

Aus der Abteilung Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
(Prof. Dr. med. Dr. med. dent. H. Schliephake)
im Zentrum Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

Manometrische und endoskopische
Diagnostik
oropharyngealer Dysphagien

INAUGURAL - DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
für Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät der
Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von
Gundula Fränkel
aus
Vorwerk

Göttingen 2012

Dekan: Prof. Dr. H. K. Kroemer

I. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. W. Engelke

II. Berichterstatter: Prof. Dr. med. M. Canis

III. Berichterstatter: Prof. Dr. med. dent. R. Mausberg

Tag der mündlichen Prüfung: 16.12.2013

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Anatomie des oropharyngealen Systems	1
1.2	Das biofunktionelle Modell nach Engelke	5
1.3	Physiologischer Schluckvorgang	7
1.3.1	Schluckphasen	8
1.3.2	Entwicklung der Schluckfunktion	8
1.4	Pathologische Schluckfunktion - Dysphagien	10
1.4.1	Dysphagien allgemein	10
1.4.2	Dysphagien im Zusammenhang mit Tumoren und Tumorresektionen im orofazialen Bereich	12
1.5	Klinische und instrumentelle Diagnostik der Schluckfunktion	17
1.5.1	Anamnese und klinische Beurteilung	17
1.5.2	Instrumentelle Diagnostik	17
1.6	Rehabilitation der Schluckfunktion	22
1.7	Ziel und Fragestellungen der vorliegenden Untersuchung	25
2	Material und Methoden	26
2.1	Patienten	26
2.1.1	Defektklassifikation	27
2.2	Untersuchungsmethoden	28
2.2.1	Manometrie mit modifiziertem Vakuumaktivator	28
2.2.2	Videopharyngoskopie	31
2.2.3	Übersicht des Versuchsaufbaus	31
2.2.4	Patientenbogen zur Schluckuntersuchung	32
2.3	Untersuchungsablauf	32
2.4	Datenauswertung	34
2.4.1	Auswertung der Manometrie	34
2.4.2	Videopharyngoskopische Auswertung	37
2.4.3	Auswertung der Selbsteinschätzung	40
2.4.4	Statistische Methodik	40

3	Ergebnisse	43
3.1	Falldarstellungen	43
3.2	Manometrische Resultate in Abhängigkeit von Applikationsart und Boluskonsistenz	51
3.2.1	Ergebnisse der Phase Aktiver Wasserbolus (AWB)	51
3.2.2	Ergebnisse der Phase Passiver Wasserbolus (PWB)	55
3.2.3	Ergebnisse der Phase Passiver Breibolus (PBB)	58
3.3	Pharyngoskopische Resultate in Abhängigkeit von Applikationsart und Boluskonsistenz	59
3.4	Resultate der Selbsteinschätzung	60
4	Diskussion	64
4.1	Methodische Aspekte	64
4.1.1	Instrumentelle Diagnostik	64
4.1.2	Patienten und Defektsituation	69
4.2	Diskussion der Ergebnisse	70
4.2.1	Manometrie - in Abhängigkeit von Applikationsart und Boluskonsistenz	70
4.2.2	Pharyngoskopie - in Abhängigkeit von Applikationsart und Boluskonsistenz	78
4.2.3	Schlussfolgerungen der manometrischen und endoskopischen Untersuchungen	82
4.2.4	Selbsteinschätzung	84
4.3	Empfehlungen für folgende Untersuchungen	85
4.4	Diagnostische und therapeutische Möglichkeiten	85
5	Zusammenfassung	87
6	Anhang	89
6.1	Abkürzungsverzeichnis	89
6.2	Abbildungsverzeichnis	91
6.3	Tabellenverzeichnis	93
6.4	Endoskopische Schluckuntersuchungen	94
6.5	Datentabellen der Ergebnisse	99
7	Literaturverzeichnis	105

1 Einleitung

Das Schlucken ist ein sehr vielschichtiger und lebenswichtiger Vorgang, der die Nahrungsaufnahme sichert. Die exakte Funktion und Koordination der beteiligten Strukturen sind notwendig, um eine effiziente Boluspassage von der Mundhöhle in den Magen ohne Fehlleitung in die Luftwege zu gewährleisten.

Die Beeinträchtigung des Schluckakts kann vielgestaltig sein und verschiedene Ursachen haben. Unter anderem kann eine Dysphagie strukturell durch Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten bedingt sein, sie kann die Folge einer Tumorsektion im orofazialen Bereich sein oder oft auch nach einem Schlaganfall auftreten. Der Wiedererlangung der Schluckfähigkeit kommt eine besondere Bedeutung zu, da so die Nahrungsaufnahme wieder ermöglicht und die Lebensqualität erhöht wird.

1.1 Anatomie des oropharyngealen Systems

In Anlehnung an Engelke wird hier das oropharyngeale System beschrieben, bestehend aus dem Mund, den Luftwegen bis zum Larynx und den jeweiligen angrenzenden Strukturen des Gesichtsschädels. Dieses System kann als „multifunktionelles Hohlorgansystem“ (Engelke 2006, Seite 13) betrachtet werden und leistet zwei lebenswichtige Aufgaben: die Atmung und die Nahrungsaufnahme. Die Lautbildungsfähigkeit und die Mimik erlauben die Kommunikation und erfüllen somit eine soziale Funktion. Außerdem befähigt es uns zu willkürmotorischen Aktivitäten, wie der Mastikation und zur sensorischen Wahrnehmung (Engelke 2006).

Das oropharyngeale System kann in verschiedene Komponenten unterteilt werden. Nach Engelke formen zwölf funktionelle Einheiten die Begrenzungen und zum Teil den Inhalt dieses Hohlraumsystems. Eine schematische Übersicht der funktionellen Einheiten in der Mediosagittalebene ist in Abb. 1.1 dargestellt. In Abb. 1.2 ist die Wirkrichtung der wichtigsten beteiligten Muskeln und Muskelgruppen des oropharyngealen Systems ebenfalls in der Mediosagittalebene skizziert (Engelke 2006).

Die ersten beiden Einheiten werden von der Ober- und Unterlippe mit dem M. orbicularis oris, der übrigen mimischen Muskulatur und der Wangenmuskulatur gebildet (Engelke 2006). Der Nervus facialis ist für die motorische Innervation zuständig und

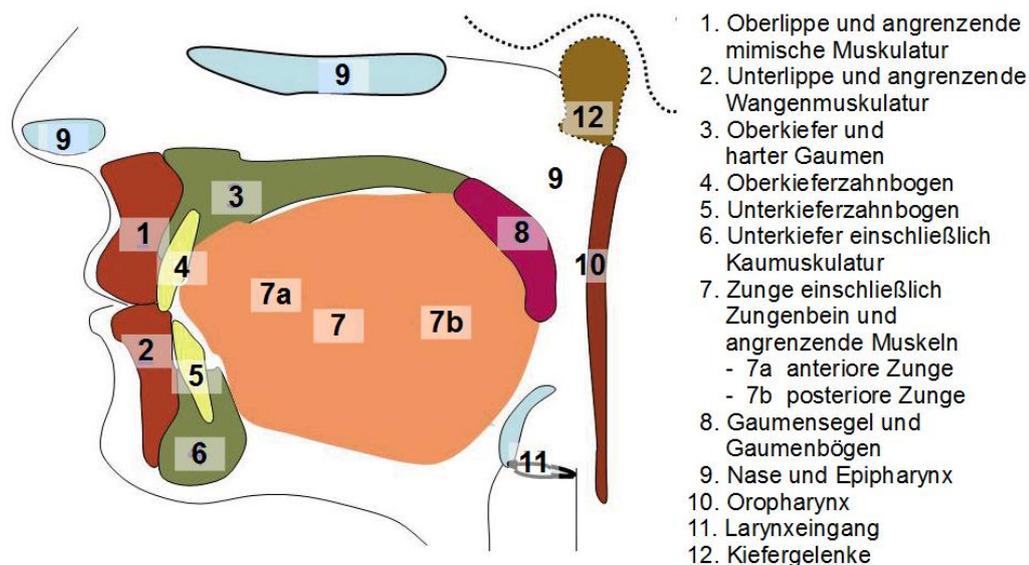


Abbildung 1.1: Funktionseinheiten des oropharyngealen Systems. Abb. modifiziert nach Engelke (2009, Seite 316)

der zweite und dritte Ast des Nervus trigeminus für die sensible Innervation. Ober- und Unterlippe gewährleisten den Mundschluss.

Der Oberkieferzahnbogen (Einheit 4) trennt zusammen mit dem Unterkieferzahnbogen (Einheit 5) die eigentliche Mundhöhle, die Cavita oris propria, vom Vorhof der Mundhöhle, dem Vestibulum oris, so dass sich Zunge und Wangen bei geschlossenem Mund nicht berühren. Die Zahnbögen sind in den Processus alveolares der Ober- und Unterkiefer verankert. Der Oberkiefer und der harte Gaumen (Einheit 3) bilden die kaudale Begrenzung der Nasenhöhle und und die kraniale der Mundhöhle. Der harte Gaumen macht die vorderen zwei Drittel des gesamten Gaumens aus und bildet mit seiner knöchernen Basis das Widerlager der Zunge. Aufgrund der unterschiedlichen Funktion wird der weiche Gaumen (Gaumensegel) einer eigenen Einheit zugeordnet (Lippert 2011).

Der Unterkiefer mit der ansetzenden Kaumuskulatur (Einheit 6) verändert die Größe der Mundhöhle und die Position der Zahnbögen zueinander. Der M. masseter, die Mm. pterygoidei lateralis und medialis und der M. temporalis sind für die Bewegung des Unterkiefers zuständig; Kieferöffnung, Kieferschluss und Seitwärtsbewegungen werden so ausgeführt. Durch die Mahlbewegungen des Unterkiefers kann die Nahrung für das Schlucken präpariert werden und zu einem Bolus geformt werden (Lippert 2011).

Die Zunge einschließlich des Zungenbeins mit den angrenzenden supra- und infrahyoidalen Muskeln bildet eine weitere Einheit (Einheit 7). Die anteriore Zunge ist frei beweglich und kann dem harten Gaumen angelegt werden, der posterioren Zunge kann der weiche Gaumen angelagert werden. Die Zunge besteht fast nur aus Muskelmasse, die außerordentliche Beweglichkeit des Zungenkörpers, die unter anderem für das Schlucken, Saugen und Sprechen nötig ist, wird durch die verflochtene Zungenbinnen- und Zungenaußenmuskulatur ermöglicht (Napadow et al. 1999). Die Zungenbinnenmuskulatur verläuft in

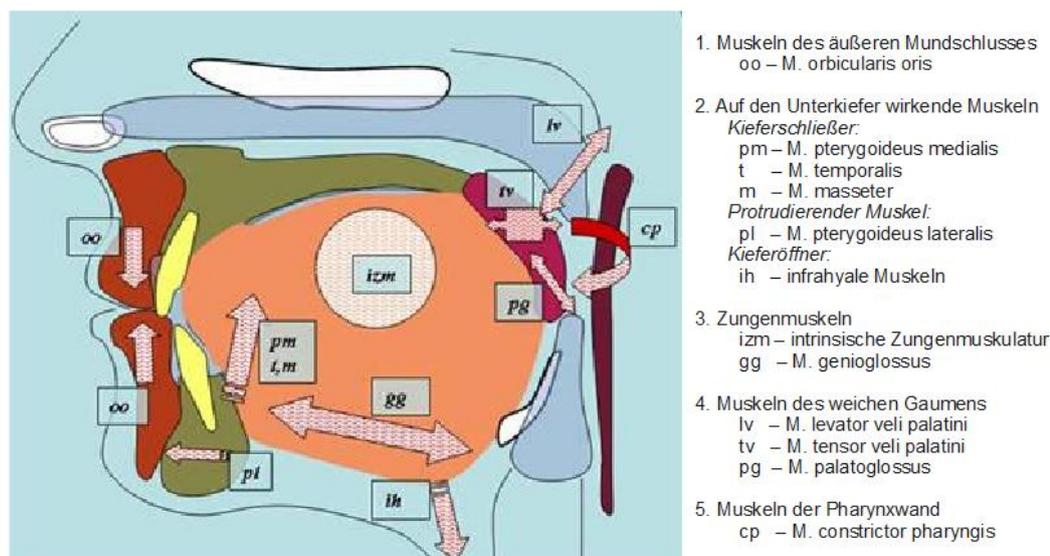


Abbildung 1.2: Wirkrichtung der wichtigsten Muskeln und Muskelgruppen des oropharyngealen Systems. Abb. entnommen aus Engelke (2007a, Seite 7)

alle drei Raumrichtungen und wird von drei Muskeln gebildet, nämlich von den Mm. longitudinales superior und inferior, dem M. transversus und dem M. verticalis linguae, die entsprechend ihrer Namen verlaufen und Ansatz und Ursprung in der Aponeurosis linguae bzw. im Zungenkörper (M. longitudinalis inferior) haben (Lippert 2011). Die Zungenaußenmuskulatur besteht aus dem M. genioglossus, dem M. hyoglossus und dem M. styloglossus, die ihren Ursprung an der Mandibula, am Zungenbein bzw. am Griffelfortsatz haben und an der Aponeurosis linguae bzw. am Zungenseitenrand (M. styloglossus) ansetzen. Der M. genioglossus wird bei Saugbewegungen von Säuglingen stärker bewegt als der M. styloglossus und M. hyoglossus (Bosma et al. 1990). Die obere Zungenbeinmuskulatur setzt sich aus dem M. digastricus, dem M. mylohyoideus, dem M. genioglossus und dem M. stylohyoideus zusammen. Der Ansatz befindet sich am Corpus mandibulae, nur der M. stylohyoideus entspringt am Griffelfortsatz. Alle vier Muskeln laufen zum Zungenbein. Die obere Zungenbeinmuskulatur unterstützt die Dorsalkippung der Epiglottis zum Schutz der Luftröhre, indem sie das Zungenbein, das über die untere Zungenbeinmuskulatur mit dem Larynx verbunden ist, nach kranioventral zieht und die Epiglottis über den ventral davon befindlichen Fettpfropf nach hinten drückt. Der M. mylohyoideus bildet das Diaphragma oris und spannt dieses (Lippert 2011). Die untere Zungenbeinmuskulatur setzt am Zungenbein an, stabilisiert dieses gegen kraniale Kräfte und kann es absenken.

Eine funktionell bedeutende Einheit ist das Gaumensegel einschließlich der Gaumenbögen (Einheit 8). Das hintere Drittel des Gaumens besteht aus dem weichen Gaumen. Die Basis dieses Gaumensegels (Velum palatinum) ist die Aponeurosis linguae, die Ansatz

der Gaumenmuskeln ist und den Ursprung für den *M. uvulae* bildet. Der *M. tensor veli palatini* entspringt am *Processus pterygoideus* und an der Ohrtrumpete, der *M. levator veli palatini* an der Unterseite des Felsenbeins, der *M. palatopharyngeus* an der dorsalen Pharynxwand und der *M. palatoglossus* bildet sich aus einer Abspaltung des *M. transversus linguae*. Der *M. levator veli palatini* ist für das Sprechen und den Druckausgleich im Ohr von Bedeutung; außerdem wird er beim kräftigen Saugen aktiviert (Iida et al. 2003). Der *M. tensor veli palatini* schließt zusammen mit dem Passavant-Ringwulst während des Schluckaktes die Nase ab und verhindert so eine nasale Regurgitation. Die Muskeln des vorderen und hinteren Gaumenbogens (*M. palatoglossus* und *M. palatopharyngeus*) schließen zusammen mit der Zunge die Mundhöhle vom Oropharynx ab, indem der *Isthmus faucium* weiter verengt und das Gaumensegel nach kaudal der Zunge angelagert wird.

Der Rachen wird in den Epipharynx oberhalb des Gaumensegels mit Verbindung zur Nasenhöhle, den Oropharynx auf der Etage der Mundhöhle mit Verbindung zu dieser und den Laryngopharynx auf der Höhe des Kehlkopfes gegliedert. Nach kaudal wird der Pharynx durch den oberen Ösophagusphinkter und den Kehlkopf abgeschlossen. Strukturebend im Rachen ist der muskuläre Rachenschlauch, der grob nach der Funktion in Schlundschnürer und Schlundheber eingeteilt werden kann. Die Schlundschnürer setzen alle an der *Raphe pharyngis* an und kommen von verschiedenen ventral gelegenen Strukturen: dem *Processus pterygoideus*, der *Mandibula*, dem *M. transversus linguae*, dem Zungenbein und dem Schildknorpel. Sie kontrahieren nicht nur den Rachen, sondern durch ihren schrägen Faserverlauf können sie auch heben oder senken. Der *M. constrictor pharyngis superior* ist an der Bildung des Passavant-Wulstes beteiligt. Die Schlundheber *M. salpingopharyngeus*, *M. stylopharyngeus* und *M. palatopharyngeus* verlaufen ihren Namen entsprechend und heben und weiten den Rachen (Lippert 2011). Der Naseneingang, die Nasenhöhle mit ihren Wandstrukturen und funktionell aktiven oberen, mittleren und unteren Nasenmuscheln und der Epipharynx bilden eine Einheit (Einheit 9). Beim Einatmen wird die Luft angefeuchtet und der Luftaustausch wird durch die unterschiedliche Schwellung der Nasenmuscheln reguliert. Außerdem hat die Nase eine immunologische Funktion und nimmt olfaktorische Reize auf. Nur bei pathologischer Funktion gelangt Nahrung in den Nasopharynx. Im Oropharynx (Einheit 10) überkreuzen sich Luft- und Speiseweg; die Strukturen des Zungengrundes, der *Valleculae epiglotticae* und *Recessus piriformes* dienen dem gerichteten Speisetransport (Lippert 2011).

Der Kehlkopf als vorletzte Einheit (Einheit 11) ist für den Verschluss der Luftwege während des Schluckaktes zuständig. Der richtige Verschluss des Kehlkopfes ist von immenser Bedeutung, da sich Nahrungs- und Atemwege überkreuzen und eine Aspiration vermieden werden muss. Außerdem ermöglichen die Stimmlippen die Regulierung der Tonhöhe beim Sprechen oder Singen. Mit dem Endoskop kann man bei der Aufsicht auf den Larynx die Epiglottis mit den ventral liegenden *Valleculae* betrachten. Dor-

sal sieht man die Vorwölbungen der Aryknorpel, die über die Incisura interarytenoidea verbunden sind, seitlich ziehen die Plicae aryepiglotticae zur Epiglottis. Kaudal des Kehlkopfvorhofes sind die Plica vestibularis und die Plica vocalis sichtbar. Der Schildknorpel und der Ringknorpel, die auch zu den Kehlkopfknorpeln gehören, sind klinisch nicht sichtbar.

Das Kiefergelenk (Einheit 12) wird von der Fossa mandibularis der Pars squamosa des Os temporale und dem Gelenkkopf des Gelenkfortsatzes des Unterkiefers gebildet, der faserknorpelige Discus articularis liegt dazwischen. Die Gelenkkapsel, durch Bänder verstärkt, umschließt das Gelenk und das vor der Fossa gelegene Tuberculum articulare. Das Gelenk kann Dreh-, Gleit-, und Mahlbewegungen ausführen (Lippert 2011).

1.2 Das biofunktionelle Modell nach Engelke

Die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Einheiten des oropharyngealen Systems erfüllen gemeinsam durch exaktes Zusammenspiel vielfältige Funktionen. Das biofunktionelle Modell (BFM) nach Engelke (2007b) betrachtet das oropharyngeale System als „multifunktionelles Hohlorgansystem“ (Engelke 2006, Seite 13), in dem die Strukturen Verschlüsse bilden und so vier verschiedene Räume abgrenzen können. Mit dieser Definition struktureller Einheiten kann der Ablauf verschiedener physiologischer Funktionen erklärt werden. Das BFM erlaubt eine ganzheitliche Betrachtung der Anatomie und Physiologie des oropharyngealen Systems. Dem Modell zufolge werden die Struktureinheiten biofunktionelle Einheiten (BFE) genannt, biofunktionelle Verschlüsse (BFV) trennen Räume ab, die als biofunktionelle Kompartimente (BFK) bezeichnet werden. Die Bezeichnung der Verschlüsse ergibt sich aus den jeweils beteiligten Strukturen (Siehe dazu Abb. 1.3). BFV1 ist der Lippenverschluss, BFV2 der palatolinguale, BFV3 der velolinguale und BFV4 velopharyngeale Verschluss. BFV5 entsteht beim Verschluss der Glottis und BFV6 ist der ösophageale Sphinkter. BFV7 ist der Naseneingang, der nicht verschließbar ist, der Verschluss ist also inkomplett. Für die Schluck- und Saugfunktion sind diese Verschlüsse von Bedeutung. Beim Schlucken muss der Verschluss von BFV 1, 2, 4 und 5 gewährleistet sein, BFV 3 und 6 müssen geöffnet sein. Beim Saugen muss ein dichter Verschluss des velolinguale Verschlusses vorliegen, BFV1 muss bis auf den Durchlass für das angesaugte Medium auch fest abgeschlossen sein (Engelke 2007b).

Die durch die biofunktionellen Verschlüsse entstehenden Kompartimente werden durch die begrenzenden anatomischen Strukturen definiert und benannt, in Abb. 1.3 sind sie schematisch in der Mediosagittalebene abgebildet. Das BFK1 ist das interokklusale Kompartiment, das dem Kauschlauch entspricht und die Zahnreihen beinhaltet. Die Begrenzungen werden durch die Lippen (BFV1) und Wangen und die dem Gaumen anliegende Zunge (BFV2) gegeben. Alle großen Speicheldrüsen münden in dieses Kompartiment. Das zweite Kompartiment (BFK2) ist der subpalatinale Raum, gebildet

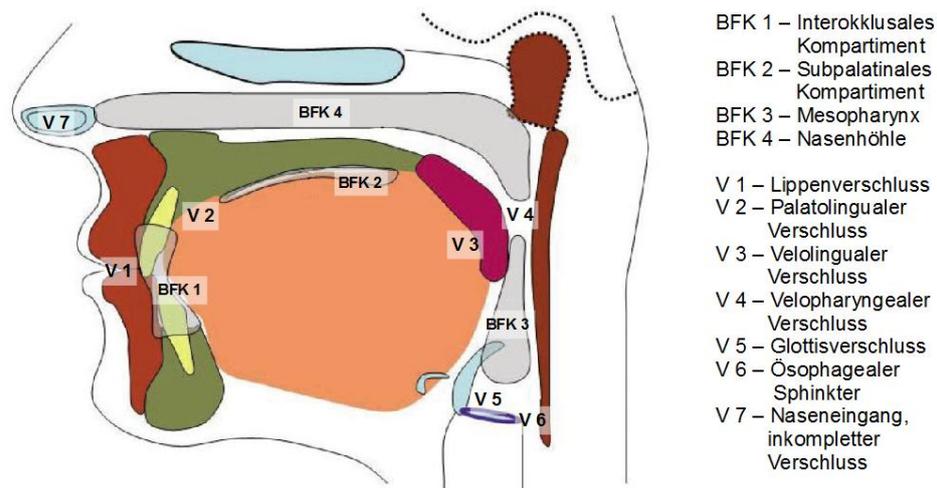


Abbildung 1.3: Biofunktionelle Verschlüsse (V) und Kompartimente (BFK) des oropharyngealen Systems. Abbildung modifiziert nach Engelke (2009, Seite 315-316).

durch Zunge und Gaumen mit den Verschlüssen BFV 2 zirkulär und BFV3 dorsal. BFK3 ist der Mesopharynx, der kranial durch BFV4, anterior durch BFV3 und nach kaudal durch BFV 5 und 6 abgeschlossen werden kann. Das vierte Kompartiment (BFK4) ist die Nasenhöhle, die zum Pharynx durch den velopharyngealen Verschluss (BFV4) begrenzt werden kann, der Abschluss nach außen durch den BFV7, die Nasenöffnung, kann nur manuell erfolgen (Engelke 2007b).

Beim Schlucken wird am Ende der oralen Phase der Bolus auf dem Zungenrücken positioniert, er befindet sich im subpalatinalen Kompartiment (BFK2) und wird den Reflexzonen präsentiert. Dann öffnet sich der velolinguale Verschluss (BFV3). Der velopharyngeale Verschluss (BFV4) und der Larynx (BFV5) schließen. Der Bolus passiert den Pharynx (BFK3) und tritt in den jetzt geöffneten Ösophagus (BFV6) ein. Bei einem insuffizienten BFV4 kann es zur nasalen Regurgitation kommen, Speise dringt in das BFK4 ein. Beim Saugen gelangen kleinere Mengen zunächst nur ins subpalatinal Kompartiment, später wird zur Volumenvergrößerung die gesamte Mundhöhle ohne Kompartimentbildung beansprucht.

Das Vorliegen der BFV und der BFK ist also von dem Bewegungsablauf des Systems abhängig. Wenn nicht geschluckt oder gesaugt wird, befindet sich das System in der Ruhelage, und zwar etwa 85 % der Zeit (Zirkler 2002). Es kann eine offene oder geschlossene Ruhelage bestehen. Durch kräftiges Schlucken oder das Zungenrepositionsmanöver (Engelke et al. 2006) kann die geschlossene Ruhelage herbeigeführt werden. Dabei entstehen negative Drücke im subpalatinalen und interokklusales Kompartiment und die Verschlüsse BFV 1-3 sind vorhanden, siehe dazu Abb. 1.4.

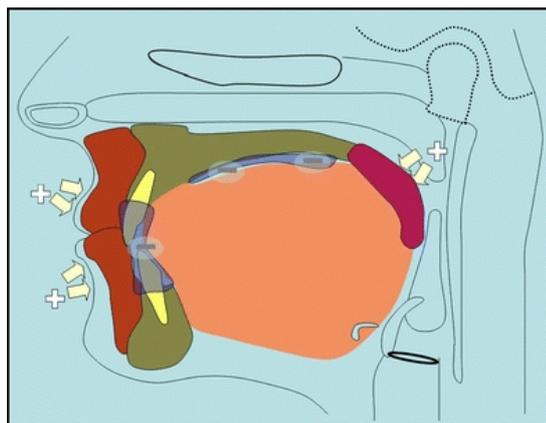


Abbildung 1.4: Geschlossene Ruhelage des oropharyngealen Systems nach der Durchführung des Zungenrepositionsmanövers mit vorherrschenden negativen Drücken interoklusal und subpalatinal. Abbildung entnommen aus Engelke et al. (2011, Seite 168).

1.3 Physiologischer Schluckvorgang

Der Schluckakt ist ein komplexer, teilweise reflexartig ablaufender Vorgang, bei dem 50 Muskelpaare der Zungen-, Mundboden-, Gaumen- und Rachenmuskulatur zusammenwirken und den Speisebolus vom Mund in den Magen befördern (Gröne 2009). Von großer Bedeutung sind außerdem die Strukturen des Kehlkopfes, um eine Boluspassage ohne Aspiration zu gewährleisten. Der N. glossopharyngeus und der N. vagus sind für die afferente Innervation zuständig; an der motorischen Steuerung sind die Hirnnerven V, VII, IX, X, XII beteiligt. Die physiologische Funktion ist für das Abschlucken des Speichels, die Ernährung und den korrekten Bolustransport ohne Penetration der Luftwege außerordentlich wichtig. So wird täglich bis zu 1000 Mal geschluckt (Dodds 1989). Außerdem wird durch das Leerschlucken das biofunktionelle System wieder in den entspannten Ruhezustand geführt (Engelke et al. 2011).

Die Steuerung des Schluckvorganges geschieht im Großhirn und in der Medulla oblongata. Im frontoparietalen Operkulum und in der vorderen Insel liegt der Schluckkortex, der meistens eine Hemisphärenasymmetrie aufweist. Der Schluckakt wird dort initiiert und moduliert (Hamdy et al. 1999). In der hinteren Medulla oblongata befindet sich der Nucleus tractus solitarii, in dem Informationen des Großhirns und die Afferenzen aus dem oropharyngealen Bereich zusammenlaufen. So kann die Bolusbeschaffenheit entsprechend moduliert werden. Die im rostralen Nucleus tractus solitarii befindlichen „*Central Pattern Generators*“ sind für die Koordination der 50 Schluckmuskelpaare zuständig und geben die Informationen an die entsprechenden Hirnnervenkerne V, VII, IX, XII weiter (Prosiegel et al. 2005).

1.3.1 Schluckphasen

Um diese komplexen Vorgänge während des Schluckens übersichtlich darzustellen, teilt man den Schluckakt in folgende teilweise simultan ablaufende Phasen ein:

Orale Vorbereitungsphase Dieser Vorgang geht dem eigentlichen Schluckvorgang voraus und dient der Konditionierung der Nahrung. Die Speise wird durch Kauen zerkleinert und mit Speichel vermischt, um die Gleitfähigkeit zu erhöhen. Es wird so ein Speisebolus geformt, der transportfähig ist. Dazu wird die mimische, die Zungen- und Mundbodenmuskulatur und eine ausreichende Speichelproduktion benötigt. Ein suffizienter Lippenschluss und der velolinguale Verschluss verhindern den vorzeitigen Austritt aus der Mundhöhle (Wendler et al. 2005).

Orale Phase Der Speisebolus wird von der Mundhöhle in den Pharynx bewegt, dies kann bewusst initiiert werden oder bei Speichel oftmals unbewusst geschehen. Der Schluckreflex wird ausgelöst, wenn der Bolus die Strukturen der Triggerzonen berührt, die sich im Bereich der vorderen und hinteren Gaumenbögen, der Zungenbasis und Rachenhinterwand befinden (Pommerenke 1928). Bei älteren Menschen wird der Schluckreflex zunehmend später ausgelöst, das heißt erst in dorsokaudaleren Regionen (Robbins 1996).

Pharyngeale Phase Der Transport durch den Pharynx geht sehr schnell, er dauert etwa 0,71 Sekunden (Huang et al. 2006) bis zu 1,2 Sekunden (Hamlet et al. 1989) und läuft reflektorisch ab. Der Kehlkopf wird angehoben und durch die Adduktion der Stimmlippen, die Anteriorkippung der Aryknorpel und das Abknicken der Epiglottis nach dorsal wird der Luftweg dreifach verschlossen und gesichert (Logemann 1998). Der nasopharyngeale Verschluss wird durch das elevierte Velum und den Passavant-Ringwulst gebildet. Der Bolus gelangt in den Pharynx und der Ösophagus öffnet sich durch Relaxation des oberen Sphinkters und die anterokraniale Bewegung des Larynx.

Ösophageale Phase In dieser ebenfalls reflektorischen Phase gelangt der Bolus durch den oberen Ösophagussphinkter in den Ösophagus. Dort wird er durch peristaltische Wellen kaudalwärts transportiert und erreicht mit der Passage des unteren Ösophagussphinkters die Kardia des Magens. Dieser Abschnitt beendet den Schluckvorgang und dauert mit 6-8 Sekunden am längsten (Böhme 2003).

1.3.2 Entwicklung der Schluckfunktion

Schon im Mutterleib beginnt der Fötus Fruchtwasser zu schlucken. Sonographisch können effektive Bewegungen, die dem Schlucken und Saugen ähnlich sind, ab der 37. bis 39. Woche beobachtet werden (Grassi et al. 2005). Die Zunge füllt im zahnlosen Mund den Raum zwischen Ober- und Unterkiefer, die sich nicht berühren, aus. Das infantile,

viszerale Schlucken des Säuglings geschieht instinktiv durch rhythmische Muskelaktivität in der oralen Phase (Lavelle 1975). Man ist sich noch uneinig, ob Säuglinge die Milch aus der mütterlichen Brust vorrangig durch die Erzeugung eines intraoralen Vakuums, d. h. durch Saugen, oder durch peristaltische Zungenbewegungen gewinnen; jedoch haben Geddes et al. (2008) bei der Milchaufnahme aus der Brust die Entstehung eines intraoralen Vakuums während der Abwärtsbewegung der posterioren Zunge beobachten können. Sie folgern, dass die Vakuumerzeugung ein Hauptmechanismus für die Milchgewinnung aus der Brust ist. Der Rhythmus von Saugen und Schlucken wird während des ersten Lebensmonats stabilisiert. Außerdem wird er schneller und effizienter, erst nach mehreren Saugakten wird geschluckt (Qureshi et al. 2002). Wein et al. (1993) analysierten die Homogenität der maximalen Saugdrücke bei gesunden und einem trinkgestörten Säugling; bei dem trinkgestörten Kind war eine deutliche Inhomogenität zu erkennen, zudem wies es auch im Ultraschall arrhythmische Zungenbewegungen auf.

Mit dem Beginn des Zahndurchbruchs und der Veränderung der Nahrungskonsistenz wandelt sich das Schluckmuster, die Zunge kommt innerhalb des sich bildenden Zahnbogens zu liegen und die Position der Zungenspitze verlagert sich nach posterior an die Papilla incisiva. Mit etwa 18 Monaten liegt das somatische Schluckmuster vor (Lavelle 1975). Bei Erwachsenen konnten Variationen innerhalb der oralen Phase beobachtet werden, so beschrieb Dodds et al. (1989) den „Schneidezahntyp“, der nach der Mastikation den Bolus auf dem Zungenrücken hält, und den „Schöpflöffeltyp“, der den Bolus sublingual positioniert, bis er den Reflexzonen an den Gaumenbögen präsentiert wird. Nach dem Ablauf der oralen Phase wird die Zunge dem harten Gaumen angenähert. Nach dem bewussten Leerschlucken, was dem Zungenrepositionsmanöver (ZRM) entspricht, wird diese Position gehalten (Engelke et al. 2006). Um das Saugvermögen von Erwachsenen zu quantifizieren, haben Nilsson et al. (1995) den ROSS-Test (*Repetitive Oral Suction Swallow Test*) entworfen, mit dem Saugvolumen und Saugdruck gemessen werden. Beim Saugen unter Stress werden kleinere Volumina angesaugt. Der kontinuierliche Kontakt des Velums mit dem Zungenrücken kann beim Saugen beobachtet werden (Iida et al. 2003). Bei der Boluspassage durch den Oropharynx gibt es laut Curtis und Cruess (1984) auch zwei verschiedene Typen, bei 72 % der Menschen fällt der Bolus von der Mundhöhle in den offenen, Luft enthaltenden Oropharynx, bei den anderen 28 % ist der Pharynx kontrahiert und verschlossen und der Bolus wird durch Peristaltik in den Ösophagus transportiert. Videofluoroskopisch können die orale und pharyngeale Transitzeit bestimmt werden, jüngere Individuen benötigen weniger Zeit als ältere (Robbins et al. 1992; Cook et al. 1994; Yoshikawa et al. 2005). Bei jungen Menschen treten so gut wie keine pharyngealen Residuen auf, bei älteren findet man sie vermehrt und die Frequenz der laryngealen Penetration erhöht sich (Cook et al. 1994; Yoshikawa et al. 2005). Zu den gleichen Ergebnissen kamen Butler et al. (2009), die bei videoeskopischen Untersuchungen verschiedener Altersgruppen vermehrte Penetration und Aspiration feststellen konnten.

1.4 Pathologische Schluckfunktion - Dysphagien

1.4.1 Dysphagien allgemein

Eine Dysphagie ist eine Fehlfunktion des Schluckaktes, das heißt, dass der Transport von flüssiger oder fester Nahrung vom Mund bis zum Magen nicht regelrecht abläuft. Gut ein Fünftel der volljährigen Population (Wilkins et al. 2007) und etwa die Hälfte aller Altenheimbewohner (Finiels et al. 2001) gibt Schluckbeschwerden an.

Habituelle Schluckstörungen Das bei Erwachsenen in der Regel vorliegende Schluckmuster ist das somatische Schlucken. Wenn jedoch das viszerale Schluckmuster im Kindesalter über das vierte Lebensjahr hinaus bestehen bleibt, können dadurch Zahnfehlstellungen und auch Sprechprobleme entstehen. Bei diesem pathologischen Schlucken, auch Zungenpressen oder englisch „*tongue thrust*“ genannt, wird die Zunge gegen die Schneidezähne oder auch gegen die Seitenzähne gedrückt und die periorale Muskulatur weist eine erhöhte Aktivität auf (Bigenzahn 2002).

Sekundäre Presbyphagie Eine sekundäre Presbyphagie entsteht durch das Hinzukommen pathologischer Elemente zu der primären Presbyphagie. Da der Körper im Alter krankheitsanfälliger ist, ist die Entstehung einer mit einer Dysphagie einhergehenden Erkrankung wahrscheinlicher. Zudem ist die Entwicklung einer Dysphagie auf der Grundlage eines altersbedingt veränderten Schluckvorgangs begünstigt. Eine häufige Ursache ist die unzureichende Flüssigkeitszufuhr und die daraus resultierende Mundtrockenheit, die das Schlucken erschweren kann (Böhme 2003). Auch neurologisch und strukturell bedingte Erkrankungen ziehen oft Dysphagien nach sich. Die Rehabilitation ist im Alter schwieriger.

Neurologische Erkrankungen Verschiedenste neurologische Erkrankungen betreffen auch die Schluckfähigkeit, am öftesten ist der Schlaganfall ursächlich (Prosiegel 2007). Prosiegel et al. (2002) geben als häufigste Störungsmuster bei neurogenen Dysphagien die gestörte orale Boluskontrolle, gestörte Zungenbasisretraktion, verzögerte Schluckreflexauslösung, unzureichender Kehlkopfverschluss, Fehlfunktion des oberen Ösophagussphinkters, verminderte Peristaltik des Pharynx und sensible Störungen an. Etwa die Hälfte aller Patienten hat nach einem akuten Schlaganfall, sei er ischämisch oder hämorrhagisch, eine beeinträchtigte Schluckfunktion, die meisten können jedoch nach einem Monat wieder eine orale Ernährung aufnehmen und nur eine Minderheit leidet unter persistierender Dysphagie. Das Ausmaß der Beeinträchtigung hängt jedoch auch von der Lokalisation, dem Verlauf, der spontanen Verbesserung oder einem wiederholten Infarkt ab (Perry und Love 2001). Wie aus der Übersichtsstudie von Perry und Love (2001) hervorgeht, ist es daher schwierig, genaue Zahlen zu nennen. Allerdings sind in einer neueren Studie laut Suntrup et al. (2012) bis zu 80 % der Patienten mit

akutem Schlaganfall von einer Dysphagie betroffen.

Bei Morbus Parkinson korreliert der Grad der Beeinträchtigung der Schluckfunktion mit der Krankheitsdauer und betrifft etwa die Hälfte der Patienten (Diener und Putzki 2008). In einer aktuellen Studie wird der Anteil der dysphagischen Patienten mit 90 % beziffert (Bayes-Rusinol et al. 2011). In der oralen Phase lassen sich unter anderem ein Tremor und repetitierende Bewegungen der Zunge sowie die verzögerte Auslösung der pharyngealen Phase beobachten (Robbins et al. 1986).

Von den an Multipler Sklerose erkrankten Patienten leiden etwa 30 - 40 % an Schluckstörungen, wobei der Schweregrad mit dem Grad der Behinderung und mit der Krankheitsdauer korreliert (Diener und Putzki 2008; Poorjavad et al. 2010). Am häufigsten ist eine Beeinträchtigung der pharyngealen Phase zu beobachten, seltener kommt es zu Aspiration oder zu oralen Problemen (Poorjavad et al. 2010). Allerdings kann man kein typisches Störungsmuster festmachen, da der Befall der jeweiligen Hirnregionen sehr unterschiedlich sein kann (Prosiegel et al. 2004).

Weiterhin treten neurogene Dysphagien unter anderem bei schweren Schädel-Hirn-Traumata in 50 % der Fälle während der Akutphase und bei der amyotrophen Lateralsklerose so gut wie immer im Krankheitsverlauf auf (Diener und Putzki 2008). Ebenso leiden an Hirntumoren, Hirnnervenerkrankungen, Myasthenia gravis und Myositiden erkrankte Patienten unter Schluckproblemen (Prosiegel 2007; Böhme 2003).

Strukturell bedingte Erkrankungen Die wichtigsten angeborenen strukturell bedingten Erkrankungen sind die Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten, die je nach Ausprägung kompensierbare Schluckstörungen wie das Drooling bei einer Lippenspalte hervorrufen können oder aber bei Spalten des harten und weichen Gaumens Trinkplatten erforderlich machen, um eine Nahrungspassage in den Rachen zu gewährleisten. Hier ist eine interdisziplinäre Therapie angezeigt.

Erworbene strukturell bedingte Erkrankungen mit einhergehender Dysphagie können entzündlicher Natur (Stomatitis, Tonsillitis, Pharyngitis) oder benignen bzw. malignen Ursprungs im orofazialen und pharyngealen Gebiet sein (Böhme 2003).

Allgemeinmedizinische Bedeutung

Neben der akuten Bedrohung des dysphagischen Patienten durch Aspiration größerer Mengen an Flüssigkeit oder Nahrung gibt es eine Reihe weiterer schwerwiegender Komplikationen. So besteht die Gefahr der Dehydrierung und Mangelernährung, wenn die orale Ernährung abgelehnt wird oder kaum möglich ist. Bei nicht erkannter stiller Aspiration entstehen vermehrt Aspirationspneumonien und der Organismus wird geschwächt. Wenn keine orale Ernährung mehr möglich ist, erhält der Patient eine PEG-Sonde (PEG = Perkutane endoskopische Gastrostomie). Zu den physischen Einschränkungen kommen verminderte Lebensqualität, soziale Isolation und Depression (O'Neill 2000; Puisieux et al. 2011).

1.4.2 Dysphagien im Zusammenhang mit Tumoren und Tumorresektionen im orofazialen Bereich

Eine Schluckstörung, die ihre Ursache im orofazialen Tumor selbst oder in der folgenden Behandlung hat, ist erworben und strukturell bedingt. Sie beruht laut Böhme (2003, Seite 426) „auf einer chirurgischen Entfernung von Muskeln, Knochen, Knorpel oder neuralen Strukturen oder tritt nach Radiochemotherapie auf“ und ist von Resektionsort und -ausmaß abhängig sowie von der Art der Rekonstruktion (Mittal et al. 2003). Etwa 75 % der Patienten mit Tumoren im oralen und oropharyngealen Bereich geben nach der Therapie Schluckbeschwerden an (Suarez-Cunqueiro et al. 2008).

Die Inzidenz für Tumoren im Bereich der Lippen und der Mundhöhle lag im Jahr 2008 laut der aktuellen GLOBOCAN- Studie von Ferlay et al. (2010) bei 4,6 % in der europäischen Bevölkerung. Ein deutlicher Unterschied ist zwischen den Geschlechtern auszumachen, bei Männern lag die Inzidenz bei 7,4 %, bei Frauen dagegen nur bei 2,2 %.

Bei den malignen Prozessen der Mundhöhle handelt es sich zu 90 % um Plattenepithelkarzinome (Reichart et al. 2002).

Als Hauptrisikofaktoren sind Tabak und Alkohol seit langem bekannt (Wynder et al. 1957). Etwa 90 % der Patienten mit einem oralen Plattenepithelkarzinom konsumieren sowohl Tabak als auch Alkohol (Blot et al. 1988). Außerdem ist bei Tumorerkrankungen im Kopf-Hals-Bereich eine Korrelation mit einer Infektion durch Humane Papillomviren (HPV) (Balaram et al. 1995) und durch das Epstein-Barr-Virus (EBV) (Wentzensen und von Knebel Doeberitz 2004) vorhanden. Unausgeglichene oder mangelhafte Ernährung und gastroösophagealer Reflux sind weitere die Kanzerogenese beeinflussende Faktoren (La Vecchia et al. 1997; El-Serag et al. 2001).

