

Aus der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde
Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktor: Prof. Dr. med. Martin Canis

**Fehler bei der Artikulation von Konsonanten bei
erwachsenen und heranwachsenden Cochlea-
Implantat-Trägern im Hinblick auf Zeitpunkt des
Eintretens und Dauer des Hörverlustes**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Dinah Splitthoff

aus München

2019

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatterin:	Prof. Dr. Maria Schuster
Mitberichterstatter:	PD Dr. Hans Brettel
	Prof. Dr. Markus Suckfüll
Dekan:	Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel
Tag der mündlichen Prüfung:	18.07.2019

INHALTSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	III
LAUTVERZEICHNIS	IV
1. EINLEITUNG.....	1
1.1 Hören und Hörschädigung	1
1.2 Hörschädigung und Sprachveränderung.....	3
1.3 Cochlea-Implantat	4
1.4 Sprachveränderung bei CI-Trägern	6
1.5 DIVA-Modell.....	7
1.6 Studienfragen	8
2. METHODE	9
2.1 Patienten.....	9
2.2 Vorgehen	11
2.3 Analyse.....	12
3 ERGEBNISSE	14
3.1 Absolute Werte.....	14
3.2 Inter-Rater-Reliabilität	15
3.3 Vergleich PRE und POST (C1 vs. C3 und C2 vs. C4).....	15
3.4 Vergleich SHORT und LONG (C1 vs. C2 und C3 vs. C4).....	21
4 DISKUSSION.....	24
4.1 Studienfrage 1	24
4.1.1 Artikulationsmodus	25
4.1.2 Artikulationsstelle.....	26
4.1.3 Lautbildung.....	27
4.2 Studienfrage 2	27
4.2.1 Artikulationsmodus	27

4.2.2	Artikulationsstelle.....	28
4.2.3	Lautbildung.....	29
4.3	Studienfrage 3	30
4.3.1	Artikulationsmodus	30
4.3.2	Artikulationsstelle.....	31
4.3.3	Lautbildung.....	32
5	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	34
6	QUELLENVERZEICHNIS	36
	ANHANG.....	42
1.	TABELLENVERZEICHNIS.....	42
2.	DIAGRAMMVERZEICHNIS.....	42
3.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	43
4.	WORTLISTE SPRACHTEST.....	44
	EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG	V
	DANKSAGUNG.....	VI

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

A	Addition
CI	Cochlea-Implantat
D	Distorsion
DN	Denasalisierung
E	Elision
KCR	Konsonant-Cluster-Reduktion
LONG	Dauer Ertaubung bis Implantation > 2 Jahre
m	Median
N	Nasalierung
POST	postlinguale Ertaubung
PRE	prä-/perilinguale Ertaubung
S	Substitution
SD	Standardabweichung
SHORT	Dauer Ertaubung bis Implantation < 2 Jahre
T	Tensionsreduktion

LAUTVERZEICHNIS

	bilab.	lab.dent.	dental	alv.	postalv.	retrofl.	palatal	velar	uvular	pharyng.	glottal
plosiv	p b		t d					k g			[(ʔ)]
nasal	m		n					[ŋ]			
frikativ		f v		s [z]	ʃ [ʒ]		[ç]	[(x)]	[(χ)] [(ʁ)]		h
approximant							j				
lateral approximant			l								
vibrant									r		

Abbildung 1 – Konsonanteninventar des Deutschen modifiziert nach Pompino-Marschall (Pompino-Marschall, 2009) – Einteilung nach Artikulationsmodus (vertikal) und Artikulationsstelle (horizontal). Dort, wo die Phoneme in Paaren zusammenstehen, ist der Rechte der Stimmhafte. Phoneme, die kursiv und in eckigen Klammern gedruckt sind, wurden in der vorliegenden Arbeit nicht bewertet.

Beispielwörter für die Konsonanten des Deutschen modifiziert nach Pompino-Marschall (Pompino-Marschall, 2009)

p Pass	t Tasse	k Kasse
b Bass	d das	g Gasse
m Maß	n nasse	ŋ lange
f fasse	s Reis, reißen	ʃ schon
v Wasser	z Sonne, reisen	ʒ Genie
ç dich	x suchen	χ Dach
h hasse	r/ʁ Rache	j ja
l lasse		

1. EINLEITUNG

„das Ohr der Erste Lehrmeister der Sprache“

Johann Gottfried Herder (Herder, 1997)

Dieses Zitat zeigt auf, wie wichtig das Gehör und das Hören für das Sprechen sind. Damit beschäftigt sich die nachfolgende Arbeit, die die Artikulation von hörgeschädigten Menschen nach Versorgung mit einem Cochlea-Implantat – einer „technische[n] Hörprothese“ (Hermann-Röttgen, 2010) - untersucht. Im Folgenden wird zunächst auf den Hörvorgang und seine möglichen Dysfunktionen eingegangen. Anschließend werden mögliche Sprachveränderungen bei Hörschädigung vorgestellt. Es folgt die Beschreibung des Aufbaus und der Funktion des Cochlea-Implantats sowie der möglichen Sprachveränderungen durch/nach Implantation eines CIs. Im Anschluss der Erklärung des für diese Arbeit wichtigen DIVA-Modells von Guenther (Guenther, Ghosh, & Tourville, 2006) werden die zu beantwortenden Studienfragen dargelegt.

1.1 Hören und Hörschädigung

Ein Geräusch besteht – ebenso wie gesprochene Sprache – aus Schallwellen in einem bestimmten Frequenzbereich. Diese Schallwellen werden entweder durch die Luft oder über den Schädelknochen über das Mittelohr ans Innenohr geleitet, wo der Hörnerv stimuliert wird und anschließend über Aktionspotentiale, die an den auditorischen Kortex weitergeleitet werden, ein Höreindruck entsteht. Werden die Schallwellen über die Luft geleitet, treffen sie nach dem Weg durch den äußeren Gehörgang auf das Trommelfell und bringen dieses zum Schwingen. Daraufhin wird diese Schwingung über die Gehörknöchelchen im Mittelohr zuletzt auf die am ovalen Fenster der Cochlea (Gehörschnecke) endende Steigbügelplatte übertragen. Diese leitet die Schwingungen über das ovale Fenster auf die Perilymphe in der Scala vestibuli fort (s. Abb. 3). Wird ein Geräusch über den Schädelknochen übertragen, werden die Schwingungen unter Umgehung des Trommelfells direkt auf die Gehörknöchelchen bzw. die Perilymphe weitergeleitet. Durch eine Volumenverschiebung der Perilymphe kommt es zur Auslenkung der Basilarmembran aus ihrer Ruhelage. Diese Auslenkung setzt sich anschließend als Wanderwelle in Richtung der Spitze der Cochlea

(Helicotrema) fort. Die Frequenzen der Schwingungen haben ihre maximale Amplitude an unterschiedlicher Stelle: niedrige Frequenzen nahe des Helicotrema und hohe Frequenzen nahe dem ovalen Fenster (Tonotopie). Durch die Bewegung der Basilarmembran kommt es in der Scala media zu einer Verschiebung der Sinneshaare der inneren und äußeren Haarzellen durch Scherkräfte an der Membrana tectoria. Hierdurch kommt es mittels Ionenverschiebungen aus der Endolymphe in die Haarzellen zur Ausbildung von Aktionspotentialen in den anliegenden Nervenfasern. Die Aktionspotentiale werden über den Nervus vestibulocochlearis über den Hirnstamm zum Audiokortex weitergeleitet. Die äußeren Haarzellen dienen vor allem der Verstärkung der Amplitude der Wanderwelle durch aktive mechanische Kontraktion. (Boenninghaus & Lenarz, 2005)

Abbildung 2 – Aufbau des Ohres (planet-schule.de, 2008) mit Ergänzung

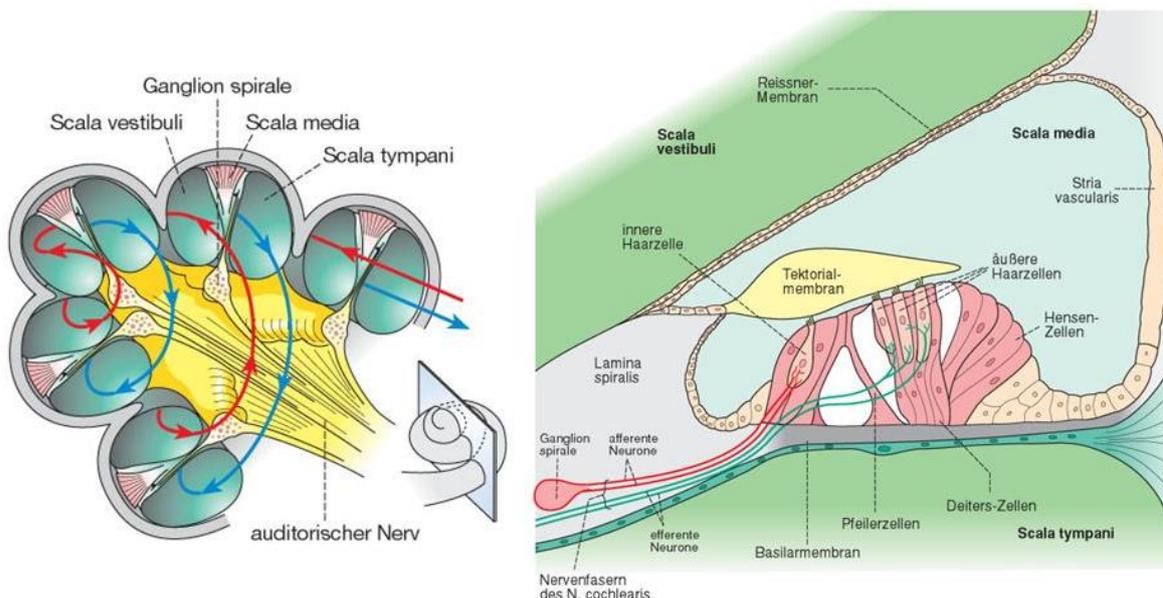


Abbildung 3 – Aufbau der Cochlea (Deetjen, Speckmann, & Hescheler, 2004)

Bei einem solch diffizilen Prozess kann es zu unterschiedlichen Störungen kommen, die in einer Hörschädigung resultieren. Man unterscheidet bei Hörstörungen die Schallleitungsschwerhörigkeit und die Schallempfindungsschwerhörigkeit. Erstere betrifft das äußere und das Mittelohr, Letztere das Innenohr oder den Hörnerven. Auch Kombinationen von beiden Störungen sind möglich (Boenninghaus & Lenarz, 2005).

Insgesamt mehr als 5 % der Weltbevölkerung – über 360 Millionen Menschen – sind von einer Hörschädigung betroffen (Weltgesundheitsorganisation, 2017). In Deutschland gelten etwa 16% der Bevölkerung (ca. 11,1 Millionen) als schwerhörig (von Gablenz, Hoffmann, & Holube, 2017).

1.2 Hörschädigung und Sprachveränderung

Hören und Sprechen und somit auch das Hören und die Sprache sind eng verbunden. Schon vor der Geburt – etwa ab der 28. Schwangerschaftswoche ist das Innenohr in seiner Grundform entwickelt und der Fötus kann Geräusche und Sprache hören. Durch die Dämpfung durch Uterus und Fruchtwasser wird v.a. die Melodie der Sprache wahrgenommen. Aufgrund der pränatalen Hörerfahrung ist das Neugeborene direkt nach der Geburt in der Lage, die Stimme seiner Mutter wiederzuerkennen (Butzkamm & Butzkamm, 2008). Zunächst bringt der Säugling Laute eher reflektorischer Art hervor, beispielsweise um Unmut auszudrücken oder beim Trinken. Der Spracherwerb eines Kindes funktioniert, indem es zunächst vokalische Lautvorläufer produziert sowie „vegetative Laute wie Lachen oder Niesen“ (Kauschke, 2012). Dann beginnt es mit dem Lallen und Gurren, über welches die Artikulationsorgane ausprobiert werden (Butzkamm & Butzkamm, 2008). Ab dem sechsten Lebensmonat beginnt das Kind mit dem „kanonischen Babbeln“; hierbei werden bekannte Silben verdoppelt (z. B. dadadadada). Ab dem 12. Lebensmonat werden mit großer zeitlicher Schwankungsbreite einfache Worte realisiert, die nur im Kontext bereits bekannter Situationen verwendet werden. Im zweiten Lebensjahr wird die 50-Wort-Marke erreicht (Kauschke, 2012). Über das Hören der gesprochenen Sprache kann man seine Lautäußerungen überprüfen und gegebenenfalls ändern oder anpassen. Bei Hörschädigung kann es aufgrund dieses Verlustes des auditorischen Feedbacks zu mehr oder weniger deutlichen Sprachveränderungen kommen. Hierbei gibt es Unterschiede in der gesprochenen Sprache von Menschen, die prä-/peri- oder postlingual, d.h. vor/während oder nach dem Spracherwerb ertaubt sind.

Die Ertaubung¹ ist hier als prälingual definiert, wenn der Hörverlust angeboren war oder in den ersten zwölf Lebensmonaten auftrat; perilingual, wenn er im Alter von ein bis vier Jahren eintrat und postlingual, wenn er sich nach dem vierten Geburtstag ereignete (Uziel, Mondain, & Reid, 1995).

Prälingual ertaubte Menschen haben oft eine veränderte Sprache, da sie nie die Möglichkeit hatten, ihre eigene Sprache zu kontrollieren; manche hatten niemals Zugang zur normalen auditiven Wahrnehmung von Sprache. Dies zeigen verschiedene Studien (z. B. Hudgins & Numbers (1942) und Smith (1975)). Andere Studien zeigen, dass auch ein Hörverlust nach dem Abschluss des Spracherwerbs zu Sprachveränderungen führen kann. Beispielsweise fanden Leder & Spitzer (1990) heraus, dass die Aufrechterhaltung von akkurater Sprache und Stimmqualität auf der Existenz einer suffizienten und stabilen auditorischen Rückmeldung beruht.

Sprache kann in einen segmentalen (Artikulation eines einzelnen Phonems) und in einen suprasegmentalen Teil (Satzrhythmus, Sprechrate, Sprachverständlichkeit, etc.) gegliedert werden. Im Falle einer **prä-/perilingualen** Ertaubung können diverse segmentale und suprasegmentale Veränderungen festgestellt werden; **postlingual** ertaubte Personen können eine gute Sprachqualität beibehalten. Ist dies nicht der Fall, findet man sowohl bei segmentalen als auch bei suprasegmentalen Aspekten erkennbare Änderungen. Im Vergleich zu normalhörenden Personen zeigen prä-/peri- und postlingual Ertaubte verschiedene auffällige Sprachveränderungen: eine langsamere Sprechrate (Hood & Dixon, 1969; Leder, et al., 1987), Variabilität der Grundfrequenz (Boone, 1966; Leder, Spitzer, & Kirchner, 1987), verminderte Sprachverständlichkeit (Hudgins & Numbers, 1942; Smith, 1975; Cowie, Douglas-Cowie, & Kerr, 1982), erhöhte oder verminderte Nasalität (Hudgins & Numbers, 1942; Penn, 1955) und Veränderungen bezüglich der Artikulation (Penn, 1955; Markides, 1970; Lane & Webster, 1991).

1.3 Cochlea-Implantat

Das Cochlea-Implantat (CI) – eine sensorische Prothese für Individuen mit schwerer oder mehr als hochgradiger Gehörschädigung (Van Lierde, Vinck, Baudonck, De Vel, & Dhooge,

¹ Für die vorliegende Arbeit ist „Ertaubung“ definiert als der Zeitpunkt, an dem Hörgeräte nicht mehr für das Sprachverstehen ausreichend waren, was einer funktionellen Ertaubung entspricht.

