

# **TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN**

Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie

Klinikum rechts der Isar

(Univ.-Prof. Dr. Dr. K.-D. Wolff)

## **Zur Effizienz der Levatorplastik als sprechunterstützende Operation**

–

## **Eine kombiniert retro- und prospektive Studie**

Isabel Lahmer

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin  
der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktors der Medizin  
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. E.-J. Rummeny

Prüfer der Dissertation:

1. Priv.-Doz. Dr. Dr. A. Kolk
2. Univ.-Prof. Dr. H. A. Bier

Die Dissertation wurde am 26.09.2011 bei der Technischen Universität München  
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin  
am 18.07.2012 angenommen.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Verzeichnis der Abkürzungen</b>	4
<b>Einleitung</b>	7
<b>Problemstellung</b>	9
Problematik und Grundlagen der Gaumenspalten	9
Anatomische Grundlagen	10
Pathologisch-anatomische Grundlagen des gespaltenen Gaumens	12
Velopharyngeale Funktion	14
Darstellungsmöglichkeiten der velopharyngealen Funktion	16
Sprechunterstützende Operationen in der Vergangenheit	18
Aktuelle Alternative: Levatorplastik	21
<b>Material und Methoden</b>	23
Patientenkollektiv	23
Grundlagen der radiologischen Diagnostik	26
Entstehung von Röntgenstrahlen	28
Radiologische Diagnostik	29
Grundlagen der kernspintomographischen Diagnostik	29
Physikalische Voraussetzungen der MRT	30
Technische Grundlagen	32
Methoden	34
Videofluoroskopie	34
Echtzeit-MRT	39
Statistische Auswertung	46
Auswertungsbögen	47
<b>Ergebnisse</b>	52
Allgemeines	52
Patientendaten	52
Daten MRT-Videovergleich	61
Passavantscher Wulst	82
Daten prä- & postoperativ	83
Daten der Videofluoroskopie	84
Daten der Videofluoroskopie mit Altersverteilung	96
Daten der MRT-Untersuchungen	120
Passavantscher Wulst	131

<b>Diskussion</b>	140
Allgemein	140
Vergleich MRT-Video	142
Statistische Auswertung	142
Unterschiede & Vergleichbarkeit insgesamt	144
Wertungen in Videofluoroskopie und Kernspintomographie	149
Gesamtwertungen	153
Literaturvergleiche	153
Entwicklungsmöglichkeiten	156
Vergleich prä- & postoperativer Daten	157
Statistische Auswertung	157
Unterschiede insgesamt	159
Prä- und postoperative Wertungen	160
Gesamtwertung	165
Passavantscher Wulst	166
Effektivität der Levatorplastik	167
Aktuelle Entwicklung der sprechunterstützenden Operationen	169
Zusammenfassung Diskussion	170
<b>Zusammenfassung</b>	172
<b>Danksagung</b>	176
<b>Lebenslauf</b>	177
<b>Literatur</b>	178
<b>Verzeichnis der Abbildungen</b>	188
<b>Verzeichnis der Tabellen</b>	195

## Verzeichnis der Abkürzungen

A	Ampere
Auswert.	Auswertung
Beurteil.	Beurteilung
ca.	Circa
CA	Carcinom
cd	Candela
DLR	Digitale Lumineszenzradiographie
dtl.	Deutlich
evtl.	Eventuell
GE	Gradienten-Echo
Geschlecht M	männlich
GP	Gaumenplastik
Geschlecht W	weiblich
H+	Protonen
HF	Hochfrequenz
HNO	Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde
HWS	Halswirbelsäule
Jh.	Jahrhundert
K	Kelvin
KM	Kontrastmittel
kg	Kilogramm
Koord.	Koordination
L-Spalte	Lippen-Spalte
LK-Spalte	Lippen-Kiefer-Spalte
LKG-Spalte	Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte
LP	Levatorplastik
m	Meter
M	Gesamtmagnetisierung
M.	Musculus (Singular; lateinisch Muskel)
MKG-Chirurgie	Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie
Mm.	Musculi (Plural von Musculus)
mol	Mol
MRS	Magnetresonanzspektroskopie

MRT	Magnetresonanztomographie
N.	Nervus
Nr.	Nummer
o.ä.	oder ähnlich
OP	Operation
Pkte	Punkte
post, postOP	postoperativ = nach der Operation
PostMRT	postoperative Magnetresonanztomographie
PostVideo	postoperative Videofluoroskopie
prä, präOP	präoperativ = vor der Operation
PräMRT	präoperative Magnetresonanztomographie
PräVideo	präoperative Videofluoroskopie
Proc.	Processus (Singular; = Fortsatz)
Procc.	Processi (Plural von Processus)
PW	Passavantscher Wulst
Rdl	Universitätsklinikum Rechts der Isar, München
Restöff.	Restöffnung
RHW	Rachenhinterwand
Rr.	Rami (Plural von Ramus = Ast)
r	Korrelationskoeffizient
s / sec	Sekunde
s.	Siehe
SE	Spin-Echo
SI	Système Internationale des Unités
s.o.	Siehe oben
sog.	so genannt
s.u.	Siehe unten
Symm.	Symmetrie
T	Tesla
TE	Time to echo
TR	Time of repetition
TU	Technische Universität
Unters.	Untersuchung
Untersuchung prä	präoperative Untersuchung
Untersuchung post	postoperative Untersuchung
usw.	und so weiter

u.U.	unter Umständen
V.	Velum
v. Chr.	vor Christus
VHS	Video Home System
Video	Videofluoroskopie
VPP	Velopharyngoplastik
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
z.Z.	zurzeit

## Einleitung

Gaumenspalten, Spaltbildungen der Lippen oder des Kiefers sind angeborene Fehlbildungen, die jeden einzelnen Patienten für sein gesamtes Leben anatomisch, physiologisch und sozial zeichnen: Durch die zur allgemein herrschenden Norm abweichende Facies können schon einfache Lippenspalten, im Volksmund auch als „Hasenscharte“ bezeichnet von Geburt an eine „Anders-„ oder gar „Außen-Stellung“ in der Gesellschaft durch veränderte Reaktion der Umwelt durch diese offensichtliche Andersartigkeit zur Folge haben, ohne dass der Betroffene subjektiv einen spürbaren Nachteil bemerken würde.

Anders als bloße „Äußerlichkeit“ haben die Spaltbildungen des Kiefers und des Gaumens durch ihre anatomischen Veränderungen teilweise massiven Einfluss auf die Physiologie und die Funktionalität des velopharyngealen Raumes: Schon das Neugeborene kann durch eine entsprechend ausgeprägte Kiefer- oder Gaumenspalte den zum Saugen notwendigen Unterdruck zwischen Zunge und Oberkiefer und Gaumen nicht aufbauen und würde ohne alternativen Nahrungszufuhr (z. B. Magensonde oder intravenöse Zufuhr) und baldmöglichste unterstützende Technik und Anatomie angleichende Operationen verhungern.

Diese offensichtlichen Pathologien der veränderten Anatomie wurden in den letzten Jahrhunderten mit den verschiedensten Herangehensweisen von Hilfsmitteln, Operationen und logopädischen Therapien behandelt und der Norm angeglichen, um den Patienten ein möglichst „normales“ Leben zu ermöglichen.

Durch die Standardisierung der Operationen, Therapien und weltweiten Vergleichsmöglichkeiten trat in den letzten Jahrzehnten nun zunehmend eine sekundäre oder auch zunächst zweitrangige Pathologie in den Vordergrund der Bemühungen, die auch nach Gaumenverschluss und logopädischen Training bestehen bleiben kann: Eine stigmatisierende, näselnde und häufig undeutliche Sprache der betroffenen Spaltpatienten.

Durch die veränderte Anatomie verursacht der fehlende nasopharyngeale Verschluss einen nicht koordinierbaren nasalen (Luft-) Strom bei Schluck- und Sprechakt, der so neben nasaler Penetration von Flüssigkeiten und Speisen auch eine für Spaltpatienten typische näselnde bis fast unverständliche Sprechweise zur Folge hat. Um diese Pathologie zu korrigieren wurden in den letzten Jahrzehnten mehrere sprechunterstützende Operationen zur Verbesserung des nasopharyngealen Verschlusses entwickelt, in diesem Rahmen auch die „Levatorplastik“.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht darin, diese Operationsmethode auf ihre Effizienz hin zu untersuchen, um die Möglichkeit einer weiteren sprechunterstützenden Operation für Spaltpatienten zu beschreiben.

Um die prä- und postoperativen Untersuchungen und deren Befunde so objektiv wie möglich darstellen zu können, wurden bildgebende Verfahren als aktuell bestehender Goldstandard und zur gleichzeitigen Anonymisierung der Patientendaten genutzt: Die Röntgendiagnostik der Videofluoroskopie und die Echtzeit-MRT-Diagnostik. Die Echtzeit-MRT ist erst in den letzten Jahren entwickelt worden und wird in dieser

Arbeit erstmals in höheren Patientenzahlen mit dem hier entsprechenden Goldstandard verglichen, um eine mögliche Verbesserung der Bildgebung zu zeigen und evtl. eine Möglichkeit für die Zukunft aufzuweisen, vor allem die jungen Patienten nicht mit radiologischer Strahlungsdiagnostik untersuchen zu müssen.



## Problemstellung

### Problematik und Grundlagen der Gaumenspalten

Spaltbildungen der Lippen, des Kiefers und des weichen oder harten Gaumens sind noch immer eine der häufigsten angeborenen Fehlbildungen mit einer durchschnittlichen Häufigkeit von 1:450 Geburten in der Bundesrepublik Deutschland. Mit 4-5% Risiko bekommen gesunde Eltern nach der Geburt eines Spaltkindes ein Weiteres, nach zwei Spaltkindern bei einem gesunden Elternpaar steigt das Risiko auf 9%. Ist ein Elternteil bereits Träger einer LKG-Spalte, so beträgt das Risiko für jedes Kind 4-5%, ist das erste Kind bereits ein Spaltträger, so erhöht sich das Risiko des zweiten Kindes für eine Spaltbildung der Lippen, des Kiefers oder des harten Gaumens auf 13-14% (Drillien C.M. 1966; Fraser 1970; Fogh-Andersen 1982) (Fraser S.336, Fogh-Andersen S.43). Die Hälfte aller Spaltbildungen ist ein- oder doppelseitig, Lippen-Kiefer- und isolierte Gaumenspalten werden gleich häufig geboren (Fogh-Andersen 1961)(S.108). Männliche Kinder sind häufiger als Weibliche betroffen, diese zeigen jedoch mit doppelt hoher Wahrscheinlichkeit eine isolierte Gaumenspalte. Auffallend ist neben der Gesichtsanomalie der betroffenen Kinder vor allem die charakteristische näselnde Sprache (s. „velopharyngeale Funktion“), die ein soziales Hindernis darstellen kann (Lohmander-Agerskov A 1993; Gugsch C 2008; Nagarajan R 2009)(Lohmander-Agerskov S. 28, Gugsch S. 266, Nagarajan S.139).

Die Ätiologie der Erkrankungen ist bis heute noch nicht geklärt und wird in den neuesten Studien (Mangold E 2009; Messer LC 2010)(Mangold S. 2680, Messer S. 32) am ehesten multifaktoriell gesehen: Neben „dysplastischen Dispositionen“ werden exogene Noxen während der Schwangerschaft wie Mangelernährung, Vitaminunter- und -überdosierungen (Riboflavin, Vitamin A, Vitamin D), Medikamentenkonsum (z.B. Thalidomid, Aminopterin), Sauerstoffmangel und Virusinfektionen (z.B. Röteln), aber auch ovarielle Insuffizienz und niedriges bzw. hohes Alter der werdenden Mütter als auslösende Faktoren diskutiert. Angaben zur Heredität schwanken zwischen 14-33% (Gabka 1953; Fogh-Andersen 1982; Coninck 1989) (Gabka S.10, Fogh-Andersen S.43, Coninck S.53). Auch der zunehmender Stress und psychische Traumata während der Schwangerschaft werden als zusätzliche Ursachen der zunehmenden Inzidenz der Spaltbildungen diskutiert (Gabka 1953; Burdi 1977)(Gabka S.10, Burdi S.264): In den letzten hundert Jahren kam es fast zu einer Verdreifachung der Inzidenz (Kittel G 1967; Jörgensen 1985)(Kittel S.260, Jörgensen S.248).

Die möglichen Therapien der zum Teil stark entstellten Patienten bleiben in erster Linie operative Eingriffe, wenn nötig bereits kurz nach der Geburt die Anpassung von Gaumenplatten, um den Neugeborenen zunächst eine Nahrungsaufnahme zu ermöglichen, später Operationen und logopädische Therapien, um die oft ein Leben lang bestehende Insuffizienz der oralen und pharyngealen Muskeln zu trainieren.

Die erste und bei Spaltbildungen des Kiefers und des Gaumens unumgängliche Operation ist die Gaumenplastik, die bei Spaltbildungen des weichen und vor allem des harten Gaumens einen Verschluss der gespaltenen Muskulatur und ggf. des Knochens zum Ziel hat. Häufig bleibt es jedoch nicht bei diesem einen operativen Eingriff: Vor allem die entstellenden Gesichtszüge der Patienten, die bei einfachen Lippenspalten die einzige Pathologie darstellen können, werden häufig in vielen Operationen und durch verschiedensten Möglichkeiten der vorherrschenden Norm angepasst. Gleichzeitig werden die auf den ersten, äußeren Blick nicht sichtbaren pathologisch-anatomischen Verhältnisse des Nasen- und Rachenraumes, vor allem auch die Zahnstellungen, oft mehrmals operationsbedürftig.

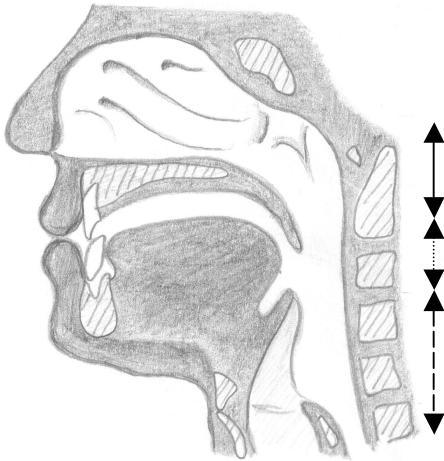
Auch nach Abschluss vieler dieser möglichen oft operativen Therapien leiden viele Spalt-Patienten weiter unter einer deutlichen, oft stigmatisierenden nasalen und häufig auch trotz jahrelanger Logopädie sehr undeutlichen Sprache. Ursache ist der insuffiziente Abschluss des Nasopharynx gegenüber des Oropharynx durch das insuffiziente Velum (s. auch unten). Bis jetzt ist es jedoch nicht möglich, die ursprünglich gespaltene Velum-Muskulatur in einer Art operativ zu vereinigen, dass diese Patienten ohne eine sprachliche Behinderung und Stigmatisierung leben können.

### Anatomische Grundlagen

Der Pharynx wird durch mehrere, quergestreifte Muskeln gebildet und stellt sowohl einen Teil des Verdauungstraktes als auch einen Teil der Atmungsorgane dar. Um diese zwei unterschiedlichen Funktionen zu gewährleisten, müssen eine Reihe von Mechanismen und zeitlich koordinierten Bewegungsabläufen gewährleistet sein.

Die grundlegende Gliederung des Pharynx wird üblicherweise in drei Höhen angegeben (Fritsch and Kühnel 2001)(S. 168):

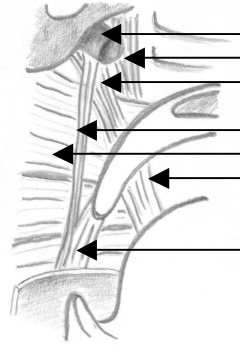
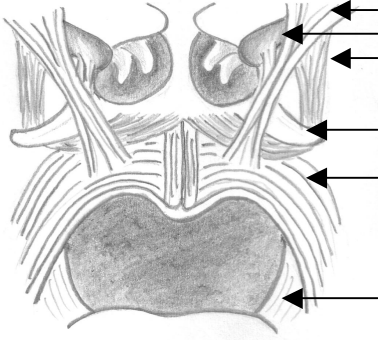
- Pars nasalis pharyngealis (I) – auch Epi- oder Nasopharynx genannt, Verbindung zur Nasenhöhle, Atemweg
- Pars oralis pharyngealis (II) – Meso- oder Oropharynx, Verbindung zur Mundhöhle, Atem- und Speiseweg
- Pars laryngea pharyngealis (III) – Hypo- oder Laryngopharynx, Verbindung zum Kehlkopf und Ösophagus, Atem- und Speiseweg



**Abbildung 1:** Schematische sagittale Zeichnung des pharyngolaryngealen Traktes nach (Bigenzahn W 1999)(S.12) : Epi-/Nasopharynx (↕), Meso-/Oropharynx (↕), Hypo-/Laryngopharynx (↕) mit Kreuzung des Atem- und Nahrungsweges

Der velopharyngeale Sphinkter, der die Mundhöhle gegen den Nasopharynx während des Sprech- und Schluckaktes abgrenzt, besteht aus drei Muskeln (Putz and Pabst 2000; Fritsch and Kühnel 2001)(Putz S.136, Fritsch S.168):

- M. levator veli palatini (Gaumenmuskel) – Innervation: Plexus pharyngeus (IX, X); setzt unterhalb der Felsenbeinpyramide und an der Pars cartilaginea der Tuba auditiva an und strahlt in die Aponeurose des weichen Gaumens ein. Seine Funktionen sind die Hebung des weichen Gaumens, die Spannung des Gaumensegels, dadurch die Verengung des Isthmus Faucium, und die Erweiterung der Tube.
- M. palatopharyngeus (Pharynxmuskel)– „Gaumen-Rachen-Muskel“, Innervation: Rr. pharyngeales des N. glossopharyneus (IX); vom weichen Gaumen im hinteren Gaumenbogen reicht er auf der Innenseite des M. constrictor pharyngeus superior bis in den Unterrachenraum. Seine Funktionen sind die Anhebung des Rachens und die Senkung des Gaumensegels.
- M. constrictor pharyngeus superior (Pharynxmuskel)– „oberer Schlundschwürer“, Innervation: Rr. pharyngeales des N. glossopharyneus (IX); der innerste der drei Schlundschwürer entspringt paarig am Kopf (an der Raphe pterygomandibularis zwischen Hamulus pterigoideus und Unterkiefer und am Proc. pterigoideus) und läuft mit den beiden anderen Schlundschwürern an der Raphe pharyngis, einer derben Bindegewebsnaht, zusammen. Die Funktionen der drei Schlundschwürer sind die Einengung des Rachenraums und die Anhebung von Kehlkopf und Zungenbein. Das Anheben wird durch die dachziegelartige Anordnung der Muskelfasern und das Divergieren der Fasern ermöglicht.



**Abbildung 2:** Schematische Zeichnung der velopharyngealen Muskulatur nach (Berkovitz BKB 1992)(S.102): M. levator veli palatini, Tuba auditiva, M. tensor veli palatini, Hamulus ptergoideus, M. palatopharyngeus, M. palatoglossus (Pfeile von oben nach unten)

**Abbildung 3:** Schematische Zeichnung der velopharyngealen Muskulatur nach (Berkovitz BKB 1992)(S.102): Tuba auditiva, M. tensor veli palatini, M. levator veli palatini, M. salpingopharyngeus, M. constrictor pharyngis superioris, M. palatoglossus, M. palatopharyngeus (Pfeile von oben nach unten).

Der velopharyngeale Sphinkter dichtet durch Anheben und Apposition des Velums gegen die Rachenhinterwand den Nasopharynx von der Mundhöhle ab:

Elevation und Retraktion des weichen Gaumens, Anterior-Bewegung der hinteren Rachenwand und eine Medial-Bewegung der seitlichen Rachenwände. Das Velum bildet bei diesem Vorgang den anterioren Rand des Sphinkters.

Dieser Ablauf ist sowohl beim Sprech- als auch beim Schluckakt von essentieller Bedeutung in der Lautbildung bzw. der reflektorischen Sicherung der Atemwege bei Speisepassage.

### Pathologisch-anatomische Grundlagen des gespaltenen Gaumens

Bei Gaumenspalten findet sich eine veränderte muskuläre Morphologie: Die Ansätze der Muskeln sind nach ventrolateral auf der entsprechenden Spaltseite verschoben und durch die Unterbrechung und Lateralisierung der zirkulär verlaufenden Fasern des M. palatopharyngeus ist ein vollständiger nasopharyngealer Abschluss nicht möglich. Gleichzeitig wird die Öffnung durch den Sehnenzug des M. levator veli palatini vergrößert. Eine zusätzliche Verkürzung des Gaumens wird durch das Fehlen der Gaumenaponeurose und durch die Spannung der Muskeln im Bereich des weichen Gaumens erzeugt (Dickson 1972; Kriens 1975)(Dickson S.286, Kriens S.280).

Die Folge ist eine Unfähigkeit der Muskulatur von Velum und Pharynx den für Sprechen oder Schlucken optimalen Verschluss zwischen Oro- und Nasopharynx herbeizuführen (Hirschberg 1986)(S.242). Diese persistierende Öffnung wird nach Passavant als „velopharyngeale Insuffizienz“ bezeichnet (Passavant 1865)(S.338).

Die Ausprägungsformen der LKG-Spalten lassen sich klinisch in vollständig oder unvollständig, isoliert oder kombiniert einteilen, betroffen sind jeweils folgende Gesichts- und/bzw. Gaumenanteile (Krüger 1988; Horch 1998; Horch 2007)(Krüger S.245, Horch S.455):

- Lippenspalten:  
Oberlippe und Naseneingang
- Lippen-Kiefer-Spalten /LK-Spalte:  
Spaltung Lippe und Kiefer bis zum Foramen incisivum; LK-Spalte
- Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten /LKG-Spalte:  
seitlich in Lippe und Zwischenkiefer, medial des Nasenseptums im harten Gaumen, bei einseitiger Spalte verwächst der Vomer mit dem harten Gaumen der gesunden Seite
- Isolierte Gaumenspalten:  
mediane Spaltung des harten und weichen Gaumens einschließlich Uvula
- Submuköse Gaumenspalten:  
bei intakten nasalen und oralen Schleimhäuten ist die Gaumenmuskulatur gespalten

Eine weitere geläufige Einteilung der Spaltbildungen wird embryologisch vorgenommen:

- Primär:  
mesenchymale Fusion zwischen den Kopforganisatoren ist / wird zwischen dem 16. Tag nach der Befruchtung und dem 75. intrauterinen Tag gestört
- Sekundär:  
zunächst regelrechte Fusion, dann aber partieller oder totaler Einriss der Epithelmauer

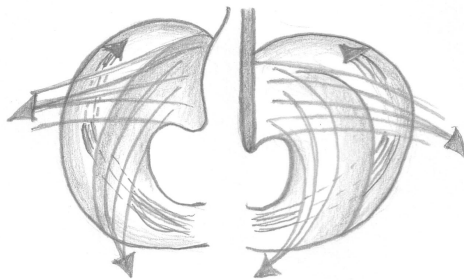
Es existieren weitere Einteilungen in Untergruppen, die nach topographisch-anatomischen Merkmalen geordnet werden (Kernahan and Stark 1958; Fogh-Andersen 1967)(Kernahan S.435, Fogh-Anderson S.24):

- Gruppe 1:  
Spalten des primären embryonalen Gaumens:  
Lippe /Kiefer
- Gruppe 2:  
Spalten des primären und sekundären embryonalen Gaumens:  
Lippe /Kiefer /harter Gaumen /weicher Gaumen

- Gruppe 3:  
Spalten des sekundären embryonalen Gaumens:  
harter Gaumen /weicher Gaumen
- Gruppe 4:  
Seltene Spalten

### Velopharyngeale Funktion

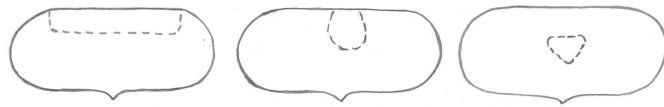
Der Verschluss des Nasopharynx durch den velopharyngealen Sphinkter wird physiologisch wie oben erwähnt durch die Aktivität verschiedener Muskeln gewährleistet, die eine Apposition des Velums gegen die Rachenhinterwand ermöglichen:



**Abbildung 4:** Schematische Darstellung der velopharyngealen Muskulatur nach (Kriens 1967)(S.17): Gespaltenen Gaumen links und normaler Gaumen rechts; M. constrictor pharyngeus superior, M. levator veli palatini, M. palatopharyngeus (Pfeile von oben nach unten).

Diese Muskulatur lässt sich in einen nasopharyngealen (Bewegungen der nasopharyngealen Wände) und einen velaren Anteil (Elevation und posteriore Elongation des Velums) aufteilen (Skolnick and McCall 1971)(S.3). Durch diese Einteilung lassen sich auch die bekannten radiologischen Verschlussmuster (Skolnick and McCall 1971; Skolnick ML 1973; Skolnick ML 1975; Croft CB 1981; Golding-Kushner 1990)(Skolnick 1971 S.5, Skolnick S.1973 S.295, Croft S.268, Golding-Kushner S.341) erklären, die in den standardisierten Auswertungsbögen der Studie genutzt wurden:

Koronal, sagittal, zirkulär und zirkulär mit Passavantschem Wulst (Croft CB 1981; Kogo M 1996)(Croft S.268, Kogo S.274).



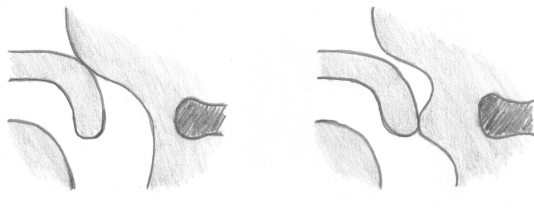
**Abbildung 5:** Schematische axiale Verschlussmuster nach (Golding-Kushner 1990)(S.341): Koronal, sagittal, zirkulär



**Abbildung 6:** Schematische koronare Verschlusskonturen nach (Golding-Kushner 1990)(S.343): Shelf, ballonförmig, vertikal, irregulär

Wichtig sind hier die Unterscheidung von Sprech- und Schluckakt, da diese verschiedene Verschlussmuster zeigen (Flowers and Morris 1973)(S.184). Für die hier untersuchte Sprach- und Sprechqualität musste demnach bei jeder Videofluoroskopie erst nach dem Schlucken des Kontrastmittels eine zweite Sequenz mit einem Sprechablauf aufgenommen werden.

Der Passavantsche Wulst (siehe unten) ist eine Bezeichnung für den Anteil der Rachenhinterwand, der sich bei Schluck- und Sprechbewegung auf Höhe des Velums bzw. des 1.Halswirbelkörpers nach ventral bewegt (Hannig 1995)(S.44). Dieser Wulst wird durch die horizontalen Muskelkontraktion der Rachenhinterwand gebildet und kann dem M. constrictor superior und/oder dem M. palatopharyngeus zugeteilt werden (Dickson 1975)(S.240). Die Entstehung des Passavantschen Wulstes korreliert nicht immer mit einer angeborenen oder erworbenen velopharyngealen Insuffizienz, sondern kommt auch bei klinisch kompetenten Individuen vor.



**Abbildung 7:** Schematische Darstellung des Passavantschen Wulstes nach (Skolnick ML 1975)(S.372): Links: Regulärer velopharyngealer Verschluss in sagittaler Ebene; Rechts: Bildung eines PW

Der velopharyngeale Verschluss ist zur Bildung bestimmter Sprachlaute, wie z.B. /k/, von elementarer Bedeutung. Zur Artikulation muss der Luftstrom oral kanalisiert werden und der Nasopharynx wird komplett abgedichtet, während der untere Pharynx weit geöffnet wird (Skolnick and McCall 1971)(S.5). Bei einer

velopharyngealen Insuffizienz kommt es durch den fehlenden Abschluss des Nasopharynx zu einer Nasalität der Sprache.

Für die Darstellung der morphologischen Gegebenheiten und in diesem Fall für die Darstellung der velopharyngealen Insuffizienz sind röntgendiagnostische und MRT-Untersuchungen eine objektive, nicht-invasive, leicht wiederholbare und gut reproduzierbare Möglichkeit.

## Darstellungsmöglichkeiten der velopharyngealen Funktion

Um die velopharyngeale Funktion darstellen und suffizient beurteilen zu können, wurden in der Vergangenheit verschiedenste invasive und nicht-invasive Möglichkeiten entwickelt.

Die meisten Untersuchungsmethoden im Bereich des velopharyngealen Bewegungsablaufs wurden in der Vergangenheit im Bereich der Dysphagien, der Schluckstörungen, etabliert. Die Gefahr einer Aspiration und möglicher, kompletter Verlegung der Atemwege machte bei diesem Krankheitsbild eine intensive und vor allem genaue Diagnostik nötig. So wurden die meisten der hier aufgezählten Untersuchungsmethoden ursprünglich für die Dysphagie-Diagnostik entwickelt und eingesetzt, um Schluckstörungen einteilen und eventuell sofortige Therapien bei Gefahr von Aspirationen einleiten zu können. Auch die Dysphagien werden aufgrund der anatomischen Besonderheiten und Grunderkrankungen und somit der interdisziplinären Fragestellungen von mehreren Fachrichtungen abgedeckt und behandelt, daher zeigen sich auch in den Möglichkeiten der Darstellung und der Bewertung des Schluckaktes verschiedenste Herangehensweisen, die teilweise auch für die velopharyngeale Funktion genutzt werden können. Hier eine Auflistung der Stufendiagnostik der Dysphagie (Denk 1999)(S.33):

- Anamnese
- Basisdiagnostik
  - HNO-ärztliche/phoniatische Untersuchung einschließlich Schluckbeobachtung und videoendoskopisch kontrollierten Schluckversuchen
  - Röntgen-Videokinematographie
  - Bei Aspiration: Thorax-Röntgen
- Weiterführende Diagnostik
  - Endoskopie: Gastroskopie (flexible Optik), Ösophaguskopie (starre Optik)
  - Bildgebende Verfahren: Sonographie, Kernspintomographie, Szintigraphie zur Aspirationsquantifizierung
  - Manometrie, Szintigraphie, pH-Metrie
  - Elektrophysiologische Methoden



Häufig werden diese Möglichkeiten der Darstellung auch miteinander kombiniert, um eine möglichst genaue Analyse der anatomischen und bewegungstechnischen Besonderheiten des einzelnen Patienten zu erzielen.

Grundsätzlich ist eine Anamnese bei allen Arten von Schluckstörungen und auch von Sprechstörungen die erste diagnostische Maßnahme vor einer klinischen und einer eventuell folgenden geräteintensiven Untersuchung. Dabei sollte die Frage nach den Eßgewohnheiten auch bei auf den ersten Blick ausschließlichen Sprechstörungen immer mit abgeklärt werden, um eventuelle zusätzlich bestehende Schluckstörungen nicht zu übersehen. Weiter sollten die Symptome der Schluck- bzw. Sprechstörung, also die individuellen Beschwerden des Patienten erfragt werden, die Dauer und der Beginn der Beschwerden sowie direkte oder indirekte Hinweise auf eine Dysphagie oder auf mögliche Aspirationen. Indirekte Hinweise auf Aspirationen können rezidivierende unklare Fieberschübe, Gewichtsabnahmen, Pneumonien, häufiges Husten (vor allem im zeitlichen Zusammenhang mit der Nahrungsaufnahme) und Fremdkörpergefühle im Hals sein.

Wichtig sind auch Fragen nach Vorerkrankungen, aktuellen Erkrankungen, Therapien, operativen Eingriffen und Medikamenteneinnahmen. Vor allem bei den LKG-Spaltpatienten sollte eine Familienanamnese erfragt werden.

Der Anamnese sollte nun eine genaue klinische Untersuchung folgen, bei der zunächst die anatomischen Verhältnisse inklusive des Zahnstatus des Nasen-Rachenraumes mit Hilfe von kleinen Handspiegeln inspektorisch in Ruhe untersucht werden. Dabei sollte auch eine Überprüfung der motorischen, sensiblen und gustatorischen Nervenversorgung sowie der Reflexbahnen (z.B. Würgereflex) durchgeführt werden. Die klinische Beurteilung sollte auch eine auditive Beurteilung beinhalten. Bei dem hier untersuchten Patientenkollektiv fiel bei fast allen Patienten eine auffällige nasale Sprache aufgrund des insuffizienten velopharyngealen Abschlusses auf. Bei neurogenen Dysphagien fallen dagegen häufig dysarthrische oder aphasische Sprach- und Sprechveränderungen auf. Nicht fehlen sollte eine palpatorische und auskultatorische Untersuchung während und nach Schluck- und Sprechproben, um motorische Ausfälle und eventuelle Aspirationen nicht zu übersehen.

Die nun folgende HNO-ärztliche Untersuchung macht es durch die invasivere transnasale oder transorale Videoendoskopie möglich, den velopharyngealen und hypopharyngealen Bereich einzusehen und während des Schluck- oder Sprechvorgangs zu analysieren. Die Möglichkeit einer (digitalen) Aufzeichnung ermöglicht auch Vergleiche während oder nach Therapien und die genaue Analyse in einer „slow motion“. Grundsätzlich gibt es verschiedene Möglichkeiten der Untersuchung, bei der teilweise auch angefärbte Kontrastmittel geschluckt bzw. gegeben werden, um eine mögliche Penetration von Speisebrei in den Nasopharynx oder eine Aspiration zu verdeutlichen.

Die Verfahren der Röntgen-Videokinematographie und der Kernspintomographie werden im folgenden Kapitel „Material und Methoden“ dargestellt.

- Bildgebende Verfahren: Sonographie, Kernspintomographie, Szintigraphie zur Aspirationsquantifizierung
- Manometrie, Szintigraphie, pH-Metrie
- Elektrophysiologische Methoden

Weitere Möglichkeiten der Diagnostik der Dysphagien wie Sonographie der oralen Vorbereitungsphase und Endosonographie sowie die Lungenszintigraphie zur Aspirationsquantifizierung sollen hier nur am Rande zur Vollständigkeit erwähnt werden, da sie für die Diagnostik der Sprechstörungen von keiner großen Bedeutung sind. Ebenso werden die Manometrie (Druckmessungen im oropharyngealen und ösophagealen Breichen) und die pH-Metrie (Messungen des intraluminalen pH-Wertes) vor allem bei Schluckstörungen zur Diagnostik eingesetzt, so dass sie für die Diagnostik der velopharyngealen Insuffizienz der LKG-Spalten meist von keiner großen Bedeutung sind.

Im Falle der LKG-Spalten werden jedoch einige andere der hier aufgelisteten diagnostischen Möglichkeiten genutzt, um die sichere Diagnose einer Spaltbildung stellen zu können und im Verlauf die Besonderheiten der velopharyngeale Kompetenz des einzelnen Patienten beim Schluckakt und beim Sprechen zeigen und vergleichen zu können:

Die Patienten der vorliegenden Studie wurden für die individuellen Sprechereigenschaften untersucht. Wie im Kapitel „Material und Methoden“ noch einmal aufgelistet, wurden alle Patienten zunächst anamnestiziert, klinisch untersucht und dann röntgenkinematographisch und kernspintomographisch untersucht.