Um die Ausdehnung und die Ausbreitung der oropharyngealen Karzinome zu beschreiben und einzuteilen, bedient man sich der TNM-Klassifikation der Mundhöhlen- und Oropharynxkarzinome, die von der *Union for International Cancer Control* (UICC) herausgegeben wird. Dabei wird mit dem „T“ die Tumorgröße, mit dem „N“ der Befall der regionären Lymphknoten und mit dem „M“ das Vorkommen von Fernmetastasen bezeichnet. Die aus dem „Curriculum Mund- Kiefer- und Gesichtschirurgie“ (Reichart et al. 2002) entnommene Tabelle 1.1 gibt eine Übersicht über diese Klassifikation. Für die Einschätzung der Prognose sind die T- und N- Klassifikation, die Invasion in die Tiefe, der Randbefund nach Tumorresektion, die pN-Klassifikation und die komplette Remission nach Chemotherapie klinisch relevant (Chiesa et al. 1999).

Die T-Klassifikation ist zusammen mit der Lokalisation für die Abschätzung des postoperativen Dysphagiegrades von Bedeutung, da sie Hinweise auf die Größe des Defektes und das Ausmaß der Rekonstruktion geben (Pauloski 2008).

Häufige Lokalisationen von Tumoren im Mund-, Kiefer-, und Gesichtsbereich sind der Mundboden in mehr als einem Drittel und die Zunge in etwa 20 % der Fälle, Lippen

Primärtumor (T)	
TX	Primärtumor nicht untersucht
T0	kein Hinweis auf Primärtumor
Tis	Carcinoma in situ
T1	Tumor ≤ 2 cm im größten Durchmesser
T2	Tumor > 2 cm, aber ≤ 4 cm im größten Durchmesser
T3	Tumor > 4 cm im größten Durchmesser
T4	Tumor infiltriert Nachbarstrukturen (Knochen, Haut, Muskulatur)
Regionäre Lymphknoten (N)	
NX	Regionäre Lymphknoten nicht untersucht
N0	keine regionären Lymphknotenmetastasen
N1	Metastase in einem ipsilateralen Lymphknoten, ≤ 3 cm, im größten Durchmesser
N2	Metastase in einem ipsilateralen Lymphknoten, > 3 cm, aber ≤ 6 cm im größten Durchmesser; oder in multiplen ipsilateralen Lymphknoten, keine > 6 cm im größten Durchmesser; oder N2a: Metastasen in einem ipsilateralen Lymphknoten, > 3 cm aber ≤ 6 cm N2b: Metastasen in multiplen ipsilateralen Lymphknoten N2c: Metastasen in bilateralen oder kontralateralen Lymphknoten, keiner > 6 cm
N3	Metastase in einem Lymphknoten > 6 cm im größten Durchmesser
Metastasen (M)	
MX	Vorkommen von Fernmetastasen nicht untersucht
M0	kein Hinweis auf Fernmetastasen
M1	Fernmetastasen vorhanden

Tabelle 1.1: TNM-Klassifikation der Mundhöhlen- und Oropharynxkarzinome, entnommen aus Reichart et al. (2002, Seite 451)

und Pharynx sind seltener betroffen, etwa zu 6 %. Ein Viertel der Tumoren findet sich in anderen Regionen der Mundschleimhaut (Eckardt et al. 2004).

Je nach Lokalisation müssen Weichgewebe und unter anderem auch angrenzende Hartgewebe entfernt werden. Der Substanzdefekt wird heutzutage durch Lappentechniken wieder aufgefüllt, jedoch kann die Funktion so nicht immer vollständig wieder hergestellt werden. Orale Dysphagien entstehen aus dem Zustand nach anteriorer oder posteriorer oraler Chirurgie, insbesondere bei Tumorresektion des Gaumens, der Zunge, des Oropharynx, partieller oder totaler Mandibulektomie, aber auch nach Radiochemotherapie (Böhme 2003). Der Schweregrad ist abhängig von der Lokalisation und Ausdehnung des Defekts und der Art der Rekonstruktion (Kronenberger und Meyers 1994). McConnel et al. (1994) beschreiben, dass nicht nur das resezierte Gewebavolumen für die postoperative Schluckbeeinträchtigung von Bedeutung ist, sondern vielmehr das von der Zunge oder dem Zungengrund resezierte prozentuale Volumen. Zehn Jahre später schreibt je-

doch quasi dieselbe Arbeitsgruppe, dass zum einem das absolut resezierte Volumen, zum anderen, wie schon vorher erwähnt, der Anteil des resezierten Zungengrundes die resultierende Schluckstörung beeinflussen (Pauloski et al. 2004). Nach Borggreven et al. (2007) und Kreeft et al. (2009) treten bei einer Tumorresektion im Bereich des Zungengrundes in Kombination mit dem Gaumen die gravierendsten Schluckprobleme auf. Die Art der Rekonstruktion hat nur einen geringeren Einfluss, bedeutend ist hier, dass ein primärer Verschluss zu besseren Resultaten führt. Natürlich ist diese Vorgehensweise auf kleine Tumoren mit geringerem Volumendefekt beschränkt (Mittal et al. 2003).

Sowohl Böhme (2003) als auch Mittal et al. (2003) beschreiben das Auftreten von dysphagischen Ereignissen in der oralen und pharyngealen Phase nach der chirurgischen Tumorresektion. Oral ist die Transitzeit verlängert, die Zungenbewegungen sind eingeschränkt oder müssen wiederholt ausgeführt werden, es kommt zu einer verminderten Boluskontrolle. Die Kontraktionsfähigkeit der Mundbodenmuskulatur kann eingeschränkt sein. Die pharyngeale Phase ist verzögert und geht mit einer verminderten Konstriktion der Pharynxwände einher, es finden sich vermehrt pharyngeale Residuen. Außerdem kann das Anheben des Hyoid-Larynx-Komplexes verzögert sein. Im Ganzen ist so die Effizienz des oropharyngealen Schluckvorgangs herabgesetzt und es treten häufiger Aspirationen auf.

Da bei Plattenepithelkarzinomen häufig schon früh, das heißt bei Tumorstadien T1/T2, eine Metastasierung in die regionären Lymphknoten am Hals vorzufinden ist (Kligerman et al. 1994), wird häufig eine *Neck dissection* vorgenommen. Es werden verschieden invasive Resektionen, die grob in submandibuläre Ausräumung, konservative *Neck dissection* und radikale *Neck dissection* gegliedert werden können (Reichart et al. 2002), uni- bzw. bilateral durchgeführt. Nach einseitiger *Neck dissection* wurde beim Schlucken eine eingeschränkte Bewegung des Hyoids und vermehrt auftretende laryngeale Penetration beobachtet. Jedoch sind Hirai et al. (2010) zufolge weder pharyngeale Residuen noch eine Aspiration aufgetreten. Patienten, die primär mit Radio- bzw. Radiochemotherapie behandelt wurden und anschließend eine *Neck dissection* erhalten haben, weisen Lango et al. (2010) zufolge im ersten postoperativen Jahr keine erhöhte Magensondenabhängigkeit im Vergleich zu Patienten ohne *Neck dissection* auf, im zweiten Jahr benötigen jedoch mehr Patienten mit *Neck dissection* eine Magensonde.

Wenn bei Patienten zusätzlich zur chirurgischen Therapie eine Radiotherapie oder eine Radiochemotherapie durchgeführt wird, werden Dysphagien verstärkt (Gaziano 2002) oder es treten neue Aspekte hinzu. Nach Böhme (2003) beträgt die Inzidenz von Schluckstörungen nach Radiatio etwa 40 %. Wenn eine Radiochemotherapie durchgeführt wird, ist es schwierig zu sagen, welche Störungen auf welchen Therapiebestandteil zurückzuführen sind. Die Beeinträchtigungen in den ersten Monaten nach dem chirurgischen Eingriff sind jedoch auf eben diesen zurückzuführen, danach erst werden sie durch Radiochemotherapie verursacht (Mittal et al. 2003). Die Bestrahlung hat neben

der Zerstörung der Tumorzellen auch eine Ödembildung, submuköse Fibrosierung der Gewebe und einen reduzierten Speichelfluss bzw. eine Xerostomie bei Strahlensialadenitis zur Folge. Diese Faktoren können das Schlucken erschweren, die Boluspassage dauert länger, pharyngeale Residuen sind vermehrt und die Effizienz ist durch eingeschränkte Kiefergelenkbewegungen und eingeschränkte pharyngeale Kontraktionskraft vermindert (Pauloski et al. 1998; Böhme 2003). Bei Radiochemotherapie treten ähnliche Beeinträchtigungen auf wie bei alleiniger Radiotherapie (Mittal et al. 2003).

Stand der Wissenschaft - Schluckuntersuchungen bei Tumorpatienten

Schluckuntersuchungen, die bei Patienten mit Tumoren im oralen oder oropharyngealen Bereich vor oder nach der Operation durchgeführt worden sind, zeigen oft eine schon präoperativ beeinträchtigte Schluckfunktion, die sich jedoch postoperativ noch verschlechtert (Kreeft et al. 2009).

White et al. (2009) haben oro-linguale Druckmessungen bei Patienten mit Kopf-Hals-Tumoren und einer gesunden Vergleichsgruppe durchgeführt. Es wurde der Kontaktdruck der Zunge am Gaumen an jeweils drei Stellen (anterior, medial, posterior) gemessen, auf diese Weise wurden drei Schlucke pro Patient/Proband untersucht. Die Kontrollgruppe wies höhere oro-linguale Druckpeaks auf als die präoperativ untersuchten Tumorpatienten.

Lazarus et al. (2007) haben bei Tumorpatienten, die Radio- und Chemotherapie erhalten haben, die maximale Zungenkraft gegen den Gaumen gemessen. Die Untersuchung wurde prä- und postoperativ mit dem *Iowa Oral Performance Instrument* (IOPI), für die Messmethodik siehe 1.5.2 Seite 21, durchgeführt, außerdem wurden orale und pharyngeale Residuen videofluoroskopisch ermittelt. Die Zungenkraft verringerte sich nicht signifikant nach der Behandlung, es konnte auch kein Zusammenhang zu den pharyngealen Ergebnissen hergestellt werden. In einer älteren Studie von Wächter und Diz Dios (1993) wurde die Saugfunktion mit einem über einen Katheter an eine Trinkflasche angeschlossenen Drucksensor untersucht. Es wurden Drücke postoperativ bei Patienten mit Tumoren des anterioren Mundbodens und des Zungenrandes gemessen. Die Defekte wurden lokal oder mit Lappen rekonstruiert. Ein Vergleich wurde zum einen mit der Saugfunktion einer Kontrollgruppe und zum anderen mit der Saugfunktion bei Probanden mit durch Tiefziehplatte simulierter Beeinträchtigung des anterioren Mundbodens oder der Zunge durchgeführt. Die simulierte Beeinträchtigung des anterioren Mundbodens führte zu einem Abfall auf 20 %, bei lokaler Rekonstruktion erfolgte ein Abfall auf 15 % und bei Rekonstruktion mit Lappen auf etwa 10 % des Saugdrucks der Kontrollgruppe. Bei Simulation und Zungenrandresektion war der Saugdruck auf etwa 40 bzw. 50 % reduziert. Die Mehrzahl der Untersuchungen zur Schluckdiagnostik wird jedoch mit Hilfe der Videofluoroskopie durchgeführt (McConnel et al. 1998), so haben Rieger et al. (2007) die Entwicklung des Schluckvermögens nach Entfernung eines Zungengrundtu-

mors und anschließender Rekonstruktion mit einem Radialislappen dokumentiert. Nach der Gabe von Flüssig-, Brei- und Keksportion wurden unter anderem die orale und pharyngeale Transitzeit, die Schluckversuche pro Bolus und die Residuen im Pharynx beurteilt. Am Ende der Beobachtungszeit wurde nur noch ein Patient primär über eine Sonde ernährt, dies wurde als Erfolg für die Behandlungsmethode gewertet. Sowohl White et al. (2009) als auch Rieger et al. (2007) haben die *Kay Swallowing Workstation* verwendet. Die *Kay Swallowing Workstation* kombiniert verschiedene Instrumente zur Dysphagiediagnostik, im Abschnitt 1.5.2 wird genauer darauf eingegangen.

Auch Tei et al. (2007) haben mit den gleichen Parametern wie Rieger et al. (2007) die Entwicklung des Schluckvermögens von Tumorpatienten erfasst; das Patientenkollektiv war jedoch inhomogener. Ein Jahr nach der Operation konnten sich 12 % der Patienten nicht oral ernähren. Insgesamt erreichte die videofluoroskopisch ermittelte OPSE (Oropharyngeale Schluckeffizienz) aber nicht die präoperativen Werte. Die OPSE bewertet die Schluckbeeinträchtigung anhand von videofluoroskopischen Aufnahmen. Am aussagekräftigsten ist die Bolustransitzeit (Rademaker et al. 1994). Borggreven et al. (2007) haben sowohl videofluoroskopische als auch szintigraphische Untersuchungen gemacht und neben der Penetrations-Aspirations-Skala (PAS) von Rosenbek et al. (1996) auch die OPSE zur Bewertung verwendet. Untersuchungen nach sechs und zwölf Monaten ergaben keine Verbesserung der Schluckfähigkeit. Patienten mit größeren Tumoren (T3 - T4), und Resektionen des Zungengrundes bzw. des weichen Gaumens wiesen eine stärkere Dysphagie auf. Am seltensten waren die Patienten durch nasale Regurgitation oder verlängerte orale Transitzeit beeinträchtigt.

Häufig sind zudem Bewertungen der Schluckfunktion durch Fragebögen, die die subjektive Einschätzung der Patienten widerspiegeln. Eine postoperative Verschlechterung des Schluckvermögens und eine negative Korrelation mit der Tumorgöße haben Schliephake und Jamil (2002) beobachtet. Zuydam et al. (2005) haben so herausgefunden, dass das Schluckvermögen negativ mit der Tumorgöße, der T-Klassifikation, Radiotherapie, Lappenrekonstruktion und der Lokalisation am weichen Gaumen und am Zungengrund korreliert ist. Rogers et al. (2008) haben mit demselben Fragebogen dokumentiert, dass das Schlucken bei kleiner Tumorgöße, lokaler Rekonstruktion und ohne Radiotherapie am wenigsten beeinträchtigt ist, größte Einschränkungen aber durch eine adjuvante Radiotherapie entstehen.

Seltener sind Studien zu finden, die mittels Videoendoskopie den Schluckakt von Patienten mit oropharyngealen Tumoren untersuchen. Wu et al. (2000) haben Patienten mit Nasopharynxkarzinomen nach primärer Radiotherapie untersucht. Bei etwa der Hälfte der Patienten wurden Mundtrockenheit, insuffiziente velopharyngeale und velolinguale Verschlüsse festgestellt. Über 80 % der Patienten wiesen einen verzögerten Schluckreflex, pharyngeale Residuen, Penetration oder Aspiration auf. Patterson et al.

(2011) haben mit Hilfe von Videoendoskopie bei bestrahlten Patienten die Aspiration detektiert und mit der Aussage des klinisch anwendbaren 100-ml- Wasser- Schlucktests verglichen. Bei diesem Test werden das Schluckvolumen, das Volumen pro Zeit und die Schluckgeschwindigkeit gemessen. So soll eine klinische Vorauswahl derjenigen Patienten getroffen werden, die einer instrumentellen Diagnostik bedürfen.

Der pharyngealen Phase wurde bisher mehr Beachtung geschenkt; in der oralen Phase wurden die Parameter der Transitzeit und der Residuen mit der Videofluoroskopie analysiert; die Untersuchungen von White et al. (2009) und Wächter und Diz Dios (1993) sind zwei von wenigen, die mit Zungendruck und Saugdruck andere Parameter erfassen.

1.5 Klinische und instrumentelle Diagnostik der Schluckfunktion

1.5.1 Anamnese und klinische Beurteilung

In der Anamnese sollte der Patient detailliert zu seinen Schluckbeschwerden befragt werden. Der zeitliche Verlauf, Probleme beim Schlucken bestimmter Konsistenzen, die Lokalisation der Beschwerden/Schmerzen, eine bevorzugte Körperhaltung beim Essen, häufiges Husten, ein trockener Mund, Veränderungen der Stimme oder auch ein Fremdkörpergefühl (Globus pharyngis) sind von Bedeutung. Eventuelle Begleiterkrankungen und die Medikation sollten auch erfragt werden (Prosiegel und Weber 2009).

Bis auf den Mundschluss ist der Schluckakt von außen kaum zu beobachten, da alle Kompartimente geschlossen sind. Daher kann eine rein klinische Beurteilung nur durch Palpation des Mundbodens und der Hyoid-Larynx-Elevation während des Schluckens geschehen oder durch die Prüfung der Sprachfunktion, des Schluckreflexes, des Hustenreflexes, des Würgereflexes oder der Gurgelfunktion (Böhme 2006).

1.5.2 Instrumentelle Diagnostik

Einen genaueren Einblick in den Ablauf des Schluckvorganges gibt die instrumentelle Diagnostik. Die zeitliche und räumliche Aufnahme des Schluckaktes sowie die Datenspeicherung erlauben eine exakte Diagnostik und Auswertung. Insbesondere die stille Aspiration kann so detektiert werden.

Videofluoroskopie Am häufigsten werden die Bewegungen des Schluckaktes mit der Videofluoroskopie untersucht. Die Aufnahme der röntgenologischen Bilder erfolgt mit der gleichen Frequenz wie bei der Videofluoroskopie, das heißt 25 Bilder pro Sekunde. Als Kontrastmittel für den Bolus wird normalerweise Barium verwendet (Böhme 2003).

Anhand videofluoroskopischer Aufnahmen können ununterbrochen die orale und pharyngeale Phase und die Fortbewegung des Bolus Bild für Bild beobachtet werden. Außerdem können das Zungenbein, der Kehlkopfschluss und der obere Ösophagussphinkter analysiert werden. Hingegen sind die Stimmlippen, die Aryknorpel und Teile des Luftwegeingangs nicht erkennbar (Logemann et al. 1998). Allerdings kann das Ausmaß einer stillen Aspiration auf diese Weise gut detektiert werden (Rugiu 2007). Nachteilig ist, dass der Untersucher und der Patient, insbesondere auch dessen Schilddrüse, den Röntgenstrahlen ausgesetzt sind (Beck und Gayler 1990).

Videopharyngoskopie Eine weitere wichtige Untersuchungsmethode für den Schluckakt ist die Videopharyngoskopie, kurz Videoendoskopie, die als Alternative zur Videofluoroskopie eingesetzt werden kann. Diese wurde von Langmore et al. (1988), damals noch ohne Videoaufnahme, erstmals beschrieben. Eine flexible Optik wird nasal eingeführt und ermöglicht die Beobachtung des Epipharynx, des Mesopharynx und des Larynx während des Schluckaktes. Der Bolus kann verschieden groß sein und unterschiedliche Konsistenzen haben, zur besseren Sichtbarkeit wird er blau oder grün eingefärbt (Langmore et al. 1988). Auch in der deutschen Literatur ist die Abkürzung „FEES“ des englischen Begriffes „*Fiberoptic Endoscopic Evaluation of Swallowing*“ gebräuchlich (Böhme 2003) .

Während der Untersuchung muss die Optik in den verschiedenen Pharynxetagen positioniert werden, um den velopharyngealen Verschluss, das Ende der oralen Phase bis zum Beginn des pharyngealen Schluckens bzw. der laryngealen Elevation und das Ende der laryngealen Elevation zu begutachten. Die Bewegungen der Stimmlippen und der Aryknorpel und der Larynxeingang sind sichtbar (Logemann et al. 1998). Der Schluckakt kann hinsichtlich verschiedener Parameter ausgewertet werden, in den Tabellen 6.1 bis 6.4 im Anhang sind die entsprechenden Studien aufgelistet. Zu den Parametern gehören die Anatomie des Velums, der lateralen Pharynxwand, der Mukosa, des Zungengrundes, der Recessus piriformes, der Epiglottis, der aryepiglottischen Falte und der Glottis (de Sordi et al. 2009), dabei können Tumoren, Rezidive, Entzündungen oder andere Strukturveränderungen erkannt werden (Schröter-Morasch et al. 1999; Simental und Carrau 2004). Außerdem wird die Funktion beurteilt. Überprüft wird der velopharyngeale Verschluss bezüglich der nasalen Regurgitation (de Sordi et al. 2009), die Levatoraktivität beim Saugen (Iida et al. 2003; Tachimura et al. 2006), die Pharynxwandkontraktionen (Périé et al. 1998), die Zungengrundmobilität (de Sordi et al. 2009), posteriore Leckage (Hiss und Postma 2003), Pooling vor dem Schlucken (Dua et al. 1997; Hyodo et al. 2010), Residuen (Leder et al. 2005; Butler et al. 2009), die Wasserbolusverweilzeit im Pharynx (Bastian 1993; Dua et al. 1997) und die laryngeale Penetration und Aspiration mit Hilfe der Penetrations-Aspirations-Skala (Rosenbek et al. 1996; Colodny 2002) oder der vereinfachten Version der Skala (Dziewas et al. 2008). Von Vorteil ist, dass die Untersuchung am Krankenbett durchgeführt werden kann und keine Strahlenbelastung für

den Patienten bedeutet (Mittal et al. 2003). Die Kosten sind geringer als für die Durchführung einer Videofluoroskopie (Aviv 2000). Der Nachteil des Verfahrens ist, dass zum einen nur die pharyngeale, nicht aber die orale und ösophageale Phase sichtbar sind und dass zum anderen beim eigentlichen pharyngealen Schluckvorgang ein *White Out* entsteht, wenn alle Strukturen kontrahiert sind und nur das Licht der Lichtquelle zu sehen ist. In dieser Zeit finden der Verschluss der Luftwege und der Zungenrundkontakt mit der posterioren Pharynxwand statt (Logemann et al. 1998).

Eine Erweiterung der videoendoskopischen Diagnostik durch sensorische Testung haben Aviv et al. (1998) eingeführt. Beim FEESST (*Fiberoptic Endoscopic Evaluation of Swallowing with Sensory Testing*) wird die Mukosa des Larynx mit kleinen Luftstößen gereizt, um Sensibilitätsausfälle und damit ein Aspirationsrisiko aufzudecken. Zusammenfassend haben Schröter-Morasch et al. (1999) die Videoendoskopie als gute Methode bewertet, die schon früh auch bei schwerkranken Patienten eingesetzt werden kann, dabei nicht invasiv ist und wiederholt durchgeführt werden kann. Die wichtigsten diagnostischen Parameter einer Dysphagie, Residuen, Penetration und Aspiration, insbesondere die des Speichels, können sicher beurteilt werden. Da aber das Ausmaß der Aspiration, strukturelle Veränderungen im Bereich des Ösophagus und die Ursache der Dysphagie nicht immer ermittelt werden können, wird eine ergänzende Untersuchung durch Videofluoroskopie empfohlen.

Elektromyographie Da der Schluckvorgang eine fein abgestimmte muskuläre Aktivität erfordert, ist die elektromyographische Analyse der charakteristischen Aktivität der einzelnen Muskeln relevant. Die zeitlichen Abläufe von Kontraktion und Relaxation können verfolgt und abnorme Muster detektiert werden (Palmer 1989; Perlman 1993). Als kostengünstige, nicht-invasive Screening-Methode kann die Oberflächen-Elektromyographie eingesetzt werden, um zwischen Dysphagie und Odynophagie zu differenzieren. Allerdings lässt sich so keine genaue Diagnostik von neurologisch bedingten Dysphagien durchführen (Vaiman und Eviatar 2009).

Akustische Verfahren Die Schluckgeräusche werden mit akustischen Detektoren ermittelt. Die zervikale Auskultation lässt sich am besten mit Hilfe eines kostengünstigen Mikrofons durchführen (Cichero und Murdoch 2002). Die Dauer der Schluckgeräusche ist bei Dysphagien verlängert und die Geräuschemuster differieren. Das Verfahren ist so für die Bedside-Diagnostik geeignet, allerdings sollte auf zusätzliche Untersuchungen nicht verzichtet werden (Santamato et al. 2009). Insbesondere in Kombination mit der Videoendoskopie kann so auf Videofluoroskopie verzichtet werden, was bei reduziertem Allgemeinzustand oder Behinderung vorteilhaft ist (Kley und Biniek 2005).

Magnetresonanztomographie Die Magnetresonanztomographie bietet die Möglichkeit, zeitlich und bildlich hochauflösende Aufnahmen des Schluckaktes zu erhalten, ohne

den Patienten mit Strahlung zu belasten. Mit starkem Magnetfeld können die Aufnahmen bisher nur im Liegen durchgeführt werden, was die Anwendung begrenzt. Vorteilhaft ist, dass Weichgewebe wie das Velum und die Zunge sowie der verabreichte Bolus exakt dargestellt werden (Amin et al. 2012). Die Untersuchung im Sitzen durchzuführen ergibt laut (Honda und Hata 2007) qualitativ ähnliche Resultate wie bei videofluoroskopischen Aufnahmen.

Palatographie Die Palatographie dient zur Diagnostik der Bewegungsmuster der Zunge, jedoch werden nur die Berührungspunkte von Zunge und hartem Gaumen registriert. Mit dieser Methode werden vornehmlich Sprachfehler detektiert (Hardcastle et al. 1991). Beim Schlucken kann die Veränderung der Zungenkontakte am Gaumen aufgezeichnet werden (Ohkiba und Hanada 1989). Als Verfahren stehen die statische Palatographie und die neuere Elektropalatographie zur Verfügung. Das Prinzip des ersten Verfahrens beruht auf dem Anfärben der Kontaktbereiche. Bei der Elektropalatographie werden an einer Gaumenplatte Elektroden befestigt, so dass die Berührungen von Zunge und Gaumen auch zeitlich bestimmt werden können (Meyer und Ptok 2011).

Sonographie Mit Hilfe von Ultraschall können die Bewegungen der oralen Phase, insbesondere die der Zunge, gut dargestellt werden. Die Untersuchung erfolgt in Echtzeit, ohne Strahlenbelastung, nichtinvasiv und mit guter Weichgewebedarstellung (Shawker et al. 1984). Die Strukturen werden sichtbar gemacht, indem ausgesendete hochfrequente Schallwellen an Grenzflächen reflektiert und wieder registriert werden (Stone 2005). Eine Schwierigkeit birgt die nötige Stabilisation des Kopfes und der Hand des Untersuchers. Prinzipiell ist dieses Verfahren bei Personen jeden Alters einsetzbar. Auch für die Diagnostik pharyngealer, laryngealer und hyoidaler Bewegungen wird es verwendet (Chi-Fishman 2005).

Elektromagnetische Artikulographie Bei der elektromagnetischen Artikulographie werden an der Muskeloberfläche Sensoren befestigt und durch die Generierung eines elektromagnetischen Feldes werden die jeweiligen Muskelaktivitäten gemessen. So können unter anderem velare Bewegungsmuster in Richtung und Größe analysiert werden (Engelke et al. 1996). Auch die Zungenbewegungen können hochauflösend in Zeit und Raum wiedergegeben werden. Der Patient wird keiner Strahlenbelastung ausgesetzt. Nachteilig ist allerdings, dass der Bolus und Strukturen wie der Larynx und das Hyoid nicht dargestellt werden können (Steele und Van Lieshout 2009).

Orofaziale Polysensographie Das Verfahren der orofazialen Polysensographie wurde von Engelke und Hoch (1999) eingeführt. Das SensOral - System besteht aus drei Hauptkomponenten, den Sensoren zur Feststellung von Atmung, Zungenlage und Mundöffnungsgrad, dem SensOral - Steuergerät und Software zur Datenauslesung am Com-

puter. Für die Detektion der Atmung wird in jede Nasenöffnung ein Thermistor positioniert, so können zum Beispiel schluckassoziierte Apnoen registriert werden. Die Zungenlage und der Mundöffnungsgrad werden mit an einer Gaumenplatte befestigten LED - Lichtquelle und einem Sensor, der das reflektierte Licht detektiert, gemessen. So kann die Zungenlage beim Schlucken und in der Ruheposition in Relation zum Gaumen bestimmt werden (Knösel et al. 2012).

Druckmessungen

Intraorale Druckmessungen Bei den Drücken, die im Mund vorliegen, kann man prinzipiell zwei verschiedene Arten unterscheiden. Zum einen kann man Drücke betrachten, die durch das Aufeinandertreffen zweier Strukturen, zum Beispiel der Lippen oder der Zunge gegen den Gaumen, entstehen, zum anderen kann man die Drücke untersuchen, die in den von den Strukturen umschlossenen Hohlräumen gebildet werden.

Im Allgemeinen wird der Zunge eine wichtige Rolle beim Schlucken eines Bolus zugeschrieben, da davon ausgegangen wird, dass sie unter Druckerzeugung den Bolus in den Pharynx befördert (Steele und Van Lieshout 2009). Daher wurden vermehrt die Kraft der Zunge und ihre Bewegungsabläufe analysiert (Taniguchi et al. 2008).

Intraorale Drücke können mit verschiedenen Methoden bestimmt werden. Um den physiologischen Schluckvorgang so wenig wie möglich zu stören, ist ein Messgerät mit kleinem intraoralen Anteil nötig. Die erste kleinere Konstruktion war die des Dehnungsmessstreifens zur Kraftmessung beim Zusammenbeißen der Zähne. Wichtig war auch, dass verschiedene Messbereiche genau abgedeckt wurden (Howell und Manly 1948). Später verwendeten Proffit (1972) Dehnungsmessstreifen, um zwischen Zunge und Gaumen Drücke zu messen, und zwar an mehreren Punkten der Zunge gleichzeitig, um den Wechsel vom viszeralen zum somatischen Schlucken zu quantifizieren. Auch Shaker et al. (1988) haben mit Dehnungsmessstreifen und paralleler Videofluoroskopie die Kontaktzonen von Zunge und hartem bzw. weichem Gaumen untersucht. Dabei haben sie neben positiven auch negative Drücke beobachten können, nämlich wenn sich die Zunge vom Gaumendach wegbewegt. Eine sehr zierliche Version haben Casas et al. (2003) zur Untersuchung von Zungenbewegungen während der Mastikation verwendet.

Eine andere Methode führten Robin et al. (1992) mit einem luftgefüllten Miniballon ein, der intraoral positioniert wird und den Zungendruck misst. Daraus hat sich das IOPI (*Iowa Oral Performance Instrument*, IOPI Medical LLC, Carnation, WA, USA) entwickelt, das zur Zungen- und Lippenkraftmessung für Schluck- und Sprechdiagnostik häufig verwendet wird (Yoshikawa et al. 2011). Die Anwesenheit dieser neuen Drucksensoren, dieses Mal drei palatinal befestigte luftgefüllte Miniballons, verändert nicht das normale Schluckmuster, lediglich gering vermehrte orale Residuen und eine leicht gehäufte laryngeale Penetration wurden von Hind et al. (2005) beobachtet. Dieser Prototyp wurde in die weit verbreitete *Digital Swallowing Workstation* (DSW, KayPENTAX,

Montvale, NJ, USA) integriert. Hier können gleichzeitig manometrische, videoendoskopische, videofluoroskopische und oberflächen-elektromyographische Untersuchungen, zervikale Auskultation und Atemdetektion über einen Drucksensor gemacht werden.

Eine dritte Methodik wurde von Thüer et al. (1985) und Fröhlich et al. (1991) verwendet: ein unter Druck gesetztes wassergefülltes Schlauchsystem mit einer intraoralen Kunststoffapplikation zur Fixierung des Messendes. Es wird der Druck zwischen den Lippen und den oberen Inzisiven und oberen Molaren in der Ruheposition erfasst. Dabei werden sowohl positive als auch negative Drücke beobachtet. Die mögliche Messung von negativen Drücken wird als Vorteil der Methode betrachtet. Später haben Thüer et al. (1999) auch palatinal neben positiven auch negative Drücke detektiert. Außerdem können Saugdruckmessungen mit einem Sensor an dem Saugaufsatz einer Trinkflasche oder an einem Strohhalm durchgeführt werden (Wächter und Diz Dios 1993; Nilsson et al. 1996b). Für die Objektivierung der Zungenkraft bei Patienten mit Kopf-Hals-Tumoren werden hauptsächlich Geräte mit luftgefüllten Miniballons eingesetzt (Ball et al. 2006; Lazarus et al. 2007; White et al. 2009).

Pharyngeale Druckmessungen Für die pharyngeale Manometrie werden Dehnungsmesstreifen als Drucksensoren benötigt, die hochfrequent messen, da der pharyngeale Bolustransport weniger als eine Sekunde dauert. Meistens wird parallel eine Videofluoroskopie durchgeführt, um die Position der Sensoren und die Boluspassage beurteilen zu können (McConnel et al. 1988b; Logemann 1998). Andere, neuere Methoden sind die Druckmessung mit kleinen, wassergefüllten Ballonsensoren (Mattioli et al. 2003) oder die Kombination der Manometrie mit Impedanzmessungen, um die pharyngeale Druckentwicklung ohne Strahlenbelastung zu messen (Omari et al. 2011).

1.6 Rehabilitation der Schluckfunktion

Die Rehabilitation der Schluckfunktion ist sowohl bei Patienten, denen ein Tumor im orofazialen Bereich chirurgisch entfernt worden ist, als auch bei Patienten, die einen Schlaganfall hatten oder Schluckstörungen anderer Genese haben, außerordentlich wichtig. Das Ziel ist die Wiederherstellung der Fähigkeit zur sicheren oralen Nahrungsaufnahme in dem Maße, dass die Deckung des Flüssigkeits- und Nährstoffbedarfes gewährleistet ist (Logemann 1998). Bei Patienten mit erfolgter Tumoroperation kann etwa ein bis zwei Wochen postoperativ mit der Rehabilitation begonnen werden (Logemann 1998). Dysphagien, die durch die Bestrahlung entstehen, sollten ab dem Zeitpunkt der ersten Beeinträchtigung behandelt werden. Für die Wahl der Therapieart sollten die Diagnose sowie Begleiterkrankungen berücksichtigt werden. Wenn durch Kompensationsstrategien die Symptome ausgeschaltet werden, sind diese zur Therapie ausreichend. Bei schwerwiegenden Dysphagien müssen zuerst indirekte Übungen gemacht werden, das heißt, es darf nur der Speichel als Bolus verwendet werden und keine zusätzliche

Flüssigkeit oder Nahrung. Außerdem ist die Fähigkeit und Motivation des Patienten, Anweisungen zu folgen und Übungen durchzuführen, wichtig für die Auswahl der Therapiestrategie. Wenn ein Patient einen Bolus in weniger als zehn Sekunden schluckt, kann man davon ausgehen, dass er in der Lage ist, Nahrung der Konsistenz dieses Bolus in ausreichender Menge aufzunehmen. Außerdem sollte er dabei weniger als 10 % des Bolus aspirieren (Logemann 1998). Wenn mit den schluckbaren Konsistenzen keine ausreichende Ernährung erfolgen kann, muss der Patient zusätzlich oder ausschließlich mit einer Magensonde oder PEG-Sonde (PEG = perkutane endoskopische Gastrotomie) ernährt werden.

Nach Logemann (1998) kann die Rehabilitation der Dysphagien mit Hilfe von Kompensationsstrategien und Therapiemethoden oder deren Kombination sowie mit der Unterstützung durch Biofeedback erfolgen.

Kompensationsstrategien beinhalten Haltungsveränderungen, verstärkte Reizeinwirkung, veränderte Bolusgröße und Geschwindigkeit der Bolusgabe, modifizierte Nahrungskonsistenz wie angedickte Flüssigkeit oder breiige Nahrung und Eingliederung von Defektprothesen. Durch Haltungsveränderungen werden die Dimensionen des Pharynx und der oralen Strukturen verändert und der Nahrungstransport erleichtert. Bei 75 - 80 % der Patienten kann so eine Aspiration vermieden werden (Logemann 1998). Dabei ist keine zusätzliche Anstrengung nötig und die Kompensationsstrategien können so lange angewendet werden, bis der Patient sich erholt hat oder bis der Effekt der anderen Therapiemethoden greift. Nur bei schweren Strukturdefekten oder neurologischen Schäden ist die kontinuierliche Haltungsveränderung unvermeidbar. Zu den wichtigsten Haltungsveränderungen gehören die Anteflexion des Kopfes zur Dorsalverlagerung des Zungengrundes und zur Weitung der Valleculae, die Kopfneigung nach hinten für den beschleunigten Bolustransport, die Kopffrotation zur Kompensation von einseitiger Pharynxparese oder posteriorer Leckage und die Kopfkippung zur Verlagerung des Bolus auf die gesunde Seite. Die verstärkte Reizeinwirkung wird oftmals durch thermo-taktile Stimulation erreicht. Ein vereister Spiegel wird über die vorderen Gaumenbögen gestrichen, um so die Auslösung des folgenden Schluckreflexes zu erleichtern, so kann das verzögerte pharyngeale Schlucken kompensiert werden. Schließlich löst ein größerer Bolus den Schluckreflex früher aus als ein kleiner, hingegen sind bei einem geschwächten Pharynx kleinere Boli indiziert (Logemann 1998).

Neben Haltungsveränderungen werden Therapiemethoden, die die Schluckphysiologie verändern, angewandt. Dabei werden die Bewegungen der oralen und pharyngealen Strukturen trainiert und erweitert. Der Patient wird dazu angeleitet, eine willkürliche Kontrolle der Bewegungen während des Schluckens zu erlangen. Hierbei ist eine gute Mitarbeit des Patienten erforderlich. Bei indirekten Methoden wird nur der Speichel als Bolus verwendet, bei direkten Methoden wird auch Flüssigkeit oder Nahrung gegeben. Zum einen wird der Bewegungsspielraum vergrößert und zum anderen werden Schluckmanöver eingeübt (Logemann 1998). Diese Manöver erfordern eine größere muskuläre

Anstrengung und werden normalerweise nur zeitweise angewendet. Das supraglottische Schlucken und das super-supraglottische Schlucken erzwingen den Schutz der Atemwege, indem durch bewusstes Anhalten des Atems und beim super-supraglottischen Schlucken zusätzlich durch forciertes Pressen der Larynx während des Schluckaktes verschlossen bleibt. Das kraftvolle Schlucken mit forcierter Dorsalbewegung des Zungengrundes und das Mendelsohn-Manöver unterstützen den Bolustransport. Das Mendelsohn-Manöver wird bei eingeschränkter laryngealer Bewegung und beim unkoordinierten Schlucken angewandt. Der Patient verlängert willkürlich die Elevation des Hyoid-Larynx-Komplexes, indem er die Zunge gegen den Gaumen drückt und die Bewegung am Schildknorpel ertastet und kontrolliert (Böhme 2006).

Haltungsänderungen und Manöver können kombiniert werden. Hilfreich ist auch ein *Biofeedback* mit Videoendoskopie, Ultraschall, Oberflächenelektromyographie oder Videofluoroskopie. Der Patient kann so seine Bewegungen beobachten und bewusster durchführen. Laut Denk und Kaider (1997) verspricht die Videoendoskopie gerade in der Anfangsphase einen größeren Therapieerfolg.

Die chirurgische Therapie ist nur in seltenen Fällen ein Mittel der Wahl. Wenn die konservative Therapie über lange Zeit nicht erfolgreich war oder offensichtlich ein strukturelles Defizit vorliegt, kann sie in Betracht gezogen werden (Böhme 2003).

1.7 Ziel und Fragestellungen der vorliegenden Untersuchung

Mittels intraoralen Manometrie und pharyngealer Videoendoskopie sollen die orale und die pharyngeale Schluckphase im Zusammenhang mit orofazialen Tumoren in Abhängigkeit von der Defektsituation untersucht werden. Die Untersuchungen sollen aktive und passive Bolusaufnahme sowie flüssige und breiige Boluskonsistenz berücksichtigen. Dabei sollen Amplitudenhöhe und Morphologie der intraoralen Druckkurven einerseits und endoskopisch ermittelte dysphagische Ereignisse im Pharynx andererseits dokumentiert werden.

Als Fragestellung ergeben sich im Einzelnen:

- Ist ein im Druckverlauf defekttypisches Schluckmuster erkennbar?
- Besteht ein Zusammenhang zwischen dem Defekt und der Saugkraft?
- Gibt es unterschiedliche Veränderungen im Schluckmuster abhängig von der Applikationsart und der Boluskonsistenz?
- In welchem Maß verändert sich die pharyngeale Schluckfunktion in Abhängigkeit von dem Defekt im orofazialen Bereich?
- Gibt es einen Zusammenhang von pharyngealen dysphagischen Ereignissen mit Applikationsart oder Boluskonsistenz?
- Korreliert die Selbsteinschätzung des Schluckvermögens mit dem Defekt?
- Welche diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten ergeben sich aus der Untersuchung?

Die Untersuchung soll ermöglichen, die Veränderungen des Schluckaktes von Tumorpatienten besser diagnostisch zu bewerten, um darauf basierend therapeutische Maßnahmen zu optimieren.

2 Material und Methoden

Alle Patientenuntersuchungen, Messungen, Auswertungen und Bearbeitungen wurden in der Universitätsmedizin Göttingen durchgeführt.

2.1 Patienten

Die Patienten wurden aus der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universitätsmedizin Göttingen rekrutiert. Die Patienten waren ohnehin zu einer endoskopischen Untersuchung einbestellt worden. Die Untersuchung wurde in der Poliklinik der Abteilung durchgeführt. Die Studie wurde von der Ethik-Kommission der Universitätsmedizin Göttingen genehmigt (Antragsnummer 19/10/11). Für die vorliegende Studie wurden die Daten von 24 konsekutiv untersuchten Patienten verwendet, die zwischen 44 und 82 Jahren alt waren (Durchschnittsalter: 62,7 Jahre), siehe Abb. 2.1. 20 der Patienten waren männlich und 4 weiblich.

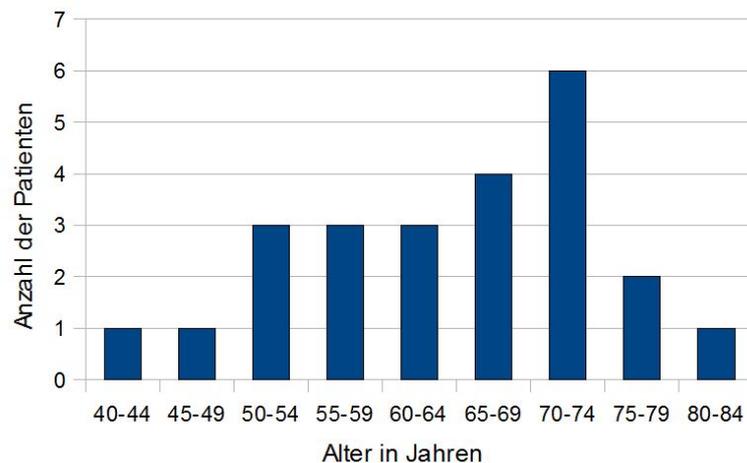


Abbildung 2.1: Altersverteilung der untersuchten Patienten ($n = 24$).

Von den 24 untersuchten Patienten hatten alle bis auf zwei Patienten ein Plattenepithelkarzinom der Mundhöhle, die verbleibenden zwei hatten eine gutartige Neubildung und wurden nur präoperativ untersucht. Bis auf einen Patienten mit lokaler Rekonstruktion haben alle postoperativ untersuchten Patienten nach der Tumoresektion eine Rekonstruktion mittels Lappenplastik (6x Radialis-, 6x Scapula-, 4x Fibula-, 3x

Submental-, 2x Pectoralisplatten) erhalten.

Entsprechend der TNM-Klassifikation ergibt sich die in Tabelle 2.1 aufgelistete Verteilung für die T-Klassifikation, die T0-Klassifizierten hatten eine gutartige Neubildung.

T-Klassifikation	Anzahl	Anteil in %
0	2	8,33
1	4	16,67
2	6	25,00
3	2	8,33
4	10	41,67

Tabelle 2.1: Verteilung der T-Klassifikation der untersuchten Patienten (n = 24).