2005) – ist so konstruiert, dass das Hören für eine Person mit Hörverlust wieder möglich wird. Es ist das erste Gerät, das als Ersatz für ein ausgefallenes Sinnesorgan dient (Berliner, Eisenberg, & House, 1985). Es kann bei Menschen mit Innenohr-/Schallempfindungsschwerhörigkeit und weitgehend intaktem Hörnerv eingesetzt werden. Die Indikation dazu besteht dann, wenn ein Hörverlust mit konventionellen Hörgeräten nicht mehr adäquat ausgeglichen werden kann, also eine vollständige oder „funktionelle“ Surditas besteht. In der vorliegenden Arbeit wird dies im Weiteren nicht unterschieden.

Aktuell sind in Deutschland laut Schätzungen der Deutschen Cochlea Implantat Gesellschaft ungefähr 40.000 Menschen mit einem Cochlea-Implantat versorgt.

Aufbau: Ein Cochlea-Implantat besteht aus zwei Komponenten: Ein mittels Operation zu implantierender Teil und ein abnehmbarer, äußerlich sichtbarer Sprachprozessor. Die interne Komponente besteht aus dem Implantat mit einem Elektrodenträger, der in die scala tympani der Cochlea (s. oben) eingeführt wird. Der externe Teil ist ein Sprachprozessor mit Mikrofon und Batterie bzw. Akku. Der Sprachprozessor wird ähnlich einem Hörgerät über der Ohrmuschel getragen; an ihm ist eine Spule befestigt, die mittels eines Magneten mit dem implantierten Teil des Cochlea-Implantates verbunden wird (Hermann-Röttgen, 2010; Wintermantel & Ha, 2008)

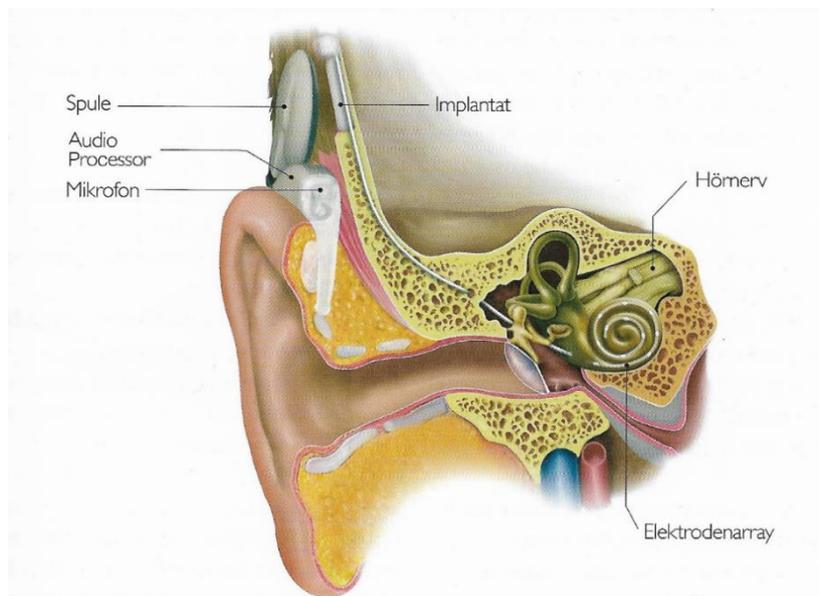


Abbildung 4 – Aufbau eines Cochlea-Implantats (Hermann-Röttgen, 2010)

Funktionsweise: Um einen Laut für den CI-Träger hörbar zu machen, wird dieser über das Mikrofon des Sprachprozessors aufgenommen und in elektrische Impulse umgewandelt. Diese

werden nun transkutan an den Empfängerteil des Implantats und weiter über die Elektroden in der Cochlea direkt an den Hörnerv übertragen. Diese Stimulation des Hörnervs führt zur Generierung von Aktionspotentialen und somit bei dem Cochlea-Implantat-Träger zu einer Hörwahrnehmung (Berliner, Luxford, & House, 1985).

1.4 Sprachveränderung bei CI-Trägern

Man könnte denken, dass eine gehörlose Person, die mit einem CI versorgt wird, anschließend in der Lage ist, eine normale Sprache wiederzuerlangen, da das Gerät ihm ermöglicht, Sprache normal wahrzunehmen und seine eigenen Sprachfehler zu korrigieren. Dennoch ist ein CI kein vollkommenes Äquivalent zum natürlichen Hörsinn, obwohl es Gegenstand vieler Studien und Verbesserungsansätze ist. Zusätzlich zu den Einschränkungen bei der Signalverarbeitung und -präsentation beeinflussen andere Faktoren das Resultat für den CI-Nutzer (z. B. Dauer des Mangels von auditorischem Feedback (Waltzman, Roland, & Cohen, 2002) und individuelle Fähigkeiten (Pisoni, 2000)). In einer Multicenter-Studie ermittelten Lazard et al. als negative Einflussfaktoren auf die Hörfähigkeit nach der CI-Versorgung eine tiefere durchschnittliche Reintonhörschwelle, die Bauart des CIs, eine niedrige Prozentzahl aktiver Elektroden, eine kurze Nutzungsdauer von Hörgeräten während der Zeit des völligen Hörverlusts sowie eine lange Dauer von mittelgradiger Hörminderung (Lazard et al., 2012).

Die Benutzung eines Cochlea-Implantates wirkt sich gleichwohl positiv auf die Sprachproduktion aus. Bei **prä-/perilingual** ertaubten Personen beinhalten die Veränderungen bei der Sprachproduktion nach Implantation: Eine verbesserte Sprachverständlichkeit (Van Lierde, et al., 2005; Tobey et al., 1991), eine Verbesserung der Artikulationsgenauigkeit bei Konsonanten (Dawson, et al., 1995) und Vokalen (Liker, Mildner, & Sindija, 2007), veränderte Nasalität (Monini, Banci, Barbara, Argiro, & Filipo, 1997) und eine bessere Kontrolle der Phonation (Hocevar-Boltezar, et al., 2006). Die bei Personen mit **postlingual** Eintritt des Hörverlustes gefundenen Veränderungen bei der Sprachproduktion sind: Bessere Sprachverständlichkeit (Gould, et al., 2001), eine akkuratere Artikulation (Konsonanten (Matthies, Svirsky, Lane, & Perkell, 1994; Hamzavi, et al., 2003), Vokale (Schenk, Baumgartner, & Hamzavi, 2003)), Veränderungen bei Nasalität (Langereis, Dejonckere, van Olphen, & Smoorenburg, 1997) und Grundfrequenz (Kishon-Rabin, Taitelbaum, Tobin, & Hildesheimer, 1999) sowie eine Verminderung der Wort- und Satzdauer (Langereis, et al., 1997).

Die vorliegende Studie untersucht, ob die Sprache von Menschen mit einer Ertaubung weiterhin verändert ist, nachdem ihnen ein Cochlea-Implantat, durch welches das auditorische Feedback verstärkt wird, eingesetzt wurde.

1.5 DIVA-Modell

Für die Einordnung der Patienten in unterschiedliche Gruppen wurde die Einteilung von Neumeier (2015) angewendet, die sich am DIVA-Modell von Guenther (Guenther, Ghosh, & Tourville, 2006) orientiert.

Das DIVA-Modell („Directions Into Velocities of Articulators“) gibt an, dass es für die Sprachproduktion Vorwärtskopplungs- („feedforward“) und Rückkopplungsmechanismen („feedback“) gibt. Um einen Laut zu produzieren, wird eine Sprachlaut-Kartierungs-Zelle („speech sound map cell“) aktiviert und Signale werden zu den auditorischen und somatosensorischen Cortexgebieten und zum Motorcortex gesendet, wo dann ein motorischer Befehl zu den Sprechorganen erfolgt (Feedforward-System). Indem man korrekte Artikulationen von anderen und sich selbst hört, wird eine auditorische Zielregion („auditory target region“) für jeden Sprachlaut geprägt. Diese Zielregion wird dann beim Sprechen mit dem aktuellen auditorischen Status abgeglichen, und jegliche Abweichung löst über einen Feedback-Mechanismus einen Korrekturbefehl auf die Sprechorgane aus. Das Gleiche geschieht mit der somatosensorischen Zielregion. Wenn das auditorische Feedback während des Spracherwerbs in der Kindheit fehlt oder eingeschränkt ist, führt dies zu nachfolgenden primären Einschränkungen der Sprachlautkarte („speech sound map“) (Neumeier, 2015).

Die Dauer der funktionellen Ertaubung wurde ebenfalls berücksichtigt: Wenn das auditorische Feedback beeinträchtigt ist, wird die Korrektur von Fehlern verhindert, da kein Vergleich zwischen der auditorischen Statuskarte („auditory state map“) und der auditorischen Zielregion („auditory target region“) möglich ist. Daher ist das System auf die somatosensorische Rückkopplung und die Feedforward-Befehle angewiesen, welche erhebliche Veränderungen kurzfristig verhindern. Langfristig kommt es aber durch zunehmende Schädigung des Vorwärtskopplungssystems zu Veränderungen in der Artikulation (Lane, et al., 2007).

1.6 Studienfragen

In der vorliegenden prospektiven Querschnittsstudie wurde die Sprache von 83 erwachsenen und heranwachsenden CI-Trägern mit unterschiedlicher Anamnese bezüglich ihres Hörverlustes untersucht. Hierzu wurden Sprachaufnahmen erstellt; diese wurden mittels perceptiver Analyse auf Artikulationsfehler bei Konsonanten untersucht.

Diese Arbeit befasst sich mit folgenden Fragen:

1. Welche und wie viele Artikulationsfehler treten mit Bezug auf Artikulationsstelle, -modus und Lautbildung in den Äußerungen von CI-Trägern auf?
2. Machen CI-Träger mit prä-/perilingualer Ertaubung andere und/oder mehr Artikulationsfehler als postlingual Ertaubte?
3. Hat eine längere oder kürzere Periode zwischen Eintreten der Ertaubung und CI-Implantation einen Einfluss auf die Anzahl und Art der Artikulationsfehler von CI-Trägern?

2. METHODE

2.1 Patienten

Für die Klärung der Fragestellung konnten insgesamt 83 Patienten (56 Frauen, 27 Männer) im Alter von 9 bis 86 Jahren ($m = 52,23$ Jahre, $SD = 20,15$ Jahre) mit beidseitigem mindestens hochgradigem Hörverlust rekrutiert werden (funktionelle oder komplette Surditas). Alle Patienten trugen jeweils ein oder zwei Cochlea-Implantate (Advanced Bionics, Cochlear, Med-El). Die durchschnittliche Nutzungsdauer des CI lag bei 7,01 ($SD 6,33$) Jahren. 33 Patienten waren bilateral mit Cochlea-Implantaten versorgt; 50 waren unilateral versorgt. 20 der unilateral versorgten Patienten trugen ein Hörgerät im kontralateralen Ohr. CI-Träger mit nur einem CI hatten mindestens eine an Taubheit grenzende Schwerhörigkeit auf der kontralateralen Seite.

Die CI-Versorgung erfolgte bei allen Studienteilnehmern in gleicher Weise: Die Implantation wurde stets zunächst an dem Ohr mit dem schlechteren Sprachverstehen durchgeführt. Vier bis sechs Wochen nach der Implantation wurde das Mapping des Sprachprozessors zusammen mit dem ersten Hörtraining durchgeführt. Die nächsten Termine für die Einstellung des Prozessors waren nach einem, drei, sechs und zwölf Monaten sowie anschließend jährlich.

Die Rekrutierung für die Studie erfolgte während der regulären Kontrolltermine in einem Zeitraum von einem Jahr. Personen mit Sprachstörungen aufgrund von neurologischen Erkrankungen wie z. B. Dysarthrie wurden von der Studie ausgeschlossen. Auch Personen mit starkem Dialekt wurden nicht eingeschlossen. Die Untersuchung wurde von der örtlichen Ethikkommission genehmigt und alle Patienten gaben eine Einverständniserklärung ab (Nr.: 553-11).

Die Anamnese bezüglich des Hörverlustes der Patienten wurde in Gesprächen mit den einzelnen Patienten erhoben. Um den Beginn des Hörverlustes und der (funktionellen) Taubheit festzustellen, wurden die Patienten gefragt, wann sie mit Hörgeräten versorgt wurden und ab welchem Zeitpunkt diese nicht mehr ausreichend für das Sprachverständnis gewesen seien. Patienten mit postlingualem Hörverlust konnten zum Großteil relativ genaue Angaben zum Beginn des Hörverlustes machen, wohingegen Patienten mit prä-/perilingualem Hörverlust oft keine detaillierten Aussagen zum genauen Eintreten machen konnten, da sie vor der Implementierung eines Neugeborenen-Hörscreenings geboren sind.

Für die Gruppenzuordnung wurde die Klassifikation von Neumeyer (2015) übernommen, die ihre Patientengruppen entsprechend dem DIVA-Modell von Guenther (Guenther, Ghosh, & Tourville, 2006) einteilte. Die Patienten wurden anhand des Zeitpunkts des Eintretens der Ertaubung und der Dauer der Ertaubung vor Versorgung mit einem CI einer von vier Gruppen zugeteilt. (Tabelle I):

- Gruppe C1 (n = 5): Prä- und perilingualer Hörverlust; Intervall zwischen dem Zeitpunkt, an dem Hörgeräte kein Sprachverstehen mehr ermöglichten, und der Implantation mit einem Cochlea-Implantat kürzer als 2 Jahre
- Gruppe C2 (n = 14): Prä- und perilingualer Hörverlust; Intervall zwischen dem Zeitpunkt, an dem Hörgeräte kein Sprachverstehen mehr ermöglichten, und der Implantation mit einem Cochlea-Implantat länger als 2 Jahre
- Gruppe C3 (n = 30): Postlingualer Hörverlust; Intervall zwischen dem Zeitpunkt, an dem Hörgeräte kein Sprachverstehen mehr ermöglichten, und der Implantation mit einem Cochlea-Implantat kürzer als 2 Jahre
- Gruppe C4 (n = 34): Postlingualer Hörverlust; Intervall zwischen dem Zeitpunkt, an dem Hörgeräte kein Sprachverstehen mehr ermöglichten, und der Implantation mit einem Cochlea-Implantat länger als 2 Jahre

Tabelle I - Daten der 83 Patienten

	C1	C2	C3	C4	All
n	5	14	30	34	83
Alter (in Jahren)	14,4 SD 4,16	32,71 SD 16,64	56,80 SD 16,86	61,79 SD 12,51	52,23 SD 20,15
Alter bei Eintreten des Hörverlustes (in Jahren)	0,80 SD 1,10	0,29 SD 0,83	50,90 SD 17,61	40,32 SD 23,01	35,01 SD 26,56
Dauer des Hörverlustes (in Jahren)	1,32 SD 0,80	24,12 SD 19,70	0,52 SD 0,71	18,59 SD 15,73	11,95 SD 16,11
weiblich /männlich	5 / 0	10 / 4	23 / 7	18 / 16	56 / 27

2.2 Vorgehen

Die Sprachaufnahmen wurden in der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde in Großhadern während der regulären Kontrolluntersuchungen angefertigt. Alle Sprachaufnahmen wurden auf Deutsch durchgeführt, der Muttersprache aller Patienten.

Für die Sprachaufnahmen wurde eine Wortliste bestehend aus 97 Wörtern (s. Anhang) verwendet. Sie wurden mit dem Computerprogramm „SpeechRecorder“ (Institut für Phonetik und Sprachverarbeitung der LMU München) mit einer sampling Frequenz von 22.05 kHz aufgenommen. Die 97 Wörter enthalten alle Phoneme des Deutschen – wenn möglich in verschiedener Position im Wort – in Anlehnung an den standardisierten PLAKSS-Test (Fox, 2005), der zur Untersuchung der phonetisch-phonologischen Entwicklung bei Kindern verwendet wird. Die Worte erschienen auf einem Computerbildschirm und die Patienten mussten diese laut vorlesen. Die Aufnahmen fanden in einem schallgedämmten Raum mit einem an einem Headset montierten Mikrophon statt (Beyerdynamic Microphone Opus 54.15-3). Im Falle eines Ablesefehlers wurden die Patienten gebeten, das Wort zu wiederholen. Bei Patienten mit Hörgerät im kontralateralen Ohr wurde dieses abgeschaltet.