## Sprechunterstützende Operationen in der Vergangenheit

Die erste Beschreibung einer Spaltbildung des Gaumens wurde 460-377 v.Chr. durch Hippokrates an einer ägyptischen Mumie verzeichnet (Härle and Lamcke 1994)(S.141). Die ersten Versuche, Spaltbildungen zunächst durch einfache Nägel und Nähte zu verschließen wurden nachweislich jedoch erst im 16. und 17.Jh. unternommen. Diese Heilungsversuche zeigten jedoch keine Erfolge und so kam es zu dem Einsatz von Obturatoren, also eingesetzten, künstlichen, mechanischen Verschlüssen der Spalten. Im einfachsten Fall durch einen die Spalte funktionell verschließenden Kiesel, im Rahmen der zunehmenden Entwicklung jedoch auch durch Metallobturatoren oder deren Befestigung an künstlichen Gebissen (Fauchard 1728).

Zeitgleich wurden die ersten erfolgreichen Operationen des weichen Gaumens von Graefe (1816) und Roux (1819) durchgeführt. Langenbeck konnte durch den sicheren Verschluss von harten und weichen Gaumen durch einen mukoperiostalen Brückenlappen im Jahre 1861 die moderne Gaumenspaltchirurgie begründen (Sader 1999) (Sader S.27f).

Trotz der stetigen Weiterentwicklung der Obturatoren und der möglichen operativen Verbesserung der Spaltbildungen blieb die entstellende, näselse Sprache den Spaltpatienten häufig erhalten. 1865 fand Gustav Passavant für dieses Symptom eine Erklärung: Der Verschluss zwischen Nasen und Rachenraum durch Gaumensegel, Medialbewegung der seitlichen Pharynxwände und die Vorwärtsbewegung der hinteren Pharynxwand (Passavant 1865)(S.338). Diese Bewegung wird heute als Passavantscher Wulst bezeichnet. Passavant postulierte schon 1869, dass neben dem Verschluss der Spaltbildung eine Verlängerung des Gaumensegels zur Sprechverbesserung der Patienten nötig sei. In den von ihm durchgeführten anatomischen Studien zeigte er drei Möglichkeiten auf, dieses zu erreichen (Sader 1999) (Sader S.29):

- die Rachenhinterwandvorwölbung
  - die direkte Rachenverengung
  - die Velopharynxverbindung
- (Erstellen einer Verbindung zwischen Velum und Rachenhinterwand)

Eine Methode der Rachenhinterwandvorwölbung wurde in der ersten Hälfte des 20.Jh. durch verschiedene Angehensweisen unternommen: Von künstlichen und autogenen Implantaten bis zu der lokalen Augmentation durch Muskelrotationslappen aus der seitlichen oder hinteren Rachenwand durch Hynes und Mitarbeiter 1951, die als Pharyngoplastik bezeichnet wird (Hynes 1951)(S.128).

Die Rachenverengung wurde ebenfalls erst Mitte des 20.Jh. durch eine Vereinigung von Gaumensegel und Rachenhinterwand mit einem mittigen Loch zum nasalen Luftfluss und durch die Bildung eines dynamischen nasooralen Muskelsphinkters aus der hinteren Gaumenmuskulatur in verschiedenen Ansätzen durchgeführt.

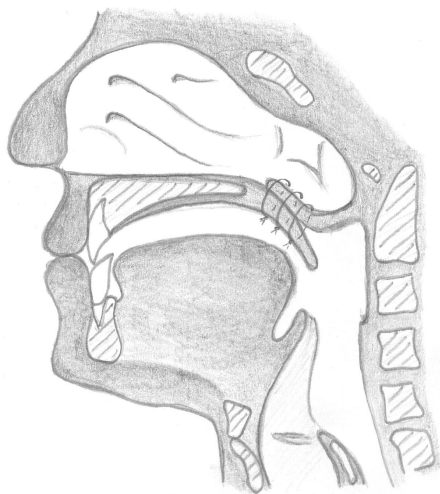
Schon 1874 begann Karl Schönborn mit der Umsetzung von Passavants Idee der Velopharynxverbindung: Er bildete einen kaudal gestielten Schleimhautmuskellappen und befestigte ihn auf der oralen Fläche des Gaumensegels. Publiziert wurde diese „Velo-Pharyngoplastik nach Schönborn-Rosenthal-Hefert“ erst 1924 nach einer Modifizierung durch Hefert 1953 (Hefert 1953)(S.4).

Fast zeitgleich demonstrierte Victor Veau 1922 eine Gaumenoperation, später als „französische Stiellappenmethode“ bezeichnet, bei der der gesamte Gaumen mit einem Stiellappen zurückverlagert wurde und so das Velum der Rachenhinterwand annäherte (Veau 1931)(S.20). Dazu verwendete er einen kranial gestielten Pharynxlappen der mit der nasalen Velumfläche verbunden wurde. Auch Sanvenero-Rosselli (1955), Walker (1977) und andere modifizierten diese Operationsmethode durch Variationen des Velumansatzes. In Grundzügen kommt diese Methode auch in der heute noch verwendeten „Push-back“-Technik vor.

Am weitesten ging die Methode nur noch den weichen Gaumen durch dessen Ablösung vom harten Gaumen zu verlagern. Die in der Fortsetzung dieser Methode 1986 durch Furlow durchgeführte direkte Verlängerung des Gaumensegels wurde durch eine gegenläufige Z-Plastik im oralen und nasalen weichen Gaumen erreicht (Furlow 1986)(S.724).

Grundlegenden Einfluss auf folgende Operationen und Entwicklungen hatte vor allem der Nachweis der unbedingten Rekonstruktion der velaren Muskelschlinge schon beim primären Gaumenverschluss als entscheidende Grundlage für die Wiederherstellung der funktionellen Gaumenmuskulatur durch Kriens im Jahr 1967 (Kriens 1969)(S.30): Dabei wurde erstmals das Konzept des Gaumenspaltverschlusses durch eine intravelare Veloplastik durchgeführt: Die Muskelbäuche werden mit einer Naht in der Mitte des weichen Gaumens vereinigt. Nach anatomischen Untersuchungen kann jedoch auch durch diese exakte Positionierung der Mm. levator veli palatini und Mm. palatopharyngei die fehlende Gaumenaponeurose des Spaltpatienten nicht ersetzt werden.

Heute ist eine der am häufigsten verwendeten sprechunterstützenden Operationen die Velopharyngoplastik (VPP) nach Sanvenero-Rosselli (Sanvenero-Rosselli 1955)(S.65): Nachdem aus der Fascia praevertebralis ein kranial gestielter, zungenförmiger Lappen von ca. 5cm Länge und 2cm Breite aus Muskelfasern des M. constrictor pharyngis superior und der Schleimhaut abgelöst wurde, wird dieser in das nasale Blatt des primär offenen oder sekundär wiedereröffneten Velums eingenäht. Alternativ kann der Muskellappen auf der Rückseite des Velums fixiert werden. Durch diese Fixierungen werden lateral des Lappens zwei Öffnungen zum Nasenraum gewährleistet und die Lappenwurzel trägt nun als Teil des interchoanal Septums zur Resonanzminderung bei (Sader 1999) (Sader S.32).



**Abbildung 8:** Schematische sagittale Zeichnung des pharyngolaryngealen Traktes nach durchgeführter sekundärer Velopharyngoplastik nach (Sanvenero-Rosselli 1955) nach (Horch 2007)(S.515).

In den vergangenen Jahren wurde die Effizienz und Sprechunterstützung dieser Operationsmöglichkeiten durch verschiedenste Untersuchungen gezeigt. Zusammenfassend sollte die Operation für ein optimales Ergebnis vor Vollendung des siebten Lebensjahres durchgeführt werden und postoperativ von einer logopädischen Therapie begleitet werden. Spätere Operationszeitpunkte können jedoch auch zu einer Verbesserung des Sprechens führen.

## Aktuelle Alternative: Levatorplastik

Aufgrund der bis heute nicht zufrieden stellenden Ergebnisse der sprechunterstützenden Operationsmöglichkeiten wurde an der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie des Klinikums Rechts der Isar der Technischen Universität München eine neue Operationsmethode entwickelt: Die Levatorplastik wird am Klinikum Rechts der Isar seit 2000 routinemäßig durchgeführt und stellt eine neue Alternative auf dem Gebiet der sprechunterstützende Operationen dar.

Da auch nach einem zeitgerechten Gaumenspaltverschluss im Alter von ca. 12 Lebensmonaten und einer logopädische Frühförderung ab dem zweiten bis dritten Lebensjahr häufig Defizite in der Funktion des Sprechens bestehen bleiben, wurden die Möglichkeiten der sekundären sprach-/sprechunterstützenden Operationen bei LKG-Patienten und sekundär erworbenen velopharyngealen Insuffizienz in der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Klinikums Rechts der Isar durch die Levatorplastik erweitert:

Bei dieser Methode werden die Mm. levatores veli palatini durch einzelne Muskelbäuche des gleichseitigen M. longus capitis rekonstruiert und sollen so zu einer Verbesserung des velopharyngealen Abschlusses beitragen. Diese vergleichsweise „physiologische“ Operation basiert nicht auf einer Velopharyngeallappenplastik und verändert somit die anatomischen Grundverhältnisse des Pharynx nicht bzw. kaum. (Sader 1999; Sader, Zeilhofer et al. 2001)(Sader S.91, Zeilhofer S.143).

Folgende Mechanismen sollen durch die Rekonstruktion zur konzentrischen Verengung des Nasopharyngealraumes beitragen:

- Seitlich: Medianverlagerung der seitlichen Rachenwände durch die Transposition der des M. longus capitis unter der seitlichen Pharynxwand
- Ventral: Neue Zügelung des weichen Gaumens und den folgenden Zug nach dorsal
- Dorsal: Überkreuzung der Muskelbäuche an der Rachenhinterwand, falls diese in der individuellen Operation durchgeführt wurde
- Neue muskuläre Ringbildung durch die Vereinigung der beiden Muskelbäuche im weichen Gaumen

Eine postoperative logopädische Schulung ist und bleibt mit ausschlaggebend und wichtig für funktionell gute Resultate.

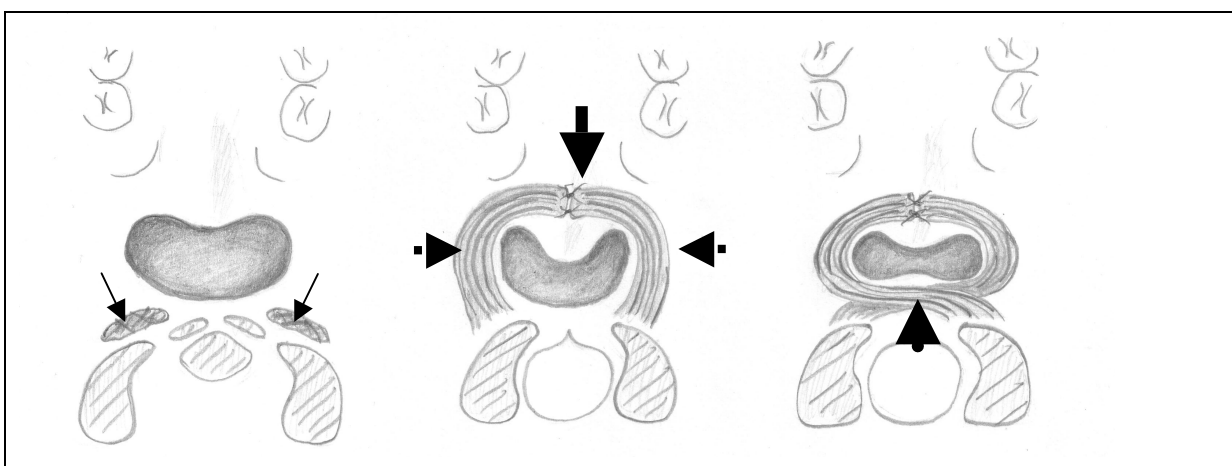
Der M. longus capitis zählt zu den prävertebralen Muskeln, beugt physiologisch den Kopf und die HWS ventralwärts und liegt dem Pharynx unter der Fascia praevertebralis direkt an (Putz and Pabst 2000)(S.144). Für die Muskeltransposition wird einer seiner Muskelbäuche je Seite (es sind jeweils bis zu 8 vorhanden, daher kommt es zu keiner Minderung der ursprünglichen Funktion) am Ursprung (Tubercula anteriora der Procc. transversi des 3.-6. Halswirbels) gelöst und in den weichen Gaumen transponiert. Durch das Belassen des Ansatzes an der Außenfläche der Pars basilaris des Os occipitale bleibt die Innervation durch direkte Äste des Plexus cervicalis und die Blutversorgung erhalten.



**Abbildung 9:** Schematische sagittale Zeichnung des pharyngolaryngealen Traktes nach durchgeführter Levatorplastik nach (Sader 1999; Sader, Zeilhofer et al. 2001)(Sader S.89, Sader, Zeilhofer S.144): Neubildung der Muskelschlinge durch Transposition prävertebraler Muskulatur

Da bei dem transoralen Zugang direkt auf der Halswirbelsäule präpariert wird, besteht keine Verletzungsgefahr für umliegende Strukturen, wie z. B: die A. carotis interna. Der physiologische Faserverlauf von medio-kränial nach latero-kaudal unterstützt ohne weitere operative Maßnahmen die gewünschte Kontraktionsrichtung und somit den Zug des Velums nach dorsal.

Die Transposition in den weichen Gaumen erfolgt nach der medialen Eröffnung des Velums. Durch diesen submukösen Zugang kann eine Sondierung in Höhe der Mm. levatores palatini nach kränio-dorsal entlang der seitlichen Pharynxwand nach prävertebral durchgeführt werden. Der so entstandene Tunnel macht eine submuköse Lage der nun hindurch gezogenen Muskelbäuche des M. longus capitis möglich. Der Ringschluss der Muskelenden wird auf Höhe der Mm. levatores veli palatini platziert, bevor Velum und Pharynxhinterwand verschlossen werden.



**Abbildung 10:** Schematische axiale Zeichnung nach durchgeführter Levatorplastik nach (Sader 1999)(S.94): Verlagerung des M. longus capitis zur Rekonstruktion der velaren Muskelschlinge; Links: Große velopharyngeale Restöffnung, Mm. longi capitis in situ (→); Mitte: Nach Muskeltransposition Medialverlagerung der seitlichen Rachenwände (◼▶) und Straffung des Velums durch neue Muskelschlinge (▶); Rechts: Durch Überkreuzung der Muskelbäuche erzielte Vorverlagerung der hinteren Rachenwand (◼▶).

## Material und Methoden

### Patientenkollektiv

Die retro- und prospektive Studie zur Effizienz der Levatorplastik als sprechunterstützende Operation wurde am Universitätsklinikum Rechts der Isar der Technischen Universität München vom Juli 2004 – Dezember 2006 durchgeführt und zeigt die Untersuchungsergebnisse von 27 Patienten im Alter von 4 – 60 Jahren.

Insgesamt wurden 12 weibliche und 15 männliche Patienten untersucht. Von diesen Teilnehmern konnten 20 Patienten in die prä- und postoperativen Untersuchungsergebnisse in die Studie eingeschlossen werden und mit der Levatorplastik operiert werden. Von diesen 20 Levatorplastik-Patienten wurden 7 Patienten außer durch die Gaumenplastik noch durch weitere Operationen vorbehandelt, z.B. VPP oder Osteoplastiken u.a., die jedoch keine Ausschlusskriterien darstellten, wenn die Insuffizienz des velopharyngealen Abschlusses bestehen blieb. 8 Patienten erhielten zum Zeitpunkt der Levatorplastik zusätzlich noch individuell sprechunterstützende Operationszusätze, wie z.B. Z-Plastik oder eine Revisions-Operation des Gaumens. Wichtige Daten zur Übersicht der prä- und postoperativ untersuchten Patienten waren vor allem das Lebensalter zum Zeitpunkt der Operationen sowie zum Untersuchungszeitpunkt und die zeitlichen Abstände zwischen der Gaumenplastik und der Levatorplastik, die im folgenden genau beschrieben werden.

<b>Nr.</b>	<b>Patient</b>	<b>Diagnose</b>	<b>Gaumenplastik (Lebensmonat)</b>	<b>Levatorplastik (Lebensmonat)</b>	<b>Abstand Gaumen - Levatorplastik in Lebensmonaten</b>
1	2	2	11.	136.	125.
2	5	2	12.	85.	73.
3	6	3	20.	345.	325.
4	8	3	10.	66.	56.
5	9	3	18.	119.	101.
6	10	2	30.	65.	35.
7	11	3	22.	269.	247.
8	12	3	24.	502.	478.
9	13	3	24.	285.	261.
10	14	2	60.	112.	52.
11	15	3	12.	71.	59.
12	16	3	36.	594.	558.
13	17	3	18.	269.	251.
14	18	3	23.	231.	208.
15	21	2	69.	81.	12.
16	22	2	240.	260.	20.

17	23	3	4.	255.	251.
18	24	3	22.	142.	120.
19	25	3	22.	379.	357.
20	27	3	keine	723	keiner

**Tabelle 1:** Gesamtzahl der prä- und postoperativ untersuchten Patienten; Diagnose 1 = submukös, Velumspalte, Diagnose 2 = inkomplette LKG-Spalte; Diagnose 3 = totale, uni-/bilaterale LKG-Spalte

Das Mindestalter von 4 Jahren ergab sich durch die durchzuführenden radiologischen Untersuchungen, die eine hohe Compliance jedes einzelnen Patienten voraussetzen. Jüngere Patienten tolerierten die Umgebung der Videofluoroskopie im Röntgenraum oder die Enge bzw. die Geräuschkulisse des MRTs nicht. Weitere Probleme bei diesen jungen Patienten, die wir auch teilweise bei älteren beobachten konnten, waren Probleme mit der „Sphinx“-Stellung im Röntgen und die ruhige Positionierung während einer gesamten Untersuchung der Videofluoroskopie ebenso wie bei der MRT-Untersuchung.

Zusätzliche Daten zum Vergleich der radiologischen Videofluoroskopie und des Echtzeit-MRTs entstanden aus Untersuchungen von präoperativ gesichteten Patienten, die jedoch später (s.u. Ausschlusskriterien) nicht operiert wurden.

Nr.	Patient	Lebensmonat bei letzter Untersuchung	Diagnose	Gaumenplastik (Lebensmonat)	Levatorplastik (Lebensmonat)
1	1	96.	1	keine OP	keine OP
2	3	84.	3	12.	keine OP
3	4	192.	3	24.	keine OP
4	7	48.	2	9.	keine OP
5	19	60.	1	keine OP	keine OP
6	20	132.	2	90.	keine OP
7	21	85.	2	69.	keine OP
8	26	84.	2	keine OP	keine OP

**Tabelle 2:** Gesamtzahl der präoperative untersuchten Patienten; Diagnose 1=Rhinolalia; Diagnose 2= submukös, Velumspalte, inkomplette LKG-Spalte; Diagnose 3 = totale, uni-/bilaterale LKG-Spalte

Die Patienten für den prospektiven Studienteil wurden aus der MKG-Spaltsprechstunde und aus den Daten des schon vorhandenen LKG-Registers der MKG-Chirurgie des Klinikums Rechts der Isar ausgewählt. D.h. LKG-Patienten, die routinemäßig in der Spaltsprechstunde vorstellig werden, wurden im Rahmen der Vorauswahl zu dieser Studie geprüft und, soweit sie die Einschlusskriterien erfüllten, über den Studieninhalt durch Gespräche und Informationsbögen aufgeklärt. Zusätzlich wurden aus dem LKG-Register potentielle Studienteilnehmer anhand der schon stattgefundenen Voroperationen (z.B. Gaumenspaloplastik, Velumplastik) herausgesucht und telefonisch zu Gesprächen, Aufklärungen und Untersuchungen in die Spaltsprechstunde eingeladen.



Die Ein- und Ausschlusskriterien der Studie variierten auch zwischen dem pro- und retrospektiven Studienanteil. Die Ausschlusskriterien verhinderten teilweise schon im Vorfeld, zu Beginn der Patientengespräche oder während der präoperativen klinischen oder radiologischen Untersuchungen die Studienteilnahme einzelner Patienten.

Kriterien	Prospektiver Studieneinschluss	Retrospektiver Studieneinschluss	Studienausschluss
Gaumenspaltplastik (zw. 9- 12.Lebensmonat)	X	--	--
Levatorplastik (nach 2000)	--	X	--
Compliance des Patienten bzw. auch der Eltern	X	X	--
Subjektiv und objektiv schlechte Sprache	X	Je nach Outcome	Gute Sprache
Hypernasalität	X	Je nach Outcome	--
Velopharyngealer Abschluss in der Videofluoroskopie	insuffizient	Je nach Outcome	Unauffällig
Logopädische Behandlung nach der letzter Operation	X	X	--
Allergie gegen Kontrastmittel	--	--	X
Kontraindikationen für MRT (z.B. Metallimplantationen, Herzschrittmacher)	--	--	X
Kontraindikationen für Allgemeinanästhesie	--	--	X
Gegenwärtige Schwangerschaft	--	--	X

**Tabelle 3:** Ein- und Ausschlusskriterien der Studienteile; X = Teilnahme; -- = keine Teilnahme

Die Einschlusskriterien für den prospektiven Teil der Studie zur Effizienz der Levatorplastik waren:

Zum ersten eine zeitgerecht durchgeführte Gaumenspaltplastik im Alter von ca. 9 – 12 Lebensmonaten, die vorhandene Compliance des Patienten bzw. des Patienten und dessen Eltern, eine subjektiv und objektiv schlechte Sprache sowie eine bestehende Hypernasalität.

Für den retrospektiven Studienteil wurden die Patienten des prospektiven Teils, die nach den prospektiven Untersuchungen die Indikationen für eine Levatorplastik zeigten und operiert wurden, und Patienten einer vorangegangenen Studie zur Levatorplastik, die zwischen 2000 und 2002 operiert wurden, einbezogen. Soweit dieser Teil der Patienten noch nicht Teil der aktuellen Studie war, wurden die oben erläuterten Aufklärungs- und Informationsmaßnahmen individuell wiederholt.

Das retrospektive Patientenkollektiv wurde nach folgenden Einschlusskriterien ausgesucht:

Die Levatorplastik musste nach 2000 nach dem standardisierten Protokoll der MKG-Chirurgie des Klinikums Rechts der Isar durchgeführt worden sein, der Patient musste sich seitdem in logopädischer Behandlung befinden oder befunden haben und die Compliance des Patienten bzw. des Patienten und seiner Eltern musste gesichert sein.

Es gab eine Reihe von Ausschlusskriterien der Studie, die entweder schon im Vorfeld der Patientenauswahl, zu Beginn der Aufklärungsgespräche oder während der klinischen oder radiologischen Untersuchungen die Teilnahme des Patienten an der Studie verhinderten:

Fehlende Compliance, Erkrankungen, die Zweifel an der Geschäftsfähigkeit des Patienten bzw. dessen Eltern begründen, subjektiv und objektiv gute Sprache eines prospektiven Patienten, ausreichender velopharyngealer Abschluss, bekannte Allergie gegen Kontrastmittel, Kontraindikationen für MRT (z.B. Metallimplantationen, Herzschrittmacher, o.ä.), unauffällige Videofluoroskopie, Kontraindikationen für Allgemeinanästhesie oder eine gegenwärtige Schwangerschaft.

## Grundlagen der radiologischen Diagnostik

Die Grundlage der radiologischen Diagnostik (Kauffmann 2001) (Kauffmann S.1-5) ist die Entdeckung der Röntgenstrahlen, die im November 1895 von Wilhelm Conrad Röntgen als „X-Strahlen“ entdeckt wurden und im Dezember für die erste Röntgenaufnahme (die Hand seiner Frau) genutzt wurden. 1896 entdeckte Henri Antoine Becquerel die Eigenstrahlung von Uranerzen und damit die erste radioaktive Substanz. Schon im folgenden Jahr begann die weltweite Entwicklung der Röntgendiagnostik und im Jahr 1901 erhielt Röntgen für die Entdeckung der X-Strahlen den ersten Nobelpreis für Physik, 1903 wurde Becquerel ebenfalls mit diesem Preis ausgezeichnet. 1905 wurde in Berlin die Deutsche Röntgen-Gesellschaft gegründet.

Die ersten Verwendungen von Wismut als Kontrastmittel zur Darstellung des Magen-Darm-Traktes wurden bereits 1904 von Rieder durchgeführt und 1910 von Bariumsulfat durch Krause, Bachem und Günther abgelöst. Bereits 1922 und 1930 entstanden die ersten Röntgenschnittverfahren von Bocage und Vallebona und kurz darauf die erste Röntgenkinematographie von Janker.

Zeitgleich kam es zur Entwicklung der therapeutischen Anwendung von Strahlung in den Versuchen einer Therapie von Brustkrebs, Nasopharynxkarzinom und Tierfellnävus und 1899 erstmals zur ersten erfolgreichen Hautkrebsbestrahlung durch Sjörgen und Steinbeck. Im Zusammenhang der therapeutischen Entwicklungen wurden jedoch schon 1896 erstmalig Radiodermatiden beschrieben und von Perrin im selben Jahr das erste Dosimeter entwickelt, um eine Strahlenbelastung messbar zu machen.

Max Planck begründete 1900 die Quantentheorie, löste damit die Vorstellung der Gleichverteilung von Energie ab und erhielt 1918 für diese Leistung ebenfalls den Nobelpreis für Physik. In den folgenden Jahren wurden die ersten Atommodelle durch Rutherford und Bohr beschrieben und 1924 wurde Röntgen (R) als Einheit für die Ionendosis und als erste physikalische Größe der Röntgenologie auf dem zweiten Internationalen Kongress für Radiologie in Stockholm 1928 international anerkannt:

$$1R = 2,58 \times 0,001C \times 1/kg$$

- Die pro Gewichtseinheit (kg) des Materials durch Ionisierung erzeugte Ladungsmenge (C=Coulomb) ist die Ionendosis (Einheit R).
- SI (Système Internationale des Unités): C/kg
- In Luft erzeugt 1R bei Normalbedingungen:  
2,1 x 1 000 000 000 Ionenpaare/cm<sup>3</sup>

Die Energiedosis wurde seit 1953 in Rad (rd) auf dem Internationalen Radiologenkongress in Kopenhagen eingeführt und 1976 durch die SI-Einheiten Gray (Gy) statt Rad (rd) und Becquerel (Bq) statt Curie (Ci) ersetzt:

$$1Gy = 1J \times 1/kg$$

$$1 rd = 0,01 J/kg = 100 \text{ erg/g}$$

- Die Energiedosis ist die pro Maßeinheit absorbierte Energie (gemessen in Joule pro kg)

Heute sind weiterhin die alten Einheiten der Röntgenologie gültig und werden im dekadischen System (wie oben dargestellt) durch Multiplikation und Division aus den SI-Einheiten als abgeleitete Einheiten bezeichnet. Als internationales Einheitssystem der SI-Einheiten (SI = Système Internationale des Unités) werden seit 1969 die sieben Grundeinheiten bezeichnet:

Meter (m), Kilogramm (kg), Sekunde (s), Ampere (A), Kelvin (K), Mol (mol) und Candela (cd)

Die klinische Radiologie wird heute in vier große Bereiche eingeteilt (Kauffmann 2001) (Kauffmann S.6):

1. Strahlenkunde
2. Radiologische Therapie
3. Nuklearmedizin
4. Radiologische Diagnostik

Die radiologische Diagnostik wird weiter in Projektionsradiographie, Schnittbildverfahren und interventionelle Radiologie eingeteilt.

### Entstehung von Röntgenstrahlen

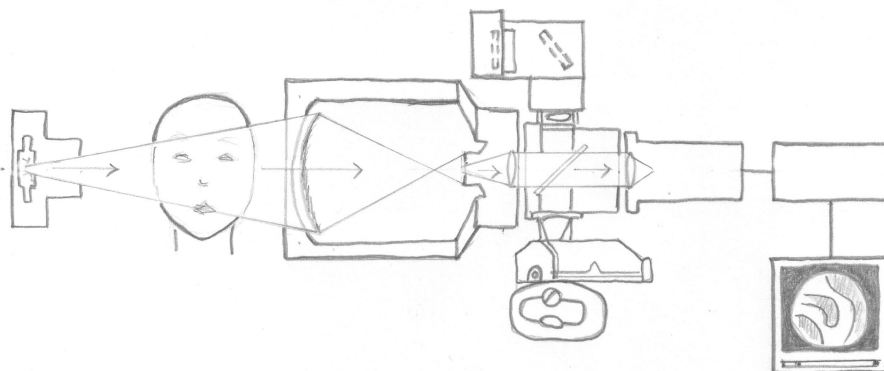
Der kleinste, nicht weiter zerlegbare Baustein eines Elements mit dessen Eigenschaften ist das Atom (Kauffmann 2001) (Kauffmann S.9ff) . Das von Niels Bohr im Jahr 1913 dargestellte und 1922 mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnete und international gültige Modell besteht aus einem positiv geladenen Kern und negativ geladenen Elektronen in der Hülle. Der Kern selbst besteht aus positiv geladenen Protonen und neutralen Neutronen, zusammen Nukleonen genannt. Die Elektronen der Hülle besitzen im Vergleich zum Kern eine winzige Masse (ca. 1/2000) und kreisen auf energetisch unterschiedlichen Bahnen um den Kern, tragen jedoch die gleichwertige negative Ladung zur positiven Kernladung, so dass das Gesamtatom nach außen elektrisch neutral wirkt.

Die Röntgenstrahlung kann auf zwei unterschiedliche Arten entstehen:

- Die charakteristische Röntgenstrahlung wird durch das Einschlagen fremder Elektronen von außen in die innersten Schalen (= Elektronenbahnen) der Elektronenhülle, damit die Entstehung eines Elektronenlochs, das durch "Herunterfallens" eines Elektrons aus einer äußeren Schale gefüllt wird. Die abgegebene Energie dieses Vorgangs in den inneren Schalen erzeugt die Röntgenstrahlung.
- Ein fremdes Elektron wird in der Nähe des positiven Atomkerns abgebremst und gibt seine Bewegungsenergie ganz oder teilweise als Röntgenbremsstrahlung ab. Dabei gilt: Je stärker die Abbremsung, desto kurzwelliger die Strahlung.

In der Radiologie werden die „fremden“ Elektronen in der Kathode erzeugt und erzeugen in den Atomen der Anode die Röntgenstrahlen.

Röntgenstrahlung zu diagnostischen Zwecken wird in der Röntgenröhre erzeugt:



**Abbildung 11:** Schematische Darstellung einer Hochfrequenzröntgenkinematographie nach (Hannig 1995)(S.9)

Zur Diagnostik werden Röntgenstrahlen mit einer Energie von 28-120 keV verwendet. Für die Qualität der Abbildung und zum Schutz des Patienten sind Energiespektrum, Filterung, Abstand, Brennfleckgröße, Streustrahlung und Halbwertschichtdicke ebenfalls wichtige Parameter. Hier sei auf weiterführende Literatur verwiesen (Kauffmann 2001; Wicke 2001).

### Radiologische Diagnostik

Grundprinzip der Diagnostik ist das „Sichtbar-Machen“ von Röntgenstrahlung, anfangs lediglich wie in der Photographie durch Silberhalogenide, heute jedoch auch durch folienlose Filme und Film-Folien-Kombinationen, die sich durch immer niedrigeren Dosisbedarf auszeichnen. Bei den Film-Folien-Kombinationen werden Filme nicht mehr direkt durch Röntgenstrahlung geschwärzt, sondern durch dem Film anliegende Leuchtstoffe, die durch Absorption der Strahlung sichtbares Licht aussenden und so den Film schwärzen. Durch die höhere Empfindlichkeit der Filme gegenüber sichtbarem Licht im Vergleich zu Röntgenstrahlen ergibt sich ein Verstärkungseffekt und somit einen verminderten Dosisbedarf. Moderne Verstärkungsfolien (Gadolinium-, Lanthan-, Barium-, Yttriumverbindungen) erhöhen diesen Effekt weiter (Kauffmann 2001) (Kauffmann S.86).

Eine Alternative stellt die digitale Lumineszenzradiographie (DLR) dar. Dabei wird eine aus Phosphorkristallen aufgebaute Speicherfolie genutzt, die 50% der zugeführten Energie als sichtbares Licht abgibt. Gleichzeitig speichern die Phosphoratome die restliche Energie, indem sie in einen angeregten Zustand versetzt werden. Das Entwickeln des Filmes durch Laserlicht setzt die Atome in ihren Grundzustand zurück, dabei wird ein blaues Licht emittiert und quantitativ elektronisch registriert und ortskopiert. Die Speicherfolie wird so in eine Bildmatrix zerlegt und jedem Bildpunkt (Pixel) entsprechend der emittierten Lichtmenge ein Wert zugeordnet. Durch digitale Speicherung können die Bildinformationen nun auf einem Monitor sichtbar oder sekundär auf einen Film belichtet werden. Vorteile der DLR sind Einsatzmöglichkeiten bei stationären und mobilen Röntgengeräten und durch den großen Belichtungsspielraum der Speicherfolie der mögliche Ausgleich der häufigen Nachteile durch Behelfstechniken und Betaufnahmen (Kauffmann 2001) (Kauffmann S.87).

### Grundlagen der kernspintomographischen Diagnostik

Im Jahr 1973 wurde die Magnetresonanztomographie (MRT) oder Kernspintomographie von P.C. Lauterbur entwickelt und erst 1983 wurde sie zur klinischen Routine durch die Verkürzung der Aufnahmezeit von einer Stunde auf wenige Minuten.

Die ersten Grundlagen wurden bereits 1923 durch Pauli durch die Vorstellung eines Drehmoments (Spin = Eigenrotation eines Teilchens) und eines magnetischen Moments von Atomkernen gelegt. Seit den 50er Jahren nutzen Chemiker und Physiker die Magnetresonanzspektroskopie (MRS) zur nuklearmagnetischen

Resonanzabsorptionsmessung und damit zur Analyse von chemischen Strukturen, Konfigurationen und Reaktionsprozessen. Erst in den 70er Jahren etablierten sich MRT-Bilder in der diagnostischen Bildgebung und seit den 80er Jahren werden sie durch die immer weiter entwickelte Computertechnologie kontinuierlich verbessert und unterstützt. Durch den möglichen Verzicht auf Röntgenstrahlung, die Möglichkeit besserer Gewebekontrastdarstellung durch Magnetfeld und Hochfrequenzimpulse (Radiowellen) und freie Wählbarkeit der Schnittebenen gewinnt die MRT immer größeren Einfluss in der radiologischen Diagnostik (Kauffmann 2001) (Kauffmann S.103).

## Physikalische Voraussetzungen der MRT

### 1. Magnetisches Dipolmoment durch Spin der Atomkerne

Atome mit ungerader Nukleonenzahl besitzen einen von Null verschiedenen Drehimpuls (Gesamt-Spin), der zu einem magnetischen Dipolmoment führt. Die Entstehung des Dipolmoments wird durch die bewegte elektrische Ladung (ähnlich der Erde), damit der Erzeugung eines elektrischen Stroms und eines Magnetfelds erklärt, der so genannten Spulen analogie.