2.1.1 Defektklassifikation

Um die Beeinträchtigung des Patienten durch seine Operation zu bewerten, wurde eine Defektklassifikation entworfen. Sie differenziert präoperative (D0) von postoperativen Situationen. Die postoperativen Defekte werden weiter unterteilt in D1 - D5. Es wird die Tumorgroße der TNM-Klassifikation entnommen und die Lokalisation des Tumors berücksichtigt. Diese Parameter bestimmen die postoperative Defektgröße und die Defektlokalisierung. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Patient vor der Operation nicht durch den Tumor im Schluckvermögen beeinträchtigt ist und keinen Strukturdefekt hat (D0), sondern nur postoperativ durch den entstandenen Defekt eingeschränkt wird. Ein Patient mit einem Rezidiv oder Zweittumor ist auch vor der erneuten Operation schon als beeinträchtigt zu betrachten. Der Schwerpunkt dieser Klassifikation liegt bei den Tumoren des Mundbodens. In Tabelle 2.2 ist die Klassifikation aufgeführt und in Abbildung 2.2 schematisch dargestellt.

Defekt- klassifikation	Operationsdefekt bei Tumor mit T-Klassifikation	Tumorlokalisierung
0	kein Operationsdefekt	
1	T1 und T2	anteriore Teile von Mundboden, Zunge, Unterkiefer
2	T3 und T4	anteriore Teile von Mundboden, Zunge, Unterkiefer
3	T1 und T2	posteriore Teile von Mundboden, Zunge, Unterkiefer
4	T3 und T4	posteriore Teile von Mundboden, Zunge, Unterkiefer
5	jedes T	andere Lokalisationen

Tabelle 2.2: Klassifikation von operationsbedingten Defekten.

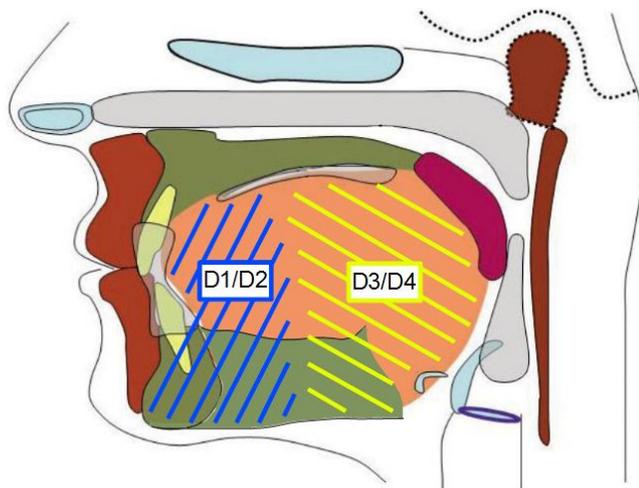


Abbildung 2.2: Lokalisation der Defektklassen (D) im Schema des biofunktionellen Modells. Schema entnommen aus Engelke et al. (2011, Seite 168) und bearbeitet.

Defektsituation der Patienten

Bei 24 Patienten sind insgesamt 30 Untersuchungen mit 30 dazugehörigen Defektsituationen durchgeführt worden und in die Auswertung eingegangen, da sechs Patienten zweimal, also mit und ohne Defekt, untersucht worden sind. Diese Daten sind unabhängig voneinander zu betrachten, da die Beeinträchtigung nur durch den Operationsdefekt zustande kommt. Alle präoperativen Untersuchungen konnten so eine Kontrollgruppe bilden, Defektklasse 0, die unabhängig mit den postoperativen Defektklassen 1-5 verglichen werden konnten. Die zwei Patienten mit einer gutartigen Neubildung wurden nur präoperativ untersucht und als D0 klassifiziert. Bei 20 Untersuchungen konnte das komplette Versuchsprotokoll durchgeführt werden, bei den restlichen zehn wurden Versuchsphasen abgebrochen oder nicht durchgeführt, weil eine starke Aspiration auftrat. Hinsichtlich der Defektklassifikation ergibt sich die in Abbildung 2.3 dargestellte Verteilung. Die letzte Defektklasse (D5) wurde nur bei zwei Patienten vergeben. Bei diesen lag auch ein Rezidiv vor. Aufgrund des Problems der Doppelklassifizierung und des äußerst geringen Stichprobenumfangs erfolgte für diese Defektklasse nur eine deskriptive Auswertung.

2.2 Untersuchungsmethoden

2.2.1 Manometrie mit modifiziertem Vakuumaktivator

Die intraorale Druckmessung wurde mit einem Druckmessgerät durchgeführt, das mit einem modifizierten Vakuumaktivator verbunden wurde. Bei extraoraler Lage des Messgeräts konnte so der Druck im subpalatinalen Kompartiment gemessen und gleichzeitig ein Bolus appliziert werden.

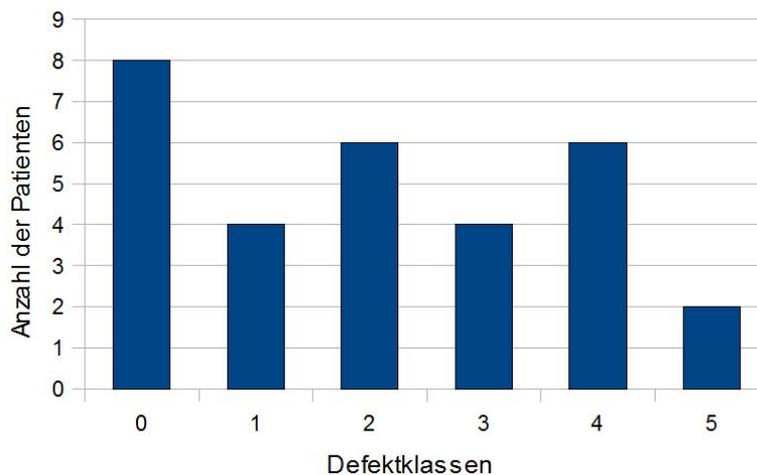


Abbildung 2.3: Verteilung der Defektklassen bei 30 Untersuchungen. 6 Patienten wurden zweimal untersucht, jeweils mit und ohne Defekt.

Modifizierter Vakuumaktivator

Der Vakuumaktivator (Silencos Bredent, Senden, Deutschland), siehe Abb. 2.4, besteht normalerweise aus einem Silikonmundschild, das im Vestibulum positioniert wird, einem Kunststoffmundstück, einem Trichter mit Membran und einem zusätzlichen Zugang, der mit einem Stopfen verschlossen ist.



Abbildung 2.4: Vakuumaktivator (Silencos Bredent, Senden, Deutschland)

Für die Untersuchung der Patienten wurden an dem Vakuumaktivator nacheinander zwei verschiedene Modifikationen vorgenommen. Zunächst wurden der Membrantrichter und der Stopfen entfernt und an die zwei Zugänge zwei Schläuche angeschlossen, einer für die Wasser-/Bolusgabe über eine Spritze und ein zweiter für die Druckmessung. Auf diese Weise wurden die Bolusapplikation und die Druckmessung im Vestibulum ermöglicht. Auch bei Patienten mit erfolgter Operation war diese Messung so durchzuführen. Allerdings wurde angestrebt, den Vakuumaktivator möglichst mit derselben Modifikation wie in der Vorgängerarbeit von Santander (2012) zu verwenden, um eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erzielen. Daher war es nötig, eine palatinale Schlaue-

fe einzubauen. Da der Brei sehr viskös ist, wurde erst eine Schlaufe mit einem Stück PVC-Verlängerungsschlauch (Prolonsend, Sendal, Cáceres, Spanien), der einen größeren Innendurchmesser hat, benutzt. Nach dieser Modifikation sah das Gerät so wie das letztendlich verwendete in Abb. 2.5 aus, nur dass der Schlauch der Palatinalschlaufe einen größeren Durchmesser hatte. Schlussendlich wurde das Gerät so modifiziert, dass es dem der Vorgängerarbeit entspricht.

Dafür wurde ein Silikonschlauch mit einem Außendurchmesser von 3 mm durch die beiden Öffnungen gezogen, sodass auf der oralen Seite des Geräts eine Schlaufe entstand, die in situ palatinal liegt. Es wurden zwei Löcher in die Schlaufe gestanzt, das Verbindungsstück wurde mit Relino Soft (Relino Soft, Kanidenta, Herford, Deutschland) gefüllt und so zwei separate Zugänge zum palatinalen Raum geschaffen, die definiert positioniert werden können. Der so modifizierte Vakuumaktivator ist in Abb. 2.5 zu sehen. Nun kann an den einen Zugang über einen PVC-Schlauch (Fresenius Kabi, Bad Homburg, Deutschland) eine 50-ml-Spritze (Perfusorspritze, Braun, Melsungen, Deutschland) angeschlossen und der Bolus appliziert werden. Für die Applikation des Breibolus wurde der Verlängerungsschlauch auf 10 cm gekürzt, um den Widerstand zu verringern und so die Passage durch die dünne Palatinalschlaufe zu ermöglichen. An den zweiten Zugang konnte extraoral die Verbindung zum Druckmessgerät gekoppelt werden. Dazu wurden zunächst ein Wasserabscheider (Aqua-Knot II Water Trap, GE Medical Systems, Wisconsin, USA) und ein Bakterienfilter (Dräger Medical, Lübeck, Deutschland) zwischengeschaltet, um eine Messverfälschung durch in die Druckleitung gelangendes Wasser zu vermeiden und um die Bakterienübertragung zu verhindern. Eine medizinische Druckleitung (Anesthesia Gas Sample Line, GE Healthcare, Helsinki, Finnland) schloss einen medizinischen Drucksensor mit dazugehörigem Manometer an.

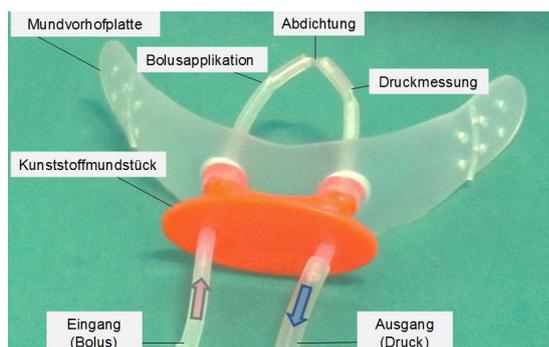


Abbildung 2.5: Modifizierter Vakuumaktivator (Silencos Bredent, Senden, Deutschland).

Manometrie

Die Druckmessung erfolgte mit einem Manometer (GMH 3150, Greisinger, Regenstauf, Deutschland) und dem passenden Drucksensor (GMSD 350 MR, Greisinger, Regenstauf, Deutschland) mit einem Messbereich von -199,9 bis +350,0 mbar, einem Mess-

zyklus von über 100 Messungen pro Sekunde zur Peak-Detektion und einer Auflösung von 0,1 mbar. Die Datenauslesung erfolgte auf einem akkubetriebenen Laptop mit Windows-Betriebssystem und mit der Software GSOF3050 (Greisinger, Regenstau, Deutschland).

Bei dem Drucksensor handelt es sich um einen piezoresistiven Relativdruck-Sensor. Das heißt, es wird ausgehend vom atmosphärischen Druck von 1013 mbar die relative Veränderung, also Unter- und Überdruck, gemessen. Dies geschieht durch die druckbedingte Auslenkung einer Silizium-Membran. In der Membran werden Spannungen und Dehnungen hervorgerufen, der spezifische Widerstand ändert sich und eine elektrische Spannung kann gemessen werden.

2.2.2 Videopharyngoskopie

Zur Beurteilung der pharyngealen Strukturen wurde als Hauptkomponente für die videoendoskopischen Aufnahmen das flexible Laryngo-Fiberskop 11101 RP2 (Storz, Tuttlingen, Deutschland) verwendet, das durch den mittleren Nasengang eingeführt wurde. Es hat einen Öffnungswinkel von 110°, dessen distales Ende sich um 90 bzw. 180 Grad abknicken lässt und somit eine hohe Flexibilität aufweist. Als Lichtquelle diente die Kaltlicht-Fontäne XENON NOVA 175 (Storz, Tuttlingen, Deutschland) und als Anti-beschlagmittel wurde Ultra-Stop (Sigmapharm, Wien, Österreich) verwendet. Die angeschlossene Telecam (telecam 2021 2030 PAL mit der Kamera-Kontrolleinheit telecam SL PAL 202120 20, Storz, Tuttlingen, Deutschland) nahm die Bilder auf.

Die erfassten Bilddaten wurden auf eine im Videocassette Recorder SVO-9500 MDP (Sony, Tokio, Japan) befindliche S-VHS-Videokassette mit einer Bildwechselfrequenz von 25 Bildern pro Sekunde übertragen. Die Telecam ermöglicht die manuelle Einstellung der Bildschärfe und der Bildvergrößerung am Farbmonitor Triniton (Sony, Tokio, Japan) während der Untersuchung.

Nach der Untersuchung wurde die Videoaufnahme mit Hilfe des Analog-Digital-Wandlers VideoXpress und dem dazugehörigen Programm muvee autoProducer5 (ADS Tech, Cerritos, California, USA) digitalisiert. Das Gerät transformiert über einen S-Video-Anschluss erhaltene analoge Daten und gibt sie unkomprimiert über ein USB 2.0 Kabel an den Computer weiter. Die Daten im Filmclip-Format (.mpg) konnten so am akkubetriebenen Laptop (Akoya P6512, Medion, Essen, Deutschland) mit dem Programm Windows Media Player (Microsoft Corporation, Redmond, USA), der auch in verringerter Wiedergabegeschwindigkeit abspielt, ausgewertet werden.

2.2.3 Übersicht des Versuchsaufbaus

In Abb. 2.6 ist der Versuchsaufbau zusammenfassend schematisiert dargestellt. Die Wasser- oder Breiapplikation folgt über die Spritze in den subpalatinalen Raum, dort wird über einen zweiten Zugang auch die Druckmessung vorgenommen. Dem Drucksens-

vor des Manometers sind der Wasserabscheider und der Bakterienfilter vorgeschaltet. Die endoskopische Untersuchung wird am Farbmonitor verfolgt und mit dem Videorekorder aufgezeichnet. Das Endoskop wird einmal epipharyngeal (1) beim Saugen positioniert und danach mesopharyngeal (2) während des restlichen Versuchsablaufs.

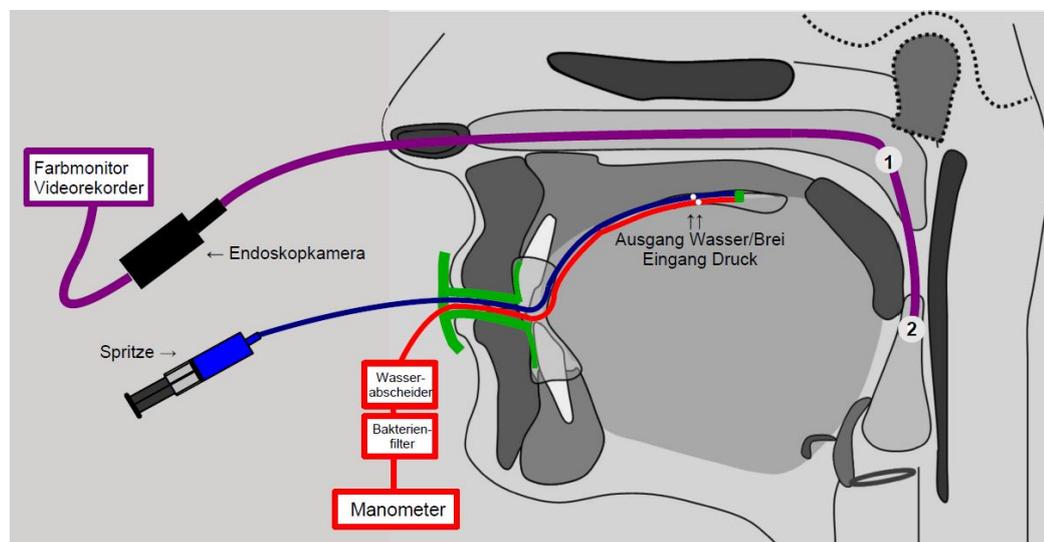


Abbildung 2.6: Schema des Versuchsaufbaus. 1 = epipharyngeale Endoskopposition, 2 = mesopharyngeale Endoskopposition. Schema des biofunktionellen Modells entnommen aus Engelke et al. (2011, Seite 168) und bearbeitet.

2.2.4 Patientenbogen zur Schluckuntersuchung

Ein Patientenbogen wurde entwickelt, mit dem Alter, Geschlecht, Diagnose, Befunde, Behandlung und die Selbsteinschätzung des Patienten festgehalten wurden. Es wurden die Diagnose der Tumorerkrankung inklusive der TNM-Klassifikation, die Defektsituation während der Operation, die Rekonstruktion, der Befund des Zahnstatus und der manometrisch-endoskopischen Untersuchung erfasst. Es wurde notiert, wie viele Schluckversuche durchgeführt werden konnten. Dann wurde vor jeder Untersuchung die Einschätzung des Schluckvermögens durch den Patienten ermittelt. Dazu kreuzten die Patienten auf einer Visuell-Analog-Skala von null (gar nicht möglich) bis zehn (keine Beeinträchtigung) an, wie gut sie a) Speichel b) Brei und c) Flüssigkeit schlucken können.

2.3 Untersuchungsablauf

Die Patienten wurden um ihre freiwillige Teilnahme an der Studie gebeten, mündlich und schriftlich über die Studie aufgeklärt und haben ihre Einwilligung auf einem gesonderten Formular gegeben. Die Einwilligung beinhaltet, dass die gewonnenen Daten für diese Studie in anonymisierter Form verwendet werden dürfen.

Vor jeder endoskopisch-manometrischen Untersuchung erfolgten eine Anamneseerhe-

bung und eine klinische Untersuchung durch die beteiligten Ärzte. Von der Studie ausgeschlossen wurden Patienten mit einer mangelhaften Kooperation, mit einer schweren Schluckstörung, die eine erhöhte Gefahr der Aspiration birgt, sowie Patienten mit einer stark behinderten Nasenatmung.

Die Patienten saßen in aufrechter Position auf einem zahnärztlichen Behandlungsstuhl. Nach der Selbsteinschätzung des Schluckvermögens und dem Erklären des Versuchs-/Untersuchungsablaufes wurde das Mundstück zur Probe eingesetzt, die korrekte Positionierung geprüft und ein Trockensaugversuch durchgeführt. So wurde zum einen die Funktion der Messgeräte überprüft und zum anderen sichergestellt, dass der Patient ohne Schmerzen den Anweisungen folgen kann. Eine Aufnahme in die Studie war dann möglich.

Die Durchführung verlief ohne untersuchungsbedingte Komplikationen und wurde von allen Patienten gut toleriert.

Nach der Applikation von NasenSpray-ratiopharm (ratiopharm, Ulm, Deutschland) und Xylocain-Pumpspray (AstraZeneca, Wedel, Deutschland) zur Oberflächenanästhesie in ein Nasenloch wurde das mit Antibeschlagmittel benetzte flexible Laryngo-Fiberscop durch den mittleren Nasengang eingeführt, Optik und Zubehör siehe Abb. 2.7. Die endoskopische Videoaufzeichnung wurde gestartet. Zunächst wurden die Strukturen des Pharynx auf allen drei Etagen beurteilt, anschließend wurde das Endoskop epipharyngeal positioniert und der modifizierte Vakuumaktivator eingesetzt.



(a) Flexibles Laryngo-Fiberskop mit Telecam



(b) Xylocain Pumpspray, Nasenspray, Antibeschlagmittel

Abbildung 2.7: Optik und Zubehör für die endoskopische Untersuchung.

Drei verschiedene Versuchsteile folgten:

Aktiver Wasserbolus (AWB): Der Patient saugte das Wasser aus der in Kopfhöhe positionierten Spritze kräftig an, schluckte es hinunter und öffnete hinterher den Mund, um den atmosphärischen Druck als Referenz zur Abgrenzung der einzelnen Saug-Schluckvorgänge voneinander zu haben. Das Wasser ist zur besseren Sichtbarkeit im Endoskop mit Patentblau angefärbt. Dieser Ablauf wurde zehn Mal wiederholt, wobei die ersten fünf Male das Endoskop epipharyngeal positioniert blieb und bei den zweiten fünf Saugversuchen das Endoskop nach mesopharynge-

al in die prä-/ intradeglutatorische Position verlagert wurde. Einmal wurde der Patient aufgefordert, so kräftig wie möglich zu saugen. Wenn der Patient nicht genügend Kraft hatte, um Wasser anzusaugen, wurde die Spritze 30 bzw. 50 cm angehoben. Wenn gar kein Unterdruck aufgebaut werden konnte, wurde direkt zum zweiten Teil übergegangen.

Passiver Wasserbolus (PWB): Über die Spritze wurden dem Patienten fünf Milliliter Wasser in den Mund appliziert. Anschließend schluckte er und öffnete den Mund. Der Ablauf wurde fünf Mal bei mesopharyngealer endoskopischer Position ausgeführt.

Passiver Breibolus (PBB): Jeweils fünf Milliliter mit Chlorophyll gefärbter Brei (Dr. Oetker dieto plus Bindemittel, Ettlingen, Deutschland) wurden über die Spritze in den Mund gegeben. Dies wurde fünf Mal bei mesopharyngealer endoskopischer Position durchgeführt.

Der Patient wurde bei den Versuchen folgendermaßen instruiert: „Bitte kräftig saugen“ bzw. „Wasser/Brei kommt“, „Bitte schlucken“ und „Bitte den Mund weit öffnen“. Bei der passiven Gabe wurde der Bolus verkleinert, wenn der Patient keine fünf Milliliter tolerierte. Wenn der Patient massiv aspirierte, wurde je nach Situation zum nächsten Versuchsteil übergegangen oder der Versuch abgebrochen.

2.4 Datenauswertung

Die bei den Untersuchungen erhobenen Daten wurden an einem akkubetriebenen Laptop im Labor für Polysensographie in der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie ausgewertet. Alle aus den manometrischen und endoskopischen Untersuchungen und aus dem Patientenbogen gewonnenen Daten wurden in einer Excel-Tabelle erfasst. Die ermittelte Defektklassifikation wurde hinzugefügt, um die Patienten in Gruppen einteilen zu können. Diese Tabelle diente als Grundlage für die Auswertung, die mit den Programmen Statistika Version 10 (StatSoft GmbH, Hamburg, Deutschland) und SAS Version 9.2 (SAS Institute Inc., Cary, USA) erstellt wurden. Es wurde auf Unterschiede in den verschiedenen Defektklassen untersucht. Für metrische Endpunkte wurde eine parametrische einfaktorielle ANOVA, für ordinale Skalen (z.B. Anzahl der negativen und positiven Amplituden, Endoskopie-Score) ein Kruskal-Wallis-Test verwendet. Insgesamt wurden 30 Untersuchungen mit insgesamt 510 Schluckakten (253 x AWB, 116 x PWB, 141 x PBB) ausgewertet. Die Defektklasse 5 wird durchgehend nur deskriptiv berücksichtigt, da der Stichprobenumfang zu klein war.

2.4.1 Auswertung der Manometrie

Die manometrischen Daten wurden mit der Software GSOF3050 (Greisinger, Regensburg, Deutschland), siehe Abb. 2.8, analysiert, die einen Datensatz für die Zeitpunkte

mit entsprechendem Druckwert ausgibt und eine graphische Darstellung des Druckverlaufs erlaubt. Alle drei Versuchsphasen einer Patientenuntersuchung sind in einem Datensatz enthalten.

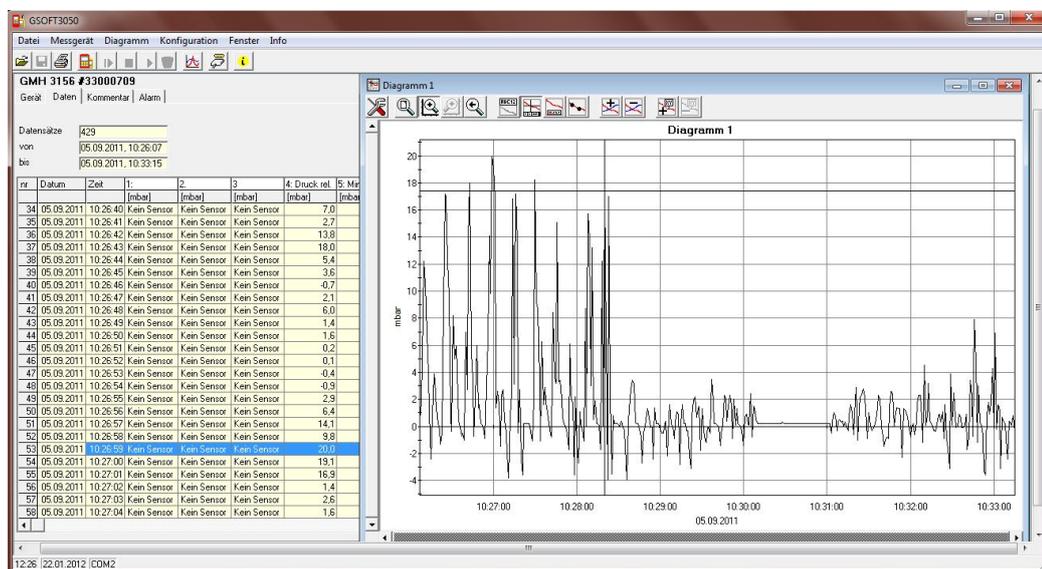


Abbildung 2.8: Screenshot des Programms GSOFT3050 (Greisinger, Regenstau, Deutschland) zur Auswertung der manometrischen Daten. Datensätze links, Druckdiagramm rechts.

Für alle in dieser Arbeit abgebildeten manometrischen Diagramme gilt, dass subatmosphärische Drücke im positiven Bereich des Diagramms abgebildet sind und Drücke oberhalb des atmosphärischen Druckes ein negatives Vorzeichen tragen. Das Vorzeichen der Ordinatenwerte ist also umgekehrt. Wie in Abb. 2.9 dargestellt, verlaufen **negative Druckamplituden oberhalb** und positive Druckamplituden unterhalb der Abszisse.

Plausibilitätskontrolle

Zur Qualitätssicherung und Überprüfung des Messsystems wurde unmittelbar nach der Untersuchung eine Kontrolle der Druckdiagramme durchgeführt, um zu gewährleisten, dass der Verlauf der Druckkurven mit dem Verlauf der klinischen Untersuchung übereinstimmt. So wurde ein Ausfall des Messsystems ausgeschlossen.

Messfehler und Messgenauigkeit

Messwerte wurden ausgeschlossen, wenn ein Kurvenrückgang auf die Nulllinie nicht erfolgte. Die Auflösung des Drucksensors liegt bei 0,1 mbar. Die relative Messgenauigkeit wurde zur morphologischen Auswertung der Kurven herangezogen und beträgt 0,1 mbar.

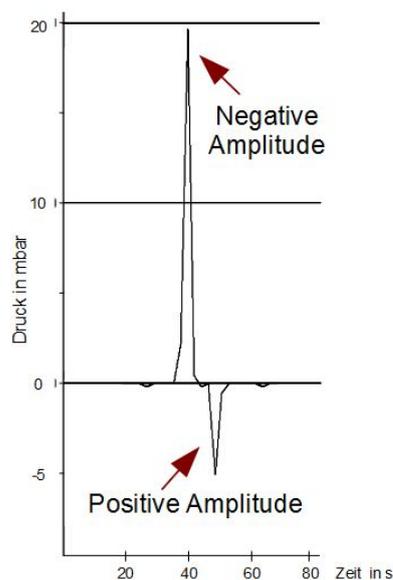


Abbildung 2.9: Umkehrung der Ordinatenwerte in dieser Arbeit: negative Druckamplituden verlaufen oberhalb, positive Druckamplituden unterhalb der Abszisse.

Identifizierung schluckbezogener Druckveränderungen

Eine intraorale Druckveränderung weist auf eine Veränderung der intraoralen Strukturverhältnisse hin. Durch Anweisung zur Mundöffnung wurde während der Untersuchung zwischen den Schluckvorgängen ein Druckausgleich durchgeführt, um kontinuierliche Aktivität zu unterbrechen. Die Schluckvorgänge wurden durch Bildung mindestens eines negativen Peaks identifiziert. Diese Abgrenzung war allerdings nur bei Patienten ohne erfolgte Operation sicher möglich. Nach der Operation war die Abgrenzung auf Grund von anderer Musterbildung zum Teil schwierig, deshalb wurde auf eine Auswertung einzelner Schluckakte verzichtet und nur die gesamte Phase betrachtet (Abb. 2.10).

Quantitative Auswertung

Bei jeder Untersuchung wurde die maximal negative und die maximal positive Amplitude einer jeden Phase (AWB, PWB, PBB) ermittelt. In der ersten Phase, AWB, wurde die Dauer aller Amplituden aufsummiert, da dies die einzige Phase ist, in der der Patient durch seine Saugdauer die Phasendauer beeinflussen kann. Es wurde die Höhe aller negativen Amplituden für die Bestimmung der mittleren Saugkraft registriert.

Außerdem wurde in allen Phasen die Anzahl der negativen und positiven Amplituden bestimmt, um monophasische von gemischt-polyphasischen und rein negativ-polyphasischen Schluckmustern abzugrenzen. Dazu wurden auch die Angaben über die Erfüllung des Versuchsprotokolls (Anzahl der Bolusgaben) des Patientenbogens verwendet. Wie in Abb. 2.11 a zu sehen, zeichnen sich monophasische Schluckmuster durch eine einzelne negative Amplitude pro Saug-Schluckvorgang bzw. Schluckvorgang aus. Polypha-

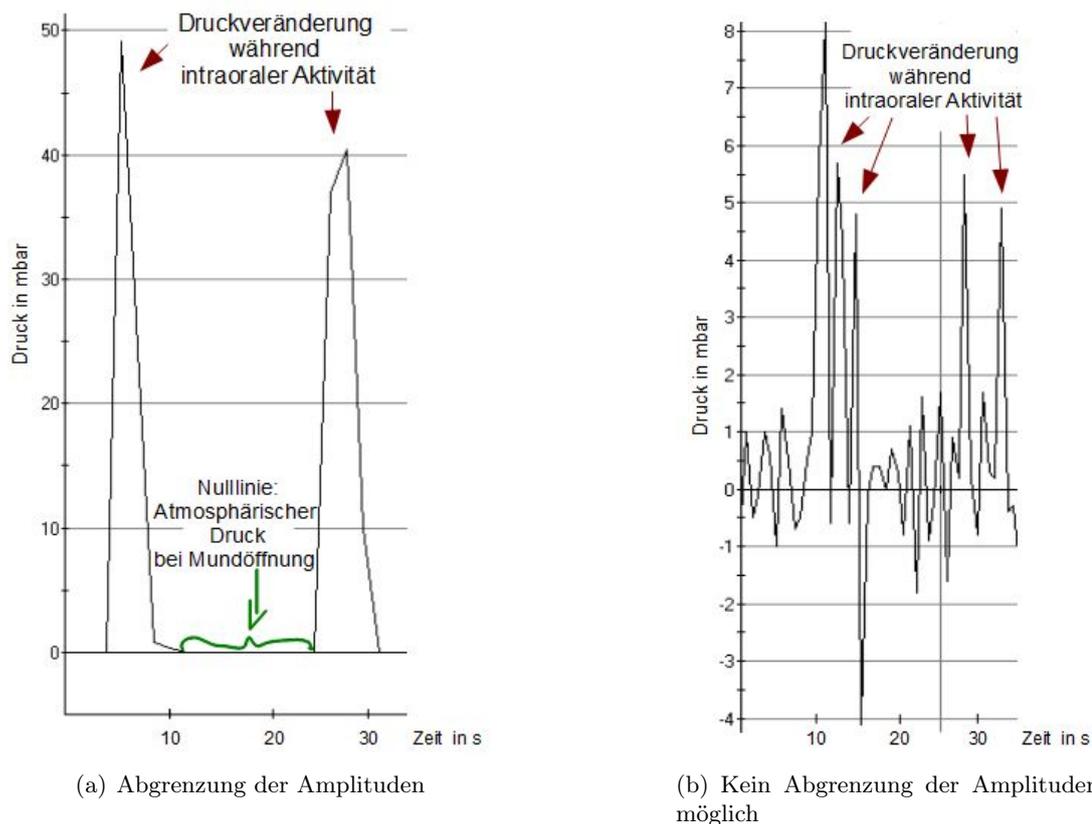
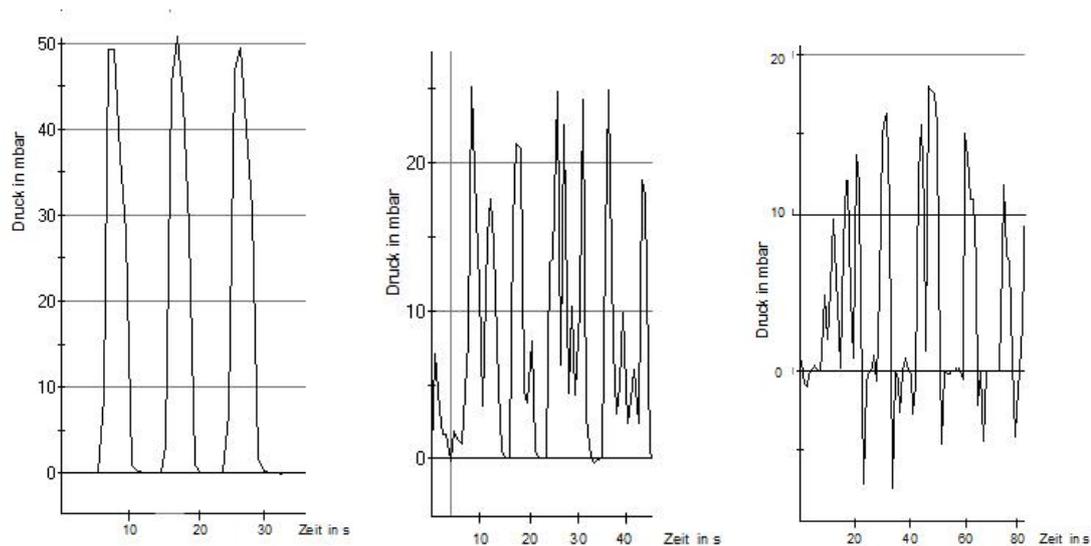


Abbildung 2.10: Identifizierung schluckbezogener Druckveränderungen.

sische Schluckmuster hingegen weisen mehrere Amplituden pro Saug-Schluckvorgang bzw. Schluckvorgang auf, wobei differenziert wird, ob nur negative (Abb. 2.11 b) oder negative und positive Amplituden, also ein gemischt-polyphasisches Muster (Abb. 2.11 c), auftreten. Auch ein Schluckvorgang mit nur einer negativen und einer positiven Amplitude ist als gemischt-polyphasisch zu betrachten; die Definition ist hier weiter gefasst als in der Arbeit Santander (2012). Druckkurven, die durchgehend mindestens zwei Amplituden pro Schluckvorgang aufweisen, sind konstant polyphasisch; diejenigen, die nur teilweise polyphasische Muster erkennen lassen, werden als inkonstant polyphasisch bezeichnet.

2.4.2 Videopharyngoskopische Auswertung

Der komplette Versuchsablauf wurde bei jedem Patienten endoskopisch verfolgt und aufgenommen. Die endoskopischen Videos wurden mit dem Programm Windows Media Player (Microsoft Corporation, Redmond, USA), der auch in verringerter Wiedergabegeschwindigkeit abspielt, ausgewertet. Zur beispielhaften Darstellung der verschiedenen Phasen wurden Screenshots von jeder Untersuchung erstellt. Dabei ist zu beachten, dass in den Bildern oben die Pharynxwand bzw. dorsal gelegene Strukturen zu sehen sind.



(a) Monophasisches Schluckmuster (b) Rein negativ-polyphasisches Schluckmuster (c) Gemischt-polyphasisches Schluckmuster

Abbildung 2.11: Schluckmuster. Hier in der Saugphase (AWB). Negative Amplituden sind oberhalb, positive unterhalb der Abszisse abgebildet.

Qualitative Auswertung mittels Score

Es wurde ein Bewertungsbogen entworfen, der die Schluckfunktion jeder Versuchsphase anhand von sieben Parametern erfasst. Die Parameter waren nasale Regurgitation, posteriore Leckage, Pooling in Valleculae und Recessus piriformes, Residuen, Wasserbolusverweilzeit, laryngeale Penetration und Aspiration. Wenn eine Aspiration nicht eindeutig zu beobachten war, wurde die Dokumentation des klinischen Befundes auf dem Patientenbogen mitverwendet. An der Literatur orientierend, wie in Tabelle 2.3 notiert, wurden die einzelnen Parameter mit Hilfe von Scores von null bis drei bzw. dichotom bewertet. Der Tabelle entsprechend wurde zunächst jedem Scorewert ein Bild als Referenz zur einheitlichen Auswertung zugeordnet.

Bei der Erstellung und Auswahl der Referenzbilder hat sich allerdings herausgestellt, dass die vierfache Abstufung in den Scores vielfach schwierig zu differenzieren ist. Vor allem die Abgrenzung von Score 1 und Score 2 war problematisch. Daher wurden die Score-Ergebnisse für die statistische Auswertung auf die physiologische und pathologische Bewertung zusammengefasst. Es wurde also ein dichotomisierter Score verwendet. Score 0, 1 und 2 wurden zum physiologischen Score 0 und Score 3 zum pathologischen Score 1. Die schon vorhandenen dichotomen Parameter ‚nasale Regurgitation‘, ‚laryngeale Penetration‘ und ‚Aspiration‘ wurden ebenfalls mit physiologisch 0 und pathologisch 1 bewertet. Die Abbildung 2.12 auf Seite 42 zeigt die Referenzbilder für die jeweiligen Scorewerte mit der anschließenden dichotomen Modifikation.

Für die statistische Analyse wurden die Werte der dichotomen Parameter addiert, ein maximaler Wert von 7 und ein minimaler Wert von 0 ist möglich. Patienten, die zunächst einen Wert kleiner 7 hatten, aber nicht in der Lage waren, das Versuchsprotokoll

Endoskopische Auswertung				
Parameter	Score			Referenz
Phase AWB - Wassersaugen				
Nasale Regurgitation	Ja	Nein		de Sordi et al. (2009)
Posteriore Leckage	0	1	2 3	Bastian (1993)
Pooling vor dem Schlucken	0	1	2 3	Dua et al. (1997), Hyodo et al. (2010)
Residuen	0	1	2 3	Leder et al. (2005), Butler et al. (2009)
Wasserbolusverweilzeit	0	1	2 3	Bastian (1993), Dua et al. (1997)
Laryngeale Penetration	Ja	Nein		Rosenbek et al. (1996), Colodny (2002), Dzielwas et al. (2008)
Aspiration	Ja	Nein		Rosenbek et al. (1996), Colodny (2002), Dzielwas et al. (2008)
Phase PWB - Wassergabe				
Nasale Regurgitation	Ja	Nein		de Sordi et al. (2009)
Posteriore Leckage	0	1	2 3	Bastian (1993)
Pooling vor dem Schlucken	0	1	2 3	Dua et al. (1997), Hyodo et al. (2010)
Residuen	0	1	2 3	Leder et al. (2005), Butler et al. (2009)
Wasserbolusverweilzeit	0	1	2 3	Bastian (1993), Dua et al. (1997)
Laryngeale Penetration	Ja	Nein		Rosenbek et al. (1996), Colodny (2002), Dzielwas et al. (2008)
Aspiration	Ja	Nein		Rosenbek et al. (1996), Colodny (2002), Dzielwas et al. (2008)
Phase PBB - Breigabe				
Nasale Regurgitation	Ja	Nein		de Sordi et al. (2009)
Posteriore Leckage	0	1	2 3	Bastian (1993)
Pooling vor dem Schlucken	0	1	2 3	Dua et al. (1997), Hyodo et al. (2010)
Residuen	0	1	2 3	Leder et al. (2005), Butler et al. (2009)
Wasserbolusverweilzeit	0	1	2 3	Bastian (1993), Dua et al. (1997)
Laryngeale Penetration	Ja	Nein		Rosenbek et al. (1996), Colodny (2002), Dzielwas et al. (2008)
Aspiration	Ja	Nein		Rosenbek et al. (1996), Colodny (2002), Dzielwas et al. (2008)

Tabelle 2.3: Endoskopische Auswertung.

zu erfüllen, wurden auf 7 hochgestuft, da sie offensichtlich eine maximal pathologische Funktion aufwiesen.

Aufnahmequalität

Die Bildqualität der endoskopischen Videos kann durch folgende Störfaktoren verschlechtert werden: beschlagene Optik, beeinträchtigte Lichtquelle, Sekret, mangelnde Patientenkooperation, ungünstige anatomische Verhältnisse und nicht optimal positionierbare Optik. Untersuchungen mit nicht verwertbaren endoskopischen Aufnahmen wurden aus der Studie ausgeschlossen.

2.4.3 Auswertung der Selbsteinschätzung

Die Werte der Visuell-Analog-Skala wurde tabellarisch erfasst und statistisch ausgewertet.

2.4.4 Statistische Methodik

Deskriptive Auswertung

Für metrische Daten werden Mittelwerte mit der Standardabweichung und dem oberen und unteren Konfidenzintervall sowie Minimal- und Maximalwerte angegeben; für ordinal skalierte Daten werden Medianwerte mit oberem und unterem Quartil sowie Minimal- und Maximalwerte bestimmt.

Die Grafiken zeigen entweder die Mittelwerte mit 95 %-Konfidenzintervall, oder die *Box-and-Whisker-Plots* veranschaulichen die Medianwerte mit Interquartilsabstand, in dem 50 % der Werte liegen, die *Whisker* zeigen die Minimal- und Maximalwerte.

Statistische Testverfahren

Bei allen angewendeten statistischen Tests wurde ein Signifikanzniveau von $\alpha = 5\%$ festgesetzt. Ein p-Wert kleiner 0,05 zeigt einen signifikanten Unterschied und deutet auf eine Ablehnung der Nullhypothese hin. Bei global signifikanten Resultaten wurden Paarvergleiche durchgeführt. Eine Adjustierung mit der Bonferroni-Methode wurde durchgeführt. Das heißt, ein einzelnes Testergebnis wird nur dann als signifikant betrachtet, wenn der p-Wert kleiner als α geteilt durch die Anzahl der Paarvergleiche ist (Weiß 2010).

Ordinal skalierte Werte, hier die Anzahl der negativen und positiven Amplituden, der Endoskopie-Score und die Selbsteinschätzung, wurden mit nichtparametrischen Verfahren wie etwa dem Kruskal-Wallis-Test für die globale Analyse und dem Wilcoxon-Mann-Whitney-Test für die Paarvergleiche untersucht.

Für metrische Endpunkte wie den maximalen und mittleren Saugdruck wurde eine

einfaktorielle ANOVA (*analysis of variance*) herangezogen. Allerdings werden so nur globale Unterschiede nachgewiesen. Ein signifikantes Ergebnis zeigt nur, dass es Unterschiede gibt, der p-Wert enthält keine Informationen darüber, wo der Unterschied liegt. Mit Hilfe von T-Tests wurden in Paarvergleichen die Mittelwerte der verschiedenen Gruppen verglichen (Weiß 2010).



Abbildung 2.12: Referenzbilder für den Endoskopie-Score mit der anschließenden dichotomen Modifikation bei den mittleren vier Parametern. In der Modifikation sind die Scores 0 - 2 physiologisch (0), Score 3 pathologisch (1) bewertet. Zu beachten ist, dass die Schleimhaut durch den vorhergehenden Bolus blau bzw. grün benetzt sein kann.

3 Ergebnisse

3.1 Falldarstellungen

Zur anschaulichen Darstellung der Ergebnisse werden zunächst drei Patientenfälle detailliert beschrieben. Ein präoperativer Fall, der klinisch unauffällig ist, und zwei postoperative Fälle mit Defektsituationen und unterschiedlichen Resultaten hinsichtlich der manometrischen und endoskopischen Auswertung werden erläutert.