Jeweils zwei Logopäden werteten im Team die Aufnahmen nach Artikulationsfehlern bei Konsonanten aus. Dies geschah durch Vergleich mit dem Ziellaut. Sie wurden angewiesen,

jede Aufnahme so oft zu wiederholen, bis sie eine Übereinstimmung ihrer Bewertung erreichten. Die Artikulationsfehler wurden bei jedem Wort markiert. Insgesamt gab es 15 Teams mit jeweils zwei Logopäden. Die Auswertung geschah verblindet, d. h. die Patienten waren den Auswertern nicht bekannt.

Die Inter-Rater-Reliabilität (Übereinstimmung der Bewertungen zwischen unterschiedlichen Auswertern) wurde an 28 Aufnahmen gemessen, die jeweils auf dieselbe Art und Weise durch zwei unterschiedliche der vorher genannten Logopädenteams ausgewertet wurden. Zu diesem Zweck wurden nur auffällige Aufnahmen mit mehr als 20 Konsonantenfehlern ausgewählt. Die Aufnahmen wurden durch die Mitarbeiterin ausgesucht, die während der regulären Kontrolluntersuchungen mit den Patienten arbeitet; sie war selbst nicht an den Auswertungen beteiligt.

2.3 Analyse

Artikulationsfehler wurden als die Anzahl der inkorrekten Artikulationen definiert. Die Phoneme wurden gemäß der Artikulationsstelle und dem Artikulationsmodus der Artikulation in Gruppen eingeteilt (s. Lautverzeichnis). Der Artikulationsmodus unterscheidet nach der „Art und Weise der Schallproduktion/-Modifikation an einer bestimmten Artikulationsstelle“ (Pompino-Marschall, 2009) (z. B. beim Nasal ein totaler oraler Verschluss mit gesenktem Velum (Pompino-Marschall, 2009)). Die Artikulationsstelle beschreibt hingegen „[d]ie unbeweglichen Stellen innerhalb des [...] Ansatzrohres, an denen mit den beweglichen [...] artikulierenden Organen [...] ein Laut gebildet wird“ (Pompino-Marschall, 2009). Laute, die im Lautverzeichnis in eckigen Klammern gedruckt sind, wurden in der vorliegenden Arbeit aufgrund des seltenen Vorkommens im Sprachmaterial von der Bewertung ausgenommen.

Für die statistische Analyse wurden die Artikulationsfehler bei Artikulationsmodus und -stelle als Prozentsatz fehlerhafter Artikulationen pro Phonemgruppe berechnet. Dies erfolgte, um im Sprachtest weniger häufig auftretende Phoneme nicht überzubewerten [z. B. wenn 9 von 10 /s/ und 9 von 10 /ʃ/ falsch artikuliert wurden, wurde ein Wert von 0,9 bei den Sibilanten vermerkt (18 Abweichungen/20 Phoneme)]. Für den Vergleich der Gruppen wurde SPSS Statistics 23 verwendet (IBM, USA) und eine logistische Regression durchgeführt, um die Gruppen mit prä-/perilingualem mit denen mit postlingualem Hörverlust bei den Gruppen mit kurzfristiger und langzeitiger Ertaubung zu vergleichen und vice versa. Das logistische Modell

enthält die beiden Haupteffekte prä-/perilinguale vs. postlinguale Ertaubung und kurzfristige vs. langfristige Ertaubung sowie die Interaktionsterme dieser Haupteffekte. In den wenigen Fällen, in denen das logistische Modell nicht konvergent verlief, da die Fehlerraten sehr klein waren, wurden Vergleiche innerhalb der Gruppen durchgeführt. Hierzu wurde ein Mann-Whitney-U-Test für den Vergleich zwischen kurz- und langfristiger Ertaubung anhand des Zeitpunkts des Eintretens der Ertaubung (C1 vs. C2 und C3 vs. C4) verwendet. Alle statistischen Tests wurden als informatorisch erachtet und deskriptiv ausgewertet. Daher wurden die p-Werte nicht für multiples Testen korrigiert.

Bezüglich der Lautbildung wurden die inkorrekten Artikulationen der Gruppen mit prä-/perilingualem Hörverlust gegen postlingualen Hörverlust (C1 + C2) vs. (C3 + C4) und früher Implantation nach Hörverlust (C1 + C3) gegen späte Implantation (C2 + C4) jeweils als 100% gewertet, um die unterschiedlichen Werte vergleichbar zu machen. Lautbildungsfehler bezeichnen die Art der Abweichung eines artikulierten Konsonanten vom Ziellaut. Beispielsweise entspricht eine Distorsion einer Abweichung vom Ziellaut innerhalb der Phonemgrenzen (Van Borsel, 1996) und eine Elision dem Weglassen zumeist unbetonter Phoneme (Weinrich & Zehner, 2005).

Die Inter-Rater-Reliabilität wurde mittels Cohen's Kappa berechnet.

Für einen Überblick über die Auswertung folgt im Anschluss eine Ablaufskizze:

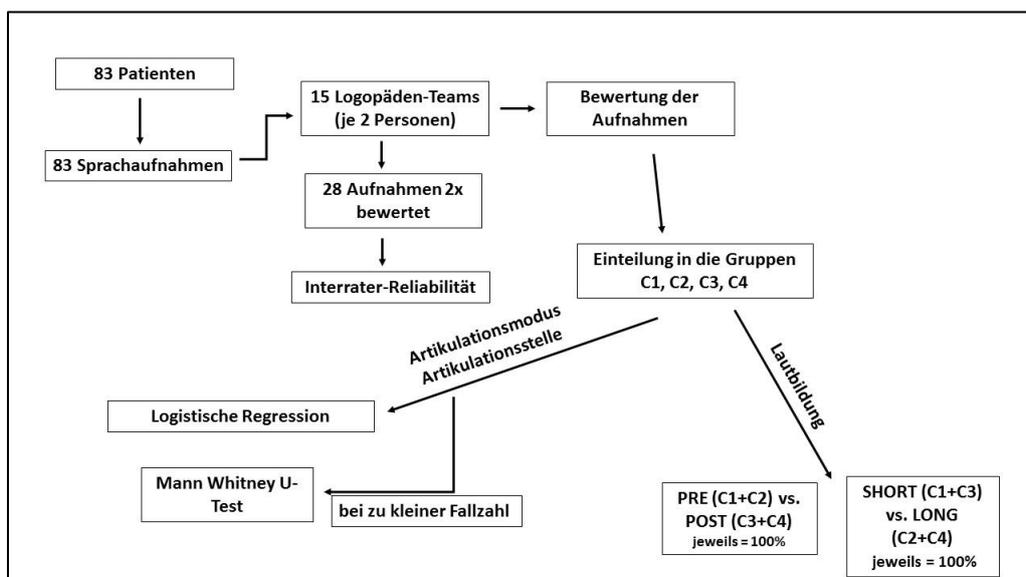


Abbildung 5 – Ablaufskizze Auswertung

3 ERGEBNISSE

3.1 Absolute Werte

Insgesamt produzierten die 83 Patienten eine Anzahl von 920 Artikulationsfehlern in 8051 (83 x 97) Äußerungen, das entspricht 11,4%. Im Folgenden sind die absoluten Zahlen dargestellt:

Die meisten Artikulationsfehler bezüglich des **Artikulationsmodus** wurden bei den Sibilanten (404) gefunden. Den Plosiven (289) folgten die Vibranten (85), Frikative (ohne Sibilanten) (50) Nasale (46) und Approximanten (46).

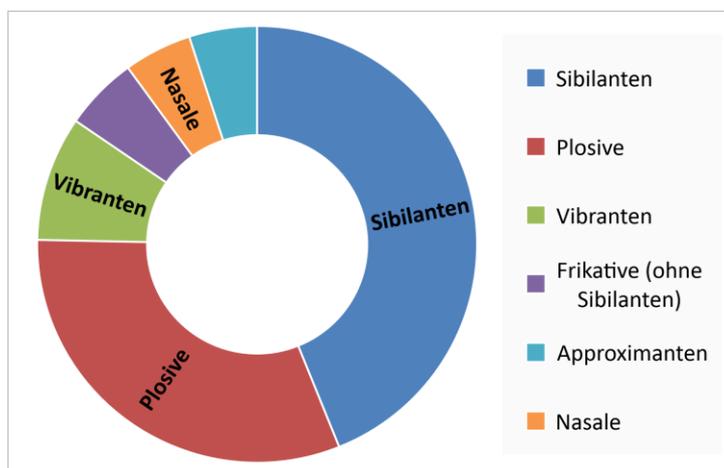


Diagramm 1 – Artikulationsmodus – Artikulationsfehler; absolute Werte

Bei der **Artikulationsstelle** wurden die meisten Artikulationsfehler bei den Alveolaren (433) gefunden. Anschließend folgten in absteigender Reihenfolge die Postalveolare (197), Velare (88), Uvulare (85), Bilabiale (63), Labiodentale (46), Palatale (4) und Glottale (4).

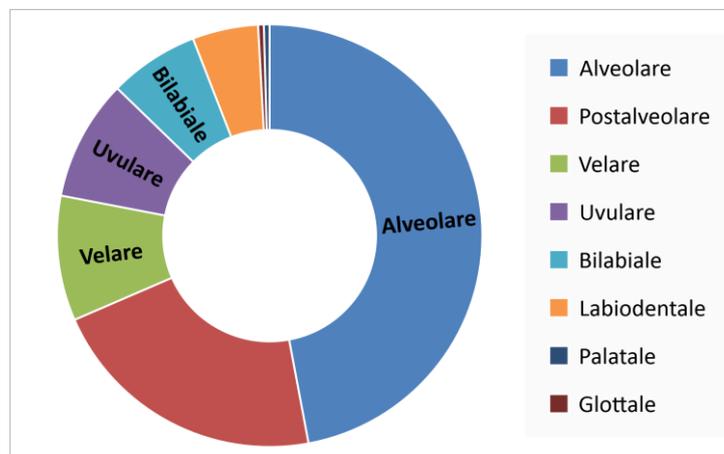


Diagramm 2 – Artikulationsstelle – Artikulationsfehler; absolute Werte

In Bezug auf die **Lautbildung** war der häufigste Fehler die Distorsion (D) (382); nachgefolgt von Substitution (S) (266), Elision (E) (111), Konsonant-Cluster-Reduktion (KCR; jede KCR wurde zu dem Laut gezählt, der ausgelassen wurde) (61), Tensionsreduktion (T) (52), Addition (A) (22), Nasalisierung (N) (17) und Densalisierung (DN) (8). Da ein Fehler nicht genau zugeordnet werden konnte, wurde dieser aus der Berechnung herausgenommen.

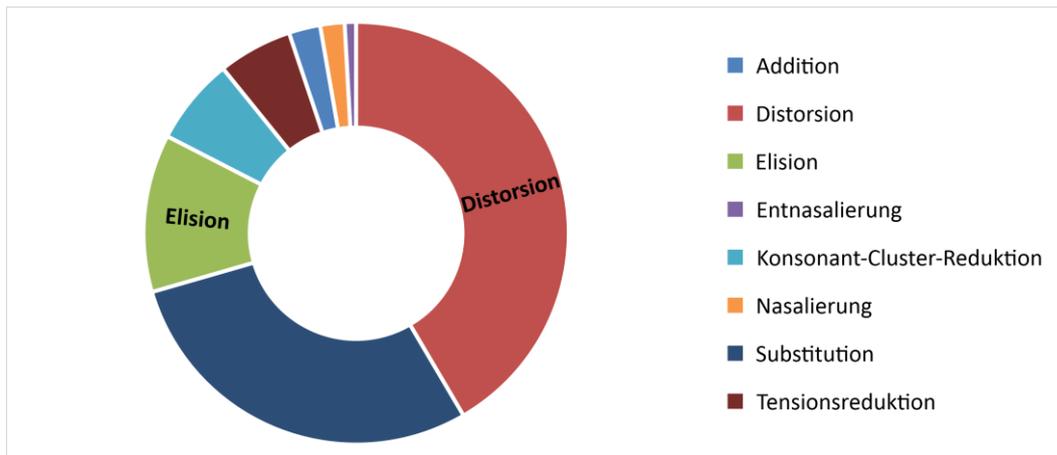


Diagramm 3 – Lautbildung – Artikulationsfehler; absolute Werte

3.2 Inter-Rater-Reliabilität

Cohen's Kappa wurde für jede Phonemgruppe der Artikulationsstelle berechnet (s. oben), welche alle getesteten Phoneme (291) beinhalten. Cohen's Kappa betrug durchschnittlich über die Phonemgruppen der Artikulationsstelle 0,467.

3.3 Vergleich PRE und POST (C1 vs. C3 und C2 vs. C4)

Zusammenfassend produzierten CI-Träger mit prä-/perilingualem Eintreten der Ertaubung (PRE) mehr Artikulationsfehler im Vergleich mit denen mit postlingualem Eintreten (POST). Dies konnte sowohl bei jenen mit kurzfristigem Hörverlust (SHORT: C1 vs. C3, durchschnittlich 7,6% vs. 2,3%, $p < 0,0001$) ebenso wie bei jenen mit langfristigem Hörverlust (LONG: C2 vs. C4, durchschnittlich 8,1% vs. 2,8%, $p < 0,0001$, Tabelle II) gezeigt werden.

Im Folgenden wird genauer auf die Ergebnisse in den einzelnen Untergruppen Artikulationsmodus, -stelle und Lautbildung eingegangen:

Bezüglich des **Artikulationsmodus** zeigt das Diagramm 4 größere Zahlen von Artikulationsfehlern bei CI-Trägern mit prä-/perilingualem Eintreten der Ertaubung sowohl bei jenen mit kurz- (C1 vs. C3) als auch bei jenen mit langfristiger Ertaubung (C2 vs. C4) in allen Phonemgruppen. Die größten Unterschiede fanden sich hier bei den Sibilanten (/s/, /ʃ/) (beide $p < 0,0001$; größerer Unterschied bei C1 vs. C3), Plosiven (/b/, /p/, /d/, /t/, /g/, /k/) (beide $p < 0,0001$), Approximanten (/j/, /l/) ($p = 0,011$ und $p < 0,0001$) und Nasalen (/m/, /n/) ($p = 0,23/p < 0,0001$, größerer Unterschied bei C1 vs. C3). Bei Vibranten (/r/) und Frikativen

(ohne Sibilanten) (/f/, /v/, /h/) zeigten sich keine deutlichen Unterschiede bei den Fehlerraten (Tabelle III).

Tabelle II - Artikulationsfehler – Vergleich PRE vs. POST jeweils innerhalb der Gruppe SHORT und LONG sowie Vergleich SHORT vs. LONG jeweils innerhalb der Gruppe PRE und POST

Alle Artikulationsfehler (Auftreten, Interaktions-p-Wert)	prä-/periling. vs. postlinguale Ertaubung		kurz- vs. langfristige Ertaubung	
	kurzfristige Ertaubung: C1 vs. C3	langfristige Ertaubung: C2 vs. C4	prä-/periling. Ertaubung: C1 vs. C2	postlinguale Ertaubung: C3 vs. C4
Alle (291; p=0,37)	1,25 (1,02; 1,49); p < 0,0001	1,12 (0,96; 1,29); p < 0,0001	0,07 (-0,16; 0,29); p = 0,55	-0,20 (-0,38; -0,02); p = 0,033

Die Zahlen geben die Richtung und die Stärke des Unterschiedes zwischen den Gruppen hinsichtlich der Fehlerrate (Regressionskoeffizient der logistischen Regression inklusive der Haupteffekte prä-/perilinguale vs. postlinguale Ertaubung, kurzfristige vs. langfristige Ertaubung sowie deren Interaktionsterm) an, sowie die 95%-Konfidenzintervalle und den Wald-p-Wert.