Für die MRT-Bildgebung ausschlaggebend sind die im menschlichen Körper häufig vorkommenden Wasserstoffprotonen (H<sup>+</sup>, Protonen).

### 2. Präzession, Präzessionsfrequenz und Larmorgleichung

Die positiv geladenen Wasserstoffprotonen des menschlichen Körpers weisen als Magnete keine geordnete Richtung auf, der gesamte Körper ist somit nach außen nicht magnetisch. Durch ein äußeres, großes Magnetfeld können sie jedoch nach den quantenphysikalischen Gesetzen parallel oder antiparallel zur Hauptmagnetfeldachse ausgerichtet werden. Der energiereiche antiparallele Zustand wird in minimal seltenerer Anzahl eingenommen. Wichtig ist, dass die Bezeichnung parallel oder antiparallel nicht die Übereinstimmung oder Entgegensetzung der Spin-Achse des einzelnen Protons mit der Hauptmagnetachse (B<sub>0</sub>) bedeutet, sondern immer ein bestimmter Winkel dargestellt wird.

Zusätzlich zu der Drehung um die eigene Achse (Spin-Achse) rotieren die Protonen um die Achse des Hauptmagnetfeldes (Präzession). Die Frequenz, mit der sich die Protonen um die Achse des Hauptmagnetfeldes drehen, wird Präzessionsfrequenz genannt und wächst mit der Magnetfeldstärke, dargestellt in der Larmorgleichung:

$$\omega = \gamma \times B_0$$

$\omega$  = Präzessionsfrequenz

B<sub>0</sub> = Stärke des äußeren Magnetfelds, gemessen in Tesla

63,75 MHz entsprechen 1,5 Tesla (UKW Sendebereich 87,6 -108 MHz)

1 Tesla entspricht ca. der 20 000fachen Erdmagnetfeldstärke

$\gamma$  = so genanntes gyromagnetisches Verhältnis, welches einzelne Substanzen charakterisiert und für Protonen 42,5MHz/T beträgt

Die Ausrichtung der Spin-Achse und die Drehung um die Hauptfeldachse sind Voraussetzungen für die folgenden Phänomene, vor allem der Resonanz.

### 3. Hochfrequenzimpuls, Resonanz und Gesamtmagnetisierungsvektor

Hochfrequenz-(HF)-Impulse (vergleichbar mit Radiowellen) mit der gleichen Frequenz wie die Präzessionsfrequenz der Protonen (42,5MHz/T) lösen eine Resonanz („Mitschwingen“) durch zwei Vorgänge aus:

- Einige der energieärmeren, parallelen Protonen werden in den energiereicheren antiparallelen Zustand versetzt, sie werden sozusagen angeregt;
- Die ungeordnete Rotation der Protonen um die Hauptfeldachse wird durch den HF-Impuls synchronisiert, die Protonen sind nun in der gemeinsamen Phase auf der Kreisbahn um die Hauptfeldachse.

Wichtig für die Bildgebung der MRT ist jedoch die Gesamtmagnetisierung (M), angegeben als Vektor, nicht die Ausrichtung der einzelnen Protonen: Vor dem HF-Impuls entspricht dieser Vektor der Hauptmagnetisierungsachse. Der HF-Impuls lenkt den Vektor nun aus, nach Beendigung des Impulses bewegt er sich wieder zur Ausgangslage zurück. Dieses Zurückfallen der antiparallelen Protonen in den energieärmeren parallelen Zustand ergibt ein im Vergleich zum eingestrahlenen abgeschwächtes Antwortsignal der gleichen Frequenz des eingestrahlenen HF-Impulses, die „Rohdaten“ für das entstehende Bild:

- Die Wiederzunahme der Längsmagnetisierung entlang der Hauptmagnetfeldachse (T1-Relaxation);
- Die Abnahme der der Quermagnetisierung des ausgelenkten Gesamtvektors (TR-Relaxation).

### 4. Relaxation und emittiertes Hochfrequenzsignal

Je nach Anzahl der energiereichen antiparallelen Protonen nimmt der Winkel des Gesamtmagnetisierungsvektors der Protonen zu oder ab. Nach Beendigung des HF-Impulses nimmt ihre Anzahl ebenso wie die Synchronisation der Rotation (Dephasierung) wieder ab, die dabei ausgestrahlte Energie wird in elektromagnetischen Wellen gemessen, der Zeitvorgang der Abgabe wird in zwei Komponenten gemessen:

- T1 (longitudinale Relaxationszeit): Zeitkonstante für den Wiederaufbau des Gesamtmagnetisierungsvektors (M) in Richtung des Hauptmagnetfelds (B<sub>0</sub>).

Dafür gilt:

- 63% der Protonen sind wieder in Ihrer Ausgangsposition;
- Zeitkonstante wird abhängig von Gewebestruktur als Spin-Gitter-Relaxation bezeichnet, da die Zeitspanne der Energieabgabe von der Gewebestruktur abhängt.

- T2 (transversale Relaxationszeit): Zeitkonstante für die Abnahme des Gesamtmagnetisierungsvektors in der transversalen Richtung zum Hauptmagnetisierungsfeld (Quermagnetisierung).

Dafür gilt:

- Der Quermagnetisierungsvektor wächst mit der Anzahl der Hauptmagnetisierungsachse kreisenden, synchronisierten Protonen;
- Der Quermagnetisierungsvektor ist abhängig von der Inhomogenität des externen Hauptmagnetisierungsfeldes und von der Beeinflussung der einzelnen Spins untereinander (internes Magnetfeld), als Spin-Spin-Relaxation bezeichnet.

## Technische Grundlagen

Ein MRT-Gerät setzt sich aus folgenden Teilen zusammen:

- Magnet
- Gradienten- und Shim-Spulen
- Sende- und Empfangsspulen
- Leistungsfähigem Rechner zur Datenverarbeitung und Bildberechnung

Der Magnet ist der wichtigste Teil des MRT-Gerätes und sollte für eine gute Bildgebung ein möglichst homogenes Magnetfeld ausstrahlen. Um das zu gewährleisten gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- Permanentmagnete:  
Eigenmagnetischer Eisenblock, Gewicht für 0,3 T: 100Tonnen!
- Widerstandsmagnete (Elektromagnete):  
Stromfluss durch Spule, hohe Wärmeentstehung durch Widerstand

Beide nur im Niederfeldsektor (maximal 0,3Tesla)

- Supraleitende Magnete (Kryomagnete):  
Hochfeldgeräte über 1T, mit zunehmender Feldstärke schnellere und höhere Bildauflösung

Zur Diagnostik werden meist Magnete zwischen 1-1,5T und in letzter Zeit auch 3,0T verwendet, da höhere Feldstärken stärkere Artefaktanfälligkeit zeigen und höherenergetische HF-Impulse benötigen und damit eventuell biologische Effekte wie Erwärmung nicht ausschließen können. Allerdings sind auch Geräte mit 7T und teils höheren Feldstärken insbesondere für die neurologische Bildgebung in klinischer Evaluation.

Die Bilder der MRT entstehen durch Hochfrequenzsignale, die von verschiedenen Geweben unterschiedlich abgegeben werden. Wichtig zur Charakterisierung der Signale ist die Sequenz, das zeitlich definierte Zusammenwirken einer HF-Impuls und Gradientenfolge. Durch die Sequenz wird das Signal je nach Gewebeeigenschaften gewichtet und räumlich kodiert.

Die Signalintensität wird als hoch (hyperintens, weiß) oder gering (hypointens, schwarz) bezeichnet und ist abhängig von:

- Gewebeparameter ( $\rho$  = Protonendichte, T1-, T2-Zeit)



- Sequenztyp (z.B. T1- T2-gewichtete, fettgesättigte Sequenz)
- Parameterwahl (TR, TE, Flip-Winkel usw.)

Erklärungen:

TR = time of repetition; Zeitabstand zwischen zwei aufeinander folgenden die Sequenz bestimmenden Anregungsimpulsen.

TE = time to echo; Zeitabstand zwischen HF-Impuls bis zur Mitte der Auslese des Echos.

TR und TE werden entsprechend des maximalen Kontrastes für die gewünschte Bildgebung gewählt.

Flip-Winkel = gibt den Grad der Auslenkung des Magnetisierungsvektors in der Transversalebene.

Ursprünglich wurden MRT-Bilder durch Spin-Echo-Sequenzen durchgeführt. Heute sind je nach Anforderung und benötigter Bildgebung neue und z. T. erheblich schnellere Sequenzen etabliert, die grundsätzlich in Spin-Echo-(SE-) und Gradienten-Echo-(GE-)Sequenzen unterteilt werden können:

- Spin-Echo-(SE-) Sequenzen = Innerhalb der Sequenzen werden immer  $90^\circ$ - und  $180^\circ$ -Impulse eingesetzt, Wichtung des Bildes durch TR und TE. Zeitaufwändig (Minuten), Bewegungsartefakte, jedoch Verminderung der Störung durch unterschiedliche Magnetisierbarkeit nebeneinander liegender Bereiche (Suszeptibilität).
- Gradienten-Echo-(GE-)Sequenzen = kein  $90^\circ$ -Anregungs- und kein  $180^\circ$ -Rephasierungsimpuls, Anregungsimpuls mit einem Flip-Winkel unter  $90^\circ$ , der zusätzlich zu TE und TR zur Bildwichtung benötigt wird. Schneller als SE-Sequenzen, empfindlicher gegenüber der Suszeptibilität.

Um MRT-Bilder berechnen zu können, benötigen die zurückgesendeten Signale eine Ortskodierung: Dazu wird die Larmorgleichung genutzt und es wird während eines HF-Impulses ein Schichtselektionsgradient geschaltet. Das bedeutet, eine zusätzliche Spule sorgt für eine bestimmte Magnetfeldstärke (Larmorfrequenz) nur in einer engen Region (Schicht, Z-Achse genannt). Die anliegenden Schichten weisen zu dieser Schicht unterschiedliche Magnetfeldstärken (Larmorfrequenzen) auf. Weitere Spulen sorgen für genau definierte Magnetfeldstärken innerhalb der gewünschten Schicht in den anderen Raumachsen (X- und Y-Achse). Mit Hilfe eines mathematischen Verfahrens, der Fourier-Transformation, wird die Ortsinformation dekodiert und in ein Bild umgewandelt.

Die hier gegebenen Erläuterungen der Magnetresonanstechnologie sind sehr vereinfacht dargestellt, da ein genauer und kompletter Ansatz den Rahmen der hier benötigten Grundlagenerklärung sprengen würde. Entnommen und nach (Kauffmann 2001) (Kauffmann S.104-114).

## Methoden

Alle Patienten der Levator-Studie durchliefen eine gemeinsame Basisuntersuchung, die folgende Punkte beinhaltete:

- Aufklärung der Patienten und u.U. deren Eltern
- eine klinische Untersuchung durch einen Facharzt der MKG-Chirurgie
- eine Videofluoroskopie durch einen Facharzt der Radiologie
- eine Echtzeit-MRT-Schluckuntersuchung durch mich unter Aufsicht und in Anwesenheit eines Facharztes der Radiologie

Die Daten wurden nach ihrer Erhebung gesammelt und im Falle der radiologischen Untersuchungen von einem MKG-Chirurgen und einem Radiologen gemeinsam nach standardisierten Bögen (s. u.) anonymisiert ausgewertet.

War diese Basisuntersuchung Teil der prospektiven Studie, so folgten ein weiteres Aufklärungsgespräch des Patienten und dessen Eltern, sowie eine eventuelle OP-Aufklärung bei gesicherten Einschlusskriterien für die Studie bzw. für die Levatorplastik. Waren die Patienten bereits in dem retrospektiven Studienteil, so konnten sie bei einem erneuten Termin in der regulären Spaltsprechstunde der MKG-Poliklinik die Auswertungen der Untersuchungen erfahren.

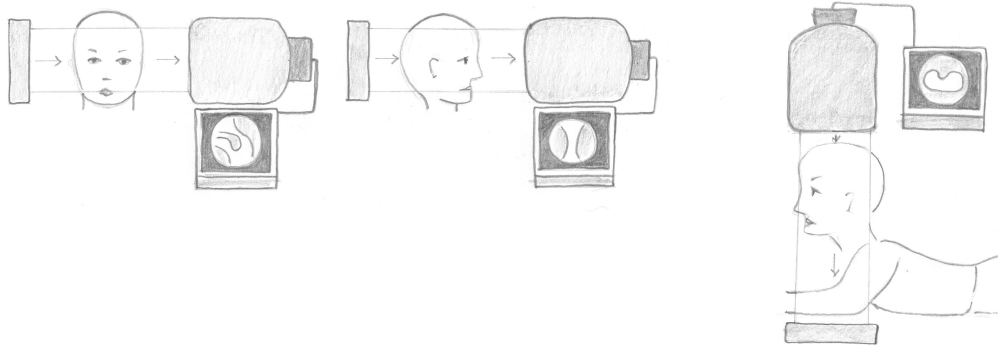
Die Untersuchungen der Gaumenspaltpatienten des radiologischen Instituts beziehen sich auf den Sprech- und Schluckakt. Hier können Suffizienz oder Insuffizienz des velopharyngealen Übergangs gut diagnostiziert werden:

- Videofluoroskopie – Standarduntersuchung in den LKG-Spaltuntersuchungen, durch konventionelle Röntgenuntersuchung
- Echtzeit-MRT – neue Untersuchungsmethode ohne ionisierende Strahlung

## Videofluoroskopie

Die Hochfrequenzröntgen-Videofluoroskopie (s.o.) wird am Klinikum Rechts der Isar der TU-München seit 1987 standardisiert durchgeführt und zeichnet sich durch eine extrem hohe Bildfolge (25 Bilder pro Sekunde) aus. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, die schnellen Bewegungsabläufe des Schluck- und Sprechaktes sehr genau zu beurteilen. Diese werden, soweit es die Compliance des Patienten zulässt, in allen drei Raumebenen aufgenommen, um eine ganzheitliche Diagnose in Bezug auf die anatomischen Verhältnisse des Oropharynx, Velums und Gaumen zu erstellen. Das System der Durchleuchtung ist für die gastroenterologische Diagnostik von der Firma Philips entwickelt worden (Philips Diagnost 76) und ist verbunden mit einem Digital Spot Image System (Philips), einem Super-VHS-Videosystem und einem Hochleistungsmikrofon.

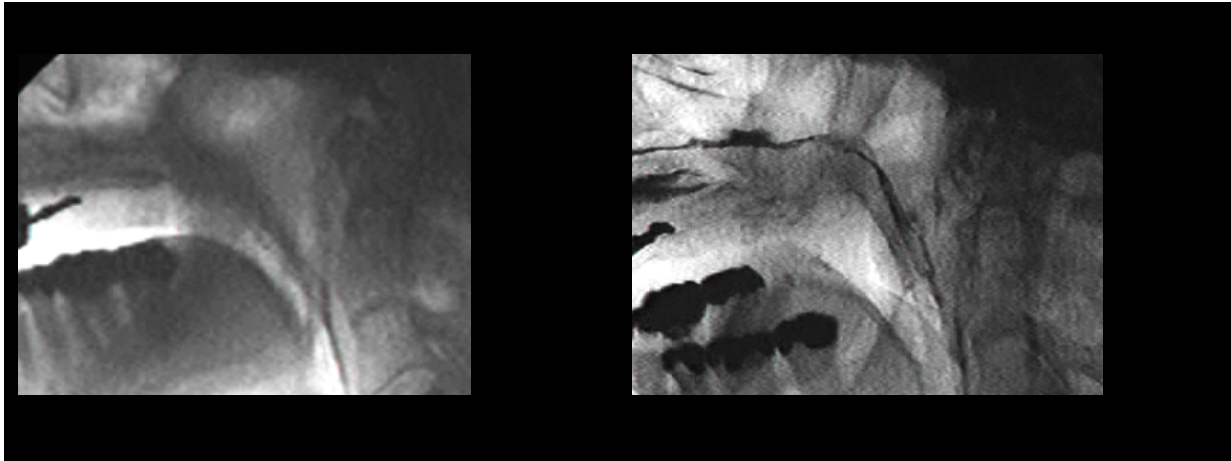
Die Strahlenbelastung des Patienten wird durch einen Pulsgenerator deutlich reduziert. Dieser gibt einen Strahlenimpuls von 4 msec ab und minimiert so die Strahlendosis im Vergleich zum Dauerbetrieb um 72%. So beträgt die Strahlenbelastung einer gesamten Videofluoroskopie etwa 0,09 – 0,15 mSv, berechnet für einen Erwachsenen von 70kg. Je geringer die Körperoberfläche, d.h. je kleiner der Patient, desto weniger Strahlung wird während einer Untersuchung absorbiert. Im Vergleich hierzu beträgt die jährliche, natürliche Strahlenbelastung in Bayern 2,1 mSv, die Strahlendosis betrage also nur 1/5 der jährlichen terrestrischen Strahlung (Hannig 1995)(S.10).



**Abbildung 12:** Schematische Darstellung der Positionierung des Patienten zur radiologischen Ebenenanwahl nach (Skolnick ML 1989)(S.22) : Sagittal, koronar, axial

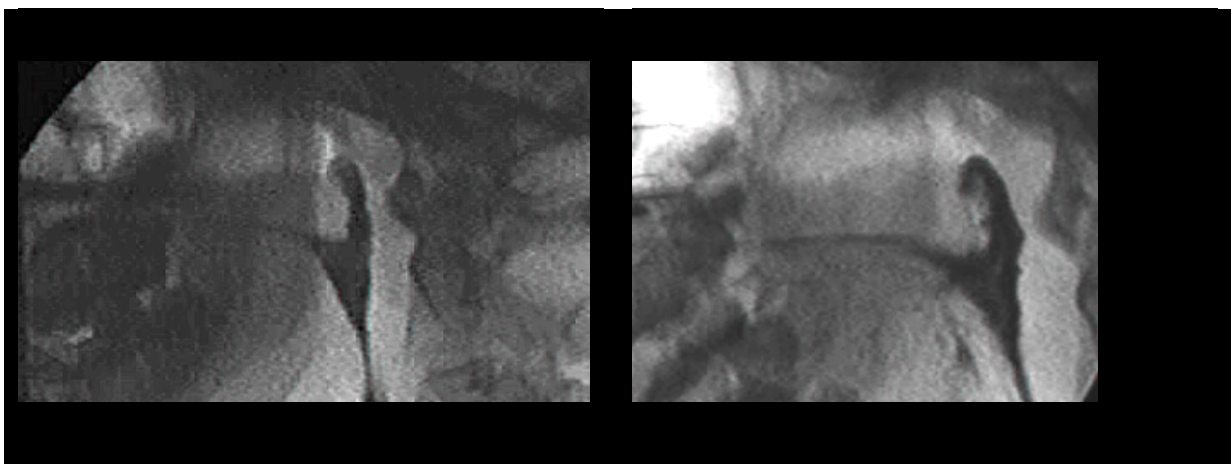
Im nativen Röntgenbild sind Weichteile nur schwer erkenn- und beurteilbar. Daher wird für die Beurteilung des Velums und des Oropharynx in der Videofluoroskopie eine homogene Schleimhautkontrastierung mittels einer dünnflüssigen, hochviskösen Bariumsuspension mittlerer Dichte (100%), Micropaque flüssig®, verwendet. Durch orale Applikation und nasale Aspiration wird diese Suspension idealer Weise gleichmäßig im velopharyngealen Bereich verteilt. Vorteil dieser Bariumsuspension sind der sehr homogene Schleimhautbeschlag, durch den auch sehr kleine Schleimhautveränderungen im Doppelkontrast zu erkennen sind, die geringen Kosten und die hohe Effizienz der radiologischen Untersuchungen. Nachteile ergeben sich bei Perforation von Hohlorganen und Übertritt der Flüssigkeit in den dritten Raum oder bei trachealer oder alveolärer Aspiration, die granulomatöse Reaktionen durch die nicht resorbierbaren Barium-Kristalle auslösen kann. Soweit diese Gefahren im Vorfeld ausgeschlossen werden konnten, wurde aufgrund der deutlich schlechteren, z.T. insuffizienten Wandbeschlägen von einem wasserlöslichen, iodhaltigen Kontrastmittel Abstand genommen.

Hier ein Vergleichsbeispiel einer sagittalen Videofluoroskopieaufnahme, die präoperativ ohne, postoperativ mit Kontrastmittelgabe durchgeführt wurde:



**Abbildung 13:** Patient 16, prä- und postoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahmen; präoperativ keine KM-Gabe, postoperativ KM-Gabe, nebenbefundlich zeigt sich in beiden Aufnahmen bei maximaler Annäherung des Velums an die Rachenhinterwand eine deutliche velopharyngeale Insuffizienz und ein atones Velum

Bei den untersuchten Gaumenspalt-Patienten kam es häufiger zu einer für diese pathologische Anatomie typische nasale Penetration während des Schluckaktes. Dieses Eindringen vom Kontrastmittel in den Nasopharynx ist begründet in der velopharyngealen Insuffizienz der Patienten:



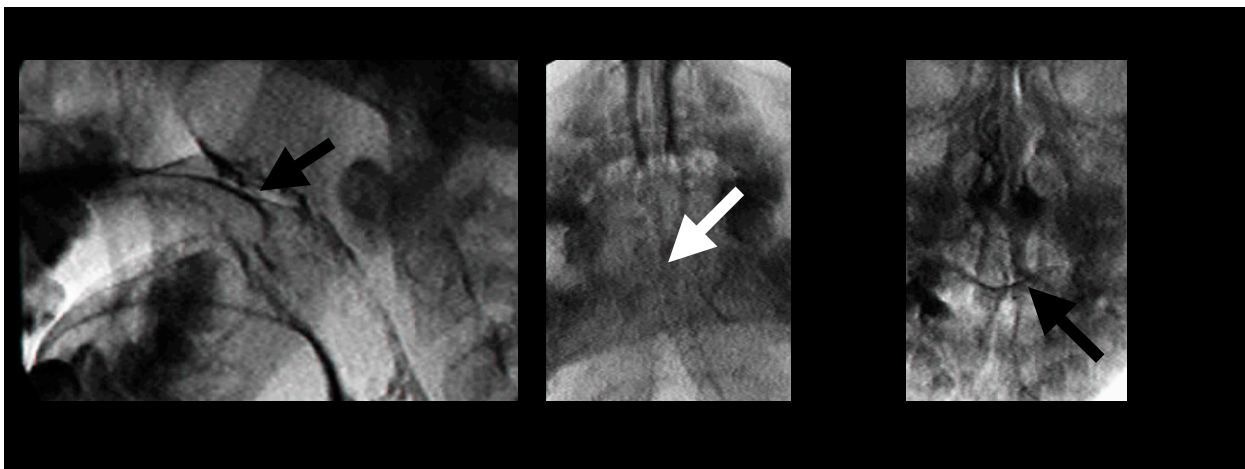
**Abbildung 14:** Patient 14, postoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahmen; während beiden oralen KM-Gaben kommt es beim Schluckakt zu einer nasalen Penetration in den nasalen Rachenraum

Für die genaue Diagnostik des velopharyngealen Abschlusses wurden nun vom Patienten Testworte gesprochen, die von der Abteilung für Phoniatrie und Pädaudiologie der HNO-Klinik und Poliklinik des Klinikums Rechts der Isar zum Test der velopharyngealen Aktivität ausgewählt wurden. Der Sprachtest der Videofluoroskopie und der MRT-Untersuchung sind identisch und bestehen aus vier Wörtern und einem Satz:

- „Kuckuck“
- „Coca-Cola“
- „Schokolade“
- „Marmelade“
- „Der Papagei aus Afrika“

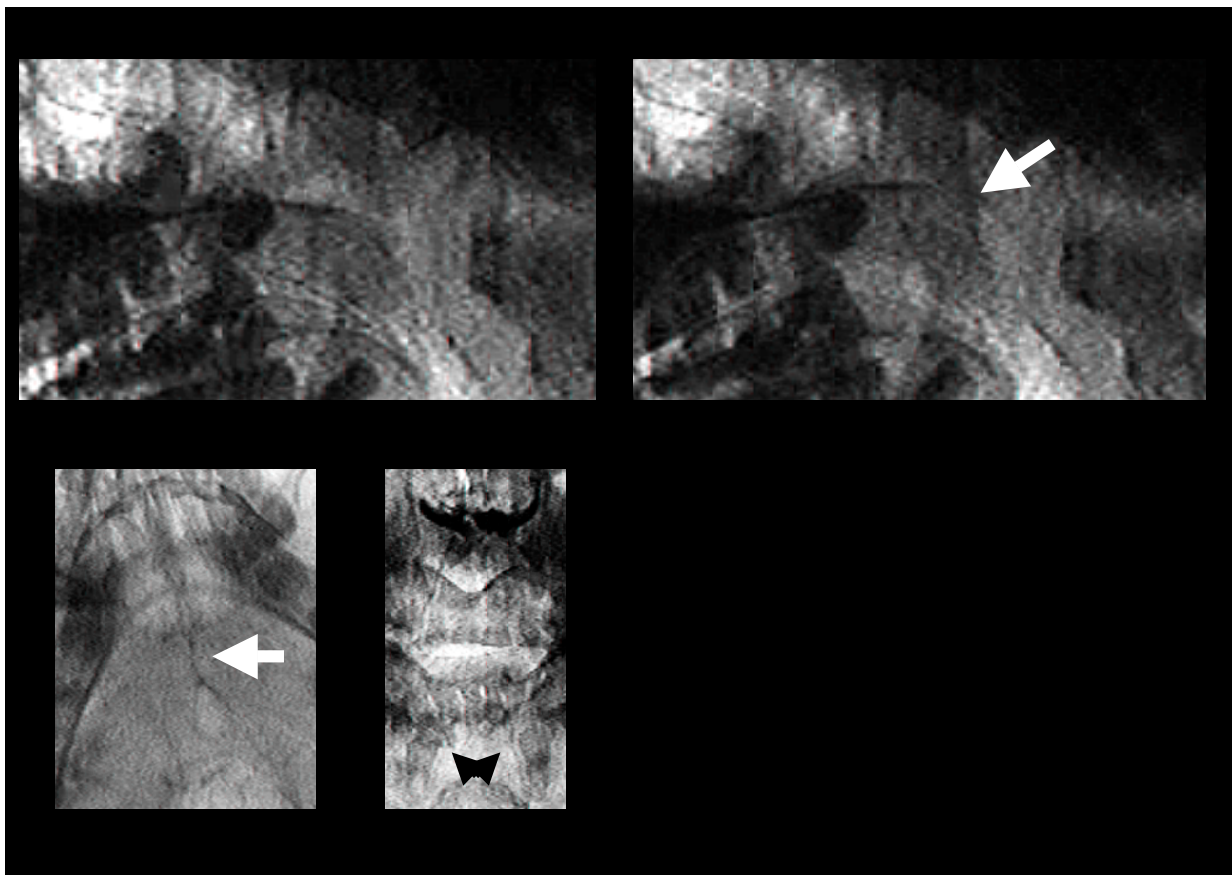
Die bei manchen Aufnahmen mögliche digitalisierte Speicherung der Bildfolge kann im Zwischenspeicher nachbearbeitet werden und zeigte eine Auflösung von 1024x1024 Bildpunkten. Die Qualität dieser Aufnahmen kann durch individuelle Veränderungen des Kontrastes, der Helligkeit und des Edge-Enhancement (Kontrastverbesserung von feinzeichnenden Oberflächenstrukturen, z.B. Schleimhaut) gesteigert werden. Bei dieser Speichertechnik können durch Planimetrie oder definierter Messungen von Bewegungsumfängen bestimmter Strukturen auch quantitative Werte zusätzlich ermittelt werden.

Zur exemplarischen Vorstellung des so entwickelten Bildmaterials werden nun Bildbeispiele der Videofluoroskopie zur Verdeutlichung der Untersuchungen gezeigt:



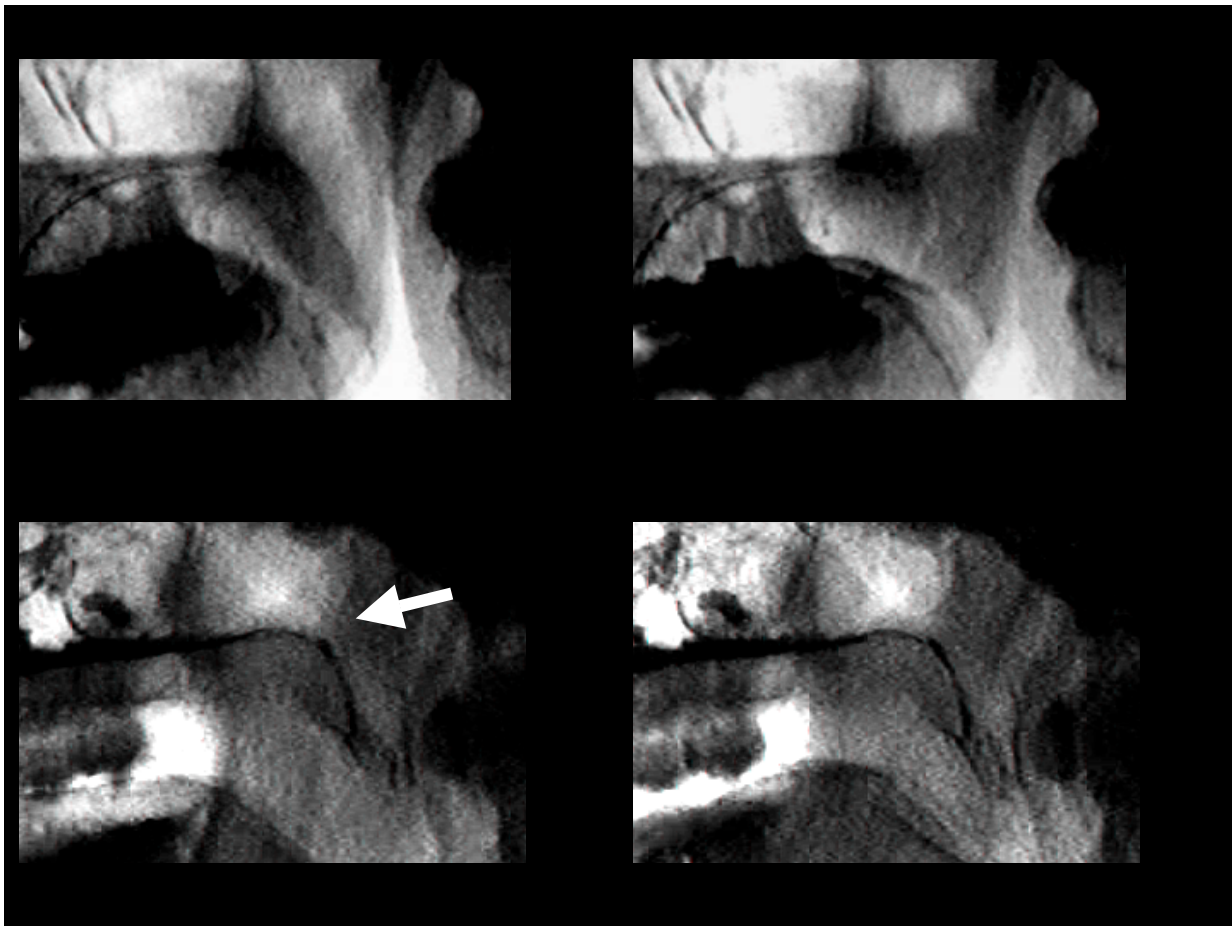
**Abbildung 15:** Patient 5, präoperative sagittale, axiale und koronare Videofluoroskopieaufnahmen mit KM-Gaben; Bei maximaler Annäherung zeigt sich im sagittalen und koronaren Bild ein insuffizienter velopharyngealer Verschluss mit Restöffnung (siehe schwarze Pfeile), im axialen Bild verschließen die velopharyngealen Seitenwände komplett (siehe weißer Pfeil).

Diese Bilder mit maximaler Annäherung der gezeigten Strukturen zeigen alle drei genutzten Ebenen zur Darstellung des velopharyngealen Verschlusses: Die sagittale Ebene zur Darstellung der Velumfunktion und der Rachenhinterwand, die axiale Ebene zur Darstellung der axialen Verschlussform und die koronare Ebene, die eine Beurteilung der pharyngealen Seitenwände nach Kontrastmittelbenetzung möglich macht.



**Abbildung 16:** Patient 10, postoperative sagittale, axiale und koronare Videofluoroskopieaufnahmen mit KM-Gaben; In der ersten Reihe links Abbildung der maximalen Velumentspannung, rechts die der maximalen Velumhebung und somit einem kompetenten velopharyngealen Verschlusses mit deutlicher „Knie-Bildung“ des Velums, in der zweiten Reihe axial guter Verschluss ohne Restöffnung (siehe weiße Pfeile) , koronar symmetrische Annäherung der Seitenwände ohne Berührung in maximaler Annäherung (siehe schwarze Pfeile)

Hier kann neben der erneuten Darstellung der velopharyngealen Funktion in drei Ebenen in exemplarischen Bildern der maximalen Entspannung und Hebung des Velums die Funktion dieser Struktur zum Verschluss des Nasopharynx während des Sprechaktes dargestellt werden. Typischerweise entsteht bei Anspannung des Velums ein sog. „Knie“, das sich der Rachenhinterwand annähert und in den hier kontrastierten Aufnahmen gut zu erkennen ist. Trotz Kontrastmittelgabe sind die Seitenwände in der koronaren Aufnahme durch die Überlagerung mit Kiefer- und Zahnstrukturen im Vordergrund nur schwer zu erkennen.



**Abbildung 17:** Patient 18, erste Reihe mit präoperativen sagittalen, zweite Reihe mit postoperativen sagittalen Videofluoroskopieaufnahmen; Prä- und postoperativ zeigen sich gute velopharyngeale Verschlüsse, nebenbefundlich zeigt sich noch einmal der Unterschied zwischen nicht-/ kontrastierter radiologischer Weiteilaufnahmen und in den postoperativen Aufnahmen die zunehmende Darstellung einer dorsalen Kompensation (Passavantscher Wulst, siehe weißer Pfeil)

Diese Aufnahmen zeigen nun den prä- und postoperativen Vergleich eines Patienten erneut in maximaler Ent- und Anspannung des Velums und mit dem Vergleich der radiologischen Bildgebung mit und ohne KM-Gabe. Zu beiden Zeitpunkten zeigen sich ein guter velopharyngealer Verschluss und eine zum postoperativen Zeitpunkt zunehmende dorsale Kompensation (sog. Passavantscher Wulst).