Präoperativer Fall

Eine 74 Jahre alte Frau wurde mit dem Befund einer ulzerativen, verrukösen Mundschleimhautveränderung im Bereich des rechten Oberkiefers vor der Operation untersucht. Die Defektsituation war also D0. Die Patientin befand sich in gutem Allgemeinzustand und gab an, weder beim Speichel schlucken noch bei der Aufnahme von Brei und Flüssigkeiten beeinträchtigt zu sein. Die Untersuchung wurde entsprechend dem Versuchsprotokoll mit den Ober- und Unterkiefertotalprothesen in situ komplett durchgeführt. Die folgende Therapie bestand in der Exzision der gutartigen Veränderung.

In Abb. 3.1 ist das Diagramm der manometrischen Messung dieser Patientin zu sehen. Deutlich ist in der Phase des Saugens (AWB) der monophasische Verlauf mit abgegrenzten negativen Amplituden der einzelnen Saugvorgänge zu erkennen. Der erzeugte Unterdruck schwankt zwischen 95 mbar und einem Maximum von 133 mbar. Es lässt sich kein kontinuierlicher Druckabfall im Sinne einer Ermüdung festmachen. Beim PWB ist der Druckverlauf bezüglich der Peaks inhomogener, aber trotzdem monophasisch. Die Phase der Breibolusgabe hat eine Tendenz zum polyphasischen Verlauf, ohne dass jedoch positive Amplituden erzeugt wurden. Auch bei den passiven Phasen lassen sich die einzelnen Schluckvorgänge in fast allen Fällen gut voneinander abgrenzen.

Die endoskopische Schluckuntersuchung zeigte eine physiologische pharyngeale Funktion. Wie in Abb. 3.2 a - c dargestellt wird, konnten in der epipharyngealen Position zunächst ein entspannter velopharyngealer Komplex, beim Saugen (AWB) die Levatoraktivität mit Bildung des Passavant-Wulstes und beim Schlucken ein regelrechter velopharyngealer Verschluss ohne nasale Regurgitation beobachtet werden. In der mesopharyngealen Position des Endoskops war beim Saugen eine kleine einseitige poste-

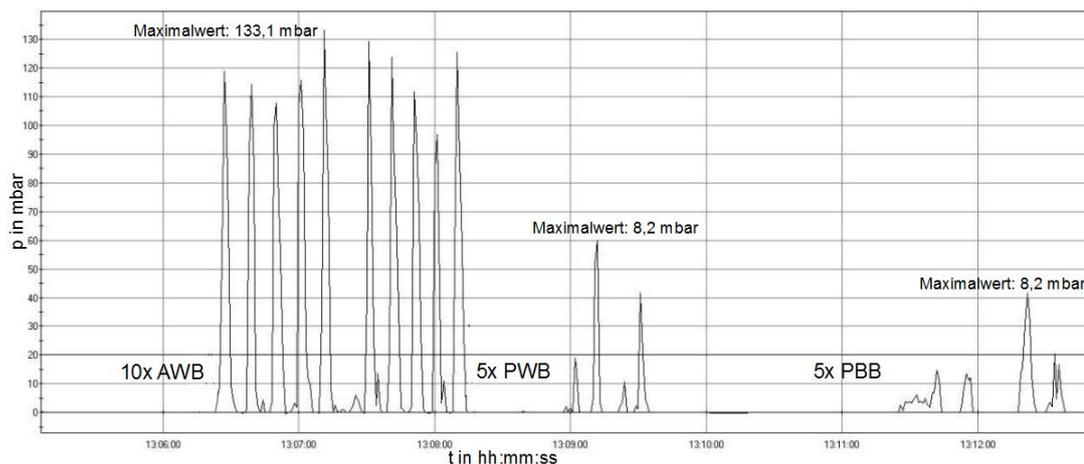


Abbildung 3.1: Präoperativer Fall: Druckdiagramm einer 74 Jahre alten Patientin vor der Operation mit dem Befund einer ulzerativen, verrukösen Mundschleimhautveränderung mit D0. Monophasischer Druckverlauf insbesondere in der Phase AWB. AWB: Aktiver Wasserbolus, PWB: Passiver Wasserbolus, PBB: Passiver Breibolus. Negative Amplituden oberhalb und positive Amplituden unterhalb der Abszisse.

riore Leckage sichtbar, die zu einem Pooling des Wassers im Recessus piriformis führte. Durch die geringe Menge und die frühe Auslösung des Schluckreflexes ist dieser Beobachtung aber kein pathologischer Wert beizumessen. Außerdem war durch den frühen Schluckreflex die Verweilzeit des Wasserbolus im Pharynx sehr kurz, in Abb. 3.2 d, e sind der Eintritt und die Passage des Bolus zu sehen. Nach dem Abschlucken des Bolus verblieb ein Wasserfilm an den Schleimhäuten, der als physiologisch betrachtet werden kann, siehe Abb. 3.2 f.

Bei der Wasserbolusgabe (PWB) waren keine Leckage und kein Pooling zu beobachten. Die Wasserbolusverweilzeit und die Menge der Residuen entsprachen denen der vorherigen Phase (AWB). Abb. 3.2 g - i stellt die Passage des passiven Wasserbolus dar.

In der Phase der Breibolusgabe (PBB), die mit einzelnen Bildern in Abb. 3.2 j - l dokumentiert ist, gab es keine Leckage und man konnte den Bolus fast gar nicht sehen, da der Pharynx äußerst schnell passiert wurde. Unmittelbar postdeglutiv ist ein sich von der Epiglottis zur Pharynxwand spannender Breifilm erkennbar, der sich sofort verteilt; die Clearance ist somit gut und physiologisch.

Insgesamt ist die Schluckfunktion dieser Patientin aufgrund der Ergebnisse der manometrischen und der endoskopischen Untersuchung als physiologisch zu bewerten.

Postoperativer Fall 1

Eine 71-jährige Patientin wurde etwa vier Monate nach der Operation eines Plattenepithelkarzinoms im Unterkiefer-Wangen-Bereich untersucht. Der Tumor wurde als T4 klassifiziert und der Defekt als D4. Bei der Tumorresektion wurde eine Hemimandibulektomie durchgeführt und der Defekt mit einem Fibula-Lappen versorgt. Die Patientin

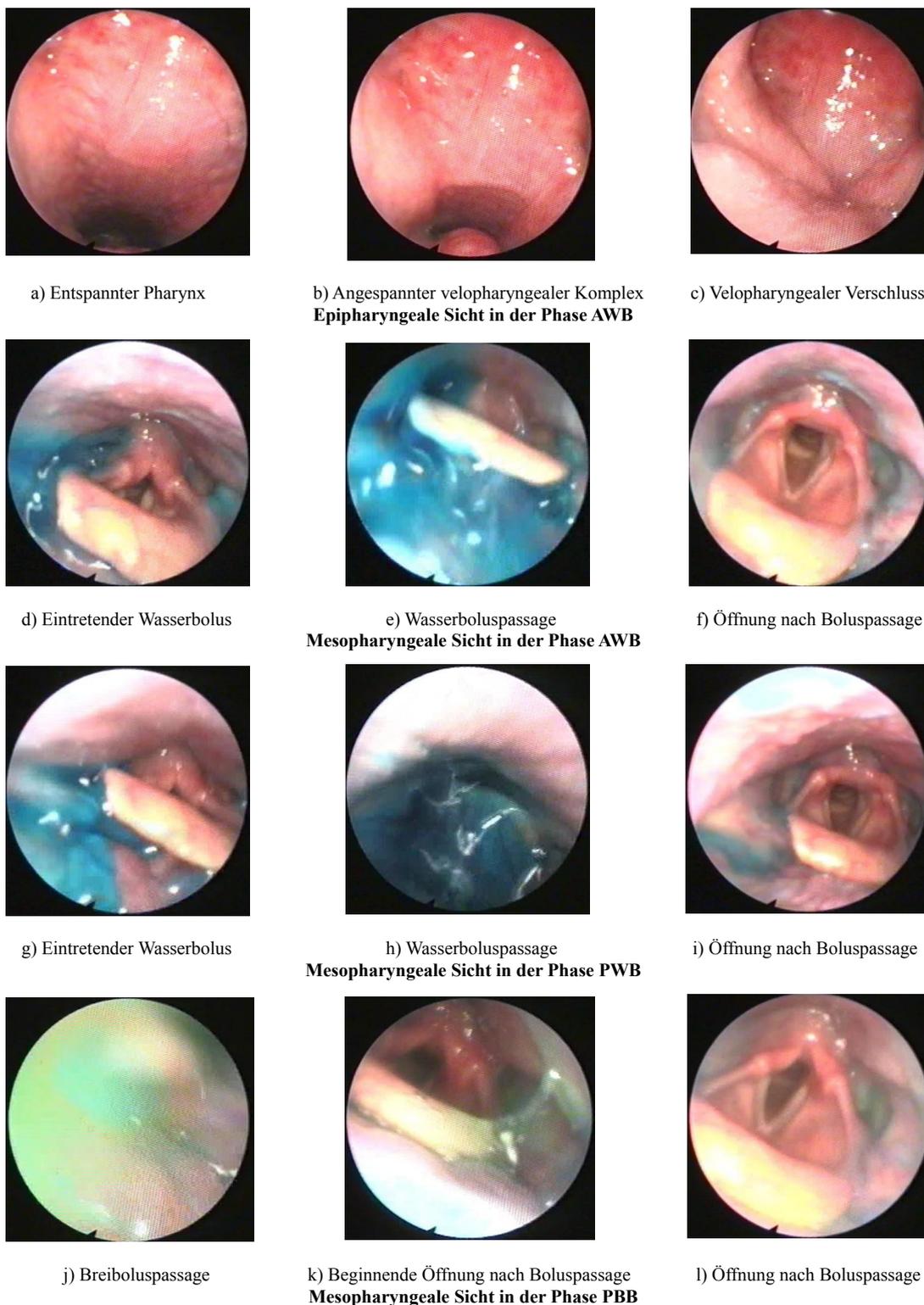


Abbildung 3.2: Präoperativer Fall: Physiologischer Ablauf der endoskopischen Untersuchung bei einer 74 Jahre alten Frau mit dem Befund einer ulzerativen, verrukösen Mundschleimhautveränderung im Bereich des rechten Oberkiefers vor der Operation (D0).

befand sich in einem reduzierten Allgemeinzustand und wurde über eine Magensonde ernährt. Sie gab an, weder Brei noch Flüssigkeiten in ausreichendem Maße ohne häufiges Verschlucken zu sich nehmen zu können. Das Versuchsprotokoll konnte dementsprechend nicht eingehalten werden. Die Patientin war unbezahlt.

In Abb. 3.3 ist das Diagramm der manometrischen Messung dieser Patientin zu sehen. Es wurden vier Saugversuche der Phase AWB durchgeführt, aufgrund von Aspiration wurde jedoch frühzeitig abgebrochen. Die Patientin war in der Lage, beim Saugen geringe Drücke bis zu 8,2 mbar aufzubauen, somit war ein Kompartimentschluss möglich. Allerdings ließ die Kraft der Muskeln die Erzeugung größerer Drücke nicht zu. Außerdem ist sehr deutlich ein kontinuierliches polyphasisches Muster mit hohem Anteil positiver Amplituden in der Phase AWB der Druckkurve zu erkennen. Die Höhe der Peaks ist sehr variabel. Der Minimalwert liegt bei -4,1 mbar. Einzelne Schluckvorgänge lassen sich nicht voneinander abgrenzen. Anschließend wurde ein Breibolus (PBB) gegeben, der unter Schwierigkeiten geschluckt werden konnte. Auch hier zeigt sich ein polyphasisches Muster, jedoch sind nur äußerst kleine Druckänderungen im Bereich von -0,5 bis 0,8 mbar erzeugt worden.

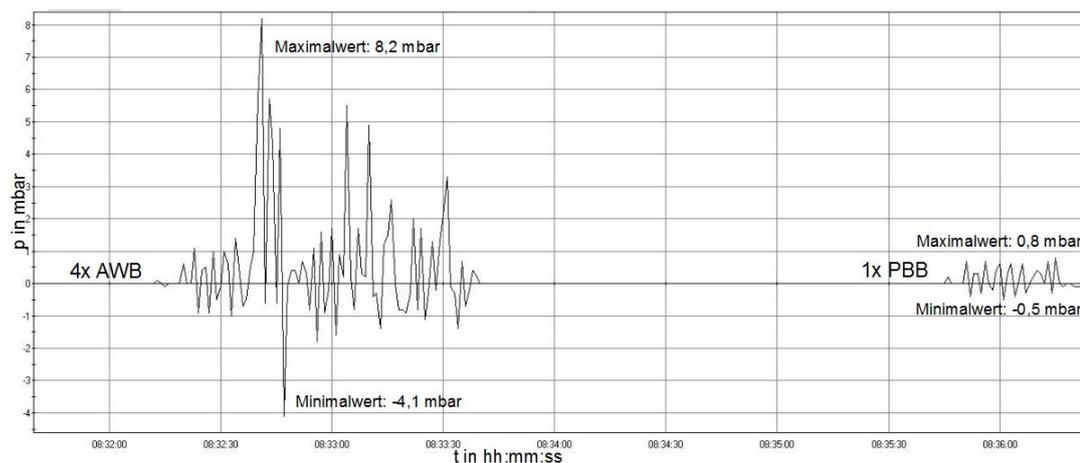


Abbildung 3.3: Postoperativer Fall 1: Druckdiagramm einer 71 Jahre alten Patientin nach der Operation eines T4-Plattenepithelkarzinoms im Unterkiefer-Wangen-Bereich, Defektklasse 4. Polyphasischer Druckverlauf mit kleinem Maximaldruck und vielen positiven Amplituden (= unterhalb der Abszisse). AWB: Aktiver Wasserbolus, PBB: Passiver Breibolus

Die endoskopische Schluckuntersuchung zeigte eine insuffiziente pharyngeale Funktion. Wie in Abb. 3.4 a, b beim epipharyngeal positionierten Endoskop sichtbar ist, kann aus der entspannten Haltung heraus beim Leerschlucken ein velopharyngealer Verschluss erreicht werden. Beim Schlucken eines Wasserbolus in der Phase AWB tritt jedoch sofort eine massive nasale Regurgitation auf. In der Abb. 3.4 c ist die beginnende Regurgitation dargestellt. Mesopharyngeal können in derselben Phase ein ausgeprägtes Pooling vor dem Schlucken und anschließend durch die insuffiziente Clearance massive Residuen

beobachtet werden, siehe Abb. 3.4 d - f. Das Pooling des Wassers erreicht das Glottisniveau und penetriert teilweise in den Larynx. Der Schluckreflex wird erst spät ausgelöst und transportiert den Bolus nur zu einem kleinen Teil kaudalwärts. Die Residuen sind mit Mukus vermischt und haften an den Pharynxwänden. Neben der Penetration wurde auch aspiriert.

Da in der Phase ABW schon sehr stark aspiriert wurde, ist die Durchführung der Phase PWB nicht erfolgt.

In der Phase PBB wurde ein Breibolus gegeben, auch hier wurde, wie in Abb. 3.4 g - i dargestellt ist, der Schluckreflex spät ausgelöst und es erfolgte ein insuffizientes Abschlucken des Bolus. Ein Teil des Bolus wurde nach epipharyngeal gedrückt und blieb an den Pharynxwänden als Residuum haften. Auch in dieser Phase wies die Patientin massive Penetration und Aspiration auf.

Verschiedene Grade der laryngealen Penetration waren zu erkennen, Abb. 3.4 j - l demonstriert eine mäßige und eine massive Penetration von Wasser und mäßige Penetration von Brei.

Aufgrund der endoskopischen Befunde von nasaler Regurgitation, laryngealer Penetration und Aspiration ergaben sich Score-Werte von 7, dem Maximalwert; die pharyngeale Schluckfunktion ist also äußerst pathologisch. Die manometrische Untersuchung hat stark verringerte Druckamplituden mit unkoordiniertem Druckverlauf gezeigt.

Postoperativer Fall 2

Ein 51-jähriger Patient wurde eine Woche nach der Operation eines Plattenepithelkarzinoms des linken Mundbodens untersucht. Die Tumorgröße wurde mit T1 und der Defekt mit D3 klassifiziert. Bei der Tumorresektion wurde eine Hemimandibulektomie durchgeführt. Es wurden ein Submental-Lappen und eine Platte zur Defektversorgung verwendet. Der Patient befand sich der kurzen postoperativen Zeit entsprechend in mäßigem Allgemeinzustand. Das Tracheostoma war schon verschlossen worden, die Magensonde war noch in situ. Durch die Magensonde war pharyngeal vermehrt Mukus sichtbar. Der Patient gab an, etwas beim Essen und Trinken beeinträchtigt zu sein (6 bzw. 7 von 10 auf der Visuell-Analog-Skala). Das Versuchsprotokoll konnte komplett durchgeführt werden.

In Abb. 3.5 ist das Diagramm der manometrischen Messung dieses Patienten zu sehen. Auffallend ist der stark polyphasische Verlauf in allen Versuchsteilen, außerdem weisen alle drei Phasen kontinuierlich auftretende positive Amplituden auf. Die maximal erzeugten negativen Amplituden in der Phase AWB sind mit 20,0 mbar recht gering. Die positiven Amplituden erreichen -3,9 mbar. Jedoch erfolgt der palatinale Kompartimentschluss beim Saugen regelrecht. Der Druckverlauf ist zwar polyphasisch, aber er ist relativ homogen mit wechselnd hohen und niedrigen negativen Amplituden. Die Phase PWB zeichnet sich durch sehr geringe Drücke aus, ebenso die Phase PBB. Auch sie

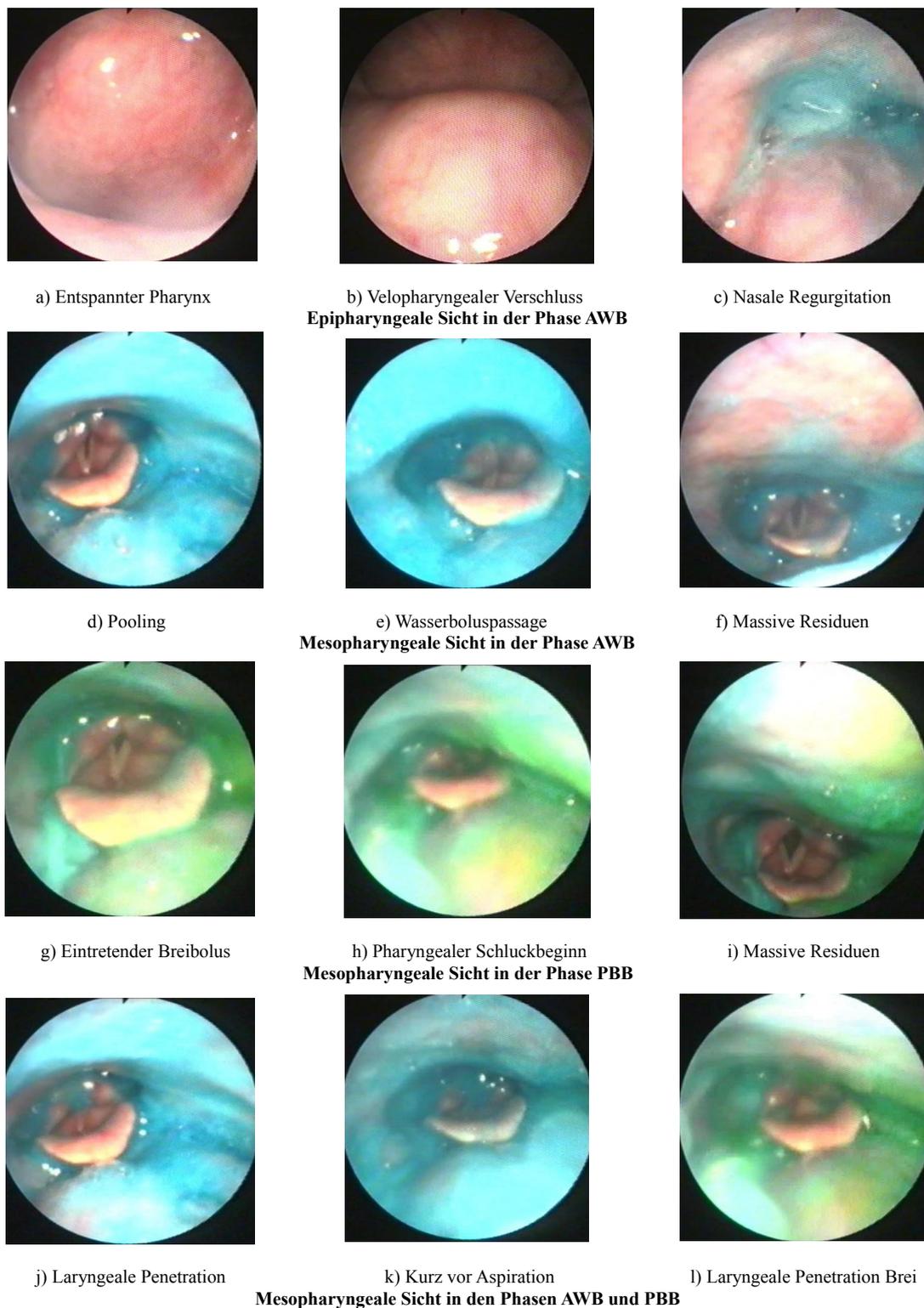


Abbildung 3.4: Postoperativer Fall 1: Pathologischer endoskopischer Untersuchungsbefund bei einer 71 Jahre alten Patientin etwa 4 Monate nach der Operation eines Plattenepithelkarzinoms im Unterkiefer-Wangen-Bereich (D4).

sind relativ homogen. Bei keiner der drei Phasen lassen sich definitiv einzelne Saug- bzw. Schluckvorgänge abgrenzen.

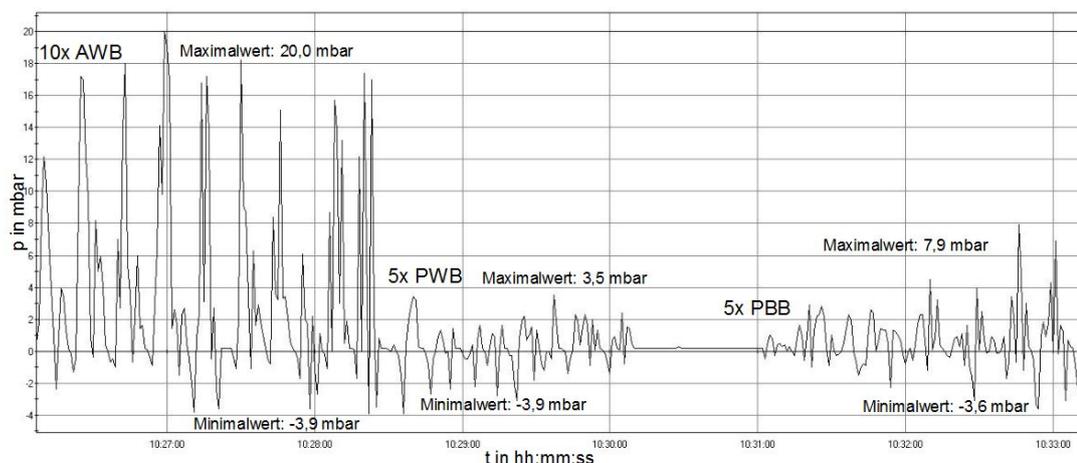


Abbildung 3.5: Postoperativer Fall 2: Druckdiagramm eines 51 Jahre alten Patienten nach der Operation eines T1-Plattenepithelkarzinoms des linken Mundbodens, Defektklasse 3. Ausgeprägter polyphasischer Druckverlauf mit regelmäßig auftretenden positiven Amplituden (= unterhalb der Abszisse). AWB: Aktiver Wasserbolus, PWB: Passiver Wasserbolus, PBB: Passiver Breibolus

Die endoskopische Untersuchung zeigte eine suffiziente pharyngeale Funktion. In der epipharyngealen Position war eine regelrechte Aktivität des velopharyngealen Sphinkters in der Phase AWB sichtbar, obwohl die Magensonde noch in situ und viel muköse Sekretion vorhanden war, siehe Abb. 3.6 a - c. Es trat keine nasale Regurgitation auf. Im mesopharyngealen Teil der Phase AWB konnte eine sehr kleine posteriore Leckage im Bereich des Verschlusses von Uvula und Zunge beobachtet werden (Abb. 3.6 d), der jedoch kein pathologischer Wert zuzuschreiben ist. Der angesaugte Wasserbolus wurde komplett geschluckt, als Residuen blieb nur der angefärbte Mukus an der Magensonde, siehe Abb. 3.6 e, f. Die Passage des Wasserbolus und die Auslösung des Schluckreflexes waren nicht verzögert.

Bei der Wasserbolusgabe (PWB) waren keine Leckage und kein Pooling zu beobachten. Die Wasserbolusverweilzeit im Pharynx war nicht verlängert und die Clearance war relativ gut, ein dünner Schleimfilm blieb nach dem Schlucken an der Pharynxwand zurück, Abb. 3.6 g - i.

In der Phase PBB, Abb. 3.6 j - l, trat keine Leckage auf, die Passage des Breibolus war etwas langsamer als die der Wasserboli, die Clearance war gut. In keiner der drei Phasen kam es zu Penetration oder Aspiration.

Insgesamt ist die pharyngeale Schluckfunktion als adäquat physiologisch einzustufen, während die manometrische Untersuchung eine verringerte und unkoordinierte Druckentwicklung zeigt. Eine Empfehlung zur Entfernung der Magensonde konnte aufgrund dieser Ergebnisse gegeben werden.

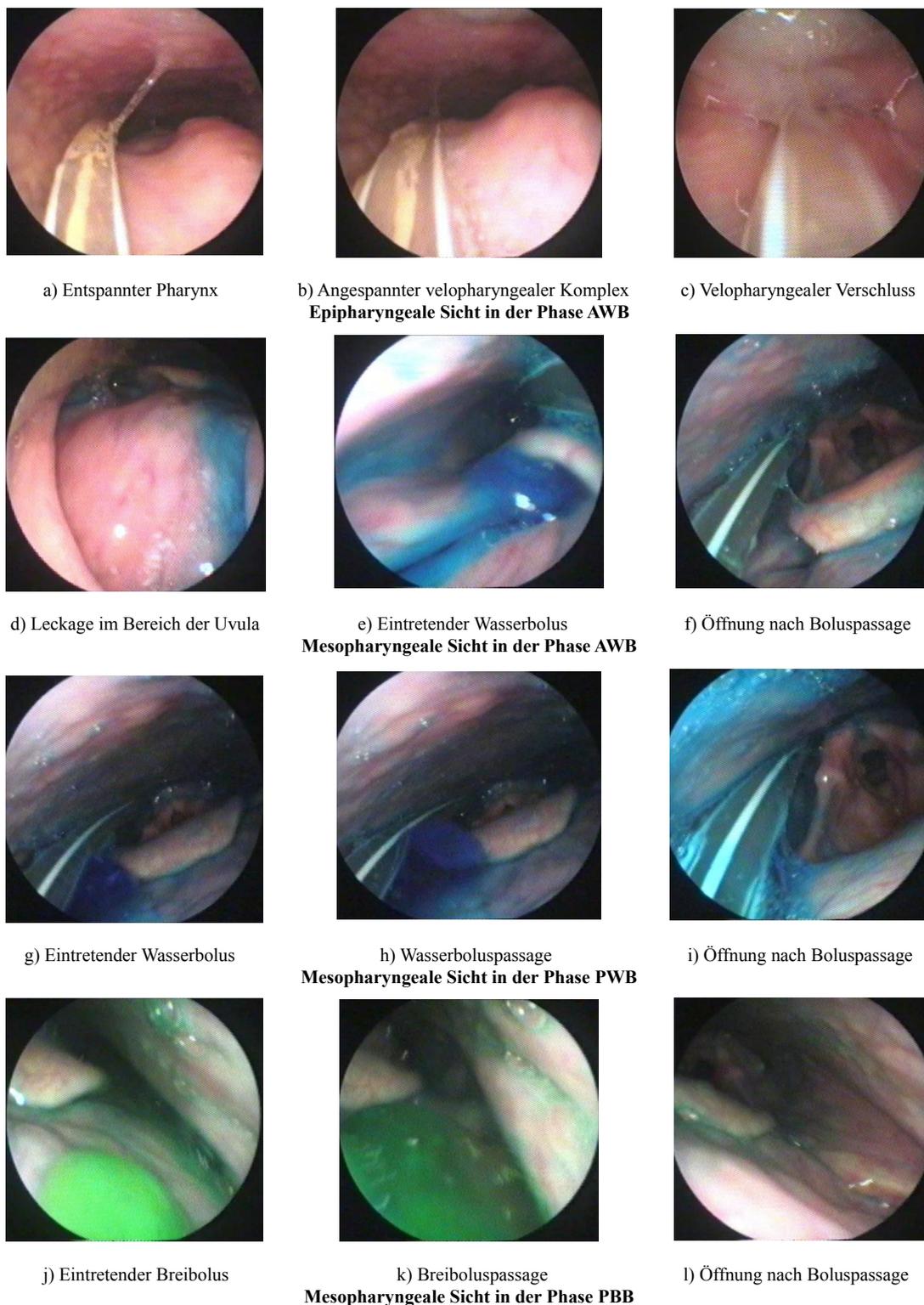


Abbildung 3.6: Postoperativer Fall 2: Physiologischer endoskopischer Untersuchungsbe-
fund bei einem 51 Jahre alten Patienten eine Woche nach der Operation eines Platten-
epithelkarzinoms in der Region des linken Mundbodens (D3).

3.2 Manometrische Resultate in Abhängigkeit von Applikationsart und Boluskonsistenz

Alle Daten der hier abgebildeten Boxplots und der Diagramme mit Mittelwerten und 95 % - Konfidenzintervallen sind im Anhang tabellarisch aufgeführt. Die Defektklasse 5 ist nur deskriptiv erfasst, da zwei Untersuchungen für eine weitere statistische Auswertung unzureichend sind. Bei der Zusammenfassung mit weiteren Defektklassen wird sie miteinbezogen.

3.2.1 Ergebnisse der Phase Aktiver Wasserbolus (AWB)

Dauer der Phase AWB

Die Dauer der Phase AWB konnte durch die Sauggeschwindigkeit des Patienten variieren. Der Mittelwert beträgt für die Saugdauer 97,4 Sekunden. Die minimal benötigte Saugdauer waren 30 Sekunden, die maximale Saugdauer 224 Sekunden.

Defekttypisches Schluckmuster

Zur Untersuchung der negativen und positiven Amplituden wurde deren Anzahl in der Phase AWB ermittelt, wobei pro Bolus mindestens ein Schluckversuch und damit mindestens eine Amplitude angenommen wird. Es wird die Anzahl der Amplituden relativ zu der Anzahl der Bolusgaben, also der Erfüllung des Versuchsprotokolls von zehn Saug-Schluckvorgängen, abgebildet. Zur Globaltestung wurde der Kruskal-Wallis-Test durchgeführt und die Paarvergleiche erfolgten mittels Wilcoxon-Mann-Whitney-Test, die mit Hilfe der Bonferroni-Methode adjustiert wurden.

Negative Amplituden Bei jedem Patienten konnte in der aktiven Phase mindestens eine negative Amplitude pro Saug-Schluck-Versuch erkannt werden. Es kann anhand des Kurvenverlaufs nicht der Saug- vom Schluckvorgang differenziert werden. Wenn mehr negative Amplituden als Saugvorgänge erkennbar waren, konnten diese nicht immer eindeutig einem Saugvorgang zugeordnet werden. Der globale Kruskal-Wallis Test für diese Phase (AWB) ergab in den Defektklassen signifikante Unterschiede mit $p < 0,01$. In der Abb. 3.7 ist die relative Häufigkeit der negativen Amplituden bezüglich der durchgeführten Saugakte für die einzelnen Defektklassen im Boxplot dargestellt. Die Defektklasse 5 ist nur deskriptiv abgebildet. Die Defektklasse 0 hat einen Medianwert von 1,15 negative Amplituden, dies entspricht einem monophasischen Schluckmuster. Bei den Defektklassen 1-5 ist die große Streuung auffällig, es treten 1,3 bis 3,7 negative Amplituden pro Saug-Schluckvorgang auf. Das Schluckmuster ist also polyphasisch.

Bei den Paarvergleichen (siehe Tabelle 3.1) ergaben sich signifikante ($p < 0,05$) Unterschiede beim Auftreten von negativen Amplituden für die Defektklassen 0 gegen 2 und 0 gegen 3. Die restlichen Paarvergleiche waren nicht signifikant unterschiedlich.

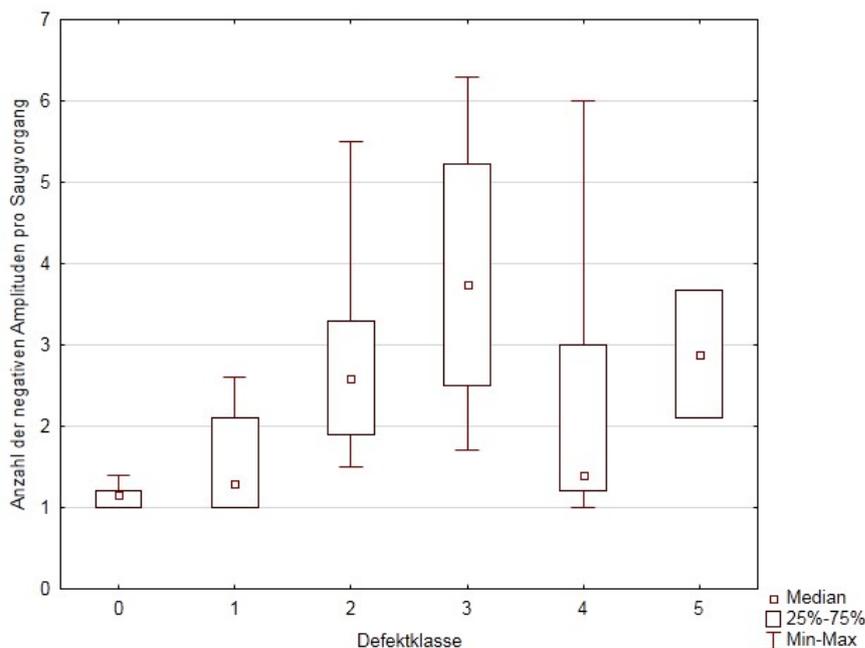


Abbildung 3.7: Darstellung der relativen Häufigkeit der negativen Amplituden in der Phase AWB für die einzelnen Defektklassen im Boxplot. Im Kruskal-Wallis-Test global signifikant mit $p < 0,01$. Defektklasse 5 ist nur deskriptiv erfasst.

Bei dem Paarvergleich von D0 mit D1 - 5 ergab sich ein signifikanter Unterschied mit $p < 0,01$.

Defektklasse	Defektklasse	p-Wert	p-Wert (adjustiert)	Interpretation
0	1	0,68		nicht signifikant
	2	$< 0,01$	$< 0,01$	signifikant
	3	$< 0,01$	0,02	signifikant
	4	0,08	0,33	nicht signifikant

Tabelle 3.1: Paarvergleiche der Defektklassen in der Phase AWB für die Häufigkeit der negativen Amplituden mit dem Wilcoxon-Mann-Whitney-Test, Adjustierung mit Bonferroni-Methode. Signifikanz bei $p < 0,05$.

Positive Amplituden Im Gegensatz zu den negativen Amplituden waren positive Amplituden in der aktiven Phase nicht konstant zu beobachten. So konnte häufig in einem Saug-Schluck-Vorgang keine positive Amplitude identifiziert werden. Wenn jedoch mehrere positive Amplituden vorhanden waren, konnten sie nicht immer eindeutig einem Saugvorgang zugeordnet werden. Der globale Kruskal-Wallis Test für diese Phase (AWB) war signifikant mit $p = 0,03$. In der Abb. 3.8 ist die relative Häufigkeit der positiven Amplituden für die einzelnen Defektklassen im Boxplot dargestellt. Die Defektklasse 5 ist nur deskriptiv abgebildet. Die Defektklasse 0 weist mit 0,05 positiven Amplituden im Medianwert pro Saug-Schluckvorgang fast keine Ereignisse im positiven Bereich auf. Die Defektklassen 1-5 erzeugen im Medianwert 0,15 bis 1,15 positive Amplituden pro

Saug-Schluck-Vorgang. Die Ergebnisse der negativen Amplituden dieser Phase miteinander, kann das Schluckmuster der Defektklasse 0 als (rein negativ) monophasisch, das der Defektklasse 1 als inkonstant polyphasisch und das der Defektklassen 2 - 5 als gemischt-polyphasisch bezeichnet werden.

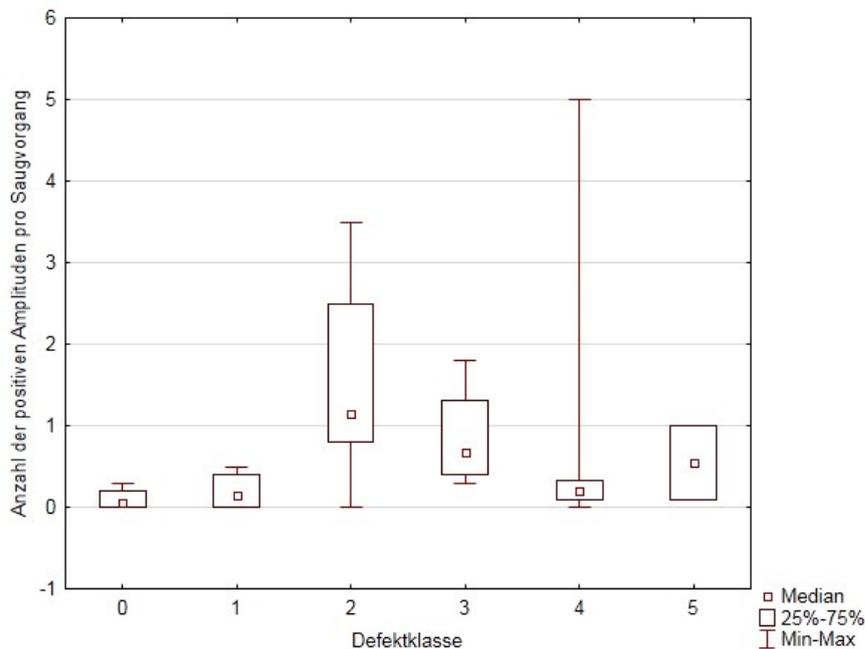


Abbildung 3.8: Darstellung der relativen Häufigkeit der positiven Amplituden in der Phase AWB für die einzelnen Defektklassen im Boxplot. Im Kruskal-Wallis-Test global signifikant mit $p = 0,03$. Defektklasse 5 ist nur deskriptiv erfasst.

Bei den Paarvergleichen (siehe Tabelle 3.2) ergaben sich signifikante ($p < 0,05$) Unterschiede beim Auftreten von positiven Amplituden für die Defektklassen 0 gegen 3. Einen Trend ($p < 0,10$) kann man bei den Defektklassen 0 gegen 2 erkennen. Die restlichen Paarvergleiche waren nicht signifikant unterschiedlich. Im Paarvergleich von D0 mit D1 - 5 ergab sich ein signifikanter Unterschied mit $p = 0,02$.

Defektklasse	Defektklasse	p-Wert	p-Wert (adjustiert)	Interpretation
0	1	0,57		nicht signifikant
	2	0,02	0,08	Trend
	3	0,01	0,03	signifikant
	4	0,18		nicht signifikant

Tabelle 3.2: Paarvergleiche der Defektklassen in der Phase AWB für Häufigkeit der positiven Amplituden mit dem Wilcoxon-Mann-Whitney-Test, Adjustierung mit Bonferroni-Methode. Signifikanz bei $p < 0,05$.

Maximaler Saugdruck in der Phase AWB

Die beim Wassersaugen maximal erreichten negativen Amplituden wurden in den Defektklassen auf signifikante Unterschiede mit einer einfaktoriellen ANOVA untersucht.

In dieser Phase, siehe Abb. 3.9, ergaben sich keine signifikanten Unterschiede ($p = 0,09$). Allerdings kann man bei $p < 0,10$ von einem Trend sprechen. Die Defektklasse 5 ist nur deskriptiv erfasst.

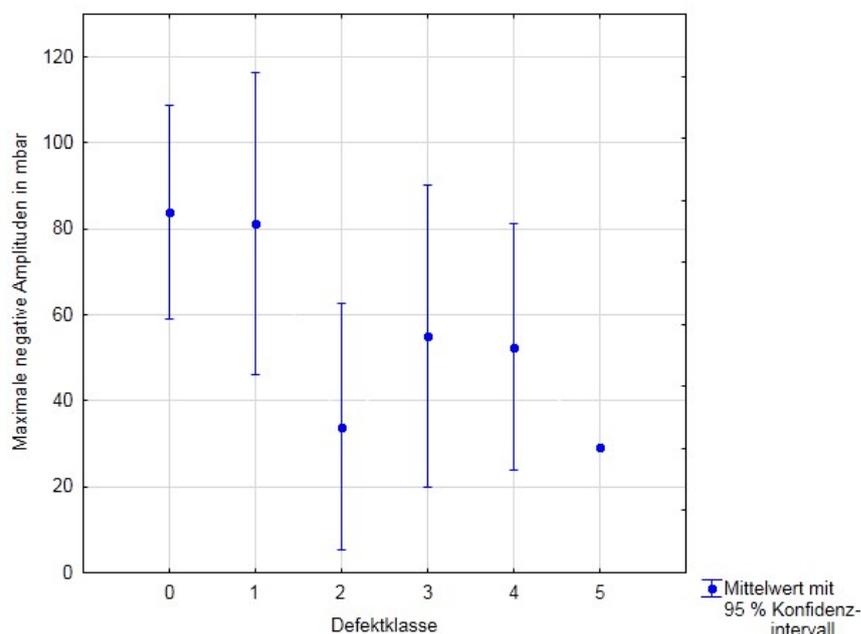


Abbildung 3.9: Darstellung der maximalen negativen Amplituden in der Phase AWB für die einzelnen Defektklassen anhand der Mittelwerte und 95 % - Konfidenzintervalle. In der einfaktoriellen ANOVA global nicht signifikant mit $p = 0,09$. Defektklasse 5 ist nur deskriptiv erfasst.

Trotz nicht signifikantem globalen Test wurden Paarvergleiche durchgeführt und für den Vergleich der Defektklasse 0 mit D2 ergab sich ein signifikanter Unterschied mit $p = 0,04$. Siehe auch Tabelle 3.3. Der Paarvergleich von D0 mit D1 - 5 war hingegen signifikant unterschiedlich mit $p = 0,04$. Der Mittelwert für D0 beträgt 83,9 mbar, für D1 - 5 51,0 mbar.

Defektklasse	Defektklasse	p-Wert	p-Wert (adjustiert)	Interpretation
0	1	0,89		nicht signifikant
	2	0,01	0,04	signifikant
	3	0,22		nicht signifikant
	4	0,19		nicht signifikant

Tabelle 3.3: Paarvergleiche der Defektklassen in der Phase AWB für die maximal negativen Amplituden. Adjustierung mit Bonferroni-Methode. Signifikanz bei $p < 0,05$.

Mittlerer Saugdruck in der Phase AWB

Es wurden alle negativen Amplituden in der Phase AWB erfasst, um den mittleren Saugdruck in den einzelnen Defektklassen zu bestimmen. In der Abbildung 3.10 sind die Saugwerte in mbar aufgetragen. In der einfaktoriellen ANOVA waren die negativen

Amplituden global signifikant unterschiedlich mit $p = 0,04$. Die Defektklasse 5 ist nur deskriptiv erfasst.

