

**Aus der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik  
der Universität Würzburg  
Direktor: Prof. Dr. med. dent. Dipl. -Ing. E.-J. Richter**

---

**UNTERSUCHUNGEN ZUR VERBESSERUNG  
DER SPRECHFUNKTION BEI MIT HERAUSNEHMBAREM  
ZAHNERSATZ VERSORGTE PATIENTEN  
DER GERIATRISCHEN REHABILITATIONSKLINIK  
DER ARBEITERWOHLFAHRT E. V. (AWO) WÜRZBURG**

**Inaugural – Dissertation  
Zur Erlangung der Doktorwürde der  
Medizinischen Fakultät  
der  
Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg**

**vorgelegt von  
Alexander Hassel  
aus Würzburg**

**Würzburg, Juli 2001**

Referent: Professor Dr. Th. Holste

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. Dr. N. Kübler

Dekan: Professor Dr. V. ter Meulen

Tag der mündlichen Prüfung: 07.12.2001

Der Promovend ist Zahnarzt

# INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Physiologie des Sprechens	1
1.2 Palatogramme	2
1.3 Sprechen mit Prothesen	3
1.4 Prothesenoptimierung in Bezug auf Phonetik	4
1.5 Zielsetzung	9
<b>2 Material und Methoden</b>	<b>10</b>
2.1 Auswahl der Probanden	10
2.2 Experimentelles Vorgehen	11
2.2.1 Überblick über die Methodik	11
2.2.2 Fragebogen	12
2.2.3 Aufbau zur Überspielung und Auswertung der Sprechproben	16
2.2.4 Aufbau der Sprechproben	17
2.2.5 Sandstrahlen der Prothesen	19
2.2.6 Computeranalyse	19
2.2.7 Logopädischer Auswertungsbogen	22
<b>3 Ergebnisse</b>	<b>24</b>
3.1 Ergebnisse des Fragebogens	24
3.1.1 Angaben zur Bewertung der Funktion der Prothese durch den Probanden	24
3.1.2 Angaben zur Bewertung der Ästhetik der Prothese durch den Probanden	26
3.1.3 Angaben zur Bewertung der Phonetik der Prothese durch den Probanden	28
3.1.4 Bewertung phonetisch relevanter Bereiche der Prothese durch den Untersucher	30

3.2	Logopädische Auswertung	33
3.2.1	Ergebnisüberblick	33
3.2.2	Einzelauswertungen	36
3.3	Computeranalyse	39
3.3.1	Großer und mittlerer Unterschied in der logopädischen Bewertung	39
3.3.2	Geringer und kein Unterschied in der logopädischen Bewertung	42
<b>4</b>	<b>Diskussion und Zusammenfassung</b>	<b>46</b>
<b>5</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>53</b>
	Danksagung	
	Lebenslauf	

## 1 EINLEITUNG

Auch heute noch spielt die totale Prothese in der zahnärztlichen Geriatrie eine wichtige Rolle (11, 17). Totale Prothesen müssen in den Bereichen Mastikation, Ästhetik und Phonetik höchsten Ansprüchen genügen, um eine befriedigende Gesamtfunktion zu ermöglichen. Besonders die Oberkieferprothese ist für die Phonetik von entscheidender Bedeutung. Während auf den Gebieten Mastikation und Ästhetik viele Innovationen gemacht wurden, ist die Phonetik eher weniger beachtet worden, obwohl die Sprechzeit bei weitem die anderen Funktionszeiten übertrifft(4).

### 1.1 Physiologie des Sprechens

Das menschliche Sprechen setzt sich aus Phonation und Artikulation zusammen (20). Als Phonation bezeichnet man die Stimmbildung. Sie findet im Kehlkopf statt (12) und resultiert aus Schwingungen der Stimmbänder, die durch den Expirationsluftstrom angeregt werden. Hauptsächlich die Spannung der Stimmbänder determiniert die jeweilige Stimmlage des Individuums.

Die Artikulation beginnt im Mund-Rachenraum oberhalb der Glottis, dem sogenannten Ansatzrohr. Die aus der Glottis austretende Stimme enthält neben der Grundfrequenz viele Obertöne.

Die Eigenräume des Ansatzrohres besitzen eine Eigenfrequenz. Stimmt eine der Obertonfrequenzen der Stimme mit dieser überein, so verstärkt sie sich deutlich und wird wahrnehmbar. Da die anatomischen Strukturen des Ansatzrohres (Zunge, Unterkiefer, Gaumensegel) in ihrer Lage veränderlich sind, besitzt das Ansatzrohr variable Eigenfrequenzen.

Die Frequenzbänder, die bei bestimmten Stellungen der anatomischen Strukturen des Ansatzrohres entstehen, nennt man Formanten (22).

Diese Formanten sind das akustische Charakteristikum der menschlichen Vokale. Durch sie ist man in der Lage, trotz gleicher Tonhöhe die einzelnen Vokale voneinander zu unterscheiden.

Bei den Konsonanten ist das Ansatzrohr weiter verengt und seine Konfiguration weniger streng.

Man unterscheidet Konsonanten, die durch Konstriktion entstehen, die sogenannten Frikтива (/s, j, sch, w, f/), solche, die durch plötzliches Freigeben des Luftstroms entstehen, die sogenannten Plosiva (/p, b, t, d, g, k/) und die Nasale, bei denen das Gaumensegel den Rachenraum freigibt (/m, n, ŋ/).

Die Konsonanten werden in drei Artikulationszonen gebildet und können so in labiale (/w, b, m/), dentale (/s, z, d, t, n/) und gutturale (/j, g, ŋ/) unterschieden werden. Konsonanten, bei denen die Stimmbänder mitschwingen, werden als stimmhafte Konsonanten bezeichnet (z.B. /w/), im Gegensatz zu den stimmlosen (z.B. /f/).

## 1.2 Palatogramme

Die Artikulationsflächen – also Kontaktbereiche zwischen Zunge und Gaumen/Zähnen oder Prothese - lassen sich durch Palatographie darstellen (8, 18, 19, 25). Der einzige Buchstabe, der keinerlei Zungenkontakt zum Gaumen zeigt, ist das /o/ (1).

Abbildung 1 zeigt ein Palatogramm für die Konsonanten /s, sch/. Die Zunge dichtet nach lateral am Alveolarfortsatz und den Zähnen ab und läßt frontal/medial einen schmalen Kanal offen, der den Luftstrom über die Kanten der mittleren Oberkieferinzisiven leitet (/s/-Kanal). Ist der Kanal breiter, wird aus dem /s/ die Schärfe genommen und es entwickelt sich in Richtung /sch/ (19).

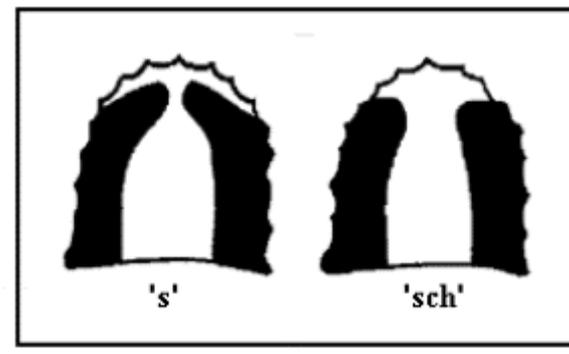


Abb.1: Palatogramme von /s/ und /sch/; aus dem Artikel von ROTHMAN (19) entliehen

Abbildung 2 zeigt ein Palatogramm, das alle Buchstaben des Alphabets und die Zahlen 1 bis 10 enthält. Lediglich die Region um die Mitte der Raphe palatina bleibt von der Zunge unberührt (8).



Abb.2: Palatogramm des kompletten Alphabets und der Zahlen 1 bis 10; aus dem Artikel von EICHNER (8) entliehen

### 1.3 Sprechen mit Prothesen

Es ist leicht ersichtlich, daß die Eingliederung einer totalen oder partiellen Oberkieferprothese eine gravierende Veränderung der gewohnten Artikulationsflächen darstellen muß (2).

Neben dem Einfluß auf die Artikulationsflächen beeinflusst die Prothese auch noch andere Strukturen. So engt der Kunststoffkörper der Prothese die Zunge sowohl in ihrer Bewegungsfreiheit als auch in ihrer Ausbreitungsmöglichkeit ein (2). Dies verändert insbesondere die Zisch- und Reibelaute (2,5). So sollte die Größe und Härte der Zunge bei der Anfertigung des Zahnersatzes mit berücksichtigt werden (7,14). Durch den Kunststoffkörper wird aber nicht nur die Zunge eingeengt, sondern auch die Höhe des Gaumendachs und das Ansatzrohr verändert und somit der Resonanzraum (2,24). Die oft ungenügende Lagestabilität birgt zusätzliche Probleme (2).

Der Einfluß, den die Prothese auf das Sprechen nimmt, resultiert aus der Form der Prothese. So bedingen groß dimensionierte Prothesen längere Inkorporationszeiten (2). Unabhängig von den oralen Gegebenheiten hängt das Sprechvermögen zusätzlich von der neuronalen Steuerung, sowie von dem Hörvermögen der Person ab (4).

#### **1.4 Prothesenoptimierung im Bezug auf Phonetik**

Betroffen von den veränderten Bedingungen durch die Prothese sind vor allem Konsonanten. Die Vokale bleiben nahezu unverändert, da sie vorwiegend im Ansatzrohr gebildet werden (8).

Besonders häufig – und deshalb in der Literatur sehr beachtet – leidet der Buchstabe /s/. Dies trifft auf 90% der Patienten mit Sprachstörungen zu (3). In der Literatur sind einige Wege beschrieben, das /s/ durch gezielte Veränderungen der Prothese zu verbessern.

TANAKA betont hierbei die Wichtigkeit der anterioren und molaren S-Form des Kunststoffkörpers am Übergang Kunststoff/Inzisiven oder Kunststoff/Molaren (Abb. 3) (24). Diese Aussage wird von GOYAL unterstützt (10).

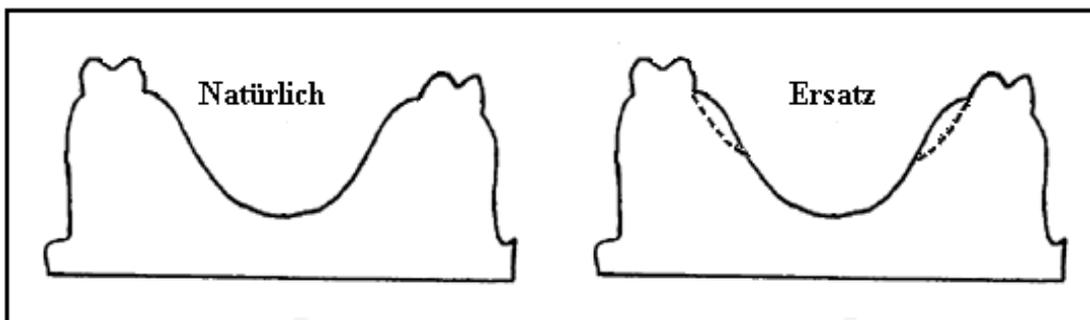
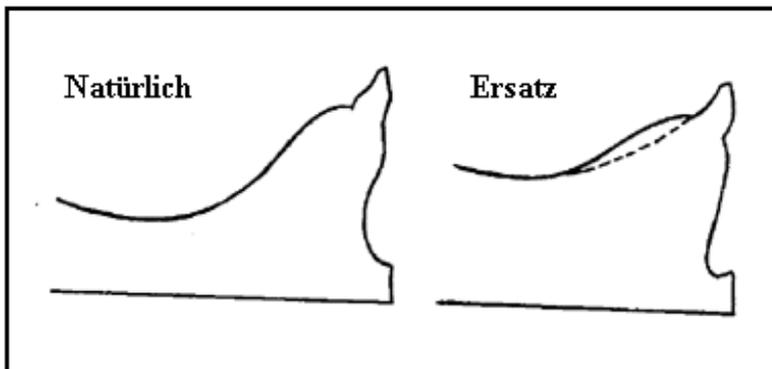


Abb. 3: Die Abbildungen links zeigen die Situation beim natürlichen Gebiß, rechts gestrichelt ist ein häufiger Verlauf bei Prothesen dargestellt; aus dem Artikel von TANAKA (24) entliehen.

REICHENBACH betont, daß ein kleiner Wulst hinter den Oberkiefer- Frontzähnen ideal für die /s/-Lautbildung ist. Er fordert zudem, den Kunststoff palatinal dünn zu halten (18).

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die vertikale Relation der Kiefer. Diese spielt nicht nur für das sog. „Prothesenklappern“ beim Sprechen eine Rolle, sondern beeinflusst auch die Artikulation des /s/-Lautes (3, 19, 23, 26).

Für das /s/ ist zudem ein frontaler Überbiss notwendig. Fehlt dieser oder ist die Ruheschwabelage zu groß gewählt, fängt das /s/ an zu zischen (25).

Eine anterior zu dicke Prothese führt beim /s/ zu /sch/, eine zu dünne zu einem zu weichen /s/ (19).

Der Aspekt der Stärke des Kunststoffkörpers ist für die gesamte Artikulation wichtig.

GOYAL, PALMER und REICHENBACH fordern eine anterior dünn gestaltete Prothesenbasis (10,15,18). SIEBERT untersuchte den Einfluß von verschiedenartigen Gaumenbedeckungen bei natürlichen Gebissen und konnte feststellen, daß diese generell zu einer mehr oder weniger großen Verschlechterung des Sprechens führen (21). Dies bestätigt auch die Arbeit von NIEDERMEYER (13).

