung der

letzten beiden Fehlertypen Vereinfachung und Verkomplizierung, welche im Folgenden ausführlich diskutiert werden sollen. Im Bereich „neutrale Fehler“ wurde ebenfalls eine Analyse durchgeführt, deren Ergebnisse zunächst kurz zusammengefasst werden sollen.

### 7.2.1 Neutrale Fehler ohne Änderung der phonologischen Struktur

Unter einem neutralen Fehler wurden Substitutionen von einzelnen Konsonanten verstanden, z. B. *Schlitten* → *\*Plitten*. Die Silbenstruktur der ersten Silbe, in diesem Fall [CCV], wurde durch den neutralen Fehler nicht verändert. Diese Lautsubstitutionen waren der häufigste Fehlertyp im gesamten Fehler-Korpus des Nachsprechexperiments dieser Arbeit, wie u.a. auch in einer Arbeit von Galluzzi et al. (2015) festgestellt wurde.

Es sollte bei der Analyse der neutralen Fehler die Frage beantwortet werden, wie sehr sich der Ziel- und der Ersatzlaut in ihren phonetisch-phonologischen Merkmalen voneinander unterscheiden und welche Merkmale durch die Lautsubstitution verändert wurden. Hierzu wurde eine Merkmalsanalyse durchgeführt und festgestellt, inwieweit sich der Ziel- und Ersatzlaut in den vier Merkmalen *Artikulationsstelle*, *Konstriktionstyp*, *Stimmhaftigkeit* und *Nasalität* voneinander unterscheiden.

Es wurden nur sehr geringe Unterschiede zwischen den Patientengruppen gefunden. Hier zeigten Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung etwas häufiger Änderungen des *Konstriktionstyps* und der *Nasalität* als Patienten mit Sprechapraxie, die wiederum vergleichsweise mehr Änderungen der *Artikulationsstelle* durch eine Substitution produzierten als Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung. Insgesamt wurden in beiden Patientengruppen am häufigsten Substitutionen mit 2-Feature Änderungen produziert.

Von einer Interpretation der Ergebnisse soll an dieser Stelle abgesehen werden, da hierzu die Analysen nicht ausreichend gegen den Zufall getestet wurden und das Stimulusmaterial nicht zur Untersuchung dieses Fehlertyps kontrolliert wurde. Es befand sich beispielsweise nur ein Nasal unter den Ziellauten, weshalb hier eine Änderung des Merkmals *Nasalität* sehr viel seltener möglich war. Weitere Analysen der neutralen Fehler überstiegen jedoch den Rahmen dieser Arbeiten, deren Fokus auf der Untersuchung von Fehlern, die die Silbenstruktur veränderten, lag.

### 7.2.2 Häufigkeit von Vereinfachung vs. Verkomplizierung der phonologischen Struktur

Es wurde in dieser Arbeit untersucht, ob durch das Auftreten eines phonematischen Fehlers die phonologische Struktur des Wortes eher vereinfacht oder verkompliziert wurde. Diese Frage ist von Bedeutung, um weitere Erkenntnisse über die zugrundeliegenden Mechanismen von phonematischen Fehlern zu erlangen und die theoretischen Annahmen zur Komplexität von sprachlichen Äußerungen zu überprüfen. So könnten Ergebnisse eine Systematik innerhalb von phonematischen Fehlern in den zwei untersuchten Patientengruppen aufdecken. Es wäre zum Beispiel denkbar, dass die phonematischen Fehler eine Kompensationsstrategie zur Vermeidung komplexer phonologischer Strukturen darstellen.

In der Debatte um den Einfluss von Komplexität auf Lautproduktionsfehler wurde in zahlreichen Studien die Frage gestellt, ob es durch die Fehler von Patienten zu einer Reduktion der phonologischen Komplexität kommt und somit im Sinne der Optimalitätstheorie markierte durch unmarkierte Strukturen ersetzt werden (Goldrick, 2011). Geht man bei Konsonantenclustern von einer phonologisch komplexen Form aus, wäre die logische Konsequenz, dass diese bei einer beeinträchtigten Sprachproduktion vermieden wird, indem die Cluster durch Singletons ersetzt oder die beteiligten Konsonanten durch die Einfügung eines Vokals in zwei Silben separiert werden. Es ist zu beachten, dass Markiertheit nicht nur auf das Merkmal \*COMPLEX (Prince & Smolensky, 2004) anzuwenden ist, sondern auch im Sinne der Sonoritätshierarchie (Wiese, 2000) oder einer Hierarchie an Lautklassen (z. B. Cera & Ortiz, 2010; Galluzzi et al., 2015) gesehen werden kann. In der Darstellung der Literatur, die sich mit der Frage nach einer Vereinfachung von phonologischen Strukturen beschäftigte, wird schnell deutlich, dass hier unterschiedliche Arten von phonematischen Fehlern als Vereinfachung definiert wurden. Einige Studien untersuchten lediglich Konsonantencluster (Buchwald, 2009; Buchwald & Miozzo, 2011; 2012; Buchwald et al., 2007), während andere zusätzlich sowohl die Sonoritätsstruktur als auch die Phonem-Hierarchie beachteten (Galluzzi et al., 2015; Romani & Galluzzi, 2005; Romani et al., 2011; Romani et al., 2002). Ein Vergleich der Studien wird aufgrund dieser unterschiedlichen Definitionen von Vereinfachung und Verkomplizierung erschwert. Einige Studien konnten eine Vereinfachungstendenz bei Aphasiepatienten feststellen (Béland et al., 1990; Buchwald, 2009; Keller, 1984). Andere Studien hingegen fanden gleich viele Vereinfachungen wie Verkomplizierungen bei Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen und lediglich in der Gruppe der Sprechapraxiepatienten eine Vereinfachungstendenz (Galluzzi et al., 2015; Romani & Galluzzi, 2005; Romani et al., 2011; Romani et al., 2002).

In der vorliegenden Arbeit wurde eine Komplexitätszunahme ausschließlich als Addition von Konsonanten im Silbenonset und eine Vereinfachung umgekehrt als Tilgung von Konsonanten definiert. Diese Definitionen von Vereinfachung und Verkomplizierung wurden gewählt, weil die Anzahl an Konsonanten im Silbenonset als ein unstrittiges Maß der Komplexität einer Silbe angesehen werden kann, wohingegen z. B. Annahmen zur Komplexitätshierarchie zwischen einzelnen Phonemen (z. B. Komplexität /s/ > /t/) hier als strittiger angesehen wird. Eine Vereinfachung konnte in dieser Arbeit demnach durch die Substitution des Clusters durch einen unrelatierten Singleton (z. B. /jnekə/ → \*/pekə/), durch die Einfügung eines Schwas zwischen die Clusterkonsonanten (z. B. /jnekə/ → \*/jənəkə/) oder durch die Tilgung eines oder mehrerer Onset-Konsonanten im Cluster oder Singleton entstehen (z. B. /jnekə/ → \*/nekə/). Aufgrund dieser Definition von Vereinfachung wurden auch Singleton-Tilgungen ([CV] → [V]) oder ganze Cluster-Tilgungen ([CCV] → [V]) als Vereinfachung codiert. Dies ist im Sinne von Sonoritätsaspekten jedoch eine Verschlechterung der Silbenstruktur und wurde z. B. bei Romani und Kollegen als Verkomplizierung gewertet. Diese Fehler traten in der vorliegenden Untersuchung jedoch nur bei 0,4 Prozent aller Vereinfachungen auf. Eine Verkomplizierung konnte durch die Addition eines oder mehrere Konsonanten im Silbenonset oder durch die Substitution eines Singletons durch ein Cluster erfolgen, z. B. /pu:tə/ → \*/klu:tə/.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigten, dass in beiden Patientengruppen mehr Vereinfachungen von Silben als Verkomplizierungen stattfanden. Der Unterschied zwischen der Anzahl an Vereinfachungen und Verkomplizierungen war in der Sprechapraxiegruppe stärker ausgeprägt als bei Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen. Dass in dieser Arbeit auch bei Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung eine Vereinfachungstendenz aufgezeigt wurde, steht im Widerspruch zu Studien, die bei dieser Patientengruppe gleich viele Vereinfachungen wie Verkomplizierungen fanden und eine Vereinfachungstendenz lediglich bei Sprechapraxiepatienten zeigten (Galluzzi et al., 2015; Romani & Galluzzi, 2005; Romani et al., 2011; Romani et al., 2002). Dennoch war in der vorliegenden Studie die Vereinfachungstendenz bei Patienten mit Sprechapraxie stärker ausgeprägt als bei Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung. Verkomplizierungen machten in beiden Gruppen mit rund 15 Prozent mehr als nur einen marginalen Anteil der Fehler aus (zur Diskussion der Verkomplizierungen vgl. Abschnitt 7.2.4).

Unterschiede zwischen den Arbeiten von Romani und Kollegen und dieser Arbeit bestehen in der Definition von Vereinfachung bzw. Verkomplizierung. Diese sind bei der Gruppe um Romani als Tilgung bzw. Neubildung von Konsonantenclustern im Silbenonset und der -coda sowie von Hiatus und Geminaten definiert. Außerdem wird von diesen Autoren unter Vereinfachung bzw. Verkomplizierung eine Verbesserung bzw. Verschlechterung der Sonoritätsstruktur verstanden.

Des Weiteren unterscheiden sich das verwendete Stimulusmaterial und die Erhebungsmethode zwischen dieser Arbeit und der von Romani und Kollegen. Bei Romani et al. (2011) und Galluzzi et al. (2015) wurde nicht nur, wie in der vorliegenden Arbeit, das Nachsprechen, sondern auch lautes Lesen und mündliches Benennen erhoben. Auch das Sprachmaterial umfasste bei Romani und Kollegen einen nicht näher beschriebenen Korpus, während sich die vorliegende Arbeit auf vier Clustertypen und dazu gematchte Singleton-Silben beschränkte.

Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen die Schlussfolgerung zu, dass Patienten mit Lautproduktionsstörungen die phonologische Struktur einer Silbe durch phonematische Fehler tendenziell eher vereinfachen. Dieses Muster scheint in beiden Patientengruppen vorzuliegen und entspricht den Annahmen der Optimalitätstheorie (vgl. Goldrick, 2011). Dennoch sei an dieser Stelle angemerkt, dass von beiden Patientengruppen ein nicht zu vernachlässigbarer Anteil an Verkomplizierungen produziert wurde, was gegen die Annahme einer systematischen und ausschließlichen Vermeidung komplexer Silbenstrukturen spricht. Vergleiche dazu auch Abschnitt 7.2.4 dieser Diskussion.

### 7.2.3 Qualitative Darstellung der Vereinfachungen

Neben der quantitativen Darstellung von Vereinfachungs- und Verkomplizierungsfehlern sollten in dieser Arbeit die Fehler auch qualitativ beschrieben werden. Auf diesem Weg sollte nach Unterschieden in der Art der Vereinfachung von komplexen Strukturen zwischen den Patientengruppen gesucht werden. Eine solche Gegenüberstellung und detaillierte Fehlerbewertung wurde in bisherigen Arbeiten nicht vorgenommen und man erhoffte sich hierdurch Erkenntnisse über die zugrundeliegenden Ursachen für Vereinfachungsfehler zu gewinnen.

Wie bereits dargestellt, konnte eine Vereinfachung in dieser Arbeit durch unterschiedliche phonematische Fehler entstehen: Tilgung von einem oder mehreren Onset-Konsonanten, Substitution des Clusters durch einen unrelatierten Singleton oder Schwa-Einfügung in das Cluster. Es zeigte sich, dass sich die Patientengruppen signifikant im produzierten Fehlermuster voneinander unterscheiden. Patienten mit Sprechapraxie produzierten zur Vereinfachung eines Clusters primär Ersetzungen beider Clusterkonsonanten durch einen unrelatierten Singleton, z. B. /ʃnɛkə/ → \*/pɛkə/, sowie Einfügungen eines Schwas in das Cluster. Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen hingegen produzierten vor allem Tilgungen des zweiten Clusterkonsonanten. Tilgungen des ersten Clusterkonsonanten fanden bei beiden Patientengruppen eher selten statt und eine Tilgung des gesamten Clusters kam so gut wie nie

vor. Diese unterschiedlichen Vereinfachungsfehler der beiden Patientengruppen könnten auf unterschiedliche zugrundeliegende Ursachen für Vereinfachung hinweisen.

#### *Substitution des Clusters durch einen unrelatierten Singleton*

Die bei Sprechapraxie häufig vorkommende Ersetzung eines Clusters durch einen unrelatierten Singleton, z. B. /ʃnɛkə/ → \*/pɛkə/, könnte dahingehend interpretiert werden, dass hier eine grundlegende Vermeidung der komplexen Struktur ohne den Versuch, einen Teil des Clusters zu erhalten, stattfand. Hingegen bliebe bei einer Tilgung eines Clusterkonsonanten ein Teil des Clusters erhalten, wie es bei dem dominanten Vereinfachungsfehler (C2-Tilgung) der Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen der Fall war. Die Ersatzlaute in den Cluster-Substitutionen wurden alle durch die Zungenspitze als Artikulator gebildet (sowohl Plosive als auch Frikative). Nur der durch die Zungenspitze gebildete Nasal /n/ kam kaum als Ersatzlaut vor, was als Vermeidung der zusätzlichen Velumgeste interpretiert werden könnte. Es wäre möglich, dass eine Konstriktion durch die Zungenspitze für Sprechapraxiepatienten besonders einfach zu realisieren ist und sie deshalb häufig als Ersatz für ein Cluster angesteuert wurde. Außerdem könnte der in beiden Clustern eigentlich vorkommende alveolare C2 /n/ und /l/ diese Artikulationsstelle gewissermaßen voraktiviert haben und somit deren vermehrte Verwendung im Ersatzlaut erklärt werden. Beide Annahmen bleiben jedoch spekulativ. Eine weitere Hypothese könnte sein, dass diese generelle Vermeidung des Clusters und systematische Ersetzung durch einen einfacher zu bildenden, meist alveolaren Singleton als Strategie bei Patienten mit Sprechapraxie im chronischen Stadium der Erkrankung ausgebildet wird. Da jedoch die Zeit post-onset innerhalb der Gruppe an Sprechapraxiepatienten in dieser Arbeit nicht systematisch variierte, konnte diese Hypothese nicht weiter untersucht werden.

#### *Schwa-Einfügungen*

Ein weiterer für Sprechapraxie sehr typischer Fehler waren in dieser Studie Schwa-Einfügungen. Für diesen Vereinfachungstyp werden in der Literatur unterschiedliche Ursachen diskutiert. Buchwald und Kollegen haben in zwei Arbeiten einen Einzelfall eines Patienten mit Aphasie beschrieben, der Schwas in Konsonantencluster einfügte (Buchwald, 2009; Buchwald et al., 2007). In diesen Arbeiten wurde über Ultraschall- und akustische Messungen die Dauer und Variabilität dieser Schwas erfasst. Die Interpretation dieser Studien ging so weit, dass die Schwas in lexikalische Schwas vs. artikulatorisches *Mistiming* differenziert wurden und auf dieser Grundlage eine Störungslokalisierung zwischen phonologischer vs. phonetischer Verarbeitung vorgenommen wurde (Buchwald et al., 2007). Andere Autoren äußern sich jedoch kritisch und sehen die Einfügung eines Schwas in ein Cluster nicht als Vereinfachung an, da hierdurch ein Jambus

entsteht, der zumindest im Deutschen niedrig frequenter als das trochäische Muster ist und somit die Schwierigkeit eines Wortes anhebt und diese nicht reduziert (Ziegler, 2017). In der vorliegenden Arbeit waren Schwa-Einfügungen bei Sprechapraxiepatienten mehr als doppelt so häufig im Vergleich zu Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung. Schwa-Einfügungen kamen bei Sprechapraxiepatienten bei allen vier Clustertypen nahezu gleichhäufig vor, lediglich das Cluster /jl/ war etwas seltener betroffen als alle anderen Cluster. Bei Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung hingegen kamen Schwa-Einfügungen fast ausschließlich beim Cluster /kn/ vor, gefolgt von wenigen beim Cluster /kl/ und nahezu keinen bei /jl/ und /jn/.