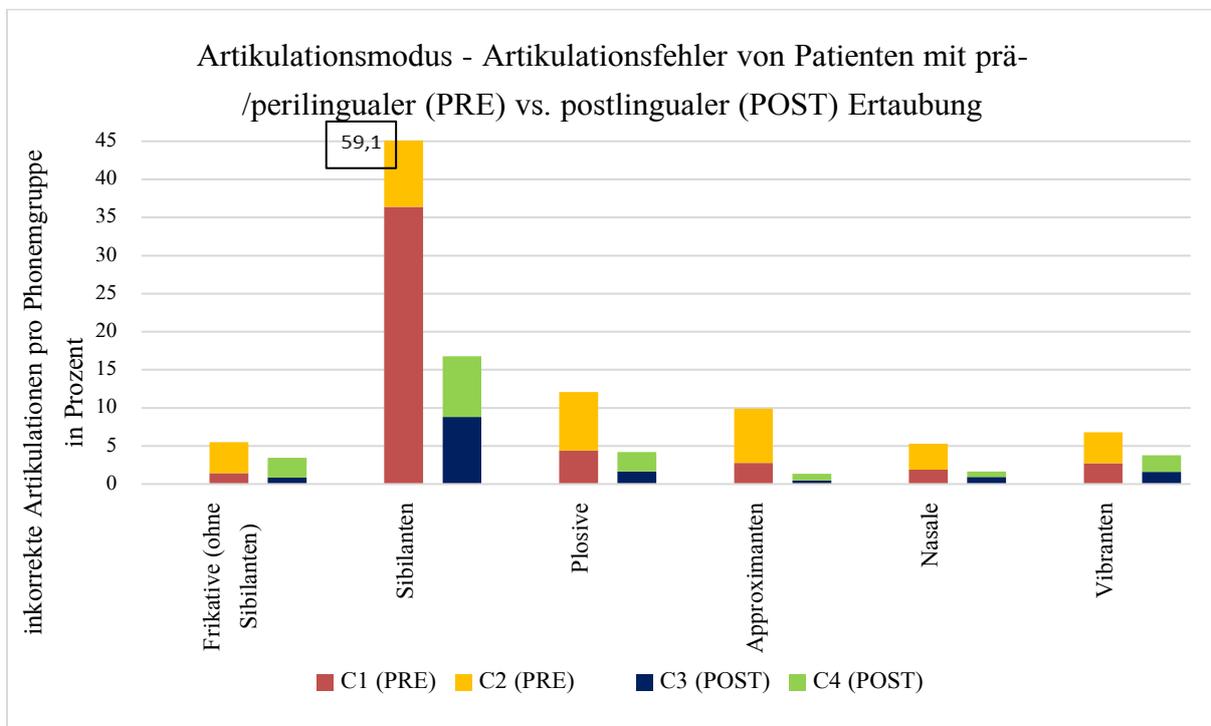


Diagramm 4 – Artikulationsmodus - Artikulationsfehler von Patienten mit prä-/perilingualer (PRE) vs. postlingualer (POST) Ertaubung

Tabelle III – Artikulationsmodus – Vergleich PRE vs. POST jeweils innerhalb der Gruppe SHORT und LONG sowie Vergleich SHORT vs. LONG jeweils innerhalb der Gruppe PRE und POST

Artikulationsmodus (Phoneme, Auftreten, Interaktions-p-Wert)	prä-/periling. vs. postlinguale Ertaubung		kurz- vs. langfristige Ertaubung	
	kurzfristige Ertaubung: C1 vs. C3	langfristige Ertaubung: C2 vs. C4	prä-/periling. Ertaubung: C1 vs. C2	postlinguale Ertaubung: C3 vs. C4
Frikative (ohne Sibilanten) <i>(/f/, /v/, /h/, 28, p=0,92)</i>	0,55 (-1,04; 2,13); p=0,50	0,46 (-0,18;1,09); p=0,16	-1,08 (-2,56; 0,41); p=0,15	-1,17 (-2,01; -0,32); p=0,007
Sibilanten <i>(/s/, /ʃ/, 39, p=0,015)</i>	1,78 (1,43; 2,14); p<0,0001	1,22 (0,94; 1,50); p<0,0001	0,67 (0,31; 1,02); p<0,0001	0,11 (-0,18; 0,39); p=0,47
Plosive <i>(/b/, /p/, /d/, /t/, /g/, /k/, 109, p=0,60)</i>	1,01 (0,52; 1,50); p<0,0001	1,16 (0,88; 1,44); p<0,0001	-0,59 (-1,04; -0,14); p=0,010	-0,44 (-0,10; -0,78); p=0,011
Approximanten <i>(/j/, /l/, 29, p=0,71)</i>	1,82 (0,42; 3,21); p=0,011	2,12 (1,37; 2,88); p<0,0001	-1,00 (-2,06; 0,07) p=0,066	-0,69 (-1,87; 0,49); p=0,25
Nasale <i>(/m/, /n/, 42, p=0,20)</i>	0,70 (-0,44; 1,84); p=0,23	1,61 (0,84;2,37); p<0,0001	-0,60 (-1,68; 0,49); p=0,28	0,31 (-0,53; 1,15) p=0,47
Vibranten <i>(/r/, 44, p=0,89)</i>	0,55 (-0,37; 1,47); p=0,24	0,63 (0,10; 1,16); p=0,020	-0,41 (-1,32; 0,49); p=0,37	-0,33 (-0,89; 0,22); p=0,28

Die Zahlen geben die Richtung und die Stärke des Unterschiedes zwischen den Gruppen hinsichtlich der Fehlerrate (Regressionskoeffizient der logistischen Regression inklusive der Haupteffekte prä-/perilinguale vs. postlinguale Ertaubung, kurzfristige vs. langfristige Ertaubung sowie deren Interaktionsterm) an, sowie die 95%-Konfidenzintervalle und den Wald-p-Wert.

In Hinsicht auf die **Artikulationsstelle** (Diagramm 5) zeigten Personen mit einem Eintreten der Ertaubung vor oder während des Spracherwerbs (PRE) eine höhere Prozentzahl an Artikulationsfehlern sowohl in der Gruppe mit kurzfristiger (SHORT; C1 vs. C3) als auch in der mit langfristiger Ertaubung (LONG; C2 vs. C4). Dies war bei den Alveolaren (/d/, /l/, /n/, /s/, /t/) (beide p<0,0001), den Postalveolaren (/ʃ/) (p<0,0001/ p=0,009) und den Velaren

(/g/, /k/) ($p=0,001/p<0,0001$) der Fall; die Unterschiede waren jeweils größer in C2 vs. C4 bei den Alveolaren, und in C1 vs. C3 bei den Postalveolaren. Kleinere Unterschiede wurden bei den Uvularen ($p=0,24/ p=0,020$) gefunden; bei den Labiodentalen zeigte sich kein deutlicher Unterschied. Bilabiale, Palatale und Glottale konnten aufgrund der sehr kleinen Fehlerraten nicht verglichen werden (Tabelle IV).

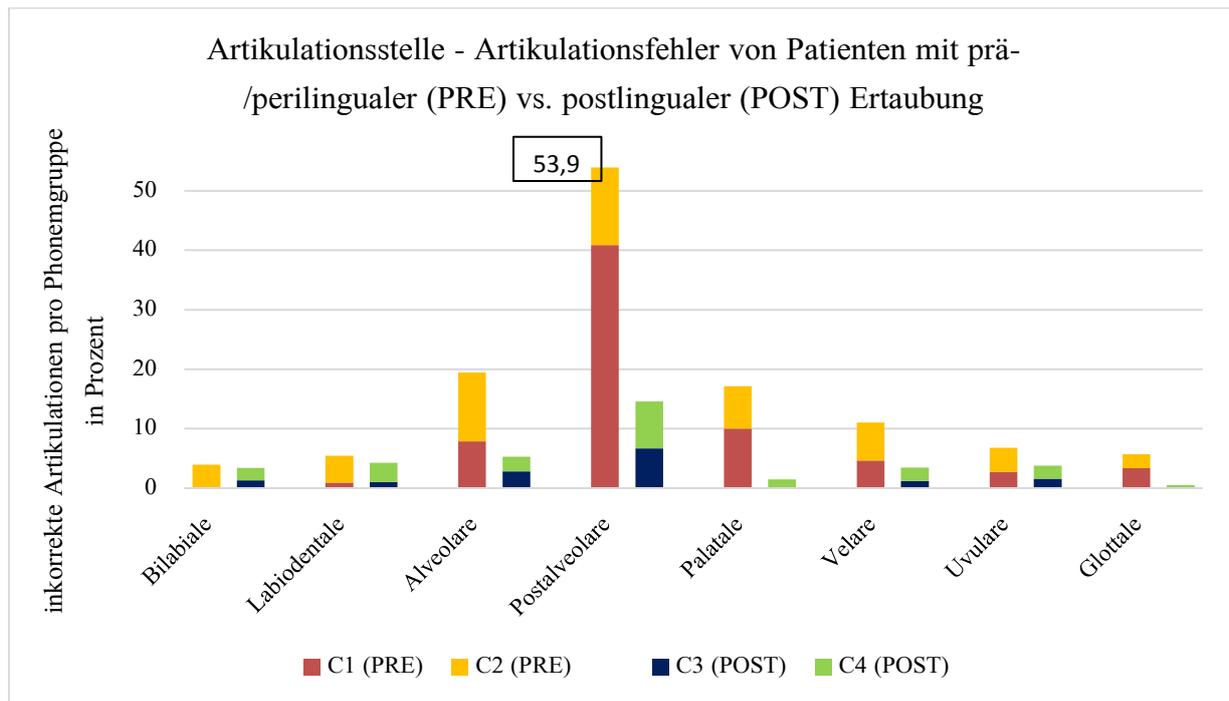


Diagramm 5 – Artikulationsstelle - Artikulationsfehler von Patienten mit prä-/perilingualer (PRE) vs. postlingualer (POST) Ertaubung

Tabelle IV – Artikulationsstelle – Vergleich PRE vs. POST jeweils innerhalb der Gruppe SHORT und LONG sowie Vergleich SHORT vs. LONG jeweils innerhalb der Gruppe PRE und POST

Artikulationsstelle (Phoneme, Auftreten, Interaktions-p-Wert)	prä-/periling. vs. postlinguale Ertaubung		kurz- vs. langfristige Ertaubung	
	kurzfristige Ertaubung: C1 vs. C3	langfristige Ertaubung: C2 vs. C4	prä-/periling. Ertaubung: C1 vs. C2	postlinguale Ertaubung: C3 vs. C4
Bilabiale (/b/, /m/, /p/), 38			p=0,17	p=0,63
Labiodentale (/f/, /v/), 22, p=0,65	-0,16 (-2,26;1,95); p=0,88	0,36 (-0,31;1,04); p=0,29	-1,65 (-3,69; 0,39) p=0,11	-1,13 (-1,98;-0,28); p=0,009
Alveolare (/d/, /l/, /n/, /t/, /s/), 117, p=0,015	1,09 (0,72;1,45); p<0,0001	1,64 (1,39;1,89); p<0,0001	-0,43 (-0,77; -0,09); p=0,012	0,12 (-0,16;0,4); p=0,41
Postalveolare (/ʃ/), 23, p<0,0001	2,27 (1,79;2,75); p<0,0001	0,55 (0,14; 0,97); p=0,0088	1,53 (1,03;2,02); p<0,0001	-0,19 (-0,58;0,21); p=0,35
Palatale (/j/), 2			p>0,99	p>0,99
Velare (/g/, /k/), 39, p=0,55	1,39 (0,53;2,24); p=0,001	1,08 (0,59;1,58); p<0,0001	-0,35 (-1,1;-0,4); p=0,36	-0,65 (-1,29;-0,01); p=0,05
Uvulare (/R/), 44, p=0,89	0,55 (-0,37; 1,47); p=0,24	0,63 (0,10; 1,16); p=0,020	-0,41 (-1,32; 0,49); p=0,37	-0,33 (-0,89; 0,22); p=0,28
Glottale (/h/), 6			p>0,99	p>0,99

Die Zahlen geben die Richtung und die Stärke des Unterschiedes zwischen den Gruppen hinsichtlich der Fehlerrate (Regressionskoeffizient der logistischen Regression inklusive der Haupteffekte prä-/perilinguale vs. postlinguale Ertaubung, kurzfristige vs. langfristige Ertaubung sowie deren Interaktionsterm) an, sowie die 95%-Konfidenzintervalle und den Wald-p-Wert. Bei den Bilabialen und Palatalen war die logistische Regression aufgrund der sehr geringen Fehlerrate als Test nicht geeignet. Hier wurde der Mann-Whitney-U-Test angewendet, weshalb nur die p-Werte angegeben werden.

Bei der **Lautbildung** imponierten die größten Unterschiede zwischen den Gruppen mit mehr Fehlern bei CI-Trägern mit prä-/perilingualem Eintreten des Hörverlusts (PRE; C1 + C2) bei der Konsonant-Cluster-Reduktion sowie bei der Nasalisierung gefolgt von Addition, Substitution und Tensionsreduktion (Diagramm 6). Mehr Abweichungen zeigten sich bei der Gruppe mit postlingualem Eintreten des Hörverlustes (POST; C3 + C4) bei den Distorsionen ebenso wie bei der Elision und Denasalisierung.

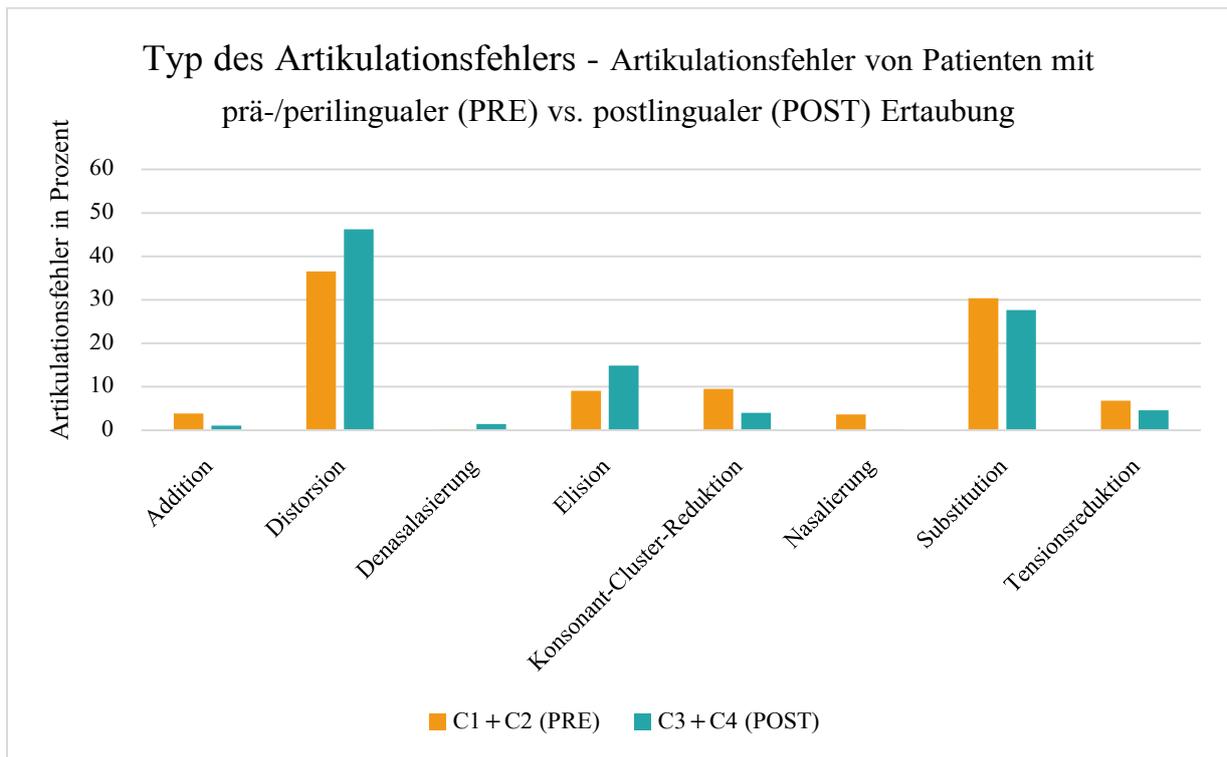


Diagramm 6 – Lautbildung - Artikulationsfehler von Patienten mit prä-/perilingualer (PRE) vs. postlingualer (POST) Ertaubung

3.4 Vergleich SHORT und LONG (C1 vs. C2 und C3 vs. C4)

Insgesamt produzierten CI-Träger mit langfristiger Ertaubung etwas mehr Artikulationsfehler verglichen mit denen mit kurzfristiger Ertaubung in der Gruppe mit prä-/perilingualem Eintreten des Hörverlustes (C1 vs. C2, durchschnittlich 7,6% vs. 8,1%, $p=0,033$), jedoch nicht unter denen mit postlingualem Eintreten des Hörverlusts (C3 vs. C4, durchschnittlich 2,3% vs. 2,8%, $p=0,55$, Tabelle II).