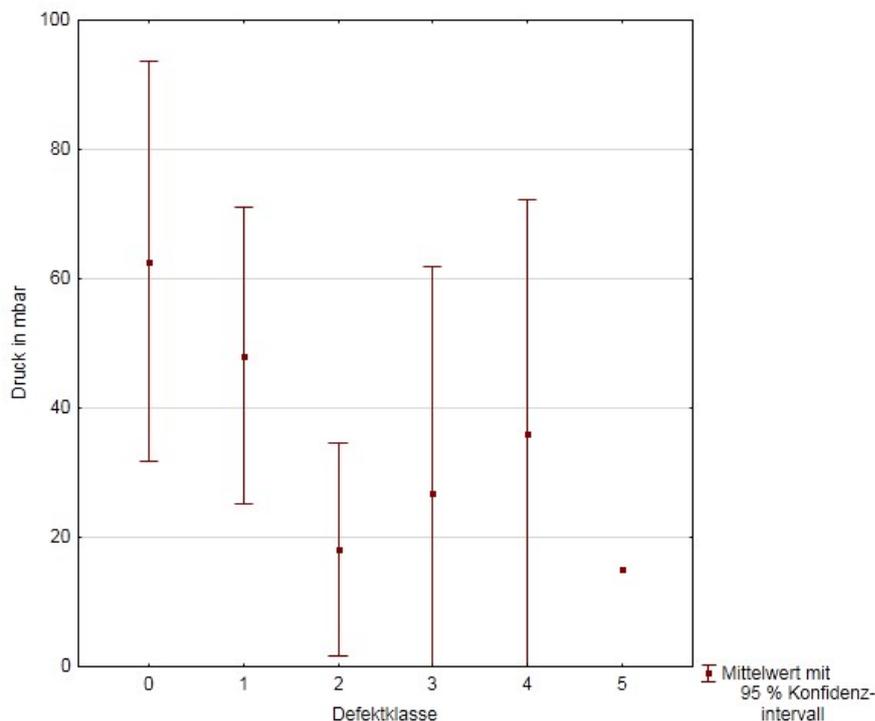


Abbildung 3.10: Darstellung aller negativen Amplituden in mbar der Phase AWB für die einzelnen Defektklassen. In der einfaktoriellen ANOVA global signifikant unterschiedlich mit $p = 0,04$. Defektklasse 5 ist nur deskriptiv erfasst.

In den Paarvergleichen ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Defektklassen 0 und D2 mit $p = 0,04$, siehe Tabelle 3.4. Im Paarvergleich von D0 mit D1 - 5 ergab sich ein signifikanter Unterschied mit $p = 0,04$. Der Mittelwert für D0 beträgt 62,7 mbar, für D1 - 5 28,8 mbar.

Defektklasse	Defektklasse	p-Wert	p-Wert (adjustiert)	Interpretation
0	1	0,35		nicht signifikant
	2	0,01	0,04	signifikant
	3	0,06	0,24	nicht signifikant
	4	0,19		nicht signifikant

Tabelle 3.4: Paarvergleiche der Defektklassen in der Phase AWB für die mittleren negativen Amplituden in mbar. Adjustierung nach Bonferroni. Signifikanz bei $p < 0,05$.

3.2.2 Ergebnisse der Phase Passiver Wasserbolus (PWB)

Bei keinem der Patienten der Defektklasse 5 wurde diese Phase durchgeführt.

Defekttypisches Schluckmuster

Das Prozedere entsprach dem der Phase AWB. Die Anzahl der negativen und positiven Amplituden wurde ermittelt, wobei pro Bolus mindestens ein Schluckversuch und damit mindestens eine Amplitude angenommen wurde. Es wird die Anzahl der Amplituden relativ zu der Anzahl der Bolusgaben, also der Erfüllung des Versuchsprotokolls von fünf Schluckvorgängen, abgebildet. Es wurde zur Globaltestung der Kruskal-Wallis-Test durchgeführt.

Sowohl bei der Anzahl der negativen Amplituden pro Schluckvorgang, siehe Abb. 3.11, als auch bei der Anzahl der positiven Amplituden pro Schluckvorgang, siehe Abb. 3.12, konnte mit dem Kruskal-Wallis-Test kein global signifikanter Unterschied gezeigt werden ($p = 0,28$ bzw. $p = 0,19$).

Auch in den Paarvergleichen von D0 mit D1 - 5 ergaben sich keine signifikanten Unterschiede für die negativen ($p = 0,66$) und positiven Amplituden ($p = 0,20$).

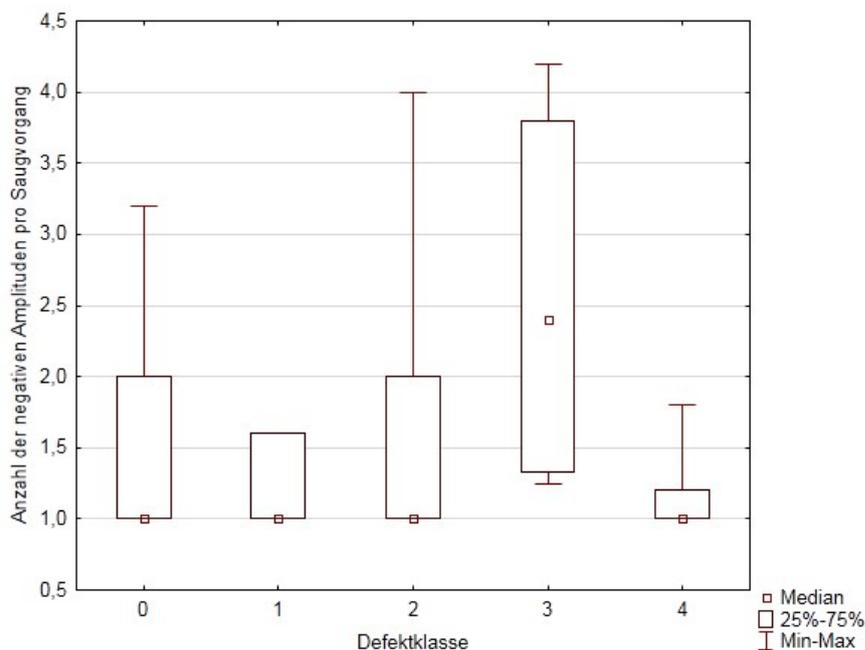


Abbildung 3.11: Darstellung der relativen Häufigkeit der negativen Amplituden in der Phase PWB für die einzelnen Defektklassen im Boxplot. Im Kruskal-Wallis-Test global nicht signifikant mit $p = 0,28$.

Maximaldrücke

Die bei der Wasserbolusgabe maximal erreichten negativen Amplituden wurden in den Defektklassen auf signifikante Unterschiede mit einer einfaktoriellen ANOVA untersucht. In dieser Phase, siehe Abb. 3.13, ergab sich keine Signifikanz ($p = 0,40$). Auch im Paarvergleich von D0 mit D1 - 5 war kein signifikanter Unterschied zu zeigen ($p = 0,18$).

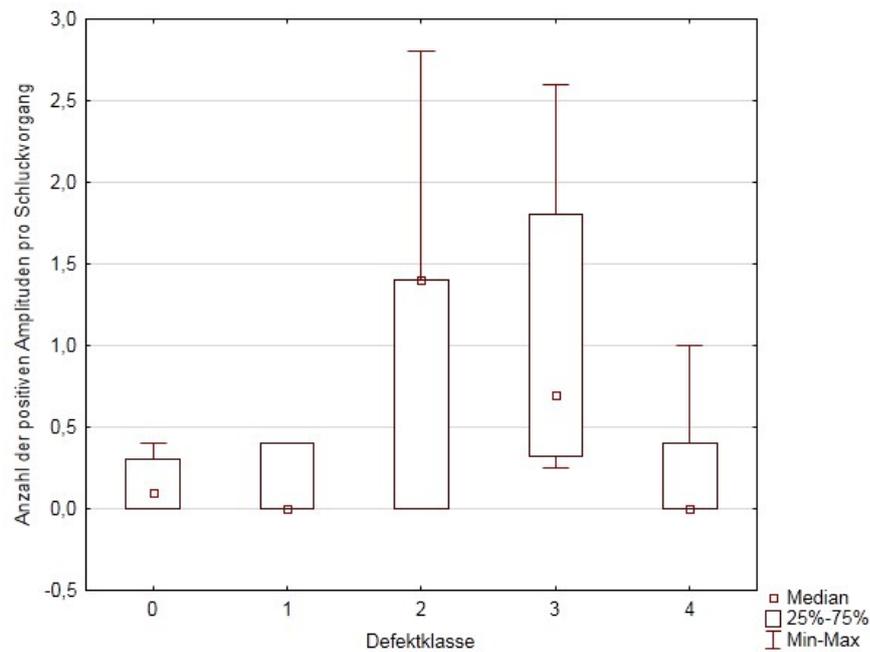


Abbildung 3.12: Darstellung der relativen Häufigkeit der positiven Amplituden in der Phase PWB für die einzelnen Defektklassen im Boxplot. Im Kruskal-Wallis-Test global nicht signifikant mit $p = 0,19$.

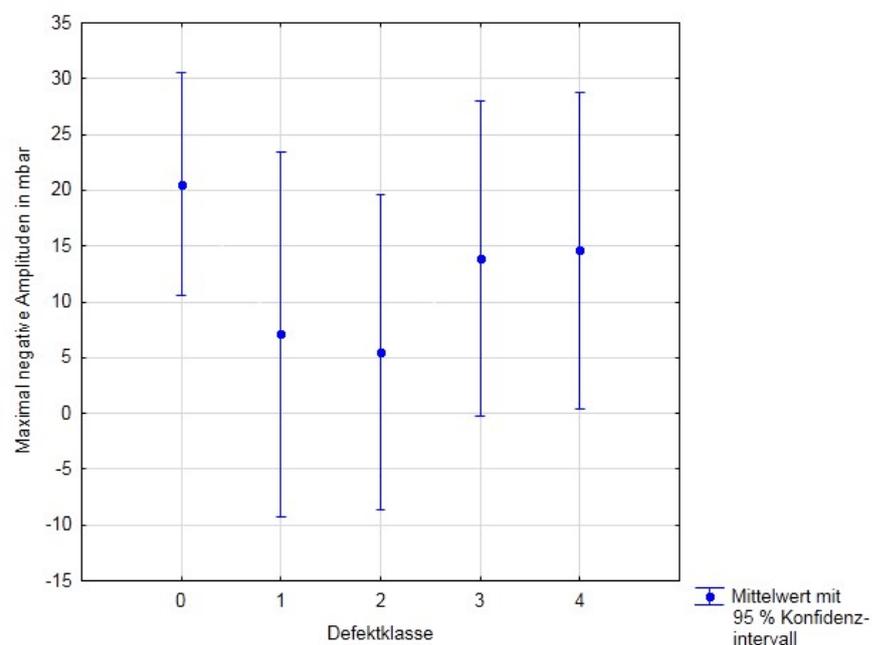


Abbildung 3.13: Darstellung der maximalen negativen Amplituden in der Phase PWB für die einzelnen Defektklassen anhand der Mittelwerte und 95% Konfidenzintervalle. In der einfaktoriellem ANOVA global nicht signifikant mit $p = 0,40$. Medianwerte und 95 % Konfidenzintervalle sind dargestellt.

3.2.3 Ergebnisse der Phase Passiver Breibolus (PBB)

Defekttypisches Schluckmuster

Das Prozedere entspricht dem der Phase AWB. Die Anzahl der negativen und positiven Amplituden wurde ermittelt, wobei pro Breibolus mindestens ein Schluckversuch und damit mindestens eine Amplitude angenommen wird. Es wird die Anzahl der Amplituden relativ zu der Anzahl der Bolusgaben, also der Erfüllung des Versuchsprotokolls von fünf Schluckvorgängen, abgebildet. Zur Globaltestung wurde der Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. Sowohl bei der Anzahl der negativen Amplituden pro Schluckvorgang, siehe Abb. 3.14, als auch bei der Anzahl der positiven Amplituden pro Schluckvorgang, siehe Abb. 3.15, konnte mit dem Kruskal-Wallis-Test kein global signifikanter Unterschied gezeigt werden (beide mit $p = 0,09$).

Im Paarvergleich von D0 mit D1 - 5 ergab sich für die negativen Amplituden kein signifikanter Unterschied ($p = 0,16$), für die positiven Amplituden hingegen war der Unterschied mit $p = 0,03$ signifikant.

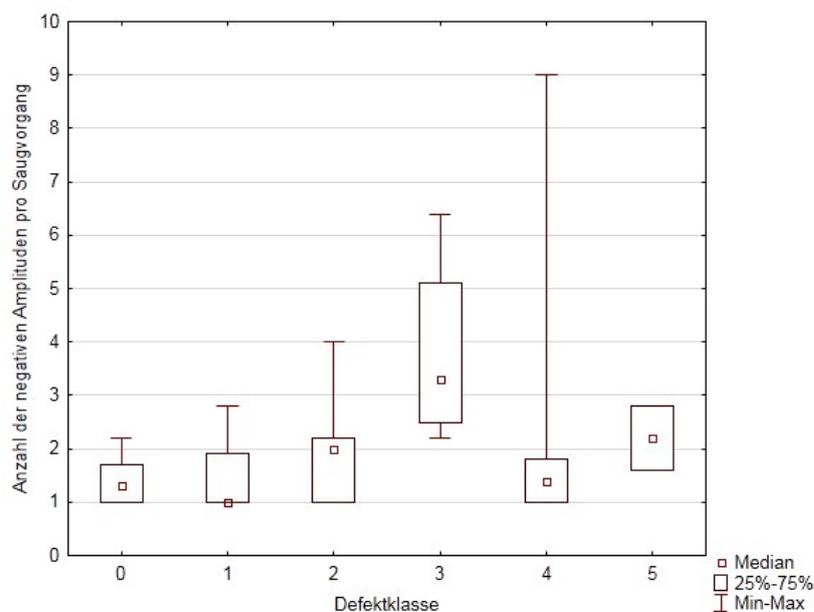


Abbildung 3.14: Darstellung der relativen Häufigkeit der negativen Amplituden in der Phase PBB für die einzelnen Defektklassen im Boxplot. Im Kruskal-Wallis-Test global nicht signifikant mit $p = 0,09$. Defektklasse 5 ist nur deskriptiv erfasst.

Maximaldrücke

Die bei der Breibolusgabe maximal erreichten negativen Amplituden wurden in den Defektklassen auf signifikante Unterschiede mit einer einfaktoriellem ANOVA untersucht. In dieser Phase, siehe Abb. 3.16, ergab sich keine Signifikanz ($p = 0,59$). Defektklasse 5 ist nur deskriptiv erfasst. Auch im Paarvergleich von D0 mit D1 - 5 ergab sich kein signifikanter Unterschied ($p = 0,63$).

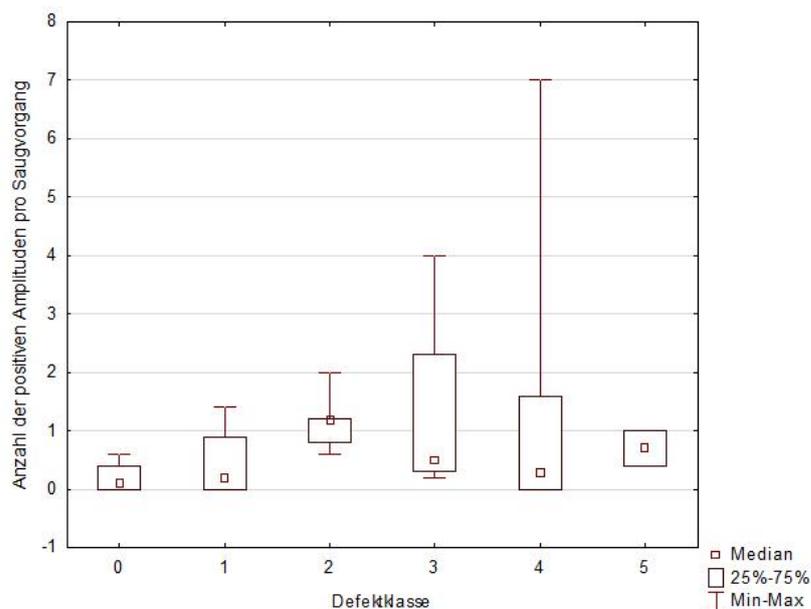


Abbildung 3.15: Darstellung der relativen Häufigkeit der positiven Amplituden in der Phase PBB für die einzelnen Defektklassen im Boxplot. Im Kruskal-Wallis-Test global signifikant mit $p = 0,09$. Defektklasse 5 ist nur deskriptiv erfasst.

3.3 Pharyngoskopische Resultate in Abhängigkeit von Applikationsart und Boluskonsistenz

Die Scores der pharyngealen endoskopischen Auswertung wurden auf signifikante Unterschiede in den einzelnen Defektklassen mit dem Kruskal-Wallis-Test untersucht. In der ersten Phase AWB, siehe Abb. 3.17, und bei der Breibolusgabe (Phase PBB), siehe Abb. 3.19, ergab sich keine Signifikanz. Da beide p-Werte mit $p = 0,08$ unter 10 % liegen, kann man von einem Trend sprechen. In der zweiten Phase (PWB), siehe Abb. 3.18, sind die Scores der Defektklassen mit $p = 0,04$ signifikant unterschiedlich. Tendenziell sind die Score-Werte in den Defektklassen 2 und 4 höher, d. h. funktionell schlechter als die Klassen 0, 1 und 3. Defektklasse 5 hat bei kleinem Stichprobenumfang die schlechtesten Werte. In der Defektklasse 0 findet man durchgängig einen Medianwert von 0. Die Phase PWB wurde bei keinem der Patienten der Defektklasse 5 durchgeführt. Die Defektklasse 5 ist nur deskriptiv erfasst, da zwei Untersuchungen für eine weitere statistische Auswertung unzureichend sind. Bei der Zusammenfassung mit weiteren Defektklassen wird sie miteinbezogen. Alle Daten der hier abgebildeten Boxplots sind im Anhang tabellarisch aufgeführt.

Bei den Paarvergleichen in der Phase PWB (Passiver Wasserbolus) (siehe Tabelle 3.5) ergaben sich keine signifikanten ($p < 0,05$) Unterschiede der Score-Werte. Einen Trend ($p < 0,10$) kann man bei den Defektklassen 0 gegen 2 erkennen. Die Paarvergleiche von D0 mit D1 - 5 ergaben für die Phasen AWB und PWB signifikante Unterschiede ($p = 0,02$ bzw. $p < 0,01$), für die Phase PBB jedoch nicht ($p = 0,11$).

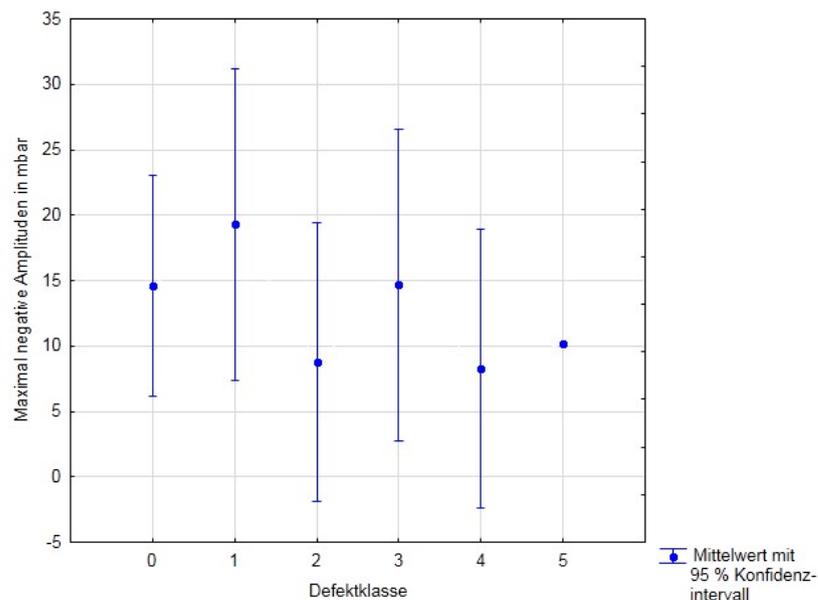


Abbildung 3.16: Darstellung der maximalen negativen Amplituden in der Phase PBB für die einzelnen Defektklassen anhand der Mittelwerte und 95% Konfidenzintervalle. In der einfaktoriellen ANOVA global nicht signifikant mit $p = 0,59$. Defektklasse 5 ist nur deskriptiv erfasst.

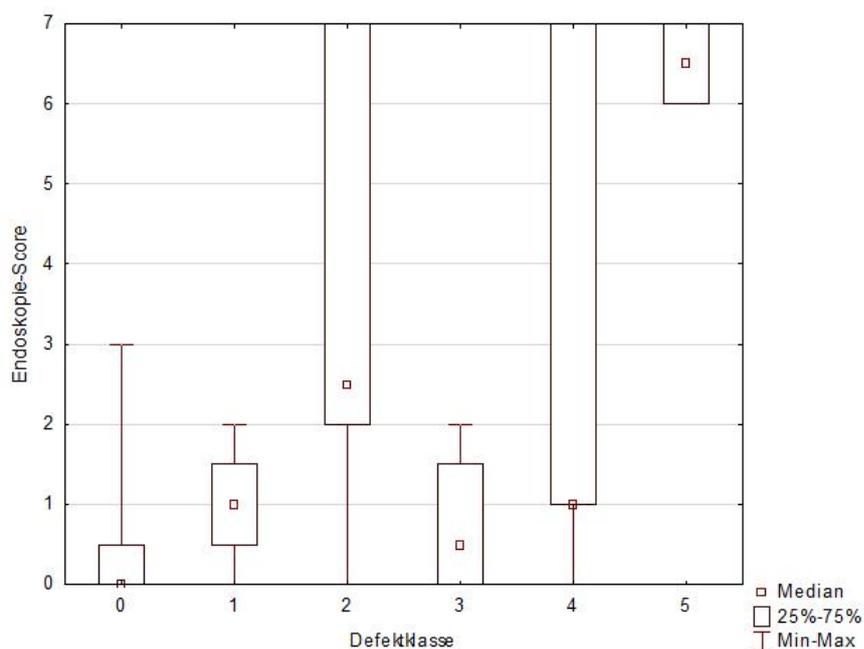


Abbildung 3.17: Darstellung der endoskopischen Score-Werte in der Phase AWB für die einzelnen Defektklassen im Boxplot. 0 bester Wert, 7 schlechteste pharyngeale Funktion. Im Kruskal-Wallis-Test global nicht signifikant mit $p = 0,08$. Defektklasse 5 ist nur deskriptiv erfasst.

3.4 Resultate der Selbsteinschätzung

Die Patienten haben auf einer Visuell-Analog-Skala mit null als schlechtestem (Schlucken nicht möglich) und zehn als bestem Wert (keine Beeinträchtigung) ihr Schluck-

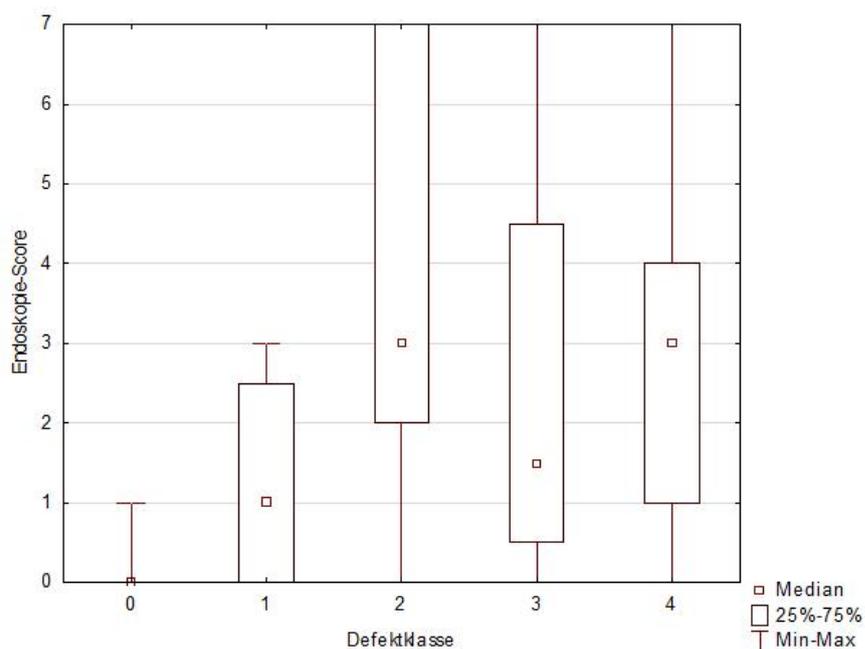


Abbildung 3.18: Darstellung der endoskopischen Score-Werte in der Phase PWB für die einzelnen Defektklassen im Boxplot. 0 bester Wert, 7 schlechteste pharyngeale Funktion. Im Kruskal-Wallis-Test global signifikant mit $p = 0,04$.

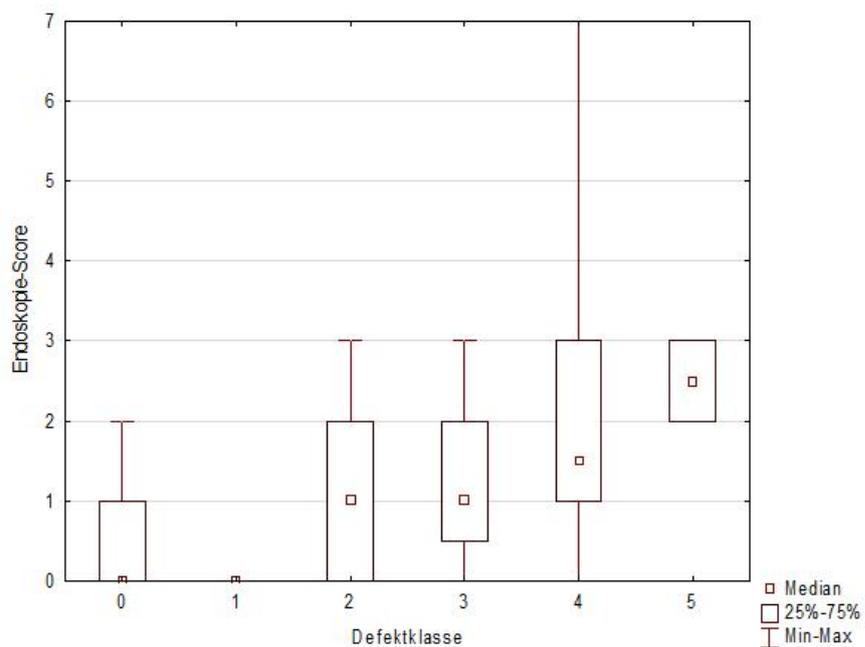


Abbildung 3.19: Darstellung der endoskopischen Score-Werte in der Phase PBB für die einzelnen Defektklassen im Boxplot. 0 bester Wert, 7 schlechteste pharyngeale Funktion. Im Kruskal-Wallis-Test global nicht signifikant mit $p = 0,08$. Defektklasse 5 ist nur deskriptiv erfasst.

Defektklasse	Defektklasse	p-Wert	p-Wert (adjustiert)	Interpretation
0	1	0,28		nicht signifikant
	2	0,02	0,07	Trend
	3	0,07	0,29	nicht signifikant
	4	0,03	0,12	nicht signifikant

Tabelle 3.5: Paarvergleiche der Defektklassen für die Score-Ergebnisse der endoskopischen Auswertung in der Phase PWB mit dem Wilcoxon-Mann-Whitney-Test, Adjustierung mit Bonferroni-Methode. Signifikanz bei $p < 0,05$.

vermögen bewertet. Diese subjektive Bewertung wurde defektklassenbezogen für das Schlucken von Speichel (siehe Boxplot in Abb. 3.20), Brei (siehe Boxplot in Abb. 3.21) und für das Trinken von Flüssigkeit (siehe Boxplot in Abb. 3.22) mit Hilfe des Kruskal-Wallis-Tests auf globale Signifikanz getestet. In keiner der drei Kategorien konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden ($p = 0,53$, $p = 0,50$ und $p = 0,40$). Die Streuung ist sehr ausgeprägt. Der Medianwert der Defektklasse 0 ist immer größer als der von D1-D5, der Wert 10 auf der Visuell-Analog-Skala für Speichel und Flüssigkeit und 9,5 für Brei. Die Defektklasse 5 ist nur deskriptiv erfasst, da zwei Untersuchungen für eine weitere statistische Auswertung unzureichend sind. Alle Daten der hier abgebildeten Boxplots sind im Anhang tabellarisch aufgeführt.

Auch im Paarvergleich D0 mit D1 - 5 ergaben sich keine signifikanten Unterschiede (Speichel: $p = 0,07$; Brei: $p = 0,29$; Flüssigkeit: $p = 0,14$).

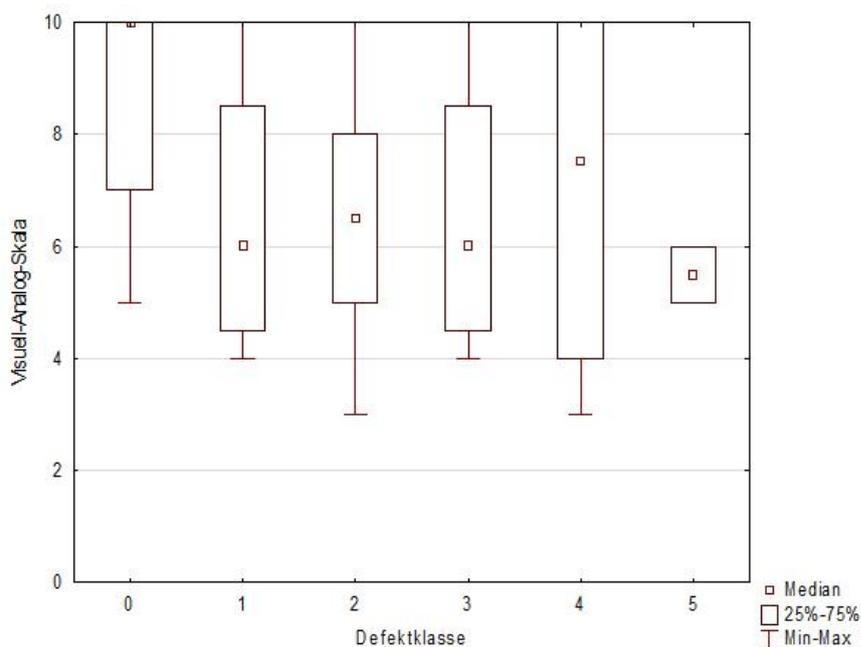


Abbildung 3.20: Darstellung der Selbsteinschätzung der Fähigkeit, Speichel zu schlucken, anhand einer Visuell-Analog-Skala für die einzelnen Defektklassen im Boxplot (0 = schlechtester Wert, 10 = optimales Schluckvermögen). Im Kruskal-Wallis-Test global nicht signifikant mit $p = 0,53$. Defektklasse 5 ist nur deskriptiv erfasst.

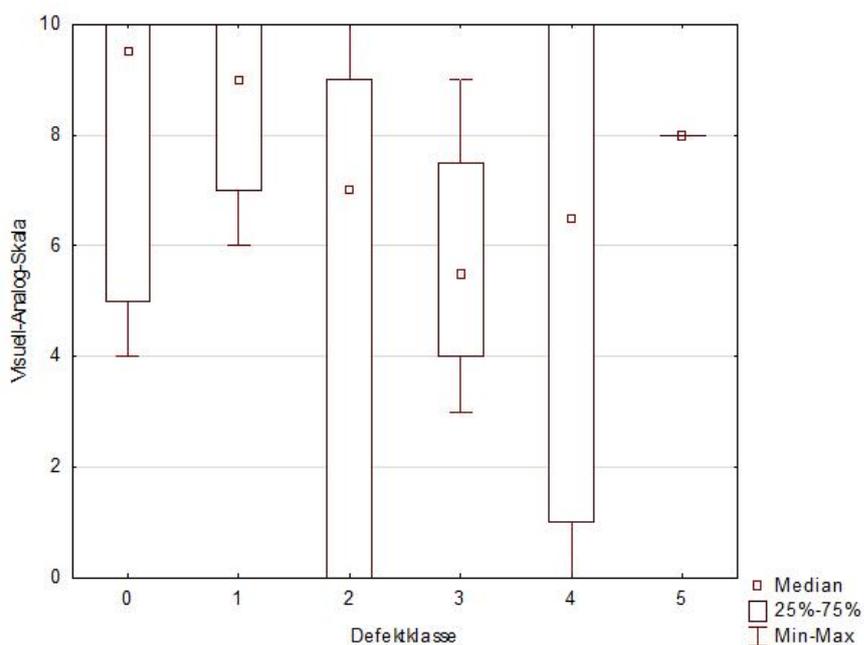


Abbildung 3.21: Darstellung der Selbsteinschätzung der Fähigkeit, Brei zu schlucken, anhand einer Visuell-Analog-Skala für die einzelnen Defektklassen im Boxplot (0 = schlechtester Wert, 10 = optimales Schluckvermögen). Im Kruskal-Wallis-Test global nicht signifikant mit $p = 0,50$. Defektklasse 5 ist nur deskriptiv erfasst.

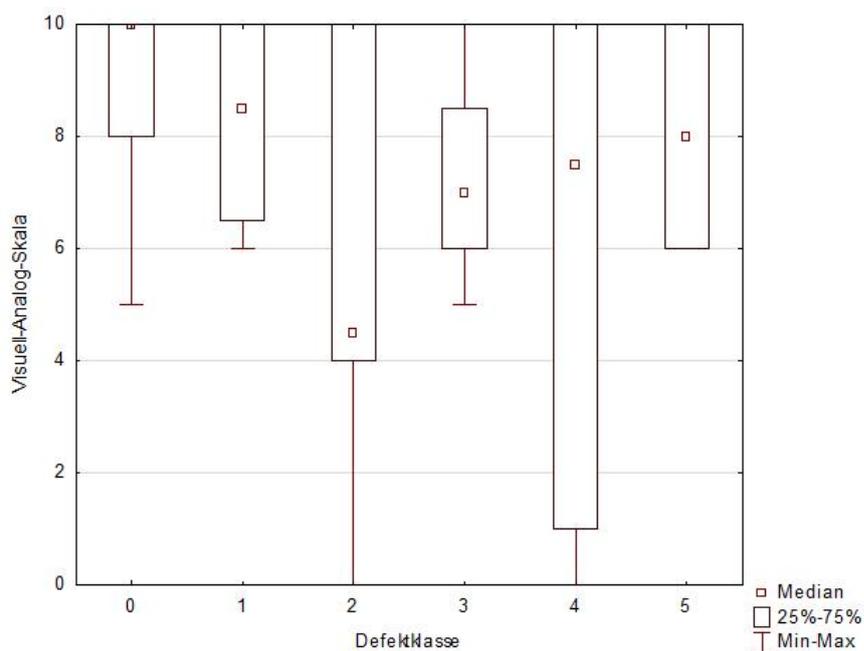


Abbildung 3.22: Darstellung der Selbsteinschätzung der Fähigkeit, Flüssigkeit zu trinken, anhand einer Visuell-Analog-Skala für die einzelnen Defektklassen im Boxplot (0 = schlechtester Wert, 10 = optimales Schluckvermögen). Im Kruskal-Wallis-Test global nicht signifikant mit $p = 0,40$. Defektklasse 5 ist nur deskriptiv erfasst.

4 Diskussion

Das Schlucken ist von immenser Bedeutung, um die selbstständige Ernährung des Organismus zu gewährleisten. Wasser und Nahrung gelangen vom Mund durch koordinierte Bewegungen nach Kreuzung des Luftweges in den Magen. Wenn diese Abläufe gestört werden, leidet der Patient an einer Dysphagie. Schluckstörungen treten häufig nach der Operation von Tumoren im orofazialen Bereich auf, wenn Strukturen getrennt oder entfernt werden. Dann besteht die Gefahr, dass der Patient sich nicht mehr ausreichend ernähren kann oder dass er bei vermehrter Aspiration an Pneumonien leidet. Daher sind die Beurteilung des Schluckaktes, die Feststellung der Ursache und die therapeutischen Interventionen von Bedeutung. Gerade bei wiederholter Untersuchung ist wichtig, dass kostengünstige, einfache und den Patienten nicht (strahlen-) belastende Methoden angewendet werden.

4.1 Methodische Aspekte

4.1.1 Instrumentelle Diagnostik

Die Untersuchung des Schluckaktes und die Beurteilung des Schluckvermögens bei Tumorpatienten ist in der Vergangenheit mittels verschiedener Methoden erfolgt. Etabliert für die Diagnostik von Dysphagien haben sich die alle Schluckphasen erfassende Videofluoroskopie (Logemann 1998), die auf die pharyngeale Phase beschränkte Videoeskopie (Schröter-Morasch et al. 1999), Zungendruckmessungen (Lazarus et al. 2007; White et al. 2009) und Fragebögen (Rogers et al. 2008; Suarez-Cunquero et al. 2008), die subjektiver Art sind.

Manometrie Untersuchungen zur Bildgebung der oralen Phase können - unter Strahlenbelastung - mit Hilfe der Videofluoroskopie durchgeführt werden oder es können Druckmessungen zur Quantifizierung der Funktion ohne Visualisierung erfolgen. Die Videofluoroskopie erlaubt die Vermessung der Strukturen und die zeitliche Bestimmung der Abläufe. Allerdings können gerade die oralen Strukturen mit einem Spiegel eingesehen werden, sodass die orale Schluckfunktion gut durch alleinige Druckmessungen bewertet werden kann. Untersuchungen der oralen Schluckphase bei Tumorpatienten wurden zum einen von White et al. (2009) durchgeführt, die den Druck von der Zunge

gegen den Gaumen gemessen haben, zum anderen haben Patterson et al. (2011) mit Hilfe eines 100 ml - Wasser - Schlucktests die Schluckeffizienz quantifiziert. Nilsson et al. (1998) haben nicht bei Tumorpatienten, sondern bei Patienten mit Zustand nach Schlaganfall einen Saugtest, den ROSS-Test (repetitive oral suction swallow test), angewandt. Einen Saugtest bei Tumorpatienten haben Wächter und Diz Dios (1993) durchgeführt. Bei beiden Untersuchungen war der Messort aber nicht eindeutig definiert. Bei unseren Messungen wurde jedoch eine Methode angewendet, bei der sich der Messort wie bei White et al. (2009) subpalatinal befindet, es wird aber nicht der Druck der Strukturen gegeneinander, sondern der im Kompartiment entstehende Druck gemessen. Sowohl positive als auch negative Drücke können registriert werden. So können ebenfalls der Saugdruck und die Zeit gemessen werden.

White et al. (2009) haben mit der manometrischen Funktion der *Digital Swallowing Workstation* (DSW, KayPENTAX, Montvale, NJ, USA) an drei Punkten den Druck der Zunge gegen den harten Gaumen beim Schluckakt untersucht. Diese Methode mag der Quantifizierung der Zungenkraft und auch in gewissem Maße der Kontrolle der Koordinationsfähigkeit dienen. Allerdings sind bei der oralen Phase des Schluckvorgangs mehr Strukturen beteiligt als nur die Zunge und der harte Gaumen, die beim klassischen Schlucktest durch Messung des Zungendrucks und der Boluspropulsion bewertet werden. Die unvollständige Erfassung des oralen Schluckvorgangs macht sich bei den Messungen von White et al. (2009) und mit gleicher Methodik auch bei Ball et al. (2006) bemerkbar, da am posterioren Gaumenmesspunkt teilweise fehlende Daten bei sonst funktionierenden Sensoren festgestellt wurden. White et al. (2009) vermuten, dass an diesem Sensor kein palatolingualer Kontakt erfolgt ist. Diese Fehlmessung kann mit dem biofunktionellen Modell erklärt werden, wonach der Sensor sich im palatinalen Kompartiment befunden hat und somit keinen positiven Strukturdruck messen konnte, sondern nur den Kompartimentdruck - sei er positiv oder negativ - hätte messen können, wofür er aber offensichtlich nicht ausgelegt ist. Die Strukturdrücke, die gemessen wurden, können mit dem biofunktionellen Modell als diejenigen erklärt werden, die im Ventilbereich entstehen, also der hufeisenförmigen Kontaktzone von Zunge und Gaumen. Das gleiche Messproblem wie bei White et al. (2009) entsteht bei der Zungendruckmessung mit dem IOPI (*Iowa Oral Performance Instrument*, IOPI Medical LLC, Carnation, WA, USA), da der Messbereich wie bei der *Digital Swallowing Workstation* nur positive Drücke umfasst.

Aufgrund der unvollständigen Druckerfassung macht es Sinn, die Kraftentwicklung und die Koordination in der Summe aller Strukturen zu untersuchen. Dies ist möglich, indem man nicht die Kräfte misst, die Strukturen gegeneinander ausüben, sondern indem man Drücke misst, die in einem Hohlraum durch alle beteiligten Strukturen erzeugt werden. So kann man auch eher der sehr vielfältigen Defektsituation der Tumorpatienten gerecht werden, da auch Funktionsbeeinträchtigungen, die nicht durch die Zunge bedingt sind, erfasst werden. Der Messort unserer Druckmessungen ist derselbe, nach dem biofunk-

tionellen Modell das palatinale Kompartiment. Gerade beim Saugen werden so Kraft und Koordination aller funktionellen Einheiten erfasst.

Patterson et al. (2009, 2011) erfassen mit dem 100 ml - Wasser - Schlucktest, bei dem aus einem Plastikbecher getrunken wird, das Schluckvolumen, die Schluckkapazität (Milliliter pro Sekunde) und die Schluckgeschwindigkeit. Die Zeitmessung scheint jedoch nicht pro Schluck, sondern durch nachträgliches Berechnen aus der Gesamtzeit erfolgt zu sein. Mit unserer Methode ist die Erhebung dieser Parameter auch möglich; durch die kombinierte Manometrie ist die Zeitbestimmung genauer, das Schluckvolumen kann an der wassergefüllten Spritze millilitergenau abgelesen werden. Die Methodik der Bestimmung des Schluckvolumens wurde aber immer noch als zu ungenau betrachtet, daher wurde das Volumen in dieser Untersuchung nicht ausgewertet. Bei immer noch sehr geringem technischen und finanziellen Aufwand können mit dem an den Druckmesser angeschlossenen Mundstück nicht nur Informationen über die Schluckleistung und Aspiration Gefahr wie bei Patterson et al. (2009, 2011), sondern auch über die intraorale Druckentwicklung und die Beeinträchtigung von Strukturen gesammelt werden.

Druck- und Volumenmessungen während des Schluckens werden auch beim ROSS-Test von Nilsson et al. (1998) durchgeführt. Wasser wird über einen Strohhalm aus einem auf einer Waage stehenden Glas gesaugt. An dem Strohhalm ist ein Druckmesser befestigt. Zusätzlich wird mit Ultraschall und einem Bewegungssensor der Pharynx und mit einem Thermodetektor die schluckassoziierte Apnoe beobachtet. Die Methodik zur Erkennung der Schluckakte durch von Thermosensoren registrierte Atempausen haben Knösel et al. (2012) in die orofaziale Polysensographie integriert und können so mit Optosensoren die Zungenoberflächenposition in Relation zum harten Gaumen während orofazialer Basisfunktionen, unter anderem dem Schlucken, bestimmen. Bei unseren Untersuchungen wurden die Sensoren auf die Manometrie reduziert, die Schluckakte waren durch das Protokoll definiert und endoskopisch wurde der Ablauf des pharyngealen Schluckaktes überprüft, Thermosensoren wurden daher nicht verwendet. Abgesehen davon, dass der Versuchsaufbau von Nilsson et al. (1998) recht kompliziert und nicht für die klinische Routine geeignet zu sein scheint, können mit dem alleinigen Saugtest auf einfache Art nur Informationen über den Saugdruck, das Saugvolumen und die Saugzeit gewonnen werden. Allerdings kann auch hier nur der reine Saugdruck gemessen werden, über die Messung des Druckes während des Schluckaktes selbst kann keine Aussage getroffen werden, da das Ende des Strohhalms mit dem Drucksensor nicht eindeutig positioniert wird. Die Druckmessung an sich kann zwar exakt ausgeführt werden, jedoch nicht am Ort der Druckgeneration wie bei unserem Mundstück. Der Bolus kann nicht passiv appliziert werden, was unser Spritzensystem erlaubt und die Überprüfung der reinen Schluckfunktion und der Druckentwicklung ermöglicht. Dies ist insbesondere bei Patienten mit beeinträchtigter Funktion wünschenswert.