Die Schwa-Einfügung in die vier Clustertypen, die in dieser Studie untersucht wurden, kann wie folgt durch motorische Mechanismen erklärt werden. Alle hier untersuchten Cluster waren von der Struktur [stimmloser Obstruent + Lateral / Nasal]. Da somit der zweite Konsonant des Clusters stimmhaft war, musste eine zeitliche Koordination der glottalen Geste mit dem Verschluss der Zungenspitzengeiste stattfinden. Misslingt diese enge zeitliche Koordination und setzt die Stimmhaftigkeit bereits vor der Konstriktionsbildung für /l/ bzw. /n/ ein, entsteht der akustische Eindruck einer Schwa-Einfügung. Eine Schwa-Einfügung als phonologischer Reparaturprozess kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, auch wenn er bei Sprechapraxiepatienten mit Störungen der Sprechbewegungsplanung und Koordination artikulatorischer Gesten eher unplausibel erscheint. Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen fügten das Schwa vor allem in /kn/ ein. Sieht man in einer Schwa-Einfügung einen generellen phonologischen Reparaturprozess, wäre anzunehmen, dass dieser von Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen bei allen Clustern angewendet wird und nicht nur beim Cluster /kn/. Bei der Bildung von /kn/ ist die größte Anzahl an Artikulatoren beteiligt, weshalb dieses Cluster aus dieser Sicht die größte artikulatorische Komplexität aufweist. Es könnte sein, dass auch Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen diese hohen motorischen Anforderungen durch den motorischen Vereinfachungsmechanismus der Schwa-Einfügung reduzieren.

### *C2-Tilgungen*

Bei den Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen war das dominierende Vereinfachungsmuster die C2-Tilgung. Diese kam am häufigsten bei /jl/, gefolgt von /jn/, /kn/ und /kl/ vor. Patienten mit Sprechapraxie zeigten diesen Vereinfachungstyp nur sehr viel seltener und hauptsächlich beim Cluster /jl/. Im Vergleich dazu wurde der erste Clusterkonsonant von beiden Patientengruppen nur sehr selten getilgt. Dies legt die Vermutung nahe, dass es sich hier um keine zufällige Konsonantentilgung handelte, da in diesem Fall mit einer 50-prozentigen Chance sowohl der erste als auch der zweite Clusterkonsonant getilgt worden wäre.

Das Ergebnis könnte dahingehend interpretiert werden, dass durch die C2-Tilgung des Laterals oder Nasals die Sonoritätsstruktur der Silbe verbessert wurde, d. h. ein steilerer Anstieg der Sonorität vom Rand der Silbe hin zum Nukleus stattfindet. Es bleibt jedoch zu bedenken, dass eine solche Verbesserung der Sonoritätsstruktur auch durch den Vereinfachungsfehler „CC-Substitution durch C“ erzielt worden wäre, der jedoch von Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen kaum produziert wurde. Falls es bei der C2-Tilgung dennoch um einen systematischen phonologischen Reparaturprozess handelte, wäre auch hier anzunehmen, dass dieser unabhängig vom Clustertyp angewendet wird, da bei allen Clustern die Silbe im Sinne der Sonoritätsstruktur durch die Tilgung von C2 verbessert wurde. Dies war jedoch nicht der Fall, da Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen primär bei //j/-Clustern eine C2-Tilgung produzierten und seltener bei /k/-Clustern. Das dominierende Muster der C2-Tilgungen bei Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung durch eine generelle Optimierungstendenz nach Kriterien der Sonoritätsstruktur zu begründen, scheint demnach wenig plausibel.

Eine alternative Erklärung kann durch die Beachtung perceptiver Mechanismen formuliert werden. Die ausgeprägte Tendenz der Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen, den zweiten Konsonanten eines Onsetclusters zu tilgen, weist auf eine weniger stabile Repräsentation dieses Konsonanten hin. Dies kann sowohl die Verarbeitung des auditiven Modells beim Nachsprechen betreffen als auch – wegen der Beteiligung der lexikalischen Route beim Nachsprechen – die gespeicherten lexikalischen Repräsentationen von Cluster-Wörtern. Eine naheliegende akustische Erklärung dafür könnte die höhere perzeptuelle Salienz von akustischen Merkmalen im Wortonset sein (Wright, 2004), die dazu führt, dass C2 eine gegenüber C1 verringerte Aktivierungsstärke besitzt und aus diesem Grund nicht realisiert wird. Dieser Effekt könnte für die //j/-Cluster besonders ausgeprägt sein, weil //j/ als kontinuierlicher Laut mit hoher Friktionsenergie möglicherweise einen Maskierungseffekt auf den nachfolgenden Konsonanten ausübt (Wright, 2004).

Dieser spekulative Erklärungsversuch geht davon aus, dass bei Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung auch Störungen von Repräsentationen oder Verarbeitungsschritten, die auf auditiven Merkmalen basieren, eine Rolle spielen können. Diese Annahme wäre in Übereinstimmung mit Erwartungen, die aus der neuroanatomischen Störungslokalisierung bei aphasisch-phonologischen Störungen abgeleitet werden können.

#### *Unterschiede zwischen den Patientengruppen*

Die in dieser Arbeit gefundenen Unterschiede im Vereinfachungsmuster konnten erstmals zeigen, dass es nicht als sinnvoll erscheint, Vereinfachung als globale Strategie zu sehen, wie es in bisherigen Studien meist getan wurde. Vielmehr lassen die Unterschiede in der Häufigkeit eines

speziellen Vereinfachungstyps eher darauf schließen, dass unterschiedliche Ursachen diese Vereinfachung bewirkt haben, wie in den vorherigen Abschnitten diskutiert wurde. Trotz der gefundenen signifikanten Gruppenunterschiede im Vereinfachungsmuster, soll an dieser Stelle jedoch auf die Einschränkung hingewiesen werden, dass interindividuelle Unterschiede in der Präferenz für einen bestimmten Vereinfachungstyp zwischen den Patienten bestanden. Diese individuellen Muster wichen teilweise von dem für die Patientengruppe typischen Fehlermuster ab. So produzierte beispielsweise eine Patientin mit aphasisch-phonologischer Störung sehr viele Schwa-Einfügungen und eine Patientin mit Sprechapraxie hauptsächlich C2-Tilgungen. Diese Ausnahmefälle erlauben es nicht, die hier aufgezeigten Gruppenunterschiede für eine Differenzialdiagnostik heranzuziehen.

#### 7.2.4 Qualitative Darstellung der Verkomplizierungen

Obwohl das Vereinfachen der Silbenstruktur bei beiden Patientengruppen häufiger auftrat als eine Steigerung der Komplexität, soll an dieser Stelle trotzdem ein Augenmerk auf die stattgefundenen Verkomplizierungen gelegt werden. Es wird erwartet, dass man durch die Betrachtung der Verkomplizierungen, genauso wie bei der Untersuchung von Vereinfachungen, Erkenntnisse über die zugrundeliegenden Mechanismen, die phonematische Fehler hervorrufen, erlangen kann. In bisherigen Arbeiten wurden zwar Verkomplizierungen berichtet, aber nicht näher auf deren Art eingegangen (vgl. Favreau et al., 1990; Romani & Calabrese, 1998). Vertreter der Optimalitätstheorie sehen Verkomplizierungsfehler als Ausnahmefall an, der durch *random noise* im Sprachproduktionssystem zufällig entsteht und eine allgemeinere, auf Markiertheitsannahmen beruhende Vereinfachungstendenz überlagert (Goldrick & Daland, 2009).

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass über beide Patientengruppen hinweg rund 15 Prozent der Fehler die Silbenstruktur verkomplizierten. Es wurden etwas mehr Verkomplizierungen von Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen im Vergleich zu Patienten mit Sprechapraxie produziert. Am häufigsten wurde ein /n/ oder /l/ an den bestehenden Singleton angefügt und so ein neues Cluster gebildet. Diese Addition des zusätzlichen Konsonanten erfolgte häufiger an Position C2 als an initialer Position im Wort. Dieser Unterschied in der Häufigkeit von C1- vs. C2-Additionen war bei Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen stärker ausgeprägt als bei Sprechapraxiepatienten. Hier könnte wieder die Argumentation zum Tragen kommen, dass Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung eine relativ stabile Repräsentation des Wortanlauts besitzen und Lautadditionen daher eher nach dem Onset-Konsonanten auftreten. Dass bei Patienten mit Sprechapraxie etwas mehr C1-Additionen stattfanden als bei Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung, könnte daran liegen, dass Sprechapraxiepatienten häufig im

Zuge von artikulatorischem Suchen aufgrund von Initiierungsproblemen eine Addition am Wortanfang produzierten.

Angesicht der recht hohen Anzahl an Verkomplizierungen in dieser Arbeit, können diese nicht als ein seltener Ausnahmefall bezeichnet werden, wie es durch Vertreter der Optimalitätstheorie teilweise propagiert wird (Goldrick & Daland, 2009). Einige der Clusterneubildungen führten sogar zu Clustern, die im Deutschen nicht bestehen und somit nicht als Outputform generiert werden sollten. Man kann argumentieren, dass diese illegalen Cluster durch motorisches Suchen und fehlgeleitete artikulatorische Gesten eher zufällig entstanden sind, da sie vor allem bei Patienten mit Sprechapraxie auftraten. Auch wenn nach dieser Interpretation in diesen neu gebildeten Clustern keine phonologische Verarbeitung zugrunde gelegt würde, bleibt die Tatsache, dass diese Patienten in der Lage waren, komplexe Strukturen zu produzieren, und somit dem Störungsbild der Sprechapraxie keine Vermeidung jeglicher Komplexität als systematisches Muster zuzuschreiben ist.

Dass auch bei Sprechapraxiepatienten ein nicht vernachlässigbarer Teil an Verkomplizierungen erfasst wurde, mag der Auswertungsmethode geschuldet sein. In anderen Arbeiten (z. B. Galluzzi et al., 2015; Romani et al., 2011) wurde in der Regel nur die erste volle Realisation und nicht mehrere Versuche transkribiert und ausgewertet:

*„For example, a patient may become so muddled up in the attempt to produce a difficult structure that he will produce multiple errors. These errors, however, were excluded here.“*  
(Romani et al., 2011, S. 166)

In dieser Arbeit hingegen wurde der gesamte Produktionsprozess analysiert. Somit wurden alle Silbenrealisationen, die im Zuge von nicht selten auftretenden Selbstkorrekturen stattfanden, in die Auswertung mit einbezogen. Hierbei wurde gerade bei Patienten mit Sprechapraxie artikulatorisches Suchen und bei Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen phonologisches Suchverhalten mit erfasst. Es kann angenommen werden, dass in diesem Prozess mehr Verkomplizierungen auftreten, als bei der reinen Betrachtung einer finalen Wortproduktion unter Missachtung der vorhergehenden Fehlproduktionen.

Des Weiteren könnte die Hinzunahme der Wortpaarbedingung die Verkomplizierungsrate in der vorliegenden Studie erhöht haben. Während in anderen Studien vorrangig Einzelwortaufgaben gestellt wurden, könnte die Kombination von zwei Wörtern im Paar eine Verkomplizierung herbeigeführt haben. Romani & Galluzzi (2005) vermuten, dass ein Anstieg von Verkomplizierungen innerhalb von zusammenhängenden, sprachlichen Äußerungen auftritt. Eine

Untersuchung dieser Annahme ist jedoch nicht bekannt. Welchen Einfluss der phonologische Kontext in Wortpaaren innerhalb dieser Arbeit zeigte, wird im folgenden Abschnitt dargestellt.

### 7.3 Der Einfluss des phonologischen Kontextes

In früheren Studien zu Lautproduktionsfehlern bei aphasisch-phonologischen Störungen und Sprechapraxie wurde meist das Nachsprechen von Einzelwörtern als Erhebungsmethode verwendet. Durch diese Methode kann zwar das Stimulusmaterial sehr systematisch kontrolliert werden, jedoch bildet diese reduzierte sprachliche Äußerung nicht das Bild einer natürlichen Kommunikationssituation mit ihren vielfältigen Kontexteffekten ab. In längeren Äußerungen müssen Elemente vorausgeplant und zeitlich koordiniert werden und können sich durch den phonologischen Kontext, der durch mehrere Wörter in einer Äußerung entsteht, gegenseitig beeinflussen (vgl. Goldmann et al., 2001; Kohn & Smith, 1990; Wilshire & McCarthy, 1996). Um diese Einflüsse zu untersuchen, wurde in der vorliegenden Untersuchung neben dem Einzelwort-Nachsprechen auch eine Wortpaarbedingung eingeführt.

Die verwendeten Einzelwörter wurden in der Wortpaarbedingung zu Zwei-Wort-Sequenzen kombiniert und die Fehlerrate auf dem Einzelwort mit der Fehlerrate, wenn dieses Wort im Paar gesprochen wurde, verglichen. Durch die unterschiedlichen Wortpaarbedingungen konnten unterschiedliche Effekte untersucht werden. Zunächst wurde überprüft, ob durch den erweiterten phonologischen Kontext im Wortpaar im Vergleich zum Einzelwort die Fehlerrate anstieg und ob das erste oder das zweite Wort im Paar besonders von Fehlern betroffen war (*primacy vs. recency effect*).

Die Wortpaare unterschieden sich zudem in der phonologischen Nähe zwischen den Wörtern des Paares. Es gab relationierte Wortpaare, z. B. *Kater – Klage*, und Paare ohne Relation, z. B. *Pute – Klage*. Ein Vergleich dieser beiden Bedingungen zeigte den Einfluss der phonologischen Nähe auf die Fehlerrate. Außerdem wurde anhand dieser Wortpaare untersucht, ob sich die phonologische Struktur von einem Wort auf das andere im Paar übertrug, also eine Vereinfachung (z. B. *Kater – Klage* → *Kater – \*Kage*) oder eine Verkomplizierung (z. B. *Kater – Klage* → *\*Klater – Klage*) stattfand.

### 7.3.1 Fehlerrate bei Wortpaaren vs. Einzelwörtern

Zunächst wurde die grundlegende Frage untersucht, ob durch die Zunahme des phonologischen Kontextes im Wortpaar im Vergleich zu Einzelwörtern ein Anstieg der Fehlerrate zu beobachten war. Wenn dies der Fall ist, kann hieraus der Rückschluss gezogen werden, dass größere sprachliche Einheiten von Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen und mit Sprechapraxie wortübergreifend vorausgeplant werden, was die Anforderung an die Sprachverarbeitung erhöht.