Im Anschluss folgen die Resultate der einzelnen Kategorien (Artikulationsmodus, -stelle und Lautbildung):

Hinsichtlich des **Artikulationsmodus** zeigten Patienten mit einer langfristigen Ertaubung (LONG; C2 + C4) eine höhere Rate an Artikulationsfehlern in allen Phonemgruppen außer bei den Sibilanten (Diagramm 7) im Vergleich zu jenen mit einer kurzfristigen Ertaubung (SHORT). Die größten Unterschiede zwischen den zu vergleichenden Gruppen (C1 vs. C2 und C3 vs. C4) traten bei den Plosiven (/b/, /p/, /d/, /t/, /g/, /k/) ($p=0,010/ p=0,011$) und Frikativen (ohne Sibilanten) (/f/, /v/, /h/) ($p=0,15/ p=0,007$) sowie für C1 vs. C2 nur bei den Sibilanten (/s/, /ʃ/) ($p<0,0001$) auf (Tabelle III).

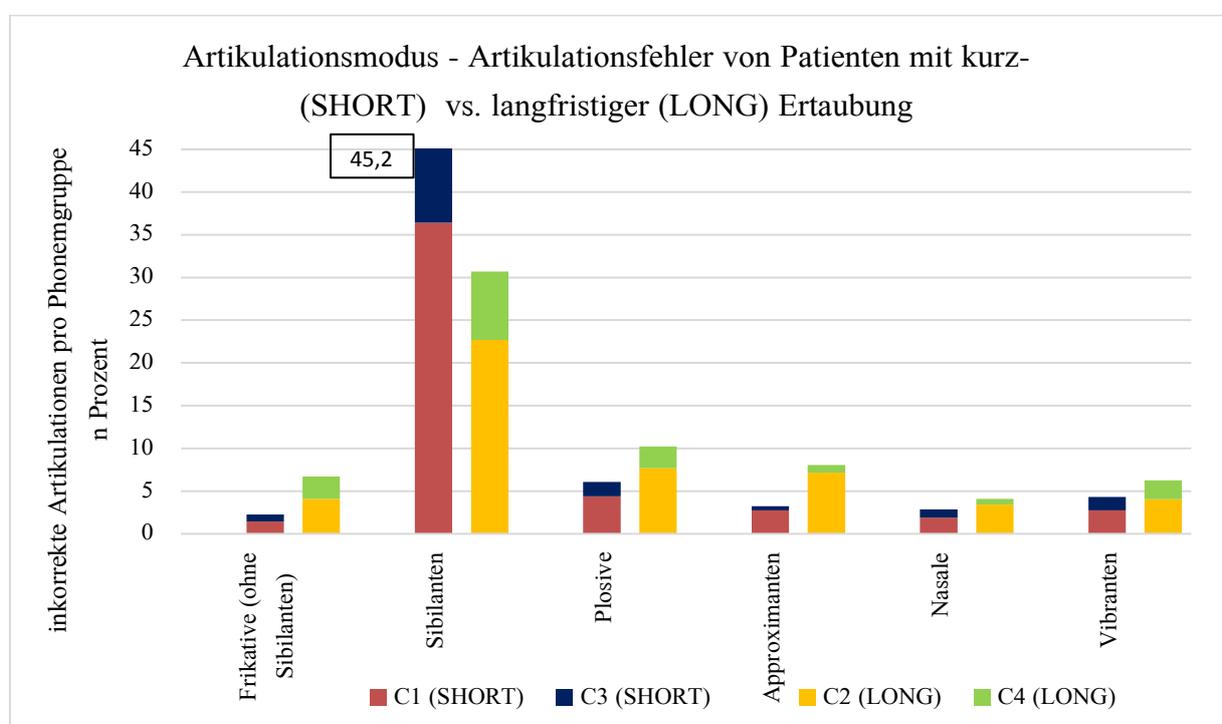


Diagramm 7 – Artikulationsmodus - Artikulationsfehler von Patienten mit kurz- (SHORT) vs. langfristiger (LONG) Ertaubung

In Bezug auf die **Artikulationsstelle** produzierten CI-Träger mit langfristigem Hörverlust (LONG; C2 + C4) mehr Artikulationsfehler bei allen Phonemgruppen außer bei den Lauten mit postalveolarer, palataler und glottaler Artikulationsstelle (Diagramm 8). Die Unterschiede zeigten sich am größten bei C1 vs. C2 bei den Postalveolaren (/ʃ/) ($p < 0,001$) und Alveolaren (/d/, /l/, /n/, /s/, /t/) ($p = 0,012$) genauso wie bei C3 vs. C4 bei den labiodentalen Lauten (/f/, /v/) ($p = 0,11$ / $p = 0,009$) (Tabelle IV).

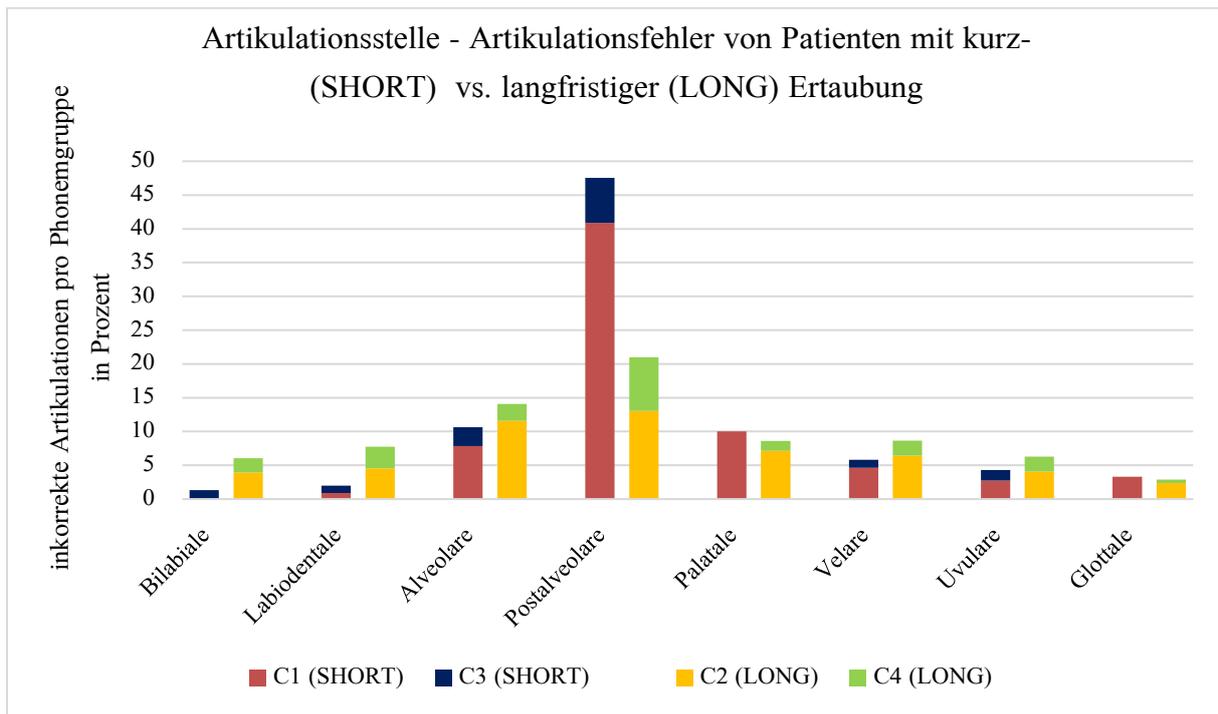


Diagramm 8 – Artikulationsstelle - Artikulationsfehler von Patienten mit kurz- (SHORT) vs. langfristiger (LONG) Ertaubung

Die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen bezüglich der **Lautbildung** zeigten sich am stärksten bei den Distorsionen gefolgt von Denasalisierungen und Additionen mit mehr Veränderungen bei den Patienten mit kurzfristiger Ertaubung (SHORT; C1 + C3) (Diagramm 9). Bei den Patienten mit langfristiger Ertaubung (LONG; C2 + C4) zeigten sich mehr Substitutionen gefolgt von kleiner werdenden Unterschieden bei Konsonant-Cluster-Reduktionen, Tensionsreduktionen, Nasalierungen und Elisionen.

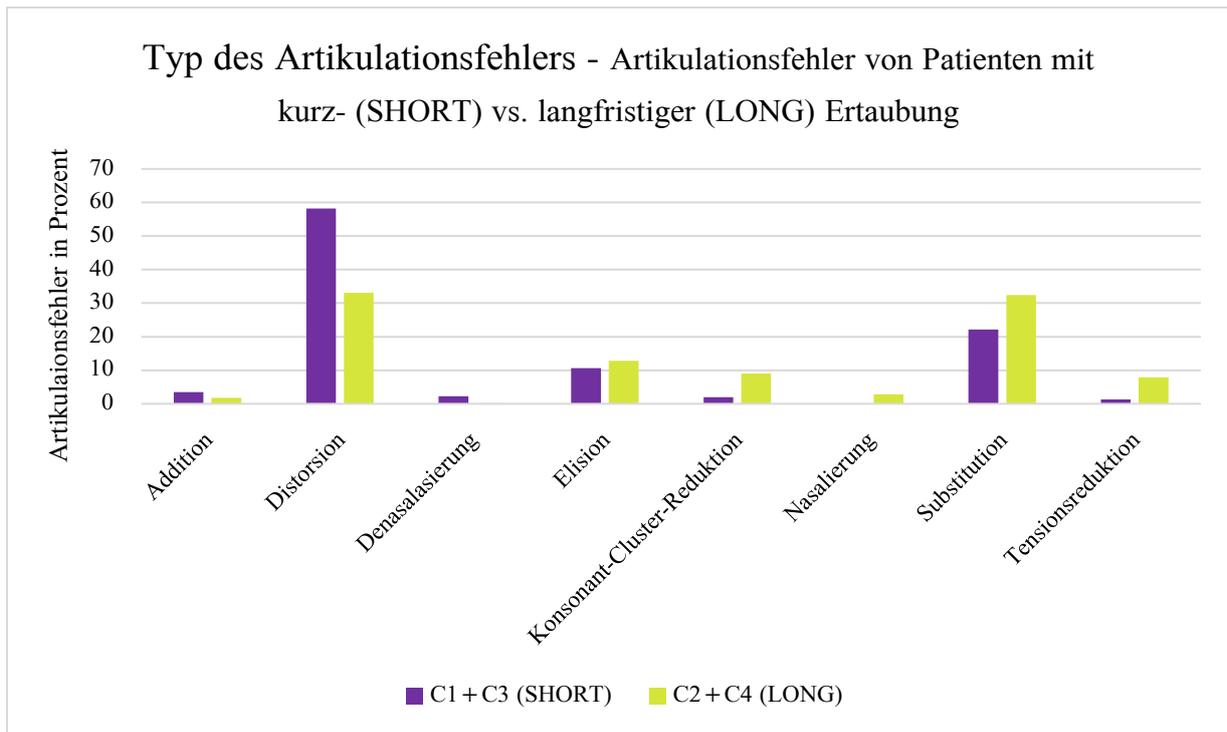


Diagramm 9 – Lautbildung - Artikulationsfehler von Patienten mit kurz- (SHORT) vs. langfristiger (LONG) Ertaubung

4 DISKUSSION

Hörverlust führt zu Sprachveränderungen nicht nur bei prä-/perilingual, sondern auch bei postlingual ertaubten Personen. Die vorliegende Arbeit untersucht die Art der Fehler, die CI-Träger bei der Artikulation von Konsonanten produzieren, und ob die Art und die Frequenz der Fehler durch das Alter bei Eintreten der Ertaubung und/oder Zeitdauer zwischen Einsetzen der Ertaubung und der Versorgung mit einem Cochlea-Implantat beeinflusst werden. Um die Sprache der Patienten zu bewerten, wurde eine Einteilung der Artikulationsfehler in drei Kategorien vorgenommen: Artikulationsmodus, Artikulationsstelle und Lautbildung.

Die Forschung beschäftigte sich zunächst vor allem mit dem Hören nach der Implantation eines Cochlea-Implantats. Da das Hören unmittelbar Einfluss auf das Sprechen und auf den Alltag der CI-Träger hat, wurden vermehrt Untersuchungen zur Sprache und Artikulation bei Cochlea-Implantat-Trägern durchgeführt. Unterschiede der Artikulation von Konsonanten zwischen prä-/perilingual und postlingual Ertaubten wurden bis jetzt noch nicht an einer größeren Kohorte aufgezeigt. Dies soll durch die vorliegende Studie geändert werden.

Inter-Rater-Reliabilität

Cohen's Kappa betrug durchschnittlich über die einzelnen Phonemgruppen der Artikulationsstelle (Alveolare, Postalveolare, Velare, Uvulare, Bilabiale, Labiodentale, Palatale und Glottale) 0,467. Dies stellt eine moderate Übereinstimmung dar, vergleichbar mit anderen Arbeiten zur perzeptiven Bewertung der Artikulation (Paal, Reulbach, Strobel-Schwarthoff, Nkenke, & Schuster, 2005). Zu berücksichtigen ist, dass nur die Aufnahmen mit mehr als 20 Artikulationsfehlern zweimal durch die Logopäden-Teams ausgewertet wurden. Bei zusätzlicher zweifacher Auswertung von Aufnahmen mit wenigen oder ohne Fehler ist von einem höheren Kappa-Wert auszugehen.

4.1 Studienfrage 1

Die Frage: **Welche und wie viele Artikulationsfehler treten mit Bezug auf Artikulationsstelle, -modus und Lautbildung in den Äußerungen von CI-Trägern auf?** wird im Folgenden in Unterkapiteln für Artikulationsmodus, Artikulationsstelle und Typ des Artikulationsfehlers behandelt. Es werden jeweils die am häufigsten auftretenden Artikulationsfehler dargestellt.