Pharyngoskopie Für die Untersuchung der pharyngealen Funktion wird neben der Videoendoskopie die Videofluoroskopie als Standardmethode verwendet (Langmore 2003). Die Wahl der Methode ist vom Untersuchungsschwerpunkt abhängig. Wenn der Beginn der oralen Phase, das Ende der pharyngealen Phase, der Beginn der ösophagealen Phase oder der Kontakt der Epiglottis mit der posterioren Pharynxwand beobachtet oder wenn genaue Transitzeiten bestimmt werden sollen, ist die Videofluoroskopie zu bevorzugen (Logemann et al. 1998). Für die Detektion einer Aspiration sind prinzipiell beide Techniken gut geeignet, hingegen betonen Schröter-Morasch et al. (1999), dass die Aspiration von Speichel nur videoendoskopisch beobachtet werden kann. Bei der Untersuchung von Tumorpatienten bietet die Videoendoskopie weitere Vorteile. Man kann kontrollieren, ob es Zweittumoren oder Rezidive im Bereich der pharyngealen Schleimhaut gibt (Simental und Carrau 2004), oder ob bei in den Pharynx reichenden Lappen die Einheilung und Ausdehnung regelrecht sind. Wichtige Parameter zur Bewertung der Schluckfunktion wie die nasale Regurgitation, die posteriore Leckage, Penetration oder Aspiration können zuverlässig mit dem Endoskop erfasst werden (Schröter-Morasch et al. 1999; Wu et al. 2000). Da keine Strahlenbelastung entsteht, können Handlungsänderungen oder Übungen unter videoendoskopischer Kontrolle beliebig wiederholt werden. In unseren Untersuchungen war daher die Videoendoskopie die Methode der Wahl, zumal wir Informationen über die orale Phase mittels Manometrie erhalten haben und dafür nicht auf die Videofluoroskopie angewiesen waren.

Kombinierte Methoden Die Kombination verschiedener Methoden bietet die Möglichkeit, komplementäre oder auch ergänzende Informationen über den Ablauf des Schluckvorgangs zu erhalten. In Studien wird häufig die Videofluoroskopie mit der pharyngealen Manometrie kombiniert verwendet. McConnel et al. (1988b) haben diese beiden Methoden zusammen angewendet, da die Bildgebung der Strukturen und der Position der Messsensoren durch die Videofluoroskopie ermöglicht wird. So können die gemessenen Druckveränderungen den Strukturen und als Verursacher der Bolusbewegung zugeordnet werden. Pathologisch veränderte pharyngeale Funktionen können genauer identifiziert und lokalisiert werden (Cappabianca et al. 2008). Lazarus et al. (2007) haben die Videofluoroskopie zusammen mit dem *Iowa Oral Performance Instrument* (IOPI) angewendet, um einen Zusammenhang zwischen Zungenkraft und oralen und pharyngealen Residuen zu erkennen. Noch mehr Kombinationsmöglichkeiten bietet die *Digital Swallowing Workstation* (DSW, KayPENTAX, Montvale, NJ, USA), eine fertig installierte Multifunktionseinheit, die manometrische, videoendoskopische, videofluoroskopische und oberflächen-elektromyographische Messungen und die zervikale Auskultation erlaubt und auf einem Bildschirm darstellt. Manometrisch können der Zungendruck, der Pharynx- bzw. Ösophagusdruck und die Atmung überwacht werden. So können umfassende Informationen über den Schluckakt gewonnen werden. Werden allerdings für eine Untersuchung nicht immer alle Methoden benötigt oder soll eine neue Methode erprobt

werden, dann ist es sinnvoller auf einzelne Geräte zurückzugreifen. Zudem wird nur der Strukturdruck und nicht der beim Schlucken erzeugte Kompartimentdruck gemessen. Eine Ergänzung um einen entsprechenden Sensor, wie bei uns verwendet, würde die Aussagekraft der Einheit erhöhen.

Bei einem neuen Verfahren wird gerne dessen Aussagekraft mit einer zweiten etablierten Methode überprüft, es werden also kombinierte Messungen durchgeführt. So haben Suiter und Leder (2008) die klinische Anwendbarkeit eines Wasserschlucktests (*3-ounce water swallow test*) zur Untersuchung der pharyngealen Schluckfunktion überprüft. Bei dem Test werden knapp 100 ml Wasser ohne abzusetzen getrunken. Nicht bestanden ist der Test, wenn das Wasser nicht ausgetrunken werden kann, wenn gehustet, gewürgt oder aspiriert wird. Aus ihren Ergebnissen lässt sich für unsere manometrischen Messungen folgern, dass die Manometrie mit unserem Protokoll und integriertem Wasserschlucktest alleine zur pharyngealen Schluckdiagnostik nicht ausreichend wäre, da laut Suiter und Leder (2008) zwar bei Erfüllung des Tests zu 97,9 % eine richtig-negative Aussage getroffen wird, jedoch beim Auftreten einer Aspiration diese bei der Hälfte der Patienten in der Videoendoskopie-Diagnostik nicht nachzuweisen ist, es liegt also eine falsch-positiv-Rate von knapp 50 % vor. Die Gruppe der falsch-positiv diagnostizierten Patienten würde eine falsche Ernährungsempfehlung bekommen.

Durch die Kombination der oralen Manometrie mit der Videoendoskopie kann also die pharyngeale Situation richtig eingeschätzt werden und es werden zusätzliche Informationen über die orale Phase und den Übergang zur pharyngealen Phase gewonnen, da der velolinguale und der velopharyngeale Verschluss eingesehen werden können. Nach dem biofunktionellen Modell kann man so bis auf den palatolingualen BFV2 alle Verschlüsse endoskopisch oder direkt von extraoral (BFV1 und BFV7) einsehen. Die Manometrie gibt uns quantitative Informationen über die Bildung der Verschlüsse BFV2 und BFV3, durch die Messung der Saug- und Schluckdrücke, die nicht videoendoskopisch oder videofluoroskopisch ermittelt werden können. Bei Insuffizienz von BFV2 wird stattdessen BFV1 einbezogen.

Da bei der hier verwendeten Kombination von intraoralen Manometrie und Pharyngoskopie keine Informationen über die pharyngeale Druckentwicklung gewonnen werden und somit endoskopisch nur der Verschluss des pharyngealen Kompartiments (BFK3) beobachtet werden kann (*White Out*), würde die Integration der pharyngealen Manometrie einen großen Erkenntnisgewinn bringen. Bei einem Endoskop kann man den Drucksensor über einen Instrumentierkanal einführen und durch die endoskopische Optik die Lage des Sensors bestimmen und überprüfen. Auf diese Weise könnte man kontinuierlich die Druckentwicklung im BFK3, insbesondere während des *White Outs* registrieren. Zusammen mit der oralen Manometrie ließe sich so ein umfassendes Druckprofil der oralen und pharyngealen Phase des Schluckaktes erstellen. Je nach Lokalisation, unter anderem auf Höhe der Zungenbasis und der unteren Pharynxkonstriktoren, werden verschieden hohe Drücke in der pharyngealen Phase generiert (McConnel et al. 1988a; Olsson et al.

1996). Videofluoroskopisch sind zwei verschiedene pharyngeale Schlucktypen identifiziert worden, beim „offenen“ Typ gelangt der Bolus in den luftgefüllten Pharynx, beim „geschlossenen“ Typ wird die Luft aus dem Pharynx vorher eliminiert und der Bolus passiert (Curtis und Cruess 1984; Birch-Jensen et al. 1988). Daher müsste bei der kombinierten Messung in Relation zur oralen Druckgeneration eine unterschiedlich zeitlich einsetzende pharyngeale Kontraktion je nach Typ detektiert werden. Beim „offenen“ Typ sollte der Bolus in den Pharynx mit atmosphärischem Druck gelangen.

4.1.2 Patienten und Defektsituation

Um aussagekräftigere Ergebnisse zu erhalten, sollte für kommende Studien ein größeres Patientenkollektiv angestrebt werden. Der postoperative Untersuchungszeitpunkt sollte möglichst einen einheitlichen Abstand zur Operation haben.

Eine postoperative Einteilung der Patienten in möglichst homogene Gruppen ist für die Vergleichbarkeit erforderlich. Schon Urken et al. (1991) haben eine Klassifikation für Hart- und Weichgewebedefekte aufgestellt, die auch Caliceti et al. (2004) angewendet haben. Diese hat sich allerdings aufgrund der Komplexität nicht als praktikabel erwiesen und Caliceti et al. (2004) sehen den dringenden Bedarf, ein anerkanntes einheitliches Schema zu entwickeln, das die Lokalisation und Größe des Defektes und die qualitative Beeinträchtigung erfasst. Borggreven et al. (2007) haben bei Schluckuntersuchungen von Tumorpatienten drei Gruppen gebildet: Patienten mit der Resektion der oralen Zunge, Patienten mit der Resektion des Zungengrunds in Kombination der oralen Zunge und Patienten mit Resektion des Zungengrunds in Kombination mit dem resezierten weichen Gaumen. Andere Kombinationen wurden aufgrund der geringen Fallzahl nicht miteinbezogen. Diese Einteilung ist zwar recht übersichtlich, aber die Defektgröße wird erst mitberücksichtigt, wenn eine Ausdehnung in eine weitere Einheit stattgefunden hat. Nicoletti et al. (2004) präsentieren eine Klassifikation mit zwölf Gruppen, die Lokalisation und Größe des Defektes miteinbezieht. Daher sind für aussagekräftige Studien aber große Fallzahlen notwendig. Mit unserer Defektklassifikation wollen wir ein einfaches, die Defektlokalisierung und -größe beinhaltendes Schema einführen, mit dem der Zustand nach einer Tumorresektion beschrieben werden kann und das auch bei kleineren Patientenkollektiven zu aussagekräftigen Ergebnissen führt. Die Berücksichtigung der Tumorgröße erfolgte, da wir davon ausgehen, dass ein größerer Tumor einen größeren Defekt verursacht. Für die Bestimmung der Tumorgröße wurde die Einteilung des T-Stadiums der TNM-Klassifikation verwendet und in die Defektklassifikation integriert. Die Einteilung der Lokalisation ähnelt der von Borggreven et al. (2007). Diese Einteilung wurde gewählt, da wir aufgrund von Überlegungen am biofunktionellen Modell die Annahme machten, dass Defekte des anterioren Mundbodens inklusive anteriorer Zunge und anteriorem Unterkiefer funktionell besser toleriert werden als solche des posterioren Mundbodens mit der posterioren Zunge und dem posterioren Unterkiefer. Bei

Defekten des anterioren Mundbodens inklusive anteriorer Zunge und anteriorem Unterkiefer können die Kompartimente BFK1 (Kauschlauch) und BFK2 (subpalatinal) zu einem oralen Kompartiment verschmelzen, aber wir erwarten keine Beeinträchtigung des Lippenschlusses (BFV1) und des posterioren Mundschlusses (BFV3). Das neue orale Kompartiment kann also kontrolliert abgeschlossen und geöffnet werden. Das heißt auch, dass die Portionierung des Bolus vor dem Eintreten in den Pharynx nicht gestört ist und so keine erhöhte Aspirationsgefahr entsteht. Allerdings kann es zur Retention von Speise im anterioren Mundbodenbereich oder zur verminderten Boluskontrolle und Transportfunktion kommen. Bei Defekten des posterioren Mundbodens in Kombination mit der posterioren Zunge und dem posterioren Unterkiefer kann hingegen neben einem insuffizienten BFV2 auch eine Beeinträchtigung des velolinguale Verschlusses (BFV3) auftreten. Auch wenn der anteriore Verschluss (BFV1) suffizient ist, kann das orale Kompartiment nicht mehr gebildet werden, da eine posteriore Insuffizienz vorliegt. Je größer die Störung des velolinguale Verschlusses ist, desto größer ist auch die posteriore Leckage und das Unvermögen, den Bolus richtig zu portionieren. In diesem Fall erhöht sich die Gefahr der Aspiration massiv. Für Defekte des weichen Gaumens, die zusammen mit denen des harten Gaumens in die Defektklasse 5 fallen, gilt die gleiche Problematik des insuffizienten velolinguale Verschlusses, zusätzlich kann auch noch der velopharyngeale Verschluss (BFV4) beeinträchtigt sein und eine nasale Regurgitation zur Folge haben.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

4.2.1 Manometrie - in Abhängigkeit von Applikationsart und Boluskonsistenz

Defekttypische Schluckmuster

Das herausragendste Ergebnis dieser intraoralen manometrischen Schluckuntersuchungen bei Tumorpatienten ist das defekttypische Schluckmuster in der Saugphase, das vorher aufgrund der fehlenden Methodik noch nicht gezeigt werden konnte. Es wurden zwar Druckmessungen bei Tumorpatienten durchgeführt, aber sie konnten aufgrund des Versuchsaufbaus entweder nicht (einheitlich) am Ort der Druckgeneration oder nicht unter Berücksichtigung aller druckgenerierenden Strukturen erfolgen. Der Ort unserer Messungen ist durch das Mundstück mit der Schlaufe fest im palatinalen Kompartiment definiert und die Druckmessung findet separat von der Flüssigkeitszufuhr statt. Das Mundstück behindert den Patienten nicht an der Ausführung des Saug- und Schluckaktes. So wurde die Druckentwicklung beim Saug-Schluck-Vorgang quantifiziert und es konnte bei Tumorpatienten mit vorliegender Defektsituation anhand des Druckprofils mit signifikant vermehrten negativen und positiven Amplituden eine fehlende Muskelkoordination gezeigt werden.

Das typische Saug-Schluckmuster bei Patienten ohne strukturellen Defekt (D0) ist monophasisch; in der Saugphase (AWB) wurde ein Medianwert von 1,15 negativen Amplituden pro Saugvorgang ermittelt. Für die während des Saugens und Schluckens im Mund ablaufenden Aktivitäten bedeutet das, dass durch die beteiligten Strukturen beim Saugen einmal ein Unterdruck aufgebaut wird, der sich erst nach Ablauf des Schluckvorgangs bei der Mundöffnung wieder dem atmosphärischen Druck angleicht. Im Paarvergleich der Defektklasse 0 mit den zusammengefassten Defektklassen D1 - D5 ergibt sich ein signifikanter Unterschied mit $p < 0,01$. Patienten mit Defekt haben einen Medianwert von 2,3 negativen Amplituden pro Saugvorgang, also ein polyphasisches Muster. Anhand des Saugmusters kann so ein Rückschluss auf die Defektsituation gemacht werden. Eine Monophasie lässt auf einen Patienten ohne Defekt schließen, eine Polyphasie hingegen weist auf eine intraorale Situation mit Defekt hin. In den Defektklassen D2 und D3 gab es im Vergleich zur Defektklasse 0 signifikante Unterschiede (D2: $p < 0,01$ und D3: $p = 0,02$) in der Anzahl der negativen Amplituden pro Saugvorgang (D2: 2,6 und D3: 3,7). Das Schluckmuster in den Defektklassen 2 und 3 ist also konstant polyphasisch, bei D4 liegt eine inkonstante Polyphasie (1,4 negative Amplituden) vor.

Beim polyphasischen Schluckmuster wird beim Saugen ein Unterdruck aufgebaut, der offensichtlich nicht gehalten werden kann, der Unterdruck lässt mehrmals nach und wird wieder aufgebaut. Diese ungleichmäßige Druckgeneration lässt auf ein dyskoordiniertes Zusammenspiel der beteiligten Strukturen schließen. Die Dyskoordination muss durch den Operationsdefekt bedingt sein, ursächlich kommen durchtrennte oder fehlende Muskeln, durchtrennte Nerven oder Hartgewebsdefekte infrage.

Zwischen D0 und der Defektklasse 1 lässt sich kein signifikanter Unterschied erkennen. Das eher monophasische Schluckmuster kann durch den kleinen, anterior gelegenen Defekt erklärt werden, der zu weniger Koordinationsproblemen und zu einer geringeren Beeinträchtigung des Schluckvermögens führt. Interessant ist, dass bei D4 nur eine inkonstante Polyphasie auftritt, obwohl große Defekte im posterioren Bereich des Mundes vorliegen und dort die größte Beeinträchtigung erwartet wurde. Das schlechteste Ergebnis hat D3, was bei einem kleineren Defekt widersprüchlich ist. Die starke Dyskoordination der Klasse D2 kann auf den großen Defekt zurückgeführt werden. Wenn bei D3 nicht so eine ausgeprägte Polyphasie zu beobachten wäre, könnte aufgrund der Ergebnisse bei D2 angenommen werden, dass die schlechte Koordination der Saugvorgänge vor allem durch geschädigte Strukturen des anterioren Mundes bedingt ist und dass die posteriore Situation nicht so bedeutend ist bzw. dass bei einem intakten Velum bis zu einem gewissen Schädigungsgrad des Zungengrundes die posteriore Mundschlussfunktion nicht beeinträchtigt ist. Wächter und Diz Dios (1993) betonen die Bedeutung der Integrität des anterioren Mundbodens bzw. die Notwendigkeit der präzisen Rekonstruktion, da die Anpassungsfähigkeit der übrigbleibenden Strukturen stark eingeschränkt ist. Die fehlende Adaptation wird durch die Dyskoordination der Defektklasse 2 bestätigt.

Zusätzlich zu der Polyphasie im Bereich der negativen Amplituden durch die Defekt-

situation wurden bei diesen Patienten vermehrt positive Amplituden beobachtet, die bei Patienten ohne Defekt so gut wie nicht auftraten (0,05 positive Amplituden pro Saugvorgang). Im Paarvergleich von D0 mit D1 - D5 ergab sich ein signifikanter Unterschied mit $p = 0,02$ und 0,42 positiven Amplituden pro Saugvorgang bei Patienten mit Defekt (D1 - D5). Folglich können Patienten ohne Defekt von denen mit Defekt durch das Auftreten positiver Amplituden abgegrenzt werden. In der Defektklasse 2 mit 1,15 positiven Amplituden pro Saug- Schluckvorgang ließ sich im Vergleich zu D0 ein Trend erkennen ($p = 0,08$), zwischen D0 und D3 mit 0,67 positiven Amplituden pro Saug-Schluckvorgang trat ein signifikanter Unterschied auf ($p = 0,03$). Für die Defektklassen 1 und 4 ergab sich kein signifikanter Unterschied, es waren mit 0,15 und 0,20 positiven Amplituden pro Saug-Schluckvorgang aber immer noch mehr als in der Defektklasse 0. Auch hier ist das Ergebnis von D3 und D4 widersprüchlich, wohingegen die wenigen positiven Amplituden bei D1 nachvollziehbar sind. Hier hat wie bei der Anzahl der negativen Amplituden D2 ein schlechtes Resultat, was auch mit dem großen Defekt der anterioren Strukturen, die hauptsächlich für die Koordination des Saugvorganges zuständig zu sein scheinen, zusammenhängen kann.

Da man beim Saugen an sich nur die Entstehung eines Unterdrucks erwarten kann, muss das Auftreten von positiven Amplituden als pathologische Entwicklung gewertet werden, die in unseren Untersuchungen auch nur im Zusammenhang mit einem vorliegenden Strukturdefekt beobachtet wurde. So wie bei der rein-negativen Polyphasie kann es sich bei der gemischten Polyphasie auch um eine noch ausgeprägtere Koordinationsstörung handeln, die durch den Operationsdefekt bedingt ist. Es kann aber auch eine Kompensationsstrategie sein, bei der der Patient versucht, den angesaugten Bolus in den Pharynx zu drücken, anstatt den bestehenden Unterdruck zu nutzen. Bei Rekonstruktion mittels Lappen muss man von der Entstehung eines funktionstoten Raumes in der Mundhöhle ausgehen, in den der angesaugte Bolus disloziert werden kann. Durch Kompression versucht der Patient, den Bolus aus der Mundhöhle zu eliminieren. Die noch zu untersuchende Frage ergibt sich, ob das Auftreten von positiven Amplituden mit besonders kleinen negativen Amplituden korreliert; dann würden positive Amplituden vor allem bei stark beeinträchtigter oraler Saugfunktion auftreten. Auf jeden Fall ermöglicht die quantitative Auswertung der negativen und positiven Amplituden der Druckkurve in der Phase AWB eine Differenzierung von Patienten mit und ohne Defekt. Für diagnostische Zwecke kann dieses Phänomen genutzt werden.

Bei Patienten mit orofazialen Tumoren haben Saugdruckmessungen bisher wenig Beachtung gefunden. Koordinationsstörungen des Saug- und Schluckvorgangs, die durch die Messung der Druckgeneration dokumentiert worden sind, findet man bei zu früh geborenen Säuglingen. Gewolb et al. (2001) haben mit Hilfe von Drucksensoren im Saugaufsatz den Saugdruck und mit pharyngealen Drucksensoren den Ablauf des Schluckaktes beobachtet. Durch noch nicht ganz ausgereifte nervale Verschaltungen sind die Saug- oder Mundbewegungen unkoordiniert und weisen geringe Druckamplituden auf, geschluckt

wurde hingegen regelmäßiger. Nach einiger Zeit entwickelt sich ein geregelter Ablauf aus wechselndem Saugakt mit deutlich höherer Druckamplitude und folgendem Schluckakt. Analog dazu liegt bei Tumorpatienten mit Defektsituation die strukturelle und auch nervale Schädigung peripher, die Koordination der Saugbewegungen ist gestört und es resultieren rein negativ- oder gemischt-polyphasische Schluckmuster.

In den passiven Versuchsphasen, Wasser- (PWB) und Breigabe (PBB), konnte ebenfalls ein polyphasisches Schluckmuster in den Defektklassen D1 - D5 identifiziert werden, allerdings nicht so markant. Bei Patienten mit D0 wurde auch bei der passiven Phase immer unter Bildung einer negativen Amplitude geschluckt, gelegentlich wurden aber auch positive Amplituden beobachtet. Bei dem Schlucken von Wasser und insbesondere für das Schlucken eines Breibolus sind positive Amplituden bei gesunden Probanden bei gleichem manometrischem Versuchsaufbau wie in dieser Untersuchung schon von Santander (2012) beschrieben worden, bei der Breigabe wurde teilweise auch eine rein negative Polyphasie beobachtet. Die positiven Amplituden können daher nicht allein auf pathologische Prozesse zurückzuführen sein. Vielmehr ist davon auszugehen, dass die Kombination aus Unterdruckbildung und vermehrter Propulsion bei einem Bolus festerer Konsistenz den Bolustransport ermöglicht. Ebenso beobachteten Steele und Van Lieshout (2004) bei Bolusgabe mit festerer Konsistenz eine erhöhte Variabilität der Zungenbewegungen. Diese könnte unsere Ergebnisse der wechselnden Entstehung von negativen und positiven Amplituden erklären. Sowohl die Anzahl negativer als auch positiver Amplituden unterscheidet sich im Paarvergleich mit Ausnahme der positiven Amplituden der Phase PBB ($p = 0,03$) nicht signifikant von D0 und D1 - 5. In der Phase PBB scheint die Bewegungsvariabilität bei Patienten mit Defekt noch größer zu sein als ohnehin schon bei Patienten ohne Defekt und scheint auch mit signifikant vermehrter Kompression der Strukturen einherzugehen. Bei der Betrachtung der Summe der Medianwerte für die positive und negative Amplitudenanzahl pro Schluckvorgang lässt sich aber feststellen, dass in den Defektklassen 2 und 3 für die Phasen PWB und PBB ein konstant polyphasisches und in der Defektklasse 4 für die PBB ein inkonstant polyphasisches Schluckmuster vorhanden ist. Dieses Schluckmuster der Patienten mit Defekt kann damit erklärt werden, dass unabhängig von Defektgröße und Lokalisation durch die Lappenrekonstruktion immer ein funktionstoter Raum entsteht, der weder sensibel noch motorisch funktionsfähig ist. In diesen Raum wird der Bolus bei der Passage der Mundhöhle disloziert und der Transport wird unterbrochen. Zur Entleerung müssen mehrere Anläufe genommen werden, die mit Unterdruckbildung und Kompression der oralen Strukturen einhergehen. Mit steigender Boluskonsistenz scheinen auch vermehrte Kompressionsversuche notwendig zu sein. Gleichzeitig sind funktionelle Ventilverchlüsse notwendig, um einen Bolusrückfluss zu verhindern und um eine gerichtete Schubbewegung des festeren Bolus zu gewährleisten. In diesen mehrfachen Versuchen der Bolusevakuierung aus dem funktionstotem Raum spiegelt sich die Polyphasie wider.

Maximale und mittlere Saugamplitudenhöhe

Die maximalen negativen Amplituden in der Phase AWB sind entstanden, nachdem der Patient zu der ihm größtmöglichen Saugkraft aufgefordert wurde, einer Art Leistungstest. Im Paarvergleich der Patientengruppe ohne Defekt (D0) mit der Gruppe D1 - D5 ergab sich ein signifikanter Unterschied ($p = 0,04$). Das bedeutet, dass Patienten ohne Defekt einen sehr viel höheren Unterdruck erzeugen können (Mittelwert: 83,9 mbar) als Patienten mit operationsbedingtem Defekt (Mittelwert: 51,0 mbar). Bei Nilsson et al. (1996b) erreichten Probanden (15 - 64 Jahre) beim forciertem Saugen altersunabhängig Drücke von 196 mbar. Ältere Probanden (>70 Jahre) erreichten immer noch 129 mbar (Nilsson et al. 1996a), also 1,5-mal so viel wie bei uns. Eine altersbedingte Reduzierung des Saugdrucks ist auch bei uns anzunehmen, auch wenn unsere Patienten nicht ganz so alt waren (44 - 82 Jahre). Außerdem ist eine tumorbedingte Beeinträchtigung auch ohne Defekt nicht auszuschließen, was auch von Kreeft et al. (2009) beschrieben wird. Wie bei keinem oder geringem Defekt zu erwarten, ist der Mittelwert der maximalen Saugkraft für D0 und D1 (für D0 83,9 mbar und für D1 81,4 mbar) hoch gewesen. Im Paarvergleich gibt es zwischen D0 und D2 einen signifikanten Unterschied mit $p = 0,04$ (D2: 33,9 mbar). Für D3 würde man wie für D1 auch einen höheren Maximaldruck erwarten, er lag jedoch nur bei 55,0 mbar. Anders als beim Schluckmuster werden in der Klasse D4 (Mittelwert 52,4 mbar) maximale Saugwerte erreicht, die nicht denen der Defektklasse D0 und D1 ähneln, sondern dem der Defektklasse D3. Die Mittelwerte haben eine zu vernachlässigende Differenz von 2,6 mbar. Aufgrund der unterschiedlichen Defektgröße bei gleicher Lokalisation sollte hier ein Unterschied zu erwarten sein. Es kann also klar zwischen Saugdrücken mit und ohne vorliegendem Defekt differenziert werden, bei genauerer Betrachtung der einzelnen Defektklassen zeigen sich jedoch vor allem D3 und D4 betreffend nicht nachvollziehbare Ergebnisse.

Es stellt sich die Frage, ob die durch den Tumor bedingte Defektgröße wirklich ein so wichtiger Faktor für die orale Schluckbeeinträchtigung ist. Laut Pauloski et al. (2004) hat vor allem bei lokaler Rekonstruktion das resezierte Volumen einen großen Einfluss auf die Schluckfunktion. In unsere Untersuchungen wurden jedoch bis auf einen Patienten nur Patienten mit Rekonstruktion durch Lappen integriert. Die verwendeten mikrovaskulär anastomosierten Lappenplastiken ermöglichen eine individuelle Rekonstruktion mit Funktionserhaltung (Reichart et al. 2002). Diese Technik erlaubt die Rekonstruktion von größeren Tumordefekten mit Hart- und Weichgewebeteilung im Kopf-Hals-Bereich (Schliephake et al. 1996) und wird als Standardversorgung betrachtet (Wang et al. 2011). Es ist also wahrscheinlich, dass die Qualität der Lappenrekonstruktion einen großen Einfluss auf das Schluckvermögen hat (Kimata et al. 2003) und die Defektauswirkung verschleiert. Pauloski et al. (2004) beobachten, dass die Schluckfunktion bei möglichst identischem Resektions- und Lappenvolumen besser ist. Es wurden

bei uns zwar alle bis auf einen Patienten einheitlich mit einem Lappen versorgt, die Ausdehnung im Verhältnis zum Resektionsvolumen wurde aber nicht berücksichtigt. Deshalb muss anerkannt werden, dass die Defektklassifikation noch nicht ihren Zweck erfüllt und keine plausiblen Ergebnisse liefert, da die Gruppenbildung zu inhomogen ist und das Verhältnis von Resektions- zu Rekonstruktionsvolumen, das offensichtlich von großer Bedeutung für die Schluckfunktion ist, nicht erfasst ist. Die Tumorgöße scheint bei Lappenrekonstruktion eine untergeordnete Rolle zu spielen. Eine allgemeinere, alleinige Betrachtung der prä- und postoperativen Schluckfunktion ohne weitere Differenzierung scheint also so lange angebracht zu sein, bis die genaue Vermessung von Defekt und Lappen zum Beispiel durch MRT-Analyse gewährleistet ist. Mit dem Paarvergleich von D0 mit D1 - D5 bei allen Parametern wurde diese Notwendigkeit der Verallgemeinerung berücksichtigt.

In der Analyse der manometrischen Daten zeigen die Patienten der Defektklasse D2 kontinuierlich eine schlechte Schluckfunktion, auch hier erreichen sie beim Mittelwert nur 33,9 mbar. Der große Defekt der saugaktiven Strukturen muss hier als ursächlich betrachtet werden.

In der Literatur wird beschrieben, dass das Schluckvermögen zwar oft schon vor der Behandlung, anschließend aber noch stärker beeinträchtigt ist (Kreeft et al. 2009; White et al. 2009). Die postoperative Verschlechterung trifft auch auf die von uns ermittelte maximale Saugkraft zu. Lazarus et al. (2007) haben bei dem Vergleich der Zungenkraft gegen den Gaumen vor und nach der Behandlung auch eine nicht signifikante Verringerung festgestellt, allerdings wurden die Patienten ($n = 46$) nur mit Radio- und Chemotherapie behandelt. In einer früheren Studie (Lazarus et al. 2000) mit einem kleineren Patientenkollektiv ($n = 13$) hatten sie keine Veränderungen festgestellt. Bei operativer und teilweise adjuvanter Radiochemotherapie sind eigentlich durch den Strukturdefekt schlechtere Ergebnisse zu erwarten. Da die Mittelwerte der maximalen Saugkraft bei den Defektklassen 2 - 4 deutlich unter dem präoperativen Wert liegen, müsste also auch hier durch ein größeres Patientenkollektiv dieser Trend bestätigt werden.

Für die Ermittlung des mittleren Saugdrucks wurden hingegen alle negativen Amplituden der Saugphase (AWB) berücksichtigt. Es ergaben sich global signifikante Unterschiede ($p = 0,04$) für die Defektklassen, ebenso war der Paarvergleich von D0 mit D1 - D5 signifikant unterschiedlich ($p = 0,04$). Patienten ohne intraoralen Defekt sind also nicht nur in ihrer Maximalleistung, sondern auch über die gesamte Saugphase hinweg zu höherer Druckerzeugung imstande als die durch Operationsdefekt beeinträchtigten Patienten (D0: 62,7 mbar und D1 - D5: 28,8 mbar). Dieses Ergebnis steht im Einklang mit der Aussage von Kreeft et al. (2009), dass die Schluckbeeinträchtigung postoperativ größer ist. Allerdings ist die Saugleistung bei Tumorpatienten ohne Defekt auch schon geringer als bei gesunden Probanden, die ungefähr mit 290 mbar (Santander 2012) bzw.

260 mbar (Wächter und Diz Dios 1993) saugen konnten. In diesen beiden Studien waren die Probanden jedoch viel jünger, 20 - 45 Jahre bei Santander (2012) und 23 - 35 Jahre bei Wächter und Diz Dios (1993) (Das Alter ist dem ausgliederten Studienteil von Diz Dios et al. (1994) entnommen.) als in dieser Untersuchung (44 - 82 Jahre, Durchschnittsalter: 62,7 Jahre). Dagegen haben Nilsson et al. (1996b) einen niedrigeren Druck (120 mbar) bei Probanden von 15 - 64 Jahren gemessen, die Resultate waren altersunabhängig. Ältere Probanden (>70 Jahre) saugten mit 104 mbar (Nilsson et al. 1996a) mehr als 1,5-mal stärker als bei uns die Tumorpatienten ohne Defekt. Die Saugdruckentwicklung in unserer Untersuchung wird also schon altersbedingt reduziert sein, hinzu kommt wahrscheinlich auch ohne Defekt ein Einfluss durch den Tumor, wie auch Kreeft et al. (2009) beschreiben und wie schon beim maximalen Saugdruck angenommen wurde.

Im Paarvergleich waren wie bei den maximalen Saugamplituden die Defektklassen D0 und D2 mit $p = 0,04$ signifikant unterschiedlich (D0 mit 62,7 mbar und D2 mit 18,1 mbar). Die Defektklasse 1 wies mit 48,1 mbar nach D0 die größte mittlere Saugkraft auf. Bei uns scheinen insbesondere bei Tumoren mit größerer Ausdehnung (T3 und T4) des anterioren Mundbodens und der anterioren Zunge die Saugkräfte reduziert zu sein. Auch Wächter und Diz Dios (1993) beschreiben eine geringe Saugdruckentwicklung (26 mbar) bei Patienten mit Tumor im anterioren Mundbodenbereich, die mit Lappenrekonstruktion versorgt wurden. Es wurde keine T-Klassifikation angegeben, aber der Wert liegt etwa zwischen unseren Ergebnissen für D1 und D2. Wächter und Diz Dios (1993) erklären die starke Beeinträchtigung durch die geringe Anpassungsfähigkeit der belassenen Mundbodenstrukturen. Schlechteres Schluckvermögen wird auch von Borggreven et al. (2007) bei größeren Tumoren (T3 und T4 vs. T2) beschrieben. Auch Tei et al. (2007) haben bei Zungen- und Mundbodenkarzinomen schwere Dysphagien festgestellt. Es wurde allerdings nur im Rahmen der videofluoroskopischen Untersuchung die orale Transitzeit ermittelt. Die mittlere Saugkraft der Defektklassen D3 und D4 (D3 mit 26,8 mbar und D4 mit 36,0 mbar) ist ebenfalls geringer als die von D0, was auch den Beobachtungen der eben genannten Studien entspricht. Widersprüchlich, wie schon vorher erwähnt, ist das funktionell bessere Ergebnis von D4 gegenüber D3, das auch nicht mit den Studien übereinstimmt, die für größere Tumoren schlechteres Schluckvermögen dokumentieren. Meistens werden jedoch größere Schluckbeeinträchtigungen nach der Operation von Zungengrundtumoren und Tumoren des weichen Gaumens dokumentiert (Borggreven et al. 2007; Rieger et al. 2007; Kreeft et al. 2009). Nur ist hier zu beachten, dass diese Untersuchungen meist videofluoroskopisch erfolgen und die meisten Bewertungsparameter die pharyngeale Phase betreffen. Dort macht es Sinn, dass die Zungengrundtumoren und die Tumoren des weichen Gaumens aufgrund des anatomischen Bezugs einen größeren Einfluss haben. Bei der oralen Untersuchung von Lazarus et al. (2007) wurde leider bei den Ergebnissen keine Differenzierung bezüglich der Lokalisation gemacht.

Wenn man die Saugkraft als diagnostisches Kriterium verwenden möchte, kann man

aus unseren Ergebnissen folgern, dass dafür sowohl die mittlere als auch die maximale Saugkraft geeignet ist. Bei beiden Parametern fanden sich signifikante Unterschiede zwischen Patienten ohne (D0) und mit (D1 - D5) Defekt, bei beiden gab es jedoch auch Widersprüche die Defektklasse 4 betreffend. Das ist eine andere Schlussfolgerung als die, die Nilsson et al. (1998) bei Schlaganfall-Patienten gemacht haben. Sie kommen zu dem Schluss, dass durch Druckmessungen während des forcierten ROSS-Tests, also forciertem Saugen, besser eine Dysphagie aufgedeckt werden kann als während des normalen Saugens.

In den passiven Phasen PWB und PBB ergaben sich für die maximalen negativen Amplituden beim Schlucken keine signifikanten Unterschiede und keine sichtbaren Trends zwischen den Defektklassen. Die Patienten sollten normal und nicht forciert schlucken. Einige Patienten scheinen durch leichtes Saugen ihre Beeinträchtigung zu kompensieren, andere lassen den Bolus wohl durch möglichst passives Verhalten in den Pharynx gleiten oder versuchen durch Kompression den Bolus aus dem funktionstoten Raum zu eliminieren. Beim Wasserbolus ist der Mittelwert der Defektklasse D0 jedoch höher (20,5 mbar) als die Mittelwerte der Defektklassen 1 - 4 (5,5 - 14,6 mbar). Nicht operierte Patienten erzeugen offensichtlich beim normalen Schlucken größere Unterdrücke. Gesunde, junge Probanden schlucken einen Wasserbolus jedoch unter noch größerer Unterdruckentwicklung (31 mbar) (Santander 2012).

Nur beim Schlucken des Breibolus ergeben sich kaum Unterschiede für die Defektklassen (8,3 - 19,3 mbar). Diese Drücke zeigen, dass die Breikost bei dysphagischen Patienten besser als Wasser geschluckt werden kann und die Beeinträchtigung nicht so groß ist. Das spiegelt sich auch in den allgemein anerkannten Therapieprinzipien wider, die bei vermindertem Schluckvermögen angedickte Nahrung empfehlen (Logemann 1998; Böhme 2006). Aber auch beim Schlucken des Breibolus erzeugen junge, gesunde Probanden einen deutlich höheren Unterdruck (37 mbar) (Santander 2012). Allerdings wurden in der Untersuchung von Santander (2012) alle Amplituden der Phasen PWB und PBB ausgewertet, in der vorliegenden Arbeit wurde aber nur die jeweils maximale negative Amplitude berücksichtigt. Wenn alle Amplituden miteinbezogen worden wären, wäre die Diskrepanz sicherlich noch größer. Man kann also auch in den passiven Phasen anhand der Amplitudenhöhe einen Unterschied zwischen jungen, gesunden Probanden, älteren Patienten ohne Defekt und Patienten mit Defekt beobachten.

Fazit der manometrischen Untersuchungen

Durch die Analyse der manometrischen Daten der mit und ohne Defekt untersuchten Tumorpatienten kann ein manometrisches Merkmal benannt werden, das durch operationsbedingte Koordinationsstörungen verursacht ist und sich in der Saugphase (AWB) manifestiert. Die Polyphasie, also mehrere negative und ggf. positive Amplituden pro

Saugvorgang, ist Ausdruck der orofazialen Dyskoordination.

Außer den dyskoordinierten Saugbewegungen fällt die verringerte Saugkraft auf, die sich in kleineren maximalen negativen Amplituden und im verminderten mittleren Saugdruck äußert.

Signifikante Unterschiede zwischen den Defektklassen wurden in der Phase AWB für alle Parameter beobachtet, für weitergehende Studien ist diese Phase also am interessantesten. In der Phase PWB gab es keine signifikanten Unterschiede. Die Phase der passiven Breigabe ist ebenfalls von Bedeutung, da dort kaum Unterschiede zwischen D0 und D1 - D5 auftreten. Diese Phase kann als Kontrolle dienen, da Breikost am besten von dysphagischen Patienten geschluckt werden kann.

In dieser Studie zeigt die Defektklasse 1 bei den meisten untersuchten Parametern annähernd dasselbe Schluckvermögen wie die präoperativ untersuchte Defektklasse D0. Bei einem kleinen anterior gelegenen Defekt war dies zu erwarten. Am stärksten beeinträchtigt sind die Defektklassen 2 und 3. Patienten der Defektklasse 4 hatten eine geringere Beeinträchtigung, angesichts des größeren Strukturdefektes vor allem auch im Zungengrundbereich wurde eigentlich das Gegenteil erwartet. Nach den Überlegungen der Defektauswirkungen am biofunktionellen Modell wurde bei D4 die größte Beeinträchtigung aufgrund der Lokalisation im Bereich des velolinguale Verschlusses angenommen, bei D2 wurde ein besseres Saug- und Schluckvermögen erwartet. Die große Beeinträchtigung in D2 zeigt die starke Beteiligung der anterioren Mundbodenstrukturen beim Saugen und Schlucken und deren schlechte Adaptationsfähigkeit nach einer Operation. Eine Überprüfung in einem größeren Patientenkollektiv mit genauerer Einbeziehung des Rekonstruktionsausmaßes in Relation zum Defekt wäre notwendig.

4.2.2 Pharyngoskopie - in Abhängigkeit von Applikationsart und Boluskonsistenz

Methodik des Bewertungsscores

Um die pharyngeale Schluckfunktion zuverlässig und einheitlich anhand von videoendoskopischen Aufnahmen bewerten zu können, wurden in der Vergangenheit Scores für verschiedene pharyngeale Parameter entwickelt (Bastian 1993; Rosenbek et al. 1996; Butler et al. 2009; Hyodo et al. 2010). Einige davon, wie auch die PAS-Skala (Penetrations-Aspirations-Skala, Rosenbek et al. (1996)), wurden ursprünglich für die videofluoroskopische Bewertung erstellt und später auf die Videoendoskopie übertragen (Colodny 2002). Gerade bei dem acht-stufigen PAS-Score wurde eine Reduzierung von Dziewas et al. (2008) auf 5 Abstufungen vorgeschlagen, da eine klinische Situation nicht immer eindeutig zu einem Score-Wert zugeordnet werden konnte.

Schon nach der Aufstellung des bebilderten Bewertungsscores hat sich herausgestellt, dass eine reproduzierbare Zuordnung einer klinischen Situation zu einem Score-Wert

nicht immer gewährleistet werden konnte. Insbesondere die Score-Werte 1 und 2 waren problematisch zu unterscheiden. Die drei dichotomen Parameter ‚nasale Regurgitation‘, ‚laryngeale Penetration‘ und ‚Aspiration‘ konnten hingegen sicher beurteilt werden. Man könnte also auch einen dreigeteilten Score aufstellen, in dem auf unseren anfänglichen Score bezogen Score 0 den Idealfall repräsentiert, Score 1 und 2 den physiologischen Bereich und Score 3 die pathologische Situation beschreiben.

Für die klinische Bewertung der pharyngealen Schluckfunktion ist aber allein die Unterscheidung der physiologischen von der pathologischen Situation von Bedeutung, die Abgrenzung des Idealfalls oder eine unsichere Differenzierung von physiologischen Situationen ändert nicht die Empfehlung für eine bestimmte Kostform. Daher wurde der Score dichotomisiert und nur die Physiologie oder die Pathologie eines Parameters mit 0 bzw. 1 bewertet. Unter dem Gesichtspunkt müssen die Studien mit Score-Anwendung, die oben angegeben worden sind, auf die Notwendigkeit der differenzierten Angaben überprüft werden.

Es gibt aber auch Studien, die keinen Nutzen in der Score-Anwendung sehen und sich auf dichotome Aussagen beschränken. So haben Schröter-Morasch et al. (1999) bei Patienten mit neurogenen Dysphagien videoendoskopisch die laryngeale Mobilität, Retentionen, Pooling, Penetration und Aspiration ohne Score bestimmt. Aviv (2000) hat die Videoendoskopie im Vergleich mit der Videofluoroskopie als diagnostische Untersuchung bei dysphagischen Patienten verwendet, um Empfehlungen zur Ernährung und zu Haltungsänderungen zu geben. Der Erfolg der Empfehlungen wurde anhand der Inzidenz der Pneumonien im folgenden Jahr gemessen. Beide Methoden ergaben die gleichen Resultate; dabei wurde das Schluckvermögen endoskopisch dichotom bewertet. Betrachtet wurden posteriore Leckage, pharyngeale Residuen und Pooling, Aspiration, ösophagealer Reflux und die laryngopharyngeale Sensibilität. Diese Studie mit recht großem Patientenkollektiv ($n = 126$) zeigt, dass die dichotome Bewertung der Parameter für die klinische Schlussfolgerung geeignet ist. In unseren Untersuchungen wurden diese Parameter bis auf den Reflux und die Sensibilität überprüft. Daher kann man davon ausgehen, dass auch bei uns die dichotome Bewertung eine gute Aussagekraft besitzt.