In früheren Studien mit Aphasiepatienten konnte ein Anstieg der Fehlerrate verzeichnet werden, als das Einzelwort-Nachsprechen mit dem Nachsprechen von Wortpaaren (Martin & Saffran, 1997) oder Vier-Wort-Sequenzen verglichen wurde (Wilshire & McCarthy, 1996). Vergleichbare Studien mit Sprechapraxiepatienten sind nicht bekannt. Einige Autoren postulieren jedoch, dass bei Sprechapraxie eine eingeschränkte Vorausplanung über mehrere Segmente hinweg besteht (Rochon et al., 1990; Rogers & Storkel, 1999; Waters et al., 1992). Demnach wäre nicht zu erwarten, dass die Wortpaarbedingung einen Einfluss auf die Nachsprechleistung bei Sprechapraxiepatienten hat.

In dieser Arbeit wurden die Fehler, die auf Wortpaaren entstanden, nach Attout et al. (2012) in zwei Klassen unterteilt: Die zwei Wörter konnten in vertauschter Reihenfolge wiedergegeben werden (Reihenfolgefehler) und sie konnten unabhängig von der Reihenfolge fehlerhaft nachgesprochen werden, etwa mit einem phonematischen Fehler oder einer Nullreaktion (Item-Fehler). In Bezug auf Item-Fehler konnten die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass sowohl Nullreaktionen als auch phonematische Fehler zwischen der Einzelwort- und der Wortpaarbedingung in beiden Patientengruppen stark anstiegen, was bei Patienten mit Aphasie bereits in anderen Studien gezeigt wurde (Martin & Saffran, 1997; Wilshire & McCarthy, 1996). Dieser Anstieg war in beiden Patientengruppen vergleichbar stark ausgeprägt. Während Untersuchungen zum Einfluss eines größeren phonologischen Kontextes bei Sprechapraxiepatienten nicht bekannt sind, konnte in der vorliegenden Arbeit gezeigt werden, dass auch bei Sprechapraxiepatienten ein Anstieg der phonematischen Fehler durch das Nachsprechen von zwei Wörtern im Vergleich zum Einzelwort zu verzeichnen war. Dies widerspricht der Annahme, dass bei Patienten mit Sprechapraxie eine Vorausplanung über mehrere Silben und Wörter hinweg beeinträchtigt ist, wie von Rogers & Storkel (1999), Waters et al. (1992) und Rochon et al. (1990) beschrieben wurde. Die Ergebnisse dieser Arbeit sprechen hingegen dafür, dass auch Patienten mit Sprechapraxie über die Einheit eines Wortes hinweg vorausplanen und durch die höheren Anforderungen an diese Planung in der Wortpaarbedingung mehr Fehler entstehen. Eine andere Erklärungsmöglichkeit für den Anstieg der Fehler könnte sein,

dass ein unspezifisches Kapazitätsproblem auftrat, da durch die höheren Gedächtnisanforderungen geringere Ressourcen für die phonetische Planung zur Verfügung standen.

Neben dem Anstieg an Nullreaktionen und phonematischen Fehlern in Wortpaaren war beim Nachsprechen ebenfalls sehr häufig ein Reihenfolgefehler zu beobachten. Das heißt, das erste und zweite Wort wurden in vertauschter Reihenfolge vom Patienten nachgesprochen, z. B. *Kater – Klage* → *Klage – Kater*. Dieser Fehlertyp kam mit rund 20 Prozent doppelt so häufig bei Sprechapraxiepatienten wie bei Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen vor. Es kann angenommen werden, dass ein Reihenfolgefehler im Wortpaar durch eine beeinträchtigte auditive Merkspanne begünstigt wurde. Um diese Annahme zu testen, war bei den Probanden ein Test der auditiven Merkspanne durchgeführt worden. Die Ergebnisse dieses Tests korrelierten mit der Anzahl an Reihenfolgefehlern, jedoch nicht mit der Anzahl an Nullreaktionen oder phonematischen Fehlern. Nach Attout et al. (2012) und Majerus (2013) kann die Leistung, arbiträre Reihenfolgeinformationen zu erinnern, von der sprachlichen Leistung, die zur korrekten Wiedergabe der Wörter an sich benötigt wird, abgegrenzt werden. Dies spiegelt sich auch in der Korrelation in dieser Arbeit wider, die sich rein auf die Reihenfolgefehler beschränkt. Bemerkenswert ist, dass die Anforderung an die auditive Merkspanne beim Erinnern einer Zwei-Wort-Sequenz als sehr gering anzusehen ist und dennoch ein bedeutender Anstieg an Fehlern im Wortpaar im Vergleich zum Einzelwort-Nachsprechen hervorgerufen wurde.

### 7.3.2 Fehlerlokalisierung innerhalb der Wortpaare

Neben der im letzten Abschnitt diskutierten Frage, ob im Wortpaar mehr Fehler entstehen, sollte im nächsten Schritt untersucht werden, an welcher Position im Paar der phonematische Fehler auftrat. Martin & Saffran (1990; 1997) formulieren die Annahme, dass eine enge Abhängigkeit zwischen semantisch-lexikalischen sowie phonologischen Fähigkeiten und dem auditiven Kurzzeitgedächtnis besteht. Basierend auf dieser Annahme skizzieren die Autoren den Aktivierungsablauf beim Nachsprechen von Wörtern folgendermaßen: Wenn ein Wort zum Nachsprechen auditiv präsentiert wird, erfährt dieser Eintrag sowohl phonologische als auch semantisch-lexikalische Aktivierung. Letztere steigt über die Zeit an, sodass Wörter, die zu Beginn einer Wortreihe präsentiert wurden, über eine längere Zeit eine semantisch-lexikalische Aktivierung aufbauen können, während Wörter am Ende der Wortliste nahezu ausschließlich phonologische Aktivierung erfahren (Martin & Saffran, 1990; 1997). Die Autoren gehen davon aus, dass Patienten mit einer phonologischen Störung einen *primacy effect* zeigen sollten, da hier lediglich Wörter zu Beginn der Wortliste eine starke semantisch-lexikalische Aktivierung aufbauen

und abgerufen werden können, wohingegen dies bei Wörtern am Ende der Liste nicht der Fall ist und diese nur eine, bei den Patienten beeinträchtigte, phonologische Aktivierung erfahren. Dass diese Annahme zutrifft, konnten Martin & Saffran (1990; 1997) bei Patienten mit aphasischen Störungen zeigen. Untersuchungen zu Sprechapraxiepatienten sind nicht bekannt.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigten, dass Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen weniger Fehler auf dem ersten Wort des Paares produzierten, also im Einklang mit den Arbeiten von Martin & Saffran (1990; 1997) ein *primacy effect* bestand. Die Patienten mit Sprechapraxie hingegen zeigten einen *recency effect* und produzierten demnach mehr Fehler auf dem ersten als auf dem zweiten Wort im Paar. Diese stärkere Beeinträchtigung des ersten Wortes in der Sequenz könnte durch Initiierungsprobleme erklärt werden, die bei Sprechapraxie beschrieben wurden (vgl. Canter et al., 1985). Dies würde bedeuten, dass die beiden Wörter als eine Äußerung von den Patienten mit Sprechapraxie geplant werden, da kein vergleichbares Initiierungsproblem beim zweiten Wort im Paar bestand.

### 7.3.3 Schwierigkeitsunterschiede zwischen den Wortpaarbedingungen

In dieser Arbeit sollten unterschiedliche Effekte innerhalb von Wortpaaren untersucht werden. Zum einen, ob das Wortpaar schwieriger wird, wenn eines der beiden Wörter ein Konsonantencluster enthält und zum anderen, ob die phonologische Nähe zwischen den zwei Wörtern im Paar einen Einfluss auf die Nachsprechleistung hat. Um diese Effekte zu untersuchen, wurden in dieser Arbeit unterschiedliche Wortpaarbedingungen zum Nachsprechen präsentiert. Einerseits wurden Wortpaare mit und ohne Cluster-Wort verglichen: *Kater – Klage* vs. *Kater – Teile*. Außerdem bestand ein Teil der Paare aus phonologisch relatierten Wörtern (z. B. *Kater – Klage*), ein anderer Teil aus unrelatierten Wörtern (z. B. *Pute – Klage*). Alle dieser relativen vs. unrelatierten Paare bestanden aus einem Cluster- und einem Singleton-Wort, wobei der Singleton einem der zwei Clusterkonsonanten entsprach.

Andere Arbeiten, die diese Einflussfaktoren systematisch untersuchten, sind nicht bekannt. Geht man jedoch von einem Cluster als komplexe Struktur aus, könnte angenommen werden, dass das Vorliegen eines Cluster-Wortes im Paar die Fehlerrate auf dem Nachbarwort erhöht. Es zeigte sich jedoch in dieser Arbeit kein Anstieg der Fehlerrate bei Singleton-Wörtern, die als Paarling ein Cluster-Wort enthielten, im Vergleich zu Paaren nur aus Singleton-Wörtern. Die komplexe Struktur im Paar schien somit die Fehlerrate des Nachbarwortes nicht zu steigern.

In Bezug auf den Einfluss der phonologischen Nähe im Wortpaar zeigen unterschiedliche Studien bei gesunden Sprechern einen erschwerenden Faktor, wenn phonologisch relatierte Wörter

nachgesprochen werden mussten (Acheson & MacDonald, 2009; Ellis, 1980; Wilshire, 1999). Auch die Merkfähigkeit ist bei ähnlich klingenden Wortreihen reduziert (Baddeley, 1966; 1968). Systematische Studien zu Ähnlichkeitseffekten bei Patienten mit Lautproduktionsstörungen liegen hingegen nicht vor.

In der vorliegenden Arbeit wurde die Fehleranfälligkeit von Wörtern in relatierten vs. unrelatierten Wortpaaren verglichen und es zeigten sich signifikante Interaktionseffekte. Bei Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung wirkte sich die phonologische Nähe im Wortpaar erschwerend auf das Nachsprechen aus, sie produzierten mehr Fehler in phonologisch relatierten als in unrelatierten Paaren. Dies entspricht dem Muster gesunder Sprecher, bei denen sich die phonologische Nähe beispielsweise in Zungenbrechern erschwerend auswirkt (Wilshire, 1999). In einer Fehleranalyse zeigte Ellis (1980), dass phonematische Fehler bei gesunden Sprechern von der Ähnlichkeit der Laute und Silben, die an der Substitution beteiligt waren, abhing. Hier wurden Substitutionen durch die phonetische Ähnlichkeit der ersetzten Laute sowie die Ähnlichkeit des Vokals in den an der Substitution beteiligten Silben begünstigt (Ellis, 1980). Auch Acheson & MacDonald (2009) konnten bei gesunden Sprechern mehr kontextbedingte Substitutionen in Wortlisten mit phonologischer Nähe beobachten.

Bei Patienten mit Sprechapraxie hingegen wirkte sich die phonologische Nähe zwischen den zwei Wörtern erleichternd auf das Nachsprechen aus und sie produzierten weniger Fehler bei relatierten als bei unrelatierten Wortpaaren. Dieser Effekt könnte dahingehend interpretiert werden, dass durch die ähnliche artikulatorische Struktur der zwei Wörter der Abruf der Gesten im Sinne eines Bahnungseffekts erleichtert wurde.

### 7.3.4 Übertrag der phonologischen Struktur innerhalb des Wortpaares

Durch eine Zunahme des phonologischen Kontextes, in den ein Wort eingebettet wird, könnte es vermehrt zu Interaktionen zwischen den einzelnen Segmenten der Wörter kommen. Ob dies tatsächlich der Fall ist und sogenannte Kontext- oder relatierte Fehler auftreten, wurde in der vorliegenden Arbeit untersucht.

In einigen Studien wurde beschrieben, dass Kontextfehler bei Patienten mit Aphasie zu beobachten waren (Goldmann et al., 2001; Kohn & Smith, 1990; Romani & Calabrese, 1998; Wilshire & McCarthy, 1996). In diesen im Theorieteil aufgeführten Arbeiten zum Einfluss des phonologischen Kontextes auf das Nachsprechen (vgl. Abschnitt 1.4.1) verstehen die Autoren unter einem Kontextfehler den Übertrag eines Phonems auf eine andere Position im Wort oder einer Wortsequenz.

Diese Art von Fehlern (hier „relatierte Fehler“ genannt) wurden auch in dieser Arbeit untersucht. Beide Patientengruppen produzierten mit rund 18 Prozent einen ähnlichen Anteil an relatierten Fehlern im Verhältnis zur Gesamtfehlerzahl. Es wurden deutlich mehr relatierte Fehler im Wortpaar produziert als innerhalb eines Einzelwortes. Es kann somit angenommen werden, dass Interaktionen zwischen den zwei Wörtern im Paar auftraten. Allerdings kann auf Grundlage dieser Arbeit, deren Fokus nicht in der Auswertung von Kontextfehlern lag, keine genauere Aussage darüber getroffen werden, ob der Anstieg an relatierten Fehlern in Paaren nicht ausschließlich an der größeren Phonemanzahl im Paar und somit an der erhöhten Chance, einen relatierten Fehler zu produzieren, lag.

Der Fokus dieser Arbeit lag in der Untersuchung eines Übertrages der phonotaktischen Struktur, z. B. eines Konsonantenclusters, innerhalb des Paares. Diese Fragestellung wurde in bisherigen Arbeiten zu Kontextfehlern nicht betrachtet. Anhand der Paare aus Wörtern mit phonologisch komplexen (Konsonantencluster) und einfachen Silbenstrukturen (Singletons) konnte untersucht werden, ob sich das phonologische Merkmal „komplex“ oder „einfach“ auf das Nachbarwort überträgt. So könnte bei einem Paar wie *Kater – Klage* die Erwartung bestehen, dass sich ein phonematischer Fehler auf dem komplexen Wort in Form einer Vereinfachung einstellt: *Kater – \*Kage*. Geht man von einem Cluster als markierte phonologische Form aus (Price & Smolensky 2004), wäre dieses Übertragungsmuster plausibel. Der gegenläufige Fall, dass ein Cluster sich auf einen benachbarten Singleton überträgt (z. B. *Kater – Klage* → *\*Klater – Klage*), wäre nach dieser Argumentation nicht anzunehmen. Ferner wurde untersucht, inwieweit die phonologische Ähnlichkeit der Wörter im Paar einen Übertrag in Form von Vereinfachung (Singleton überträgt sich auf benachbartes Cluster-Wort) oder Verkomplizierung (Cluster überträgt sich auf benachbartes Singleton-Wort) begünstigt.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass Vereinfachungen häufiger in unrelatierten Wortpaaren vorkamen als in Einzelwörtern oder relatierten Wortpaaren. Dies zeigte sich in beiden Patientengruppen, auch wenn der Unterschied die Signifikanz knapp verfehlte und der Effekt sehr gering ausgeprägt war.