Ein kontrovers in der Literatur diskutiertes Problem ist die Notwendigkeit der Nachbildung der Rugae palatinae an der totalen Prothese.

POUND fordert eine möglichst genaue Nachbildung der natürlichen Rugae an der Prothesenbasis, um bestmögliches Sprechen zu gewährleisten (16). GITTO beschreibt hierfür eine Technik (9). Auch BARTH fordert diese Nachbildung in Kombination mit sehr geringer anteriorer Kunststoffstärke (2). Andere Autoren sehen in der Nachbildung der Rugae nicht unbedingt einen Vorteil sondern lediglich einen Platzverlust für die Zunge (14,18).

BARTH beschreibt eine Reihe weitere Aspekte. So sollte der Inzisalpunkt der Oberkiefer-Inzisiven nicht die Lippe überragen. Zudem sollten die Unterkiefer-Molaren möglichst schmal gehalten werden. Die oralen Höcker der ersten Prämolaren sollte man klein gestalten. Dies schafft Platz für die Zunge. In diesem Zusammenhang erachtet er es als wichtig, bei der Aufstellung die Pound'sche Linie zu beachten (2).

BARTH arbeitet in seiner Studie die Wichtigkeit des Nebenareals (NA) als Kontaktzone für die Zunge beim Sprechen heraus. Auch bei der totalen Oberkiefer-Prothese ist das Nebenareal für die phonetische Funktion entscheidend (2). Dieses ist vor allem für die Friktiva von besonderer Bedeutung. Das Nebenareal ist in Abb. 4 gezeigt.

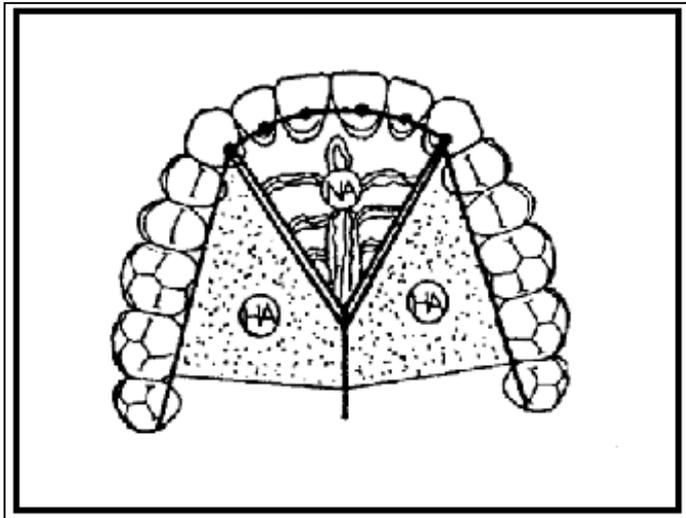


Abb. 4: Darstellung des Nebenareals (NA).Es verläuft frontal als Bogen, lateral vom Eckzahn senkrecht nach medial. Die beiden Hauptareale (HA) liegen links und rechts davon; Abbildung aus dem Artikel von BARTH (2) entliehen.

PALMER schlägt zur Problemlösung vor, der Zunge mehr taktile Reize zu verschaffen. Diese könne man durch das Anbringen von Kunststoff in Form einer „Papilla inzisiva posterior“ oder Rugae, bzw. durch unterschiedlich polierte Stellen erreichen (15).

COBES rät, die Prothese im Haupt- und Nebenareal so dünn wie möglich zu gestalten. Er empfiehlt eine Y-Stützstruktur zur Stabilität zu schaffen. Diese liegt an den Grenzen zwischen Haupt- und Nebenareal. Im Eigenversuch testete er erfolgreich, daß eine unpolierte neue Prothese besser inkoperiert wird (6).

GOYAL versuchte, der Zunge einen Funktionsraum zu formen (10). Er trug Wachs auf eine Prothese auf und ließ den Probanden sprechen. Stellen ohne Zungenberührung im Wachs legte er nach. Die Wachsform wurde dann in Kunststoff überführt. Dies brachte aber nur in 60% der Fälle ein Verbesserung.

NIEDERMEYER versuchte in seiner Studie, Sprache am Computer zu objektivieren (13). In frequenzabhängigen Leistungsdichtespektren (aufgetragen in Hz gegen dB) stellte er einzelne Konsonanten am Bildschirm dar. Die Konsonanten wurden logopädisch bewertet und dann am Computer analysiert. Er konnte für einige Konsonanten zeigen, daß ein bestimmter Verlauf des Graphen mit besonders guter oder schlechter logopädischer Bewertung einhergeht.

Es gelang jedoch nicht, allgemein gültige Bestwertdiagramme für jeden Konsonanten aufzustellen.

Von besonderer Bedeutung ist der Vergleich zweier Spektren.

NIEDERMEYER konnte so z.B. zeigen, daß ein Leistungsabfall in bestimmten Frequenzbereichen mit einer deutlich schlechteren logopädischen Bewertung korreliert.

Abbildung 5 zeigt ein solches Beispiel aus der Arbeit von NIEDERMEYER (13).

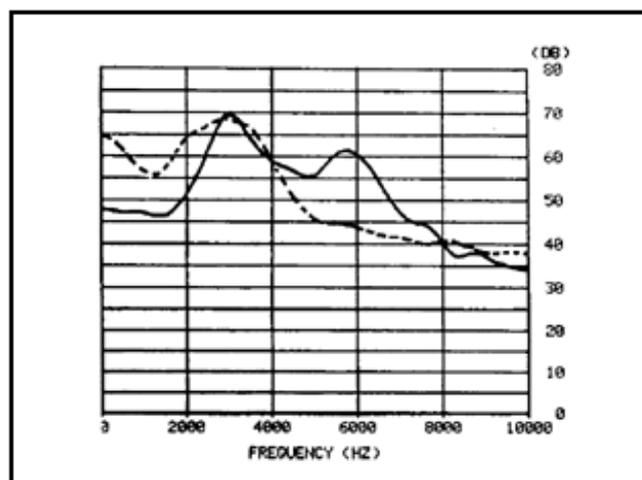


Abb. 5: Das glatte Spektrum zeigt ein /sch/ einer Probandin mit sehr guter logopädischer Bewertung, das gestrichelte Spektrum entspricht einer schlechten logopädischen Bewertung eines /sch/ derselben Probandin, gesprochen ohne Zahnersatz. Deutlich ist der Leistungsverlust zwischen 4 und 7,5 kHz; Abbildung aus dem Artikel von NIEDERMEYER (13) entliehen

## **1.5 Zielsetzung**

Da auch im natürlichen Gebiß der anteriore Gaumenteil um die Rugae palatinae im Vergleich zur posterioren Gaumenschleimhaut „rau“ erscheint, war die Idee dieser Studie, das Nebenareal der Prothesen mittels Sandstrahlen aufzurauen und der Zunge einen zusätzlichen taktilen Reiz zu verschaffen und die Friktion zu erhöhen.

Erhofft wurde, daß sich durch die zusätzliche Friktion die Deutlichkeit der Artikulation erhöhen würde. Neben der Verbesserung der Deutlichkeit wurde ein Effekt auf die Zischlaute erwartet.

Durch die relativ kleine Veränderung an der Prothese wurde jedoch nicht davon ausgegangen, daß man z.B. durch Zahnfehlstellungen verursachte Artikulationshindernisse beseitigen oder gravierende phonetische Effekte erzielen könnte. Es wurde aber erwartet, daß sich unabhängig von der Güte des Sprechens des Probanden, eine Verbesserung erreichen läßt.

Die Computeranalyse sollte die von den Logopäden gehörten Unterschiede zwischen den Sprechproben am Bildschirm sichtbar machen. Erhofft wurde, daß auch geringe Unterschiede sichtbar werden würden.

Sollte man in Zukunft – über diese Studie hinausgehend – bestimmte Frequenzbilder einer falschen Artikulation eines Konsonanten dessen Bestwertfrequenzbildern gegenüberstellen können, wäre man in der Lage, ohne Logopäden phonetische Veränderungen zu beurteilen und gezielte Verbesserungen durchführen zu können.

## **2 MATERIAL UND METHODEN**

### **2.1 Auswahl der Probanden**

Für die Untersuchung wurden die Probanden aus dem Patientengut der Geriatriischen Rehabilitationsklinik der Arbeiterwohlfahrt Würzburg e.V.

ausgesucht, mit der seit 1994 eine enge Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Gerostomatologie besteht. Die Klinik unterstützte die Arbeit maßgeblich, indem sie den Kontakt zu den Patienten ermöglichte und die Untersuchungsbedingungen stellte. Bedingung für die Teilnahme an der Studie war zu allererst, daß die Probanden eine totale Oberkiefer-Totalprothese bzw. eine Oberkiefer-Covered-Denture-Prothese tragen. Der Ersatz sollte schon seit mehreren Jahren getragen sein und sollte klinisch einen sicheren Halt im Mund bieten. Aufgrund des geriatrischen Patientenkontingents war zu erwarten, daß sich Probanden, die diese Kriterien erfüllen, leichter finden ließen.

Bei den ausgesuchten Probanden lag anamnestisch weder ein kurz zurückliegender Apoplex vor, noch befanden sie sich in logopädischer Therapie.

Es wurde auf ein etwa gleiches Verhältnis weiblicher und männlicher Probanden geachtet.

## **2. 2 Experimentelles Vorgehen**

### **2.2.1 Überblick über die Methodik**

Zuerst wurde jedem Probanden ein Fragebogen (siehe 2.2.2) vorgelegt. Dieser enthielt Fragen zur subjektiven Bewertung der Prothese durch den Probanden, sowie eine Beurteilung der Prothese durch den Untersuchenden.

Der Patient wurde danach aufgefordert, verschiedene Sprechproben abzugeben (siehe 2.2.4) . Diese bestanden aus Spontansprache, einem Text und einer Reihe von Einzelwörtern und wurden auf ein Tonband aufgezeichnet (siehe 2.2.3) . Nach der Aufzeichnung wurde die Oberkieferprothese mit einem Sandstrahlgerät im Bereich des Nebenareals aufgeraut (siehe 2.2.5). Der Patient erhielt dann die Prothese zurück.

Nach einer Woche wurden die Sprachaufnahmen wiederholt. Zur logopädischen Auswertung wurden die Aufnahmen nach folgendem Schema zusammengeschnitten:

Spontan 1 / Spontan 2 / Text 1 / Text 2 / Wörter 1 / Wörter 2.

Zwei Sprachtherapeuten untersuchten die Aufnahmen unabhängig voneinander und hielten ihre Begutachtung in einen Auswertungsbogen fest (siehe 2.2.7). Den Logopäden war nicht bekannt, welche der beiden Aufnahmen (1 oder 2) jeweils die Aufnahme mit oder ohne die Prothesenveränderung war.

Einzelne Konsonanten wurden zusätzlich mit Hilfe des Computers analysiert (siehe 2.2.6). Verglichen wurden die Frequenzspektren ausgesuchter Konsonanten im Hinblick auf ihre Frequenzleistung miteinander.

### 2.2.2 Fragebogen

Den Probanden wurde zunächst ein Fragebogen vorgelegt (Abb. 6a - 6c).

Der Bogen enthielt - neben persönlichen Daten - vier Bereiche:

**Bereich I** Bewertung der Funktion der Prothese durch den Probanden,

**Bereich II** Bewertung der Ästhetik der Prothese durch den Probanden,

**Bereich III** Bewertung der phonetischen Qualität der Prothese durch den  
Probanden und

**Bereich IV** Bewertung phonetisch interessanter Bereiche der Prothese durch  
den Untersucher.

Im Bereich IV wurden beim frontalen Überbiss 2mm sagittal und 1mm vertikal als ideal eingestuft, 1mm Abweichung für akzeptabel, alles darüber oder darunter als schlecht bewertet.

Als ideal wurden bei der anterioren Stärke des Kunststoffkörpers 2-3mm angenommen, akzeptabel waren Werte <4mm, alles darüber als zu dick eingestuft.

Gemessen wurde mit einer Meßlehre zwischen den beiden mittleren Oberkiefer-Inzisiven, etwa zwei bis drei Millimeter dorsal deren Tubercula.