Defektsituation und endoskopische Befunde

Mit der Auswertung der endoskopischen Scorewerte, bei denen 0 der minimale, physiologische Wert und 7 der maximal pathologische Wert ist, wurde die pharyngeale Schluckfunktion von Patienten beurteilt, deren Tumor rein oral lokalisiert war. Auch wenn beschrieben wird, dass oft schon präoperativ die Schluckfunktion der Tumorpatienten beeinträchtigt ist (Jäghagen et al. 2008; Kreeft et al. 2009), muss dabei berücksichtigt werden, dass es sich um Studien handelt, die nicht nur orale, sondern auch oropharyngeale Tumoren miteinbezogen haben und die verstärkt die pharyngeale Phase betrachtet haben. Bei rein orofazialer Tumorlokalisation sollte das pharyngeale Schluckvermögen

also weitgehend physiologisch sein, was auch Tei et al. (2007) beschreiben. Auch bei uns hat, wie zu erwarten, die ohne Defekt untersuchte Patientengruppe D0 in allen Versuchsphasen durchgehend einen Medianwert von 0 und somit eine physiologische Funktion. Patienten mit Defekt zeigen bei der Betrachtung der Medianwerte in den jeweiligen Defektklassen eine Verschlechterung der pharyngealen Schluckfunktion in allen Versuchsphasen im Vergleich zum Schluckvermögen von Patienten ohne Defekt. Diese Unterschiede sind im Paarvergleich von D0 mit D1 - D5 für die Phasen AWB und PWB signifikant ($p = 0,02$ bzw. $p < 0,01$), für die Phase PBB mit $p = 0,11$ jedoch nicht. Das entspricht den Untersuchungen von Tei et al. (2007), die eine schlechtere oropharyngeale Schluckfunktion nach der Operation von oralen Tumoren ergaben. Es wurde videofluoroskopisch das Schluckvermögen von Wasser und Brei präoperativ und zu verschiedenen Zeitpunkten postoperativ überprüft, jedoch nicht beim Saugen. In der ersten, einen Monat postoperativen Untersuchung konnte Brei besser als Flüssigkeit geschluckt werden. Dieses Ergebnis kann mit unseren Untersuchungen bestätigt werden, da sich bei der Scorewert-Betrachtung beim Wasserbolus schlechtere Medianwerte für die Defektklassen ergeben als beim Breibolus. Im Paarvergleich von D0 mit D1 - D5 äußert sich dies im signifikanten Unterschied bei der Wasserbolusgabe, die Breibolusgabe zeigte dagegen keinen signifikanten Unterschied im pharyngealen Schluckvermögen. In der aktiven Phase (AWB) ergaben sich für die Defektklassen D1 - D5 etwas bessere Resultate als bei der Wasserbolusgabe, allerdings schlechtere als bei der Breibolusgabe. Das ist am Verlauf der Medianwerte (siehe dazu Ergebnisteil, 3.4.2) und in den Paarvergleichen D0 mit D1 - D5 erkennbar (PWB ($< 0,01$) $<$ AWB (0,02) $<$ PBB (0,11)). Die geringfügig bessere Passage beim Wassersaugen könnte damit erklärt werden, dass während des Saugprozesses das oropharyngeale System schon in eine Vorspannung versetzt wird und der Patient ohne sich dessen bewusst zu sein eine Art forciertes Schlucken durchführt, das die pharyngeale Passage erleichtert (Logemann 1998). Die Flüssigkeitsapplikation mittels Strohhalm, also das Ansaugen von Wasser, wird auch therapeutisch genutzt (Gaziano 2002). Statt des Strohhalmes kann auch der Vakuumaktivator verwendet werden, der zusätzlich zu dem Saugeffekt den äußeren Mundschluss verbessert und so die Saugdruckgenerierung erleichtert.

Im Gegensatz zu den auf die Defektklassen bezogenen manometrischen Resultate, die Widersprüchliches ergeben haben, scheinen die endoskopischen Werte plausibler zu sein. In allen drei Versuchsphasen zeigt D0 die beste pharyngeale Schluckfunktion (Medianwerte der Scores: 0) und D5 (hier Velumdefekt) in den zwei durchgeführten Phasen die schlechteste (Medianwerte: AWB 6,5 und PBB 2,5). Die Defektklassen des Mundbodens und der Zunge liegen mit ihren Medianwerten dazwischen, 0,5 - 2,5 in der Phase AWB, 1,0 - 3,0 in der Phase PWB und 0 - 1,5 in der Phase PBB. Von ihnen hatten jeweils die Defektklassen mit größeren Defekten, also D2 und D4, ein schlechteres pharyngeales Schluckvermögen als die Klassen mit gleicher Lokalisation und kleinerem Defekt (D1

und D3). Auch Pauloski et al. (2004) beschreiben eine größere Beeinträchtigung der pharyngealen Phase, wenn mehr Gewebe reseziert wird. Ebenso haben Borggreven et al. (2007) bei Patienten mit Tumorresektion im Mund und Oropharynx und nach Lappenrekonstruktion videofluoroskopisch eine größere Beeinträchtigung der Schluckfunktion bei größeren Tumoren (T3 und T4) festgestellt. Tei et al. (2007) haben außer bei T4- und T3-Tumoren auch bei T2-Tumoren schwerere Schluckstörungen beobachtet. Speziell für die T2-Tumoren der Zunge beschreiben Tei et al. (2007) eine höhere Prävalenz von Patienten, die Brei schlechter als Flüssigkeit schlucken konnten. Dieses Ergebnis konnte bei uns nicht nachvollzogen werden, vielmehr hat auch die Wasserbolusgabe bei D1 und D3 eine schlechtere Schluckfunktion als bei Breigabe gezeigt; die Streuung der Werte ist größer, was auch das Vorliegen stärkerer Schluckstörungen zeigt.

Genauso wie Pauloski et al. (2004) können wir Beeinträchtigungen der pharyngealen Schluckfunktion dokumentieren, auch wenn die Tumorresektion nur den anterioren Mundboden oder die anteriore Zunge betroffen hat, bei uns die Defektklasse D1 und D2. Diese Patienten werden laut Pauloski et al. (2004) eigentlich traditionellerweise so betrachtet, dass sie eine gute Funktion trotz des Resektionsausmaßes haben [„...a group that is traditionally considered to have good function despite the extent of resection.“ (Pauloski et al. 2004, Seite 633)]. Diese Aussage ist offensichtlich nicht zutreffend. Wie Hirano et al. (1992) herausfanden, ist das Resektionsausmaß wohl von Bedeutung, da bei größeren Tumoren sowohl der M. geniohyoideus und M. mylohyoideus entfernt werden. Durch die Resektion dieser Mundbodenmuskeln kann die Anhebung des Larynx erschwert sein, was dann vermehrte Residuen und auch Aspirationen nach sich ziehen kann (Mittal et al. 2003).

Bei den zwei Patienten der Defektklasse 5 wurden nur die aktive Saugphase und die passive Phase der Breigabe durchgeführt. Die Saugphase war hochpathologisch und wurde abgebrochen, die Breiphase konnte jedoch ausgeführt werden. Bei der Tumorklassifikation im Bereich des Velums wurden insuffiziente velolinguale und velopharyngeale Verschlüsse beobachtet, dadurch konnte der Wasserbolus nicht koordiniert in den Pharynx gelangen und der Patient aspirierte, bevor er schlucken konnte. Das langsamere Fließen des Breis ermöglicht, dass dieser Bolus kontrollierter geschluckt werden kann (Gaziano 2002). Eine nasale Regurgitation wurde auch festgestellt. Diese Beobachtungen widersprechen Caliceti et al. (2004), die bei vier Fällen mit reseziertem und rekonstruiertem weichem Gaumen minimale nasale Regurgitation und keine signifikanten pathologischen Veränderungen in der pharyngealen Phase beschreiben. Allerdings wird häufig, wie auch bei uns beobachtet, bei beeinträchtigter Funktion des Velums eine nasale Regurgitation und eine pharyngeale Fehlfunktion erwähnt (Gaziano 2002).

Die Defektklassifikation hat offensichtlich bei der Bewertung der pharyngealen Phase mit der Literatur weitgehend übereinstimmende Ergebnisse geliefert. Eine Verschlech-

terung des pharyngealen Schluckvermögens bei vorliegendem Defekt in allen Phasen, die beim Wassersaugen und der Wasserbolusgabe signifikant ist, sowie eine Korrelation mit zunehmender Tumorgröße wurden festgestellt. Ein Erklärungsansatz für die Anwendbarkeit bei der endoskopischen, aber nicht bei der manometrischen Bewertung ist, dass der nicht erfasste Faktor der Lappenausdehnung nicht so großen Einfluss auf die pharyngeale Phase hat wie auf die orale. Für die Funktion der pharyngealen Phase ist die Integrität der Mundbodenmuskulatur wichtig. Wenn diese einmal zerstört ist, ist die Beschaffenheit des Lappens zweitrangig. Im Bereich des Zungengrundes ist ein suffizienter velolinguale Verschluss von Bedeutung, um eine posteriore Leckage zu verhindern. Dieser kann bei intaktem Velum auch bei Lappenausdehnung in diesen Bereich relativ gute Resultate zeigen.

4.2.3 Schlussfolgerungen der manometrischen und endoskopischen Untersuchungen

Die statistische Auswertung der manometrischen und endoskopischen Parameter ergab in der Saugphase (AWB) immer signifikante Unterschiede im Vergleich von D0 mit D1 - D5. Zur Differenzierung der Patienten mit und ohne Defekt, bzw. mit und ohne Beeinträchtigung des oropharyngealen Schluckvermögens, muss der Phase AWB eine große Bedeutung beigemessen werden.

Die manometrischen Messungen in der Saugphase (AWB) zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Defektsituationen und deutlich verschiedene Schluckmuster, die der Dysphagie-Diagnostik dienen können. Bei der Breigabe (Phase PBB) sind große Übereinstimmungen zwischen Patienten mit und ohne Defekt zu finden. Daher kann bei stark pathologisch veränderter Phase AWB, bei der ein Saugen kaum oder nicht möglich oder von massiver Aspiration begleitet ist, durch die Breigabe identifiziert werden, ob eine orale Ernährung zumindest durch Breikost erfolgen kann. Die Phase der Breigabe kann theoretisch mit minimaler Druckentwicklung einhergehen und oral pathologisch erscheinen, aber solange keine Aspiration auftritt, kann dem Patienten die Aufnahme von Brei gestattet werden.

Die Bewertung der endoskopischen Videos wurde anhand von sieben Parametern durchgeführt. Pathologisch sind unter anderem die nasale Regurgitation und die posteriore Leckage. Insbesondere Residuen, Penetration und Aspiration weisen auf massive Pathologien hin (Logemann 1998). Die Parameter Pooling und Wasserbolusverweilzeit sind weniger wichtig, wenn man nur den physiologischen vom pathologischen Zustand unterscheidet, da der pathologische Zustand dieser Parameter in einer Penetration resultiert. Daher ist die Bewertung der Penetration als resultierender Parameter ausreichend. Die dichotome Bewertung der Parameter hat sich als aussagekräftig herausgestellt.

Bezüglich der auszuführenden Phasen ist anzumerken, dass in der Endoskopie beide Wasserbolusphasen (aktiver und passiver Wasserbolus) im Vergleich von D0 mit D1 -

D5 signifikant unterschiedlich waren. Beide Phasen eignen sich also zur Differenzierung von Patienten mit und ohne Defekt. Manometrisch erlaubt nur die Saugphase (AWB) eine Unterscheidung. Daher reicht es aus, die Saugphase und die Breigabe (PBB) durchzuführen, denn wenn ein Patient in der Saugphase eine tolerable pharyngeale Funktion zeigt, kann ihm die Flüssigkeitszufuhr gegebenenfalls auch unter Zuhilfenahme eines Strohhalmes oder besser des Vakuumaktivators empfohlen werden. Die Breigabe sollte aufgrund der besseren Passage des Pharynx zur Differenzierung des Schweregrads der Dysphagie auch bei dysphagischen Patienten angewendet werden.

Bei der vergleichenden Betrachtung des Schluckvermögens der oralen und pharyngealen Phase kann man keine direkte Abhängigkeit festmachen, was bei einer rein orofazialen Tumorlokalisation nachvollziehbar ist. Nur für Tumoren des anterioren Mundbodens wurde mit beiden Methoden eine Verschlechterung der Schluckfunktion mit zunehmender Tumorgröße beobachtet. Die Kombination von Manometrie und Endoskopie ist sehr vorteilhaft, da die orale und die pharyngeale Phase zusammen beurteilt werden können. So kann eine gute pharyngeale Funktion nicht über eine Fehlfunktion in der oralen Phase hinwegtäuschen. Andersherum ist auch die Manometrie nicht als alleiniges Dysphagie-Diagnostikum geeignet, da mit einem Wasserschlucktest keine mit der pharyngealen Untersuchung übereinstimmende Aussage über den Aspirationsstatus getroffen werden kann (Suiter und Leder 2008; Patterson et al. 2011). Davon abgesehen ist die stille Aspiration nur mit dem Endoskop aufzudecken.

Sowohl bei den manometrischen als auch zumindest teilweise bei den endoskopischen Untersuchungen muss von einer Überlagerung der Defektauswirkung auf das Schluckvermögen durch die Rekonstruktion ausgegangen werden. Die Einbeziehung aller dieser Faktoren würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, jedoch kann mit Hinblick auf das biofunktionelle Modell eine schluckfunktionelle Rekonstruktion gefordert werden. Dieses Anforderungsprofil an die Strukturen beinhaltet, nachdem in dieser und in der vorherigen Untersuchung (Santander 2012) Beobachtungen des Bolustransports durch negative Druckgeneration in den oralen Kompartimenten gemacht wurden, die Bildung suffizienter Verschlüsse und ein Mindestmaß an Mobilität der Strukturen. Bei der operativen Versorgung sollte insbesondere auf die Funktionalität des Lippenschlusses, des posterioren Mundschlusses und des velopharyngealen Verschlusses geachtet werden, um eine kontrollierte orale Boluspassage zu ermöglichen und eine nasale Regurgitation zu vermeiden. Von gleich hoher Bedeutung ist die Erhaltung der Mobilität des Mundbodens, um zum einen Druck zu generieren und den Bolus zu bewegen und zum anderen die Vertikalbewegung des Zungenbeins für einen suffizienten Kehlkopfverschluss zu sichern und so eine Aspiration zu vermeiden. Die Kontraktionsfähigkeit der Pharynxwandmuskeln ist notwendig für eine gute Clearance und den velopharyngealen Verschluss. Mit der manometrisch-endoskopisch kombinierten Diagnostik können die eben beschriebenen Verschlüsse und Kompartimente alle bewertet werden, siehe dazu Abb. 4.1. Der Lip-

penschluss wird manometrisch nur erfasst, wenn nur ein orales Kompartiment besteht, der palatolinguale Verschluss also insuffizient ist. Bei Lappenrekonstruktion sollte auf die Ausdehnung und das Volumen geachtet werden (Pauloski et al. 2004). Die Berücksichtigung dieser funktionellen Zusammenhänge kann das postoperative Schluckvermögen deutlich verbessern.

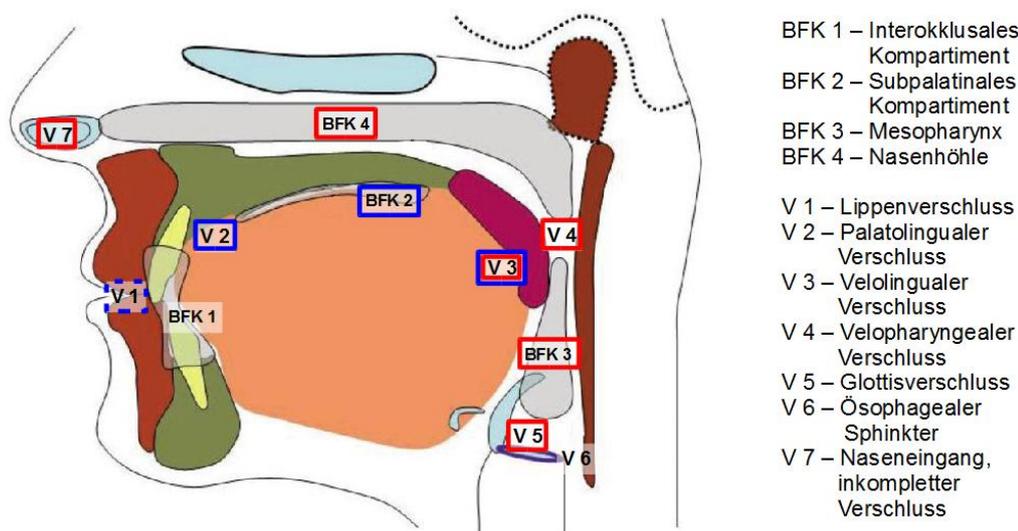


Abbildung 4.1: Instrumentelle Beurteilung der biofunktionellen Verschlüsse und Kompartimente des oropharyngealen Systems durch BLAU: Manometrie und ROT: Endoskopie. V1 ist nur bei insuffizientem V2 beurteilbar, es existiert dann nur ein orales Kompartiment (BFK1 + BFK2). Abbildung modifiziert nach Engelke (2009, Seite 315-316).

4.2.4 Selbsteinschätzung

Die Selbsteinschätzung des Schluckvermögens hat in dieser Untersuchung keine eindeutig verwertbaren Ergebnisse ergeben. Zwar sind die Mittelwerte der Visuell-Analog-Skala der präoperativ befragten Patienten für Speichel, Brei und Flüssigkeit schlucken besser als die postoperativen Angaben, aber die Überschneidungen sind zu groß, als dass man tendenzielle Aussagen treffen könnte. Da es durchaus üblich ist, Fragebögen zur Bewertung der Schluckfunktion zu verwenden und auch eindeutige Korrelationen unter anderem mit der Lokalisation, Tumorgröße und Rekonstruktion gemacht werden können (Schliephake und Jamil 2002; Zuydam et al. 2005; Rogers et al. 2008; Suarez-Cunqueiro et al. 2008; Dwivedi et al. 2012), müssen hier ein zu kleines Patientenkollektiv oder ein zu undifferenziertes Design des Fragebogens angenommen werden, die eine eindeutige Aussage verhindert haben. Allerdings ist die Selbsteinschätzung des Patienten durch die Subjektivität unzuverlässig und kann eine Dysphagie, zum Beispiel eine stille Aspiration, nicht ausschließen.

4.3 Empfehlungen für folgende Untersuchungen

Für folgende Studien mit größerem Patientenkollektiv und Untersuchungen mit diagnostischem Charakter ist das Beibehalten des standardisierten Ablaufs notwendig, um eine Vergleichbarkeit und Weiterverwendung der hier erhaltenen Studienergebnisse zu ermöglichen. Allerdings kann die Fokussierung auf die Parameter empfohlen werden, welche sich in dieser Untersuchung als am aussagekräftigsten herausgestellt haben.

Bei der Durchführung der Manometrie sollte zum einen der Leistungstest getrennt von den zehn Saug-Schluckakten stattfinden, um die Homogenität der Saugamplituden nicht zu verfälschen; zum anderen kann die Untersuchung auf die Phase des Saugens (AWB) und die passive Gabe des Breibolus (PBB) reduziert werden. Die Bewertung der endoskopischen Videos kann auf die Parameter der nasalen Regurgitation, posterioren Leckage, Residuen, Penetration und Aspiration beschränkt werden. Die dichotome Bewertung hat sich als praktikabel erwiesen und sollte daher beibehalten werden.

Hinsichtlich der technischen Durchführung und Datenerhebung sollte das Saugvolumen genau dokumentiert, die Geräte sollten zeitlich synchronisiert und eine elektronische Bildverarbeitung angestrebt werden. Langfristig wäre die Verwendung von Hochgeschwindigkeitsendoskopie und die Ergänzung durch pharyngeale Manometrie wünschenswert. So könnte der immer noch nicht vollständig verstandene Schluckakt genauer und noch weitere Facetten einschließend erforscht werden.

4.4 Diagnostische und therapeutische Möglichkeiten

Das diagnostische Vorgehen, das in dieser Untersuchung präsentiert wurde, sollte entsprechend der im vorherigen Abschnitt 4.3 empfohlenen Modifizierung mit Beschränkung auf die Phase des Saugens (AWB) und die passive Gabe des Breibolus (PBB) in die klinische Routine übernommen werden, um dysphagischen Patienten eine die orale und pharyngeale Schluckphase umfassende Diagnostik anzubieten, die mit einfachen Mitteln kostengünstig und vor allem ohne Strahlenbelastung durchzuführen ist. Nicht nur für die Diagnostik von tumorbedingten Dysphagien, sondern auch bei neurogen bedingten Schluckstörungen, insbesondere nach Schlaganfall, und bei habituellen Schluckanomalien bietet sich die Anwendung dieses Verfahrens an. Auch die Verlaufskontrolle ist ohne Probleme möglich. Wenn eine Aspiration und andere pharyngeale Pathologika endoskopisch ausgeschlossen sind, können die Kontrollen auch nur manometrisch erfolgen. Eine funktionelle Verbesserung kann anhand der quantitativen Daten und der Kurvenmorphologie objektiv verfolgt werden.

Zusätzlich zu dem diagnostischen Nutzen des modifizierten Vakuumaktivators sollten die therapeutischen Optionen des Geräts - ohne Modifizierung durch die palatinale Schlaufe - beachtet werden. Statt eines Strohhalmes für die Flüssigkeits- oder Breiaufnahme kann der Patient das Mundstück mit einer über einen Schlauch angeschlossenen

Spritze verwenden. Der Lippenschluss kann so kompensiert und der Bolus kontrolliert zugeführt werden. Dem Leitsatz „Schlucken lernt man durch Schlucken“, der unter anderem in Böhme (2006, Seite 421) zu lesen ist, folgend, erscheint eine Übungstherapie durch Ansaugen und Schlucken von Flüssigkeit oder durch fraktionierte Bolusgabe mit gleichzeitiger Kontrolle der ausgeübten Saugdrücke während des oralen Bolustransports sinnvoll. So können die Strukturen gekräftigt werden, wenn nur geringe Saugdrücke erreicht werden, und die Schluckaktionen können rhythmisiert werden, wenn ein polyphasisches Schluckmuster diagnostiziert wurde. Wenn die Aspirationsgefahr zu hoch ist, kann das Ansaugen ohne Flüssigkeit erfolgen und die Unterdruckbildung durch das Saugen und das Trockenschlucken und die resultierende Kompartimentbildung an der Membran kontrolliert werden. Im nächsten Schritt kann dann die Breibolusgabe erfolgen, da der Breibolus in der vorliegenden Untersuchung von beeinträchtigten Patienten besser geschluckt werden konnte. Therapiefortschritte oder Störungen können durch das manometrische Verfahren dokumentiert werden. Diese objektiven Daten erleichtern die Kommunikation zwischen Therapeuten und Arzt.

Die Endoskopie wird bereits routinemäßig in der Schlucktherapie angewendet (Logemann 1998; Schröter-Morasch et al. 1999). Aufgrund der vorhandenen Erfahrung kann die Endoskopie mit der Manometrie kombiniert werden und in ein klinisches Setting integriert werden. Bei eingesetztem Mundstück und definierter kontrollierter Bolusgabe über dieses und gleichzeitiger Endoskopie kann eine Aspirationskontrolle durchgeführt werden, außerdem kann die Detektion von Penetration, nasaler Regurgitation, posteriorer Leckage und Residuen erfolgen. Wichtig ist auch die Möglichkeit, den Effekt von Kompensationsstrategien zu visualisieren und die Strategien gegebenenfalls abzuändern. Die Strategien können unterstützt und optimiert werden, indem der Bolus über das Mundstück seitengetreunt appliziert wird. Ebenso können Schluckmanöver beobachtet und erleichtert werden, indem der Bolus räumlich, zeitlich und mengenmäßig kontrolliert gegeben werden kann.

Die Kombination der manometrischen und pharyngoskopischen Methode ermöglicht so eine umfassende Diagnostik und Therapie, die mit alleiniger endoskopischer Untersuchung nicht erreicht werden kann.

5 Zusammenfassung

Hintergrund: Organische Störungen des Schluckvorganges treten im Rahmen peripherer anatomischer Läsionen sowie im Rahmen neurologischer und neuromuskulärer Grunderkrankungen auf. Dabei wird die Pathologie der oropharyngealen Phase des Schluckvorganges bisher nur unzureichend objektiv erfasst. Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, mit oraler Manometrie und simultan durchgeführter flexibler Nasopharyngoskopie ein verbessertes multimodales diagnostisches Konzept vorzustellen.

Patienten und Methode: Untersucht wurden 24 konsekutive Patienten (44-82 Jahre; 20m/4w) aus der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universitätsmedizin Göttingen. Alle Patienten wiesen einen Tumor im orofazialen Bereich auf. 30 kombiniert manometrisch-endoskopische Untersuchungen in der prä- und postoperativen Phase wurden durchgeführt. Die orale Manometrie erfolgte während der intraoralen Bolusapplikation mit kontinuierlicher Druckmessung über ein zu diagnostischen Zwecken umgerüstetes Silencos-Mundstück in Kombination mit einem Manometer. Die nasopharyngeale Endoskopie erfolgte parallel mit dem flexiblen Laryngo-Fiberskop und angeschlossener Videokette. Alle Patienten wurden klinisch untersucht und erhielten einen Fragebogen zur Selbsteinschätzung der Schluckfunktion. Das Untersuchungsprotokoll bestand aus drei Phasen mit aktivem Ansaugen eines Wasserbolus durch den Patienten (AWB) sowie der intraoralen Applikation eines Wasserbolus (PWB) und eines Breibolus (PBB) durch den Untersucher. Es wurden jeweils 10 Wiederholungen für den Saugvorgang und jeweils 5 für die passive Applikation aufgezeichnet. Die nasopharyngeale Endoskopie erfolgte aus einer supravularen Position für die ersten 5 Versuche und aus einer mesopharyngealen Position für alle weiteren Bolusapplikationen. Auswertung: Die Resultate wurden nach der Defektsituation der Patienten aufgeschlüsselt. Mehrfachuntersuchungen waren möglich. Maßgeblich ist das Fehlen von funktionell relevantem Gewebe. Als Defektsituationen wurden definiert: D0 ohne, D1-D5 mit Operationsdefekt. Defektsituation im anterioren oralen Bereich durch T1-/T2-Tumoren: D1, durch T3-/T4-Tumoren: D2; im posterioren oralen Bereich durch T1-/T2-Tumoren: D3, durch T3-/T4-Tumoren: D4; sonstige: D5.

Ergebnisse: *Manometrie.* In der Phase AWB ergaben sich signifikante Unterschiede im Paarvergleich von D0 mit D1-D5 für alle untersuchten Parameter, das heißt Häufigkeit des Auftretens mono- bzw. polyphasischer Schluckmuster (Anzahl der negativen ($p < 0,01$) und positiven ($p = 0,02$) Amplituden), maximaler ($p = 0,04$) und mittlerer

($p = 0,04$) Saugdruck. Für D0 ergab sich ein maximaler Saugdruck von 83,9 mbar und ein mittlerer von 62,7 mbar. Für D1-D5 ergab sich ein maximaler Saugdruck von 51,0 mbar und eine mittlerer von 28,8 mbar. In der Phase PWB wurden keine, in der Phase PBB wurde nur ein signifikanter Unterschied ($p = 0,03$) beim Vergleich von D0 mit D1-D5 in der Anzahl der positiven Amplituden gefunden. Defektklassenbezogen zeigte D2 im Vergleich zu D0 eine geringe und unregelmäßige Druckgeneration, die orale Saug- und Schluckfunktion von D3 war meist deutlich schlechter als die von D4. D5 zeigte mittlere Resultate. *Endoskopie.* Es wurde ein physiologisches pharyngeales Schluckvermögen bei D0 beobachtet. Passagestörungen des Meso- und Hypopharynx zeigten die anderen Defektklassen. In den Phasen AWB und PWB gab es im Vergleich von D0 mit D1-D5 signifikante Unterschiede ($p = 0,02$ und $p < 0,01$). In allen drei Phasen war bei den Patienten mit D2 und D4 die pharyngeale Schluckfunktion schlechter als bei D1 und D3. Die zwei Patienten in D5 hatten mit Rezidiv im Velumbereich die schlechteste pharyngeale Schluckfunktion. Die *Selbsteinschätzung* durch die Patienten war nicht aussagekräftig.

Schlussfolgerungen: Die manometrisch-endoskopische Untersuchung liefert diagnostisch nutzbare Informationen der oralen und pharyngealen Schluckphasen bei Tumorpatienten. Manometrisch lässt sich die Amplitudenhöhe beim Wassersaugen zur graduierten Differenzierung von Patienten mit und ohne Defekt nutzen; der Breibolus ergibt kaum Unterschiede. Das Schluckmuster in Form von mono- bzw. polyphasischen Druckverläufen ermöglicht die klinische Diagnostik von muskulären Dyskoordinationen und Kompensationsstrategien. Endoskopisch ist die dichotome Bewertung der nasalen Regurgitation, posterioren Leckage, Residuen, Penetration und Aspiration aussagekräftig; nur bei Tumoren des anterioren Mundbodens besteht meistens eine Korrelation mit den manometrischen Ergebnissen, jedoch nicht bei allen Patienten. Eine kombinierte Anwendung der Methoden ist daher zu empfehlen.

6 Anhang

6.1 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ANOVA	englisch: <i>analysis of variance</i> (Varianzanalyse)
AWB	Aktiver Wasserbolus
BFE	Biofunktionelle Einheit
BFK	Biofunktionelles Kompartiment
BFM	Biofunktionelles Modell
BFV	Biofunktioneller Verschluss
D	Defektklasse
EBV	Eppstein-Barr-Virus
FEES	<i>Fiberoptic Endoscopic Evaluation of Swallowing</i>
FEESST	<i>Fiberoptic Endoscopic Evaluation of Swallowing with Sensory Testing</i>
HPV	Humanes-Papillom-Virus
IOPI	<i>Iowa Oral Performance Instrument</i> (IOPI Medical LLC, Carnation, WA, USA)
KI	Konfidenzintervall
LED	lichtemittierende Diode
m	männlich
M	Metastasen (TNM-Klassifikation)
M./Mm.	Musculus/Musculi
Max.	Maximum
mbar	Millibar
Median	Medianwert
Min.	Minimum
MRT	Magnetresonanztomographie
MW	Mittelwert
n	Anzahl
N	Regionäre Lymphknoten (TNM-Klassifikation)
N.	Nervus
OPSE	<i>Oropharyngeal Swallow Efficiency</i> / Oropharyngeale Schluckeffizienz

p	p-Wert
PAS	Penetrations-Aspirations-Skala
PBB	Passiver Breibolus
PEG	Perkutane endoskopische Gastrotomie
PVC	Polyvinylchlorid
PWB	Passiver Wasserbolus
ROSS-Test	<i>Repetitive Oral Swallow Suction Test</i>
Std.Abw.	Standardabweichung
t	Zeit
T	Primärtumor (TNM-Klassifikation)
Tab.	Tabelle
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
V	Biofunktioneller Verschluss
w	weiblich
ZRM	Zungenrepositionsmanöver

6.2 Abbildungsverzeichnis

1.1	Funktionseinheiten des oropharyngealen Systems.	2
1.2	Wirkrichtung der wichtigsten Muskeln und Muskelgruppen des oropharyngealen Systems.	3
1.3	Biofunktionelle Verschlüsse und Kompartimente des oropharyngealen Systems.	6
1.4	Geschlossene Ruhelage des oropharyngealen Systems.	7
2.1	Altersverteilung der untersuchten Patienten.	26
2.2	Lokalisation der Defektklassen im biofunktionellen Modell.	28
2.3	Verteilung der Defektklassen.	29
2.4	Vakuumaktivator (Silencos Bredent, Senden, Deutschland)	29
2.5	Modifizierter Vakuumaktivator (Silencos Bredent, Senden, Deutschland).	30
2.6	Schema des Versuchsaufbaus.	32
2.7	Optik und Zubehör für die endoskopische Untersuchung.	33
2.8	Screenshot des Programms GSOF3050 (Greisinger, Regenstauf, Deutschland).	35
2.9	Umkehrung der Ordinatenwerte in den Druckdiagrammen.	36
2.10	Identifizierung schluckbezogener Druckveränderungen.	37
2.11	Schluckmuster.	38
2.12	Referenzbilder für den Endoskopie-Score.	42
3.1	Präoperativer Fall: Druckdiagramm einer 74 Jahre alten Patientin mit D0.	44
3.2	Präoperativer Fall: Bildsequenz der Endoskopie einer 74 Jahre alten Patientin mit D0.	45
3.3	Postoperativer Fall 1: Druckdiagramm einer 71 Jahre alten Patientin.	46
3.4	Postoperativer Fall 1: Bildsequenz der Endoskopie einer 71 Jahre alten Patientin.	48
3.5	Postoperativer Fall 2: Druckdiagramm eines 51 Jahre alten Patienten.	49
3.6	Postoperativer Fall 2: Bildsequenz der Endoskopie eines 51 Jahre alten Patienten.	50
3.7	Darstellung der relativen Häufigkeit der negativen Amplituden in der Phase AWB im Boxplot.	52
3.8	Darstellung der relativen Häufigkeit der positiven Amplituden in der Phase AWB im Boxplot.	53

3.9	Darstellung der maximalen negativen Amplituden in der Phase AWB. . .	54
3.10	Darstellung aller negativen Amplituden in mbar der Phase AWB.	55
3.11	Darstellung der relativen Häufigkeit der negativen Amplituden in der Phase PWB im Boxplot.	56
3.12	Darstellung der relativen Häufigkeit der positiven Amplituden in der Phase PWB im Boxplot.	57
3.13	Darstellung der maximalen negativen Amplituden in der Phase PWB. . .	57
3.14	Darstellung der relativen Häufigkeit der negativen Amplituden in der Phase PBB im Boxplot.	58
3.15	Darstellung der relativen Häufigkeit der positiven Amplituden in der Phase PBB im Boxplot.	59
3.16	Darstellung der maximalen negativen Amplituden in der Phase PBB. . .	60
3.17	Darstellung der endoskopischen Score-Werte in der Phase AWB im Boxplot.	60
3.18	Darstellung der endoskopischen Score-Werte in der Phase PWB im Boxplot.	61
3.19	Darstellung der endoskopischen Score-Werte in der Phase PBB im Boxplot.	61
3.20	Darstellung der Selbsteinschätzung der Fähigkeit, Speichel zu schlucken, im Boxplot.	62
3.21	Darstellung der Selbsteinschätzung der Fähigkeit, Brei zu schlucken, im Boxplot.	63
3.22	Darstellung der Selbsteinschätzung der Fähigkeit, Flüssigkeit zu trinken, im Boxplot.	63
4.1	Instrumentelle Beurteilung der biofunktionellen Verschlüsse und Kompartimente des oropharyngealen Systems.	84

6.3 Tabellenverzeichnis

1.1	TNM-Klassifikation der Mundhöhlen- und Oropharynxkarzinome.	13
2.1	Verteilung der T-Klassifikation.	27
2.2	Klassifikation von operationsbedingten Defekten.	27
2.3	Endoskopische Auswertung.	39
3.1	Paarvergleiche der Defektklassen in der Phase AWB für die Häufigkeit der negativen Amplituden.	52
3.2	Paarvergleiche der Defektklassen in der Phase AWB für Häufigkeit der positiven Amplituden.	53
3.3	Paarvergleiche der Defektklassen in der Phase AWB für die maximal negativen Amplituden.	54
3.4	Paarvergleiche der Defektklassen in der Phase AWB für die mittleren negativen Amplituden in mbar.	55
3.5	Paarvergleiche der Defektklassen für die Score-Ergebnisse der endoskopischen Auswertung in der Phase PWB.	62
6.1	Endoskopische Schluckuntersuchungen mit Angabe von Parametern, verwendeten Scores und Kriterien	95
6.2	<i>Fortsetzung:</i> Endoskopische Schluckuntersuchungen	96
6.3	<i>Fortsetzung:</i> Endoskopische Schluckuntersuchungen	97
6.4	<i>Fortsetzung:</i> Endoskopische Schluckuntersuchungen	98
6.5	Phase AWB. Deskriptive Statistik für die Anzahl der negativen Amplituden.	99
6.6	Phase PWB. Deskriptive Statistik für die Anzahl der negativen Amplituden.	99
6.7	Phase PBB. Deskriptive Statistik für die Anzahl der negativen Amplituden.	99
6.8	Phase AWB. Deskriptive Statistik für die Anzahl der positiven Amplituden.	100
6.9	Phase PWB. Deskriptive Statistik für die Anzahl der positiven Amplituden.	100
6.10	Phase PBB. Deskriptive Statistik für die Anzahl der positiven Amplituden.	100
6.11	Phase AWB. Deskriptive Statistik für die maximalen Saugamplituden.	101
6.12	Phase PWB. Deskriptive Statistik für die maximalen Saugamplituden.	101
6.13	Phase PBB. Deskriptive Statistik für die maximalen Saugamplituden.	101
6.14	Phase AWB. Deskriptive Statistik für die mittleren Saugamplituden.	102
6.15	Phase AWB. Deskriptive Statistik für den Endoskopie-Score.	103

6.16 Phase PWB. Deskriptive Statistik für den Endoskopie-Score.	103
6.17 Phase PBB. Deskriptive Statistik für den Endoskopie-Score.	103
6.18 Deskriptive Statistik für die Selbsteinschätzung, Speichel schlucken zu können.	104
6.19 Deskriptive Statistik für die Selbsteinschätzung, Brei schlucken zu können.	104
6.20 Deskriptive Statistik für die Selbsteinschätzung, Flüssigkeit schlucken zu können.	104

6.4 Endoskopische Schluckuntersuchungen

Eine Übersichtstabelle (Tab. 6.1 - 6.4) mit ausgewählten endoskopischen Schluckuntersuchungen mit Angabe von Parametern, verwendeten Scores und Kriterien folgt auf den nächsten Seiten.

Tabelle 6.1: Endoskopische Schluckuntersuchungen mit Angabe von Parametern, verwendeten Scores und Kriterien

Autor	Parameter	Score	Kriterien
Bastian (1993)	Latenzzeit zwischen Bolusgabe und Schluckbeginn frühe posteriore Leckage Pooling Bolusrest oberhalb der Stimm lippen Effizienz des Auswurfes Aspiration Bolusrest in Trachea (insbesondere bei Tracheostoma)		wo, wie viel, Effekt von mehreren Schluckakten, Positionsänderung des Kopfes, Nachspülen (<i>water "chaser"</i>) Auftreten und Zeitpunkt, Husten
Butler et al. (2009)	Penetrations-Aspirations-Skala (Ro- senbek et al. 1996) Wasserbolusverweilzeit pharyngeale Verschlussdauer Residuen in Valleculae und Sinus pyriformes	(Ro- 1-8 in Sekunden in Sekunden 0-3	siehe oben - erstes Bild der Bolusannäherung bis <i>White Out</i> - <i>White Out</i> - Dauer 0: Keine Residuen 1: dünne Schicht Residuen 2: moderate Residuen (mehr als Beschichtung, weniger als 50 % des Bolus) 3: schwerwiegende Residuen (mehr als 50 % des Bolus)
Dua et al. (1997)	Wasserbolusverweilzeit Ausmaß des verweilenden Bolus (<i>extent of bolus dwelling</i>)	in Sekunden in Prozent	bei normalem Schlucken bei normalem Schlucken
Dziewas et al. (2008)	Vereinfachte Penetrations-Aspirations-Skala	1-5	1: keine Penetration oder Aspiration 2: Penetration mit Schutzreflex 3: Penetration ohne Schutzreflex 4: Aspiration mit Schutzreflex 5: Aspiration ohne Schutzreflex

Tabelle 6.2: Fortsetzung: Endoskopische Schluckuntersuchungen

Autor	Parameter	Score	Kriterien
Hyodo et al. (2010)	- Grad des Speichel-Poolings in Valle- culae und Sinus pyriformes	0-3	0: normal 1: leicht beeinträchtigt 2: mäßig 3: schwerwiegend s. o.
	- Glottisschlussreflex auslösen durch Berühren der Epiglottis oder Ary- Region mit Endoskop-Spitze	0-3	s. o.
	- Beginn des Schluckreflexes durch White Out- Zeitpunkt beurteilt	0-3	s. o.
	- Pharyngeale Clearance nach dem Schlucken von blau gefärbtem Wasser	0-3	s. o.
Leder et al. (2005)	Phasenübergang		- charakterisiert durch Bolusfluss mindestens bis zu Valleculae vor pharyngealem Schlucken
	Bolusretention		- in Valleculae oder Sinus pyriformes nach dem pharyngealen Schlucken
	laryngeale Penetration		- Material in Kehlkopfvorhof, aber nicht unterhalb der Stimmlippen (vor/nach pharyngealem Schlucken) - Material unterhalb der Stimmlippen
Murray et al. (1996)	Aspiration in Trachea		0: normale Bewertung, keine sichtbaren Sekretionen im Hypopharynx, ein paar vorübergehende Blasen 1: Sekretionen um den Kehlkopfvorhof herum, bilaterales oder tiefes Pooling 2: Sekretionen, die zwischen 1 und 3 während der Beobachtung wechselten 3: schlechteste Bewertung, Sekretionen im Kehlkopfvorhof
	Sekretions- Skala zur Aspirationsvor- hersage	0-3	

Tabelle 6.3: Fortsetzung: Endoskopische Schluckuntersuchungen

Autor	Parameter	Score	Kriterien
Périer et al. (1998)	pharyngeale Propulsion	pathologisch/ nicht- gisch	<ul style="list-style-type: none"> - schwache pharyngeale Kontraktion; - keine peristaltischen Wellen; - Laryngopharynx bleibt sichtbar während des Schluckens; - Deviation des Pharynx; - Speichel- oder Brei- Pooling an Pharynxwänden, Sinus pyriformes, Valleculae, Zungenbasis - Penetration von Speichel oder Brei unterhalb der Stimmklappen
Rosenbek et al. (1996) und Colodny (2002)	Aspiration	-/+	
	Normales Schlucken	1	- kein Material dringt in die Luftwege ein
	Penetration	2-5	<ul style="list-style-type: none"> - Material dringt in die Luftwege ein, bleibt oberhalb der Stimmklappen und wird (nicht) abgehustet (2+3); - Material berührt Stimmklappen und wird (nicht) abgehustet (4+5)
	Aspiration	6-8	<ul style="list-style-type: none"> - Material dringt in die Luftwege unterhalb des Stimmklappenniveaus ein und wird abgehustet (6), - trotz Anstrengung nicht abgehustet (7), - keine Hustenreflexauslösung (8)

Tabelle 6.4: Fortsetzung: Endoskopische Schluckuntersuchungen

Autor	Parameter	Score	Kriterien
Tachimura et al. (2006)	Aktivität des M. levator veli palatini	elektromyografische Daten	Aktivität erhöht bei größerem Bolusvolumen
de Sordi et al. (2009), ausgewählte Parameter	nasale Regurgitation	ja/nein	
	orale Transitzeit	normal, erhöht, nicht vorhanden	
	laryngeale Elevation	normal, reduziert, nicht vorhanden	
	Penetration (hoch/ Kehlkopfvorhof)	ja/nein	
	Aspiration	ja/nein	
	Hustenreflex	ja/nein	
	Residuen (rechter/linker Sinus pyriformis, posteriore Pharynxwand, oberer Ösophagusspinkter)	ja/nein	
	Clearance	ja/nein	
	Sensibilität	(nicht) vorhanden, reduziert	stimulierte Struktur
	velopharyngealer Verschluss des Schluckens	während (in-)komplett, koronal, sagittal, zirkulär mit Passavant-Ring	
	Zungenbasismobilität	normal/ verändert	
	Mobilität der posterioren Pharynxwand	normal/ verändert	
	Sensibilität	normal, reduziert, nicht vorhanden	
	Glottisschluss	(in-)komplett, (un-)gleichmäßig	

6.5 Datentabellen der Ergebnisse

Negative Amplituden

D	n	Median	Min.	Max.	unteres Quartil	oberes Quartil
0	8	1,15	1,00	1,40	1,00	1,20
1	4	1,30	1,00	2,60	1,00	2,10
2	6	2,58	1,50	5,50	1,90	3,30
3	4	3,73	1,70	6,29	2,5	5,23
4	6	1,40	1,00	6,00	1,20	3,00
5	2	2,88			2,10	3,67

Tabelle 6.5: Phase AWB. Deskriptive Statistik für die Anzahl der negativen Amplituden. D = Defektklasse, n = Anzahl, Median = Medianwert, Min. = Minimum, Max. = Maximum.