### Echtzeit-MRT

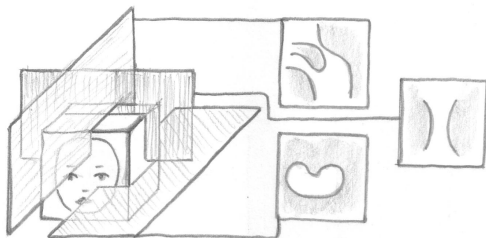
Die im gleichen Zeitrahmen durchgeführte Videofluoroskopie ist z. Z. der Standard der Schluck- und Sprachuntersuchungen in der bildgebenden Diagnostik. Wir führten die Echtzeit-MRT-Schluck- und -sprachuntersuchungen zusätzlich aus, um erstens die weiterentwickelte Darstellung von bewegten Abläufen im MRT mit denen der schon standardisierten Videofluoroskopie vergleichen zu können, um zweitens eventuelle Zusatzinformationen in Bezug auf die Weichteile und die Art des insuffizienten Velumverschlusses durch die freie Wählbarkeit der räumlichen Achse zu erhalten und um drittens die Vergleichbarkeit der Videofluoroskopie mit der ohne ionisierende Strahlung nutzenden MRT-Technik zu erfassen.

Diese MRT-Untersuchungen werden am Klinikum Rechts der Isar seit 1996 durchgeführt. Die Untersuchungen werden an dem 1.5 T Gyroscan NT Scanner (Philips) durchgeführt. Dieser ist mit einem Gradientensystem der Amplitude 23 mT/m in 200µsec ausgestattet. Um für die korrekte und vor allem stabile Kopflage des Patienten während der Aufnahme zu sorgen wird eine spezielle Lagerungsvorrichtung verwendet: Die Kopfspule, vergleichbar mit einem liegend angebrachten Helm, um die ruhige und unveränderte Kopfposition des Patienten während der gesamten Untersuchung zu gewährleisten.

Zur Beurteilung und zur Vergleichbarkeit des velopharyngealen Abschlusses mit den Bildern der Videofluoroskopie werden die gleichen Testworte wie oben während der Videofluoroskopie gesprochen. Die Dauer einer kompletten Echtzeit-MRT-Untersuchung beträgt 20-30 Minuten und hängt von der Compliance des Patienten, den anatomischen Verhältnissen und der Routine der Ebenenplanung des Untersuchers ab. Vor jeder Untersuchung wird dem einzelnen Patienten der Ablauf erläutert und die genauen Instruktionsangaben für das Nachsprechen der Testworte gegeben. Um unangenehme Folgen der Geräuschbelastung während der Untersuchung zu vermeiden, tragen alle Patienten und zusätzlich im Untersuchungsraum vorhandene Personen während der gesamten Zeit des Scans Ohrstöpsel.

Die Aufnahmen werden mit einer TSE (turbo-spin-echo) –Sequenz durchgeführt: TR=170msec, TE=21msec, Schichtdicke=6 mm, 6 Bilder pro Sekunde. Durch die Zoom-Sequenz wird zwar die Größe des betrachteten Feldes eingeengt, jedoch wird so eine detailliertere Ansicht der velopharyngealen Öffnung möglich.

Die Planung der TSE-Sequenz (TSE-Faktor=16) wird an einem T1-gewichteten Bild so geplant, dass die aufeinander folgenden Impulse von 90° und darauf folgend 180° durch die aufeinander senkrecht stehenden Anregungen eine Schicht erzeugen, die keine Artefakte aus überschneidenden Anregungen enthält und die räumliche Darstellung nicht mindert. Am Ende der Sequenz wird ein DRIVE-Impuls eingesetzt, um verbleibende longitudinale Magnetisierung wieder herzustellen und so die Signalintensität zu verbessern (Beer, Hellerhoff et al. 2004)(S.792).



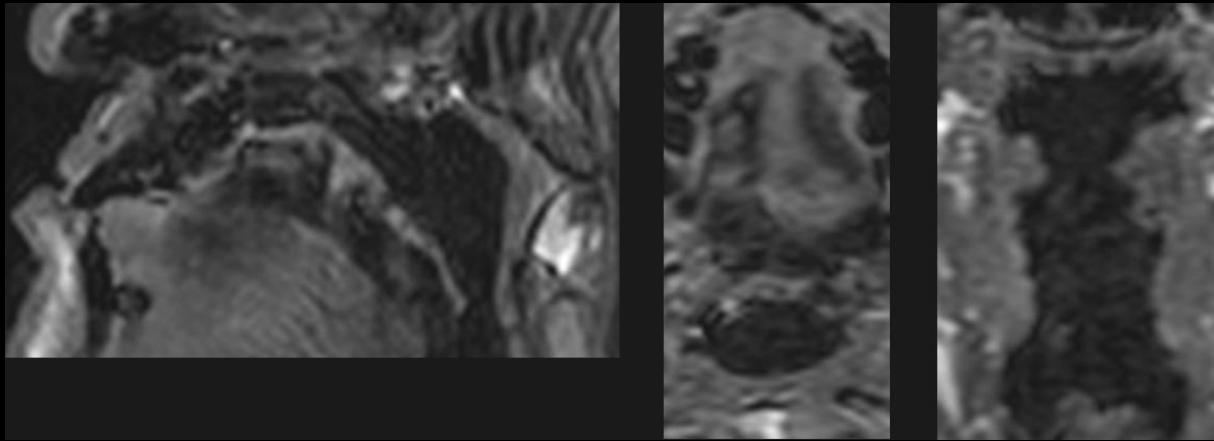
**Abbildung 18:** Schematische Zeichnung der freien Ebenenwahl in der Kernspintomographie (Eigenentwurf): Sagittal, koronar, axial (Ebenen von oben nach unten)



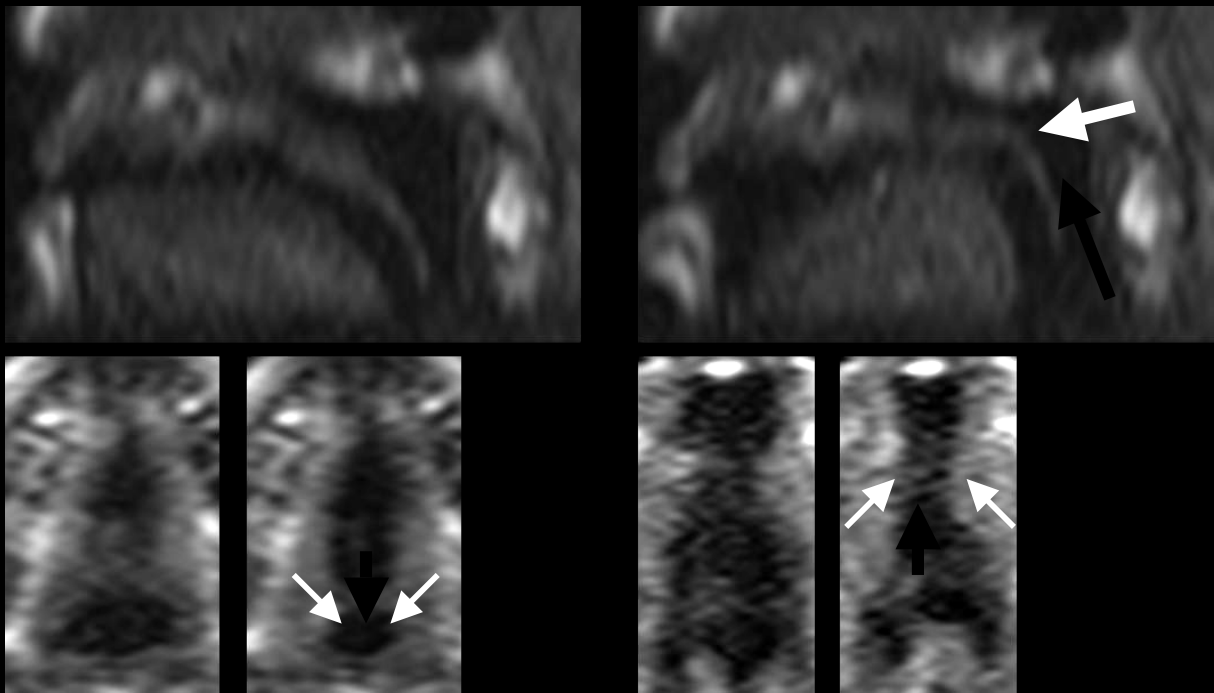
Nach einer Planungsaufnahme und, wenn die Compliance der z. T. sehr jungen Patienten es zulässt, einer anatomisch detaillierten Kernspinaufnahme in vollkommener Ruhe, wird die Sagittalebene anhand der axialen und koronaren Planungsbildern auf die Mitte des Gaumens und –soweit übereinstimmend- die Mitte des Velums ausgerichtet. Die folgende Axialebene wird auf den entstanden Bildern und auf den anatomischen Sequenzen auf die Höhe und den Winkel des maximalen velopharyngealen Verschluss geplant. Sie wird so parallel zur Ebene des harten Gaumens ausgerichtet und kann zwischen den einzelnen Testworten in der Höhe und im Winkel variiert werden, so dass die individuelle Höhe des kompletten oder inkompletten velopharyngealen Verschlusses bei jedem Patienten individuell eingestellt werden kann. Die dritte Ebene der Koronarachse wird als letztes mit Hilfe der sagittalen und axialen Schnittbilder parallel zur HWS im Zentrum des pharyngealen Lumens ausgerichtet. Auch bei dieser Aufnahme ist die individuelle Ausrichtung durch Winkel- und Lageänderung möglich. Diese Aufnahme kann die besten Einsichten auf die eventuellen seitlichen Kompensationen bei velopharyngealen Insuffizienzen ermöglichen.

In der Vergangenheit konnten die Auswertungen der sagittalen Ebenen der Kernspinaufnahmen mit dem gleichen Wertigkeit wie die schon standardisierten Videofluoroskopieaufnahmen ausgewertet werden. Einzelne Schwierigkeiten bei der Auswertung der koronaren Ebenen wurden durch die technischen Möglichkeiten und die diagnostische Bewertung in der Videofluoroskopie aufgezeigt. Daher wurden diese Aufnahmen auch mit der Berücksichtigung der ca. 20-minütigen Liegezeit des Patienten am Ende der Untersuchung ausgeführt. Nach dieser Zeit ergab sich vor allem bei den jüngeren Patienten häufiger die Gefahr der Kopfbewegungen durch die zunehmende Unruhe nach dem längeren, stillen Liegen. Im Gegensatz zu dieser schwierigen Sequenz zeigte die axiale Ebene der Echtzeit-MRT-Aufnahmen bessere diagnostische Ergebnisse als die Aufnahmen der standardisierten Röntgenaufnahmen. Hier können z.B. die zusätzlichen Informationen der asymmetrischen Bewegungen der lateralen Pharynxwand gut dokumentiert und diagnostiziert werden (Beer, Hellerhoff et al. 2004)(S.795).

Zur Veranschaulichung folgen nun exemplarische Bilder einer kompletten Auswertungsreihe:

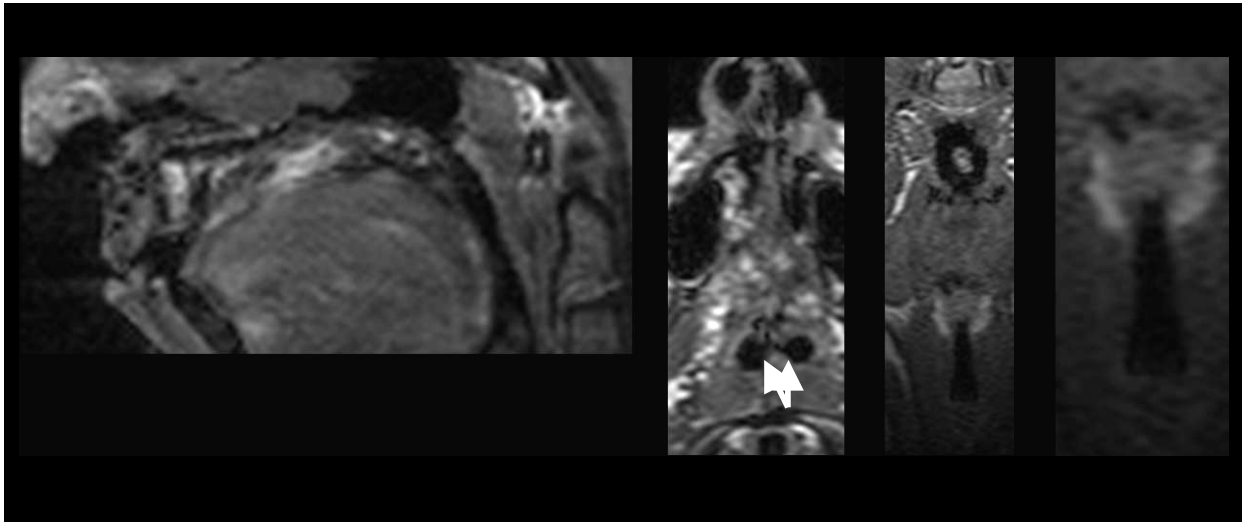


**Abbildung 19:** Patient 25, postoperative Anatomie-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx

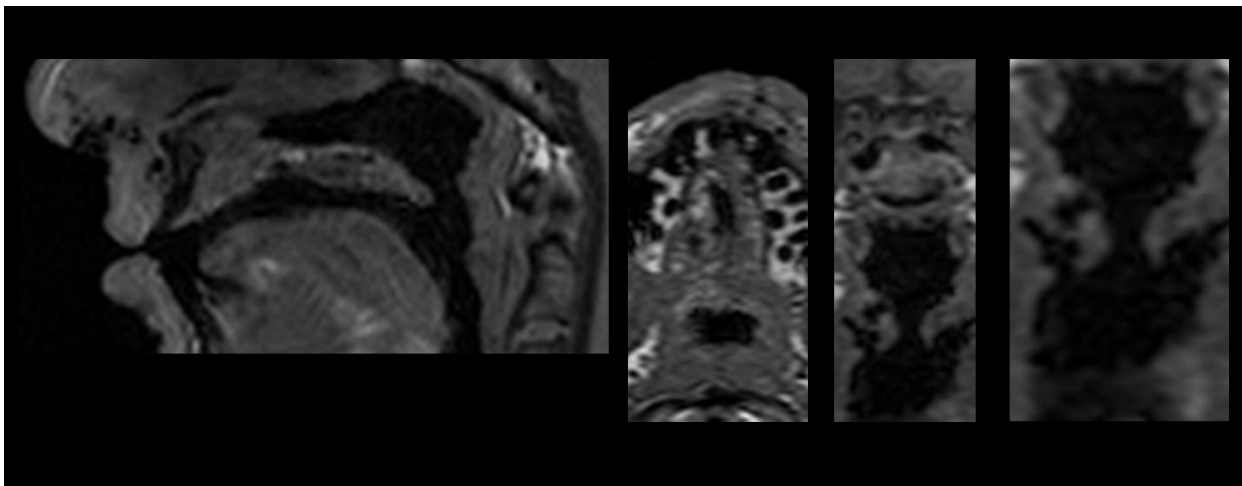


**Abbildung 20:** Patient 25, postoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx; Trotz typischer „Knie-Bildung“ (siehe weißer Pfeil) des Velums erfolgt kein velopharyngealer Verschluss (siehe schwarzer Pfeil), in der axialen und koronaren Ebene kann zwar ebenfalls eine symmetrische Annäherung der Seitenwände dokumentiert werden (weiße Pfeile), der Verschluss bleibt insuffizient (schwarze Pfeile).

Nach Durchführung einer Planungssequenz wurden die anatomischen Sequenzen in Ruhe durchgeführt, hier können in der kernspintomographischen Aufnahme bereits in der axialen Ebene im harten Gaumen verbliebene Veränderungen nach Gaumenverschluss des Patienten nachgewiesen werden. In den exemplarischen Bildern der Echtzeit-MRT-Aufnahmen ist deutlich der verbleibende Abstand des Velums zur Rachenhinterwand trotz guter Eigenbewegung zu erkennen. Die axiale Schnittebene zeigt einen guten Einblick in die Verschlussöffnung des velopharyngealen Verschlusses, in der koronaren Ebene kann die symmetrische Bewegung der pharyngealen Seitenwände beurteilt werden.

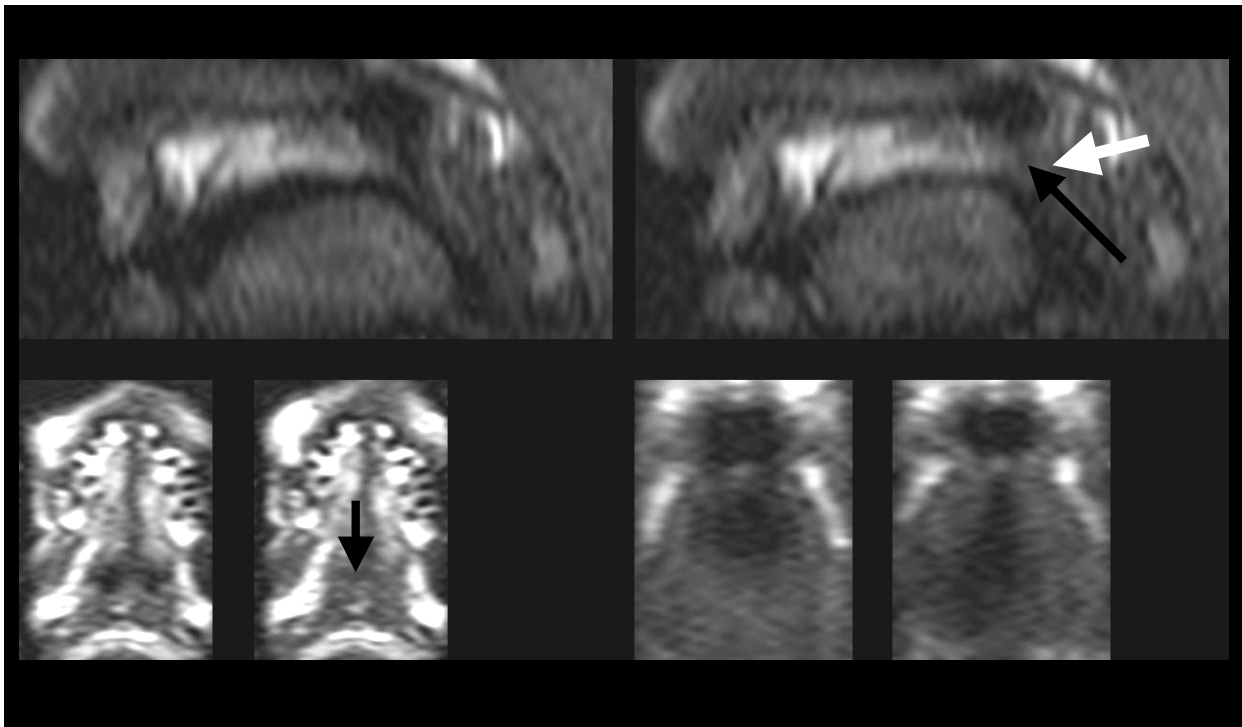


**Abbildung 21:** Patient 11, präoperative Anatomie-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx; Z.n. VPP mit lateralen Restöffnungen axial (siehe weiße Pfeile)

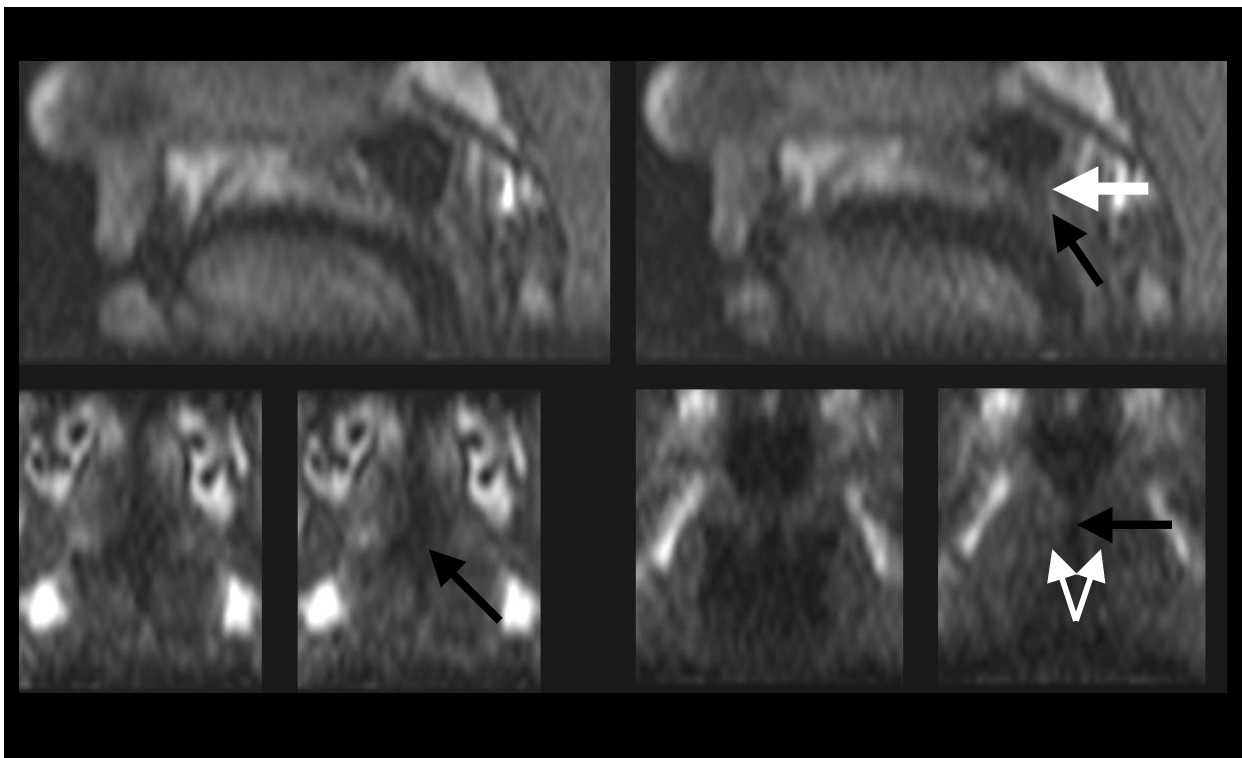


**Abbildung 22:** Patient 11, postoperative Anatomie-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx

In der Anatomie-Sequenz lassen sich noch keine sicheren Veränderungen postoperativ feststellen, es zeigt sich jedoch auch die Restläsion des harten Gaumens in den axialen Schnittebenen und die freie Anwahl der Schnittebenen –hier sehr verdeutlicht angezeigt: z.B. Anschnitt der Nasenflügel im axialen Schnitt präoperativ, Anschnitt der klaffenden Gaumenanteile in einer tieferen Ebene im koronaren Schnitt postoperativ.



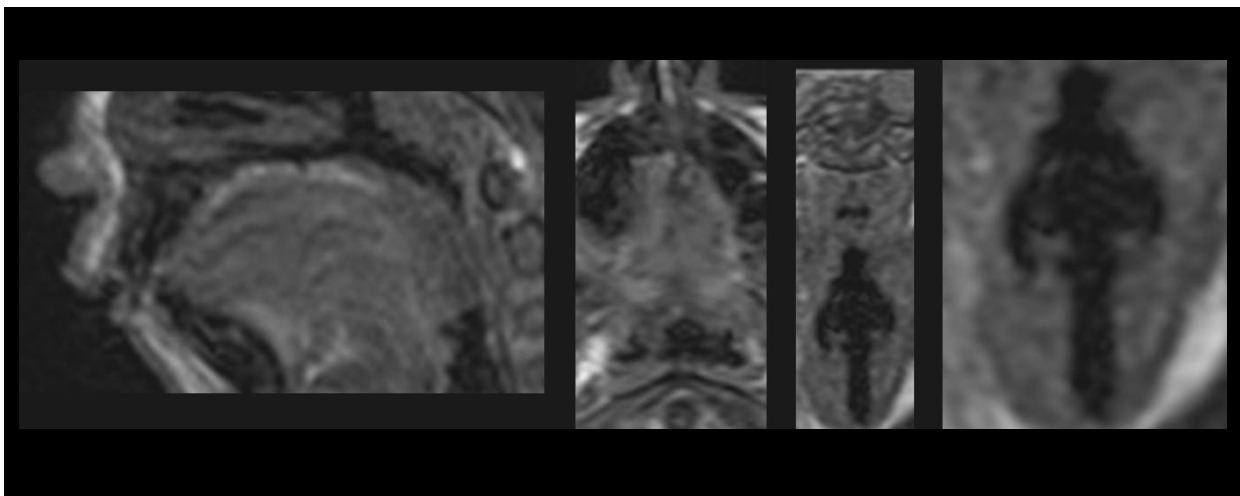
**Abbildung 23:** Patient 11, präoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx; Ein grenzwertig beurteilter Verschluss, der eine leichte dorsale Kompensation (siehe weißer Pfeil) in der sagittalen Ebene mit Restöffnung (siehe schwarzer Pfeil) zeigt, einen fast kompletten Verschluss in der axialen Ebene (siehe schwarzer Pfeil) und eine symmetrische Bewegung der Pharynxwände in der koronaren Ebene zeigt



**Abbildung 24:** Patient 11, postoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx; Nun zeigt sich neben der weiterhin bestehenden dorsalen Kompensation (siehe weißer Pfeil) in allen Schnittebenen eine Restöffnung des Velopharynx (siehe schwarze Pfeile), im Vergleich zu den präoperativen Aufnahmen zeigt sich eine beginnende seitliche Kompensation in der koronaren Ebene (siehe weiße Pfeile)

In den exemplarischen Bildern des Echtzeit-MRTs zeigen sich nun Unterschiede der prä- und postoperativen Aufnahmen: Trotz vergleichbarer dorsalen Kompensation in allen Schnittebenen erscheint die Annäherung des Velums an die Rachenhinterwand in der präoperativen Bildgebung näher, in der axialen Schnittebene bleibt eine Restöffnung bestehen und koronar nimmt die symmetrische Mittellinienannäherung der pharyngealen Seitenwände zu, kann einen kompletten Verschluss jedoch nicht erreichen.

Die Kernspindiagnostik erfordert eine erhöhte Mitarbeit und Compliance der Patienten, da die damit verbundene Enge des Untersuchungsraumes und die laute Geräuschkulisse vor allem bei den jüngeren Patienten zu Mitarbeitseinschränkungen und Abbruch der Untersuchungen führen kann. Durch eine intensivere Vorbereitung durch Beschreibungen der Untersuchungsumgebung in den vorausgehenden Tagen von den Eltern und durch vorheriges Zeigen und langsames Heranführen an den Scanner am Untersuchungstag wurden die Untersuchungen jedoch auch von den jungen 5 Jahre alten Patienten größtenteils gut toleriert, wobei der individuellen Reife der Kinder Rechnung getragen werden muss. Meistens blieb ein Elternteil im Untersuchungsraum in der Nähe des Kindes, um zu einer zusätzlichen Beruhigung und Ermunterung zu dessen Mitarbeit zwischen den einzelnen Testwörtern beizutragen.

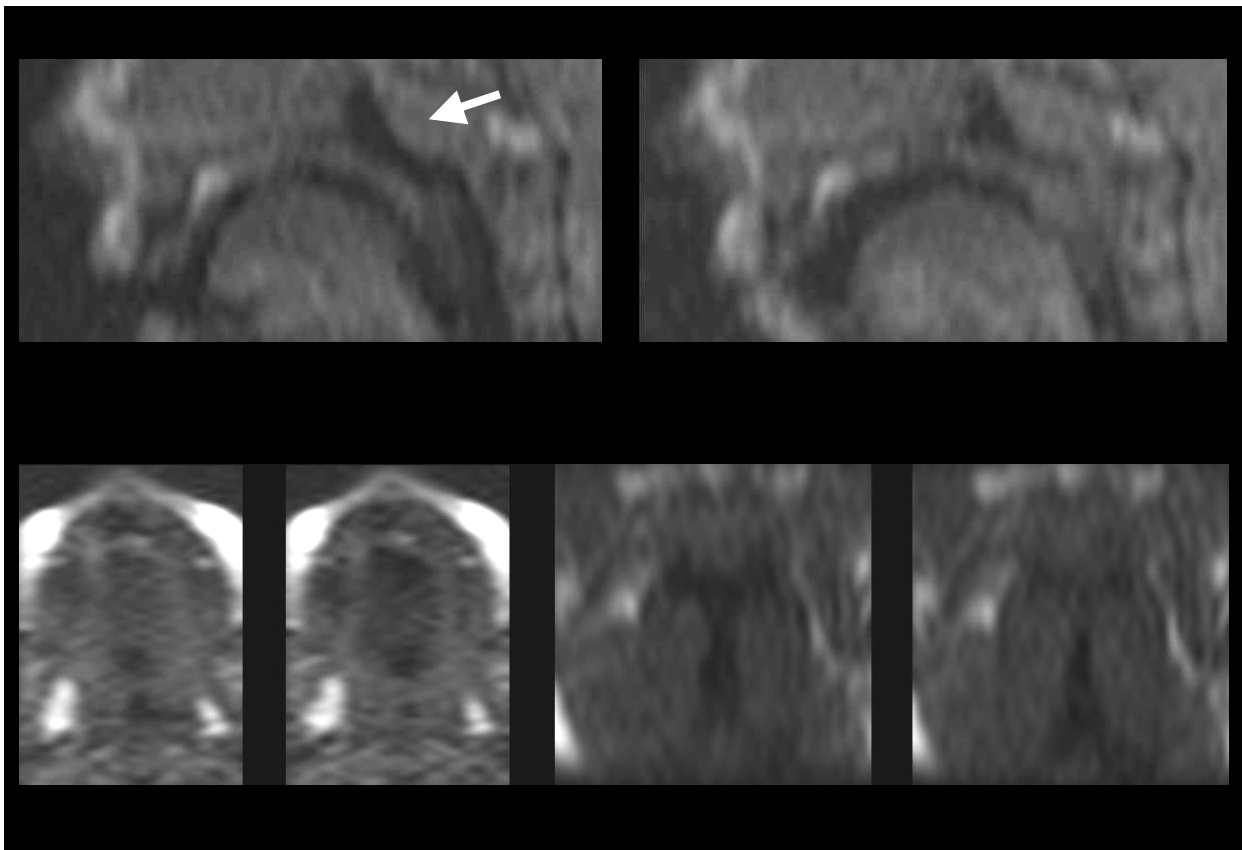


**Abbildung 25:** Patient 5, präoperative Anatomie-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx

Hier exemplarisch eine Anatomiesequenz eines Kindes, in der bereits in der Ruhe-Sequenz eine zum Vergleich zu den Erwachsenen veränderte Darstellung auffällt (siehe dazu auch „Diskussion“). Es folgt ebenfalls die Echtzeit-MRT-Sequenz in allen drei Ebenen, bei der die Bewegungsabläufe bei dem jungen Patienten gut nachvollzogen werden können. Im Vergleich zu den Erwachsenen zeigen sich jedoch bereits in der generellen Aufsicht und Bewertungsmöglichkeit Unterschiede durch die Bildgebung bei kleineren Patienten (siehe auch „Diskussion“).

Generell zeigt sich hier in den folgenden bewegten Bildern ein deutlich insuffizienter Verschluss des velopharyngealen Raumes trotz leichter dorsalen Kompensation und symmetrischer guter Mittellinienannäherung der pharyngealen Seitenwände.

Nebenbefundlich zeigen sich bei diesem Patienten durch die gute Weichteildarstellung in der sagittalen Schnittebene prominente Tonsillen:



**Abbildung 26:** Patient 5, präoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx; Ein insuffizienter Verschluss bei einem Kind, nebenbefundlich zeigen sich prominente Tonsillen in den sagittalen Schnittebenen (siehe weißer Pfeil)

### Statistische Auswertung

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte vor allem deskriptiv und teilweise statistisch: Der Einfluss der Operationsmethode auf die postoperative Velumfunktion und –anatomie sowie der Vergleich der MRT- und Videofluoroskopieauswertungen wurden mit unterschiedlichen Methoden geprüft, je nach Art der vorliegenden Daten.

Der T-Test für verbundene Stichproben konnte Zielgrößen mit quantitativer und normalverteilter Größe angeben, dazu wurden Erwartungswerte von zwei verbundenen, normalverteilten Stichproben verglichen (Harms 1998) (Harms S.199f).

Der Korrelationskoeffizient als Aussage über den linearen Zusammenhang zweier Größen wurde in bivariaten Verteilung dargestellt. Diese bedeutet die gleichzeitige Beobachtung zweier Merkmale (z. B. in einem zweidimensionalen Koordinationssystem). Meist ist mit dem „Korrelationskoeffizienten“ der Produktmoment-Korrelationskoeffizient nach Pearson gemeint, Voraussetzung hierfür ist, dass die Daten interskaliert sind und beide Variablen aus normverteilten Grundgesamtheiten stammen und in einer linearen Abhängigkeit zueinander stehen. Um zu vermeiden, dass eine Korrelation durch Ausreißer bedingt ist (sog.

„Inhomogenitätskorrelation“) sollten die Variablen annähernd normverteilt sein. Sind sie dies nicht, sollte und wurde der Spearmansche Rangkoeffizient bestimmt (werden) (Harms 1998) (Harms S.126 und S.128). Je nach Testart wurde der Gamma-Koeffizient als Maß für die ordinale Korrelation verwendet.

Der McNemar Test wurde als eine Variante des Vorzeichentests mit paarigen Stichproben verwendet: Dabei werden die Ergebnisse einer paarigen Stichprobe (z. B. Ergebnisse der MRT- und Videountersuchung, Passavantscher Wulst) nach bestimmten Schema in Vierfeldertafeln eingetragen und Unterschiede untersucht. Der Vorzeichentest kann auch angewendet werden, wenn die Werte nicht quantitativ erfasst sind, sondern nur bekannt ist, ob sie größer oder kleiner sind (Harms 1998) (Harms S.209f).

Mit dem Wilcoxon-Test für Paardifferenzen können zwei verbundene Stichproben mit quantitativer Zielgröße unbekannter Verteilung überprüft werden. Hierbei wird gezeigt, ob der Erwartungswert einer Stichprobe mit einem vorgegebenen Wert übereinstimmt (z. B. mit dem einer präoperativen Untersuchung) (Harms 1998) (Harms S.199 und S.205).

Soweit möglich wurden sämtliche Daten mit Mittelwerten und Standardabweichungen angegeben.

### Auswertungsbögen

Die Videofluoroskopie und die MRT-Echtzeit-Untersuchungen wurden mit denselben standardisierten Bögen ausgewertet. Diese wurden auf Bezug zur vorangegangenen Studie (Sader 1999) und Objektivität erstellt und auf jede einzelne Aufnahme angewendet. Im Einzelnen enthielt ein Auswertungsbogen folgende grundlegende Daten:

- Name und Geburtsdatum des Patienten
- Angabe prä- oder postoperative Untersuchung
- Untersuchungsdatum
- Angabe MRT- oder Videofluoroskopie-Untersuchung

Die Auswertung wurde von einem Facharzt der Radiologie und einem Facharzt der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie einfachblind durchgeführt. Das heißt, die Ärzte bewerteten die Bildgebung ohne Kenntnis des vorliegenden Patienten und ohne Kenntnis des prä- oder postoperativen Zeitpunktes, um eine höchstmögliche Objektivität zu gewährleisten.