4.1.1 Artikulationsmodus

Aus den 920 erfassten Fehlern traten 43,9% (404) bei den Sibilanten auf. Die Fehler, die in der Sibilantenkategorie (/s/, /ʃ/) produziert wurden, wurden separat erfasst – sie sind eigentlich den Frikativen zugeordnet – da der Frequenzbereich der Sibilanten in den höheren Frequenzen liegt. Da Cochlea-Implantate nur eine begrenzte Auflösung vor allem in den höheren Frequenzen bieten, kann es für CI-Träger schwierig sein, Phoneme in den höheren Frequenzen akkurat wahrzunehmen und zu unterscheiden, so z. B. auch bei den Sibilanten: Das Cochlea-Implantat versucht, die Tonotopie des natürlichen Hörsinns nachzuempfinden. Da der begrenzten Anzahl Elektroden des CIs tausende Rezeptorzellen entgegenstehen, werden Frequenzen zu Frequenzbändern zusammengefasst. Diese unterscheiden sich im Umfang von kleiner Frequenzbandbreite bei den niedrigen Frequenzen zu großer Frequenzbandbreite bei den hohen Frequenzen (Wintermantel & Ha, 2008). Dies führt zu einer besseren Auflösung bei den tiefen und einer schlechteren Auflösung bei den höheren Frequenzen, wo unter anderem der Frequenzbereich der Sibilanten liegt. Perkell et al. (Perkell, et al., 2004) stellte fest, dass die variierende Befähigung von Sprechern, den Kontrast zwischen den Sibilanten /s/ und /ʃ/ wahrzunehmen positiv mit ihrer Fähigkeit korrelierte, den Kontrast korrekt zu artikulieren. Todd et al. (Todd, Edward, & Litovsky, 2011) bestätigte diese Theorie, indem er herausfand, dass der Kontrast zwischen /s/ and /ʃ/ bei Kindern mit CIs durch ihre kleinere „auditorische Diskriminationsfähigkeit“ („auditory discrimination ability“) beeinflusst wird. Da sich jedoch die Artikulation von Kindern, die vor ihrem ersten Geburtstag mit einem CI versorgt wurden, größtenteils unbeeinträchtigt zeigte (Cosetti & Roland Jr., 2010), ist die Frequenzauflösung möglicherweise nicht der einzige Grund für die Artikulationsfehler bei den Sibilanten.

In dieser Arbeit wurden in der Sibilantenkategorie 312 Distorsionen (77,2%) festgestellt („deviant production of a target sound not crossing phoneme boundaries“ – abweichende Produktion eines Ziellautes ohne Übertreten der Phonemgrenzen (Van Borsel, 1996)) – am ehesten Veränderungen von /s/ nach /ʃ/ und andersherum. Das demonstriert, dass die CI-Träger Schwierigkeiten hatten, den Kontrast zwischen diesen zwei Sibilantenphonemen zu artikulieren. Der Frequenzbereich von /s/ liegt höher als der von /ʃ/; folglich ist die Hörbarkeit für CI-Träger stärker eingeschränkt. Andere Studien (Perkell, et al., 2004; Uchanski & Geers, 2003) zeigten sogar noch mehr Fehler bei dem Phonem /s/ mit einer Erniedrigung des Frequenzbereiches mit der höchsten Energie. In Hinblick auf die absoluten Werte bei Fehlern

bei /s/ und /ʃ/, zeigten sich in der vorliegenden Arbeit die Phoneme in ähnlichem Ausmaß beeinträchtigt: 207 (15,5%) Veränderungen bei /s/ und 197 (10,3%) bei /ʃ/.

Zusätzlich zum Frequenzbereich und der -auflösung, welche durch ein CI bereitgestellt werden, könnte eine andere Ursache für das hohe Ausmaß an Artikulationsfehlern bei den Sibilanten im Vergleich zu anderen Phonemgruppen sein, dass der Hörverlust vor allem bei postlingual ertaubten Personen zumeist in den höheren Frequenzen beginnt. Bereits ab einem Alter von 31 Jahren ist eine Einschränkung des Hörens vor allem in diesem Frequenzbereich bemerkbar, welche mit steigendem Alter zunimmt. Zu weiteren Einschränkungen führen zusätzliche schädliche Faktoren wie beispielsweise starke Lärmbelastung und Arteriosklerose (Mazurek, Stöver, Haupt, Gross, & Szczepek, 2008). Der frühere Beginn der Hörschädigung im Bereich der höheren Frequenzen resultiert in einer längeren auditiven Deprivation für diesen Frequenzbereich und daher zu einem längeren Fehlen von auditorischem Feedback, was wiederum zu einer höheren Anzahl an Fehlern bei der Artikulation von Sibilanten führen kann.

4.1.2 Artikulationsstelle

Die meisten Fehler wurden bei den Phonemen gefunden, welche in der alveolaren, postalveolaren und uvularen Region artikuliert werden. Nober (1967) fand bei 46 Kindern mit mindestens hochgradigem Hörverlust, dass die Konsonanten, die am besten sichtbar sind, jene seien, welche am besten artikuliert würden, während die am schlechtesten sichtbaren am häufigsten falsch artikuliert werden („that the consonants which are most visible are also the best articulated, while the least visible sounds are misarticulated most.“). Bouchard et al. (Bouchard, Normand, & Cohen, 2007) stellte fest, dass die Produktion von Konsonanten bei prälingual ertaubten Kindern in der Anfangsphase des Spracherwerbs kurz nach Versorgung mit einem CI hauptsächlich durch die Sichtbarkeit der Phoneme beeinflusst wird. Übereinstimmend mit dieser Aussage zeigte sich bei der vorliegenden Studie mit Patienten, die durch Implantation eines CIs ihr auditorisches Feedback zurückerlangten, die größte Anzahl an Fehlern bei den Alveolaren, die an einer schlecht sichtbaren Artikulationsstelle gebildet werden. Weniger Fehler wurden bei den Bilabialen gefunden, bei denen die Sichtbarkeit am höchsten ist, obgleich die Patienten dennoch 63 Fehler in dieser Kategorie produzierten. Die Sichtbarkeit, also die Möglichkeit die Phoneme von den Lippen abzulesen, kann somit nicht der einzige Grund für die Bildung von Artikulationsfehlern sein. Dafür

spricht auch, dass die niedrigste Anzahl von inkorrekten Artikulationen in der vorliegenden Arbeit bei den Palatalen und den Glottalen gezeigt werden konnte; beide werden an Orten artikuliert, die von außen nicht deutlich zu sehen sind. Da die Palatale (/j/) und Glottale (/h/) beide aus nur einem Phonem bestehen – im Gegensatz zu den Alveolaren, die aus fünf Lauten bestehen, sollte der Einfluss von Sichtbarkeit und somatosensorischem Feedback in einer Studie getestet werden, bei der es ausgewogene Phonemgruppen gibt.

4.1.3 Lautbildung

Die häufigsten Fehler in dieser Kategorie waren Distorsionen, gefolgt von Substitutionen und Elisionen. Nasalierungen (17) und Denasalierungen (8) wurden ebenso gefunden. In der Literatur wurden die letzten beiden häufig in der Sprache von ertaubten Personen beschrieben (Hudgins & Numbers, 1942; Penn, 1955). In der vorliegenden Arbeit wurden nur 16 Nasalierungsfehler (von insgesamt 919 Fehlern) für die Gruppe mit prä-/perilingualem Hörverlust verzeichnet. Diese Erkenntnisse stimmen mit denen aus früheren Studien (Monini, et al., 1997; Nguyen, Allegro, Low, Blake, & Campisi, 2008) überein, welche eine Veränderung der Nasalität nach der Versorgung mit einem Cochlea-Implantat zeigten.

4.2 Studienfrage 2

Die Studienfrage: **Machen CI-Träger mit prä-/perilingualer Ertaubung andere und/oder mehr Artikulationsfehler als postlingual Ertaubte?** konnte insgesamt mit ja beantwortet werden. Im Anschluss werden die genauen Unterschiede in den Unterkapiteln Artikulationsmodus, -stelle und Lautbildung beschrieben.

4.2.1 Artikulationsmodus

CI-Träger mit prä-/perilingualer Ertaubung produzierten in jeder Phonemgruppe eine größere Anzahl an Fehlern als CI-Träger mit postlingualer Ertaubung (Diagramm 4). Die Unterschiede waren am größten bei den Sibilanten, Plosiven, Approximanten, Nasalen* und Vibranten* (Tabelle III, * nur C2 vs. C4).

Wie erwartet wurden mehr Änderungen bei der Gruppe mit prä-/perilingualer Ertaubung gefunden, was durch das DIVA-Modell von Guenther (Guenther, Ghosh, & Tourville, 2006) erklärt werden kann: Für die Produktion eines Lautes wird eine Sprachlaut-Kartierungs-Zelle

aktiviert. Außerdem kommt es zur Aussendung von Signalen zu den auditorischen und somatosensorischen und motorischen Cortexarealen, damit ein motorischer Befehl ausgelöst wird. Durch Hören von korrekten Artikulationen kommt es zur Prägung einer auditorischen Zielregion für jeden Sprachlaut. Durch Abgleich der Zielregion mit dem aktuellen auditorischen Status werden Abweichungen erkannt. Jede Abweichung führt über einen Feedback-Mechanismus zu einem Korrekturbefehl. Bei Fehlen des auditorischen Feedbacks während des Spracherwerbs in der Kindheit kommt es zu Einschränkungen der Sprachlautkarte (Neumeyer, 2015). Das wiedererlangte auditorische Feedback, das durch ein Cochlea-Implantat bereitgestellt wird, scheint nicht vollkommen ausreichend für die Normalisierung der Sprachlautkarte zu sein.

Der große Unterschied bei den Sibilanten zwischen prä-/perilingualem und postlingualem Eintreten der Ertaubung mit mehr Artikulationsfehlern in der prä-/perilingualen Gruppe kann durch das fehlende auditorische Feedback während des Spracherwerbs ebenso wie durch die eingeschränkte Frequenzinformation des Cochlea-Implantats selbst erklärt werden (s. 4.1.1). So eignet sich die prä-/perilingual ertaubte Person einerseits die Sibilanten nicht für seine Sprachlautkarte an und andererseits reicht das auditorische Feedback durch das Cochlea-Implantat nicht immer voll aus, um eine korrekte auditorische Zielregion zu formieren, was die korrekte Artikulation dieser Phoneme limitiert.

4.2.2 Artikulationsstelle

Patienten mit prä-/perilingualem Eintreten der Ertaubung produzierten mehr Artikulationsfehler als Patienten mit postlingualem Hörverlust in fast allen Phonemgruppen (Diagramm 5). Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen war am kleinsten für Bilabiale, die Phoneme, die am am deutlichsten sichtbaren Ort artikuliert werden. Da dennoch auch Unterschiede in den Phonemgruppen dargestellt werden konnten, die an Orten artikuliert werden, die nicht einsehbar sind, spielt folglich auch das somatosensorische Feedback eine beträchtliche Rolle bei der korrekten Artikulation von CI-Trägern.

Das DIVA-Modell beschreibt die Existenz einer somatosensorischen Zielregion („somatosensory target area“) gleich der auditorischen Zielregion. Wenn eine Person einen Laut oder eine Silbe artikuliert, vergleicht sie ihre somatosensorische Statuskarte („somatosensory state map“) mit der somatosensorischen Zielregion; jeder festgestellte

Unterschied führt zu einer Korrektur des Fehlers (Guenther, et al., 2006). Personen mit einem postlingualen Eintreten der Ertaubung können eine normale somatosensorische Zielregion bilden, da sie mit ihrem unbeeinträchtigten Gehör vor Hörverlust gelernt haben, korrekte Laute zu produzieren. Nach dem Hörverlust können sie die Fähigkeit zur korrekten Artikulation aufrechterhalten, da das Fehlen des auditorischen Feedbacks nicht mit der Korrektur der Artikulationsfehler durch somatosensorisches Feedback interferiert. Nasir & Ostry (2008) fanden sogar heraus, dass manche Personen mit postlingualer Ertaubung eine verstärkte Sensibilität gegenüber somatosensorischem Input („heightened sensitivity to somatosensory input“) haben im Vergleich zu normal hörenden Personen. In ihrer Studie wurde das somatosensorische Feedback für CI-Träger mit postlingualer Ertaubung mit ausgeschaltetem CI und für eine normal hörende Kontrollgruppe verändert: Durch ein Robotgerät wurde während des Sprechens eine mechanische Last auf den Kiefer ausgeübt. Nach einer Übungsphase wurden Korrekturbewegungen und akustische Sprachveränderungen gemessen. Alle Patienten mit einem CI, aber nur zwei Drittel aller Teilnehmer der Kontrollgruppe zeigten ausgleichende Bewegungen.

Nach dem Wiedererlangen des auditorischen Feedbacks durch ein CI kann das somatosensorische Feedback von zusätzlichem Nutzen sein, wenn der auditorische Beitrag des CIs nicht ausreicht.

4.2.3 Lautbildung

Die Unterschiede zwischen der prä-/perilingualen und postlingualen Gruppe zeigten sich inkonsistent. Patienten mit prä-/perilingualem Einsetzen des Hörverlustes produzierten mehr Nasalierungen und Substitutionen, wohingegen Patienten mit postlingualer Ertaubung mehr Distorsionen, Elisionen und Denasalierungen produzierten (Diagramm 6).

Laut Van Lierde et al. (2005) sind Elisionen und Substitutionen die ernsthaftesten Artikulationsfehler bezüglich der Sprachverständlichkeit, weil der Ziellaut stark verändert ist, wohingegen Distorsionen nicht so bedeutsam sind (Peña-Brooks & Hegde, 2007). In der vorliegenden Arbeit sind die am meisten vorherrschenden Fehler Distorsionen. Diese Art von Lautbildungsfehler beeinträchtigt die Sprachverständlichkeit des CI-Trägers nicht in hohem Ausmaß.

Die in der Anzahl darauffolgenden Lautbildungsfehler waren Substitutionen und Elisionen. Bezüglich der Substitutionen traten höhere Zahlen in der Gruppe mit prä-/perilingualer Ertaubung auf, wohingegen die Gruppe mit postlingualem Eintreten des Hörverlustes mehr Elisionen produzierte. Substitutionen und Elisionen können – im Gegensatz zu den Distorsionen – einen signifikanten beeinträchtigenden Einfluss auf die Sprachverständlichkeit haben.

4.3 Studienfrage 3

Hat eine längere oder kürzere Periode zwischen Eintreten der Ertaubung und CI-Implantation einen Einfluss auf die Anzahl und Art der Artikulationsfehler von CI-Trägern? Diese Frage konnte nicht eindeutig geklärt werden, da sich keine konsistenten Unterschiede zwischen den Gruppen zeigten. Die einzelnen Unterschiede werden in den nachfolgenden Unterkapiteln diskutiert.

4.3.1 Artikulationsmodus

Die Patienten mit langfristiger Ertaubung (C2 und C4) produzierten einen größeren Prozentsatz von Artikulationsfehlern in allen Phonemgruppen außer den Sibilanten (Diagramm 7); die größten Unterschiede fanden sich bei den Frikativen (ohne Sibilanten) (C3 vs. C4), Sibilanten (C1 vs. C2) und Plosiven (beide Gruppen, Tabelle III). Bei den Sibilanten wurden mehr Fehler von den Patienten mit kurzfristiger Ertaubung gemacht. Unter den Patienten mit postlingualer Ertaubung (C3, C4), waren die Patienten mit langfristiger Ertaubung (C4) diejenigen, die die meisten Fehler bei den Frikativen (ohne Sibilanten) ($p = 0,007$, Tabelle III) produzierten.