Um die Annahme zu testen, dass allein durch die Kombination zweier Wörter zum Wortpaar die Rate an Verkomplizierungen ansteigt (vgl. Romani & Galluzzi, 2005), wurde in dieser Arbeit ein Vergleich zwischen Singleton-Einzelwörtern und Singleton-Wortpaaren angestellt. Es zeigte sich in beiden Patientengruppen kein Anstieg der Verkomplizierungen im Singleton-Wortpaar im Vergleich zum Einzelwort. Bei Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung zeigte sich sogar ein gegenläufiges Bild: Die Patienten produzierten mehr Verkomplizierungen bei Einzelwörtern als im Singleton-Wortpaar, was schwer zu erklären ist.

Der Einfluss eines Clusters im Wortpaar auf die Verkomplizierungsrate wurde durch einen Vergleich zwischen Singleton-Paaren und unrelatierten Cluster-Paaren untersucht. Hier zeigte sich in der vorliegenden Arbeit jedoch in beiden Patientengruppen kein Unterschied in der Verkomplizierungsrate. Somit führte allein die Tatsache, dass ein Cluster-Wort im Paar vorkam, zu keinem Verkomplizierungsanstieg im benachbarten Singleton-Onset.

Zuletzt wurde in dieser Arbeit der Effekt der phonologischen Nähe auf die Verkomplizierungsrate untersucht. Hier wurden die Wortpaarbedingungen relatives vs. unrelatives Cluster-Paar verglichen. Verkomplizierungen fanden in beiden Patientengruppen häufiger in relativen als in unrelativen Cluster-Paaren statt. Dieser Unterschied zeigte sich deutlicher bei Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen. Ein Anstieg an Verkomplizierungsfehlern scheint somit durch die phonologische Nähe im Wortpaar begünstigt zu werden, sodass Singleton-Wörter besonders häufig verkompliziert wurden, wenn diese mit einem relativen Cluster-Wort gepaart waren, z. B. *\*Klater – Klage*.

Betrachtet man die Richtung, in der ein Übertrag der phonologischen Struktur stattfand, zeigte sich, dass Vereinfachungen ebenso häufig antizipatorisch wie perseveratorisch übertragen wurden und dies in beiden Patientengruppen. Bei der Verkomplizierung zeigte sich eine Tendenz zu mehr antizipatorischen Verkomplizierungen, d.h. das Cluster-Wort war auf Position zwei im Paar, z. B. *Kater – Klage*, und übertrug sich auf das erste Wort: *\*Klater – Klage*. Dies spricht dafür, dass die Wortpaare als eine Einheit geplant wurden.

### 7.3.5 Zusammenfassung der Effekte beim Nachsprechen von Wortpaaren

In dieser Studie wurde, anders als in bisherigen Studien, nicht nur das Nachsprechen von Einzelwörtern, sondern auch das von Wortpaaren untersucht. Die Wortpaare waren nach unterschiedlichen Gesichtspunkten strukturiert, um unterschiedliche Effekte auf die Nachsprechleistung zu erfassen. In Tabelle 44 werden die in diesem Kapitel dargestellten, gefundenen Effekte noch einmal im Überblick aufgeführt und die zwei Patientengruppen verglichen. Deutliche Gruppenunterschiede wurden beim Reihenfolge- und Ähnlichkeitseffekt zwischen den Gruppen sichtbar.

**Tabelle 44 Überblick über die gefundenen Effekte beim Nachsprechen von Wortpaaren**

<b>Effekt</b>	<b>PI</b>	<b>SAX</b>
Paar-Effekt	Fehlerzunahme	Fehlerzunahme
Reihenfolge-Effekt	<i>primacy effect</i>	<i>recency effect</i>
Ähnlichkeitseffekt	Fehlerzunahme	Fehlerabnahme
Kontextbedingte Vereinfachung	Geringe Effekte	Geringe Effekte
Kontextbedingte Verkomplizierung	In Einzelwörtern und relatierten Paaren	In relatierten Paaren

## 8 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Arbeit untersuchte die Produktion von Konsonantenclustern im Vergleich zu Singletons mittels eines Nachsprechexperimentes. Insgesamt 19 Patienten mit Lautproduktionsstörungen, d. h. aphasisch-phonologischen Störungen und Sprechapraxie, bildeten die Stichprobe dieser Studie. Die systematische Kontrolle des Stimulusmaterials war ein entscheidender Ausgangspunkt dieser Arbeit, die nicht nur globale Aussagen über die Komplexität von Clustern treffen wollte, sondern nach spezifischen Unterschieden zwischen verschiedenen Clustertypen suchte. Anhand dieser differenzierten Betrachtung sollten zugrundeliegende Faktoren, die die Komplexität von Konsonantenclustern beeinflussen, gefunden werden. Eine weitere methodische Neuerung dieser Arbeit war die detaillierte Beschreibung der phonematischen Fehlermuster und deren Vergleich zwischen Patienten mit Sprechapraxie und mit aphasisch-phonologischen Störungen. Außerdem wurde das methodische Vorgehen des Einzelwortnachsprechens in bisherigen Studien in der vorliegenden Arbeit durch eine Wortpaarbedingung ergänzt. Hierdurch konnten Aussagen über den Einfluss von verbalen Kurzzeitgedächtnisleistungen auf das Auftreten phonematischer Fehler getroffen werden.

Die Ergebnisse dieser Arbeit konnten zeigen, dass Konsonantencluster keine generelle Schwierigkeit für Patienten mit Lautproduktionsstörungen darstellen. Es zeigte sich, dass Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung keine erhöhte Fehleranfälligkeit bei Clustern im Vergleich zu Singletons zeigten. Es konnte die Tendenz gezeigt werden, dass einige Cluster sogar leichter waren, als durch die Fehlerrate vergleichbarer Singletons vorhergesagt würde, und man hier von einer Integration der Cluster zu einer Einheit sprechen kann. Bei Patienten mit Sprechapraxie stellte sich heraus, dass hier lediglich das Cluster /kn/ eine größere Fehleranfälligkeit zeigte, als die Kombination zweier vergleichbarer Singletons vermuten ließe. Hier scheint die enge zeitliche Koordination der zwei Konsonanten im Cluster einen zusätzlichen Verarbeitungsaufwand für Sprechapraxiepatienten zu bedeuten. Diese Arbeit nahm erstmals eine differenzierte Analyse der Clustertypen vor und konnte bemerkenswerter Weise hierdurch klare Unterschiede zwischen den Clustern feststellen. Nicht die Anzahl an Phonemen scheint demnach ausschlaggebend für die Clusterkomplexität zu sein, sondern vielmehr die Anzahl an beteiligten Artikulatoren, die bei den vier in der Studie untersuchten Clustern bei /kn/ am höchsten war.

In einem weiteren Schritt wurde in dieser Arbeit untersucht, inwiefern die phonematischen Fehler die phonologische Komplexität einer Silbe reduzierten oder erhöhten. Es konnte gezeigt werden,

dass beide Patientengruppen mehr Vereinfachungsfehler als Verkomplizierungen produzierten, wengleich letztere mit rund 15 Prozent in beiden Gruppen nicht nur eine vernachlässigbare Ausnahme darstellten. Bei der Betrachtung der unterschiedlichen Muster an phonematischen Fehlern konnten Unterschiede zwischen den Patientengruppen gefunden werden. Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung vereinfachten die Silbe eher durch eine Tilgung des zweiten Clusterkonsonanten und Patienten mit Sprechapraxie, indem sie das gesamte Cluster durch einen unrelatierten Singleton ersetzten oder eine Schwa-Einfügung produzierten. Aufgrund dieser verschiedenen Fehlermuster kann auf unterschiedliche zugrundeliegende Mechanismen für Vereinfachung geschlossen werden.

Im Rahmen der Wortpaarbedingung konnten neue Erkenntnisse zum Einfluss eines erweiterten phonologischen Kontextes auf die Nachsprecheleistung gewonnen werden. Es stieg in beiden Patientengruppen die Rate an phonematischen Fehlern deutlich an, sobald ein Wort in der Kombination mit einem zweiten Wort gesprochen wurde. Unterschiede zwischen den Gruppen wurden jedoch im Einfluss der phonologischen Nähe im Paar gefunden: Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung fiel das Nachsprechen von phonologisch relatierten Wörtern schwerer als das Nachsprechen von unrelatierten Wörtern. Bei Sprechapraxiepatienten war der umgekehrte Fall zu beobachten. Neben diesen Gruppenunterschieden zeigte sich ein weiterer, deutlicher Unterschied im Vorliegen eines *primacy effects* bei Patienten mit aphasisch-phonologischer Störung und eines *recency effects* bei Sprechapraxiepatienten. An diesen klaren Unterschieden wird deutlich, dass sich verbale Kurzzeitgedächtnisleistungen in unterschiedlichem Ausmaß auf die phonematischen Fehler der Patientengruppen auswirken.

Die Ergebnisse lassen Schlussfolgerungen auf bestehende phonologische Theorien zu. Im Rahmen der Optimalitätstheorie werden Konsonantencluster als markierte Elemente gesehen (Prince & Smolensky, 2004). Das legt die Vermutung nahe, dass die Markiertheit von Clustern vermehrt zu Fehlern führt und diese eine Vereinfachung der phonologischen Struktur mit sich bringen (Goldrick, 2011). In dieser Arbeit konnte jedoch keine generell erhöhte Fehleranfälligkeit von Clustern gezeigt werden, sondern lediglich eine durch die Anzahl an Artikulatoren bedingte Steigerung der Fehlerrate bei /kn/ und dies auch nur bei Sprechapraxiepatienten. Dies widerspricht somit der Annahme, dass die abstrakte Form eines Clusters für Patienten mit Lautproduktionsstörungen schwieriger ist als die eines Singletons. Phonetisch basierte Ansätze wie die artikulatorische Phonologie hingegen können die Ergebnisse dieser Arbeit zumindest für die Patienten mit Sprechapraxie weitaus plausibler erklären. Hier werden die einzelnen Artikulatoren, die für die Konstriktion im Artikulationstrakt verantwortlich sind, in ihrer zeitlichen Koordination abgebildet.

Auch wenn ein generell erhöhtes Anforderungsniveau von Clustern in dieser Arbeit nicht gezeigt wurde, konnte die optimalitätstheoretische Annahme einer Vereinfachungstendenz in beiden Patientengruppen bestätigt werden. Allerdings ist hier bemerkenswert, dass zu einem nicht vernachlässigbaren Anteil auch Clusterneubildungen durch phonematische Fehler produziert wurden. Diese Verkomplizierungen stehen im Widerspruch zur optimalitätstheoretischen Annahme, ein allgemeines Constraint wie \*COMPLEX könne die Fehlermuster aphasischer Patienten erklären. Außerdem lassen die unterschiedlichen Vereinfachungsmuster, die nicht bei allen Clustertypen gleich ausgeprägt waren, nicht darauf schließen, dass Cluster als abstrakte phonologische Einheiten über alle Clustertypen hinweg vergleichbar sind. So produzierten Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen primär C2-Tilgungen bei //j/-Clustern und weniger bei /k/-Clustern. Hier wird eine auditive Überlagerung des Frikatives mit dem Lateral oder Nasal auf der C2-Position vermutet und somit eine perzeptive Unterrepräsentation des C2.

Die klinische Klassifikation von Sprechapraxien und aphasisch-phonologischen Störungen stellt nach wie vor ein komplexes differentialdiagnostisches Problem dar. In dieser Arbeit wurde eine Einteilung nach einer Reihe von klinischen Kriterien vorgenommen, die sich in einer Analyse der Ergebnisse der HWL-Untersuchung als plausible erwies, auch wenn die Zuordnung in Einzelfällen strittig sein könnte. Insgesamt verspricht der Vergleich der beiden klinischen Gruppen also Aufschluss über die Mechanismen, die den phonematischen Fehlern zugrunde liegen.

In den experimentellen Ergebnissen dieser Studie zeigten sich Unterschiede zwischen den Patientengruppen, die grobe Schlussfolgerungen zu den zugrundeliegenden Mechanismen der beiden Störungsbilder zulassen. Bei Sprechapraxie sprechen die Ergebnisse für eine zugrundeliegende Beeinträchtigung motorischer Planungsprozesse. So war die Anzahl an beteiligten Artikulatoren ausschlaggebend für die Fehlerrate bei Clustern und deren Anzahl wurde in Vereinfachungen häufig reduziert. Außerdem können Schwa-Einfügungen als dominantes Vereinfachungsmuster bei Sprechapraxie plausibel durch motorische Prozesse erklärt werden und es zeigten sich positive Ähnlichkeitseffekte in Wortpaaren.

Bei Patienten mit aphasisch-phonologischen Störungen können die Ergebnisse dieser Studie dahingehend interpretiert werden, dass eingeschränkte auditive Repräsentationen von Wortformen und ein reduziertes auditives Kurzzeitgedächtnis bestehen. So sprechen die als Vereinfachungsmuster typischen C2-Tilgungen, der aufgetretene *primacy effect* und die negativen Ähnlichkeitseffekte im Wortpaar für diese Schlussfolgerung.

### *Einschränkungen und Ausblick*

In dieser Studie wurde eine Gesamtstichprobe von 19 Patienten untersucht. Damit liegt die Patientenzahl unter der bisher größten Untersuchung von insgesamt 25 Patienten mit

Lautproduktionsstörungen (Galluzzi et al., 2015). Es wäre für zukünftige Untersuchungen wünschenswert, wenn größere Patientengruppen eingeschlossen werden. Besonders bei der Beobachtung von interindividuellen Unterschieden, z. B. im Vereinfachungsmuster der Patienten, wäre es von Vorteil, wenn durch eine größere Stichprobe eine höhere statistische Power erzielt werden könnte. Außerdem wäre eine detaillierte Beschreibung und Bildgebung der neurologischen Grunderkrankung der Patienten von Vorteil. Diese Befunde lagen in dieser Arbeit nicht vor, da meist kein Zugang mehr zu den Ergebnissen bildgebender Verfahren bestand. Aus diesem Grund konnten hier keine Zusammenhänge zwischen den sprachlichen Störungsbildern und ihren neuroanatomischen Korrelaten hergestellt werden.

Neben der Untersuchung von neurologischen Patienten könnte auch die Untersuchung von sprachgesunden Probanden mit dem hier konstruierten Stimulusmaterial einen weiteren Untersuchungsgegenstand bilden. In dem hier durchgeführten Nachsprechtest mit Einzelwörtern und Wortpaaren wären bei Kontrollsprechern zwar kaum Sprechfehler zu erwarten gewesen, erhöht man jedoch zum Beispiel die zeitlichen Anforderungen und lässt die Stimuli unter Zeitdruck nachsprechen, wären bei gesunden Sprechern gegebenenfalls Fehler zu erwarten. Ob und in welcher Form diese Fehler von denen der Patientengruppen abweichen, ist eine interessante, zukünftige Fragestellung.