Die eigentliche Auswertung fasste sich in drei Teile bzw. Untersuchungsansichten: Sagittal, axial und koronar, sowie eine Abschlussbeurteilung der gesamten velopharyngealen Funktion:

### 1. Sagittale Ansicht:

- *Relative Länge des Velums in Ruhe*
- *Velumdicke in Ruhe*
- *Höchster Punkt der Velumbewegung relativ zum harten Gaumen*
- *Abstand der Velumspitze in Ruhe zur RHW*
- *Beurteilung der Velumprominenz*
- *Koordination der Velumbewegung*
- *Anlagestrecke des Velums an der RHW*
- *Beständigkeit des Abschlusses*
- *Beurteilung der Adenoide*

### 2. Axiale Ansicht:

- *Gestalt des Abschlusses*
- *Lage der Restöffnung*
- *Position des Velums*

### 3. Koronare Ansicht:

- *Kontur der Rachenbewegung*
- *Symmetrie der Rachenbewegung*
- *Ausmaß der Rachenbewegung relativ zur Mittellinie*

### 4. Abschlussbeurteilung der velopharyngealen Funktion

Die Art der einzelnen Auswertungen ist nicht neu etabliert, sondern geht auf die Vorarbeiten der MKG-Klinik und des Radiologischen Instituts des Klinikums Rechts der Isar der TU-München (Sader, Zeilhofer et al. 2001)(S.144) der letzten Jahre zurück.

Bestimmten Anteilen der Auswertung wurden Zahlenwerte von 1 bis maximal 6 zugeordnet, die am Ende der Untersuchung addiert wurden, um zusätzlich zur subjektiveren Abschlussbeurteilung der Auswertung einen objektiven Wert, die Gesamtwertung zu erhalten. Diese aufgewerteten Anteile der Auswertung sind ausschlaggebend zur objektiven Beurteilung des velopharyngealen Abschlusses.

Die einzelnen Punkte wurden folgendermaßen ausgewertet (die Zahlenwerte sind jeweils in der zweiten Zeile angegeben):



## 1. Sagittale Ansicht:

### Relative Länge des Velums in Ruhe

Velum verkürzt	Velum normal lang	Velum verlängert
1	2	3

### Velumdicke in Ruhe

Velum sehr dick	Velum dick	Velum normal dick	Velum dünn
-----------------	------------	-------------------	------------

### Höchster Punkt der Velumerhöhung relativ zum harten Gaumen

Velum dtl. darunter	Velum darunter	Velum auf Höhe	Velum darüber
1	2	3	4

### Abstand der Velumspitze in Ruhe zur RHW

Abstand kurz	Abstand normal	Abstand weit
--------------	----------------	--------------

### Beurteilung der Velumprominenz

Nicht erkennbar	Undeutlich	Erkennbar	Deutlich
1	2	3	4

### Koordination der Velumbewegung

Stark diskoordiniert	Mäßig diskoordiniert	Koordiniert
1	2	3

### Anlagestrecke des Velums an der RHW

Klaffende Insuffizienz	Mäßige Insuffizienz	Nahe Annäherung	Berührung	Berührung mittel, freie Uvula	Berührung breit
1	2	3	4	5	6

### Beständigkeit des Abschlusses

Abschluss nicht beständig	Abschluss beständig
1	2

### Beurteilung der Adenoide

Nicht vorhanden	Klein	Mäßig	Deutlich	Tonsillen
-----------------	-------	-------	----------	-----------

## 2. Axiale Ansicht:

### Gestalt des Verschlusses

Koronal	Sagittal	Zirkulär	Zirkulär + PW	Ohne Velumbeteiligung
---------	----------	----------	---------------	-----------------------

### Lage der Restöffnung

Zentral	Nach links verlagert	Nach rechts verlagert	Keine Restöffnung
---------	----------------------	-----------------------	-------------------

### Position des Velums

Mittig	Nach links verlagert	Nach rechts verlagert
--------	----------------------	-----------------------

## 3. Koronare Ansicht:

### Kontur der Rachenbewegung

Shelf	Ballonförmig	Vertikal	Irregulär
-------	--------------	----------	-----------

### Symmetrie der Rachenbewegung

Symmetrisch	Asymmetrisch
-------------	--------------

### Ausmaß der Rachenbewegung relativ zur Mittellinie

Rechts 25%	Rechts 50%	Rechts 75%	Rechts 100%
Links 25%	Links 50%	Links 75%	Links 100%

## 4. Abschlussbeurteilung der velopharyngealen Funktion:

Deutlich insuffizient	Insuffizient	Grenzwertig	Kompetent
-----------------------	--------------	-------------	-----------

Die addierten Zahlenwerte ergeben maximal 22 und minimal 6 Punkte. Diese Gesamtwertung geht in die folgenden Tabellen als Untersuchungsergebnis ein: Z.B. bedeutet die präoperative MRT-Untersuchung von Patient Nr. 12 mit 12 Punkten, dass er in den mit Zahlenwerten ausgewerteten Anteilen insgesamt 12 Punkte erhielt. Je höher die Punktzahl, desto besser schnitt der Patient mit den objektiven Verschlussparametern ab. Niedrige Zahlen gingen daher meist auch subjektiv mit einem schlechteren velopharyngealen Verschluss einher.

Um die gesamte Auswertung statistisch auswerten zu können, wurden in einem zweiten Schritt auch alle anderen Werte durch Zahlen ersetzt, die jedoch in diesem Fall keine Wertung sondern nur eine alternative Möglichkeit der Darstellung zeigen:

Nr		0	1	2	3	4	5	6
1	Diagnose		Rhinolalia	submukös, Velumspalte, inkomplette LKG-Spalte	totale, uni-/bilaterale LKG-Spalte			
2	Passavantscher Wulst	Fehlende Auswert.	ja	Nein				
3	Länge Velum	Fehlende Auswert.	verkürzt	normal	Verlängert			
4	Dicke Velum	Fehlende Auswert.	dünn	normal	Dick	Sehr dick		
5	Hebung Velum	Fehlende Auswert.	deutlich unter harten Gaumen	unter Gaumen	Höhe Gaumen	Über harten Gaumen		
6	Abstand RHW sagittal	Fehlende Auswert.	kurz	normal	Weit			
7	Prominenz Velum	Fehlende Auswert.	keine	undeutlich	Erkennbar	Deutlich erkennbar		
8	Koordination Velum	Fehlende Auswert.	stark diskoordiniert	mäßig diskoordiniert	Koordiniert			
9	Anlagestrecke Velum	Fehlende Auswert.	klaffende Insuffizienz	mäßige Insuffizienz	nahe Annäherung	Berührung	mittlere Berührung, freie Uvula	Berührung breit
10	Beständigkeit Abschluss	Fehlende Auswert.	keine Beständigkeit	Beständigkeit				
11	Adenoide	Fehlende Auswert.	keine	Klein	Mäßig	Deutlich	Tonsillen	
12	Gestalt axial	Fehlende Auswert.	Koronal	sagittal	Zirkulär	Zirkulär mit PW	kein Velum	Z.n.VPP
13	Lage Restöffnung axial	Fehlende Auswert.	Zentral	Links	Rechts	Keine Restöffnung	links und rechts	
14	Position Velum axial	Fehlende Auswert.	Mittig	Links	Rechts	kein Velum		
15	Kontur Rachen koronar	Fehlende Auswert.	Shelf	ballon	Vertikal	Irregulär		
16	Symmetrie koronar	Fehlende Auswert.	Symmetrisch	Asymmetrisch				
17	Mittellinienannäherung	Fehlende Auswert.	rechts/ links Bewegung					
18	Gesamtfunktion	Fehlende Auswert.	Deutlich insuffizient	insuffizient	Grenzwertig	Kompetent		

**Tabelle 4:** Legende der Auswertungsbögen

Die Gesamtwertung wird nach dieser Tabelle addiert durch die Werte der Auswertungsnummern 3, 5, 7, 8, 9 und 10.

## Ergebnisse

### Allgemeines

#### Patientendaten

Insgesamt wurden 27 Patienten (12 weibliche und 15 männliche) untersucht, von denen 20 Patienten vor oder nach Beginn der Studie eine Levatorplastik erhalten haben und von denen die verbliebenen 7 Patienten eine oder mehrere Kontraindikationen für die Operation zeigten und daher nicht mit der sprechunterstützten Operation behandelt wurden.

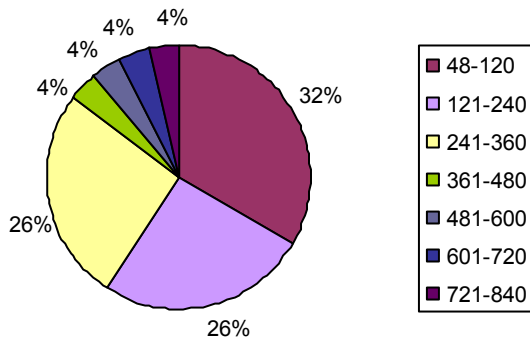
Das Alter der Patienten wird im Folgenden immer in Lebensmonaten zum Zeitpunkt der letzten Untersuchung oder zum Zeitpunkt der stattgehabten Operation angegeben, zur besseren Übersichtlichkeit hier zu Beginn eine Umrechnungstabelle:

<b>Lebensalter in Monaten</b>	<b>Lebensalter in Jahren</b>
48	4
120	10
240	20
360	30
480	40
600	50
720	60
840	70

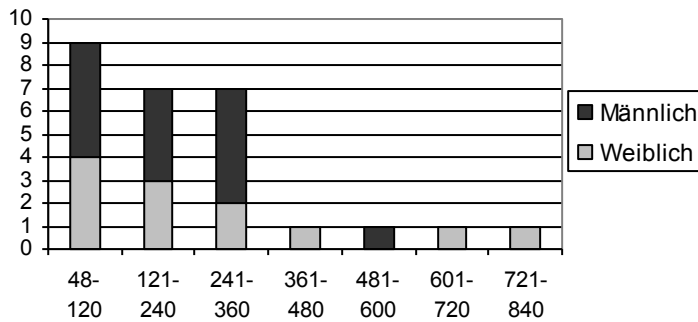
**Tabelle 5:** Umrechnungstabelle Lebensalter

Die Patientengesamtzahl zeigt ein sehr weites Altersspektrum (hier in Lebensmonaten bei der letzten Untersuchung angegeben), die Mehrheit des Kollektivs von insgesamt 84% wird von den jüngeren Altersklassen der Patienten mit 4-10 (9/27), 10-20 und 20-30 Jahren (jeweils 7/27) angegeben. Innerhalb dieser Gruppen zeigt sich folgende Aufteilung der Geschlechter:

Es wurden 12 weibliche und 15 männliche Patienten in die Studie eingeschlossen. In der Verteilungsdarstellung zeigt sich, dass die jüngeren Altersgruppen dieser Studie durchschnittlich überproportional von männlichen Patienten repräsentiert werden: Während die Altersgruppe der 48-120 Lebensmonate noch zu 55% (5/9) männlich ist, sind die folgenden Altersgruppen bis 360 Monate zu 57% (4/7) und 71% (5/7) männlich. Die folgenden drei höheren Altersgruppierungen werden zu 75% (3/4) durch weibliche Patienten vertreten. Insgesamt stellen die männlichen Patienten also 55% (15/27) des gesamten Patientengutes, sind jedoch in den jüngeren Altersklassen bis zum 360. Lebensmonat (30. Lebensjahr) mit 61% (14/27) überdurchschnittlich oft vertreten.



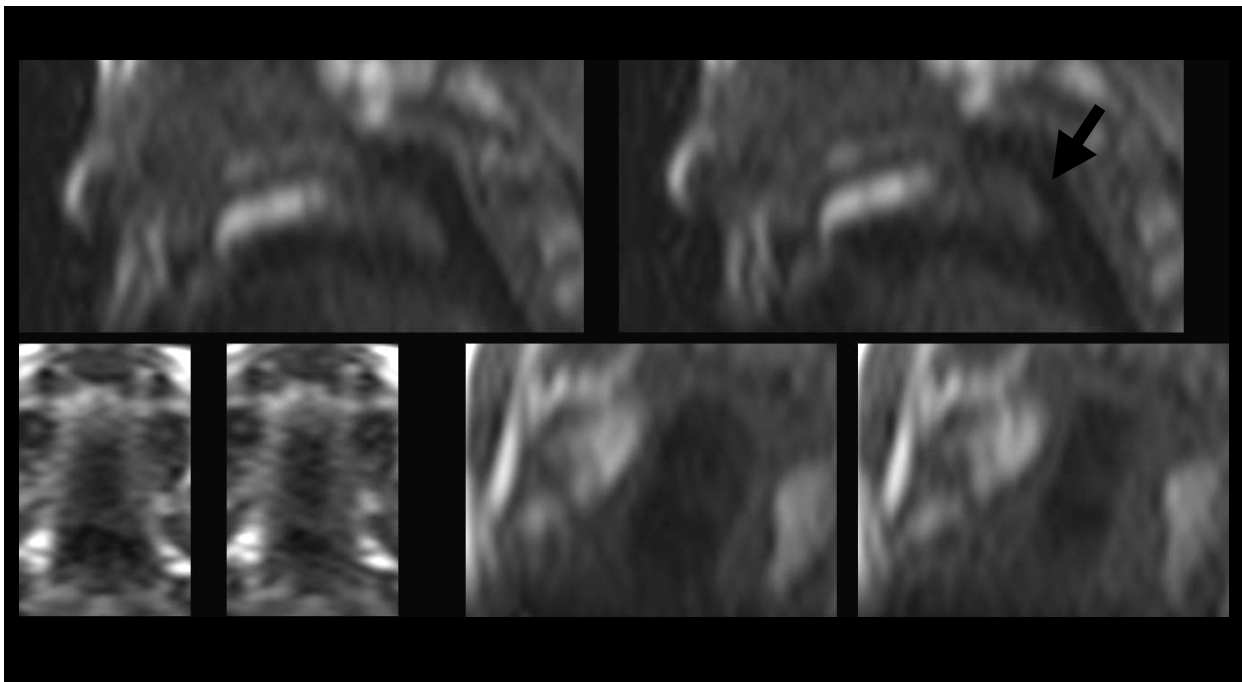
**Abbildung 27:** Alter der Patienten in Monaten bei Ende der Studie



**Abbildung 28:** Geschlechterverteilung in den Altersgruppen; Angabe in Lebensmonaten

Eine weitere Einteilung der Patienten kann durch die Hauptdiagnose, die vor den Operationen gestellt wurde, durchgeführt werden. Grundsätzlich wurden die Patienten in drei unterschiedliche Gruppen der Hauptdiagnosen eingeteilt:

- 1 = Rhinolalia
- 2 = Submuköse Spalte, Velumspalte oder inkomplette LKG-Spalte
- 3 = Totale, uni- oder bilaterale LKG-Spalte



**Abbildung 29:** Patient 21, Echtzeit-MRT-Sequenz nach Gaumenspalt-OP in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx; Submuköse Spalte, inkomplette LKG-Spalte, in den axialen Bildern ist der fehlende Gaumenverschluss (schwarze Pfeile) zu erkennen

Auf die Unterschiede der drei Gruppen wurde bereits in der Problemstellung eingegangen. Eine Einteilung nach den Hauptdiagnosen zeigt folgende Tabelle:

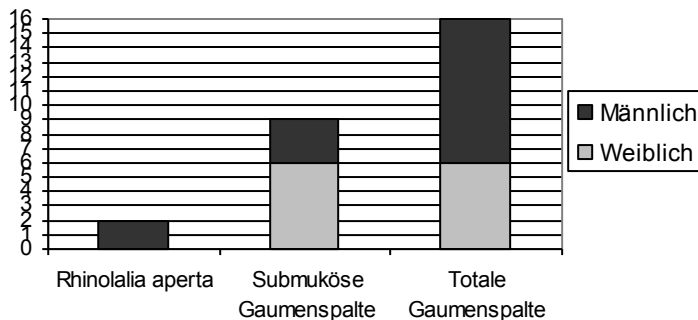
Patient	Geschlecht	Diagnose	Diagnose in Worten
1	M	1	Rhinolalia, Rhinophonia aperta
2	W	2	Submuköse Gaumenspalte
3	M	3	Totale LKG-Spalte bei Pierre-Robin-Syndrom
4	W	3	Totale LKG-Spalte
5	W	2	Submuköse Gaumenspalte bei V.a. Goldenhar-Syndrom
6	M	3	Totale LKG-Spalte
7	W	2	Unvollständige Gaumenspalte
8	M	3	Totale, bilaterale LKG-Spalte; rechts total, links subtotal
9	M	3	Totale LKG-Spalte
10	W	2	Submuköse Gaumenspalte
11	M	3	Totale, unilaterale (links) LKG-Spalte
12	M	3	Totale LKG-Spalte
13	M	3	Totale bilaterale LKG-Spalte
14	W	2	Submuköse Gaumenspalte
15	W	3	Totale LKG-Spalte
16	W	3	Totale LKG-Spalte
17	M	3	Totale, unilaterale (links) LKG-Spalte

18	W	3	Totale, unilaterale (links) KG-Spalte, bilaterale Gaumenspalte
19	M	1	Rhinolalia aperta mit Dysphonie
20	M	2	Submuköse Gaumenspalte
21	M	2	Submuköse Gaumenspalte
22	W	2	Submuköse Gaumenspalte
23	M	3	Totale LKG-Spalte
24	M	3	Totale, unilaterale (rechts) LKG-Spalte
25	W	3	Totale, unilaterale (rechts) LKG-Spalte
26	M	2	Velumspalte
27	W	3	Totale Gaumenspalte bei Z.n. Adeno-CA des harten Gaumens

**Tabelle 6:** Hauptdiagnosen der Studienpatienten

Insgesamt wurde bei 59% (16/27) aller Patienten eine totale LKG-Spalte diagnostiziert, 33% (9/27) zeigten vor den Operationen als Erstdiagnose eine submuköse Gaumenspalte und nur bei 8% (2/27) der in die Studie eingeschlossenen Patienten wurde lediglich eine Rhinolalia aperta diagnostiziert.

Werden die Diagnosen in Zusammenhang mit dem Geschlecht des jeweiligen Patienten gebracht, so zeigt sich bei den Diagnosen der Rhinolalia und der totalen Gaumenspalte eine deutliche Mehrheit der männlichen Patienten: 100% (2/2) bzw. 63% (10/16). Bei den submukösen oder unvollständigen Gaumenspalten wurden dagegen 67% (6/9) bei weiblichen Patienten diagnostiziert:



**Abbildung 30:** Geschlechtsverteilung der Hauptdiagnosen

Eine weitere Einteilung des gesamten Kollektivs ist möglich durch die Art und Anzahl der Voroperationen außer der Gaumenspaloplastik vor der präoperativen Diagnostik und Operation der Levatorplastik. Teilweise erwies sich diese Anamneseerhebung als relativ schwierig, da vor allem die älteren Patienten nicht immer alle schon stattgehabten Operationen noch in der vollständigen Zahl bzw. in der kompletten Operationsart berichten konnten. So konnten wir in einigen Fällen anhand der Anatomie und der Kenntnis der vorherigen Operationen nicht immer von einer kompletten Übereinstimmung ausgehen.

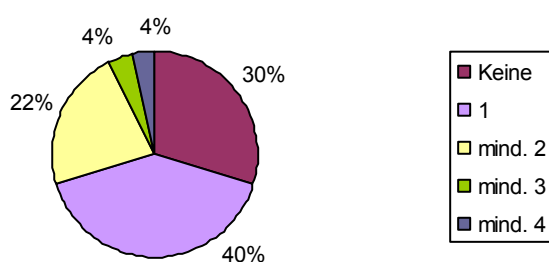
Patient	Gaumenplastik	Levatorplastik	Diagnose	Andere Voroperationen
1	keine OP	Keine OP	1	Keine
2	11.	136.	2	Keine
3	12.	Keine OP	3	Keine
4	24.	Keine OP	3	Keine
5	12.	85.	2	85. Adenotomie zur Levatorplastik
6	20.	345.	3	152. Velopharyngoplastik, mehrfache Nasenkorrekturen
7	9.	Keine OP	2	12. Reoperation Velumspalte
8	10.	66.	3	5. Lippen- und Kieferspaltverschluss nach Randall-Axhausen-Pichler
9	18.	119.	3	10. LippenOP, 72. Gaumen-Kiefer-OP
10	30.	65.	2	Keine
11	22.	269.	3	269. Nasen- und Septumkorrekturen, Revision Gaumen zur Levatorplastik, 228. VPP
12	24.	502.	3	502. Revision Gaumen zur Levatorplastik, Nasenkorrekturen
13	24.	285.	3	180. Velumpharyngoplastik, 240. Oberlippenplastik, 285. Revision Gaumen zur Levatorplastik
14	60.	112.	2	Keine
15	12.	71.	3	71. Revision Gaumen zur Levatorplastik
16	36.	594.	3	VPP, 612. Stieldurchtrennung
17	18.	269.	3	94. Revision Gaumen +VPP, 114. sek. Kieferosteoplastik, 213. Gaumenspaltplastik, 226. LeFortI+OKDistraktor



18	23.	231.	3	166. sek. Osteoplastik, Verschluss ant. Restloch, Nasenkorrekturen
19	keine OP	Keine OP	1	Keine
20	90.	Keine OP	2	90. VPP zur Gaumenplastik
21	69.	81.	2	81. Revision Gaumen zur Levatorplastik
22	240.	260.	2	260. Vereinigung Gaumenmuskulatur zur Levatorplastik
23	4.	255.	3	255. Multiple Z-Plastiken des Velums bds. Zur Levatorplastik
24	22.	142.	3	142. Kieferspaltosteoplastik rechts zur Levatorplastik
25	22.	379.	3	Keine
26	keine OP	Keine OP	2	10. Velumspalt-Verschluss
27	Ca.723	ca.723.	3	Adeno-Carcinom-OP

**Tabelle 7:** Zusätzlich durchgeführte Operationen bis zum letzten Untersuchungszeitpunkt; Alter der Operationszeitpunkte in Lebensmonaten angegeben

Insgesamt zeigt sich folgende Verteilung der zusätzlich durchgeführten Operationen:



**Abbildung 31:** Anzahl der zusätzlichen Operationen bis zum letzten Untersuchungszeitpunkt

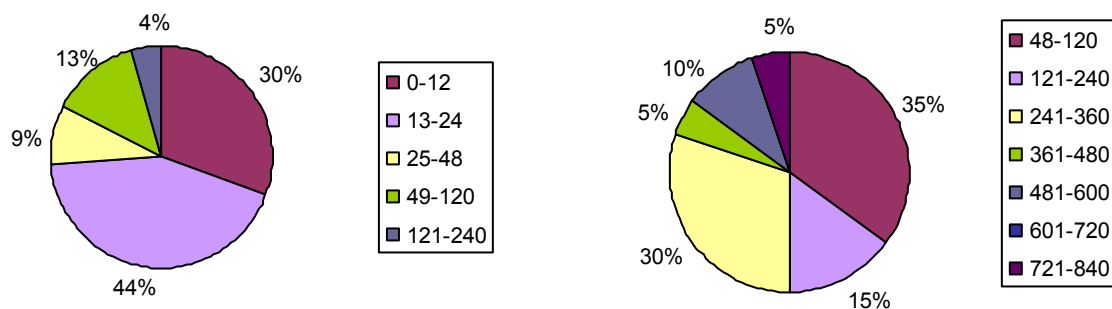
Diese Abbildung zeigt, dass 70% (19/27) der Studien-Patienten keine oder nur eine zusätzliche Operation bis zum Studienbeginn durchführen ließen. Da auch die Anzahl der häufig (mehr als 2 zusätzliche Operationen) voroperierten Patienten gering ist (8%, 2/27), können wir in der Bildgebung der Studie von einem hohen Maß an anatomischen Korrelation zu den beiden zu untersuchenden Operationsergebnissen ausgehen, da weitere verändernde, operative Maßnahmen nicht oder nur in geringen Maße durchgeführt wurden.

Insgesamt wurden von den 20 Levatorplastik-Patienten 8 zwischen den Eingriffen der Gaumenspalt- und Levatorplastik mit anderen operativen Eingriffen behandelt. Davon 63% (5/8) mit einer VPP. Während des Eingriffes zur Levatorplastik wurde bei 40% (8/20) der Patienten eine zusätzliche anatomische Änderung vorgenommen. Davon waren 75% (6/8) eine Revision des harten Gaumens und jeweils 12,5% (1/8) eine Adenotomie und in einem Fall mehrere Z-Plastiken des Velums. Ein Patient, der nur präoperativ untersucht wurde und keine Levatorplastik erhielt, wurde zum Zeitpunkt der Gaumenplastik zusätzlich mit einer VPP versorgt.

Von allen Studienpatienten wurden 4 Patienten (15%, 4/27) lediglich durch die Gaumenspaltplastik und die Levatorplastik behandelt, 7 Patienten erhielten keine Levatorplastik und 16 weitere Patienten erhielten vor oder während der Levatorplastik einen zusätzlichen operativen Eingriff.

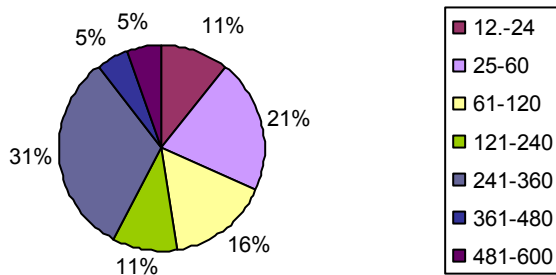
Teilweise fällt schon jetzt das hohe Gesamalter der Studienpatienten auf. Dies ist durch die Teilnahme von Patienten aus einer vorangegangenen Studie und die späte (erneute) Kontaktaufnahme mit der MKG-Chirurgie vieler Patienten wegen sprechfunktioneller Defizite in oder nach der Pubertät zu erklären. Einzelne Fälle der hier eingeschlossenen Studienpatienten wurden jedoch auch erst spät, also nicht in den ersten Lebensjahren, als Spaltpatienten diagnostiziert bzw. operiert und wurden somit auch erst in höheren Lebensjahren in die Studie eingeschlossen.

Diese große Variation der Altersklassen lässt sich bei allen operierten Patienten folglich auch beim Alter zum Zeitpunkt der beiden zugrunde liegenden Operationen feststellen: Dabei zeigt sich erwartungsgemäß, dass ein vergleichbarer Patientenanteil, der schon bei der Gaumenplastik ein höheres Alter aufwies, auch bei der Sprechunterstützenden Operation zum älteren Patientenanteil zählt. Das gemittelte Alter bei der Gaumenplastik beträgt 33,7 Monate (2,8 Jahre), das zum Zeitpunkt der Levatorplastik 232,5 Monate (19,4 Jahre).



**Abbildung 32:** Alter bei Gaumenplastik

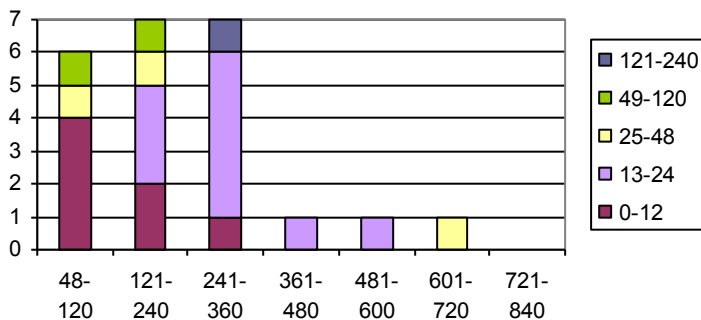
**Abbildung 33:** Alter bei Levatorplastik



**Abbildung 34:** Abstand Gaumen- und Levatorplastik in Monaten

Eine weitere wichtige Angabe für die spätere Auswertung ist auch der zeitliche Abstand zwischen der Gaumenplastik und der Levatorplastik: Der gemittelte Abstand aller Studienpatienten, die mit der Levatorplastik operiert wurden, beträgt 198,72 Monate (16,6 Jahre).

Um diese allgemeinen Zahlen weiter zu differenzieren, können die einzelnen Altersgruppen noch einmal für die jeweiligen Operationszeitpunkte betrachtet werden. In Bezug auf den Zeitpunkt der Gaumenplastik zeigt sich folgendes Bild:



**Abbildung 35:** Zeitpunkt der Gaumenplastik in Bezug auf das Gesamalter in Lebensmonaten der Patienten; x-Achse: Gesamalter der Patienten in Monaten, y-Achse: Anzahl der Patienten mit Gaumenplastik

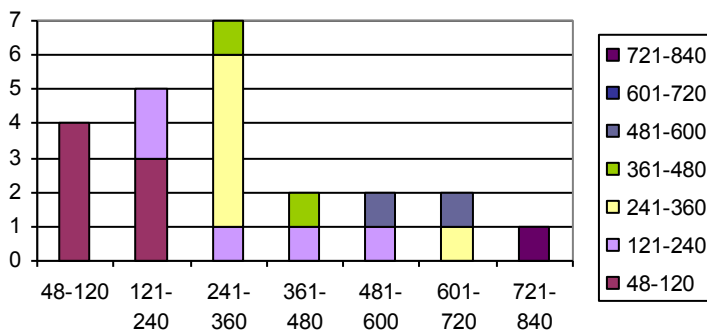
Hier wird ersichtlich, dass die später geborenen Patienten im Schnitt früher mit einer Gaumenplastik behandelt wurden als die früher geborenen:

	Monate	48-120	121-240	241-360	361-480	481-600	601-720	721-840
	Jahre	4-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70
Gemittelttes Alter zum Zeitpunkt der Gaumenplastik		24	33,6	50,1	22	24	36	

**Tabelle 8:** Gemittelttes Alter in Monaten zum Zeitpunkt der Gaumenplastik bezogen auf das Lebensalter der Patienten zum Studienzeitpunkt

Ausnahme bilden hier die älteren Patienten ab 30 Jahre. Dieses liegt sicher auch darin begründet, dass in diesem Alter nur geringe Gesamtzahlen in die Studie eingeschlossen wurden. Da die Gaumenspalte jedoch eine angeborene Fehlbildung ist und daher in den ersten Lebensjahrzehnten operiert und therapiert wird, sind die geringeren Zahlen in den höheren Altersklassen zu erwarten, da viele Gaumenspaltpatienten in diesem Alter bereits austherapiert sind. Hier kam es eher zu sekundärer Veluminsuffizienz, wie z.B. nach Tumoroperationen.

Ein noch deutlicheres Bild zeigt sich auch beim individuellen Lebensalter zum Zeitpunkt der Levatorplastik, denn auch hier erhielten die jüngeren Patienten im Schnitt zu einem früheren Zeitpunkt die Sprechunterstützende Operation:

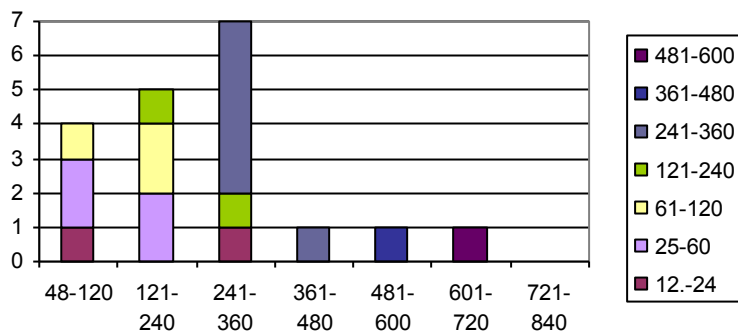


**Abbildung 36:** Zeitpunkt der Levatorplastik in Bezug auf das Gesamalter der Patienten; x-Achse: Gesamalter der Patienten in Monaten, y-Achse: Anzahl der Patienten mit Levatorplastik

	Monate	48-120	121-240	241-360	361-480	481-600	601-720	721-840
	Jahre	4-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70
Gemitteltetes Alter zum Zeitpunkt der Levatorplastik		75,5	115	273,4	379	502	594	723

**Tabelle 9:** Gemitteltetes Alter in Monaten zum Zeitpunkt der Levatorplastik bezogen auf das Lebensalter der Patienten zum Studienzeitpunkt

Alle hier aufgelisteten Patienten erhielten die Levatorplastik frühestens im Jahr 2000, daher war der stetige Altersanstieg im Verhältnis zum Gesamalter der Patienten zu erwarten. Dieser logische Anstieg des Alters zum Zeitpunkt der Levatorplastik sollte demnach auch im Verhältnis zur stattgehabten Gaumenplastik auftreten, da bei den älteren Patienten diese weiter zurückliegt und der Abstand zur sprechunterstützenden Operation daher größer sein müsste als bei jüngeren Vergleichspatienten:



**Abbildung 37:** Zeitlicher Abstand zwischen Gaumen- und Levatorplastik in Bezug auf das Gesamtalter; x-Achse: Gesamtalter der Patienten in Monaten, y-Achse: Anzahl der Patienten

	Monate	<b>48-120</b>	<b>121-240</b>	<b>241-360</b>	<b>361-480</b>	<b>481-600</b>	<b>601-720</b>
	Jahre	4-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
Gemittelter Abstand zwischen Gaumen-& Levatorplastik		44,8	90,8	223,2	357	478	

**Tabelle 10:** Gemittelter Abstand zwischen der Gaumen- und Levatorplastik in Monaten bezogen auf das Lebensalter der Patienten zum Studienzeitpunkt

Da das Lebensalter zum Zeitpunkt der Gaumenplastik noch keine sehr großen Unterschiede aufwies, steigt der Abstand zu Levatorplastik stark an. Der Grund liegt, wie schon zum Zeitpunkt der Levatorplastik erwähnt, in der erst seit einigen Jahren durchgeführten Operation.