## FRAGEBOGEN

Erhebungsdatum: \_\_\_\_\_

Zimmernummer: \_\_\_\_\_

Name: \_\_\_\_\_

Alter: \_\_\_\_\_

### 1. Bewertung der Funktion der Prothese durch den Probanden

#### 1.1 Allgemeine Zufriedenheit mit der Prothese

gut  
akzeptabel  
schlecht

#### 1.2 Prothesenhalt

gut  
akzeptabel  
schlecht

#### 1.3 Aktuelle Probleme an den Prothesen

keine  
unwesentlich  
beeinträchtigung

#### 1.4 Kau- und Abbeissfunktion

uneingeschränkt  
eingeschränkt  
schlecht

Abb. 6a: Fragebogen (Seite 1)

## **2. Bewertung der Ästhetik der Prothese durch den Probanden**

### 2.1 Gesamteindruck der Prothese

gut  
akzeptabel  
schlecht

### 2.2 Form, Größe, Farbe und Stellung der Zähne

gut  
akzeptabel  
schlecht

### 2.3 Form und Farbe des ersetzten Kunststoffes (Rote Ästhetik)

gut  
akzeptabel  
schlecht

## **3. Bewertung der Phonetik der Prothesen durch den Probanden**

### 3.1 Sprechqualität im Vergleich zu früher

gleich  
schlechter  
schlecht

### 3.2 Probleme bei der Lautbildung (Spucken/Lispeln)

nie  
manchmal  
immer

### 3.3 Anstoßen am Gaumen

nie  
manchmal  
immer

**4. Bewertung phonetisch relevanter Prothesenbereiche  
durch den Untersucher**

4.1 Frontaler Überbiss (vertikal/sagittal)

ideal  
akzeptabel  
schlecht

4.2 Anteriores S

ausgeprägt  
angedeutet  
fehlt

4.3 Molares S

ausgeprägt  
angedeutet  
fehlt

4.4 Form des 1. Prämolaren

zierlich  
akzeptabel  
zu groß

4.5 Anteriore Stärke

dünn  
akzeptabel  
zu dick

Abb. 6c: Fragebogen (Seite 3)

### 2.2.3 Aufbau zur Überspielung und Auswertung der Sprechproben

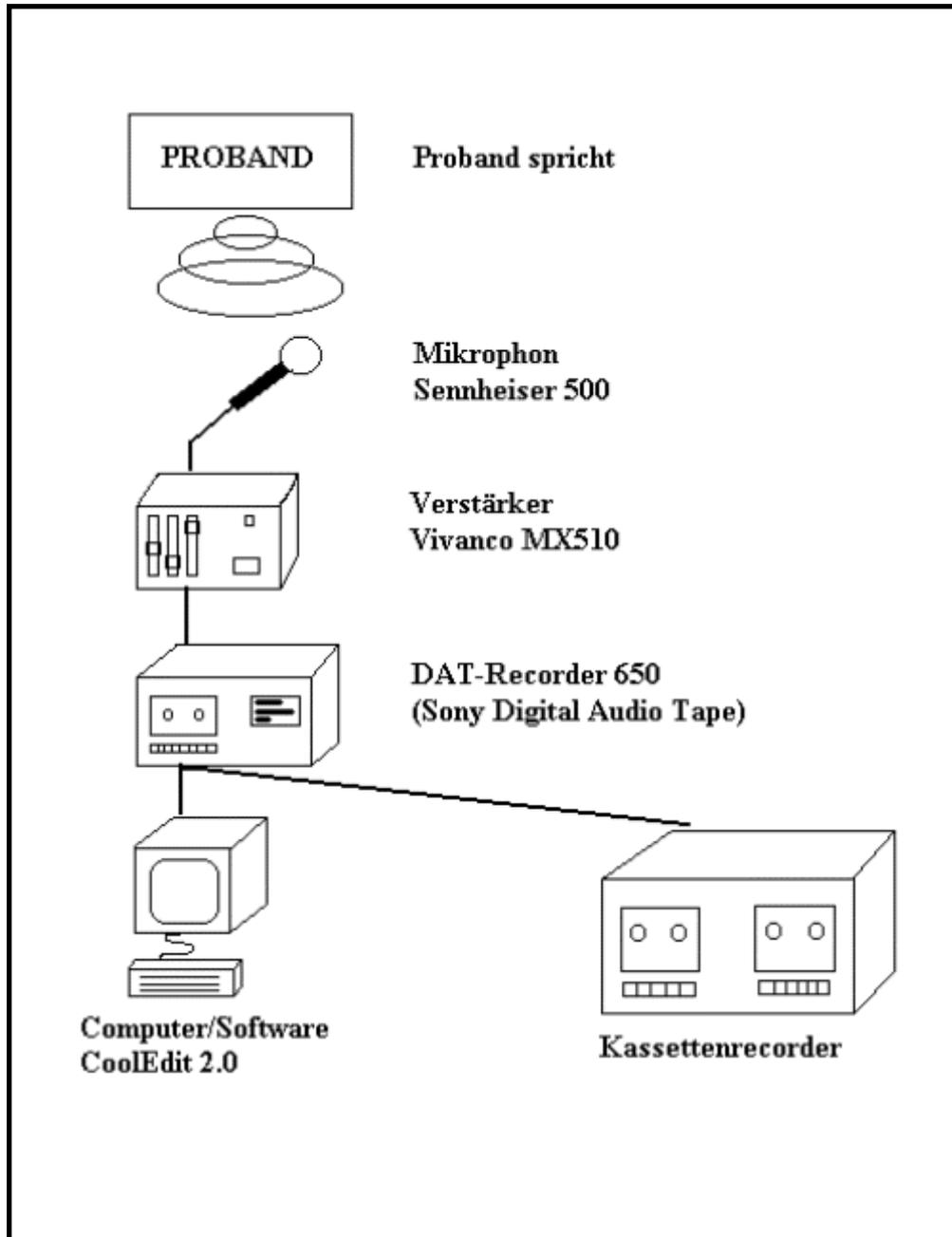


Abb. 7: Geräteanordnung

In der Rehabilitationsklinik der Arbeiterwohlfahrt Würzburg e.V. wurde ein ruhig gelegener Raum ausgesucht, um möglichst alle Störgeräusche von außen zu eliminieren. Es wurden drei verschiedene Aufnahmen gemacht (Abb. 7): ein Stück Spontansprache (frei erzählt oder, falls dies dem Probanden zu schwer fiel, ein Gesprächsmitschnitt), ein logopädischer Text und eine Auswahl von Einzelwörtern (siehe Abb. 8).

Der Patient saß dabei im Abstand von etwa 40 cm vor dem Mikrofon.

Vor der Aufnahme wurde mittels der Verstärkereinstellung und des DAT-Recorders der optimale Aufnahmepegel bestimmt. Die durch das Mikrofon in elektrische Impulse umgesetzten Signale wurden über den Verstärker dem DAT-Recorder zugespielt und digital auf Datassette gespeichert.

Für die logopädische Bewertung wurden von den Datassetten Kopien auf normale Musikkassetten hergestellt. Für die Computeranalyse wurden die Daten von dem DAT-Recorder über den Line-in-Eingang der Soundkarte auf den Computer überspielt und mittels CoolEdit 2.0 in Form von WAV-Dateien auf der Festplatte gespeichert.

#### **2.2.4 Aufbau der Sprechproben**

Die Sprechproben gliederten sich in drei Bereiche. Die Logopäden schlugen vor, ein Stück Spontansprache, einen Text und eine Liste von Einzelworten aufzunehmen und zu beurteilen.

Die Spontansprache wurde während eines Gespräches mit dem Untersuchenden oder frei erzählt aufgezeichnet. Die Stimme des Untersuchenden wurde später vom Band gelöscht. Der verwendete, leicht gekürzte Text ist ein logopädischer Standardtext. Er enthält viele schwierige Konsonantenfolgen und erlaubt eine gute Beurteilung der Sprechleistung (Abb. 8). Bei der Wortliste sollten Konsonanten überprüft werden, bei denen die Zunge den Gaumen und die Zähne berührt (/s, z, sch, ch, t, d, l, n/).

Jeweils drei Worte stehen in einer Zeile, beim ersten ist der zu untersuchende Konsonant an erster Stelle, beim zweiten in der Mitte und beim dritten am Ende (Abb. 8).

Die Worte in der Liste sind weitestgehend aus der Arbeit von NIEDERMEYER (13) entliehen.

Einst stritten sich der Nordwind und Sonne,  
wer von ihnen beiden der Stärkere sei, als  
ein Wanderer des Weges kam. Sie wurden  
einig, daß derjenige, der den Wanderer  
zwingen würde, den Mantel abzunehmen,  
der Stärkere sei. Der Nordwind blies mit  
aller Macht, mußte den Kampf aber  
aufgeben. Die Sonne nun erwärmte die Luft  
und schon nach wenigen Sekunden zog der  
Wanderer seinen Mantel aus. Da mußte der  
Nordwind zugeben, daß die Sonne der  
Stärkere war.

ZEIT	KATZE	METZ
SUMME	NASE	GUSS
SCHLOSS	NASCHEN	LASCH
CHEOPS	SPRACHE	ICH
TAG	OTTER	MET
DAMM	ODE	BILD
LAGE	LALLEN	AAL
NEIN	HONIG	STEIN

Abb. 8: Textvorlage

### **2.2.5 Sandstrahlen der Prothesen**

Folgende Geräte wurden angewendet:

- Handsandstrahlgerät Airsonic Mini-Sandblaster (Hager&Werken)
- Airsonic Adapter K (Hager&Werken)
- Airsonic Absorbo Box (Hager&Werken)
- 90µm Quarzsand (Hager&Werken)
- Turbinenanschluß (Kavo-Beahndlungseinheit)

Die Prothese wurde so mit Klebeband abgeklebt, daß nur das Nebenareal frei blieb (Darstellung des Nebenareals in Abb.4 auf Seite 7).

Das Handsandstrahlgerät wurde mit dem Turbinenanschluß mittels Adapter verbunden. In der Absorbo-Box wurde dann exakt das Nebenareal mit dem Quarzsand abgestrahlt.

Nach Abspülen unter Wasser erhielt der Proband seine Prothese zurück.

### **2.2.6 Computeranalyse**

Die Computeruntersuchung der Sprechproben stützt sich im Wesentlichen auf die Arbeit von NIEDERMEYER (13).

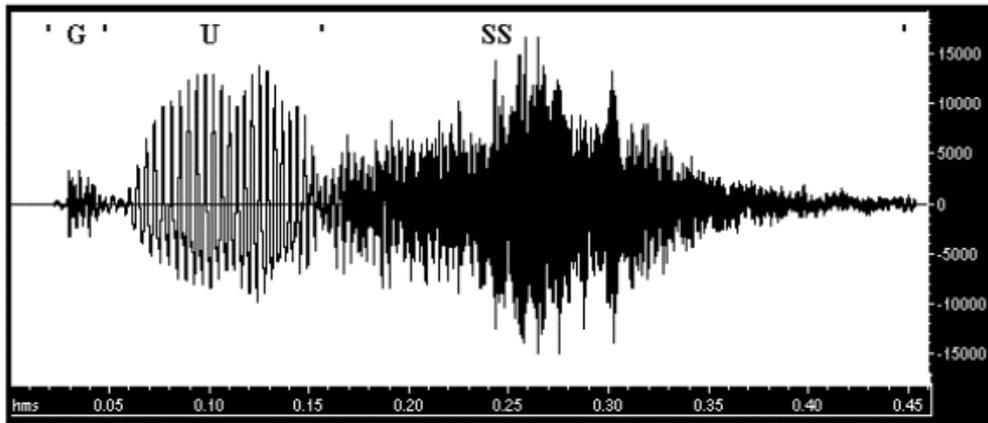
Sprache läßt sich optisch leicht als zeitabhängiges Leistungsdichtesignal am Bildschirm darstellen (Abb. 9).

Mit der Software CoolEdit V. 2.0 von Syntrillium Software Coperation

kann man über einen an den Computer angeschlossenen DAT-Recorder die Aufnahmen in computerlesbare Daten umwandeln, bearbeiten und speichern.

Das Programm ist in der Lage, sowohl zeitabhängige Leistungsdichtespektren, als auch frequenzabhängige Leistungsdichtespektren zu erstellen.

Abb. 9: Zeitabhängiges Leistungsdichtesignal des Wortes „GUSS“



Die x-Achse enthält die Zeitinformation, die y-Achse die Leistungsdichte.

Das dargestellte Wort ist „GUSS“. Deutlich sind die drei Buchstaben voneinander zu unterscheiden. Besonders gut kann man das weniger dichte, regelmäßige und sinusartige Bild des /u/ erkennen.

Um nun einzelne Konsonanten oder Vokale genauer beurteilen zu können, ist es nötig, das zeitabhängige Dichtesignal in ein frequenzabhängiges Leistungsdichtespektrum umzuwandeln. Man wählt aus dem zeitabhängigen Leistungsdichtespektrum ein gewisses Zeitfenster aus (z.B. das Zentrum des gesuchten Buchstabens) und läßt den Computer eine Frequenzanalyse durchführen. Man erhält ein Diagramm, das auf der x-Achse die Frequenz (Hz) enthält, auf der y-Achse die Lautheit (dB) (Abb.10,11).

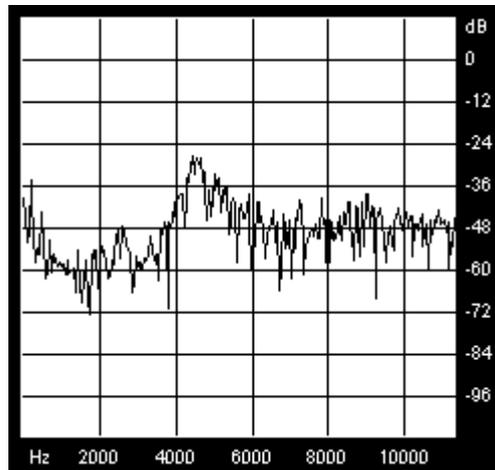


Abb.10: Frequenzabhängiges Leistungsdichtespektrum des /s/ aus „GUSS“

Zur besseren und übersichtlicheren Darstellung werden die Frequenzspektren zusätzlich geglättet (Abb. 11).