Langfristige Ertaubung führt zu mehr Artikulationsfehlern, da das lange Fehlen des auditorischen Feedbacks verhindert, dass die auditorische Statuskarte mit der auditorischen Zielregion verglichen wird (Guenther, et al., 2006). Für eine kurze Zeit nach dem Verlust des Gehörs werden erhebliche Abweichungen durch das immer noch intakte Vorwärtskopplungssystem („feedforward system“) verhindert. Im Verlauf der Zeit führt der Verlust des Vorwärtskopplungssystems – teilweise aufgrund von Veränderungen in der Vokaltraktmorphologie (vor allem bei Kindern mit prä-/perilingualem Hörverlust) zu Veränderungen in der Artikulation (Lane, et al., 2007). Nach der Versorgung mit einem Cochlea-Implantat wird das auditorische Feedback wiederhergestellt und das

Vorwärtskopplungssystem muss wieder neu eingestellt werden (Lane, et al., 2007). Das auditorische Feedback durch ein Cochlea-Implantat unterscheidet sich aber von dem auditorischen Feedback vor dem Hörverlust. Daher wird das auditorische Feedback-Kontroll-System („auditory feedback control system“) zunächst blockiert und verursacht abnorme Feedforwardbefehle und eine veränderte Sprachproduktion kurz nach der Implantation. Die Artikulation verbessert sich durch die Neueinstellung und das Training mit dem CI, kann jedoch weiterhin verändert bleiben, da das Cochlea-Implantat in seiner Imitation des normalen Gehörsinns eingeschränkt ist. Die Neueinstellung des auditorischen Feedbacks nach Versorgung mit einem CI verändert die Artikulation; dies wurde beispielsweise von Lane, et al. (2007) und Ménard et al. (2007) gezeigt. Schon nach einem Monat CI-Gebrauch zeigte Ménards Studie eine Steigerung der Streuung der Frequenzen der Formanten von Vokalen bei CI-Trägern mit postlingualer Ertaubung. Die Streuungswerte bei den Patienten waren vor Implantation im Bereich der Kontrollgruppe gelegen. Bezüglich sehr kurzfristiger Hörveränderungen beschrieb Lane et al. (2007), dass der Kontrast bei Vokalen und Sibilanten nach einem Jahr CI-Nutzung größer ist, wenn das Implantat eingeschaltet ist im Vergleich zur Artikulation bei ausgeschaltetem Implantat. Dies zeigt den höheren Einfluss des auditorischen Feedbacks nach längerer Nutzung eines Cochlea-Implantats.

In der vorliegenden Studie liegt die größere Anzahl an Fehlern bei den Sibilanten bei Patienten mit kurzfristiger Ertaubung. Dies ist durch eine exzessive Anzahl von Fehlern bei einer sehr kleinen Gruppe von Patienten (C1) beeinflusst. Bei den Gruppen mit postlingualer Ertaubung (C3 vs. C4) ist der Unterschied bei den Sibilanten bei den Gruppen mit kurz- und langfristiger Ertaubung kleiner.

4.3.2 Artikulationsstelle

Die Patienten mit kurzfristiger Ertaubung produzierten mehr Fehler bei den Postalveolaren (/f/) ($p < 0,0001$; Tabelle IV) als die Patienten mit langfristiger Ertaubung (Interaktion bei der logistischen Regression, $p < 0,0001$). Da Patienten mit postlingualer Ertaubung (C3 und C4) deutlich weniger Fehler bei den Postalveolaren produzierten, kann der Effekt von kurz- versus langfristiger Ertaubung nur bei CI-Trägern mit prä-/perilingualer Ertaubung gesehen werden. Die Patienten mit langfristiger Ertaubung produzierten beständig mehr Artikulationsfehler bei den bilabialen, labiodentalen, velaren und uvularen Phonemen (Diagramm 8).

Die Artikulationsfehler bei den Patienten mit langfristigem Hörverlust können auch mit der Ökonomie der Sprechanstrengung („economy of effort“) erklärt werden, die von Perkell et al. (2000) beschrieben wurde: Zusätzlich zum Gebrauch des auditorischen und somatosensorischen Feedbacks, welches im DIVA-Modell beschrieben wurde, verwenden Sprecher die minimale Anstrengung („minimal effort“) um den Kontrast zwischen zwei Phonemen zu kreieren. Lane et al. (2007) konstatierte, dass nach einer längeren Periode ohne auditorisches Feedback das Vorwärtskontrollsystem langsam abbaue und nur noch minimale Anstrengung für die Lautproduktion genutzt werde. Dies führt zu einer Verminderung des Kontrastes zwischen den Lauten, da das Feedback-System, das die produzierten Laute mit der auditorischen Zielregion vergleicht, beeinträchtigt ist. Nach dem Wiedererlangen von auditorischem Feedback über das Cochlea-Implantat muss das auditorische Feedback-System zunächst wieder neu eingestellt werden. Da das auditorische Feedback über ein CI aber beschränkt ist, bleiben die Veränderungen nach der Implantation weiter präsent und können auf die „economy of effort“ zurückgeführt werden. Dies kann eine Erklärung dafür sein, warum Personen mit langfristiger Ertaubung mehr Fehler bei den Bilabialen machen, just der Phonemgruppe mit der am besten sichtbaren Artikulationsstelle. Eigentlich könnte man annehmen, dass langfristiger Hörverlust zu besseren Lippen-Lese-Fähigkeiten und einer sehr sorgfältigen Beobachtung der Artikulationsbewegungen führt, was jedoch in der vorliegenden Studie nicht nachweisbar ist. Der Effekt der visuellen Kontrolle von Artikulationsbewegungen könnte daher von mehr Faktoren als dem Zeitpunkt des Eintretens und der Dauer der Ertaubung abhängen.

4.3.3 Lautbildung

Die Patienten mit kurzfristiger Ertaubung (SHORT) produzierten mehr Distorsionen und Denasalierungen, wohingegen Patienten mit langfristiger Ertaubung mehr Substitutionen, Nasalierungen und Elisionen produzierten (Diagramm 9). Alle Nasalierungsfehler wurden von den Patienten mit langfristigem Hörverlust (LONG; C2 + C4) produziert. Mehr Distorsionen zeigten sich bei CI-Trägern mit kurzfristiger Ertaubung, wohingegen mehr Substitutionen und Elisionen in der Gruppe mit langfristiger Ertaubung produziert wurden. Daher könnte langfristige Ertaubung vor Implantation mit einem CI einen großen Einfluss auf die Sprachverständlichkeit haben.

Zusammenfassend konnte in dieser Studie – außer bei der veränderten Nasalierung – kein konsistenter Einfluss der Dauer der Ertaubung auf die Art oder die Frequenz von Artikulationsfehlern bei den Konsonanten gezeigt werden. Dies steht im Gegensatz zu Neumeyers Ergebnissen bezüglich der Vokale: Teilnehmer mit einer längeren Dauer des Hörverlustes zeigten einen kleineren Vokalraum in der Spektralanalyse sowie auffällige Werte bei der Voice Onset Time (VOT) im Vergleich zu Patienten mit CI-Versorgung innerhalb von zwei Jahren nach Eintritt der Ertaubung (Neumeyer, 2015).

Einschränkungen der Arbeit:

Die vorliegende Arbeit ist nicht ohne Einschränkungen. Zum einen hatten die Studiengruppen relativ unterschiedliche Größen, beispielsweise 5 Patienten in C1 im Gegensatz zu 34 Patienten in C4. Dies lag daran, dass nicht viele ältere Patienten für C1 (Hörverlust vor Spracherwerb und Implantation in weniger als zwei Jahren nach Eintreten der Ertaubung) rekrutiert werden konnten, was in der relativ neuen Einführung des Neugeborenen-Hörscreenings und dem höheren Alter, ab dem Personen standardmäßig mit einem CI versorgt wurden, begründet liegt. Zum anderen gibt es unterschiedliche Anzahlen an Phonemen pro Phonemkategorie, beispielsweise besteht die Vibranten-/Uvularkategorie aus genau einem Phonem /r/. Zudem wurden koartikulatorische Effekte nicht berücksichtigt.

Die Alters- und Geschlechterverteilung innerhalb der Gruppen wird hierbei nicht als Einschränkung angesehen; diese sollte die Ergebnisse nicht beeinflussen, da nur Konsonantenfehler ohne Spektralanalysen beurteilt wurden. Zudem hatten alle Patienten ein Alter erreicht, in dem die Sprachproduktion und die Konsonantenartikulation als korrekt angenommen wird.

Weitere Studien über den Einfluss von Eintreten und Dauer der Ertaubung würden wahrscheinlich davon profitieren, dass noch mehr Variablen eingeschlossen werden, wie beispielsweise die Dauer der CI-Nutzung ebenso wie einige andere Aspekte bezüglich des Implantates und der Rehabilitation. Zum Beispiel haben die Implantationstiefe und die Anzahl an aktivierten Elektroden einen Einfluss auf den hörbaren Frequenzbereich. Außerdem könnte der Sprachprozessor-Algorithmus wichtig sein bei der Perzeption von Sprachsignalen. Für eine ausreichende Berücksichtigung all dieser Variablen in einer statistischen Auswertung ist eine deutlich höhere Probandenzahl notwendig. Erfreulicherweise kann dies nun dank dieser Vorarbeiten in einem EU-Projekt realisiert werden.

5 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Nach einer Ertaubung kann durch ein Cochlea-Implantat das Hören wieder ermöglicht werden. Obwohl viele CI-Träger durch das Cochlea-Implantat ein sehr gutes Sprachverstehen erreichen, unterscheidet sich die Artikulation von manchen CI-Trägern weiterhin von denen einer normal-hörenden Person; Fehler in der Artikulation sind weiterhin mit unterschiedlichem Ausmaß und Charakteristik festzustellen.

Insgesamt traten bezüglich des Artikulationsmodus die meisten Fehler bei den Sibilanten auf. Mögliche Ursachen hierfür sind die etwas geringere Auflösung des Cochlea-Implantates in höheren Frequenzbereichen und das längere Fehlen von auditorischem Feedback aufgrund des Beginns des Hörverlustes zumeist in höheren Frequenzbereichen. Bei der Artikulationsstelle waren vor allem die weniger sichtbaren Konsonanten (Alveolare, Postalveolare und Uvulare) von einer Abweichung in der Artikulation betroffen. Aufgrund dennoch festzustellender Artikulationsfehler bei den deutlich sichtbaren Bilabialen kann die Sichtbarkeit nicht als einzige Ursache für Artikulationsfehler herhalten. Bei den Lautbildungsfehlern zeigten sich vor allem Distorsionen und Substitutionen. Nasalierungen traten hingegen sehr selten auf, was für einen Effekt diesbezüglich durch das Cochlea-Implantat spricht.

Zusammenfassend zeigten Patienten mit prä-/perilingualer (PRE) Ertaubung mehr Fehler in Bezug auf den Artikulationsmodus und die Artikulationsstelle. Dies kann durch das DIVA-Modell von Guenther (Guenther, Ghosh, & Tourville, 2006) erklärt werden, welches bei auditiver Deprivation während des Spracherwerbs zu einer Einschränkung der Sprachlautkarte führt. Außerdem erklärt das DIVA-Modell, wie bei postlingual ertaubten Personen die korrekte Artikulation durch den somatosensorischen Pfad aufrechterhalten werden kann. In der PRE-Gruppe konnten zudem mehr Substitutionen festgestellt werden, als bei Patienten mit postlingualer Ertaubung (POST). Die einzige Art von Lautbildungsfehler, die bei CI-Trägern mit postlingualem Eintreten der Ertaubung (POST) mehr vorkam, ist die Elision. Elisionen und Substitutionen sind die Artikulationsfehler, die die Sprachverständlichkeit am meisten beeinflussen (Van Lierde, Vinck, Baudonck, De Vel, & Dhooge, 2005).

Die Beziehung zwischen Dauer der Ertaubung und Artikulationsleistung war inkonsistent. Generell zeigten die Patienten mit langfristiger Ertaubung (LONG) mehr Fehler beim Artikulationsmodus (außer für Sibilanten und Nasale) und mehr Substitutionen und Elisionen

als die Patienten mit kurzfristigem Hörverlust (SHORT). Bezüglich der Artikulationsstelle konnte kein konsistenter Einfluss der Ertaubungsdauer nachgewiesen werden.

Alles in Allem können das DIVA-Modell und die Sichtbarkeit der Artikulationsstelle die weiterhin vorhandenen Fehler nach Versorgung mit einem Cochlea-Implantat nicht vollständig erklären.

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass das Cochlea-Implantat nicht nur beim Sprachverstehen sondern auch bei der Artikulation und dem Sprechen sehr hilfreich ist, fanden sich unter den Patienten doch auch eine nicht geringe Anzahl ohne oder mit nur sehr wenigen Artikulationsfehlern. Dennoch ist weiterhin Entwicklungsarbeit notwendig, um das CI dem natürlichen Hörsinn noch mehr anzugleichen, damit noch bessere Resultate erzielt werden können. Zudem gewinnt das Cochlea-Implantat angesichts der demographischen Entwicklung in Deutschland und dem daraus resultierenden Anstieg der Zahlen von Schwerhörigen zunehmend an Relevanz.

Zeigt sich in der vorliegenden Arbeit auch kein konsistentes Resultat bei der Dauer der Ertaubung, unterstreicht sie dennoch die Wichtigkeit des Neugeborenen-Hörscreenings, das 2009 bundesweit eingeführt wurde: In der Gruppe der prä-/perilingual Ertaubten zeigen jene mit einer frühen Versorgung mit einem CI in fast allen Phonemgruppen weniger Auffälligkeiten. Dies demonstriert die Bedeutsamkeit des frühen Erkennens und Behandeln von Hörstörungen.

In zukünftigen Arbeiten über die Artikulation von CI-Trägern sollte auf ausgeglichene Phonemgruppen geachtet und gegebenenfalls eine andere Grenze für die Dauer der Ertaubung vor Implantation untersucht werden. Desweiteren könnten noch weitere interessante Variablen eingeschlossen werden; beispielsweise die Dauer der CI-Nutzung, die Implantationstiefe, die Anzahl an aktivierten Elektroden und der Sprachprozessor-Algorithmus.

6 QUELLENVERZEICHNIS

- Berliner, K. I., Eisenberg, L. S., & House, W. F. (1985). The Cochlear Implant: An auditory prosthesis for the profoundly deaf child. *Ear and Hearing, 6 (3) Suppl.*, S. 4S-5S.
- Berliner, K. I., Luxford, W. M., & House, W. F. (1985). Cochlear Implants: 1981 to 1985. *The American Journal of Otolaryngology, 6 (2)*, S. 173-186.
- Boenninghaus, H.-G., & Lenarz, T. (2005). *Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde* (12. Ausg.). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Boone, D. R. (1966). Modification of the voices of deaf children. *The Volta Review, 68(8)*, S. 686-692.
- Bouchard, M. E., Normand, M. T., & Cohen, H. (2007). Production of consonants by prelinguistically deaf children with cochlear implants. *Clinical Linguistics & Phonetics, 21(11-12)*, S. 875-884.
- Butzkamm, W., & Butzkamm, J. (2008). *Wie Kinder sprechen lernen: Kindliche Entwicklung und die Sprachlichkeit des Menschen* (3. Ausg.). Tübingen: Narr Franke Attempto Verlag GmbH + Co. KG.
- Cosetti, M., & Roland Jr., J. T. (2010). Cochlear implantation in the very young child: issues unique to the under-1 population. *14(1)*, S. 46-57.
- Cowie, R., Douglas-Cowie, E., & Kerr, A. (1982). A study of speech deterioration in post-lingually deafened adults. *The Journal of Laryngology and Otolaryngology, 96*, S. 101-112.
- Dawson, P. W., Blamey, P. J., Dettman, S. J., Rowland, L. C., Barker, E. J., Tobey, E. A., . . . Clark, G. M. (1995). A clinical report of speech production of cochlear implant users. *Ear and Hearing, 16(6)*, S. 551-561.
- Deetjen, P., Speckmann, E.-J., & Hescheler, J. (2004). *Physiologie* (4. Ausg.). Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH.
- Fox, A. V. (2005). *PLAKSS-Psycholinguistische Analyse kindlicher Sprechstörungen. 2*. Frankfurt: Pearson.