## Daten MRT-Videovergleich

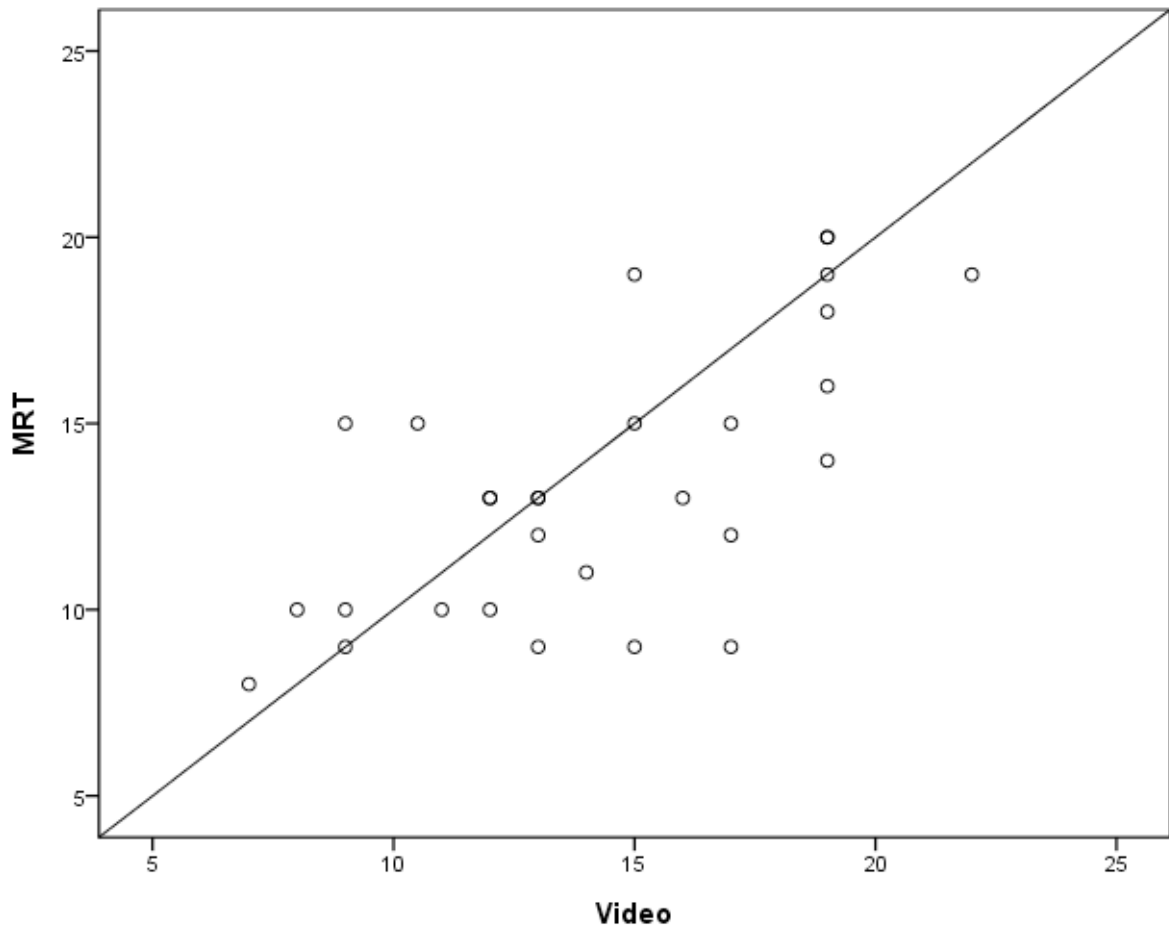
Die Auswertungen der MRT- und Video-Untersuchungen eines Patienten zu einem gemeinsamen Zeitpunkt, also z.B. beide postoperativen Untersuchungen des Patienten Nr. 15, werden in Bezug zueinander gesetzt und können zum Vergleich herangezogen werden.

Insgesamt können so 29 Untersuchungspaare direkt miteinander verglichen werden:

Nr.	Patient	Untersuchung	Lebensmonat bei letzter Untersuchung	MRT-Untersuchung	Video-Untersuchung
1	1	Prä	96.	18	19
2	4	Prä	192.	20	19
3	5	Prä	89.	9	15
4	11	Prä	276.	13	13
5	12	Prä	505.	12	17
6	18	Prä	276.	19	22
7	19	Prä	60.	19	15
8	20	Prä	132.	11	14
9	21	Prä	85.	8	7
10	24	Prä	146.	12	13
11	26	Prä	84.	16	19
12	2	Post	156.	13	13
13	6	Post	350.	15	9
14	8	Post	132.	13	16
15	9	Post	156.	10	12
16	10	Post	84.	20	19
17	11	Post	276.	9	17
18	12	Post	505.	15	10,5
19	13	Post	298.	15	17
20	14	Post	144.	10	11
21	15	Post	75.	14	19
22	16	Post	636.	15	15
23	17	Post	272.	10	8
24	18	Post	276.	19	19
25	21	Post	85.	10	9
26	23	Post	276.	13	12
27	24	Post	146.	13	12
28	25	Post	420.	9	13
29	27	Post	728.	9	9

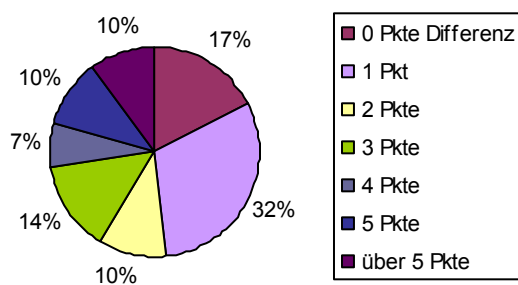
**Tabelle 11:** Vergleich der Gesamtwertungen MRT-Video: Mittlere Differenz = -0,87, Stabw. = 3,1, p = 0,157

Statistisch zeigte sich hier eine moderate positive Korrelation der beiden bildgebenden Verfahren ( $r = +0,67$ ,  $p < 0,001$ ) in ihrer Auswertung:



**Abbildung 38:** Korrelation zwischen MRT- und Videofluoroskopie- Gesamtwertung

Zur Übersicht nun eine Darstellung der Abweichungen in Bezug auf die Häufigkeit:



**Abbildung 39:** Abweichungen der Gesamtwertungen MRT-Video

Eine komplette Übereinstimmung der objektiven Auswertung trat also bei 17% der verglichenen MRT-Video-Paaren auf (5 von 29 Patienten; 5/29). Abweichungen von 1-2 Punkten können noch als Übereinstimmung gewertet werden und traten bei weiteren 42% (12/29) auf. D.h. die Übereinstimmung der Gesamtauswertungen von MRT und Video in Bezug auf einen Untersuchungszeitpunkt wurde bei 59% (17/29) der Patienten erreicht. In der statistischen Auswertung zeigt sich im T-Test eine Tendenz zu höheren Gesamtergebnissen in der Videofluoroskopie im Vergleich zu

MRT (mittlere Differenz = 0.84, Stabw. = 3,1,  $p = 0,157$ ). Mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = +0.67$  ergab sich eine moderate positive statistisch signifikante Korrelation der Gesamtwertungen ( $p < 0.001$ ).

Neben den Gesamtwertungen werden auch die einzelnen Daten, also z.B. die *Koordination der Velumbewegung* verglichen. Diese Daten werden im Folgenden in einzelnen Abschnitten dargestellt. Es findet sich auch eine Abbildung der subjektiven Gesamtwertungen (s.u.):

Zunächst die ersten Punkte der sagittalen Auswertung, die so genannten „Ruhewerte“, da sie - bis auf die Hebung - in kompletter Ruhelage des Velums gemessen werden, d.h. ohne aktive oder passive Bewegung:

Patient		MRT Länge Velum	Video Länge Velum	MRT Dicke Velum	Video Dicke Velum	MRT Hebung Velum	Video Hebung Velum	MRT Abstand RHW sagittal	Video Abstand RHW sagittal
1	Prä	1	2	2	3	4	3	2	2
4	Prä	2	2	2	2	4	4	1	2
5	Prä	1	2	1	2	1	3	2	1
11	Prä	1	1	1	1	3	3	1	1
12	Prä	1	2	3	2	4	3	2	2
18	Prä	2	3	2	3	4	4	2	2
19	Prä	2	2	3	2	4	3	2	2
20	Prä	3	2	2	2	1	1	1	2
21	Prä	1	2	3	2	2	1	2	2
24	Prä	1	2	3	1	3	2	2	3
26	Prä	1	2	2	3	3	4	2	2
2	Post	1	2	3	2	3	1	2	2
6	Post	1	2	3	2	3	1	3	1
8	Post	2	2	2	2	2	3	2	1
9	Post	1	2	2	2	2	1	1	2
10	Post	2	2	2	2	4	4	1	2
11	Post	1	2	2	2	2	4	3	2
12	Post	1	2	3	2	3	1	1	2
13	Post	2	2	2	2	3	3	1	1
14	Post	1	1	2	3	2	3	2	2
15	Post	2	3	2	3	3	3	1	2
16	Post	2	1	1	2	3	3	2	1
17	Post	1	1	3	2	2	3	3	2
18	Post	2	2	1	2	4	4	2	2
21	Post	2	1	3	3	2	2	2	3



23	Post	1	1,5	2	2	3	3	2	1
24	Post	1	1	2	3	3	3	2	2
25	Post	2	3	1	1	3	3	2	3
27	Post	1	1	1	1	2	3	3	3

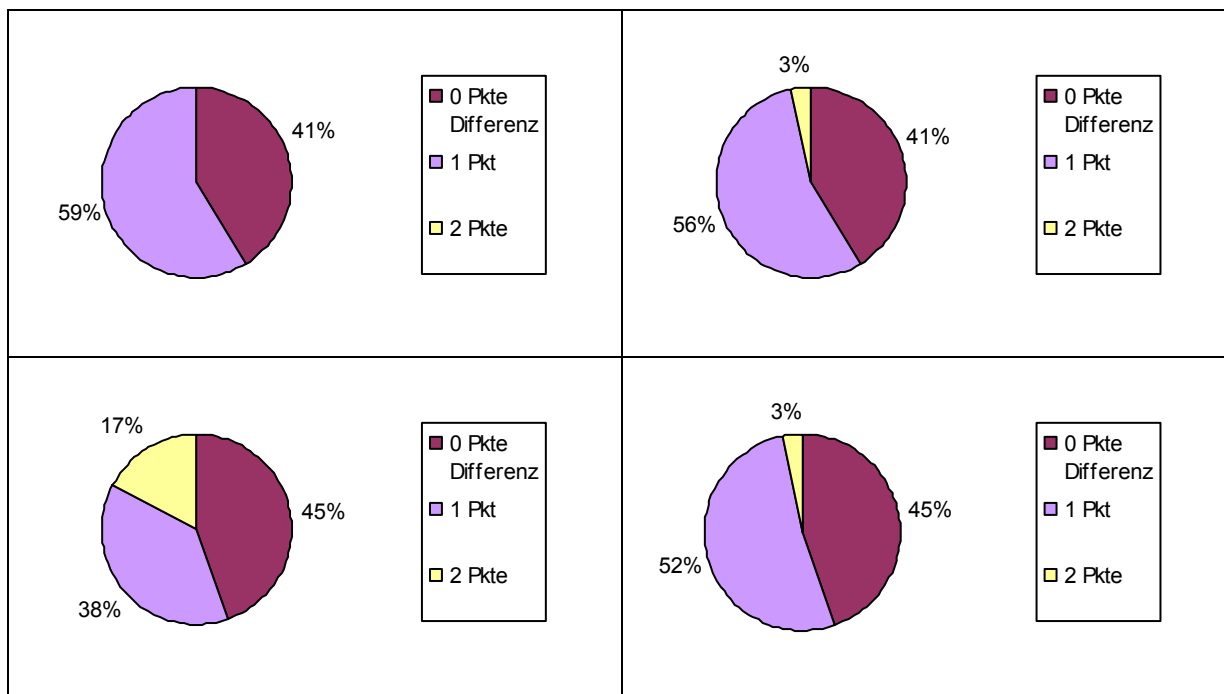
**Tabelle 12:** Sagittale Wertungen MRT-Video; Länge, Dicke, Hebung und Abstand des Velums

In der bivariaten Korrelation der Einzelwerte unter Verwendung des Gamma-Koeffizienten zeigten sich lediglich schwache bis moderate positive Zusammenhänge zwischen den MRT- und Videofluoroskopie- Ergebnissen:

	Gamma-Koeffizient	p-Wert
Länge Velum	0,53	0,075
Dicke Velum	0,23	0,424
Hebung Velum	0,56	0,009
Abstand RHW sagittal	0,23	0,441

**Tabelle 13:** Korrelation der Einzelwerte (Länge, Dicke, Hebung Velum und Abstand RHW sagittal) unter Verwendung des Gamma-Koeffizienten (= Maß für die ordinale Korrelation).

Zur Übersicht folgen auch hier Diagramme mit den Häufigkeiten der Auswertungsabweichungen zwischen den MRT- und Videoaufnahmen:



**Abbildung 40:** Abweichungen Länge des Velums MRT-Video; **Abbildung 41:** Abweichungen Dicke des Velums MRT-Video

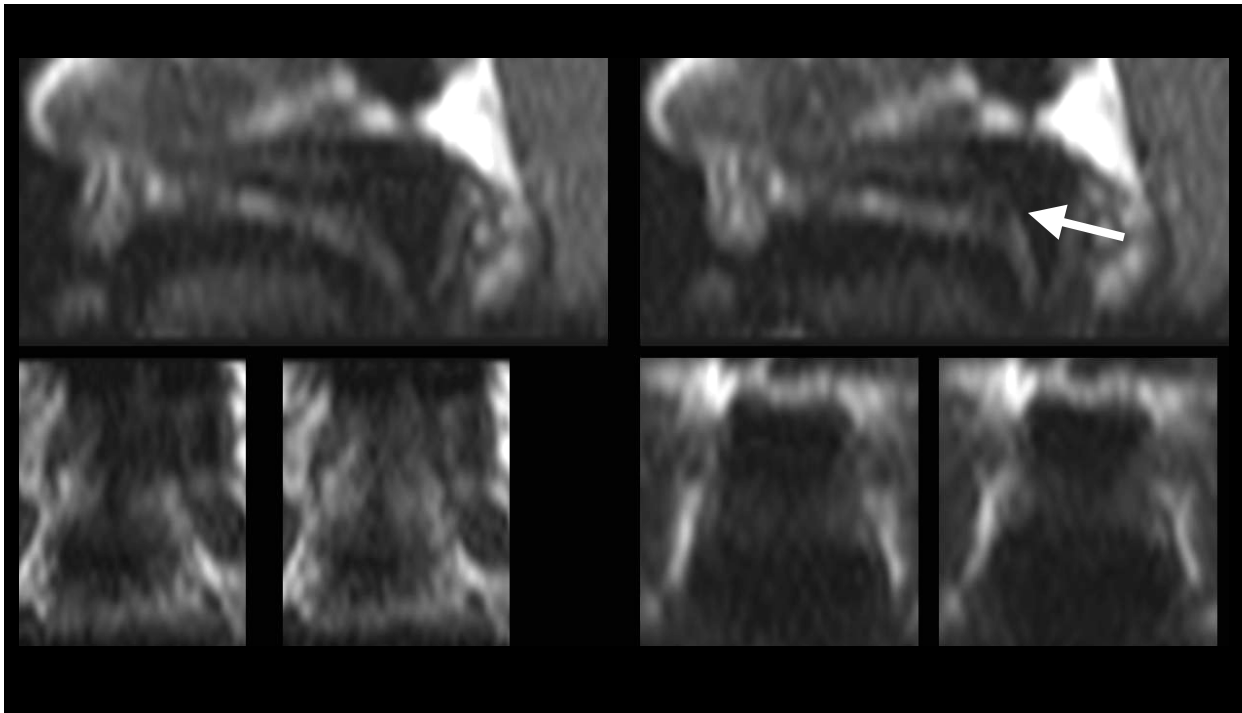
**Abbildung 42:** Abweichungen Hebung des Velums MRT-Video; **Abbildung 43:** Abweichungen Abstand zur RHW des Velums MRT-Video

Die Werte der MRT waren im Vergleich bei der Länge in 10% (3/29) der Fälle, bei der Dicke in 28% (8/29) höher gewertet worden als die der Videofluoroskopie. Umgekehrt waren in der Videofluoroskopie die gemessenen Werte der Länge in 48% (14/29) und der Dicke in 31% (9/29) der Fälle höher als beim MRT gemessen worden. Insgesamt stimmten jedoch bei beiden Auswertungen 41% (12/29) komplett überein.

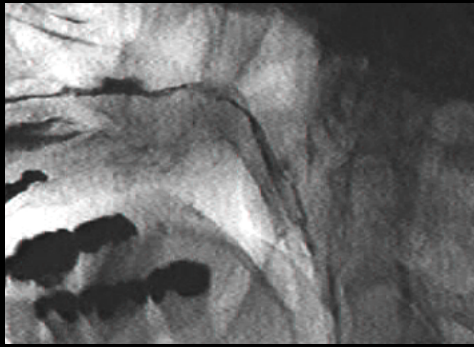
Die Werte der Kernspintomographie beim Vergleich der Velumhebung fielen bei 31% (9/29) höher aus als die der Videofluoroskopie, umgekehrt waren die des Videos bei 24% (7/29) höher als die der MRT. 45% (13/29) aller Auswertungen waren gleich.

Die MRT-Werte zur Abstandsmessung zur Rachenhinterwand waren in 24% (7/29) der Fälle höher, die Videofluoroskopie-Werte jedoch in 31% (9/29) höher als der Vergleichswert. Auch hier stimmten 45% (13/29) der Auswertungen überein.

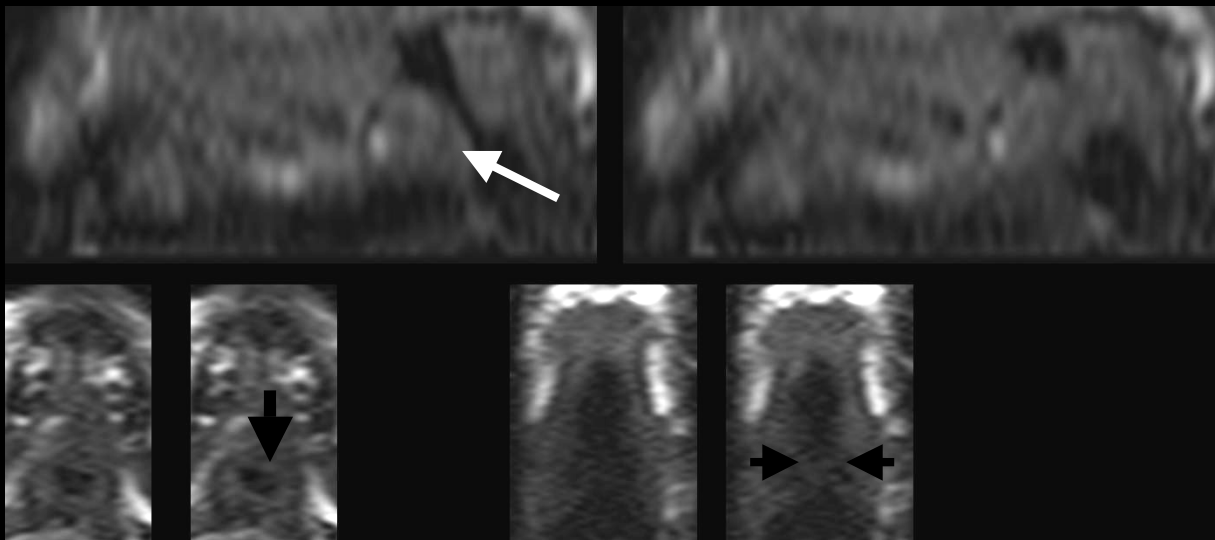
Zur exemplarischen Darstellung der Velumbewertung der Patienten folgt die kernspintomographische und videofluoroskopische Darstellung der sagittalen Bildgebung:



**Abbildung 44:** Patient 16, Echtzeit-MRT-Sequenz postoperativ in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx; Grenzwertiger velopharyngealer Verschluss mit normaler Länge, jedoch dünnen Velum, das bei Hebung die Höhe des Gaumens erreicht und in Ruhe einen normalen Abstand zur RHW aufweist, nebenbefundlich jedoch in der maximalen Annäherung trotz „Kniebildung“ (weißer Pfeil) insgesamt eine atone Bewegung zeigt, die den grenzwertigen Verschluss verursacht.



**Abbildung 45:** Patient 16, postoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahme mit KM-Gabe in maximaler Annäherung an die RHW; Grenzwertig bis insuffizienter velopharyngealer Verschluss mit normaler Länge und Dicke des Velums, das bei Hebung die Höhe des Gaumens erreicht und in Ruhe einen kurzen Abstand zur RHW aufweist, nebenbefundlich zeigt sich auch hier die atone Bewegung des Velums



**Abbildung 46:** Patient 12, Echtzeit-MRT-Sequenz postoperativ in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx; Grenzwertiger velopharyngealer Verschluss (Restöffnung schwarzer Pfeil) mit verkürzten und verdickten Velum (weißer Pfeil), das bei Hebung die Höhe des Gaumens erreicht und in Ruhe einen kurzen Abstand zur RHW aufweist, nebenbefundlich symmetrische Annäherung der pharyngealen Seitenwände in der koronaren Ebene (schwarze Pfeile).

Patient		MRT Prominenz	Video Prominenz	MRT Koordination	Video Koordination	MRT Anlage	Video Anlage	MRT Beständigkeit	Video Beständigkeit
1	Prä	4	3	2	3	5	6	2	2
4	Prä	4	4	3	3	5	4	2	2
5	Prä	1	2	2	3	3	4	1	1
11	Prä	1	1	2	2	4	4	2	2
12	Prä	1	2	2	3	3	5	1	2
18	Prä	2	4	3	3	6	6	2	2
19	Prä	2	1	3	3	6	4	2	2
20	Prä	1	1	1	3	4	5	2	2
21	Prä	2	1	1	1	1	1	1	1
24	Prä	2	2	3	3	1	3	1	1
26	Prä	2	3	3	3	5	5	2	2
2	Post	1	1	2	3	4	4	2	1
6	Post	3	1	2	1	4	3	2	1
8	Post	1	2	3	3	4	4	2	2
9	Post	1	1	2	2	3	4	1	2
10	Post	3	3	3	3	6	5	2	2
11	Post	1	3	1	3	3	4	1	1
12	Post	2	1	3	2	4	3,5	2	1
13	Post	2	2	2	3	4	5	2	2
14	Post	1	3	2	2	3	1	1	1
15	Post	2	3	2	3	4	5	1	2
16	Post	3	1	2	3	4	5	1	2
17	Post	1	1	2	1	3	1	1	1
18	Post	3	3	3	3	5	5	2	2
21	Post	1	1	2	2	2	2	1	1
23	Post	2	3	3	3	2	4	1	2
24	Post	2	2	3	3	2	2	1	1
25	Post	1	2	1	3	1	1	1	1
27	Post	1	1	2	2	1	1	1	1

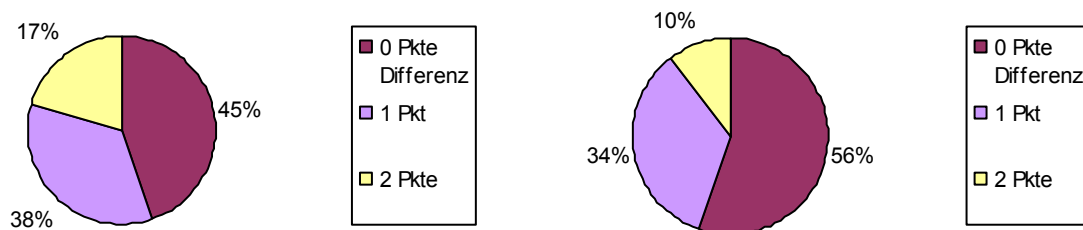
**Tabelle 14:** Sagittale Wertungen MRT-Video; Velumprominenz, Koordination der Bewegung, Anlagestrecke an RHW und Beständigkeit des Abschlusses

In der bivariaten Korrelation zeigten sich hier erneut nur moderate positive Zusammenhänge zwischen den MRT- und Videofluoroskopie- Ergebnissen, die Wertungen der Anlagestrecke konnten jedoch einen etwas vermehrten Zusammenhang der beiden Untersuchungsergebnissen dokumentieren:

	<b>Gamma-Koeffizient</b>	<b>p-Wert</b>
Prominenz	0,47	0,043
Koordination	0,51	0,075
Anlagestrecke	0,74	<0,001
Beständigkeit	0,76	0,006

**Tabelle 15:** Korrelation der Einzelwerte (Prominenz, Koordination, Anlagestrecke, Beständigkeit) unter Verwendung des Gamma-Koeffizienten (= Maß für die ordinale Korrelation).

Die Teilübereinstimmungen der einzelnen Auswertungspunkte werden im Folgenden einzeln aufgezeigt:

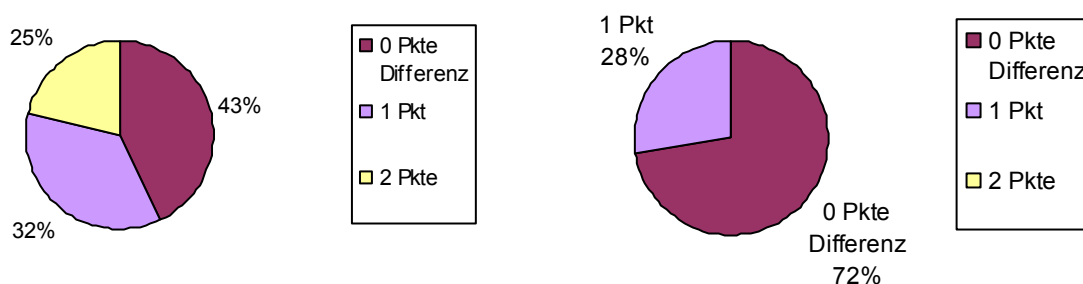


**Abbildung 47:** Abweichungen Prominenz der Velumbewegung MRT-Video

**Abbildung 48:** Abweichungen Koordination der Velumbewegung MRT-Video

Von allen Abweichungen der Prominenz in der Velumbewegung betrug die höhere Abweichung der MRT 17% (6/29), die der Videofluoroskopie 38% (10/29), Übereinstimmungen der Auswertungen traten in 45% (13/29) der Fälle ein.

In der Koordinationsbewertung wich die Wertung der Videofluoroskopie bei 35% (10/29) nach oben ab, während die MRT nur 10% (3/29) höhere Werte zeigte als das Video. 56% (16/29) der Auswertungen der Koordination waren identisch.



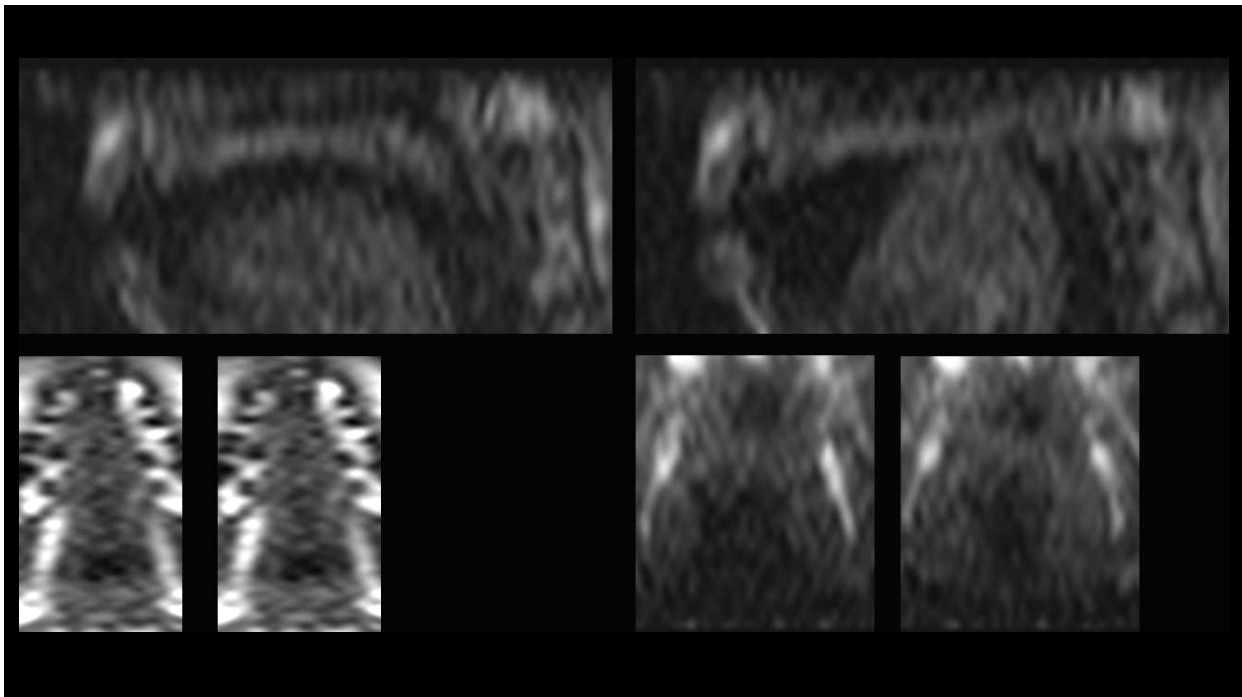
**Abbildung 49:** Abweichungen Anlagestrecke des Velums an der RHW MRT-Video

**Abbildung 50:** Abweichungen Beständigkeit des Abschlusses MRT-Video

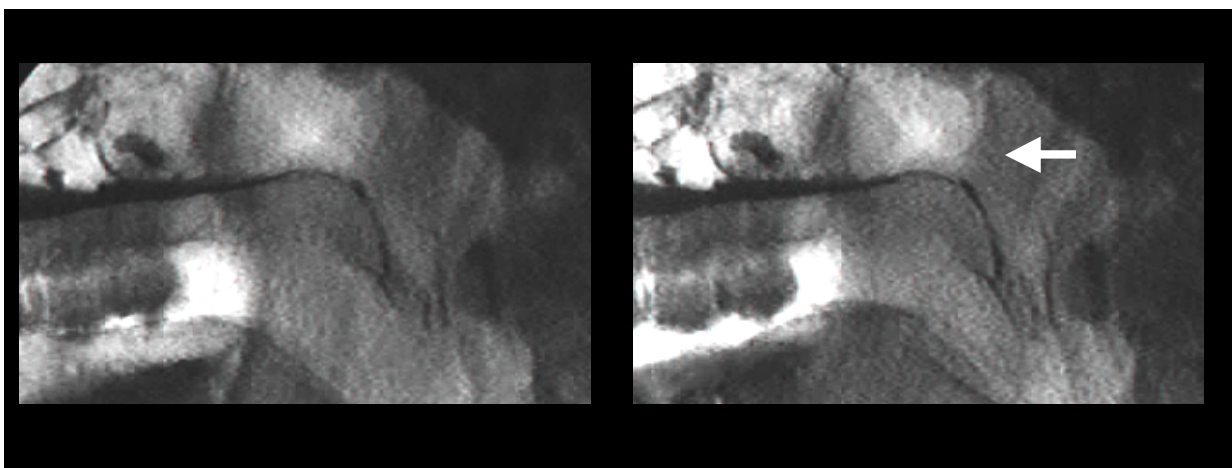
Die Wertung der Anlagestrecke kann mit 1-6 Punkten angezeigt werden, jedoch zeigten sich die Differenzwerte der beiden Untersuchungsmethoden mit maximal 2 Punkten Differenz, d.h. grundsätzlich ist eine hohe Übereinstimmung der Auswertungen zu erkennen: 43% (12/29) nominell. Die MRT zeigte bei 25% (6/29)

Auswertungen, die Videofluoroskopie bei 32% (10/29) der Auswertungen nach oben abweichende Werte.

In der Wertung der Beständigkeit des velopharyngealen Abschlusses zeigte sich die größte Übereinstimmung der Auswertung der beiden Untersuchungen: 72% (21/29). Bei den Abweichungen nach oben zeigte das MRT bei 10% (3/29), das Video bei 17% (5/29) einen höheren Wert als die Vergleichsuntersuchung.



**Abbildung 51:** Patient 18, Echtzeit-MRT-Sequenz postoperativ in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx; Kompetenter velopharyngealer Verschluss mit erkennbarer Prominenz einer koordinierten Velumbewegung mit beständiger mittleren Berührung der RHW mit freier Uvula, nebenbefundlich zeigt sich eine leichte dorsale Kompensation



**Abbildung 52:** Patient 18, postoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahme mit KM-Gabe in Entspannung und maximaler Annäherung an die RHW; Kompetenter velopharyngealer Verschluss mit erkennbarer Prominenz einer koordinierten Velumbewegung mit beständiger mittleren Berührung der RHW mit freier Uvula, nebenbefundlich zeigt sich eine leichte dorsale Kompensation (weißer Pfeil) und somit gleiche Wertung wie die kernspintomographische Aufnahme.

In der folgenden Tabelle sind die Auswertungen der Adenoide und die axialen Bilder dargestellt (soweit diese in den Videofluoroskopien möglich waren):

Patient		MRT Adenoide	Video Adenoide	MRT Gestalt axial	Video Gestalt axial	MRT Restöff. axial	Video Restöff. axial	MRT Position V. axial	Video Position V. axial
1	Prä	3	4	3	4	1	0	1	0
4	Prä	1	1	4	4	1	1	1	1
5	Prä	4	4	3	0	1	0	1	0
11	Prä	1	1	6	1	5	1	1	1
12	Prä	4	1	0	0	3	0	1	0
18	Prä	2	1	1	0	4	0	1	0
19	Prä	2	1	2	0	4	0	1	0
20	Prä	1	1	6	0	5	0	1	0
21	Prä	0	0	2	0	3	0	1	1
24	Prä	4	1	1	3	1	2	2	1
26	Prä	2	5	2	1	4	4	1	1
2	Post	1	1	2	3	4	1	1	1
6	Post	1	1	5	2	2	1	4	1
8	Post	3	0	2	0	1	4	1	1
9	Post	0	0	3	0	3	2	1	1
10	Post	1	3	3	2	4	4	1	1
11	Post	1	0	1	0	1	0	1	1
12	Post	4	0	3	1	1	1	1	1
13	Post	1	0	3	0	4	0	1	0
14	Post	0	0	2	0	1	0	1	1
15	Post	4	4	0	0	0	4	0	1
16	Post	1	0	3	2	3	4	1	1
17	Post	0	0	3	0	3	1	3	1
18	Post	2	1	2	1	4	4	1	1
21	Post	1	0	1	0	1	0	1	0
23	Post	1	0	3	2	1	0	1	0
24	Post	2	0	3	2	2	1	1	1
25	Post	1	0	1	0	1	1	1	1
27	Post	1	1	3	0	3	3	1	0

**Tabelle 16:** Adenoid- und axiale Wertungen MRT-Video; Adenoide, Verschlussgestalt, Lage der Restöffnung, Position des Velums

Hier fehlen bei den folgenden Auswertungsunterpunkten häufig in der Videofluoroskopie die entsprechenden koronaren Schnittebenen.

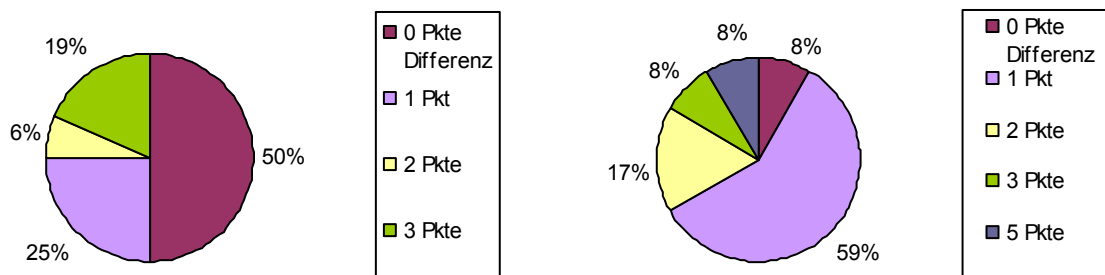
Die möglichen Teilauswertungen zeigen folgende Übereinstimmungen und Abweichungen der Werte:

	<b>Gamma-Koeffizient</b>	<b>p-Wert</b>
Adenoide	0,51	0,067
Gestalt axial	-0,02	0,953
Restöffnung axial	0,354	0,259
Position Velum axial	<i>Nicht berechenbar*</i>	<i>Nicht berechenbar*</i>

**Tabelle 17:** Korrelation der Einzelwerte (Adenoide, Gestalt Restöffnung und Position Velum axial) unter Verwendung des Gamma-Koeffizienten (= Maß für die ordinale Korrelation).