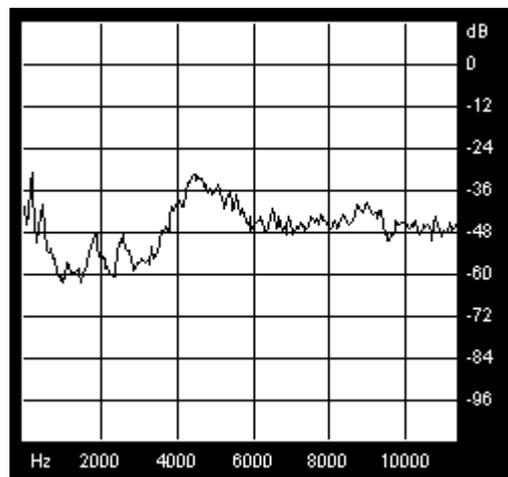


Abb. 11: Geglättetes frequenzabhängiges Leistungsdichtespektrum des /s/ aus „GUSS“

In dieser Studie wurden die Spektren ausgesuchter Konsonanten vor und nach dem Sandstrahlen der Prothese von Probanden untersucht, die in der logopädischen Bewertung einen besonders deutlichen Unterschied aufwiesen und solche mit sehr geringem Unterschied. Die Konsonanten wurden aus den Wörtern der Wortliste gewonnen. Es wurden immer die drei Beispiele des gewählten Konsonanten (Wortanfang, -mitte, -ende) hintereinander geschnitten und analysiert.

/s/ und /z/ wurden ausgewählt, da die Artikulation dieser Konsonanten schwierig ist und auch ein Laie Fehler hört. Auch logopädisch sind diese Konsonanten besonders leicht zu beurteilen, weil ein Fehler besonders deutlich hörbar ist – im Gegensatz z. B. zum Konsonanten /t/. In der Computeranalyse sind /s/ und /z/ im zeitabhängigen Leistungsdichtespektrum in einem ausreichend großen Zeitintervall dargestellt und deshalb relativ einfach für die Auswahl zur Frequenzanalyse abzugrenzen.

### **2.2.7 Logopädischer Auswertungsbogen**

Den Logopäden wurde zur Beurteilung der Sprechproben ein Auswertungsbogen zur Verfügung gestellt.

Sie sollten kurz das Sprechen im allgemeinen beurteilen und sich entscheiden, welche der beiden Sprechproben die bessere sei.

Zusätzlich sollten sie den gehörten Unterschied quantifizieren (gering, mittel, groß) und kurz beschreiben, was sich beim Sprechen verändert hat.

Abb. 12 zeigt den Auswertungsbogen.

AUSWERTUNGSBOGEN

AUFNAHMENUMMER: \_\_\_\_\_ !

Bemerkungen zum Sprechen allgemein (sehr gut, gut, schlecht)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Aufnahme 1	besser	schlechter	gleich	Aufnahme 2
------------	--------	------------	--------	------------

Unterschied	groß	mittel	gering
-------------	------	--------	--------

Bemerkungen zum Vergleich der Aufnahmen (Konsonanten, Schärfe)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Abb. 12: Logopädischer Auswertungsbogen

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Ergebnisse des Fragebogens

14 Patienten der Arbeiterwohlfahrt-Klinik nahmen an der Studie teil und beantworteten den Fragebogen. Auffällig war besonders die große Zufriedenheit der Patienten mit dem Zahnersatz, trotz der aus prothetischer Sicht bestehenden Mängel. Dies deckt sich mit den in der Literatur beschriebenen Ergebnissen (11,17).

##### 3.1.1 Angaben zur Bewertung der Funktion der Prothese durch den Probanden

In diesem Teil der Befragung sollte sich der Proband aus seiner subjektiven Sicht zur Funktion seiner Prothese äußern.

Der überwiegende Teil der Probanden war mit der Prothese zufrieden (9 von 14, Tab.1). Ähnlich verhielt es sich bei der Einschätzung des Prothesenhalts (8 von 14, Tab.3), der Kaufunktion (8 von 14, Tab. 4) sowie bei der Problemfreiheit mit den Prothesen (10 von 14, Tab. 2). Bei den unwesentlichen Beeinträchtigungen handelte es sich um Druckstellen, das beeinträchtigende Problem eines Probanden war eine nicht lagestabile Unterkiefer-Totalprothese (völlige Unterkiefer-Kammatrophie).

<b>Allgemeine Zufriedenheit mit der Prothese</b>	<b>n</b>	<b>(%)</b>
Gut	9	(64,3%)
Akzeptabel	5	(35,7%)
Schlecht	0	(0%)

Tab. 1: Antwortverteilung: Allgemeine Prothesenzufriedenheit (n=14)

<b>Aktuelle Probleme an den Prothesen</b>	<b>n</b>	<b>(%)</b>
Keine	10	(71,4%)
Unwesentlich	3	(21,4%)
Beeinträchtigt	1	(7,2%)

Tab. 2: Antwortverteilung: Aktuelle Problemen an den Prothesen (n=14)

<b>Prothesenhalt</b>	<b>n</b>	<b>(%)</b>
Gut	8	(57,1%)
Akzeptabel	6	(42,9%)
Schlecht	0	(0%)

Tab. 3: Antwortverteilung: Prothesenhalt (n=14)

<b>Kau- und Abbeiss- funktion</b>	<b>n</b>	<b>(%)</b>
Gut	8	(57,2%)
Akzeptabel	3	(21,4%)
Schlecht	3	(21,4%)

Tab. 4: Antwortverteilung: Kau- und Abbeissfunktion (n=14)

### 3.1.2 Angaben zur Bewertung der Ästhetik der Prothese durch den Probanden

Bei den Fragen nach der Ästhetik zeigten sich weniger Probanden zufrieden. Den Gesamteindruck bezeichneten 5 der Befragten als lediglich akzeptabel oder schlecht (Tab.5), die weiße Ästhetik (Farbe, Größe, Form, Aufstellung der Zähne) gefiel 9 von 14 Probanden (Tab.6). Von den 5 derer, die den Prothesengesamteindruck als nur akzeptabel oder schlecht einstufen, waren 4 Frauen (Abb. 13).

Die rote Ästhetik (Modellation, Farbe der nachgebildeten Schleimhaut) scheint für die Patienten keine Rolle zu spielen, alle empfanden ihre Prothese in diesem Punkt als gelungen (Tab.7). Einen Vergleich roter zu weißer Ästhetik zeigt Abbildung 14.

<b>Gesamteindruck der Prothese</b>	<b>n</b>	<b>(%)</b>
Gut	9	(64,3%)
Akzeptabel	4	(28,6%)
Schlecht	1	(7,1%)

Tab. 5: Antwortverteilung: Gesamteindruck der Prothese (n=14)

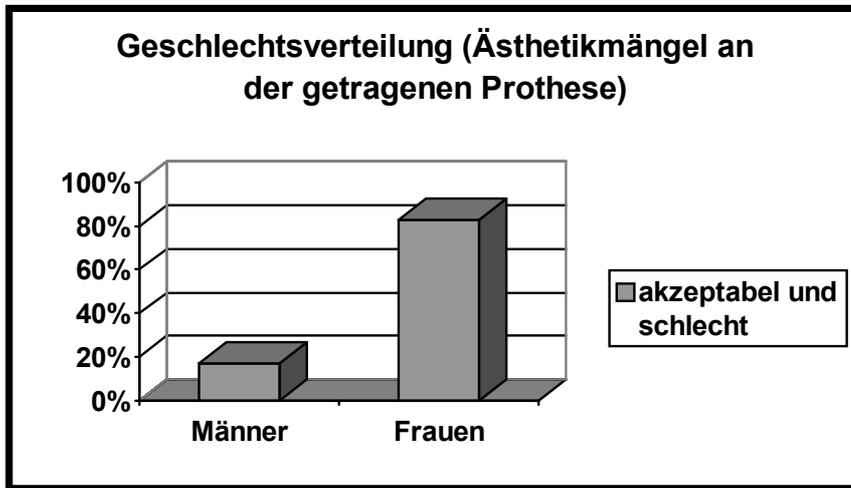


Abb. 13: Zeigt die Geschlechtsverteilung derer, die die Ästhetik ihrer Prothese als nur akzeptabel oder schlecht bezeichneten

<b>Form, Größe, Farbe und Stellung der Zähne</b>	<b>n</b>	<b>(%)</b>
Gut	9	(64,3%)
Akzeptabel	5	(35,7%)
Schlecht	0	(0%)

Tab. 6: Antwortverteilung: Form, Größe, Farbe und Stellung der Zähne (n=14)

<b>Rote Ästhetik</b>	<b>n</b>	<b>(%)</b>
Gut	14	(100%)
Akzeptabel	0	(0%)
Schlecht	0	(0%)

Tab. 7: Antwortverteilung: Rote Ästhetik (n=14)

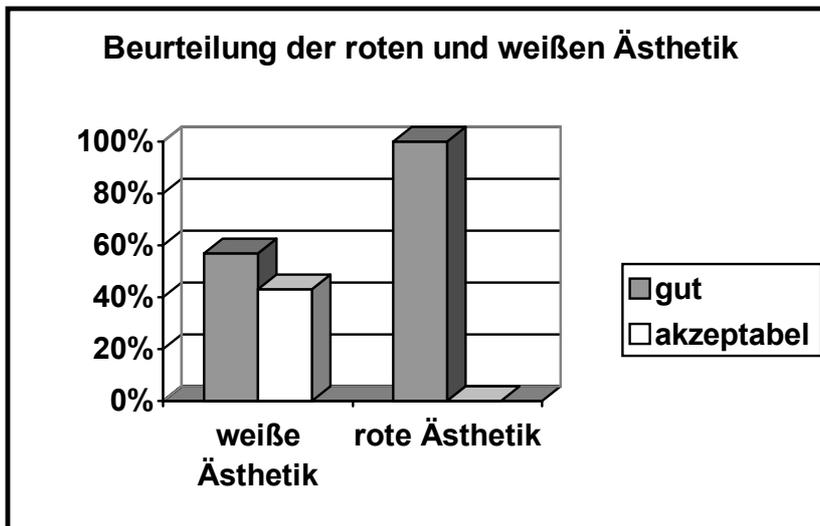


Abb.14: Beurteilung der weißen und roten Ästhetik durch die Probanden

### 3.1.3 Angaben zur Bewertung der Phonetik der Prothese durch den Probanden

Die überwiegende Zahl der Probanden zeigte sich auch bei der phonetischen Bewertung ihrer Prothese als zufrieden. 10 der Befragten konnten hinsichtlich des Sprechens kein Unterschied zu früher – als sie noch Zähne hatten - feststellen (Tab. 8). 7 der Befragten gaben an, teilweise Probleme bei der Lautbildung zu haben (Tab. 9).

Nur 2 Probanden hatten das Gefühl, sie würden manchmal mit der Zunge am Gaumen anstoßen (Tab. 10).

<b>Sprechqualität im Vergleich zu früher</b>	<b>n</b>	<b>(%)</b>
Gleich	10	(71,4%)
Schlechter	4	(28,6%)
Schlecht	0	(0%)

Tab. 8: Antwortverteilung: Sprechqualität im Vergleich zu früher (n=14)

<b>Probleme bei der Lautbildung (spucken/lispeln)</b>	<b>n</b>	<b>(%)</b>
Nie	7	(50,0%)
Manchmal	7	(50,0%)
Immer	0	(0%)

Tab. 9: Antwortverteilung: Probleme bei der Lautbildung (n=14)

<b>Anstoßen am Gaumen</b>	<b>n</b>	<b>(%)</b>
Nie	12	(85,7%)
Manchmal	2	(14,3%)
Immer	0	(0%)

Tab. 10: Antwortverteilung: Anstoßen am Gaumen (n=14)

### 3.1.4 Bewertung phonetisch relevanter Bereiche der Prothese durch den Untersucher

Bei der Begutachtung der Prothesen hinsichtlich in der Literatur als phonetisch relevant beschriebener Prothesencharakteristika durch den Untersucher wurde bis auf eine Prothese bei allen anderen ein idealer oder akzeptabler frontaler Überbiss gefunden (Tab. 11). Die S-Form des Kunststoffkörpers an der palatinalen Fläche dorsal den Inzisiven wies etwa die Hälfte der Prothesen auf (Tab. 12), die S-Form an den palatinalen Flächen an den Molaren war bei 6 Prothesen vorhanden, jedoch nur in angedeuteter Form (Tab. 13). Bei keiner Prothese war der palatinale Höcker des ersten Prämolaren zu groß gestaltet (Tab. 14). Die anteriore Kunststoffstärke war in allen Fällen akzeptabel (Tab. 15).

<b>Frontaler Überbiss (sagittal/vertikal)</b>	<b>n</b>	<b>(%)</b>
Ideal	4	(28,6%)
Akzeptabel	9	(64,3%)
Schlecht	1	(7,1%)

Tab. 11: Auswertungsverteilung: Frontaler Überbiss (n=14)

<b>Anteriore S-Form</b>	<b>n</b>	<b>(%)</b>
Ausgeprägt	2	(14,2%)
Angedeutet	6	(42,9%)
Fehlt	6	(42,9%)

Tab. 12: Auswertungsverteilung: Anteriore S-Form (n=14)

<b>Molare S-Form</b>	<b>n</b>	<b>(%)</b>
Ausgeprägt	0	(0%)
Angedeutet	6	(42,9%)
Fehlt	8	(57,1%)

Tab.13: Auswertungsverteilung: Molare S-Form (n=14)

<b>Form des 1. Prämolaren</b>	<b>n</b>	<b>(%)</b>
Zierlich	4	(28,6%)
Akzeptabel	10	(71,4%)
Zu groß	0	(0%)

Tab.14: Auswertungsverteilung: Form des ersten Prämolaren (n=14)

<b>Anteriore Stärke</b>	<b>n</b>	<b>(%)</b>
Dünn	6	(42,9%)
Akzeptabel	8	(57,1%)
Zu dick	0	(0%)

Tab. 15: Auswertungsverteilung: Anteriore Stärke (n=14)

Der Einfluß dieser Faktoren allein scheint jedoch nicht ausschlaggebend für die Qualität des Sprechens zu sein.