Es wurden vier Clustertypen in der vorliegenden Arbeit untersucht. Dies stellt nur einen kleinen Ausschnitt von rund 24 im Deutschen häufig vorkommenden Onsetclustern dar. Da in dieser Untersuchung deutliche Unterschiede zwischen den Clustertypen gefunden wurden, wäre es deshalb sehr wünschenswert, dass zukünftige Arbeiten eine größere Anzahl an Clustern in das Stimulusmaterial einschließen, um die hier entwickelte Hypothese systematischer zu prüfen. Die untersuchten Clustertypen wurden in dieser Arbeit innerhalb von Nomen präsentiert und diese Nomen wiederum zu Wortpaaren kombiniert. Hierbei wurde der Versuch unternommen, den phonologischen Kontext zu erhöhen und sich so von der reinen Einzelwortbedingung hin zu einem etwas „reichhaltigeren“ sprachlichen Kontext zu bewegen. Allerdings ist hier selbstverständlich einzugestehen, dass die Aneinanderreihung zweier Nomen bei Weitem noch keine natürliche Kommunikationssituation abbildet. Der ursprüngliche Versuch, die Clusterwörter innerhalb dieser Arbeit mit gematchten Singleton-Adjektiven zu kombinieren, führte jedoch zu semantisch unplausiblen Phrasen, die für ein Experiment mit Patienten als wenig geeignet erschienen. Löst man sich jedoch von dem hier angewandten engen Matching der Singleton- und der Clusterwörter, wäre eine Konstruktion von semantisch sinnvollen, kurzen Phrasen sicherlich denkbar und würde eine gute Weiterführung der hier angewandten Kontextuntersuchung darstellen.

Die in dieser Arbeit durchgeführte Fehleranalyse fokussierte sich primär auf die phonematischen Fehler, die die Silbenstruktur vereinfachten oder verkomplizierten. Lautsubstitutionen, die keine Änderung des Komplexitätsgrades bewirkten, wurden in dieser Arbeit ebenfalls codiert und eine Merkmalsanalyse durchgeführt. Hierdurch sollte festgestellt werden, welche Merkmale durch die Substitution verändert wurden. Aussagen aus dieser Analyse sind jedoch nur eingeschränkt möglich, da eine Testung gegen Zufall an dieser Stelle nicht vorgenommen wurde. Wenn diese hier fehlende Berechnung in zukünftigen Arbeiten integriert würde, sind weitere Aussagen basierend auf Lautsubstitutionen möglich.

Eine weitere methodische Einschränkung dieser Arbeit kann in der ausschließlich auf Transkription basierenden Auswertung der Lautproduktionsfehler gesehen werden. So wird in der Literatur diskutiert, dass auf artikulatorischer Ebene stattfindende Fehler beim Transkribieren überhört werden oder es zu Fehlinterpretationen des Gehörten kommt, wenn beispielsweise auditiv eine kategoriale Lautsubstitution wahrgenommen wird, obwohl eine Doppelartikulation von zwei artikulatorischen Gesten stattfand (Hardcastle & Edwards, 1992; Pouplier & Goldstein, 2005). Um diese Problematik auszuschließen, wäre das hier durchgeführte Nachsprechexperiment durch eine zusätzliche apparative Untersuchung zu ergänzen. Dies führt jedoch wiederum zu dem Problem, dass durch den hohen Aufwand apparativer Verfahren und die hierdurch entstehende Belastung für die Patienten (Hagedorn et al., 2017; Katz et al., 2006) nur eine kleine Stichprobe in die Studie eingeschlossen werden könnte. Dies spiegelt sich auch in der geringen Anzahl an apparativen Patientenstudien wider, die jeweils nur geringe Probandenzahlen einschlossen (z. B.  $N = 1$  bei Hagedorn et al. (2017);  $N = 3$  bei Bartle-Meyer et al. (2009b)). Außerdem müsste ein strenges experimentelles Design und eine reduzierte Anzahl an Stimuluswörtern angewandt werden, was wiederum die Frage der Generalisierbarkeit der Ergebnisse nach sich zieht. Die in dieser Arbeit gewählte transkriptionsbasierte Methode lässt hingegen die Analyse eines großen Materialkorpus, der anhand einer umfangreichen Stichprobe erhoben wurde, zu.

Als weitere methodische Ergänzung zur Transkription der Fehler könnte deren akustische Analyse herangezogen werden, wie es z. B. in Buchwald et al. (2007) bei der Bestimmung der Schwa-Dauer oder der Analyse des zurückbleibenden Konsonanten nach einer Clusterkonsonantentilgung (Buchwald & Miozzo, 2011; 2012) der Fall war. Akustische Messungen sind jedoch nur auf ausgewählte Parameter beschränkt und liefern keine weiterreichenden Aussagen zu Lautproduktionsfehlern bei Patienten. Es ließe sich schwer ein Parameter finden, mit dem man die in dieser Studie untersuchten vier Clustertypen vergleichen könnte. Inwieweit aus diesen akustischen Messungen Schlussfolgerungen auf den zugrundeliegenden Fehlermechanismus gezogen werden können, ist fragwürdig (Pouplier, Marin & Waltl, 2014).

## Literaturverzeichnis

- Acheson, D. J. & MacDonald, M. C. (2009). Twisting tongues and memories: Explorations of the relationship between language production and verbal working memory. *Journal of Memory and Language*, 60(3), 329-350.
- Aichert, I. (2008). *Die Bausteine der phonetischen Enkodierung: Untersuchungen zum sprechmotorischen Lernen bei Sprechapraxie*. Tönning, Lübeck, Marburg: Der andere Verlag.
- Aichert, I., Marquardt, C. & Ziegler, W. (2005). Frequenzen sublexikalischer Einheiten des Deutschen: CELEX-basierte Datenbanken. *Neurolinguistik*, 19, 55-81.
- Aichert, I., Späth, M. & Ziegler, W. (2016). The role of metrical information in apraxia of speech. Perceptual and acoustic analyses of word stress. *Neuropsychologia*, 82, 171-178.
- Aichert, I. & Ziegler, W. (2004a). Segmental and metrical encoding in aphasia: Two case reports. *Aphasiology*, 18(12), 1201-1211.
- Aichert, I. & Ziegler, W. (2004b). Syllable frequency and syllable structure in apraxia of speech. *Brain and Language*, 88(1), 148-159.
- Aichert, I. & Ziegler, W. (2008). Learning a syllable from its parts: Cross-syllabic generalisation effects in patients with apraxia of speech. *Aphasiology*, 22(11), 1216-1229.
- Attout, L., van der Kaa, M.-A., George, M. & Majerus, S. (2012). Dissociating short-term memory and language impairment: The importance of item and serial order information. *Aphasiology*, 26(3-4), 355-382.
- Baayen, H., Piepenbrock, R. & Gulikers, L. (1995). The CELEX lexical database (CD-Rom). Release 2. Philadelphia: Linguistic Data Consortium, University of Pennsylvania.
- Baddeley, A. D. (1966). Short-term memory for word sequences as a function of acoustic, semantic and formal similarity. *The quarterly journal of experimental psychology*, 18(4), 362-365.
- Baddeley, A. D. (1968). How does acoustic similarity influence short-term memory? *The quarterly journal of experimental psychology*, 20(3), 249-264.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. (1974). Working memory. In: G. H. Bower (Hrsg.), *Psychology of learning and motivation* (S. 47-89). New York, San Francisco, London: Academic Press.
- Ballard, K. J., Azizi, L., Duffy, J. R., McNeil, M. R., Halaki, M., O'Dwyer, N., Layfield, C., Scholl, D. I., Vogel, A. P. & Robin, D. A. (2016). A predictive model for diagnosing stroke-related apraxia of speech. *Neuropsychologia*, 81, 129-139.
- Bartle-Meyer, C., Goozée, J., Murdoch, B. & Green, J. (2009a). Kinematic analysis of articulatory coupling in acquired apraxia of speech post-stroke. *Brain injury*, 23(2), 133-145.
- Bartle-Meyer, C., Murdoch, B. & Goozée, J. (2009b). An electropalatographic investigation of linguopalatal contact in participants with acquired apraxia of speech: A quantitative and qualitative analysis. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 23(9), 688-716.
- Basilakos, A., Yourganov, G., den Ouden, D.-B., Fogerty, D., Rorden, C., Feenaughty, L. & Fridriksson, J. (2017). A multivariate analytic approach to the differential diagnosis of

- apraxia of speech. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 60(12), 3378-3392.
- Bastiaanse, R., Gilbers, D. & van der Linde, K. (1994). Sonority substitutions in Broca's and conduction aphasia. *Journal of Neurolinguistics*, 8(4), 247-255.
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B. & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48.
- Baum, S. R. & Slatkovsky, K. (1993). Phonemic false evaluation?: Preliminary data from a conduction aphasia patient. *Clinical linguistics & phonetics*, 7(3), 207-218.
- Béland, R., Caplan, D. & Nespoulous, J.-L. (1990). The role of abstract phonological representations in word production: Evidence from phonemic paraphasias. *Journal of Neurolinguistics*, 5(2-3), 125-164.
- Bernal, B. & Ardila, A. (2009). The role of the arcuate fasciculus in conduction aphasia. *Brain*, 132(9), 2309-2316.
- Best, W. (1996). When racquets are baskets but baskets are biscuits, where do the words come from? A single case study of formal paraphasic errors in aphasia. *Cognitive Neuropsychology*, 13(3), 443-480.
- Boersma, P. (2001). Praat, a system for doing phonetics by computer. *Glott International*, 5(9/10), 341-345.
- Bombien, L., Mooshammer, C. & Hoole, P. (2013). Articulatory coordination in word-initial clusters of German. *Journal of Phonetics*, 41(6), 546-561.
- Bose, A., van Lieshout, P. & Square, P. A. (2003). Speech coordination in individuals with aphasia and normal speakers. *Brain and Language*, 1(87), 158-159.
- Browman, C. & Goldstein, L. (1989). Articulatory gestures as phonological units. *Phonology*, 6(2), 201-251.
- Browman, C. & Goldstein, L. (1990). gestural specification using dynamically-defined articulatory structures. *Journal of Phonetics*, 18, 299-320.
- Browman, C. & Goldstein, L. (1992). Articulatory phonology: An overview. *Phonetica*, 49(3-4), 155-180.
- Browman, C. P. & Goldstein, L. (1988). Some notes on syllable structure in articulatory phonology. *Phonetica*, 45(2-4), 140-155.
- Buchsbaum, B., Baldo, J., Okada, K., Berman, K., Dronkers, N., D'Esposito, M. & Hickok, G. (2011). Conduction aphasia, sensory-motor integration, and phonological short-term memory – An aggregate analysis of lesion and fMRI data. *Brain and Language*, 119(3), 119-128.
- Buchwald, A. (2009). Minimizing and optimizing structure in phonology: Evidence from aphasia. *Lingua*, 119(10), 1380-1395.
- Buchwald, A., Gagnon, B. & Miozzo, M. (2017). Identification and remediation of phonological and motor errors in acquired sound production impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 60(6S), 1726-1738.
- Buchwald, A. & Miozzo, M. (2011). Finding levels of abstraction in speech production: Evidence from sound-production impairment. *Psychological Science*, 22(9), 1113-1119.
- Buchwald, A. & Miozzo, M. (2012). Phonological and motor errors in individuals with acquired sound production impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55(5), S1573-S1586.

- Buchwald, A., Rapp, B. & Stone, M. (2007). Insertion of discrete phonological units: An articulatory and acoustic investigation of aphasic speech. *Language and Cognitive Processes*, 22(6), 910-948.
- Buckingham, H. W. & Yule, G. (1987). Phonemic false evaluation: Theoretical and clinical aspects. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 1(2), 113-125.
- Butterworth, B. (1992). Disorders of phonological encoding. *Cognition*, 42(1-3), 261-286.
- Byrd, D. (1995). C-centers revisited. *Phonetica*, 52(4), 285-306.
- Canter, G. J., Trost, J. E. & Burns, M. S. (1985). Contrasting speech patterns in apraxia of speech and phonemic paraphasia. *Brain and language*, 24(2), 204-222.
- Catani, M., Jones, D. K. & ffytche, D. H. (2005). Perisylvian language networks of the human brain. *Annals of neurology*, 57(1), 8-16.
- Cera, M. L. & Ortiz, K. Z. (2010). Phonological analysis of substitution errors of patients with apraxia of speech. *Dementia & Neuropsychologia*, 4(1), 58-62.
- Cholewa, J. & Corsten, S. (2010). Phonologische Störungen. In: G. Blanken & W. Ziegler (Hrsg.). *Klinische Linguistik und Phonetik* (S. 207-229). Mainz, Aachen: HochschulVerlag.
- Christman, S. S. (1992). Uncovering phonological regularity in neologisms: Contributions of sonority theory. *Clinical linguistics & phonetics*, 6(3), 219-247.
- Christman, S. S. (1994). Target-related neologism formation in jargonaphasia. *Brain and Language*, 64(1), 109-128.
- Christman, S. S., Boutsen, F. R. & Buckingham, H. W. (2004). Perseveration and other repetitive behaviors: Funktional dissociations. *Seminars in Speech and Language*, 25(4), 295-307.
- Code, C. & Ball, M. J. (1994). Syllabification in aphasic recurring utterances: Contributions of sonority theory. *Journal of Neurolinguistics*, 8(4), 257-265.
- Coetzee, A. W. (2006). Variation as accessing 'non-optimal' candidates. *Phonology*, 23(3), 337-385.
- Coté, M.-H. (2000). *Consonant cluster phonotactics: a perceptual approach*. Cambridge: Dissertation submitted to the department of Linguistics and Philosophy at the M.I.T.
- Davidson, L. (2003). *The atoms of phonological representation: gestures, coordination and perceptual features in consonant cluster phonotactics*. Baltimore: Dissertation submitted to Johns Hopkins University.
- Duffy, J. R. (2013). *Motor Speech Disorders: Substrates, Differential Diagnosis, and Management*. St. Louis: Elsevier Mosby.
- Edmonds, L. & Marquardt, T. (2004). Syllable use in apraxia of speech: Preliminary findings. *Aphasiology*, 18(12), 1121-1134.
- Ellis, A. W. (1980). Errors in speech and short-term memory: The effects of phonemic similarity and syllable position. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19(5), 624-634.
- Favreau, Y., Nespoulous, J.-L. & Lecours, A. (1990). Syllable structure and lexical frequency effects in the phonemic errors of four aphasics. *Journal of Neurolinguistics*, 5(2-3), 165-187.
- Flemming, E. (1995). *Auditory representations in phonology*. Cambridge: Dissertation.
- Fridriksson, J., Guo, D., Fillmore, P., Holland, A. & Rorden, C. (2013). Damage to the anterior arcuate fasciculus predicts non-fluent speech production in aphasia. *Brain*, 136(11), 3451-3460.