*\*keine Berechnung aufgrund konstanter Werte in der Videofluoroskopie möglich.*

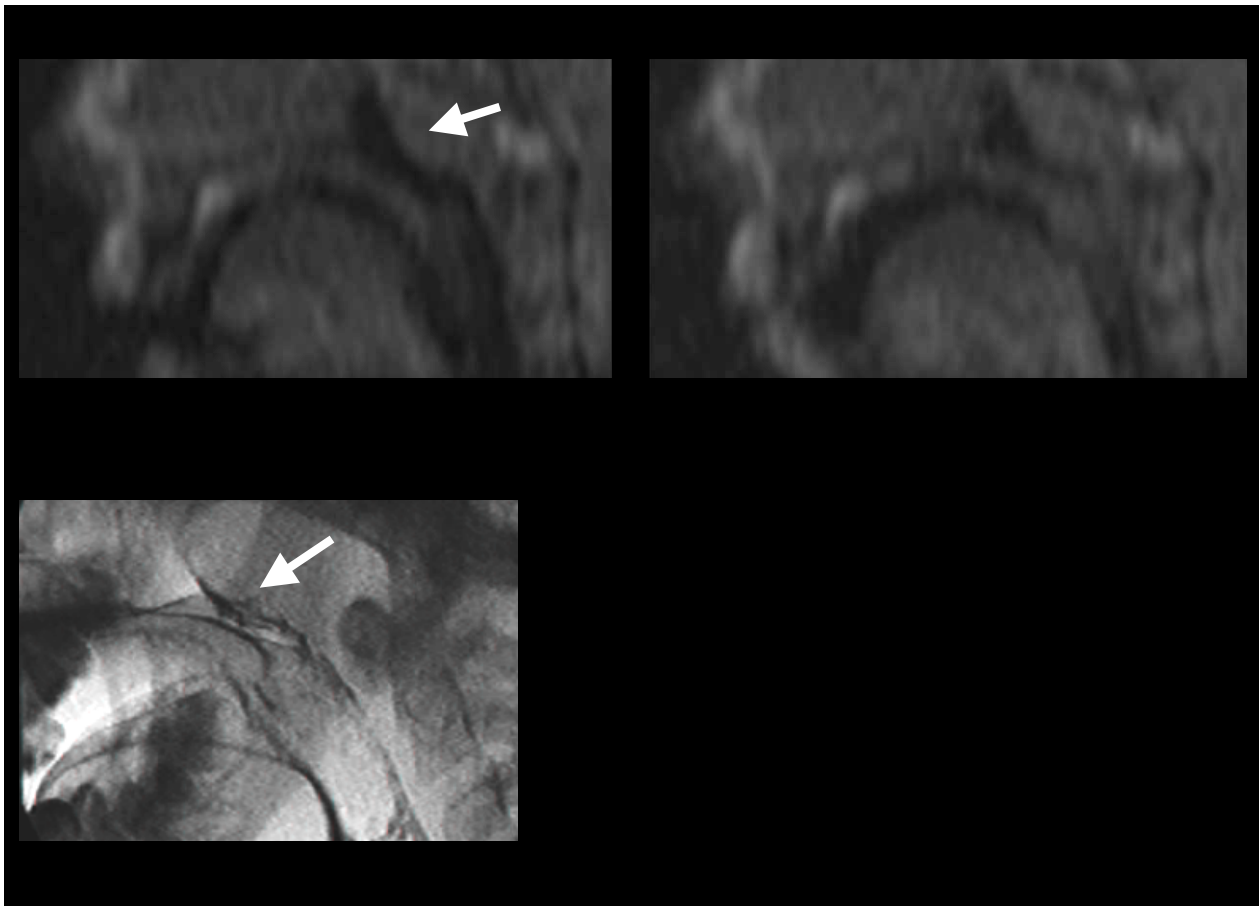
In der möglichen Berechnung der bivariaten Korrelation konnten nur fehlende und schwache positive Zusammenhänge der beiden Untersuchungsmethoden nachgewiesen werden.



**Abbildung 53:** Abweichungen Adenoide MRT-Video

**Abbildung 54:** Abweichungen Gestalt des axialen Verschlusses MRT-Video

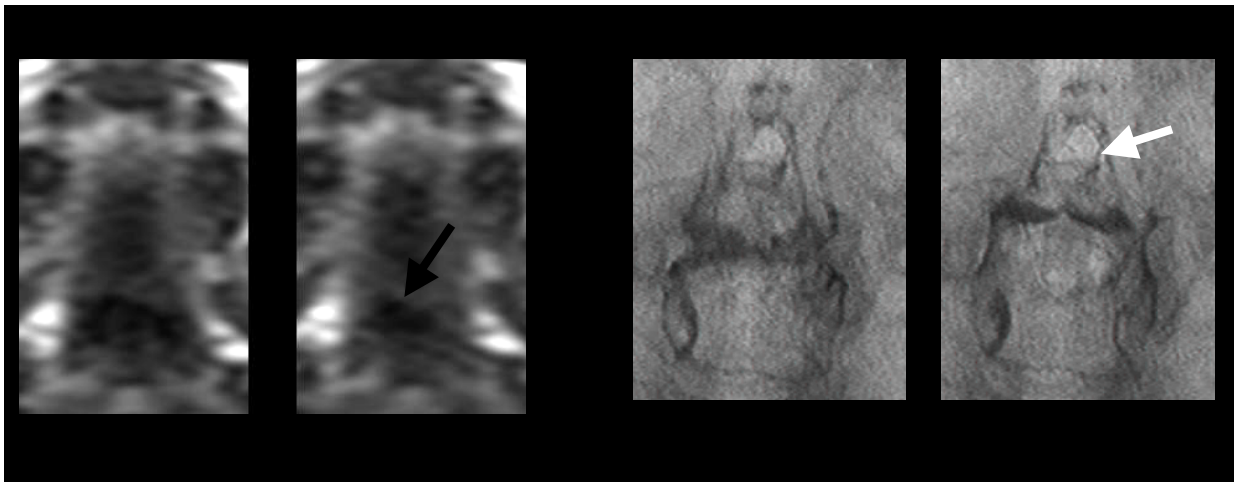




**Abbildung 55:** Patient 5, präoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler Schnittebene des Velopharynx und präoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahme mit KM in maximaler Annäherung des Velums an die Rachenhinterwand; In beiden Aufnahmen wurden Adenoide (weißer Pfeil) diagnostiziert.

Bei 50% (8/16) der Auswertungspaare zeigte sich eine gleiche Wertung der Adenoide, wenn diese durch die Schnittebenen überhaupt gezeigt werden konnten. Die MRT wurde in 31% (5/16), die Videofluoroskopie in 19% (3/16) der Fälle höher gewertet.

Die Wertung der axialen Gestalt zeigt eine grundsätzlich größere Differenz zwischen den beiden Untersuchungen, denn nur 8% der Werte (1/12) der vergleichbaren Paaren stimmten überein. Dabei wertete die MRT bei 67% (8/12), die Videofluoroskopie bei 25% (3/12) höher. Die höheren Wertungen bedeuteten im Einzelfall eine Änderung der Verschlussgestalt: Dreimal wurde ein sagittaler Videoverschluss im MRT als zirkulär, zweimal eine koronaler Videoverschluss im MRT als sagittal gewertet. Die übrigen Wertungen wurden bei zwei koronalen Video-Wertungen im MRT einmal als nach VPP nicht bewertbar gesehen oder zirkulär gesehen, in drei zirkulären Video-Wertungen (eine mit Passavantschen Wulst) je einmal im MRT als koronal, sagittal und einfach zirkulär und ein sagittaler Video-Verschluss ohne Velumbeteiligung im MRT gewertet.

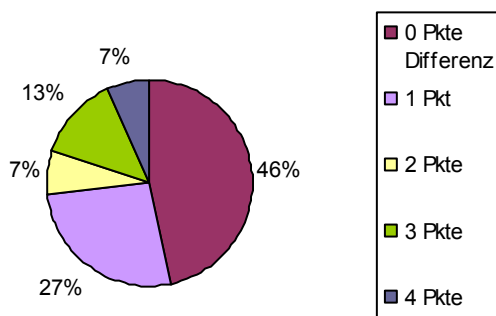


**Abbildung 56:** Patient 18, postoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in axialer Schnittebene des Velopharynx und postoperative axiale Videofluoroskopieaufnahme mit KM in maximaler Entspannung und Annäherung der pharyngealen Seitenwände an die Mittellinie und des Velums an die Rachenhinterwand: Kernspintomographisch sagittaler Verschluss (schwarzer Pfeil) ohne Restöffnung und mittigen Velum, in der Videofluoroskopie wird ein koronaler Verschluss (weißer Pfeil) ohne Restöffnung und mittigen Velum gewertet; nebenbefundlich zeigt sich eine leichte dorsale Kompensation

Anzahl	MRT	Video
2	Sagittal	Koronal
1	Z.n. VPP	Koronal
1	Zirkulär	Koronal
3	Zirkulär	Sagittal
1	Kein Velum	Sagittal
1	Koronal	Zirkulär
1	Sagittal	Zirkulär
1	Zirkulär	Zirkulär + PW
<b>Überwiegend</b>	<b>Zirkulär</b>	<b>Sagittal und koronal</b>

**Tabelle 18:** Unterschiedliche Wertungen der axialen Verschlussgestalt

Insgesamt wurde der axiale Verschluss in den Unterschieden im Video viermal sagittal oder koronal sowie dreimal zirkulär gewertet, im MRT fünfmal zirkulär und dreimal sagittal gewertet.



**Abbildung 57:** Abweichungen Lage der Restöffnung axial MRT-Video

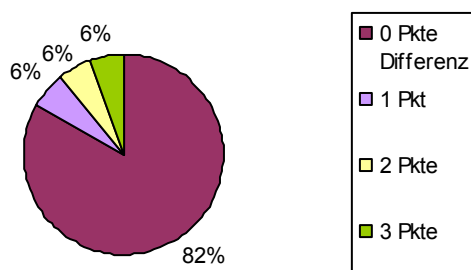
Die Lage der Restöffnung wurde bei 41% (7/17) der hier verglichenen 17 Paare gleich gewertet. In 35% (6/17) der Fälle wurde die MRT, in 18% (3/17) die Videofluoroskopie höher bewertet.

Eine höhere Bewertung bedeutet in der Lagebewertung der Restöffnung eine Verlagerung der Öffnung in der koronaren Ebene: Einmal wurde im Video eine zentrale Restöffnung gewertet, im MRT zweiseitige Restöffnungen des Velums. Zweimal wurde eine zentrale Restöffnung in der Videofluoroskopie im MRT als linksseitige Öffnung gewertet. Die übrigen 6 unterschiedlich gewerteten Restöffnungen wurden zweimal im Video zentral und im MRT als fehlend oder rechtsverlagert gesehen, zweimal im Video als fehlend und im MRT als zentral oder rechtsverlagert gewertet, in den beiden anderen Wertungen wurde linksverlagerte Video-Restöffnung im MRT als zentral oder rechtsverlagert gewertet:

Anzahl	MRT	Video
1	Links + Rechts	Zentral
2	Links	Zentral
1	Fehlend	Zentral
1	Rechts	Zentral
1	Zentral	Fehlend
1	Rechts	Fehlend
1	Zentral	Links
1	Rechts	Links
<b>Überwiegend</b>	<b>Rechts</b>	<b>Zentral</b>

**Tabelle 19:** Unterschiedliche Wertungen der axialen Lage der Restöffnung

Insgesamt wurden in den Unterschieden der axialen Restöffnungslage im MRT dreimal eine rechtsseitige Verlagerung gewertet, im Video fünfmal eine Zentrale und keine Rechtsseitige.



**Abbildung 58:** Abweichungen Position des Velums axial MRT-Video

Eine hohe Übereinstimmung bei der Wertung der Velumposition in der axialen Schnittebene: 83% (15/18). Die Unterschiede wurden hier nur in der MRT bei 17%

(3/18) höher gewertet, statistisch konnte kein Trend zur Korrelnanz nachgewiesen werden.

Die koronaren Auswertungen und die subjektiven Abschlussbeurteilungen der velopharyngealen Funktion sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Patient		MRT Kontur koronar	Video Kontur koronar	MRT Symm. Koronar	Video Symm. Koronar	MRT Mittellinie	Video Mittellinie	MRT Beurteil.	Video Beurteil.
1	Prä	1	0	1	0	100-100	0	3	4
4	Prä	0	1	1	2	75-75	75-50	3,5	2,5
5	Prä	3	3	1	1	25-25	75-75	3	3
11	Prä	1	0	1	1	75-75	25-25	3	2
12	Prä	0	2	2	1	25-50	25-25	2	4
18	Prä	2	0	1	0	75-75	0	4	4
19	Prä	1	1	1	1	100-100	0	4	3
20	Prä	1	2	1	1	25-25	25-25	2	4
21	Prä	1	2	1	1	25-25	50-50	1	1
24	Prä	3	1	1	1	25/25	75/75	2	3
26	Prä	2	2	1	1	75-75	50-50	4	4
2	Post	2	1	2	1	Links	25-25	4	3
6	Post	4	3	2	1	25-50	25-25	2	2
8	Post	0	2	1	1	0	50-50	4	4
9	Post	2	2	2	2	50-50	50-25	3	3
10	Post	2	2	1	1	50-75	100-100	4	4
11	Post	2	2	1	2	75-75	50-25	2	3
12	Post	1	1	1	1	25-25	25-25	3	3
13	Post	4	2	1	1	25-25	75-75	3	4
14	Post	0	2	1	1	25-25	25-25	2	1
15	Post	0	2	0	1	0	50-50	3	4
16	Post	2	2	2	1	25-25	50-50	3	3,5
17	Post	2	3	2	1	25-25	25-25	3	1
18	Post	1	2	1	1	50-50	50-50	4	4
21	Post	3	0	2	0	25/50	0	2	2
23	Post	1	2	1	1	75-75	25-25	2	3
24	Post	1	2	2	1	75-50	25-25	2	2
25	Post	1	1	1	1	25-25	25-25	1	1
27	Post	1	4	1	1	25-25	25-25	1	1

**Tabelle 20:** Koronare Wertungen MRT-Video; Kontur Rachenbewegung, Symmetrie, Ausmaß der Bewegung relativ zur Mittellinie, Abschlussbeurteilung

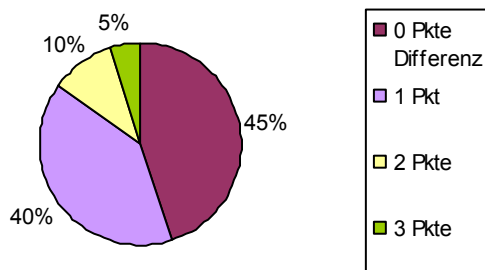
	<b>Gamma-Koeffizient</b>	<b>p-Wert</b>
Kontur koronar	0,326	0,302
Symmetrie koronar	0,143	0,834
Mittellinienannäherung	Nicht berechenbar*	Nicht berechenbar*
Abschlussbeurteilung	0,675	<0,001

**Tabelle 21:** Korrelation der Einzelwerte (Kontur, Symmetrie, Mittellinienannäherung koronar und Abschlussbeurteilung) unter Verwendung des Gamma-Koeffizienten (= Maß für die ordinale Korrelation).

\*Durch heterogene Ausprägungen ist keine Berechnung der Mittellinienannäherung möglich.

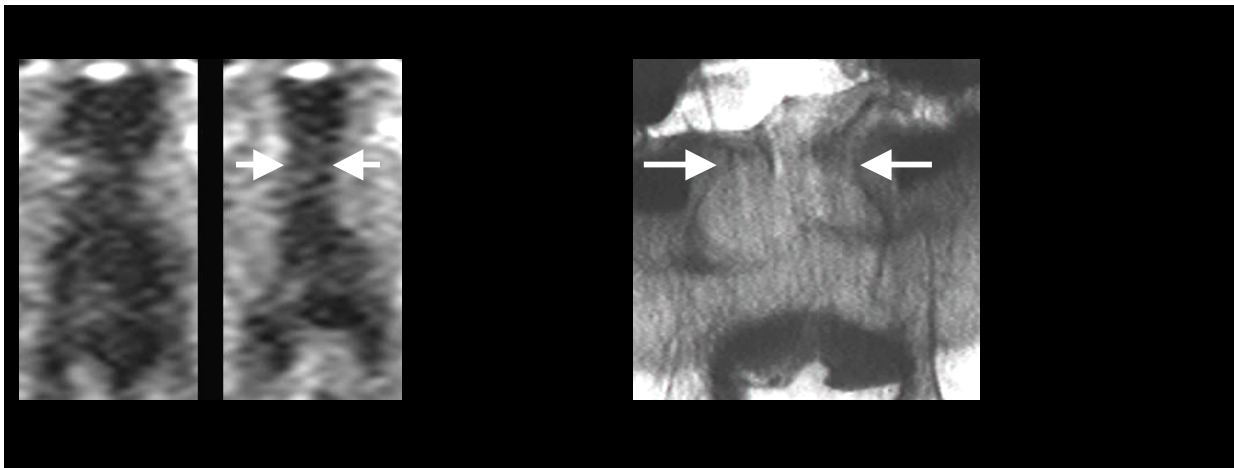
In der möglichen Berechnung der bivariaten Korrelation der Einzelwerte unter Verwendung des Gamma-Koeffizienten zeigten sich erneut nur schwache bis moderate positive Zusammenhänge der Ergebnissen.

Die koronaren Auswertungen werden im Folgenden noch einmal nach Übereinstimmungen der MRT und Videofluoroskopie gezeigt:



**Abbildung 59:** Abweichungen Kontur der seitlichen Bewegung koronar MRT-Video

Die Übereinstimmung der Werte konnte hier bei 45% (9/21) der Vergleichspaare erreicht werden. Die MRT-Werte übertrafen die Video-Vergleichswerte bei 20% (4/21) der Paare, umgekehrt übertrafen die Video-Werte den Vergleichs-MRT-Wert bei 35% (7/21). Diese Punktwertungen bedeuten in der Kontur: Fünfmal wurde eine ballonförmige Video-Wertung im MRT als shelf gewertet. Die übrigen Wertungen zeigten in einer weiteren Ballonwertung im Video eine irreguläre MRT-Wertung, in zwei shelfförmigen Video-Wertung eine ballon- oder vertikalförmige MRT-Wertung, in zwei vertikalen Wertungen der Videofluoroskopie eine ballon- und eine irregulärförmige MRT-Wertung und eine irreguläre Video-Wertung wurde in der MRT-Untersuchung als shelfförmig gesehen.

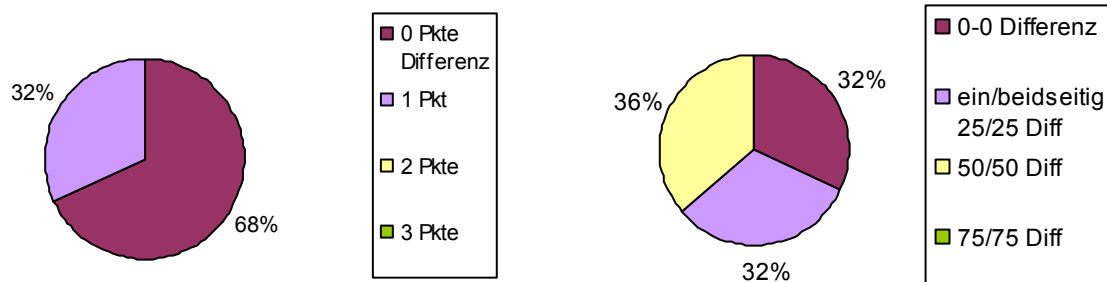


**Abbildung 60:** Patient 25, postoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in koronarer Schnittebene des Velopharynx und postoperative koronare Videofluoroskopieaufnahme mit KM in maximaler Annäherung der pharyngealen Seitenwände an die Mittellinie: Kernspintomographisch und in der Videofluoroskopie wird die koronare Kontur als shelfförmig (weiße Pfeile), symmetrisch mit einer Annäherung der Seitenwände von 25% an die Mittellinie gewertet; nebenbefundlich kernspintomographische Wertung Insuffizienz, videofluoroskopisch klaffend insuffizient.

Anzahl	MRT	Video
5	Shelf	Ballon
1	Irregulär	Ballon
1	Ballon	Shelf
1	Vertikal	Shelf
1	Ballon	Vertikal
1	Irregulär	Vertikal
1	Shelf	Irregulär
<b>Überwiegend</b>	<b>Shelf</b>	<b>Ballon</b>

**Tabelle 22:** Unterschiedliche Wertungen der koronaren Kontur

In der Übersicht wurden die MRT-Untersuchungen überwiegend shelfförmig und die Videofluoroskopien als ballonförmig gesehen.

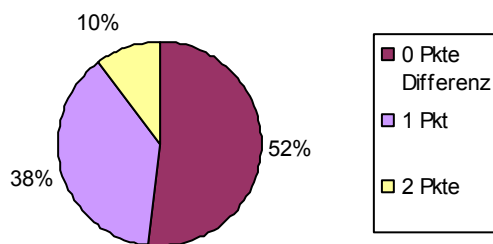


**Abbildung 61:** Abweichungen Symmetrie der Seitenwandbewegung koronar MRT-Video

**Abbildung 62:** Abweichungen Mittellinienannäherung koronar MRT-Video

Zur Symmetrie wurden 68% (17/25) der vergleichbaren Untersuchungen gleich bewertet. Die Unterschiede wurden durch 24% (6/25) höhere Wertungen im MRT und 8% (2/25) Höhere im Video gezeigt.

Die komplette Übereinstimmung der Mittellinienübereinstimmung wurde bei 32% (7/22) der Vergleichspaare erreicht. Die Differenzierung der Unterschiede wird hier dargestellt in der Differenz zum Vergleichswert ein- oder beidseitig, also bei einem Wert von 25/25 und 25/50 wäre die Differenz 0/25, das Paar wird dem ersten Differenzintervall zugerechnet. So erreicht die MRT-Untersuchung bei ebenfalls 32% (7/22) und die Videofluoroskopie-Untersuchung bei 36% (8/22) eine erhöhte Differenz.



**Abbildung 63:** Abweichungen subjektive Gesamtbeurteilung MRT-Video

Die subjektive Abschlussbeurteilung der velopharyngealen Funktion wurde bei 52% (15/29) der Paare gleich angegeben. Eine geringe Differenz von nur einem Wertungspunkt zeigten weitere 38% (11/29). Werden diese beiden Werte miteinander addiert, so wurden 90% der Abschlussbeurteilungen in etwa gleich gewertet. Insgesamt wurden in den MRT-Untersuchungen 21% (6/29) und in den Videofluoroskopie-Untersuchungen 28% (8/29) höher als die Vergleichsuntersuchung gewertet. Die subjektive Abschlussbeurteilung der beiden Untersuchungsmethoden konnte in der statistischen Auswertung (s.o.) nur einen moderaten Trend zum positiven Zusammenhang zeigen.

In der genaueren Differenzierung zeigt sich folgendes Bild:

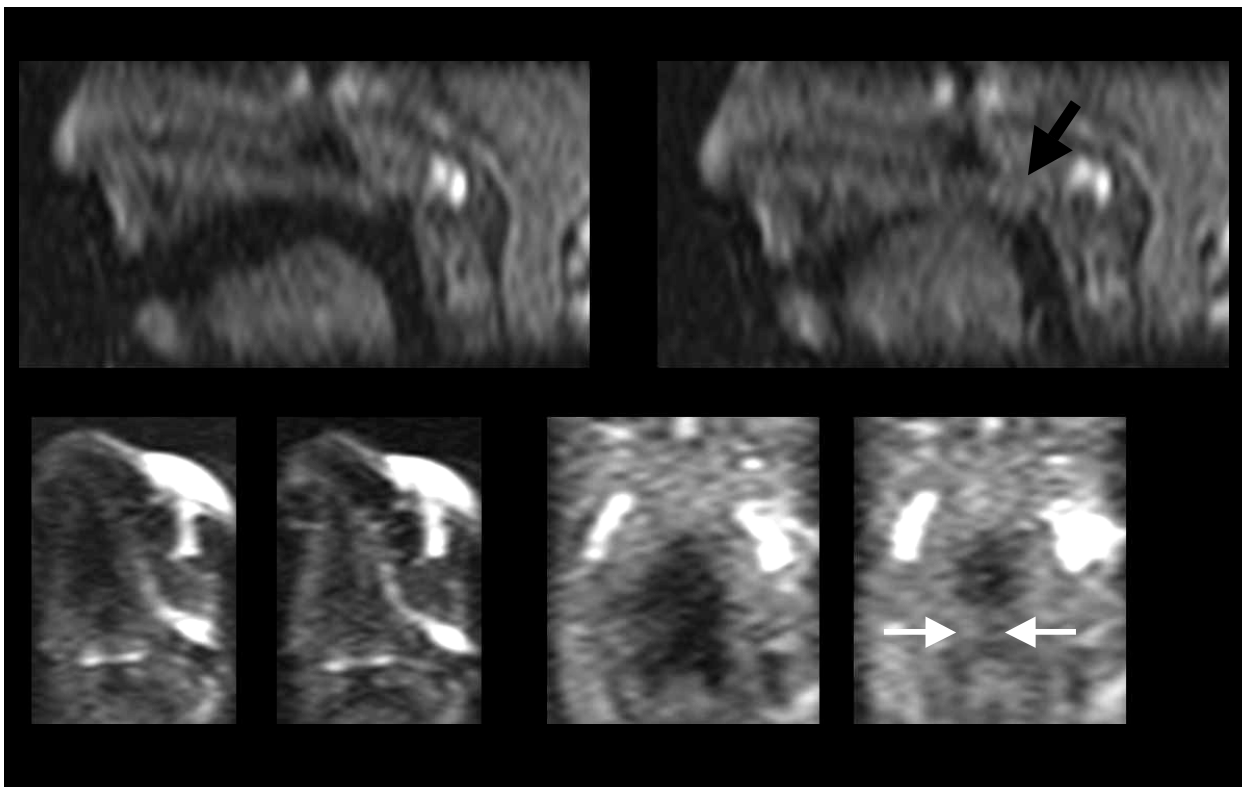
Anzahl	MRT	Video
3	Grenzwertig	Kompetent
3	Insuffizient	Grenzwertig
2	Insuffizient	Kompetent
2	Kompetent	Grenzwertig
2	Grenzwertig	Insuffizient
1	Grenzwertig	Dtl. Insuffizient
1	Insuffizient	Dtl. Insuffizient
<b>Überwiegend</b>	<b>Insuffizient + Grenzwertig (jeweils 6)</b>	<b>Grenzwertig + Kompetent (jeweils 5)</b>

**Tabelle 23:** Unterschiedliche Wertungen der subjektiven Gesamtwertung

Am ähnlichsten wären die Wertungen der Insuffizienz und der deutlichen Insuffizienz zu sehen, in diesem Bereich wurde nur eine Entscheidung im MRT etwas besser als in der Videofluoroskopie gewertet. Deutlich ist jedoch die Entwicklung zu sehen, die sich auch in der überwiegenden Wertung zeigt: Achtmal (57%, 8/14) wurde eine Videowertung in der MRT-Wertung geringer bewertet, davon zweimal mit 2 Punkten Differenz: Zwei kompetente Videowertungen wurden als insuffizient in der MRT-Untersuchungen gewertet. Im Gegensatz dazu wurden sechs kernspintomographische Wertungen (davon 50%, 3/6, grenzwertig) in der Videofluoroskopie mit einer Differenz um einen Wertungspunkt beurteilt.

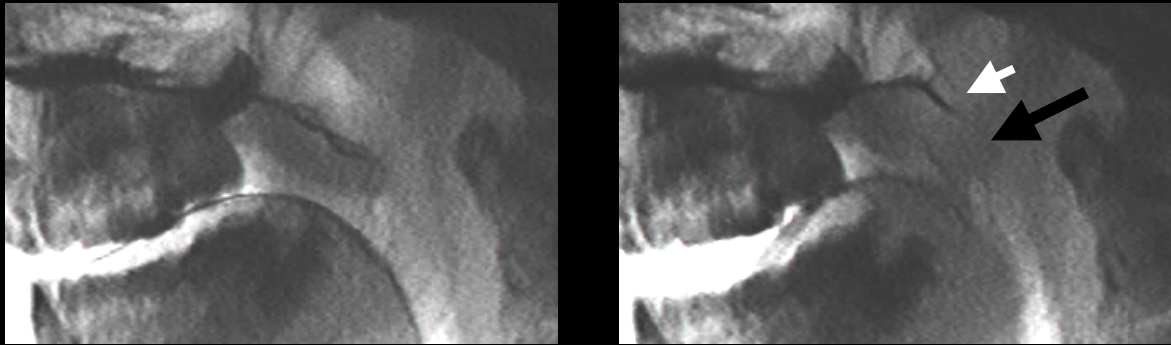
Von 14 als grenzwertig gewerteten Verschlüssen wurden 11 Wertungen (79%) in der jeweils anderen Untersuchungsmethode anders gewertet: Kernspintomographisch grenzwertige Befunde wurden in der Videofluoroskopie zu 50% (3/6) als kompetent also besser und zu 33% (2/6) bzw. 17% (1/6) als insuffizient bzw. deutlich insuffizient und damit schlechter gewertet. Videofluoroskopisch grenzwertige Befunde wurden kernspintomographisch zu 60% (3/5) als insuffizient schlechter und zu 40% (2/5) als kompetent besser gewertet.

Zusammengefasst wurden in den unterschiedlich gewerteten subjektiven Gesamtwertungen im Video etwas höhere Wertungen gegeben.

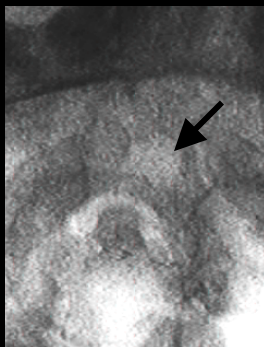


**Abbildung 64:** Patient 8, postoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx; Kompetenter velopharyngealer Verschluss (schwarzer Pfeil) mit seitlicher Kompensation (weiße Pfeile) und dadurch axial kompetenten Verschluss.





**Abbildung 65:** Patient 8, postoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahme mit KM-Gabe in maximaler Entspannung und maximaler Annäherung des Velums an die RHW; Kompetenter velopharyngealer Verschluss (schwarzer Pfeil), nebenbefundlich zeigt sich eine dorsale Kompensation mit PW (weißer Pfeil).



**Abbildung 66:** Patient 8, postoperative axiale Videofluoroskopieaufnahme mit KM-Gabe; Kompetenter velopharyngealer Verschluss, in der videofluoroskopischen Aufnahme bleibt bei maximaler Annäherung in der axialen Ebene eine Restöffnung (schwarzer Pfeil).

## Passavantscher Wulst

Eine weitere wichtige Wertung war neben den gezeigten Einzelpunkten auch die Existenz des bereits beschriebenen Passavantschen Wulstes. Dieser wurde in den unterschiedlichen Untersuchungen als Nebenpunkt notiert und kann so als zusätzliche Komponente des velopharyngealen Abschlusses herangezogen werden:

Patient	OP	MRT prä Unters.	MRT prä	Video prä	MRT post	Video post
2	+	-	1	2	2	2
4	-	+	1	2	1	1
8	+	-	1	1	1	2
11	+	+	1	2	2	2
13	+	-	1	2	1	1
14	+	-	1	2	2	1
15	+	-	1	2	1	1
17	+	-	1	2	2	1
18	+	+	2	2	1	1
19	-	+	1	2	1	1
21	+	+	1	1	2	2
23	+	-	1	1	2	1
24	+	-	1	2	1	1

**Tabelle 24:** Patienten mit PW mit Angabe der durchgeführten Levatorplastik (1 = kein PW, 2 = PW)

Insgesamt wurde bei 13 der 26 Patienten in einer oder mehreren Untersuchungen prä- oder postoperativ ein Passavantscher Wulst diagnostiziert. Von diesen 13 Fällen wurden bereits insgesamt 10 (77%) präoperativ, 3 postoperativ diagnostiziert. Zusätzlich sollte erwähnt werden, dass in den hier gezeigten 13 Fällen lediglich 5 eine präoperative MRT-Untersuchung erhielten (siehe Tabelle „MRT prä Unters.“) und in einer dieser Untersuchungen (siehe Tabelle „MRT prä“; 20%; 1/5) die Diagnose eines Passavantschen Wulstes der präoperativen Videofluoroskopie bestätigt wurde.

Im McNemar Test zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede in der MRT- und Videobeurteilung präoperativ von  $p = 0,004$ , während die postoperative Wertung mit  $p = 0,63$  keinen signifikanten Unterschied nachweisen konnte.

Von den 13 Patienten mit prä- oder postoperativ diagnostizierten Wulst wurden 11 einer Levatorplastik unterzogen und zeigten in 70% (7/10) wieder oder neu eine Wulstbildung der dorsalen pharyngealen Wand. Postoperativ wiederholte sich der Passavantsche Wulst in nur 4 der 10 präoperativ gezeigten Diagnosen.

In der Videofluoroskopie konnten alle 10 der präoperativ gezeigten Passavantschen Wulste dargestellt werden, eine davon auch durch die MRT-Untersuchung. Die 7 postoperativen Diagnosen wurden in 3 Fällen (50%, 3/6) durch Videofluoroskopie und MRT gemeinsam gezeigt, in 3 Fällen nur im MRT und in einem Fall nur in der Videofluoroskopie. Von den postoperativen 7 Diagnosen waren bereits 4 präoperativ gezeigt worden (57%), die übrigen 3 wurden jeweils einmal nur im MRT, in der Videofluoroskopie und in beiden Untersuchungen gezeigt.

Zusatzbemerkungen zu diesen neuen postoperativen Ergebnissen:

- Patient Nr. 8: lediglich leichte dorsale Kompensation postoperativ in der Videofluoroskopie.
- Patient Nr. 21: lediglich leichte dorsale Kompensation postoperativ in der Videofluoroskopie und MRT-Untersuchung.
- Patient Nr. 23: großer zeitlicher Abstand zwischen zuerst postoperativ durchgeführter Videofluoroskopie (6 Monate postoperativ) und MRT-Untersuchung (30 Monate postoperativ) aufgrund eines Auslandsaufenthaltes des Patienten.

Die weiteren Ergebnisse der Beurteilung des Passavantschen Wulstes folgen im Teil der prä- und postoperativen Daten.

## Daten prä-& postoperativ

Die Effizienz der Levatorplastik wird durch Vergleiche der prä- und postoperativen Untersuchungen dargestellt. Das bedeutet, die Videos oder die MRTs eines Patienten, das prä- und postoperative, werden miteinander verglichen. Es werden hier nur gleiche Arten der radiologischen Darstellung miteinander verglichen, um Veränderungen, die untersuchungsbedingt sein können, nicht mit OP-bedingten Veränderungen zu verwechseln. Als Goldstandard wird z. Z. die Videofluoroskopie angesehen. Die zusätzlichen Echtzeit-MRT-Untersuchungen sollen weitere Informationen durch die Weichteildarstellung und für den Patienten bequemere Ebenanwahl bringen.