Drei im Gesamtbild von den Logopäden als besonders schlecht sprechend eingestufte Probanden hatten in allen Punkten ideale oder akzeptable Werte.

Der logopädisch am besten eingestuften Patientin hingegen fehlt sowohl die anteriore als auch die molare S-Form des Kunststoffkörpers.

## 3.2 Logopädische Auswertung

### 3.2.1 Ergebnisüberblick

Die Zusammenfassungen der logopädischen Auswertung der Sprechproben zeigen die Abb. 15 und 16.

Die Logopäden erhielten die Sprechproben (vor und nach dem Sandstrahlen) in einer ihnen nicht bekannten Reihenfolge auf Kassette. Drei der Sprechproben waren Blindproben, das heißt, es wurde nicht sandgestrahlt.

Die Spalte „Versuch“ zeigt, ob es sich um eine Blindprobe handelte oder nicht. Die Spalten „richtig erkannt“ und „nicht erkannt“ geben an, ob die Proben korrekt zugeordnet werden konnten (welche der beiden Proben die mit der sandgestrahlten Prothese war oder ob es sich um eine Blindprobe handelte).

In der Spalte „Unterschied“ bewerteten die Logopäden subjektiv die gehörte Differenz zwischen den beiden Sprechproben, eingeteilt in gering, mittel und groß.

Der erste Logopäde ordnete bis auf einen Probanden alle Proben korrekt zu. Bei Proband 8 konnte er nicht zweifelsfrei bestimmen, welche der Aufnahmen die bessere sei und stufte sie als Blindprobe ein (Abb. 15).

Der zweite Logopäde ordnete bis auf zwei Aufnahmen richtig zu (Abb.16). Bei Proband 13 hörte der Logopäde keinen Unterschied, obwohl sandgestrahlt wurde, bei Proband 12 wurde die falsche Aufnahme als nach dem Sandstrahlen eingestuft. Dieser Proband artikulierte jedoch auch sehr gut und sowohl Logopäde 1, der richtig zuordnete, als auch Logopäde 2 erkannten nur sehr geringe Unterschiede. Abbildungen 17 und 18 zeigen die Zusammenfassungen.

Vier Probanden wurden im Gesamtbild des Sprechens mit gut bewertet (6,7,9 und 12), alle anderen artikulierten undeutlich oder waren in ihrer Verständlichkeit eingeschränkt.

LOGOPÄDE 1

Probandennr.	Versuch	richtig erkannt	nicht erkannt	Unterschied
1	Sandstrahlen	✓		Groß
2	Sandstrahlen	✓		Gering
3	Sandstrahlen	✓		Groß
4	Sandstrahlen	✓		Gering
5	Blindprobe	✓		Keiner
6	Blindprobe	✓		Keiner
7	Sandstrahlen	✓		Gering
8	Sandstrahlen		✓	Keiner
9	Sandstrahlen	✓		Gering
10	Sandstrahlen	✓		Mittel
11	Sandstrahlen	✓		Mittel
12	Sandstrahlen	✓		Gering
13	Sandstrahlen	✓		Gering
14	Blindprobe	✓		Keiner

Abb. 15: Ergebnisse der Auswertung von Logopäde 1

LOGOPÄDE 2

Probandennr.	Versuch	richtig erkannt	Nicht erkannt	Unterschied
1	Sandstrahlen	✓		Groß
2	Sandstrahlen	✓		Gering
3	Sandstrahlen	✓		Groß
4	Sandstrahlen	✓		Gering
5	Blindprobe	✓		Keiner
6	Blindprobe	✓		Keiner
7	Sandstrahlen	✓		Mittel
8	Sandstrahlen	✓		Gering
9	Sandstrahlen	✓		Gering
10	Sandstrahlen	✓		Gering
11	Sandstrahlen	✓		Groß
12	Sandstrahlen		✓	Gering
13	Sandstrahlen		✓	Keiner
14	Blindprobe	✓		Keiner

Abb. 16: Ergebnisse der Auswertung von Logopäde 2

### 3.2.1 Einzelbewertungen

- Proband 1: - auffällig war das „gebißlose“ Sprechen vor dem Sandstrahlen, danach werden die Konsonanten /l,d,t,n/ sowie die Zischlaute deutlich besser
- Proband 2: - insgesamt ein leichtes, geschlossenes Näseln  
- nach dem Sandstrahlen werden /s/ und /sch/ deutlicher artikuliert
- Proband 3: - insgesamt deutliche Luft-Reibe-Geräusche bei /s/ und /z/  
- die Luft-Reibe-Geräusche bei /s/ und /z/ sind nach dem Sandstrahlen fast nicht mehr wahrnehmbar
- Proband 4: - nach dem Sandstrahlen präzisere Bildung der Zischlaute
- Proband 5: - Blindprobe
- Proband 6: - Blindprobe
- Proband 7: - insgesamt gut verständlich, inkonstantes Lispeln beim /s/-Auslaut  
- nach dem Sandstrahlen ist die Artikulation präziser und das Luft-Reibe-Geräusch bei den Zischlauten ist verschwunden
- Proband 8: - der Proband spricht monoton, stark nasal, schnell und undeutlich  
- Logopäde 2 hörte eine geringe Verbesserung der Deutlichkeit, Logopäde 1 konnte keinen Unterschied erkennen
- Proband 9: - insgesamt sehr gut zu verstehen und sehr deutliche Artikulation  
- nach dem Sandstrahlen geringfügig präzisere Zischlautbildung
- Proband 10: - Verständlichkeit ist durch konstantes interdentes Lispeln stark reduziert  
- nach dem Sandstrahlen ist das Lispeln reduziert
- Proband 11: - insgesamt ist die Verständlichkeit durch leicht verwaschenes, schnelles Sprechen eingeschränkt  
- nach dem Sandstrahlen ist die Artikulation deutlich besser und die Luft-Reibe-Geräusche sind verschwunden

- Proband 12: - insgesamt sehr klar und deutlich, Logopäde 1 erkannte einen addentalen Sigmatismus
- Logopäde 1 konnte nach dem Sandstrahlen einen Rückgang des addentalen Sigmatismus feststellen, Logopäde 2 konnte sowohl bei Spontansprache, als auch bei den Wörtern keinen Unterschied hören, beim Text bewertete er die Probe vor dem Sandstrahlen als besser
- Proband 13: - Zischlaute werden nach dem Sandstrahlen präziser gebildet
- Logopäde 2 konnte keinen Unterschied erkennen
- Proband 14: - Blindprobe

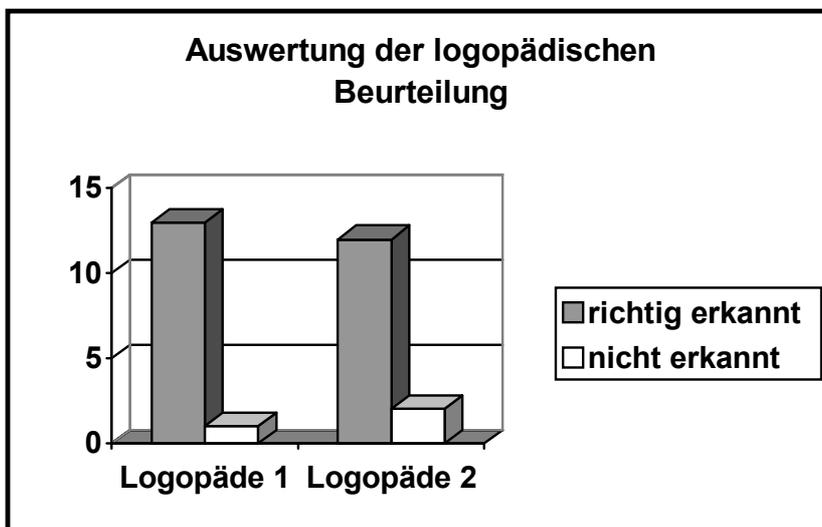
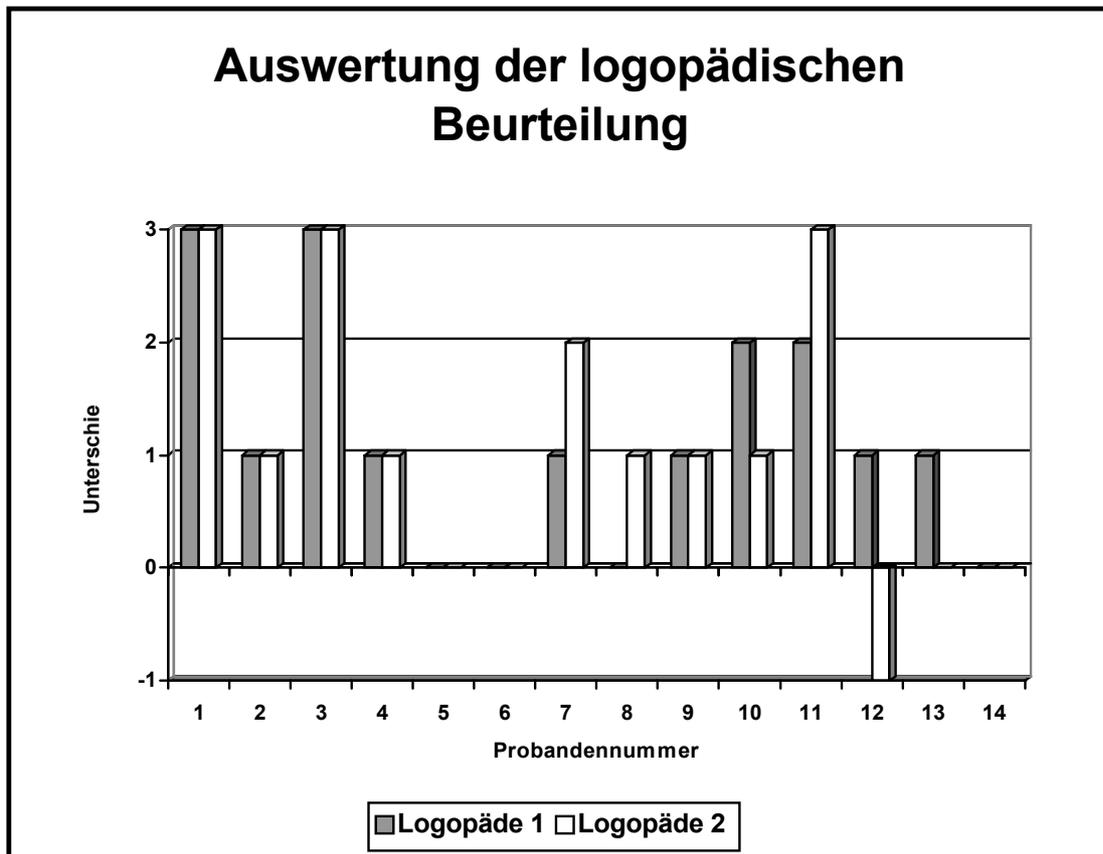


Abb. 17: Darstellung der Auswertung der logopädischen Beurteilung

Von den vierzehn Probanden wurden elf von beiden Logopäden übereinstimmend als richtig erkannt. Von diesen elf übereinstimmend erkannten waren drei Blindproben, somit acht veränderte Prothesen.

Von diesen acht Probanden stimmten die Grade des gehörten Unterschieds bei fünf zwischen den beiden Logopäden überein, die anderen drei unterschieden sich nur durch einen Bewertungsgrad (z.B. gering-mittel).



Tab.18: Die Tabelle zeigt die einzelnen Probanden (Nummer 1-14) und die ihnen zugewiesenen Unterschiede (3=groß; 2=mittel; 1=gering; 0=keiner; -1=gering, jedoch entgegengesetzt des anderen Logopäden) durch die Logopäden

### **3.3 Computeranalyse**

In der Computeranalyse wurden die Probanden Nummer 3, 4, 6, 9 und 11 untersucht. Probanden 3 und 11 zeichneten sich in der logopädischen Bewertung durch eine besonders deutliche Verbesserung des Sprechens aus. Probanden 4 und 9 hatten eine geringe, Proband 6 keine Verbesserung (Blindprobe). Ziel war es zu untersuchen, ob man eine Veränderung der Frequenzspektren der Konsonanten /s/ und /z/ vor und nach dem Sandstrahlen der Prothese in Korrelation zur logopädischen Bewertung findet.

#### **3.3.1 Großer und mittlerer Unterschied in der logopädischen Bewertung**

Zuerst wurden die Spektren von /s/ und /z/ von Probanden untersucht, bei denen die logopädische Auswertung der Sprechproben eine deutliche Verbesserung nach dem Sandstrahlen ergab (Abb. 19 bis 22). Im Vergleich kann man deutliche Unterschiede im Verlauf der Graphen sehen.

Frequenzabhängige Leistungsdichtespektren der Konsonanten /s/ und /z/ von Proband 3. Links ist jeweils die Situation vor dem Sandstrahlen, rechts danach wiedergegeben; der Unterschied in der logopädischen Bewertung war deutlich.