- Galluzzi, C., Bureca, I., Guariglia, C. & Romani, C. (2015). Phonological simplifications, apraxia of speech and the interaction between phonological and phonetic processing. *Neuropsychologia*, 71, 64-83.
- Goldmann, R. E., Schwartz, M. F. & Wilshire, C. E. (2001). The influence of phonological context on the sound errors of a speaker with Wernicke's aphasia. *Brain and Language*, 78(3), 279-307.
- Goldrick, M. (2011). Linking speech errors and generative phonological theory. *Language and Linguistics Compass*, 5(6), 397-412.
- Goldrick, M. & Daland, R. (2009). Linking speech errors and phonological grammars: Insights from Harmonic Grammar networks. *Phonology*, 26(01), 147-185.
- Goldrick, M. & Rapp, B. (2007). Lexical and post-lexical phonological representations in spoken production. *Cognition*, 102(2), 219-260.
- Goldstein, L. & Fowler, C. A. (2003). Articulatory phonology: A phonology for public language use. In: A. S. Meyer & N. O. Schiller (Hrsg.). *Phonetics and phonology in language comprehension and production: Differences and similarities* (S. 159-207). Berlin, New York: Mouton de Gruyter.
- Goldstein, L., Nam, H., Saltzman, E. & Chitoran, I. (2009). Coupled oscillator planning model of speech timing and syllable structure. *Frontiers in phonetics and speech science*, 239-250.
- Goldstein, L., Pouplier, M., Chen, L., Saltzman, E. & Byrd, D. (2007). Dynamic action units slip in speech production errors. *Cognition*, 103(3), 386-412.
- Hagedorn, C., Proctor, M., Goldstein, L., Wilson, S., Miller, B., Gorno-Tempini, M. L. & Narayanan, S. S. (2017). Characterizing covert articulation in apraxic speech using real-time MRI. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 60(4), 877-891.
- Haley, K. L., Jacks, A. & Cunningham, K. T. (2013). Error variability and the differentiation between apraxia of speech and aphasia with phonemic paraphasia. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 56(3), 891-905.
- Hall, T. A. (2000). *Phonologie: Eine Einführung*. Berlin, New York: Mouton de Gruyter.
- Hardcastle, W. & Edwards, S. (1992). EPG-based description of apraxic speech errors. In: R. D. Kent (Hrsg.), *Intelligibility in speech disorders* (S. 287-328). Amsterdam: John Benjamins Publishing Co.
- Hardcastle, W. J., Gibbon, F. E. & Jones, W. (1991). Visual display of tongue-palate contact: Electropalatography in the assessment and remediation of speech disorders. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 26(1), 41-74.
- Hayes, A. F. & Krippendorff, K. (2007). Answering the call for a standard reliability measure for coding data. *Communication Methods and Measures*, 1(1), 77-89.
- Honorof, D. N. & Browman, C. P. (1995). *The center or edge: How are consonant clusters organized with respect to the vowel*. Proceedings of the XIIIth international congress of phonetic sciences.
- Hoole, P., Pouplier, M., Benus, S. & Bombien, L. (2013). Articulatory coordination in obstruent-sonorant clusters and syllabic consonants: data and modelling. In: A. Vietti & L. Spreafico (Hrsg.). *Rhotics. New data and perspectives* (S. 81-98). Bozen-Bolzano: Bozen-Bolzano University Press.
- Howard, S. & Varley, R. (1995). III: EPG in therapy. Using electropalatography to treat severe acquired apraxia of speech. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 30(2), 246-255.

- Huber, W., Poeck, K., Weniger, D. & Willmes, K. (1983). *Aachener Aphasie Test (AAT)*. Göttingen: Hogrefe.
- Katz, W. F., Bharadwaj, S. V. & Stettler, M. P. (2006). Influences of electromagnetic articulography sensors on speech produced by healthy adults and individuals with aphasia and apraxia. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 49(3), 645-659.
- Katz, W. F., McNeil, M. R. & Garst, D. M. (2010). Treating apraxia of speech (AOS) with EMA-supplied visual augmented feedback. *Aphasiology*, 24(6-8), 826-837.
- Keller, E. (1984). Simplification and gesture reduction in phonological disorders of apraxia and aphasia. In: J. C. Rosenbek, M. R. McNeil, & A. E. Aronson (Hrsg.). *Apraxia of speech: Physiology, acoustics, linguistics, management* (S. 221-256). San Diego: College Hill Press.
- Kohler, K. J. (1995). *Einführung in die Phonetik des Deutschen*. Berlin: Erich Schmidt.
- Kohn, S. E. & Smith, K. L. (1990). Between-word speech errors in conduction aphasia. *Cognitive Neuropsychology*, 7(2), 133-156.
- Kühnert, B., Hoole, P. & Mooshammer, C. (2006). *Gestural overlap and C-center in selected French consonant clusters*. 7th International Seminar on Speech Production (ISSP), Ubatuba, Brazil.
- Kurowski, K. & Blumstein, S. E. (2016). Phonetic basis of phonemic paraphasias in aphasia: Evidence for cascading activation. *Cortex*, 75, 193-203.
- Ladefoged, P. (1990). Some reflections on the IPA. *Journal of Phonetics*, 18(3), 335-346.
- Laganaro, M. (2008). Is there a syllable frequency effect in aphasia or in apraxia of speech or both? *Aphasiology*, 22(11), 1191-1200.
- Laganaro, M. (2012). Patterns of impairments in AOS and mechanisms of interaction between phonological and phonetic encoding. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55(5), S1535-S1543.
- Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159-174.
- Lehner, K. (2015). *Phonologisch oder phonetisch? Diagnostik erworbener Lautbildungsstörungen bei Aphasie anhand der Spontansprache*. (Master of Arts), Ludwig-Maximilians-Universität München, München.
- Levelt, W. J., Roelofs, A. & Meyer, A. S. (1999). A theory of lexical access in speech production. *Behavioral and brain sciences*, 22(1), 1-38.
- Liepold, M., Ziegler, W. & Brendel, B. (2003). *Hierarchische Wortlisten ein Nachsprechtest für die Sprechapraxiediagnostik*. Dortmund: Borgmann.
- Lindblom, B. (2000a). Developmental origins of adult phonology: The interplay between phonetic emergents and the evolutionary adaptations of sound patterns. *Phonetica*, 57(2-4), 297-314.
- Lindblom, B. (2000b). *Emergent phonology*. Annual Meeting of the Berkeley Linguistics Society.
- Maas, U. (1999). *Phonologie: Einführung in die funktionale Phonetik des Deutschen*. Opladen, Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.
- Majerus, S. (2013). Language repetition and short-term memory: an integrative framework. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 357.
- Marin, S. & Pouplier, M. (2010). Temporal organization of complex onsets and codas in American English: Testing the predictions of a gestural coupling model. *Motor Control*, 14(3), 380-407.

- Marshall, J. (2006). Jargon aphasia: What have we learned? *Aphasiology*, *20*(5), 387-410.
- Martin, N. & Saffran, E. M. (1990). Repetition and verbal STM in transcortical sensory aphasia: A case study. *Brain and Language*, *39*(2), 254-288.
- Martin, N. & Saffran, E. M. (1997). Language and auditory-verbal short-term memory impairments: Evidence for common underlying processes. *Cognitive Neuropsychology*, *14*(5), 641-682.
- McNeil, M. R., Robin, D. A. & Schmidt, R. A. (2009). Apraxia of Speech: Definition and differential diagnosis In: M. R. McNeil (Hrsg.), *Clinical Management of Sensorimotor Speech Disorders* (S. 249-268). New York: Thieme.
- Michel Lange, V., Cheneval, P. P., Python, G. & Laganaro, M. (2016). Contextual phonological errors and omission of obligatory liaison as a window into a reduced span of phonological encoding. *Aphasiology*, *31*(2), 201-220.
- Moen, I. (1993). Phonological deviations in Norwegian conduction aphasia: Testing a model of non-linear phonology. *Nordic Journal of Linguistics*, *16*(Special Issue 02), 99-109.
- Moser, D., Basilakos, A., Fillmore, P. & Fridriksson, J. (2016). Brain damage associated with apraxia of speech: Evidence from case studies. *Neurocase*, *22*(4), 346-356.
- Moses, M. S., Nickels, L. A. & Sheard, C. (2004). Disentangling the web: Neologistic perseverative errors in jargon aphasia. *Neurocase*, *10*(6), 452-461.
- Mowrey, R. A. & MacKay, I. R. (1990). Phonological primitives: Electromyographic speech error evidence. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *88*(3), 1299-1312.
- Nam, H., Goldstein, L. & Saltzman, E. (2009). Self-organization of syllable structure: A coupled oscillator model. In: F. Pellegrino, E. Marsico, I. Chitoran, & C. Coupé (Hrsg.). *Approaches to phonological complexity* (S. 299-328). Berlin, New York: Mouton de Gruyter.
- Nickels, L. & Howard, D. (1995). Phonological errors in aphasic naming: Comprehension, monitoring and lexicality. *Cortex*, *31*(2), 209-237.
- Nickels, L. & Howard, D. (2000). When the words won't come: Relating impairments and models of spoken word production. In: L. Wheeldon (Hrsg.), *Aspects of language production* (S. 115-142). Hove: Psychology Press.
- Nickels, L. & Howard, D. (2004). Dissociating effects of number of phonemes, number of syllables, and syllabic complexity on word production in aphasia: It's the number of phonemes that counts. *Cognitive Neuropsychology*, *21*(1), 57-78.
- Odell, K., McNeil, M. R., Rosenbek, J. C. & Hunter, L. (1990). Perceptual characteristics of consonant production by apraxic speakers. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, *55*(2), 345-359.
- Ohala, J. J. (1990). There is no interface between phonology and phonetics: a personal view. *Journal of Phonetics*, *18*(2), 153-172.
- Peirce, J. W. (2007). PsychoPy - Psychophysics software in Python. *Journal of Neuroscience Methods*, *162*(1), 8-13.
- Pouplier, M. (2012). The gestural approach to syllable structure: Universal, language- and cluster-specific aspects. In: S. Fuchs, M. Weirich, D. Pape, & P. Perrier (Hrsg.). *Speech Planning and Dynamics* (S. 63-96). Frankfurt am Main: Peter Lang GmbH.
- Pouplier, M. & Goldstein, L. (2005). Asymmetries in the perception of speech production errors. *Journal of Phonetics*, *33*(1), 47-75.

- Pouplier, M. & Hardcastle, W. (2005). A re-evaluation of the nature of speech errors in normal and disordered speakers. *Phonetica*, 62(2-4), 227-243.
- Pouplier, M., Marin, S. & Wlatl, S. (2014). Voice onset time in consonant cluster errors: Can phonetic accommodation differentiate cognitive from motor errors? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 57(5), 1577-1588.
- Pouplier, M. & van Lieshout, P. (2016). Frontiers and challenges in speech error research: A gestural perspective on speech errors in typical and disordered populations. In: P. van Lieshout, B. Maassen, & H. Terband (Hrsg.). *Speech motor control in normal and disordered speech: Futur developments in theory and methodology* (S. 257-273). Rockville: American Speech-Language-Hearing Association.
- Prince, A. & Smolensky, P. (2004). *Optimality Theory: Constraint interaction in generative grammar*. Oxford: Blackwell Publishing.
- R-Core-Team. (2017). R: A language and environment for statistical computing. Wien: R Foundation for Statistical Computing.
- Rochon, E., Caplan, D. & Waters, G. (1990). Short-term memory processes in patients with apraxia of speech: Implications for the nature and structure of the auditory verbal short-term memory system. *Journal of Neurolinguistics*, 5(2-3), 237-264.
- Rogers, M. A. & Storkel, H. L. (1999). Planning speech one syllable at a time: The reduced buffer capacity hypothesis in apraxia of speech. *Aphasiology*, 13(9-11), 793-805.
- Romani, C. & Calabrese, A. (1998). Syllabic constraints in the phonological errors of an aphasic patient. *Brain and Language*, 64(1), 83-121.
- Romani, C. & Galluzzi, C. (2005). Effects of syllabic complexity in predicting accuracy of repetition and direction of errors in patients with articulatory and phonological difficulties. *Cognitive Neuropsychology*, 22(7), 817-850.
- Romani, C., Galluzzi, C., Bureca, I. & Olson, A. (2011). Effects of syllable structure in aphasic errors: Implications for a new model of speech production. *Cognitive psychology*, 62(2), 151-192.
- Romani, C., Olson, A., Semenza, C. & Granà, A. (2002). Patterns of phonological errors as a function of a phonological versus an articulatory locus of impairment. *Cortex*, 38(4), 541-567.
- Saltzman, E. & Byrd, D. (2000). Task-dynamics of gestural timing: Phase windows and multifrequency rhythms. *Human Movement Science*, 19(4), 499-526.
- Saltzman, E. L. & Munhall, K. G. (1989). A dynamical approach to gestural patterning in speech production. *Ecological psychology*, 1(4), 333-382.
- Schwartz, M. F., Faseyitan, O., Kim, J. & Coslett, H. B. (2012). The dorsal stream contribution to phonological retrieval in object naming. *Brain*, 135(12), 3799-3814.
- Schwartz, M. F., Romani, C., Brown, D. & Brecher, A. (2015). *Syllabic complexity effects in phonological speech errors: The role of articulatory-phonetic impairment*. Academy of Aphasia 53rd Annual Meeting, Tucson.
- Schwartz, M. F., Saffran, E. M., Bloch, D. E. & Dell, G. S. (1994). Disordered speech production in aphasic and normal speakers. *Brain and Language*, 47, 52-88.
- Seddoh, S. A., Robin, D. A., Sim, H.-S., Hageman, C., Moon, J. B. & Folkins, J. W. (1996). Speech timing in apraxia of speech versus conduction aphasia. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 39(3), 590-603.
- Selkritt, E. (1984). *Phonology and Syntax: The relation between Sound and Structure*. Cambridge, Mass: MIT Press.

- Shallice, T., Rumiaty, R. I. & Zadini, A. (2000). The selective impairment of the phonological output buffer. *Cognitive Neuropsychology*, 17(6), 517-546.
- Stadie, N., Cholewa, J. & de Bleser, R. (2013). *LEMO 2.0 Lexikon modellorientiert. Diagnostik für Aphasie, Dyslexie und Dysgraphie*. Hofheim: NAT-Verlag.
- Staiger, A., Finger-Berg, W., Aichert, I. & Ziegler, W. (2012). Error variability in apraxia of speech: A matter of controversy. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55(5), S1544-S1561.
- Staiger, A. & Ziegler, W. (2008). Syllable frequency and syllable structure in the spontaneous speech production of patients with apraxia of speech. *Aphasiology*, 22(11), 1201-1215.
- Stenneken, P., Bastiaanse, R., Huber, W. & Jacobs, A. M. (2005). Syllable structure and sonority in language inventory and aphasic neologisms. *Brain and Language*, 95(2), 280-292.
- Stone, M., Faber, A., Raphael, L. & Shawker, T. (1992). Cross-sectional tongue shape and linguopalatal contact pattern in [s], [sh], and [l]. *Journal of Phonetics*, 20, 253-270.
- Tesak, J. (2006). *Einführung in die Aphasiologie*. Stuttgart: Thieme.
- Tilsen, S. (2016). Selection and coordination: The articulatory basis for the emergence of phonological structure. *Journal of Phonetics*, 55, 53-77.
- van Lieshout, P. H., Bose, A., Square, P. A. & Steele, C. M. (2007). Speech motor control in fluent and dysfluent speech production of an individual with apraxia of speech and Broca's aphasia. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 21(3), 159-188.
- Varley, R. & Whiteside, S. (2001). What is the underlying impairment in acquired apraxia of speech? *Aphasiology*, 15(1), 39-49.
- Vennemann, T. (1988). *Preference Laws of Syllable Structure and the Explanation of Sound Change: With special Reference to German, Germanic, Italian, and Latin*. Berlin, New York: Mouton de Gruyter.
- Wambaugh, J. L., Duffy, J. R., McNeil, M. R., Robin, D. A. & Rogers, M. A. (2006). Treatment guidelines for acquired apraxia of speech: A synthesis and evaluation of the evidence. *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, 14(2), xv-xv.
- Waters, G. S., Rochon, E. & Caplan, D. (1992). The role of high-level speech planning in rehearsal: Evidence from patients with apraxia of speech. *Journal of Memory and Language*, 31(1), 54.
- Wells, J. C. (1997). SAMPA computer readable phonetic alphabet. In: D. Gibbon, R. Moore, & R. Winski (Hrsg.). *Handbook of Standards and Resources for Spoken Language Systems* (S. 684-732). Berlin, New York: Mouton de Gruyter.
- Wertz, R., LaPointe, L. & Rosenbek, J. (1984). *Apraxia of Speech in Adults: The Disorder and its Management*. Orlando: Grune & Stratton.
- Wiese, R. (1991). Was ist extrasilbisch im Deutschen und warum. *Zeitschrift für Sprachwissenschaft*, 10(1), 112-133.
- Wiese, R. (2000). *The Phonology of German*. Oxford: Oxford University Press.
- Wilshire, C. E. (1999). The "tongue twister" paradigm as a technique for studying phonological encoding. *Language and Speech*, 42(1), 57-82.
- Wilshire, C. E. (2002). Where do aphasic phonological errors come from? Evidence from phoneme movement errors in picture naming. *Aphasiology*, 16(1-2), 169-197.
- Wilshire, C. E. & McCarthy, R. A. (1996). Experimental investigations of an impairment in phonological encoding. *Cognitive Neuropsychology*, 13(7), 1059-1098.