D	n	Median	Min.	Max.	unteres Quartil	oberes Quartil
0	8	1,00	1,00	3,20	1,00	2,00
1	3	1,00	1,00	1,60	1,00	1,60
2	5	1,00	1,00	4,00	1,00	2,00
3	4	2,40	1,25	4,20	1,33	3,80
4	5	1,00	1,00	1,80	1,00	1,20
5	0					

Tabelle 6.6: Phase PWB. Deskriptive Statistik für die Anzahl der negativen Amplituden. D = Defektklasse, n = Anzahl, Median = Medianwert, Min. = Minimum, Max. = Maximum.

D	n	Median	Min.	Max.	unteres Quartil	oberes Quartil
0	8	1,30	1,00	2,20	1,00	1,70
1	4	1,00	1,00	2,80	1,00	1,90
2	5	2,00	1,00	4,00	1,00	2,20
3	4	3,30	2,20	6,40	2,50	5,10
4	6	1,40	1,00	9,00	1,00	1,80
5	2	2,20			1,60	2,80

Tabelle 6.7: Phase PBB. Deskriptive Statistik für die Anzahl der negativen Amplituden. D = Defektklasse, n = Anzahl, Median = Medianwert, Min. = Minimum, Max. = Maximum.

Positive Amplituden

D	n	Median	Min.	Max.	unteres Quartil	oberes Quartil
0	8	0,05	0,00	0,30	0,00	0,20
1	4	0,15	0,00	0,50	0,00	0,40
2	6	1,15	0,00	3,50	0,80	2,50
3	4	0,67	0,29	1,80	0,39	1,32
4	6	0,20	0,00	5,00	0,10	0,33
5	2	0,55			0,10	1,00

Tabelle 6.8: Phase AWB. Deskriptive Statistik für die Anzahl der positiven Amplituden. D = Defektklasse, n = Anzahl, Median = Medianwert, Min. = Minimum, Max. = Maximum.

D	n	Median	Min.	Max.	unteres Quartil	oberes Quartil
0	8	0,10	0,00	0,40	0,00	0,30
1	3	0,00	0,00	0,40	0,00	0,40
2	5	1,40	0,00	2,80	0,00	1,40
3	4	0,70	0,25	2,60	0,33	1,80
4	5	0,00	0,00	1,00	0,00	0,40
5	0					

Tabelle 6.9: Phase PWB. Deskriptive Statistik für die Anzahl der positiven Amplituden. D = Defektklasse, n = Anzahl, Median = Medianwert, Min. = Minimum, Max. = Maximum..

D	n	Median	Min.	Max.	unteres Quartil	oberes Quartil
0	8	0,10	0,00	0,60	0,00	0,40
1	4	0,20	0,00	1,40	0,00	0,90
2	5	1,20	0,60	2,00	0,80	1,20
3	4	0,50	0,20	4,00	0,30	2,30
4	6	0,30	0,00	7,00	0,00	1,60
5	2	0,70			0,40	1,00

Tabelle 6.10: Phase PBB. Deskriptive Statistik für die Anzahl der positiven Amplituden. D = Defektklasse, n = Anzahl, Median = Medianwert, Min. = Minimum, Max. = Maximum.

Maximale Saugamplituden

D	n	MW	unteres 95 % KI	oberes 95 % KI	Min.	Max.	Std. Abw.
0	8	83,9	54,1	113,7	20,4	133,1	35,7
1	4	81,4	42,8	119,9	49,3	100,6	24,3
2	6	33,9	6,6	61,1	6,4	80,7	26,0
3	4	55,0	0,1	109,9	20,0	102,6	34,5
4	6	52,4	5,7	99,2	2,9	116,0	44,5
5	2	29,2			17,2	41,1	

Tabelle 6.11: Phase AWB. Deskriptive Statistik für die maximalen Saugamplituden. D = Defektklasse, n = Anzahl, MW = Mittelwert, KI = Konfidenzintervall, Min. = Minimum, Max. = Maximum, Std. Abw. = Standardabweichung.

D	n	MW	unteres 95 % KI	oberes 95 % KI	Min.	Max.	Std. Abw.
0	8	20,5	5,2	35,9	1,3	60,0	18,3
1	3	7,1	-18,3	32,5	0,0	18,8	10,2
2	4	5,5	-5,1	16,1	0,0	15,0	6,7
3	4	13,9	1,5	26,3	3,5	20,9	7,8
4	4	14,6	-3,6	32,8	0,2	26,9	11,4
5	0						

Tabelle 6.12: Phase PWB. Deskriptive Statistik für die maximalen Saugamplituden. D = Defektklasse, n = Anzahl, MW = Mittelwert, KI = Konfidenzintervall, Min. = Minimum, Max. = Maximum, Std. Abw. = Standardabweichung.

D	n	MW	unteres 95 % KI	oberes 95 % KI	Min.	Max.	Std. Abw.
0	8	14,6	3,9	25,3	0,4	41,5	12,8
1	4	19,3	-2,6	41,2	0,0	30,8	13,8
2	5	8,8	-3,5	21,0	1,4	25,0	9,9
3	4	14,7	-2,5	31,9	4,7	28,8	10,8
4	5	8,3	-4,7	21,3	0,8	26,4	10,5
5	2	10,2			6,6	13,7	

Tabelle 6.13: Phase PBB. Deskriptive Statistik für die maximalen Saugamplituden. D = Defektklasse, n = Anzahl, MW = Mittelwert, KI = Konfidenzintervall, Min. = Minimum, Max. = Maximum, Std. Abw. = Standardabweichung.

Mittlere Saugamplituden

D	n	MW	unteres 95 % KI	oberes 95 % KI	Min.	Max.	Std. Abw.
0	8	62,7	31,8	93,6	12,3	117,6	37,0
1	4	48,1	25,1	71,1	30,9	63,5	14,5
2	6	18,1	1,5	34,6	2,8	47,4	15,7
3	4	26,8	-8,4	62,0	9,7	59,1	22,1
4	6	36,0	-0,3	72,3	1,6	91,6	34,6
5	2	15,2			9,6	20,7	

Tabelle 6.14: Phase AWB. Deskriptive Statistik für die mittleren Saugamplituden. D = Defektklasse, n = Anzahl, MW = Mittelwert, KI = Konfidenzintervall, Min. = Minimum, Max. = Maximum, Std. Abw. = Standardabweichung.

Endoskopie-Score

D	n	Median	Min.	Max.	unteres Quartil	oberes Quartil
0	8	0,0	0,0	3,0	0,0	0,5
1	4	1,0	0,0	2,0	0,5	1,5
2	6	2,5	0,0	7,0	2,0	7,0
3	4	0,5	0,0	2,0	0,0	1,5
4	6	1,0	0,0	7,0	1,0	7,0
5	2	6,5			6,0	7,0

Tabelle 6.15: Phase AWB. Deskriptive Statistik für den Endoskopie-Score. D = Defekt-klasse, n = Anzahl, Median = Medianwert, Min. = Minimum, Max. = Maximum.

D	n	Median	Min.	Max.	unteres Quartil	oberes Quartil
0	8	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
1	4	1,0	0,0	3,0	0,0	2,5
2	5	3,0	0,0	7,0	2,0	7,0
3	4	1,5	0,0	7,0	0,5	4,5
4	5	3,0	0,0	7,0	1,0	7,0
5	0					

Tabelle 6.16: Phase PWB. Deskriptive Statistik für den Endoskopie-Score. D = Defekt-klasse, n = Anzahl, Median = Medianwert, Min. = Minimum, Max. = Maximum.

D	n	Median	Min.	Max.	unteres Quartil	oberes Quartil
0	8	0,0	0,0	2,0	0,0	1,0
1	4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	5	1,0	0,0	3,0	0,0	2,0
3	4	1,0	0,0	3,0	0,5	2,0
4	6	1,5	0,0	7,0	1,0	3,0
5	2	2,5			2,0	3,0

Tabelle 6.17: Phase PBB. Deskriptive Statistik für den Endoskopie-Score. D = Defekt-klasse, n = Anzahl, Median = Medianwert, Min. = Minimum, Max. = Maximum.

Selbsteinschätzung

D	n	Median	Min.	Max.	unteres Quartil	oberes Quartil
0	8	10,0	5,0	10,0	7,0	10,0
1	4	6,0	4,0	10,0	4,5	8,5
2	6	6,5	3,0	10,0	5,0	8,0
3	4	6,0	4,0	10,0	4,5	8,5
4	6	7,5	3,0	10,0	4,0	10,0
5	2	5,5			5,0	6,0

Tabelle 6.18: Deskriptive Statistik für die Selbsteinschätzung, Speichel schlucken zu können. D = Defektklasse, n = Anzahl, Median = Medianwert, Min. = Minimum, Max. = Maximum.

D	n	Median	Min.	Max.	unteres Quartil	oberes Quartil
0	8	9,5	4,0	10,0	5,0	10,0
1	4	9,0	6,0	10,0	7,0	10,0
2	6	7,0	0,0	10,0	0,0	9,0
3	4	5,5	3,0	9,0	4,0	7,5
4	6	6,5	0,0	10,0	1,0	10,0
5	2	8,0			8,0	8,0

Tabelle 6.19: Deskriptive Statistik für die Selbsteinschätzung, Brei schlucken zu können. D = Defektklasse, n = Anzahl, Median = Medianwert, Min. = Minimum, Max. = Maximum.

D	n	Median	Min.	Max.	unteres Quartil	oberes Quartil
0	8	10,0	5,0	10,0	8,0	10,0
1	4	8,5	6,0	10,0	6,5	10,0
2	6	4,5	0,0	10,0	4,0	10,0
3	4	7,0	5,0	10,0	6,0	8,5
4	6	7,5	0,0	10,0	1,0	10,0
5	2	8,0			6,0	10,0

Tabelle 6.20: Deskriptive Statistik für die Selbsteinschätzung, Flüssigkeit schlucken zu können. D = Defektklasse, n = Anzahl, Median = Medianwert, Min. = Minimum, Max. = Maximum.

7 Literaturverzeichnis

- Amin MR, Lazarus CL, Pai VM, Mulholland TP, Shepard T, Branski RC, Wang EY (2012): 3 Tesla turbo-FLASH magnetic resonance imaging of deglutition. *Laryngoscope* 122, 860–864.
- Aviv JE (2000): Prospective, randomized outcome study of endoscopy versus modified barium swallow in patients with dysphagia. *Laryngoscope* 110, 563–574.
- Aviv JE, Kim T, Thomson JE, Sunshine S, Kaplan S, Close LG (1998): Fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing with sensory testing (FEESST) in healthy controls. *Dysphagia* 13, 87–92.
- Balaram P, Nalinakumari KR, Abraham E, Balan A, Hareendran NK, Bernard HU, Chan SY (1995): Human papillomaviruses in 91 oral cancers from Indian betel quid chewers—high prevalence and multiplicity of infections. *Int J Cancer* 61, 450–454.
- Ball S, Idel O, Cotton SM, Perry A (2006): Comparison of two methods for measuring tongue pressure during swallowing in people with head and neck cancer. *Dysphagia* 21, 28–37.
- Bastian RW (1993): The videoendoscopic swallowing study: an alternative and partner to the videofluoroscopic swallowing study. *Dysphagia* 8, 359–367.
- Bayes-Rusinol A, Forjaz MJ, Ayala A, Crespo MC, Prats A, Valles E, Petit C, Casanovas M, Garolera-Freixa M (2011): Awareness of dysphagia in Parkinson’s disease. *Rev Neurol* 53, 664–672.
- Beck TJ, Gayler BW (1990): Image quality and radiation levels in videofluoroscopy for swallowing studies: a review. *Dysphagia* 5, 118–128.
- Bigenzahn W: Orofaziale Dysfunktionen im Kindesalter: Grundlagen, Klinik, Ätiologie, Diagnostik und Therapie, 2. Auflage; Thieme Verlag, Stuttgart 2002.
- Birch-Iensen M, Borgström PS, Ekberg O (1988): Cineradiography in closed and open pharyngeal swallow. *Acta Radiol* 29, 407–410.
- Blot WJ, McLaughlin JK, Winn DM, Austin DF, Greenberg RS, Preston-Martin S, Bernstein L, Schoenberg JB, Stemhagen A, Fraumeni Jr JF (1988): Smoking and drinking in relation to oral and pharyngeal cancer. *Cancer Res* 48, 3282–3287.

- Böhme G, Hrsg.: Sprach-, Sprech, Stimm- und Schluckstörungen, Band 1: Klinik, 4. Auflage; Urban & Fischer Verlag, München 2003.
- Böhme G, Hrsg.: Sprach-, Sprech, Stimm- und Schluckstörungen, Band 2: Therapie, 4. Auflage; Urban & Fischer Verlag, München 2006.
- Borggreven PA, Verdonck-de Leeuw I, Rinkel RN, Langendijk JA, Roos JC, David EFL, de Bree R, Leemans CR (2007): Swallowing after major surgery of the oral cavity or oropharynx: a prospective and longitudinal assessment of patients treated by microvascular soft tissue reconstruction. *Head Neck* 29, 638–647.
- Bosma JF, Hepburn LG, Josell SD, Baker K (1990): Ultrasound demonstration of tongue motions during suckle feeding. *Dev Med Child Neurol* 32, 223–229.
- Butler SG, Stuart A, Kemp S (2009): Flexible endoscopic evaluation of swallowing in healthy young and older adults. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 118, 99–106.
- Caliceti U, Tesei F, Scaramuzzino G, Sciarretta V, Brusori S, Ceroni AR (2004): Videofluoroscopy and videoendoscopy in evaluation of swallowing function in 31 patients submitted to surgery for advanced buccopharyngeal carcinoma. *Acta Otorhinolaryngol Ital* 24, 211–218.
- Cappabianca S, Reginelli A, Monaco L, Del Vecchio L, Di Martino N, Grassi R (2008): Combined videofluoroscopy and manometry in the diagnosis of oropharyngeal dysphagia: examination technique and preliminary experience. *Radiol Med* 113, 923–940.
- Casas MJ, Kenny DJ, Macmillan RE (2003): Buccal and lingual activity during mastication and swallowing in typical adults. *J Oral Rehabil* 30, 9–16.
- Chiesa F, Mauri S, Tradati N, Calabrese L, Giugliano G, Ansarin M, Andrle J, Zurrida S, Orecchia R, Scully C (1999): Surfing prognostic factors in head and neck cancer at the millennium. *Oral Oncol* 35, 590–596.
- Chi-Fishman G (2005): Quantitative lingual, pharyngeal and laryngeal ultrasonography in swallowing research: a technical review. *Clin Linguist Phon* 19, 589–604.
- Cichero JAY, Murdoch BE (2002): Detection of swallowing sounds: methodology revisited. *Dysphagia* 17, 40–49.
- Colodny N (2002): Interjudge and intrajudge reliabilities in fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing (fees) using the penetration-aspiration scale: a replication study. *Dysphagia* 17, 308–315.
- Cook IJ, Weltman MD, Wallace K, Shaw DW, McKay E, Smart RC, Butler SP (1994): Influence of aging on oral-pharyngeal bolus transit and clearance during swallowing: scintigraphic study. *Am J Physiol* 266, G972–G977.

- Curtis DJ, Cruess DF (1984): Videofluoroscopic identification of two types of swallowing. *Radiology* 152, 305–308.
- de Sordi M, Mourão LF, da Silva AA, Flosi LCL (2009): Interdisciplinary evaluation of dysphagia: clinical swallowing evaluation and videoendoscopy of swallowing. *Braz J Otorhinolaryngol* 75, 776–787.
- Denk DM, Kaider A (1997): Videoendoscopic biofeedback: a simple method to improve the efficacy of swallowing rehabilitation of patients after head and neck surgery. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* 59, 100–105.
- Diener HC, Putzki N, Hrsg.: Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie, 4. Auflage; Thieme Verlag, Stuttgart 2008.
- Diz Dios P, Fernández Feijoo J, Castro Ferreiro M, Alvarez Alvarez J (1994): Functional consequences of partial glossectomy. *J Oral Maxillofac Surg* 52, 12–14.
- Dodds WJ (1989): Physiology of swallowing. *Dysphagia* 3, 171–178.
- Dodds WJ, Taylor AJ, Stewart ET, Kern MK, Logemann JA, Cook IJ (1989): Tipper and dipper types of oral swallows. *AJR Am J Roentgenol* 153, 1197–1199.
- Dua KS, Ren J, Bardan E, Xie P, Shaker R (1997): Coordination of deglutitive glottal function and pharyngeal bolus transit during normal eating. *Gastroenterology* 112, 73–83.
- Dwivedi RC, St Rose S, Chisholm EJ, Georgalas C, Bisase B, Amen F, Kerawala CJ, Clarke PM, Nutting CM, Rhys-Evans, PH et al. (2012): Evaluation of Swallowing by Sydney Swallow Questionnaire (SSQ) in Oral and Oropharyngeal Cancer Patients Treated with Primary Surgery. *Dysphagia* [Epub ahead of print] .
- Dziewas R, Warnecke T, Olenberg S, Teismann I, Zimmermann J, Kramer C, Ritter M, Ringelstein EB, Schabitz WR (2008): Towards a basic endoscopic assessment of swallowing in acute stroke - development and evaluation of a simple dysphagia score. *Cerebrovasc Dis* 26, 41–47.
- Eckardt A, Barth E, Janssen S, Wegener G (2004): Recurrent tumors in the oral and maxillofacial region. Results and treatment strategies in 20 years. *Mund Kiefer Gesichtschir* 8, 217–222.
- El-Serag HB, Hepworth EJ, Lee P, Sonnenberg A (2001): Gastroesophageal reflux disease is a risk factor for laryngeal and pharyngeal cancer. *Am J Gastroenterol* 96, 2013–2018.
- Engelke W (2006): Systematische Rhonchopathiebehandlung (I). *Kieferorth Nachr* 12, 13–14.

- Engelke W (2007a): Systematische Rhonchopathiebehandlung (II). Kieferorth Nachr 01/02, 7–8.
- Engelke W: Systematische Rhonchopathiebehandlung in der zahnärztlichen Praxis. Cuvillier Verlag, Göttingen 2007 b.
- Engelke W (2009): Biofunktionelle Therapie (BFT) – ein neuer Zugang zur Behandlung orofazialer Dysfunktionen. Zahn Prax 12, 314–323.
- Engelke W, Hoch G (1999): Funktionsdiagnostik mit intraoralen Sensoren. Zahnärztl Mitt 89, 2568–74.
- Engelke W, Bruns T, Striebeck M, Hoch G (1996): Midsagittal velar kinematics during production of VCV sequences. Cleft Palate Craniofac J 33, 236–244.
- Engelke W, Mendoza M, Repetto G (2006): Preliminary radiographic observations of the tongue-repositioning manoeuvre. Eur J Orthod 28, 618–623.
- Engelke W, Jung K, Knösel M (2011): Intra-oral compartment pressures: a biofunctional model and experimental measurements under different conditions of posture. Clin Oral Investig 15, 165–176.
- Ferlay J, Shin H, Bray F, Forman D, Mathers C, Parkin D (2010): GLOBOCAN 2008 v1.2, Cancer Incidence and Mortality Worldwide: IARC CancerBase No. 10 [Internet] Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. <http://globocan.iarc.fr>, accessed on 06/12/2011 .
- Finiels H, Strubel D, Jacquot JM (2001): Deglutition disorders in the elderly. Epidemiological aspects. Presse Med 30, 1623–1634.
- Fröhlich K, Thüer U, Ingervall B (1991): Pressure from the tongue on the teeth in young adults. Angle Orthod 61, 17–24.
- Gaziano JE (2002): Evaluation and management of oropharyngeal Dysphagia in head and neck cancer. Cancer Control 9, 400–409.
- Geddes DT, Kent JC, Mitoulas LR, Hartmann PE (2008): Tongue movement and intra-oral vacuum in breastfeeding infants. Early Hum Dev 84, 471–477.
- Gewolb IH, Vice FL, Schwietzer-Kenney EL, Taciak VL, Bosma JF (2001): Developmental patterns of rhythmic suck and swallow in preterm infants. Dev Med Child Neurol 43, 22–27.
- Grassi R, Farina R, Floriani I, Amodio F, Romano S (2005): Assessment of fetal swallowing with gray-scale and color Doppler sonography. AJR Am J Roentgenol 185, 1322–1327.

- Gröne B, Hrsg.: Schlucken und Schluckstörungen: Eine Einführung, Urban & Fischer Verlag, München 2009.
- Hamdy S, Rothwell JC, Brooks DJ, Bailey D, Aziz Q, Thompson DG (1999): Identification of the cerebral loci processing human swallowing with H₂(¹⁵O) PET activation. *J Neurophysiol* 81, 1917–1926.
- Hamlet SL, Muz J, Patterson R, Jones L (1989): Pharyngeal transit time: assessment with videofluoroscopic and scintigraphic techniques. *Dysphagia* 4, 4–7.
- Hardcastle WJ, Gibbon FE, Jones W (1991): Visual display of tongue-palate contact: electropalatography in the assessment and remediation of speech disorders. *Br J Disord Commun* 26, 41–74.
- Hind JA, Nicosia MA, Gangnon R, Robbins J (2005): The effects of intraoral pressure sensors on normal young and old swallowing patterns. *Dysphagia* 20, 249–253.
- Hirai H, Omura K, Harada H, Tohara H (2010): Sequential evaluation of swallowing function in patients with unilateral neck dissection. *Head Neck* 32, 896–904.
- Hirano M, Kuroiwa Y, Tanaka S, Matsuoka H, Sato K, Yoshida T (1992): Dysphagia following various degrees of surgical resection for oral cancer. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 101, 138–141.
- Hiss SG, Postma GN (2003): Fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing. *Laryngoscope* 113, 1386–1393.
- Honda Y, Hata N (2007): Dynamic imaging of swallowing in a seated position using open-configuration MRI. *J Magn Reson Imaging* 26, 172–176.
- Howell AR, Manly RS (1948): An electronic strain gauge for measuring oral forces. *J Dent Res* 27, 705–712.
- Huang YH, Tseng FF, Tsai SJ, Lin CH, Chou YH, Lew HL (2006): The use of the Gaussian curve fitting method for scintigraphic measurements of the swallowing process in healthy subjects: implications for evaluation of dysphagia. *Arch Phys Med Rehabil* 87, 1526–1529.
- Hyodo M, Nishikubo K, Hirose K (2010): New scoring proposed for endoscopic swallowing evaluation and clinical significance. *Nihon Jibiinkoka Gakkai Kaiho* 113, 670–678.
- Iida S, Harada T, Okamoto M, Inada Y, Kogo M, Masuda Y (2003): Soft palate movement during sucking behavior. *Dysphagia* 18, 96–100.

- Jäghagen EL, Bodin I, Isberg A (2008): Pharyngeal swallowing dysfunction following treatment for oral and pharyngeal cancer—association with diminished intraoral sensation and discrimination ability. *Head Neck* 30, 1344–1351.
- Kimata Y, Sakuraba M, Hishinuma S, Ebihara S, Hayashi R, Asakage T, Nakatsuka T, Harii K (2003): Analysis of the relations between the shape of the reconstructed tongue and postoperative functions after subtotal or total glossectomy. *Laryngoscope* 113, 905–909.
- Kley C, Biniek R (2005): Dysphagia. Are swallowing sounds diagnostically useful? *Nervenarzt* 76, 1495–1505.
- Kligerman J, Lima RA, Soares JR, Prado L, Dias FL, Freitas EQ, Olivatto LO (1994): Supraomohyoid neck dissection in the treatment of T1/T2 squamous cell carcinoma of oral cavity. *Am J Surg* 168, 391–394.
- Knösel M, Klein S, Bleckmann A, Engelke W (2012): Coordination of Tongue Activity During Swallowing in Mouth-breathing Children. *Dysphagia* 27, 401–407.
- Kreeft AM, van der Molen L, Hilgers FJ, Balm AJ (2009): Speech and swallowing after surgical treatment of advanced oral and oropharyngeal carcinoma: a systematic review of the literature. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 266, 1687–1698.
- Kronenberger MB, Meyers AD (1994): Dysphagia following head and neck cancer surgery. *Dysphagia* 9, 236–244.
- Langmore SE (2003): Evaluation of oropharyngeal dysphagia: which diagnostic tool is superior? *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 11, 485–489.
- Langmore SE, Schatz K, Olsen N (1988): Fiberoptic endoscopic examination of swallowing safety: a new procedure. *Dysphagia* 2, 216–219.
- Lango MN, Egleston B, Ende K, Feigenberg S, D'Ambrosio DJ, Cohen RB, Ahmad S, Nicolaou N, Ridge JA (2010): Impact of neck dissection on long-term feeding tube dependence in patients with head and neck cancer treated with primary radiation or chemoradiation. *Head Neck* 32, 341–347.
- La Vecchia C, Tavani A, Franceschi S, Levi F, Corrao G, Negri E (1997): Epidemiology and prevention of oral cancer. *Oral Oncol* 33, 302–312.
- Lavelle C, Hrsg.: Applied physiology of the mouth. J Wright and Sons, Bristol 1975.
- Lazarus CL, Logemann JA, Pauloski BR, Rademaker AW, Larson CR, Mittal BB, Pierce M (2000): Swallowing and tongue function following treatment for oral and oropharyngeal cancer. *J Speech Lang Hear Res* 43, 1011–1023.

- Lazarus CL, Logemann JA, Pauloski BR, Rademaker AW, Helenowski IB, Vonesh EF, Maccracken E, Mittal BB, Vokes EE, Haraf DJ (2007): Effects of radiotherapy with or without chemotherapy on tongue strength and swallowing in patients with oral cancer. *Head Neck* 29, 632–637.
- Leder SB, Acton LM, Lisitano HL, Murray JT (2005): Fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing (FEES) with and without blue-dyed food. *Dysphagia* 20, 157–162.
- Lippert H: *Lehrbuch Anatomie*, 8. Auflage; Urban & Fischer Verlag, München 2011.
- Logemann JA: *Evaluation and Treatment of Swallowing Disorders*, 2. Auflage; PRO-ED Verlag, Austin, Texas 1998.
- Logemann JA, Rademaker AW, Pauloski BR, Ohmae Y, Kahrilas PJ (1998): Normal swallowing physiology as viewed by videofluoroscopy and videoendoscopy. *Folia Phoniater Logop* 50, 311–319.
- Mattioli S, Lugaresi M, Zannoli R, Brusori S, d'Ovidio F, Braccaioli L (2003): Pharyngoesophageal manometry with an original balloon sensor probe for the study of oropharyngeal dysphagia. *Dysphagia* 18, 242–248.
- McConnel FM, Cerenko D, Hersh T, Weil LJ (1988a): Evaluation of pharyngeal dysphagia with manofluorography. *Dysphagia* 2, 187–195.
- McConnel FM, Cerenko D, Mendelsohn MS (1988b): Manofluorographic analysis of swallowing. *Otolaryngol Clin North Am* 21, 625–635.
- McConnel FM, Logemann JA, Rademaker AW, Pauloski BR, Baker SR, Lewin J, Shedd D, Heiser MA, Cardinale S, Collins, S. et al. (1994): Surgical variables affecting post-operative swallowing efficiency in oral cancer patients: a pilot study. *Laryngoscope* 104, 87–90.
- McConnel FM, Pauloski BR, Logemann JA, Rademaker AW, Colangelo L, Shedd D, Carroll W, Lewin J, Johnson J (1998): Functional results of primary closure vs flaps in oropharyngeal reconstruction: a prospective study of speech and swallowing. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 124, 625–630.
- Meyer S, Ptok M (2011): Palatographic procedures for diagnosis and therapy. *HNO* 59, 385–90, 392.
- Mittal BB, Pauloski BR, Haraf DJ, Pelzer HJ, Argiris A, Vokes EE, Rademaker AW, Logemann JA (2003): Swallowing dysfunction—preventative and rehabilitation strategies in patients with head-and-neck cancers treated with surgery, radiotherapy, and chemotherapy: a critical review. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 57, 1219–1230.

- Murray J, Langmore SE, Ginsberg S, Dostie A (1996): The significance of accumulated oropharyngeal secretions and swallowing frequency in predicting aspiration. *Dysphagia* 11, 99–103.
- Napadow VJ, Chen Q, Wedeen VJ, Gilbert RJ (1999): Biomechanical basis for lingual muscular deformation during swallowing. *Am J Physiol* 277, G695–G701.
- Nicoletti G, Soutar DS, Jackson MS, Wrench AA, Robertson G (2004): Chewing and swallowing after surgical treatment for oral cancer: functional evaluation in 196 selected cases. *Plast Reconstr Surg* 114, 329–338.
- Nilsson H, Ekberg O, Hindfelt B (1995): Oral function test for monitoring suction and swallowing in the neurologic patient. *Dysphagia* 10, 93–100.
- Nilsson H, Ekberg O, Olsson R, Hindfelt B (1996a): Quantitative aspects of swallowing in an elderly nondysphagic population. *Dysphagia* 11, 180–184.
- Nilsson H, Ekberg O, Olsson R, Kjellin O, Hindfelt B (1996b): Quantitative assessment of swallowing in healthy adults. *Dysphagia* 11, 110–116.
- Nilsson H, Ekberg O, Olsson R, Hindfelt B (1998): Dysphagia in stroke: a prospective study of quantitative aspects of swallowing in dysphagic patients. *Dysphagia* 13, 32–38.
- Ohkiba T, Hanada K (1989): Adaptive functional changes in the swallowing pattern of the tongue following expansion of the maxillary dental arch in subjects with and without cleft palate. *Cleft Palate J* 26, 21–30.
- Olsson R, Kjellin O, Ekberg O (1996): Videomanometric aspects of pharyngeal constrictor activity. *Dysphagia* 11, 83–86.
- Omari TI, Dejaeger E, Van Beckevoort D, Goeleven A, De Cock P, Hoffman I, Smet MH, Davidson GP, Tack J, Rommel N (2011): A novel method for the nonradiological assessment of ineffective swallowing. *Am J Gastroenterol* 106, 1796–1802.
- O'Neill PA (2000): Swallowing and prevention of complications. *Br Med Bull* 56, 457–465.
- Palmer JB (1989): Electromyography of the muscles of oropharyngeal swallowing: basic concepts. *Dysphagia* 3, 192–198.
- Patterson JM, McColl E, Carding PN, Kelly C, Wilson JA (2009): Swallowing performance in patients with head and neck cancer: a simple clinical test. *Oral Oncol* 45, 904–907.

- Patterson JM, Hildreth A, McColl E, Carding PN, Hamilton D, Wilson JA (2011): The clinical application of the 100mL water swallow test in head and neck cancer. *Oral Oncol* 47, 180–184.
- Pauloski BR (2008): Rehabilitation of dysphagia following head and neck cancer. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 19, 889–928.
- Pauloski BR, Rademaker AW, Logemann JA, Colangelo LA (1998): Speech and swallowing in irradiated and nonirradiated postsurgical oral cancer patients. *Otolaryngol Head Neck Surg* 118, 616–624.
- Pauloski BR, Rademaker AW, Logemann JA, McConnel FM, Heiser MA, Cardinale S, Lazarus CL, Pelzer H, Stein D, Beery Q (2004): Surgical variables affecting swallowing in patients treated for oral/oropharyngeal cancer. *Head Neck* 26, 625–636.
- Périé S, Laccourreye L, Flahault A, Hazebroucq V, Chaussade S, St Guily JL (1998): Role of videoendoscopy in assessment of pharyngeal function in oropharyngeal dysphagia: comparison with videofluoroscopy and manometry. *Laryngoscope* 108, 1712–1716.
- Perlman AL (1993): Electromyography and the study of oropharyngeal swallowing. *Dysphagia* 8, 351–355.
- Perry L, Love CP (2001): Screening for dysphagia and aspiration in acute stroke: a systematic review. *Dysphagia* 16, 7–18.
- Pommerenke WT (1928): A Study Of The Sensory Areas Eliciting The Swallowing Reflex. *Am J Physiol* 84, 36–41.
- Poorjavad M, Derakhshandeh F, Etemadifar M, Soleymani B, Minagar A, Maghzi AH (2010): Oropharyngeal dysphagia in multiple sclerosis. *Mult Scler* 16, 362–365.
- Proffit WR (1972): Lingual pressure patterns in the transition from tongue thrust to adult swallowing. *Arch Oral Biol* 17, 555–563.
- Prosiegel M (2007): Neurogenic Dysphagia. *Nervenarzt* 78, 1209–15.
- Prosiegel M, Heintze M, Wagner-Sonntag E, Hannig C, Wuttge-Hannig A, Yassouridis A (2002): Deglutition disorders in neurological patients. A prospective study of diagnosis, pattern of impairment, therapy and outcome. *Nervenarzt* 73, 364–370.
- Prosiegel M, Schelling A, Wagner-Sonntag E (2004): Dysphagia and multiple sclerosis. *Int MS J* 11, 22–31.

- Prosiegel M, Höling R, Heintze M, Wagner-Sonntag E, Wiseman K (2005): The localization of central pattern generators for swallowing in humans—a clinical-anatomical study on patients with unilateral paresis of the vagal nerve, Avellis' syndrome, Wallenberg's syndrome, posterior fossa tumours and cerebellar hemorrhage. *Acta Neurochir Suppl* 93, 85–88.
- Prosiegel M, Weber S: *Dysphagie: Diagnostik und Therapie: Ein Wegweiser für kompetentes Handeln*, Springer Verlag, Heidelberg 2009.
- Puisieux F, D'Andrea C, Baconnier P, Bui-Dinh D, Castaings-Pelet S, Crestani B, Desrues B, Ferron C, Franco A, Gaillat Jea (2011): Swallowing disorders, pneumonia and respiratory tract infectious disease in the elderly. *Rev Mal Respir* 28, e76–e93.
- Qureshi MA, Vice FL, Taciak VL, Bosma JF, Gewolb IH (2002): Changes in rhythmic suckle feeding patterns in term infants in the first month of life. *Dev Med Child Neurol* 44, 34–39.
- Rademaker AW, Pauloski BR, Logemann JA, Shanahan TK (1994): Oropharyngeal swallow efficiency as a representative measure of swallowing function. *J Speech Hear Res* 37, 314–325.
- Reichart PA, Hausamen JE, Becker J, Hrsg.: *Curriculum Chirurgie: Curriculum Zahnärztliche Chirurgie (3 Bde.)*: Bd. 3: Mund,- Kiefer- und Gesichtschirurgie, 1. Auflage; Quintessenz Verlag, Berlin 2002.
- Rieger JM, Zalmanowitz JG, Li SYY, Sytsanko A, Harris J, Williams D, Seikaly H (2007): Functional outcomes after surgical reconstruction of the base of tongue using the radial forearm free flap in patients with oropharyngeal carcinoma. *Head Neck* 29, 1024–1032.
- Robbins J (1996): Normal swallowing and aging. *Semin Neurol* 16, 309–317.
- Robbins J, Logemann JA, Kirshner HS (1986): Swallowing and speech production in Parkinson's disease. *Ann Neurol* 19, 283–287.
- Robbins J, Hamilton JW, Lof GL, Kempster GB (1992): Oropharyngeal swallowing in normal adults of different ages. *Gastroenterology* 103, 823–829.
- Robin DA, Goel A, Somodi LB, Luschei ES (1992): Tongue strength and endurance: relation to highly skilled movements. *J Speech Hear Res* 35, 1239–1245.
- Rogers SN, Scott J, Chakrabati A, Lowe D (2008): The patients' account of outcome following primary surgery for oral and oropharyngeal cancer using a 'quality of life' questionnaire. *Eur J Cancer Care Engl* 17, 182–188.

- Rosenbek JC, Robbins JA, Roecker EB, Coyle JL, Wood JL (1996): A penetration-aspiration scale. *Dysphagia* 11, 93–98.
- Rugiu MG (2007): Role of videofluoroscopy in evaluation of neurologic dysphagia. *Acta Otorhinolaryngol Ital* 27, 306–316.
- Santamato A, Panza F, Solfrizzi V, Russo A, Frisardi V, Megna M, Ranieri M, Fiore P (2009): Acoustic analysis of swallowing sounds: a new technique for assessing dysphagia. *J Rehabil Med* 41, 639–645.
- Santander P: Manometrische Untersuchungen der oralen Phase des Schluckvorganges. Med. Diss. Göttingen (in Vorbereitung, mit freundlicher Genehmigung der Verfasserin) 2012.
- Schliephake H, Jamil MU (2002): Prospective evaluation of quality of life after oncologic surgery for oral cancer. *Int J Oral Maxillofac Surg* 31, 427–433.
- Schliephake H, Schmelzeisen R, Neukam FW (1996): The free revascularized rectus abdominis myocutaneous flap for the repair of tumour related defects in the head and neck area. *Br J Oral Maxillofac Surg* 34, 18–22.
- Schröter-Morasch H, Bartolome G, Troppmann N, Ziegler W (1999): Values and limitations of pharyngolaryngoscopy (transnasal, transoral) in patients with dysphagia. *Folia Phoniatr Logop* 51, 172–182.
- Shaker R, Cook IJ, Dodds WJ, Hogan WJ (1988): Pressure-flow dynamics of the oral phase of swallowing. *Dysphagia* 3, 79–84.
- Shawker TH, Sonies B, Hall TE, Baum BF (1984): Ultrasound analysis of tongue, hyoid, and larynx activity during swallowing. *Invest Radiol* 19, 82–86.
- Simental AA, Carrau RL (2004): Assessment of swallowing function in patients with head and neck cancer. *Curr Oncol Rep* 6, 162–165.
- Steele CM, Van Lieshout P (2004): Influence of bolus consistency on lingual behaviors in sequential swallowing. *Dysphagia* 19, 192–206.
- Steele CM, Van Lieshout P (2009): Tongue movements during water swallowing in healthy young and older adults. *J Speech Lang Hear Res* 52, 1255–1267.
- Stone M (2005): A guide to analysing tongue motion from ultrasound images. *Clin Linguist Phon* 19, 455–501.
- Suarez-Cunqueiro MM, Schramm A, Schoen R, Seoane-Lestón J, Otero-Cepeda XL, Bormann KH, Kokemueller H, Metzger M, Diz-Dios P, Gellrich NC (2008): Speech and swallowing impairment after treatment for oral and oropharyngeal cancer. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 134, 1299–1304.

- Suiter DM, Leder SB (2008): Clinical utility of the 3-ounce water swallow test. *Dysphagia* 23, 244–250.
- Suntrup S, Warnecke T, Kemmling A, Teismann IK, Hamacher C, Oelenberg S, Dziewas R (2012): Dysphagia in patients with acute striatocapsular hemorrhage. *J Neurol* 259, 93–99.
- Tachimura T, Okuno K, Ojima M, Nohara K (2006): Change in levator veli palatini muscle activity in relation to swallowing volume during the transition from the oral phase to pharyngeal phase. *Dysphagia* 21, 7–13.
- Taniguchi H, Tsukada T, Ootaki S, Yamada Y, Inoue M (2008): Correspondence between food consistency and suprahyoid muscle activity, tongue pressure, and bolus transit times during the oropharyngeal phase of swallowing. *J Appl Physiol* 105, 791–799.
- Tei K, Maekawa K, Kitada H, Ohiro Y, Yamazaki Y, Totsuka Y (2007): Recovery from postsurgical swallowing dysfunction in patients with oral cancer. *J Oral Maxillofac Surg* 65, 1077–1083.
- Thüer U, Janson T, Ingervall B (1985): Application in children of a new method for the measurement of forces from the lips on the teeth. *Eur J Orthod* 7, 63–78.
- Thüer U, Sieber R, Ingervall B (1999): Cheek and tongue pressures in the molar areas and the atmospheric pressure in the palatal vault in young adults. *Eur J Orthod* 21, 299–309.
- Urken ML, Weinberg H, Vickery C, Buchbinder D, Lawson W, Biller HF (1991): Oromandibular reconstruction using microvascular composite free flaps. Report of 71 cases and a new classification scheme for bony, soft-tissue, and neurologic defects. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 117, 733–744.
- Vaiman M, Eviatar E (2009): Surface electromyography as a screening method for evaluation of dysphagia and odynophagia. *Head Face Med* 20, 5–9.
- Wächter R, Diz Dios P (1993): Effect of adaptation and compensation mechanisms on postoperative function of patients with tumors of the oral cavity. *Laryngorhinotologie* 72, 333–337.
- Wang KH, Inman JC, Hayden RE (2011): Modern concepts in mandibular reconstruction in oral and oropharyngeal cancer. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 19, 119–124.
- Wein B, Angerstein W, Klajman S, Zimmermann R, Skopnik H (1993): Tongue ultrasound and pressure measurement in infantile sucking. Initial results. *Klin Padiatr* 205, 103–106.

- Weiß C: Basiswissen Medizinische Statistik, 5. Auflage; Springer Medizin Verlag Heidelberg 2010.
- Wendler J, Seidner W, Eysholdt U: Lehrbuch der Phoniatrie und Pädaudiologie, 4. Auflage; Thieme Verlag, Stuttgart 2005.
- Wentzensen N, von Knebel Doeberitz M (2004): Viral carcinogenesis of head and neck tumors. *Pathologe* 25, 21–30.
- White R, Cotton SM, Hind J, Robbins J, Perry A (2009): A comparison of the reliability and stability of oro-lingual swallowing pressures in patients with head and neck cancer and healthy adults. *Dysphagia* 24, 137–144.
- Wilkins T, Gillies RA, Thomas AM, Wagner PJ (2007): The prevalence of dysphagia in primary care patients: a HamesNet Research Network study. *J Am Board Fam Med* 20, 144–150.
- Wu CH, Hsiao TY, Ko JY, Hsu MM (2000): Dysphagia after radiotherapy: endoscopic examination of swallowing in patients with nasopharyngeal carcinoma. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 109, 320–325.
- Wynder EL, Bross IJ, Feldman RM (1957): A study of the etiological factors in cancer of the mouth. *Cancer* 10, 1300–1323.
- Yoshikawa M, Yoshida M, Nagasaki T, Tanimoto K, Tsuga K, Akagawa Y, Komatsu T (2005): Aspects of swallowing in healthy dentate elderly persons older than 80 years. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 60, 506–509.
- Yoshikawa M, Yoshida M, Tsuga K, Akagawa Y, Groher ME (2011): Comparison of three types of tongue pressure measurement devices. *Dysphagia* 26, 232–237.
- Zirkler HU: Polysensographische Untersuchung der orofazialen Basisfunktion im Wachzustand und während der Nachtruhe. Med. Diss. Göttingen 2002.
- Zuydam AC, Lowe D, Brown JS, Vaughan ED, Rogers SN (2005): Predictors of speech and swallowing function following primary surgery for oral and oropharyngeal cancer. *Clin Otolaryngol* 30, 428–437.