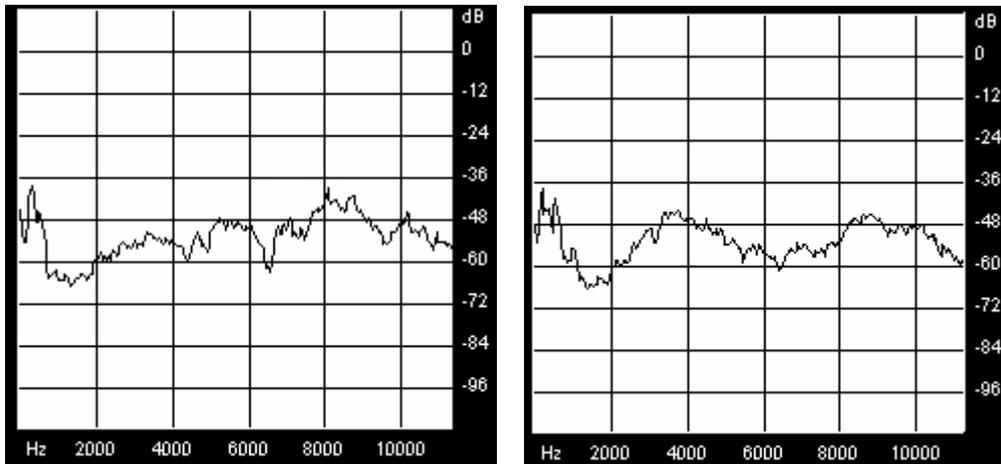


Abb. 19: /s/ des Probanden 3, links vor dem Sandstrahlen, rechts danach

In Abb. 19 ist ein deutlicher Unterschied der beiden /s/-Spektren zu erkennen. Im linken Spektrum ist das Maximum bei 4 kHz nicht zu finden. Der Verlauf des Graphen ist unruhig. Dieser unruhige Graphenverlauf zeigt sich auch beim /z/ in Abb. 20. Beim besseren /z/ steigt der Graph langsam bis zum Maximum bei 8 kHz. Das linke Spektrum hat ein zusätzliches Maximum bei 4 kHz.

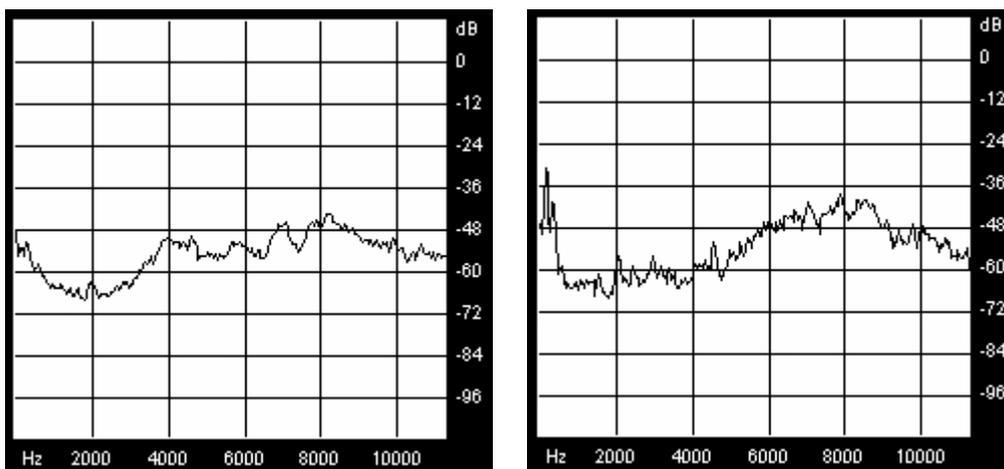


Abb.20: /z/ des Probanden 3, links vor dem Sandstrahlen, rechts danach

Frequenzabhängige Leistungsdichtespektren der Konsonanten /s/ und /z/ von Proband 11. Links ist jeweils die Situation vor dem Sandstrahlen, rechts danach wiedergegeben; in der logopädischen Bewertung zeigte sich ein deutlicher Unterschied.

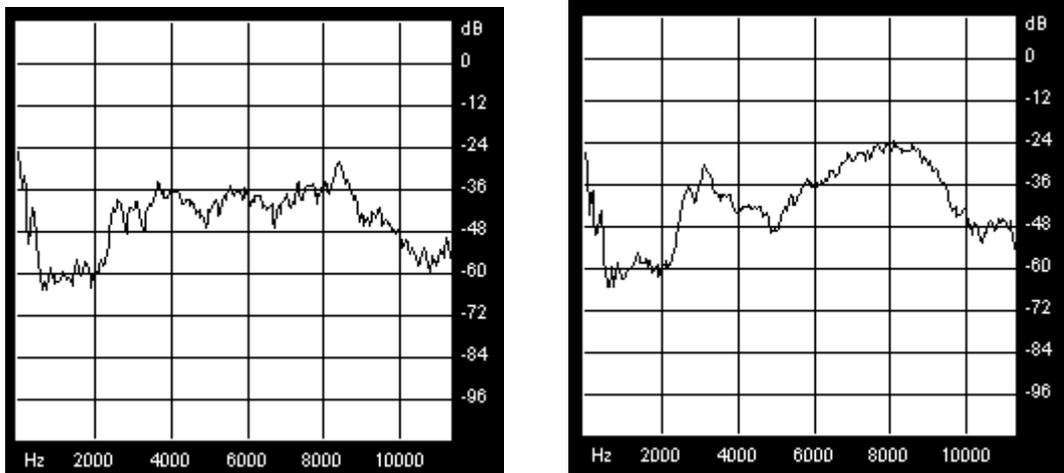


Abb. 21: /s/ des Probanden 11, links vor dem Sandstrahlen, rechts danach

Abb. 21 zeigt einen abweichenden Verlauf der beiden /s/-Spektren. Auffällig ist der starke Leistungszuwachs von 6 bis 9 kHz. Beim /z/ in Abb. 22 zeigt das rechte Bild wieder den langsamen Anstieg bis 8 kHz., links liegt das Maximum bei 5 kHz und fällt dann ab.

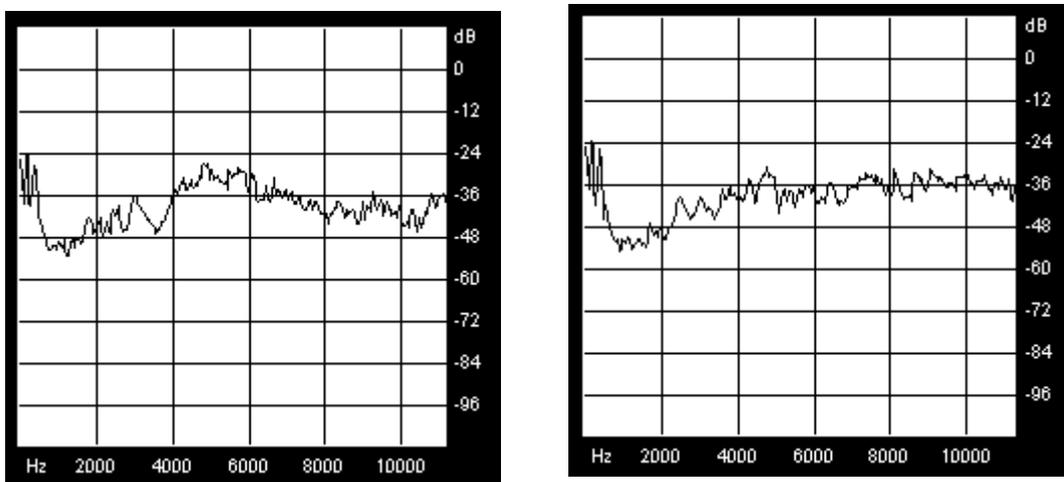


Abb. 22: /z/ des Probanden 11, links vor dem Sandstrahlen, rechts danach

### **3.3.2 Geringer und kein Unterschied in der logopädischen Bewertung**

Danach wurden die Spektren von /s/ und /z/ von Probanden untersucht, bei denen die logopädische Auswertung der Sprechproben eine geringe Verbesserung nach dem Sandstrahlen ergab (Abb. 23 bis 26), sowie ein Blindprobenversuch (Abb. 27 bis 28). Im Vergleich kann man sehen, daß der Verlauf der Graphen fast gleich ist.

Frequenzabhängige Leistungsdichtespektren der Konsonanten /s/ und /z/ von Proband 4. Links ist jeweils die Situation vor dem Sandstrahlen, rechts danach wiedergegeben. In der logopädischen Auswertung ergab sich nur ein geringer Unterschied.

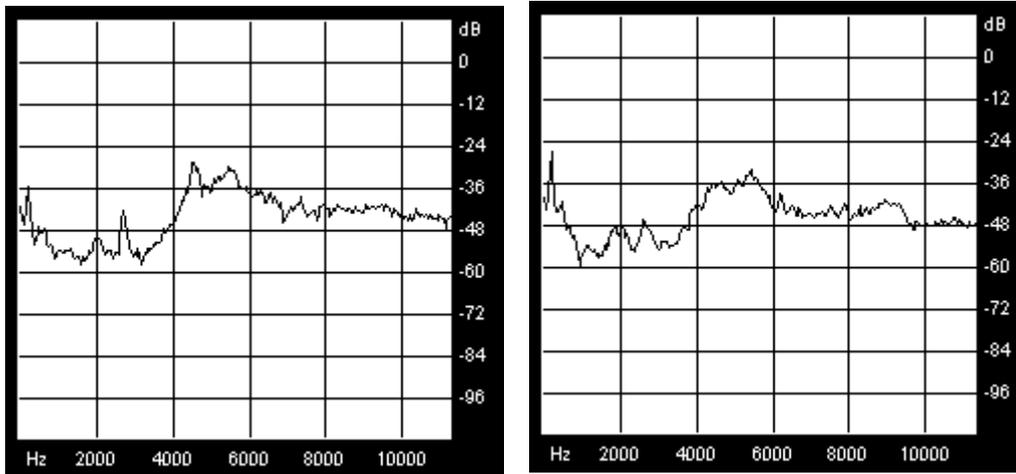


Abb. 23: /s/ des Probanden 4, links vor dem Sandstrahlen, rechts danach

Sowohl beim /s/ in Abb. 23, als auch beim /z/ in Abb. 24 zeigt sich kein ausgeprägter Unterschied zwischen den beiden Spektren.

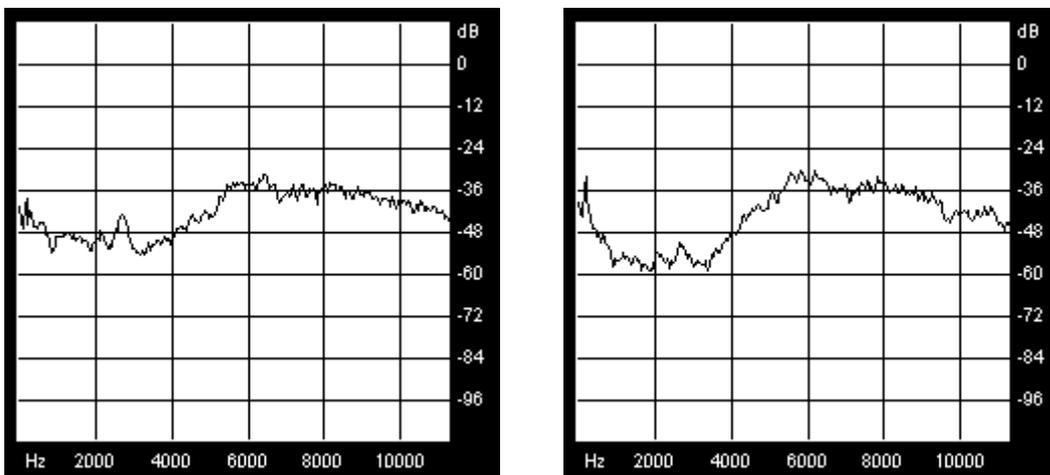


Abb. 24: /z/ des Probanden 4, links vor dem Sandstrahlen, rechts danach

Frequenzabhängiges Leistungsdichtespektrum der Konsonanten /s/ und /z/ des Probanden 9. Links ist jeweils die Situation vor dem Sandstrahlen, rechts danach wiedergegeben. In der logopädischen Bewertung ergab sich nur ein geringer Unterschied.

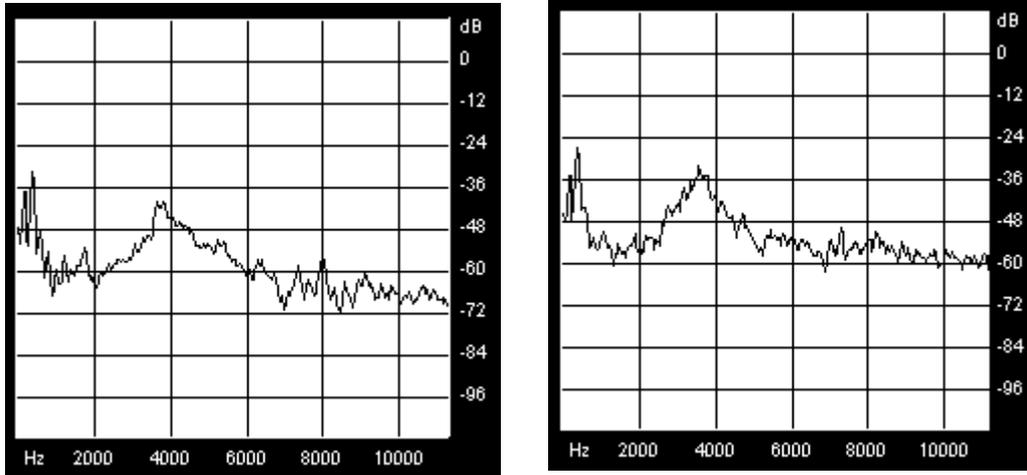


Abb. 25: /s/ des Probanden 9, links vor dem Sandstrahlen, rechts danach

Auch in diesem Beispiel zeigt sich sowohl beim /s/ in Abb. 25, als auch beim /z/ in Abb. 26, daß zwischen den beiden Spektren kaum ein Unterschied im Verlauf der Graphen feststellbar ist.