- Wright, R. (2004). A review of perceptual cues and cue robustness. In: B. Hayes, R. Kirchner, & D. Steriade (Hrsg.). *Phonetically based phonology* (S. 34-57). Cambridge: Cambridge University Press.
- Ziegler, W. (2009). Modelling the architecture of phonetic plans: Evidence from apraxia of speech. *Language and Cognitive Processes*, 24(5), 631-661.
- Ziegler, W. (2011). Apraxic failure and the hierarchical structure of speech motor plans: A nonlinear probabilistic model. In: A. Lowit & R. D. Kent (Hrsg.). *Assessment of motor speech disorders* (S. 305-324). San Diego: Plural Publishing.
- Ziegler, W. (2016). Phonology versus phonetics in speech sound disorders. In: P. van Lieshout, B. Maassen, & H. Terband (Hrsg.). *Speech Motor Control in Normal and Disordered Speech* (S. 223-255). Rockville: ASHA Press.
- Ziegler, W. (2017). Complexity of articulation planning in apraxia of speech: The limits of phoneme-based approaches. *Cognitive Neuropsychology*, 34(7-8), 482-487.
- Ziegler, W. & Aichert, I. (2015). How much is a word? Predicting ease of articulation planning from apraxic speech error patterns. *Cortex*, 69(Supplement C), 24-39.
- Ziegler, W., Aichert, I. & Staiger, A. (2012). Apraxia of speech: Concepts and controversies. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55(5), S1485-S1501.
- Ziegler, W., Aichert, I. & Staiger, A. (2017a). When words don't come easily: A latent trait analysis of impaired speech motor planning in patients with apraxia of speech. *Journal of Phonetics*, 64, 145-155.
- Ziegler, W., Aichert, I. & Staiger, A. (eingereicht). *Sprechapraxie*. Berlin: Springer.
- Ziegler, W., Lehner, K., Jakob, H. & Aichert, I. (2017b). A "phonological mind" in our brains? *Clinical evidence*. 7th International Conference on Speech Motor Control, Groningen, Niederlande.
- Ziegler, W., Staiger, A. & Aichert, I. (2010). Apraxia of speech: What the deconstruction of phonetic plans tells us about the construction of articulate language. In: B. Maassen & P. van Lieshout (Hrsg.). *Speech motor control: New developments in basic and applied research* (S. 3-22). Oxford: Oxford University Press.

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Sprachverarbeitungsmodell (Cholewa & Corsten, 2010, S. 210).....	9
Abbildung 2 Bilaterale neuronale Aktivierung beim Nachsprechen von Sequenzen aus mehreren Wörtern/Nicht-Wörtern (Majerus, 2013, S. 9) .....	23
Abbildung 3 Gestural planning model (Pouplier & van Lieshout, 2016, S. 259) .....	39
Abbildung 4 Darstellung überlappender Gesten und deren Bindungsstärke am Beispielwort „Team“ (Goldstein & Fowler, 2003, S. 156) .....	40
Abbildung 5 Zeitliche Koordination von silbeninitialen und -finalen Konsonantenclustern mit dem Vokal (Honorof & Browman, 1995, S. 552) .....	42
Abbildung 6 Segmentierung und Transkription einer Patientenreaktion auf den Stimulus „Pute - Klage“ in Praat (Boersma, 2001) .....	90
Abbildung 7 Silbenbezogene Fehlertypen phonematische und phonetische Fehler .....	101
Abbildung 8 Fehlerrate (Mittelwert, 95 % Konfidenzintervall) bei Cluster- vs. Singleton-Silben ..	108
Abbildung 9 Delta zwischen tatsächlicher und vorhergesagter Clusterschwierigkeit .....	110
Abbildung 10 Fehlerrate (Mittelwert, 95 % Konfidenzintervall) der unterschiedlichen Clustertypen .....	111
Abbildung 11 Delta für die vier Clustertypen berechnet aus der Fehlerrate der zum jeweiligen Cluster relatierten Singleton Fehlerrate .....	113
Abbildung 12 Durch eine Substitution veränderte Merkmale, PI: N = 262 Substitutionen, SAX: N = 397 Substitutionen .....	115
Abbildung 13 Anzahl der durch eine Substitution veränderten Merkmale .....	116
Abbildung 14 Vereinfachung und Verkomplizierung phonologischer Strukturen .....	118
Abbildung 15 Häufigkeit von Vereinfachungsfehlern im Verhältnis zu allen falschen Cluster-Silben .....	120
Abbildung 16 Schwa-Einfügung (roter Kasten) der Probandin P021 bei der Silbe /knaɪ/, 472 ms gesamte Silbendauer.....	122
Abbildung 17 CC-Substitution durch C je Clustertyp.....	123
Abbildung 18 Schwa-Einfügungen je Clustertyp .....	123
Abbildung 19 C1-Tilgungen je Clustertyp.....	123
Abbildung 20 C2-Tilgungen je Clustertyp.....	124

Abbildung 21 Zusammenhang zwischen Wortvertauschungen im Paar und Fehlern im Auditive-Merkspanne-Test .....	130
Abbildung 22 Fehlerrate (Mittelwert, 95 % Konfidenzintervall) bei Einzelwörtern und Wortpaaren .....	131
Abbildung 23 Fehlerrate (Mittelwert, 95 % Konfidenzintervall) auf dem ersten Wort (W1) und dem zweiten Wort (W2) im Paar.....	132
Abbildung 24 Fehlerrate (Mittelwert, 95 % Konfidenzintervall) in Singleton- im Gegensatz zu Cluster-Paaren.....	133
Abbildung 25 Phonematische Fehler (Mittelwert, 95 % Konfidenzintervall) in Abhängigkeit von der phonologischen Relation im Wortpaar .....	135
Abbildung 26 Vereinfachungsfehler (Mittelwert, 95 % Vertrauensintervall) auf Cluster-Einzelwörtern und -Wortpaaren .....	137
Abbildung 27 Verkomplizierungsfehler (Mittelwert, 95 % Vertrauensintervall) auf Singletons in vier Nachsprechbedingungen .....	139
Abbildung 28 Vereinfachungsfehler (Mittelwert, 95 % Vertrauensintervall) in vier Wortpaarbedingungen.....	141
Abbildung 29 Verkomplizierungsfehler (Mittelwert, 95 % Vertrauensintervall) in vier Wortpaarbedingungen.....	142

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Übersicht über mögliche silbeninitiale Konsonantencluster aus zwei Konstituenten im Deutschen (nach Hall, 2000; Kohler, 1995; Maas, 1999) .....	31
Tabelle 2 In die Studie eingeschlossene Probanden (N = 20) .....	71
Tabelle 3 Ergebnisse der sprachlichen Tests und Gruppeneinteilung .....	73
Tabelle 4 Items des auditiven Wortverständnistests, Zielwörter fett geschrieben.....	78
Tabelle 5 Ergebnisse des auditiven Wortverständnistests, Anzahl der fehlerhaft gewählten Ablenkerbilder.....	80
Tabelle 6 Items aus dem Test der auditiven Merkspanne .....	81
Tabelle 7 Ergebnisse des Tests der auditiven Merkspanne, Anzahl der Fehler .....	82
Tabelle 8 Charakteristika der Clustertypen.....	83
Tabelle 9 Ausgewählte Nomen mit Cluster-Onset.....	84
Tabelle 10 Übersicht zu den relatierten und unrelatierten Wortpaaren.....	86
Tabelle 11 Wortbewertungen .....	93
Tabelle 12 Interrater-Reliabilität ermittelt durch Krippendorffs $\alpha$ (Hayes & Krippendorff, 2007)..	96
Tabelle 13 Anzahl produzierter Sprechpausen .....	99
Tabelle 14 Wortbezogene Fehler (in % der Wörter) in beiden Patientengruppen.....	100
Tabelle 15 Phonetische Fehlertypen (in % aller produzierten Silben), auf einer Silbe können mehrere Fehlertypen gleichzeitig auftreten .....	102
Tabelle 16 Phonematische Fehlertypen (in % phonematisch falscher Silben), auf einer Silbe können mehrere Fehlertypen gleichzeitig auftreten .....	102
Tabelle 17 Zusammenhang (Korrelationskoeffizient r nach Pearson) zwischen sprachlicher Diagnostik und phonematischen Fehlern im Nachsprechexperiment. TT = Tokentest, Nach = Nachsprechen, Ben = Benennen, SV = Sprachverständnis.....	103
Tabelle 18 Zusammenhang (Korrelationskoeffizient r nach Pearson) zwischen Eigenschaften des Wortmaterials und der Fehlerrate der ersten Silbe.....	104
Tabelle 19 Lexikalische und semantische Einflussfaktoren, ANOVA.....	105
Tabelle 20 Entstandene formale Paraphrasien durch Verkomplizierung.....	106
Tabelle 21 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt). Beispiel: CC = <i>Klage</i> , C = <i>Kater</i> (relatiert zu CC) und X = <i>Pute</i> (unrelatiert zu CC) .....	108

Tabelle 22 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt). Beispiel: CC = <i>Klage</i> , C = <i>Kater</i> (relatiert zu CC) und X = <i>Pute</i> (unrelatiert zu CC) .....	110
Tabelle 23 log odds von Ausgangs- zum Referenzcluster .....	111
Tabelle 24 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt). Beispiel: CC = <i>Klage</i> , C = <i>Kater</i> (relatiert zu CC) und X = <i>Pute</i> (unrelatiert zu CC) .....	112
Tabelle 25 Vereinfachungsfehler auf der ersten Silbe des Wortes.....	117
Tabelle 26 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt), nur phonematisch falsche Silben eingeschlossen. Beispiel: CC = <i>Klage</i> , C = <i>Kater</i> (relatiert zu CC) und X = <i>Pute</i> (unrelatiert zu CC) .....	118
Tabelle 27 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt), nur phonematisch falsche Silben eingeschlossen. Beispiel: CC = <i>Klage</i> , C = <i>Kater</i> (relatiert zu CC) und X = <i>Pute</i> (unrelatiert zu CC) .....	119
Tabelle 28 Modellkoeffizienten des Faktors VEREINFACHUNGSTYP (unterhalb der Diagonalen) und Interaktionen mit dem Faktor GRUPPE (oberhalb der Diagonalen), log odds.....	120
Tabelle 29 Vereinfachungstyp in % aller phonematisch falscher Cluster-Silben, für die Gruppe gesehen typische Fehlerart (grau hinterlegt), Ausnahmen von dieser Regel (rot hinterlegt) .....	121
Tabelle 30 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt), nur verkomplizierte Silben eingeschlossen. Beispiel: CC = <i>Klage</i> , C = <i>Kater</i> (relatiert zu CC) und X = <i>Pute</i> (unrelatiert zu CC) .....	124
Tabelle 31 Arten von Verkomplizierungsfehlern bei Singleton-Silben, in Prozent .....	125
Tabelle 32 Neue Cluster (N), die durch die Addition eines Konsonanten bei Singleton-Silben entstanden .....	126
Tabelle 33 Nullreaktionen und Wortvertauschungen, W1 = erstes Wort im Paar, W2 = zweites Wort im Paar .....	128
Tabelle 34 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt). Beispiel: CC = <i>Klage</i> , C = <i>Kater</i> (relatiert zu CC) und X = <i>Pute</i> (unrelatiert zu CC) .....	129
Tabelle 35 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt), lediglich Wortpaare ohne Wortvertauschung eingeschlossen. Beispiel: CC = <i>Klage</i> , C = <i>Kater</i> (relatiert zu CC) und X = <i>Pute</i> (unrelatiert zu CC) .....	131
Tabelle 36 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt). Beispiel: CC = <i>Klage</i> , C = <i>Kater</i> (relatiert zu CC) und X = <i>Pute</i> (unrelatiert zu CC) .....	133
Tabelle 37 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt). Beispiel: CC = <i>Klage</i> , C = <i>Kater</i> (relatiert zu CC) und X = <i>Pute</i> (unrelatiert zu CC) .....	134
Tabelle 38 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt), lediglich phonematisch falsch Silben eingeschlossen. Beispiel: CC = <i>Klage</i> , C = <i>Kater</i> (relatiert zu CC) und X = <i>Pute</i> (unrelatiert zu CC) .....	135
Tabelle 39 Prozentualer Anteil relatierter Fehler aller fehlerhaften Silben .....	136

Tabelle 40 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt), lediglich phonematisch falsch Silben eingeschlossen. Beispiel: CC = *Klage*, C = *Kater* (relatiert zu CC) und X = *Pute* (unrelatiert zu CC) ..... 136

Tabelle 41 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt), lediglich phonematisch falsch Silben eingeschlossen. Beispiel: CC = *Klage*, C = *Kater* (relatiert zu CC) und X = *Pute* (unrelatiert zu CC) ..... 138

Tabelle 42 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt), lediglich phonematisch falsch Silben eingeschlossen. Beispiel: CC = *Klage*, C = *Kater* (relatiert zu CC) und X = *Pute* (unrelatiert zu CC) ..... 140

Tabelle 43 In die Berechnung einbezogenes Wortmaterial (grau hinterlegt), lediglich phonematisch falsch Silben eingeschlossen. Beispiel: CC = *Klage*, C = *Kater* (relatiert zu CC) und X = *Pute* (unrelatiert zu CC) ..... 142

Tabelle 44 Überblick über die gefundenen Effekte beim Nachsprechen von Wortpaaren ..... 169