- Gould, J., Lane, H., Vick, J., Perkell, J. S., Matthies, M. L., & Zandipour, M. (2001). Changes in speech intelligibility of postlingually deaf adults after cochlear implantation. *Ear and Hearing, 22(6)*, S. 453-460.
- Guenther, F. H., Ghosh, S. S., & Tourville, J. A. (2006). Neural modeling and imaging of the cortical interactions underlying syllable production. *Brain and Language, 96(3)*, S. 280-301.
- Hamzavi, J. S., Schenk, B. S., Pok, S. M., Moosmueller, S., Baumgartner, W.-D., & Deutsch, W. A. (2003). Characteristics of fricatives and sentence duration after cochlear implantation. *Journal for Oto-Rhino-Laryngology, Head and Neck Surgery, 65(1)*, S. 22-25.
- Herder, J. G. (1997). Abhandlung über den Ursprung der Sprache. Stuttgart: Philipp Reclam jun.
- Hermann-Röttgen, M. (2010). *Cochlea-Implantat - Ein Ratgeber für Betroffene und Therapeuten*. Stuttgart: TRIAS Verlag.
- Hocevar-Boltezar, I., Radsel, Z., Vatovec, J., Geczy, B., Cernelc, S., Gros, A., . . . Zargi, M. (2006). Change of phonation control after cochlear implantation. *Otology & Neurotology, 27(4)*, S. 499-503.
- Hood, R. B., & Dixon, R. F. (1969). Physical characteristics of speech rhythm of deaf and normal-hearing speakers. *Journal of Communication Disorders, 2(1)*, S. 20-28.
- Hudgins, C. V., & Numbers, F. C. (1942). An investigation of the intelligibility of the speech of the deaf. *Genetic Psychology Monographs, 25*, S. 289-392.
- Kauschke, C. (2012). *Kindlicher Spracherwerb im Deutschen - Verläufe, Forschungsmethoden, Erklärungsansätze*. Berlin: Walter de Gruyter GmbH + Co. KG.
- Kishon-Rabin, L., Taitelbaum, R., Tobin, Y., & Hildesheimer, M. (1999). The effect of partially restored hearing on speech production of postlingually deafened adults with multichannel cochlear implants. *Journal of the Acoustical Society of America, 106(5)*, S. 2843-2857.

- Lane, H., & Webster, J. W. (1991). Speech deterioration in postlingually deafened adults. *Journal of the Acoustical Society of America*, *89*(2), S. 859-866.
- Lane, H., Matthies, M. L., Guenther, F. H., Denny, M., Perkell, J. S., Stockmann, E., . . . Zandipour, M. (2007). Effects of short- and long-term changes in auditory feedback on vowel and sibilant contrasts. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *50*, S. 913-927.
- Langereis, M. C., Dejonckere, P. H., van Olphen, A. F., & Smoorenburg, G. F. (1997). Effect of cochlear implantation on nasality in post-lingually deafened adults. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, *49*(6), S. 308-314.
- Lazard, D. S., Vincent, C., Venail, F., Van de Heyning, P., Truy, E., Sterkers, O., & Skarzynski, P. H. (2012). Pre-, per- and postoperative factors affecting performance of postlinguistically deaf adults using cochlear implants: A new conceptual model over time. *PLoS One*, *7*(11), S. e48739.
- Leder, S. B., & Spitzer, J. B. (1990). A perceptual evaluation of the speech of adventitiously deaf adult males. *Ear and Hearing*, *11*(3), S. 169-175.
- Leder, S. B., Spitzer, J. B., & Kirchner, J. C. (1987). Speaking fundamental frequency of profoundly deaf adult men. *The Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, *96* (3 Pt 1), S. 322-324.
- Leder, S. B., Spitzer, J. B., Kirchner, J. C., Flevaris-Phillips, C., Milner, P., & Frederick, R. (1987). Speaking rate of adventitiously deaf male cochlear implant candidates. *Journal of the Acoustical Society of America*, *82*(3), S. 843-846.
- Liker, M., Mildner, V., & Sindija, B. (2007). Acoustic analysis of the speech of children with cochlear implants: A longitudinal study. *Clinical Linguistics & Phonetics*, *21*(1), S. 1-11.
- Markides, A. (1970). The speech of deaf and partially-hearing children with special reference to factors affecting intelligibility. *British Journal of Disorders of Communication*, *5*(2), S. 126-140.

- Matthies, M. L., Svirsky, M. A., Lane, H. L., & Perkell, J. S. (1994). A preliminary study of the effects of cochlear implants on the production of sibilants. *Journal of the Acoustical Society of America*, *96*(3), S. 1367-1373.
- Mazurek, B., Stöver, T., Haupt, H., Gross, J., & Szczepek, A. (2008). Die Entstehung und Behandlung der Presbyakusis - Heutiger Stand und Perspektiven für die Zukunft. *HNO*, *56*, S. 429-435.
- Ménard, L., Polak, M., Denny, M., Burton, E., Lane, H., Matthies, M. L., . . . Vick, J. (2007). Interactions of speaking condition and auditory feedback on vowel production in postlingually deaf adults with cochlear implants. *Journal of the Acoustical Society of America*, *121*(6), S. 3790-3801.
- Monini, S., Banci, G., Barbara, M., Argiro, M. T., & Filipo, R. (1997). Clarion cochlear implant: short-term effects on voice parameters. *The American Journal of Otology*, *18*(6), S. 719-725.
- Nasir, S. M., & Ostry, D. J. (2008). Speech motor learning in profoundly deaf adults. *Nature Neuroscience*, *11*(10), S. 1217-1222.
- Neumeyer, V. (2015). Akustische Analysen der Sprachproduktion von CI-Trägern. München.
- Nguyen, L. H., Allegro, J., Low, A., Blake, P., & Campisi, P. (2008). Effect of cochlear implantation on nasality in children. *Ear, Nose & Throat Journal*, *87*(3), S. 138-143.
- Nober, E. (1967). Articulation of the deaf. *Exceptional Children*, *33*(9), S. 611-621.
- Paal, S., Reulbach, U., Strobel-Schwarthoff, K., Nkenke, E., & Schuster, M. (2005). Evaluation of speech disorders in children with cleft lip and palate. *Journal of Orofacial Orthopedics*, *66*(4), S. 270-278.
- Peña-Brooks, A., & Hegde, M. N. (2007). *Assessment and Treatment of Articulation and Phonological Disorders in Children* (2. Ausg.). Austin, Texas: pro-ed.
- Penn, J. P. (1955). Voice and speech patterns of the hard of hearing. *Acta Oto-Laryngologica, Suppl. 124*, S. 1-69.

- Perkell, J. S., Guenther, F. H., Lane, H., Matthies, M. L., Perrier, P., Vick, J., . . . Zandipour, M. (2000). A theory of speech motor control and supporting data from speakers with normal hearing and with profound hearing loss. *Journal of Phonetics*, 28, S. 233-272.
- Perkell, J. S., Matthies, M. L., Tiede, M., Lane, H., Zandipour, M., Marrone, N., . . . Guenther, F. H. (2004). 'The distinctness of speakers' /s/-/ʃ /contrast is related to their auditory discrimination and use of an articulatory saturation effect. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 47(6), S. 1259-1269.
- Pisoni, D. B. (2000). Cognitive factors and cochlear implants: Some thoughts on perception, learning, and memory in speech perception. *Ear and Hearing*, 22(1), S. 70-78.
- planet-schule.de. (20. Februar 2008). Abgerufen am 1. Januar 2018 von <http://www.planet-schule.de/wissenspool/total-phaenomenal-sinne/inhalt/hintergrund/der-hoersinn/mensch.html>
- Pompino-Marschall, B. (2009). *Einführung in die Phonetik* (3. Ausg.). Berlin: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG.
- Schenk, B. S., Baumgartner, W.-D., & Hamzavi, J. S. (2003). Changes in vowel quality after cochlear implantation. *Journal for Oto-Rhino-Laryngology, Head and Neck Surgery*, 65, S. 184-188.
- Smith, C. R. (1975). Residual hearing and speech production in deaf children. *Journal of Speech and Hearing Research*, 18, S. 795-811.
- Tobey, E. A., Angelette, S., Murchison, C., Nicosia, J., Sprague, S., Staller, S. J., . . . Beiter, A. L. (1991). Speech production performance in children with multichannel cochlear implants. *The American Journal of Otology*, 12 Suppl., S. 165-173.
- Todd, E. A., Edward, J. R., & Litovsky, R. Y. (2011). Production of contrast between sibilant fricatives by children with cochlear implants. *Journal of the Acoustical Society of America*, 130(6), S. 3969-3979.
- Uchanski, R. M., & Geers, A. E. (2003). Acoustic characteristics of the speech of young cochlear implant users: A comparison with normal-hearing age-mates. *Ear and Hearing*, 24(1S), S. 90S-105S.

- Uziel, A., Mondain, M., & Reid, J. (1995). European procedures and considerations in children's cochlear implant program. *The Annals of otology, rhinology & laryngology. Supplement., 166*, S. 212-215.
- Van Borsel, J. (1996). Articulation in Down's syndrome adolescents and adults. *European Journal of Disorders of Communication, 31*, S. 415-444.
- Van Lierde, K. M., Vinck, B. M., Baudonck, N., De Vel, E., & Dhooge, I. (2005). Comparison of the overall intelligibility, articulation, resonance, and voice characteristics between children using cochlear implants and those using bilateral hearing aids: A pilot study. *International Journal of Audiology, 44(8)*, S. 452-465.
- von Gablenz, P., Hoffmann, E., & Holube, I. (2017). Prävalenz von Schwerhörigkeit in Nord- und Süddeutschland. *HNO, 65(8)*, S. 663-670.
- Waltzman, S. B., Roland, J. T., & Cohen, N. L. (2002). Delayed implantation in congenitally deaf children and adults. *Otology & Neurotology, 23*, S. 333-340.
- Weinrich, M., & Zehner, H. (2005). *Phonetische und phonologische Störungen bei Kindern - Dyslalietherapie in Bewegung* (2. Ausg.). Heidelberg: Springer-Verlag.
- Weltgesundheitsorganisation. (Februar 2017). Deafness and hearing loss. Abgerufen am 01. Januar 2018 von <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/en/>
- Wintermantel, E., & Ha, S.-W. (2008). *Medizintechnik - Life Science Engineering* (4. Ausg.). Berlin: Springer-Verlag.

ANHANG

1. TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle I - Daten der 83 Patienten.....	11
Tabelle II - Artikulationsfehler – Vergleich PRE vs. POST jeweils innerhalb der Gruppe SHORT und LONG sowie Vergleich SHORT vs. LONG jeweils innerhalb der Gruppe PRE und POST	16
Tabelle III – Artikulationsmodus – Vergleich PRE vs. POST jeweils innerhalb der Gruppe SHORT und LONG sowie Vergleich SHORT vs. LONG jeweils innerhalb der Gruppe PRE und POST	17
Tabelle IV – Artikulationsstelle – Vergleich PRE vs. POST jeweils innerhalb der Gruppe SHORT und LONG sowie Vergleich SHORT vs. LONG jeweils innerhalb der Gruppe PRE und POST	19

2. DIAGRAMMVERZEICHNIS

Diagramm 1 – Artikulationsmodus – Artikulationsfehler; absolute Werte	14
Diagramm 2 – Artikulationsstelle – Artikulationsfehler; absolute Werte	14
Diagramm 3 – Lautbildung – Artikulationsfehler; absolute Werte	15
Diagramm 4 – Artikulationsmodus - Artikulationsfehler von Patienten mit prä-/perilingualer (PRE) vs. postlingualer (POST) Ertaubung.....	16
Diagramm 5 – Artikulationsstelle - Artikulationsfehler von Patienten mit prä-/perilingualer (PRE) vs. postlingualer (POST) Ertaubung.....	18
Diagramm 6 – Lautbildung - Artikulationsfehler von Patienten mit prä-/perilingualer (PRE) vs. postlingualer (POST) Ertaubung.....	20
Diagramm 7 – Artikulationsmodus - Artikulationsfehler von Patienten mit kurz- (SHORT) vs. langfristiger (LONG) Ertaubung.....	21
Diagramm 8 – Artikulationsstelle - Artikulationsfehler von Patienten mit kurz- (SHORT) vs. langfristiger (LONG) Ertaubung	22
Diagramm 9 – Lautbildung - Artikulationsfehler von Patienten mit kurz- (SHORT) vs. langfristiger (LONG) Ertaubung	23

3. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 – Konsonanteninventar des Deutschen modifiziert nach Pompino-Marschall (Pompino-Marschall, 2009) – Einteilung nach Artikulationsmodus (vertikal) und Artikulationsstelle (horizontal). Dort, wo die Phoneme in Paaren zusammenstehen, ist der Rechte der Stimmhafte. Phoneme, die kursiv und in eckigen Klammern gedruckt sind, wurden in der vorliegenden Arbeit nicht bewertet.....IV

Abbildung 2 – Aufbau des Ohres (planet-schule.de, 2008) mit Ergänzung 2

Abbildung 3 – Aufbau der Cochlea (Deetjen, Speckmann, & Hescheler, 2004) 2

Abbildung 4 – Aufbau eines Cochlea-Implantats (Hermann-Röttgen, 2010)..... 5

Abbildung 5 – Ablaufskizze Auswertung..... 13

4. WORTLISTE SPRACHTEST

Anker	Frosch	Lampe	Schrank
Apfel	Gabel	Löwe	Schuh
Arzt	Gespenster	Marienkäfer	Schwein
Auto	Gießkanne	Milch	Sonne
Ball	Gitarre	Mond	Spinne
Baum	Glas	Nagel	Springt
Bank	Gras	Nest	Spritze
Berg	Grün	Nuss	Strumpf
Bett	Hase	Pferd	Stuhl
Bild	Haus	Pflaster	Tasche
Blume	Heizung	Pilz	Tasse
Brief	Hexe	Punkt	Taucher
Brille	Hund	Quak	Telefon
Buch	Jacke	Rad	Teller
Drache	Jäger	Roller	Tiger
Dusche	Kanne	Rutsche	Topf
Eichhörnchen	Kaputt	Sack	Trecker
Eimer	Katze	Schere	Unfall
Elefant	Kiste	Schiff	Vogel
Erdbeere	Korb	Schlange	Wippe
Feder	Knöpfe	Schlüssel	Wurst
Fenster	Kleid	Schmetterling	Zange
Fisch	Krokodil	Schnecke	Zebra
Flasche	Kuh	Schornstein	Zitrone
			Zwerg

EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG

Dinah Splitthoff (*14.08.1989)

Ich erkläre hiermit an Eides statt,

dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel

Fehler bei der Artikulation von Konsonanten bei erwachsenen und heranwachsenden Cochlea-Implantat-Trägern im Hinblick auf Zeitpunkt des Eintretens und Dauer des Hörverlustes

selbstständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Mannheim, 06.08.2019

Ort, Datum

Dinah Splitthoff

Unterschrift Doktorand

DANKSAGUNG

Bedanken möchte ich mich vor allem und zu allererst bei Frau Professor Schuster, meiner Doktormutter, die mir von Beginn unserer Zusammenarbeit an mit ihrem unermüdlichen Optimismus sowie mit Rat und Tat unterstützend zur Seite stand - ungeachtet der etwas längeren Entstehungszeit der Arbeit.

Dankbar bin ich den CI-Trägern, die geduldig bei den Sprachaufnahmen mitgemacht haben. Auch dem Team der Pädaudiologie sowie dem CI-Team des Klinikums Großhadern danke ich für die kollegiale Zusammenarbeit und erheiternde Momente. Ebenso bedanken möchte ich mich beim Institut für Phonetik sowie der Logopädenschule der LMU München für die Unterstützung bei den Sprachaufnahmen bzw. der perceptiven Analyse derselben. Frau Dr. Hoster gebührt der Dank für ihre Hilfe bei Statistikfragen, weit über das ursprüngliche Doktorarbeitsberatungsangebot hinaus.

An dieser Stelle möchte ich auch meinen Eltern Iris Albsmeier-Splitthoff und Siegfried Splitthoff danken, die mit emotionalem Halt und finanzieller Unterstützung die Entstehung dieser Arbeit erst ermöglicht haben.

Zum Schluss bedanke ich mich bei allen, die mich bei der Entstehung dieser Arbeit unterstützt haben. Sei es durch Ablenkung durch Gespräche oder nahrhafte (Süß-)Speisen, intellektuellen Input oder honigsüße konstruktive Kritik. Danke an die besten Nachbarn, Freunde und Geschwister.

Ohne die Unterstützung jedes Einzelnen der Genannten wäre die Entstehung meiner Arbeit in dieser Form nicht möglich gewesen.