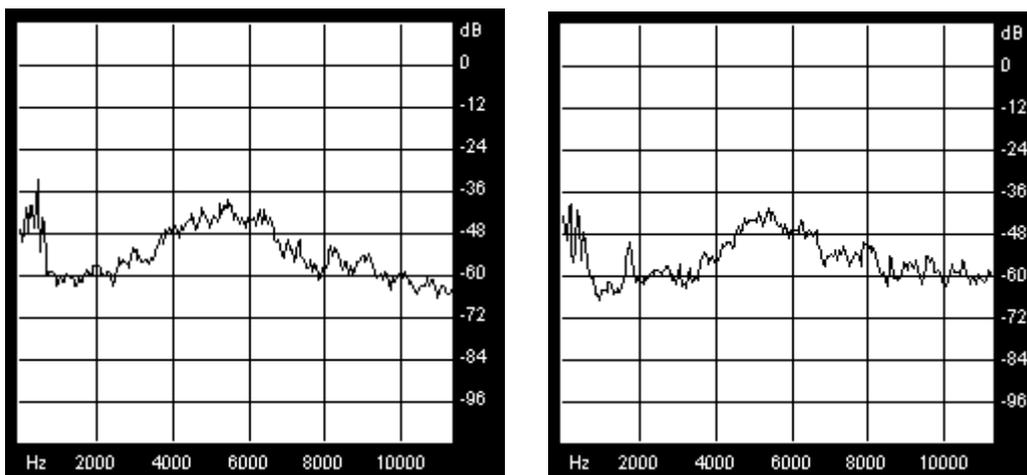


Abb. 26: /z/ der Probanden 9, links vor dem Sandstrahlen, rechts danach

Frequenzabhängiges Leistungsdichtespektrum der Konsonanten /s/ und /z/ des Probanden 6. Links ist jeweils die Situation vor dem Sandstrahlen, rechts danach wiedergegeben. Es handelte sich um eine Blindprobe, in der logopädischen Auswertung ergab sich kein Unterschied.

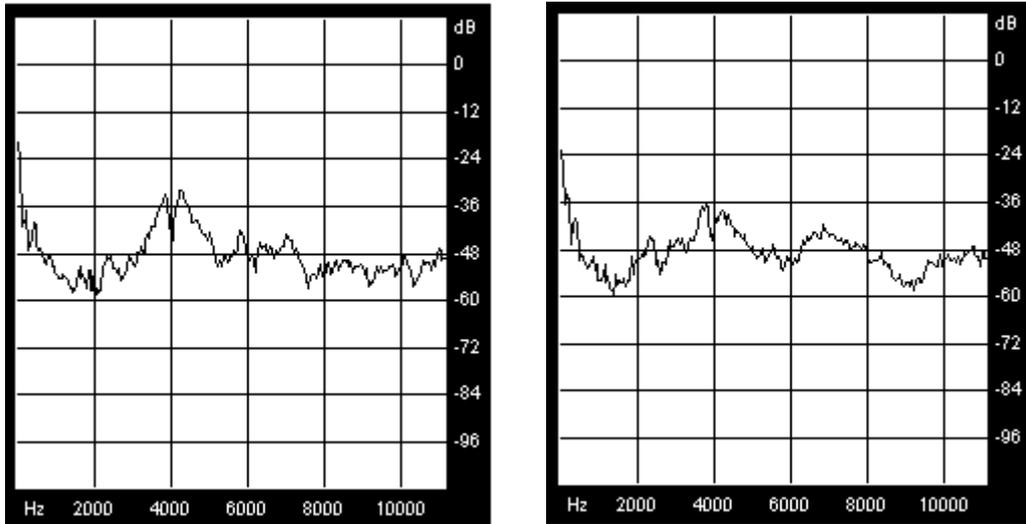


Abb. 27: /s/ des Probanden 6, links und rechts ohne Bearbeitung des Zahnersatzes

Auch in diesem Beispiel zeigt sich sowohl beim /s/ in Abb. 27, als auch beim /z/ in Abb. 28, daß zwischen den beiden Spektren kaum ein Unterschied im Verlauf der Graphen feststellbar ist. Es handelt sich um eine Blindprobe.

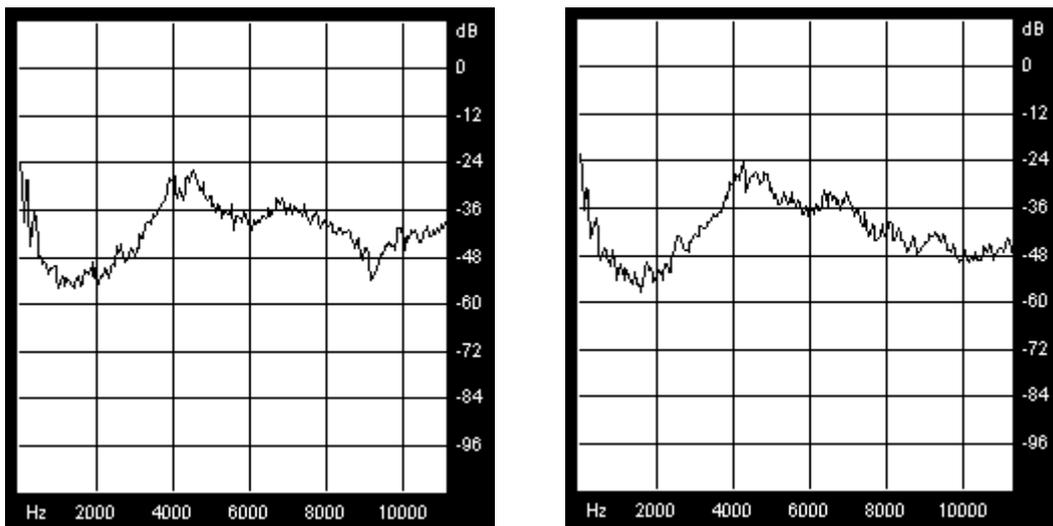


Abb. 28: /z/ des Probanden 6, links und rechts ohne Bearbeitung des Zahnersatzes

#### **4 Diskussion und Zusammenfassung**

Das Ziel dieser Arbeit war, ein Verfahren zu beschreiben, das in der Lage ist, die Sprechfunktion einer den Gaumen bedeckenden Oberkiefer-Prothese zu verbessern. Das Probandengut wurde unter Patienten der Geriatrischen Rehabilitationsklinik der Arbeiterwohlfahrt Würzburg e.V. ausgesucht. Dies lag nahe, da einerseits eine „Außenstelle“ der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Universität Würzburg in dieser Einrichtung besteht, andererseits geriatrische Patienten nach Apoplexie und Sprechstörungen behandelt werden, die zum Teil solchen Zahnersatz tragen. Anhand eines kurzen Fragebogens beurteilte der Proband mit Hilfe des Untersuchenden seine Prothese. Die in der Literatur angegebenen, fast ausschließlich empirisch ermittelten Parameter einer totalen Oberkiefer-Prothese, die für das Sprechen wichtig sind, wurden ermittelt.

Die Prothesen wurden dann im Nebenareal (siehe Abb. 4 auf Seite 7) sandgestrahlt und somit der friktive Reiz für die Zunge erhöht. Zur Analyse des Sprechens wurde eine Tonbandaufnahme vor dem Sandstrahlen angefertigt und eine zweite nach einer Woche Tragezeit der veränderten Prothese. Zwei unabhängige Logopäden erhielten beide Aufnahmen in einer ihnen nicht bekannten, randomisierten Reihenfolge auf Tonkassette gespielt. Sie beurteilten, welche der beiden Sprechproben eines Probanden (vor und nach dem Sandstrahlen) die bessere sei. Zusätzlich wurde untersucht, ob man den Unterschied, den die Logopäden gehört hatten, am Computer sichtbar machen könne. Dazu wurden die Sprechproben mittels spezieller Software digitalisiert, gespeichert und in Form von frequenzabhängigen Leitungsdichtespektren dargestellt.

Es wurden die Spektren von /s/ und /z/ vor und nach dem Sandstrahlen einander gegenübergestellt und verglichen.

Fragebogen:

An der Studie nahmen insgesamt 14 Personen teil.

Die Ergebnisse der subjektiven Einschätzung der Prothesen durch die Probanden zeigte eine hohe Zufriedenheit mit dem zum Teil schon sehr alten Zahnersatz. Dies deckt sich mit den in der Literatur beschriebenen Ergebnissen (11,17). So gibt KÄMPF (11) an, daß sich in ihrer Studie mit 131 Probanden 88% der Befragten mit ihrem Kauvermögen zufrieden waren, ähnliche Prozentsätze ließen sich beim Prothesenhalt, Sprachlautbildung und oralen Wohlbefinden feststellen.

Bei den Fragen zur Bewertung der Prothese durch den Probanden gaben 9 Probanden an, mit den Prothesen im allgemeinen zufrieden zu sein, 8 waren mit dem Prothesenhalt, 7 mit der Kau- und Abbeißfunktion zufrieden. 10 der Befragten gaben an, zur Zeit keine Probleme mit ihrem Zahnersatz zu haben.

Etwas weniger gut wurde die Ästhetik beurteilt, wobei die Zahnfleischnachbildung keine Relevanz für diese Probanden zeigte. Frauen waren mit dem Aussehen ihrer Prothesen häufiger unzufrieden als Männer.

Die phonetische Qualität ihres Zahnersatzes beurteilten 10 der Befragten als unverändert im Vergleich zu früher, als sie noch Zähne hatten, 4 als schlechter. 7 Probanden gaben an, manchmal bei der Lautbildung Probleme zu haben, 2 bemerkten manchmal ein Anstoßen am Gaumen.

Der frontale Überbiss war bei allen Prothesen akzeptabel oder ideal, die anteriore S-Form des Kunststoffkörpers war bei 12 Prothesen nur angedeutet oder fehlte, bei der molaren S-Form sogar bei allen. Die Form des ersten Oberkiefer-Praemolaren war bei allen Prothesen zierlich oder akzeptabel, die anteriore Stärke ideal oder akzeptabel.

Die Ergebnisse dieser Befragung können nicht als repräsentativ für alle Zahnersatzträger oder Totalprothesenträger gesehen werden. Die Gruppe war dafür mit 14 Probanden zu klein und gezielt ausgewählt. Obwohl prinzipiell mehr Probanden mit Oberkiefer-Totalprothesen zur Verfügung standen,

verringerte sich die Stichprobe aufgrund von Multimorbidität und schlechten Allgemeinzustandes der infrage kommenden Patienten.

Die Befragung sollte zeigen, ob ein Bereich der Prothesenfunktion - besonderes Augenmerk lag auf der phonetischen Funktion - im Vergleich zu den anderen besser oder schlechter gesehen wird.

Es zeigte sich aber, dass der Prozentsatz derer, die ihre Prothesen als gut bewerteten, bei Gesamteindruck, Ästhetik, Funktion und Phonetik relativ gleich war.

Diese Befragung bestätigte wieder die hohe Toleranz ältere Leute in bezug auf ihren Zahnersatz, gerade auch auf dem Gebiet der Phonetik. So beurteilten die Logopäden zehn der vierzehn Probanden als „schlecht“ im Gesamteindruck des Sprechens. Keiner der Befragten war jedoch wirklich unzufrieden mit der Sprechfunktion seiner Prothese.

Unter den im Gesamteindruck des Sprechens als „schlecht“ eingestuften Probanden zeigten sich an deren Prothesen bei den phonetisch relevanten Aspekten oft ideale oder akzeptable Werte.

Im Gegensatz dazu waren bei den vier besser sprechenden Probanden nicht immer ideale oder akzeptable Werte zu finden. Dies deutet darauf hin, dass die in der Literatur beschriebenen Veränderungen an phonetisch relevanten Bereichen nicht automatisch zu gutem Sprechen führen.

Unter Umständen kann die Umarbeitung in diesem Sinn eine Verbesserung bringen, in keiner der zitierten Quellen ist dies aber experimentell eindeutig belegt.

Um die optimale Konfiguration für den einzelnen Patienten zu erzielen, müssten wohl sehr ausführliche Wachsenproben mit vielen Sprechübungen stattfinden. Idealerweise sollten sie von Logopäden begleitet werden, da es keine „einfachen“ Konzepte für das optimale Sprechen gibt. So konnte NIEDERMEYER (13) zeigen, daß bestimmte Konsonanten mit Prothese gesprochen von Logopäden schlechter beurteilt wurden als ohne Prothese.

Gesichert ist der Einfluß der anterioren Stärke des Zahnersatzes (21) - sie sollte möglichst klein sein - sowie die Vermeidung von Fehlern bei der Herstellung (z.B. fehlender frontaler Überbiß, falsche vertikale Relation).

Logopädische Auswertung:

Die Logopäden erhielten die Sprechproben in einer ihnen unbekanntem Reihenfolge auf Kassette, zudem waren drei Blindproben unter den Aufnahmen. Logopäde 1 konnte alle bis auf eine Probe, Logopäde 2 alle bis auf zwei richtig erkennen.

Bei den richtig erkannten Proben stellte Logopäde 1 viermal einen großen oder mittleren Unterschied fest, sechsmal einen geringen. Logopäde 2 konnte viermal einen großen oder mittleren Unterschied erkennen, fünfmal einen geringen.