## Anhang

## a) Ergebnisse des AATs

ID	Alter AAT in Mon.	Syndrom	Schweregrad	Spontan- sprache	Prozentränge AAT Untertests				
					Nach	Ben	SV	TT	Schr
P001	4	amnestisch	leicht-mittel	3-4-3-3-2-3	53	75	81	81	87
P002	4	amnestisch	minimal-leicht	3-4-5-4-3-4	72	93	100	99	80
P003	4	global	mittel-schwer	2-4-3-3-4-1	44	40	26	31	15
P004	5	global	mittel-schwer	2-3-2-3-2-1	21	27	100	38	36
P005	3	global	mittel-schwer	1-3-1-0-1-0	49	21	35	63	24
P006	20	broca	mittel	2-3-3-3-2-2	35	45	52	41	42
P007	5	broca	leicht-mittel	2-4-4-3-4-2	70	41	71	68	79
P008	0	global	mittel-schwer	1-4-1-1-1-0	22	15	52	46	21
P010	0,5	wernicke	mittel-schwer	2-4-3-3-4-3	58	41	41	2	5
P011	2	amnestisch	leicht-mittel	4-3-5-4-4-4	44	66	47	72	77
P012	10	broca	leicht-mittel	3-4-5-3-4-2	69	59	45	63	50
P013	1	broca	mittel-schwer	2-2-5-4-2-2	26	36	81	47	34
P014	0	wernicke	mittel-schwer	2-5-5-3-2-3	45	38	26	2	30
P015	0	wernicke	leicht-mittel	2-5-5-3-2-3	48	43	79	67	61
P016	--	--	--	--	--	--	--	--	--
P018	0,5	global	mittel-schwer	0-0-0-0-0-0	22	27	49	50	36
P019	0,5	amnestisch	leicht-mittel	4-3-5-4-4-5	54	99	95	58	62
P020	0	amnestisch	leicht-mittel	4-5-5-4-4-4	56	47	73	42	77
P021	1	amnestisch	leicht-mittel	4-4-5-4-4-4	58	86	86	58	68
P022	7	global	mittel-schwer	1-2-2-1-1-1	34	21	21	2	22

b) Ergebnisse des Untertests mündliches Benennen aus LeMo,  
Anzahl an Fehlern

ID	Fehler phonematisch	Fehler semantisch	Fehler morphologisch	Null- reaktion	Fehler gesamt
P001	5	1	0	2	8
P002	4	0	2	0	6
P003	0	8	4	0	12
P004	3	4	0	3	10
P005	3	1	1	7	12
P006	4	4	1	4	13
P007	2	0	0	7	9
P008	4	0	0	15	19
P010	1	3	0	5	9
P011	3	0	0	0	3
P012	1	1	0	3	5
P013	12	0	0	5	17
P014	6	2	0	1	9
P015	9	0	0	1	10
P016	9	0	0	2	11
P018	3	0	0	15	18
P019	6	0	0	0	6
P020	0	1	0	8	9
P021	5	0	0	0	5
P022	3	4	1	7	15

## c) Ergebnisse der HWL, Anzahl an Fehlern

ID	phonetische Fehler	phonematische Fehler	Redeflussfehler	Nullreaktionen
P001	2	9	17	0
P002	6	9	5	0
P003	9	18	5	0
P004	31	28	28	3
P005	7	3	7	0
P006	29	19	16	1
P007	17	8	5	0
P008	25	19	26	1
P010	33	20	21	0
P011	4	7	5	0
P012	26	15	1	0
P013	46	41	45	0
P014	0	11	10	0
P015	0	3	1	0
P016	36	15	26	0
P018	3	37	6	9
P019	36	12	25	0
P020	0	4	3	0
P021	3	10	11	0
P022	12	18	9	0

## d) Eigenschaften der Stimuluswörter

Cluster-Wort	Silbenstruktur	Wortfrequenz*	Gesten-Score des Wortes**	Frequenz 1. Silbe***	Onset 2. Silbe ist ein Plosiv	Wortneubildung durch Tilgung eines Clusterkonsonanten	Konkretheit	Belebtheit
<i>Klage</i>	[CCV][CV]	hoch	0,47	5,16	ja	C1	abstrakt	unbelebt
<i>Klappe</i>	[CCV][C]V]	niedrig	0,49	3,30	ja	C1 und C2	konkret	unbelebt
<i>Kleber</i>	[CCV][CV]	niedrig	0,47	3,83	ja	C1	konkret	unbelebt
<i>Kleider</i>	[CCV][CV]	hoch	0,47	6,49	ja	C1	konkret	unbelebt
<i>Klippe</i>	[CCV][C]V]	niedrig	0,49	1,39	ja	C1 und C2	konkret	unbelebt
<i>Knabe</i>	[CCV][CV]	niedrig	0,51	2,83	ja	nein	konkret	belebt
<i>Knarre</i>	[CCV][C]V]	niedrig	0,47	,69	nein	C2	konkret	unbelebt
<i>Knebel</i>	[CCV][CVC]	niedrig	0,40	1,39	ja	C1	konkret	unbelebt
<i>Kneipe</i>	[CCV][CV]	niedrig	0,52	1,79	ja	nein	konkret	unbelebt
<i>Knüppel</i>	[CCV][C]VC]	niedrig	0,48	2,20	ja	nein	konkret	unbelebt
<i>Schlager</i>	[CCV][CV]	niedrig	0,43	5,74	ja	C1	abstrakt	unbelebt
<i>Schlappe</i>	[CCV][C]V]	niedrig	0,44	1,10	ja	C1	abstrakt	unbelebt
<i>Schleppe</i>	[CCV][C]V]	niedrig	0,44	3,56	ja	nein	konkret	unbelebt
<i>Schleife</i>	[CCV][CV]	niedrig	0,46	3,81	nein	nein	konkret	unbelebt
<i>Schlitten</i>	[CCV][C]VC]	niedrig	0,41	1,95	ja	nein	konkret	unbelebt
<i>Schnabel</i>	[CCV][CVC]	niedrig	0,37	1,61	ja	C1	konkret	unbelebt
<i>Schnalle</i>	[CCV][C]V]	niedrig	0,42	1,39	nein	nein	konkret	unbelebt
<i>Schnecke</i>	[CCV][C]V]	niedrig	0,48	,00	ja	C1 und C2	konkret	belebt
<i>Schneider</i>	[CCV][CV]	niedrig	0,46	3,99	ja	C1	konkret	belebt
<i>Schnitte</i>	[CCV][C]V]	niedrig	0,48	5,28	ja	nein	konkret	unbelebt

\* nach CELEX (Baayen et al., 1995), allgemeine Wortfrequenz:  $\leq 10$  = niedrigfrequent,  $> 10$  = hochfrequent

\*\* nach Ziegler & Aichert, 2015

\*\*\* nach CELEX (Baayen et al., 1995) schriftlich und mündlich pro Mio., natürlicher Logarithmus; hohe Werte = hochfrequent

## e) Wortpaare aus zwei Singleton-Wörtern

<b>Singleton- Wort 1</b>	<b>Singleton- Wort 2</b>
<i>Kater</i>	<i>Teile</i>
<i>Wette</i>	<i>Kasse</i>
<i>Leder</i>	<i>Bohne</i>
<i>Hefe</i>	<i>Leine</i>
<i>Kissen</i>	<i>Segel</i>
<i>Pute</i>	<i>Nase</i>
<i>Kappe</i>	<i>Busse</i>
<i>Vater</i>	<i>Kehle</i>
<i>Keile</i>	<i>Wappen</i>
<i>Waffe</i>	<i>Nüsse</i>
<i>Dose</i>	<i>Schafe</i>
<i>Pässe</i>	<i>Latte</i>
<i>Schecke</i>	<i>Suppe</i>
<i>Fieber</i>	<i>Leiter</i>
<i>Lippen</i>	<i>Jacke</i>
<i>Puder</i>	<i>Nagel</i>
<i>Natter</i>	<i>Puppe</i>
<i>Tasse</i>	<i>Neffe</i>
<i>Scheibe</i>	<i>Taler</i>
<i>Futter</i>	<i>Schippe</i>

## f) Phonologische Transkriptionskonventionen, SAMPA (Wells, 1997)

Lautgruppe	SAMPA-Symbol	Beispielwort	SAMPA-Transkription
Plosiv	p	Pein	paIn
	b	Bein	baIn
	t	Teich	taIC
	d	Deich	daIC
	k	Kunst	kUnst
	g	Gunst	gUnst
Affrikate	pf	Pfahl	pfa:l
	ts	Zahl	tSa:l
	tS	deutsch	dOYtS
	dZ	Dschungel	dZUN=l
Frikativ	f	fast	fast
	v	was	vas
	s	Tasse	tas@
	z	Hase	ha:z@
	S	waschen	vaS=n
	Z	Genie	Zeni:
	C	sicher	zIC6
	j	Jahr	ja:6
	x	Buch	bu:x
h	Hand	hant	
Glide/Liquid	j	Jahr	ja:6
	l	Leim	laIm
	r/R	Reim	RaIm
Nasal	m	mein	maIn
	n	nein	naIn
	N	Ding	dIN
Vokale	l	Sitz	zItS
	E	Gesetz	g@zEtS
	a	Satz	zats
	O	Trotz	trOtS
	U	Schutz	SUtS
	Y	hübsch	hYpS
	9	plötzlich	pI9tSIlC
	i:	Lied	li:t
	e:	Beet	be:t
	E:	spät	SpE:t
	a:	Tat	ta:t
	o:	rot	ro:t
	u:	Blut	blu:t
	y:	süß	zy:s
	2:	blöd	bl2:t
	al	Eis	als
	aU	Haus	haUs
	OY	Kreuz	krOYtS
	@	Bitte	blt@
	6	besser	bEs6

## g) Fehlercodiersystem

**1. Schritt: Wortbewertung****a) Relation zum Zielwort erkennbar:**

W1/W2	Zielwort aufgrund von Phonemübereinstimmung* erkennbar
W1for/W2for	Zielwort aufgrund von Phonemübereinstimmung* erkennbar, aber neues Wort entstanden (Formale Paraphasie), morphologische Varianten, z.B. Plural, des Zielwortes sind keine formale Paraphasien, ebenso keine formale Paraphasie wenn während Korrekturprozessen zwischendurch mal ein anderes Wort entstanden, aber Zielwort nicht eindeutig ersetzt. Auch keine formale Paraphasie ist es, wenn das neue Wort phonetisch entstellte Phoneme enthält, die distinktiv sind (z.B. Kasse → (t)asse)
W1frag/W2frag	Zielwort aufgrund von Phonemübereinstimmung* erkennbar, aber nur ein Fragment des Zielwortes produziert, d.h. ein kompletter Silbentier muss leer sein. Wenn nur 1 Phonem es Zielwortes produziert ist es kein Fragment sondern Neologismus.  *Erläuterung: Phonemübereinstimmung bedeutet mind. 2 Phoneme des Wortes müssen erkennbar sein.
W1sem/W2sem	semantische Ähnlichkeit zum Zielwort
W1neo/W2neo	Wortzuordnung aufgrund der Reihenfolge der geäußerten Worte möglich, aber das Zielwort wurde durch phonematischen Neologismus ersetzt (zu geringe Phonemübereinstimmung zum Zielwort, können Einzellaute oder Lautketten sein).
W1sub/W2sub	Wortzuordnung aufgrund der Reihenfolge der geäußerten Worte möglich, aber Zielwort wurde durch anderes deutsches Wort ohne semantische oder phonolog. Relation zum Zielwort ersetzt.

**b) keine Relation zum Zielwort erkennbar:**

Wneo	Phonematischer Neologismus (keine Phonemübereinstimmung zum Zielwort)
Wsub	Wortersetzung ohne semantische oder phonolog. Relation zum Zielwort
Wx	Keine Eindeutige Relation zu W1 vs. W2 aufgrund phonologischer Nähe zu beiden Wörtern

**c) Wort wurde nicht realisiert:**

W1null/W2null/Wnull/Wxnull

## 2. Schritt: Phonematische Fehlerbewertung der Silben

In weitere Auswertung ausschließlich Fälle mit Wortbewertung W1/W2 und W1for/W2for und W1frag/W2frag einbeziehen. Jede Silbe wird bewertet:

Fehler	Vokal	Onset	Konsonanten Addition im Onset	Schwa Addition	Coda Konsonant	relatiert
0 = nein 1 = ja 2 = <u>phonolog.</u> nicht beurteilbar, keine weitere Bewertung der Silbe (z.B. bei Wortsubstitutionen oder semantischen <u>Paraphasien</u> )	0 = korrekt 1 = Substitution 2 = Tilgung 3 = Addition  <u>Diphthong</u> zählt als Einzelvokal	0 = korrekt 1 = Substitution C1 2 = Substitution C2 3 = Substitution C1+C2 4 = Tilgung C1 5 = Tilgung C2 6 = Tilgung C1+C2 7 = Singleton ersetzt durch fremdes Cluster 8 = Cluster ersetzt durch fremden Singleton  <u>Affrikat /ts/</u> und <u>/pf/</u> = 1 Phonem <u>/tS/</u> und <u>/ks/</u> = 2 Phoneme	0 = nein 1 = vor C1 2 = zwischen C1 und C2 3 = hinter Onset-Konsonant/en 4 = > 1 Konsonant addiert	0 = nein 1 = vor C1 2 = zwischen C1 und C2 3 = hinter Onset-Konsonant/en	0 = korrekt 1 = Substitution 2 = Tilgung 3 = Addition eines oder mehr Konsonanten  Wenn bei Wörtern mit Gelenkkonsonanten nur die 1. Silbe realisiert wird und der Gelenkkonsonant dann an diese Silbe gehängt wird, ist dies nicht als Addition zu werten.	0 = nein 1 = ja  Kommt addiertes oder substituiertes Phonem irgendwo im Wort oder Wortpaar vor?

### h) Ziellaute bei untersuchten Phonemsubstitutionen

Lautklasse	Ziellaut
Plosiv	p
	b
	t
	d
	k
Frikativ	f
	v
	s
	ʃ
Approximant	l
	j
Nasal	n

## Danke!

Diese Promotion entstand in der Entwicklungsgruppe Klinische Neuropsychologie am Institut für Phonetik und Sprachverarbeitung der LMU im Rahmen des DFG-ANR Projektes „Wege zur phonologischen Komplexität: Anlautcluster in Sprachproduktion, Perzeption und Sprechstörungen“. Ich danke der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle Unterstützung und meinen Projektkollegen für die anregenden Treffen und Diskussionen.

Mein großer Dank gilt den Teilnehmern an dieser Studie, für die Bereitschaft an diesem Forschungsprojekt mitzuwirken und ihre investierte Zeit und Geduld. Auch gilt mein Dank den zahlreichen Kollegen in Kliniken und Praxen, die mir bei der Rekrutierung geholfen haben.

Ich möchte ganz besonders Prof. Dr. Wolfram Ziegler für die einzigartige Betreuung und Unterstützung bei dieser Promotion danken. Vielen Dank, dass deine Tür für mich immer offen stand und du mich in den letzten Jahren mit so viel Zeit unterstützt hast! Ich danke PD Dr. Marianne Pouplier für die Anregungen und die Übernahme des Zweitgutachtens meiner Promotion.

Ich danke meinen Kollegen am Institut für Phonetik und Sprachverarbeitung, Prof. Dr. Jonathan Harrington für die freundliche Aufnahme und der Entwicklungsgruppe Klinische Neuropsychologie für die wunderbaren Jahre während meiner Promotion. Vielen Dank für die vielen wahnsinnig freudigen und unvergesslichen Stunden mit euch im Büro und eure Hilfe und Aufmunterung in turbulenten Zeiten!

Ich danke meinen fleißigen Korrekturlesern für so viel mehr als das Finden von Kommafehlern! Meiner Familie und meinen Freunden möchte ich für ihr Verständnis und ihren unermüdlichen Zuspruch von ganzem Herzen danken.