Bei elf Probanden stimmten die Zuordnungen bei beiden Logopäden überein, bei acht sowohl die Zuordnung, als auch die Ausprägung des Unterschieds.

Die untersuchte Gruppe war mit 14 Probanden eher klein. Jedoch war die Probandenauswahl an bestimmte Bedingungen geknüpft (siehe 2.1) und es war äußerst schwierig, Probanden zu finden, die diesen entsprachen und ausreichend motiviert für die Studie waren. Die Patienten der Geriatriischen Rehabilitationsklinik der Arbeiterwohlfahrt Würzburg e.V. kommen nach langen Akut-Krankenhaus Aufhalten zur Rehabilitation und sind körperlich und psychisch meist noch stark geschwächt. Die Teilnahme an der Studie bedeutete für viele - neben der Ablenkung vom Klinikalltag - auch eine große Anstrengung. Dies war unter anderem auch ein Grund für die kleine Gruppe der Probanden.

Dem steht allerdings die sehr eindeutige Auswertung der Logopäden gegenüber.

Für die Studie wäre es aber interessant gewesen, ob sich mit einer anderen Körnung des Sandes beim Sandstrahlen ein besserer Effekt hätte erzielen lassen können. So könnte man sich vorstellen, daß – bis zu gewissen Grenzen – eine gröbere Körnung mehr Effekt zeigt. Andererseits wäre vielleicht auch mit einer feineren Körnung der selbe Effekt zu erzielen. Dies könnte den Vorteil haben, daß eine eventuell mögliche Plaquebesiedelung der größeren sandgestrahlten Areale unterbleibt und sich die Prothese für den Patienten nicht „unterschiedlich anfühlt“. Jedoch spürte keiner der Probanden den Unterschied zwischen dem sandgestrahlten und dem polierten Areal seiner Prothese.

Computeranalyse:

In der Computeranalyse wurden die Konsonanten /s/ und /z/ in frequenzabhängigen Leistungsdichtespektren dargestellt. Die Spektren der Buchstaben wurden vergleichend vor und nach dem Sandstrahlen beurteilt. Ziel war es, eine Korrelation zwischen dem Frequenzbild und der logopädischen Bewertung zu finden.

Es ist sehr schwer, aus einem dieser Frequenzbilder zu schließen, welcher Buchstabe dargestellt ist. Dies ist zur Zeit ein Entwicklungsschwerpunkt der Computerindustrie, um sprachgesteuerte Software zu ermöglichen.

Wegen der Aktualität des Problems ist es fast unmöglich, an Standardwerte (z.B. Frequenzbild eines Durchschnitts-/s/) zu gelangen. Noch viel schwieriger ist es, aus dem Frequenzbild die logopädische Güte des gesprochenen Buchstabens zu erfassen.

NIEDERMEYER (13) gibt an, für ausgewählte Konsonanten charakteristische Graphenverläufe gefunden zu haben, die mit einer logopädischen Bestbewertung einhergehen. Er hat dies jedoch nicht für alle Konsonanten gezeigt, und bei den untersuchten war die Gruppe zu klein, um von einer Allgemeingültigkeit der Ergebnisse auszugehen zu können.

Deshalb wurden in vorliegender Studie Frequenzspektren von Personen miteinander verglichen, die einen besonders großen oder mittleren, einen geringen und keinen (Blindproben) Unterschied in der logopädischen Bewertung hatten.

Bei den Blindproben (ohne Sandstrahlen) konnte so gut wie kein Unterschied in den Verläufen der beiden jeweiligen Graphen erkannt werden.

Bei den Aufnahmen mit geringem Unterschied war der Graphenverlauf ebenfalls ähnlich. Hier handelt es sich aber auch um sehr feine Veränderungen, die ein sehr hohes technisches Auflösungsvermögen voraussetzen und nicht mit den Unterschieden vergleichbar sind, die sich ergeben, wenn man z.B. bei einer Wachsprobe die Frontzähne umstellt.

Nur bei den Aufnahmen mit großem Unterschied in der logopädischen Bewertung konnte auch im Frequenzbild ein deutlicher Unterschied im Graphenverlauf festgestellt werden. In einigen Fällen war eine Verschiebung des Graphen in Richtung auf die von NIEDERMEYER (13) beschriebenen Bestwertdiagramme zu beobachten.

Eine klare Differenzierung gestattete der in dieser Studie verwendete Versuchsaufbau also nur bei deutlichen Unterschieden.

Es gelänge feinere Unterschiede aufzulösen, wenn man in schalldichten Räumen arbeiten und nicht nur jeweils eine Sprechprobe nehmen würde, sondern mehrere. Aus diesen könnte man dann Durchschnittswerte ermitteln, um Artefakte zu eliminieren. Auch müssten die Probanden für diesen aufwendigen Versuch sehr motiviert sein.

Dies war beim untersuchten Probandengut zum einen zeitlich nicht möglich - die Patienten sind nur etwa vier Wochen in der Rehabilitationsklinik - zum anderen sind sie durch ihre schwere Grunderkrankung schon mit dem verwendeten Versuchsaufbau fast überfordert gewesen. Auch ein schalldichter Raum existiert in der Klinik nicht, und die Patienten wären meist nicht in der Lage gewesen, in eine andere Einrichtung transportiert werden zu können.

Die Studie konnte somit zeigen, dass momentan die Effizienz computergestützter Sprachanalyse für den Einsatz in der Praxis technisch noch nicht reif und zeitlich zu aufwendig ist.

Da man im Moment noch eine logopädische Bewertung braucht, um die Graphen deuten zu können, ist die Zusammenarbeit mit einem Sprachtherapeuten unerlässlich.

Erst wenn allgemein gültige Bestwertdiagramme für alle Buchstaben vorliegen, ist es schnell und einfach möglich, das Sprechen am Computer zu objektivieren und gezielt unter direkter Kontrolle zu verbessern.

Allein die individuelle Anpassung der Form des Kunststoffkörpers, der Zahnstellung usw. bei der Prothesenherstellung unter Mitarbeit eines Logopäden - oder in Zukunft der Computeranalyse - würden es ermöglichen, den phonetisch optimalen Zahnersatz herzustellen. Aufwand und Effizienz stehen bisher in keinem sinnvollen Verhältnis.

In jedem Falle ist aber festzustellen, daß das Sandstrahlen des Nebenareals eine äußerst schnelle und einfache Möglichkeit darstellt, die phonetische Funktion einer den Gaumen bedeckenden Prothese zu verbessern.

Dies gelingt fast in jedem Fall, manchmal mit überraschend großem Erfolg, eine Verschlechterung durch die Maßnahme konnte ausgeschlossen werden.

## **5 Literatur**

### **1. Allen, L. :**

Improved phonetics in denture construction.

J Prosth Dent, 8, 1958 (S. 753)

### **2. Barth, J. A.:**

Beziehung restaurativer und chirurgisch- prothetischer Maßnahmen im Rahmen der Stimm- und Sprachfunktion.

Zahn-Mund-Kieferheilkd, 78, 1990 (S. 507)

### **3. Chaney, S., Moller, K., Goodkind, R.:**

Effects of immediate denture on certain structural and perceptual Parameters of speech.

J Prosth Dent, 40, 1978 (S. 8)

### **4. Chierici, G., Lawson, L.:**

Clinical speech considerations in prosthodontics: Perspectives of the prosthodontist and speech pathologist.

J Prosth Dent, 29, 1973 (S. 29)

### **5. Chierici, G., Parker, M., Hemphill, C.:**

Influence of immediate dentures on oral motor skill and speech.

J Prosth Dent, 39, 1978 (S. 21)

### **6. Cobes, L.:**

Experimentelle Untersuchungen zum Problem der phonetischen Adaptation von herausnehmbarem Zahnersatz.

Dtsch Zahnärztl Z, 13, 1958 (S. 826)

- 7. Desjardins, R.:**  
The tongue as it relates to complete denture.  
JADA, 88, 1974 (S. 814)
- 8. Eichner, K.:**  
Modellgußprothesen.  
Dtsch Zahnärztl Z, 29, 1974 (S. 930)
- 9. Gitto C., Esposito S., Draper J.:**  
**A simple method of assing palatal rugae to a complete denture.**  
J Prosth Dent, 81, 1999 (S. 237)
- 10. Goyal, B., Greenstein, P.:**  
Functional contouring of the palatal vault for improving speech with complete dentures.  
J Prosth Dent, 48, 1982 (S. 640)
- 11. Kämpf, G.:**  
Untersuchungen über die zahnärztliche Versorgung und das Ernährungsverhalten von Altersheimbewohnern der Stadt Bayreuth.  
Med Diss Würzburg 1995
- 12. Martone, A., Black, J.:**  
The Phenomenon of function in complete denture prosthodontics –  
An approach to prosthodontics through speech science.  
Part IV Physiologie of speech  
J Prosth Dent, 12, 1962 (S. 409)
- 13. Niedermeyer, W., Kick, W., Moser, M.:**  
Frequenzanalytische Untersuchungen zur Beurteilung phonetischer Qualität von Zahnersatz.  
Dtsch Zahnärztl Z, 43, 1988 (S. 765)

- 14. Palmer, J.:**  
Analysis of speech in prosthodontic practice.  
J Prosth Dent, 31, 1974 (S. 605)
- 15. Palmer, J.:**  
Structural changes for speech improvement in complete upper denture fabrication.  
J Prosth Dent, 41, 1979 (S. 507)
- 16. Pound, E.:**  
Esthetic Dentures and their phonetic values.  
J Prosth Dent, 1, 1951 (S. 98)
- 17. Puiu, B.:**  
Untersuchungen über die zahnärztliche Versorgung von Würzburger  
Altersheimbewohnern.  
Med Diss Würzburg 1992
- 18. Reichenbach, E.:**  
Sprachfunktion bei Zahnverlust und Zahnersatz.  
Dtsch Zahnärztl Z, 4, 1955 (S.1392)
- 19. Rothmann, R.:**  
Phonetic Considerations in denture prothesis.  
J Prosth Dent, 11, 1961 (S. 214)
- 20. Schmidt, R., Thews, G.:**  
Physiologie des Menschen.  
Springer Verlag, Berlin u. Heidelberg, 1995, 26. Auflage, (S. 273)

- 21. Siebert, G., Wentzke, M.:**  
Zum Einfluß verschiedener Gaumenplattenformen auf das Palatogramm und auf die  
Computeranalyse der Sprache.  
Dtsch Zahnärztl Z, 1986 (S. 1150)
- 22. Silbernagel, S., Despopoulos, A.:**  
Taschenatlas der Physiologie.  
Georg Thieme Verlag Stuttgart/New York, 4. Auflage, 1991 (S. 324)
- 23. Silverman, M.:**  
Determination of vertical dimension by phonetics.  
J Prosth Dent, 6, 1956 (S. 465)
- 24. Tanaka, H.:**  
Speech patterns of edentulous patients and morphology of the palate in relation to  
phonetics.  
J Prosth Dent, 29, 1973/1 (S. 16)
- 25. Weissmann, H.:**  
Der Beitrag des Technikers zur funktionellen Verbesserung totaler Prothesen.  
Dental-Labor, 31, 1983 (S. 423)
- 26. Ylppo, T.:**  
Effects of dentures on speech.  
Int Dent J, 1955 (S. 225)

## **Danksagung**

Mein besondere Dank gilt Herrn Prof. Dr. Th. Holste für die Überlassung des Themas, für die freundliche Unterstützung und die stets äußerst fachkundige Beratung, sowie für den Freiraum, mit dem ich dieses Thema bearbeiten durfte.

Herrn Priv.-Doz. Dr. Dr. Kübler danke ich für die Übernahme des Korreferats.

Für die engagierte und freundliche Zusammenarbeit danke ich Frau Schwöbel und Frau Krieger, die als Logopäden die Auswertung übernommen haben und ohne die dieses Studie nicht möglich gewesen wäre.

Ich bedanke mich weiter für die Zusammenarbeit mit den Logopäden der Geriatrischen Rehabilitationsklinik der Arbeiterwohlfahrt e.V. bei Frau Paul, Frau Herrler, Frau Narrang, Frau Schmied, sowie bei der Klinikleitung für die Überlassung der Räumlichkeiten und dem Stationspersonal, das die Verbindung zu den Probanden hergestellt hat.

Für die Beratung bei der Computeranalyse bedanke ich mich bei Herrn Prof. Niedermeyer, Herrn Prof. von Deuster und Herrn Dr. Schön.

Der Firma Hager&Werken danke ich für die kostenlose Überlassung des Sandstrahlgeräts.

Ein großes Dankeschön gehört allen Probanden, die sich an der Studie beteiligten.

## Lebenslauf

- 1974 Am 05.06.1974 wurde ich, Alexander Hassel, als erstes Kind der Eheleute Kurt und Anneliese Hassel, geb. Richter, in Würzburg geboren.
- 1980 – 1984 Besuch der Grundschule Miltenberg
- 1984 – 1993 Besuch des Karl-Ernst-Gymnasiums in Amorbach,
- 1993 Abitur
- 1993 – 1994 Zivildienst in der Altenpflege bei der Johanniter-Unfallhilfe Miltenberg e.V.
- 1994 – 1995 Immatrikulation an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg für das Studienfach Chemie
- 1995 – 1996 Freiwilliges Soziales Jahr bei der Blindeninstitutsstiftung Würzburg e.V. in der Pflege geistig behinderter Kinder
- 1996 – 2001 Studium der Zahnmedizin an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg
- Juli 2001 Zahnmedizinisches Staatsexamen