Die folgenden Werte der Videofluoroskopie zeigen, dass die Levatorplastik in 47% (8/17) der Fälle zu einer verbesserten Gesamtwertung in dieser Untersuchungsart führte, in 6% (1/17) zu keiner Änderung und in ebenfalls 47% (8/17) zu einer Verschlechterung führte.

## Daten der Videofluoroskopie

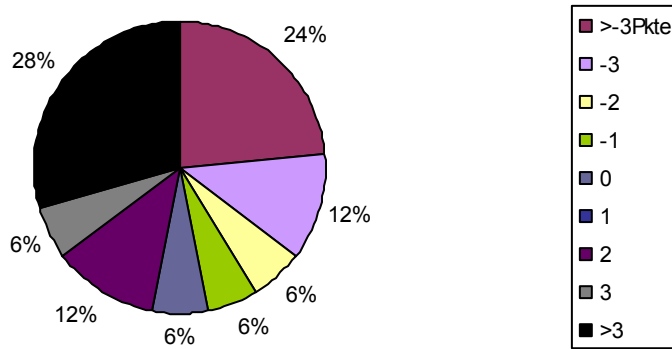
Zunächst eine Gegenüberstellung der objektiven Gesamtwertungen der Videoauswertungen:

Patient	Diagnose	Gaumenplastik (Lebensmonat)	Levatorplastik (Lebensmonat)	PräOP Video	PostOP Video
2	2	11.	136.	13	13
5	2	12.	85.	15	9
6	3	20.	345.	7	9
8	3	10.	66.	7	16
9	3	18.	119.	9	12
11	3	22.	269.	13	17
12	3	24.	502.	17	10,5
13	3	24.	285.	9,5	17
14	2	60.	112.	9	11
15	3	12.	71.	13	19
16	3	36.	594.	8	15
17	3	18.	269.	12	8
18	3	23.	231.	22	19
21	2	69.	81.	7	9
23	3	4.	255.	15	12
24	3	22.	142.	13	12
25	3	22.	379.	17	13

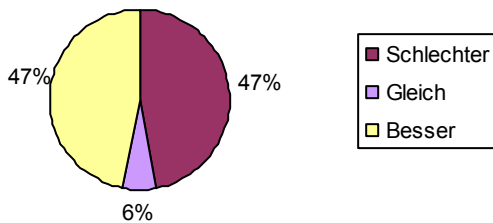
**Tabelle 25:** Gesamtauswertungen Video prä- und postoperativ

Die statistische Auswertung der Gesamtwertungen konnte mit einer mittleren Differenz von 0,88 Bewertungspunkten (Stabw. = 4,8) keine signifikante Änderung in der postoperativen Videobeurteilung ausgemacht werden ( $p = 0,46$ ).

In den folgen Grafiken werden die Punktdifferenzen und Wertungsveränderungen der prä- und postoperativen Gesamtwertung und damit ein fast ausgeglichenes Verhältnis der Positiv- und Negativ-Veränderungen dargestellt:



**Abbildung 67:** Differenzen zwischen prä- und postoperativer Video-Untersuchung



**Abbildung 68:** Veränderungen zwischen prä- und postoperativer Video-Untersuchung

Um weitere Einzelheiten zu erfahren, wurden die einzelnen Auswertungen der velopharyngealen Kompetenz wie bei den Vergleichen der MRT- und Video-Untersuchung gegenüber gestellt.

Patient	Prä-Video Länge Velum	Post-Video Länge Velum	Prä-Video Dicke Velum	Post-Video Dicke Velum	Prä-Video Hebung Velum	Post-Video Hebung Velum	Prä-Video Abstand RHW sagittal	Post-Video Abstand RHW sagittal
2	1	2	1	2	2	1	3	2
5	2	2	2	2	3	1	1	2
6	1	2	1	2	2	1	3	1
8	2	2	3	2	1	3	3	1
9	1	2	3	2	1	1	3	2
11	1	2	1	2	3	4	1	2
12	2	2	2	2	3	1	2	2
13	2	2	2	2	1	3	2	1
14	1	1	2	3	1	3	3	2
15	3	3	3	3	2	3	2	2
16	1	1	1	2	1	3	3	1
17	1	1	2	2	1	3	2	2

18	3	2	3	2	4	4	2	2
21	2	1	2	3	1	2	2	3
23	2	1,5	3	2	4	3	2	1
24	2	1	1	3	2	3	3	2
25	3	3	2	1	3	3	2	3

**Tabelle 26:** Wertungen Prä- und Post-Video; Länge, Dicke, Hebung und Abstand des Velums

Für keine der hier betrachteten Kriterien konnte eine signifikante Änderung von prä- zu postoperativen Wertungen im Wilcoxon-Test festgestellt werden:

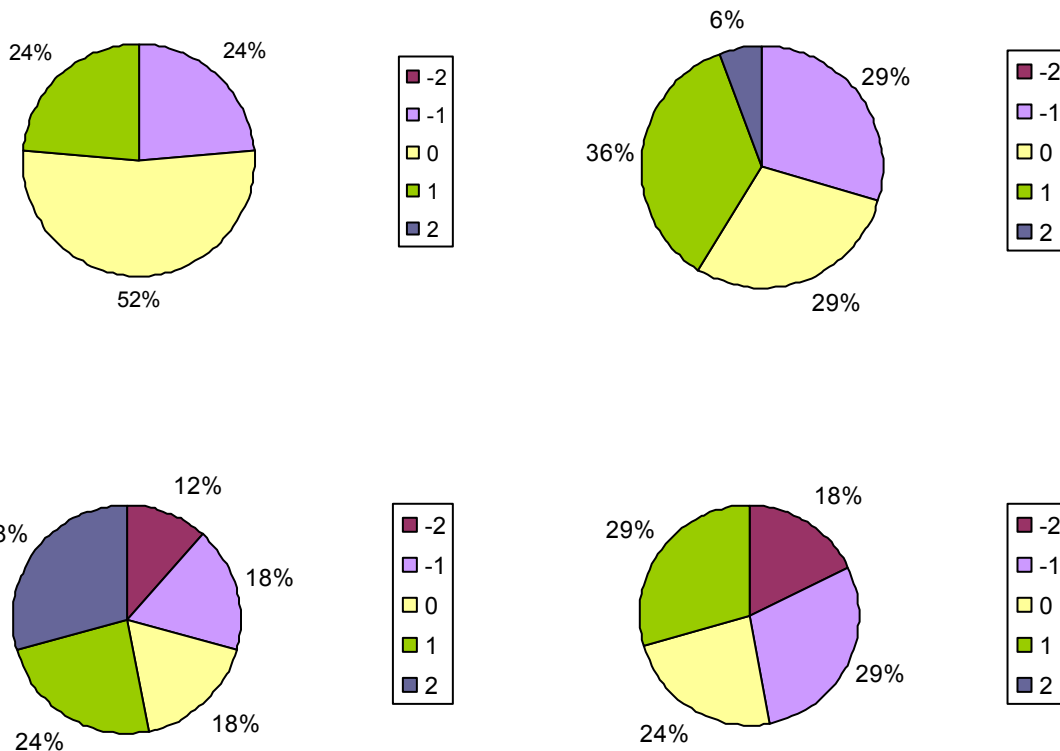
	Post-Video Länge - Prä-Video Länge	Post-Video Dicke - Prä-Video Dicke	Post-VideoHebung - Prä-Video Hebung	Post-Video Abstand - Prä-Video Abstand
<b>Asymptotische Signifikanz (2- seitig)</b>	,763	,439	,232	,083

**Tabelle 27:** Wilcoxon-Test zur prä- und postoperativen Wertung von Länge, Dicke, Hebung und Abstand des Velums

In den einzelnen Untersuchungsdaten zeigten die Video-Untersuchungen, dass 52% (9/17) der Patienten keine Änderung der Velumlänge und 29% (5/17) keine Änderung der Velumdicke durch die Levatorplastik erfuhren. Der Abstand des Velums in Ruhe zur Rachenhinterwand wurde bei 24% (4/17) durch die Operation nicht verändert.

Die deutlichste Veränderung zeigte die Hebung des Velums relativ zum harten Gaumen, hier blieben nur 18% (3/17) der Patienten bei ihrem Ergebnis, während insgesamt 52% (9/17) eine bessere postoperative Hebung zeigten.

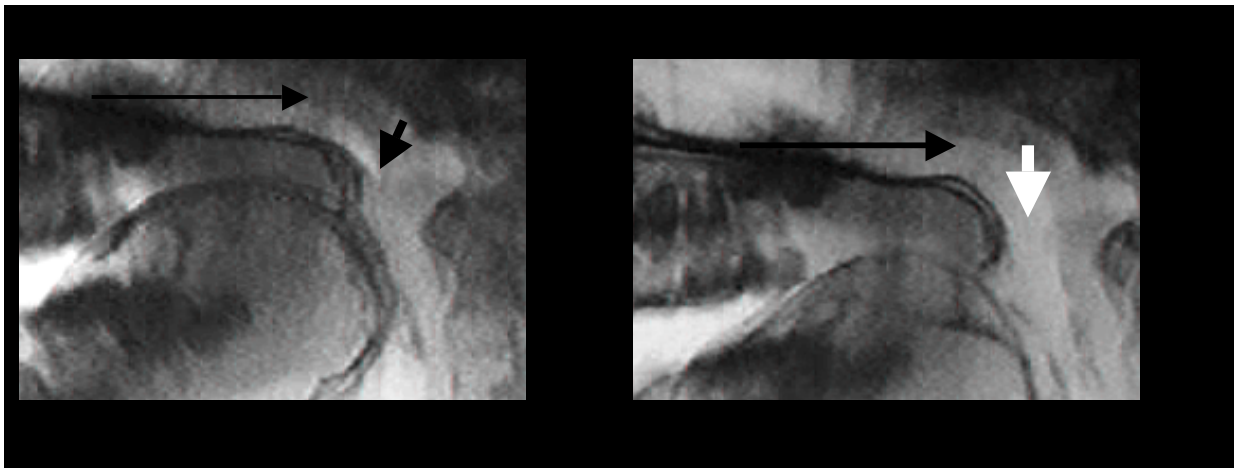
Die Wertungen der Velumlänge zeigten, dass gleich viele Patienten entweder eine Verlängerung (24%, 4/17) oder eine Verkürzung (24%, 4/17) durch die Levatorplastik erfahren haben, während etwa die Hälfte aller Patienten (52%, 9/17) ein gleiches Ergebnis zeigten wie vor der Levatorplastik. Die Dicke des Velums zeigte sich bei 29% (5/17) nach der Levatorplastik dicker als in der Voruntersuchung. Bei insgesamt 42% (7/17) der Patienten zeigte sich in der Videofluoroskopie ein schmäleres Velum als vor der Operation.



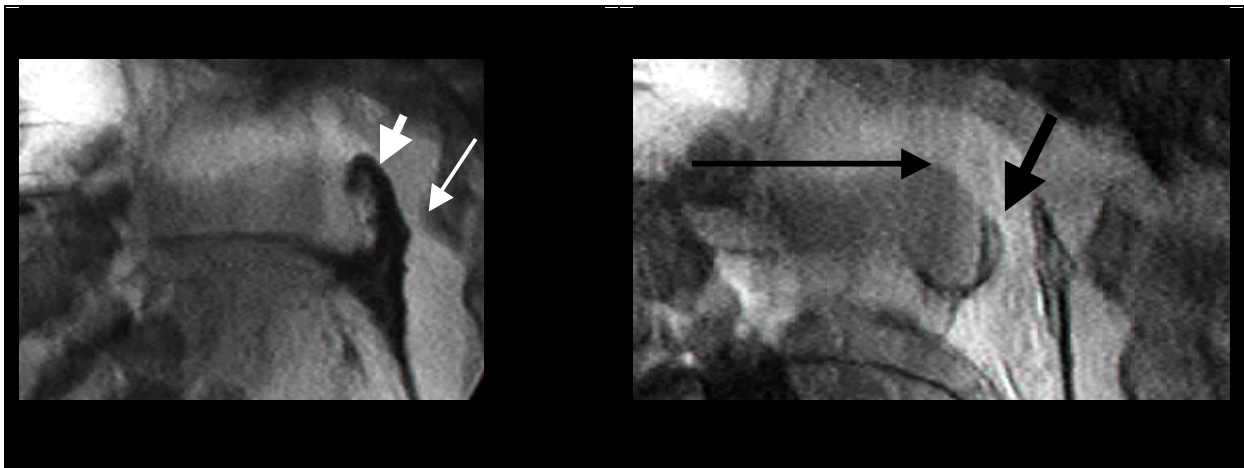
**Abbildung 69:** Differenz der Prä- und Post-Videoewertungen der Länge des Velums; **Abbildung 70:** Differenz der Prä- und Post-Videoewertungen der Dicke des Velums

**Abbildung 71:** Differenz der Prä- und Post-Videoewertungen der Hebung des Velums; **Abbildung 72:** Differenz der Prä- und Post-Videoewertungen des Abstandes des Velums zur RHW

Die Hebung des Velums zeigte postoperativ durchschnittlich eine Verbesserung: Während insgesamt 30% (5/17) der Patienten ein schlechteres Ergebnis erzielten, blieben 18% (3/17) gleich und 52% (9/17) zeigten eine verbesserte, also höhere Hebung des Velums im Vergleich zum harten Gaumen nach der Operation. Die Messung des Velumabstands zur Rachenhinterwand in Ruhe wurde hingegen bei insgesamt 47% (8/17) der Patienten größer (also schlechter) als präoperativ eingestuft, 24% (4/17) hielten ihren Vorwert und nur 29% (5/17) konnten den Abstand durch die Operation verkürzen und somit verbessern.



**Abbildung 73:** Patient 14, präoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahme mit KM-Gabe in maximaler Annäherung des Velums an die RHW; Wechselnd kompetenter (schwarzer Pfeil) bis insuffizienter (weißer Pfeil) velopharyngealer Verschluss mit verkürzten Velum mit normaler Dicke, das bei Hebung die Höhe des Gaumens (dünner schwarzer Pfeil) nicht erreicht und in Ruhe einen weiten Abstand zur RHW aufweist.



**Abbildung 74:** Patient 14, postoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahme mit KM-Gabe während des Schluckaktes mit nasaler Penetration des KMs (weißer Pfeil) und in maximaler Annäherung des Velums an die RHW; Deutlich insuffizienter (schwarzer Pfeil) velopharyngealer Verschluss mit verkürzten und verdickten Velum, das bei Hebung die Höhe des Gaumens nun erreicht (dünner schwarzer Pfeil) und in Ruhe einen normalen Abstand zur RHW aufweist, nebenbefundlich im Schluckakt angedeutete beginnende dorsale Kompensation (dünner weißer Pfeil).



Patient	Prä-Video Prominenz Velum	Post-Video Prominenz Velum	Prä-Video Koordination	Post-Video Koordination	Prä-Video Anlage	Post-Video Anlage	Prä-Video Beständigkeit	Post-Video Beständigkeit
2	3	1	3	3	3	4	1	1
5	2	2	3	2	4	1	1	1
6	1	1	1	1	1	3	1	1
8	1	2	1	3	1	4	1	2
9	1	1	2	2	3	4	1	2
11	1	3	2	3	4	4	2	1
12	2	1	3	2	5	3,5	2	1
13	1	2	2	3	3	5	2	2
14	3	3	3	2	1	1	1	1
15	1	3	2	3	4	5	1	2
16	2	1	1	3	2	5	1	2
17	2	1	3	1	3	1	2	1
18	4	3	3	3	6	5	2	2
21	1	1	1	2	1	2	1	1
23	3	3	2	3	3	4	1	2
24	2	2	3	3	3	2	1	1
25	2	2	3	3	4	1	2	1

**Tabelle 28:** Wertungen Prä- und Post-Video; Velumprominenz, Koordination der Bewegung, Anlagestrecke an RHW und Beständigkeit des Abschlusses

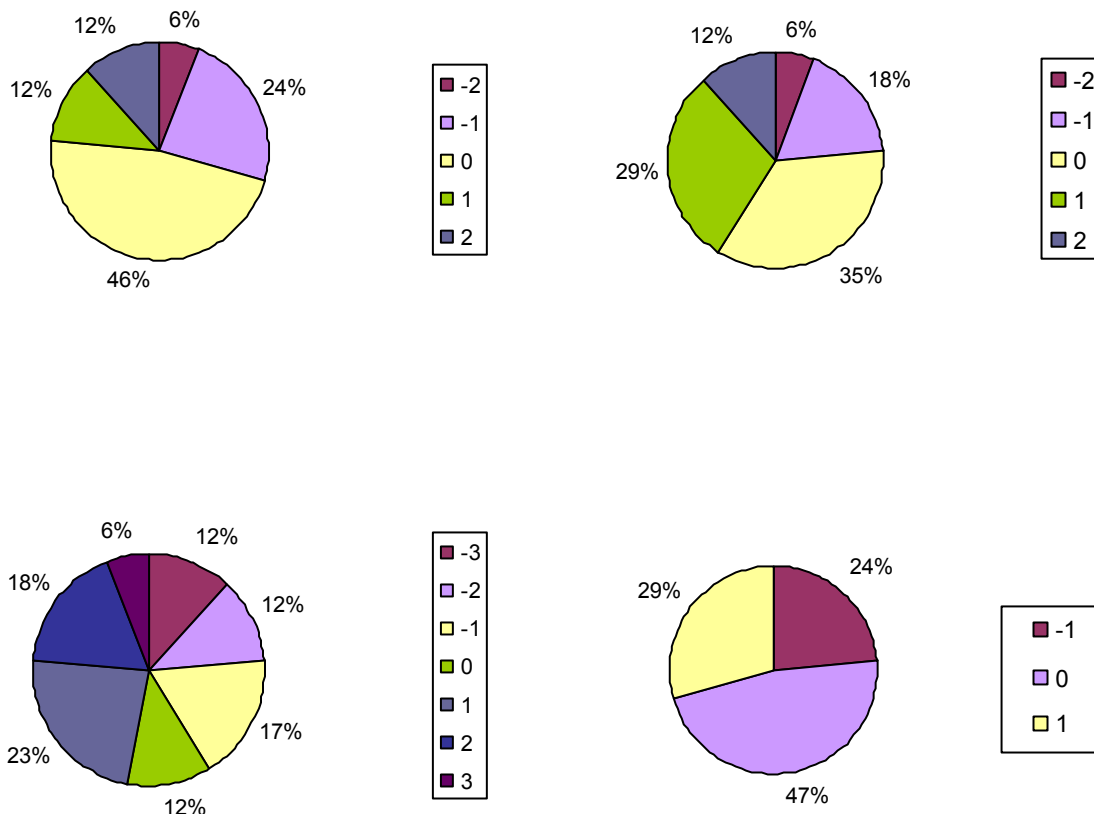
Statistisch konnte auch bei diesen Kriterien keine signifikante Änderung im Wilcoxon-Test festgestellt werden.

	Post-Video Prominenz – Prä-Video Prominenz	Post-Video Koordination - Prä-Video Koordination	Post-Video Anlage - Prä-Video Anlage	Post-Video Beständigkeit - Prä-Video Beständigkeit
<b>Asymptotische Signifikanz (2-seitig)</b>	,951	,377	,687	,739

**Tabelle 29:** Wilcoxon-Test zur prä- und postoperativen Wertung von Prominenz, Koordination des Velums und Anlagestrecke sowie der Beständigkeit des Abschlusses

Die Video-Auswertungen der Prominenz des Velums zeigten ebenso wie die der Beständigkeit des Abschlusses in etwa der Hälfte der Fälle, also bei 47% (8/17) bzw. bei 52% (9/17) keine Änderung.

Die Koordination änderte sich bei 35% (6/17) der operierten Patienten nicht, die Anlagestrecke des Velums an der Rachenhinterwand blieb nur bei 12% (2/17) unverändert, bei 47% (8/17) wurde sie postoperativ größer und bei 41% (7/17) kleiner und damit schlechter gewertet.



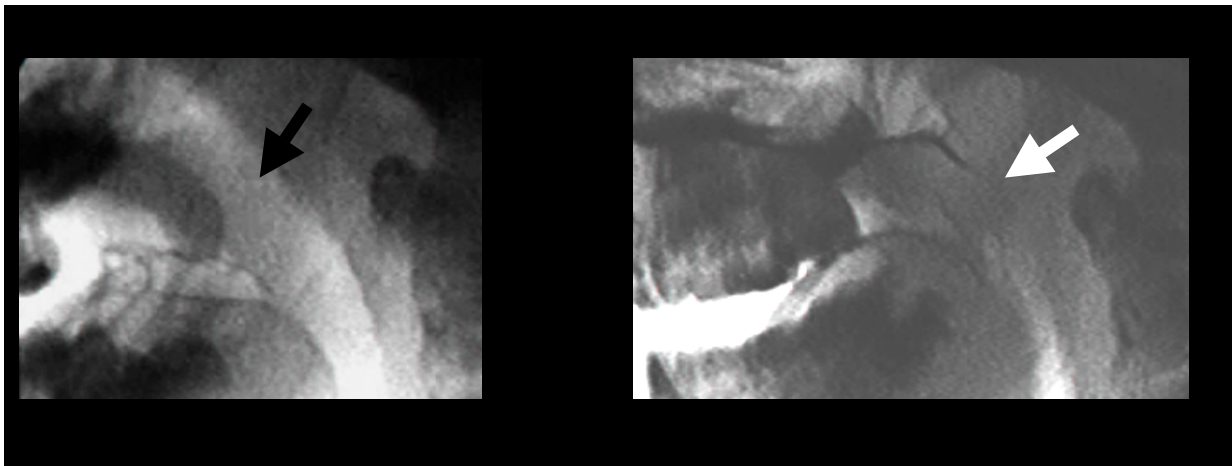
**Abbildung 75:** Differenz der Prä- und Post-Videoewertungen der Prominenz des Velums; **Abbildung 76:** Differenz der Prä- und Post-Videoewertungen der Koordination des Velums

**Abbildung 77:** Differenz der Prä- und Post-Videoewertungen der Anlagestrecke des Velums an der Rachenhinterwand; **Abbildung 78:** Differenz der Prä- und Post-Videoewertungen der Beständigkeit des Abschlusses

Die Hälfte der Patienten zeigte keine wertbare Änderung der Prominenz in der Videofluoroskopie. Eine Minderung zeigten insgesamt 30% (5/17) der Patienten, eine Besserung konnte bei 24% (4/17) festgestellt werden. Die Mehrheit der Patienten zeigte nach der Operation im Video eine bessere (41%; 7/17) oder eine gleich bleibende (35%; 6/17) Koordination des Velums. 24% (4/17) der postoperativen Untersuchungen zeigten eine schlechte Koordination als vor der Levatorplastik.

Bei der Wertung der Anlagestrecke blieben nur 12% (2/17) der Patienten postoperativ bei den gleichen Wertungen in der Video-Auswertung, knapp die Hälfte der Patienten (47%; 8/17) zeigte postoperativ eine verbesserte Anlagestrecke, eine Minderung der Anlagestrecke zeigte sich bei 41% (7/17). Deutlich war hier jedoch auch die Größe der Änderungen: Die verbesserten Anlagestrecken zeigten in 50% (4/8) der Fälle eine Verbesserung von einem Punktwert, in 38% (3/8) eine Besserung von zwei Punktwerten. Bei den Minderungen der Anlagestrecke postoperativ zeigte sich eine größere Aufteilung, denn fast 2/3 der Patienten mit einem verminderten Punktwert zeigte eine Minderung um 2 bis 3 Punktwerte: 57% (4/7). Die Beständigkeit des velopharyngealen Abschlusses wurde postoperativ bei 29% (5/17)

besser, bei 24% (4/17) schlechter und bei 47% (8/17) der Patienten gleich gewertet, unabhängig von der Änderung der Anlagestrecke im vorherigen Punkt.



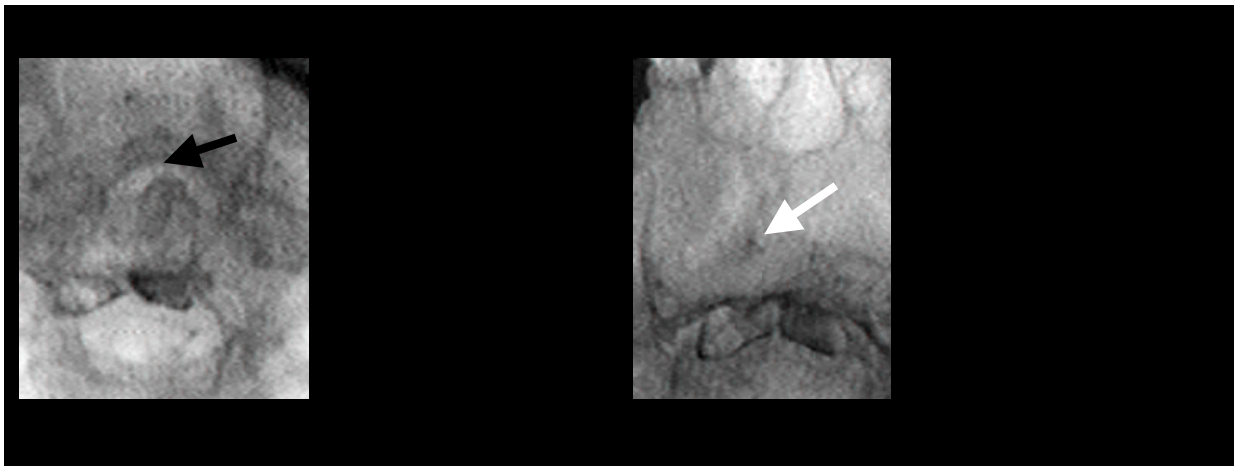
**Abbildung 79:** Patient 8, prä- und postoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahme ohne und mit KM-Gabe in maximaler Annäherung des Velums an die RHW; Präoperativ deutlich insuffizienter velopharyngealer Verschluss (schwarzer Pfeil) mit keiner erkennbaren Prominenz einer stark diskordinierten Velumbewegung mit klaffender Insuffizienz ohne Beständigkeit eines durchgehend fehlenden Verschlusses; Postoperativ knapp kompetent gewerteter velopharyngealer Verschluss (weißer Pfeil) mit undeutlicher Prominenz einer koordinierten Velumbewegung mit beständigen Berührung des Velums und der RHW; nebenbefundlich zeigt sich eine leichte dorsale Kompensation postoperativ

Patient	Prä-Video Adenoide	Post-Video Adenoide	Prä-Video Gestalt axial	Post-Video Gestalt axial	Prä-Video Lage Restöff. axial	Post-Video Lage Restöff. axial	Prä-Video Position V. axial	Post-Video Position V. axial
2	1	1	0	3	0	1	0	1
5	4	4	0	0	0	0	0	0
6	1	1	0	2	0	1	0	1
8	0	0	0	0	0	4	0	1
9	0	0	0	0	0	2	0	1
11	1	0	1	0	1	0	1	1
12	1	0	0	1	0	1	0	1
13	1	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	1
15	3	4	0	0	0	4	0	1
16	1	0	3	2	4	4	1	1
17	0	0	0	0	1	1	1	1
18	1	1	0	1	0	4	0	1
21	0	0	0	0	0	0	1	0
23	0	0	0	Gut	0	0	0	0
24	1	0	3	2	2	1	1	1
25	0	0	0	0	0	1	0	1

**Tabelle 30:** Adenoid- und axiale Wertungen Prä und Post-Video; Adenoide, Verschlussgestalt, Lage der Restöffnung, Position des Velums

Die Veränderungen der Adenoide, der axialen Verschlussgestalt, der axialen Lage der Restöffnung und der axialen Lage des Velums sowie eine statistische Auswertung konnten aufgrund von fehlenden axialen Aufnahmesequenzen in den Videofluoroskopien nicht getroffen werden. Die prä- und postoperativ durchgeführten Sequenzen zeigten jedoch eine hohe Übereinstimmung der Werte: 80% (4/5) der Adenoid-Wertungen blieben konstant, 67% (2/3) der axialen Lagewertungen der Restöffnung und alle Velumpositionen wurden identisch zu den präoperativen Aufnahmen gewertet. Die axiale Gestalt wurde in den beiden vergleichbaren Fällen jeweils um einen Punkt weniger gewertet, was in diesen Fällen einer Änderung vom zirkulären zum sagittalen Typ entsprechen würde.

Aufgrund der geringen Anzahl auswertbarer Fälle, konnte keine weiterführende statistische Auswertung dieser Daten vorgenommen werden.



**Abbildung 80:** Patient 16, prä- und postoperative axiale Videofluoroskopieaufnahme mit KM-Gabe in maximaler Annäherung der Seitenwände an die Mittellinie und des Velums an die RHW: Präoperativ insuffizienter velopharyngealer Verschluss, in der axialen Ebene zirkulärer Verschluss ohne Restöffnung und mittigen Velum (schwarzer Pfeil); Postoperativ grenzwertig bis suffizienter velopharyngealer Verschluss, in der axialen Ebene wird ein sagittaler Verschluss ohne Restöffnung und mittigen Velum (weißer Pfeil) gewertet.

Patient	Prä-Video Kontur koronar	Post-Video Kontur koronar	Prä-Video Symm. koronar	Post-Video Symm. Koronar	Prä-Video Mittellinie	Post-Video Mittellinie	Prä-Video Beurteil.	Post-Video Beurteil.
2	2	1	1	1	75-75	25-25	3	3
5	3	0	1	0	75-75	0	3	1
6	2	0	1	1	25-25	25-25	1	2
8	0	2	0	1	0	50-50	1	4
9	0	2	0	2	0	50-25	2	3
11	0	2	1	2	25-25	50-25	2	3
12	2	1	1	1	25-25	25-25	4	3
13	1	2	2	1	50-25	75-75	3	4
14	3	2	1	1	50-50	25-25	1	1
15	0	2	0	1	0	50-50	3	4
16	3	2	2	1	40-60	50-50	2	3,5
17	2	3	1	1	25-25	25-25	2	1
18	0	2	0	1	0	50-50	4	4
21	2	0	1	0	50-50	0	1	2
23	3	2	2	1	25-75	25-25	2	3
24	1	2	1	1	75-75	25-25	3	2
25	2	1	1	1	25-25	25-25	3	1

**Tabelle 31:** Koronare Wertungen Prä- und Post-Video; Kontur Rachenbewegung, Symmetrie, Ausmaß der Bewegung relativ zur Mittellinie, Abschlussbeurteilung

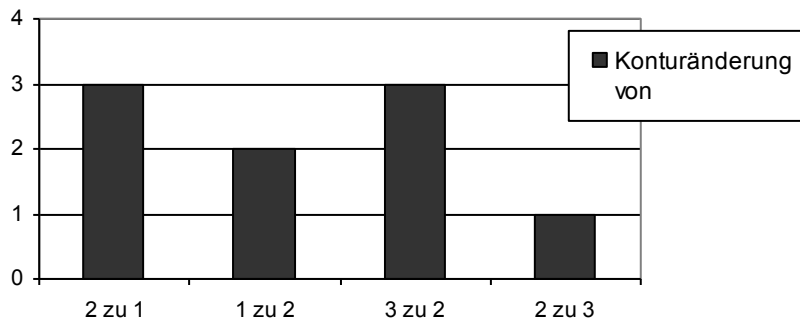
Erneut konnte für keine der hier betrachteten Kriterien eine signifikante Änderung von prä- zu postoperativen Wertungen im Wilcoxon-Test festgestellt werden:

	Post-Video Kontur - Prä-Video Kontur	Post-Video Symmetrie - Prä-Video Symmetrie	Post-Video Beurteilung - Prä-Video Beurteilung
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,317	,317	,471

**Tabelle 32:** Wilcoxon-Test zur prä- und postoperativen Wertung von koronarer Kontur, Symmetrie und Gesamtbeurteilung

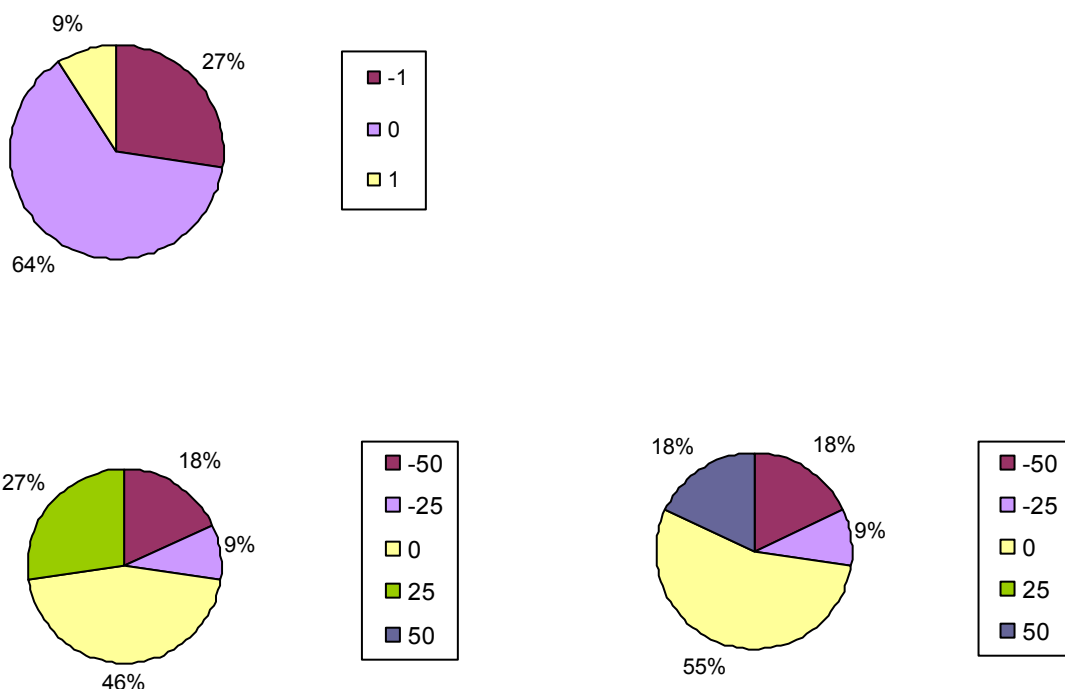
Die Wertungen der koronaren Kontur in der Videofluoroskopie zeigten deutliche Änderungen zum Vergleich der präoperativen Werte: Die koronare Kontur der Rachenseitenwände wurde postoperativ in keinem Fall identisch zur präoperativen Wertung angegeben. Statistisch waren diese Unterschiede jedoch nicht einheitlich in einer Richtung, so dass sich keine systematische Veränderung nachweisen lässt ( $p = 0,317$ ).

Die Auswertungen der koronaren Symmetriewertung der Seitenwände und der Annäherung der Seitenwände relativ zur Mittellinie wurden zu 64% (7/11), sowie der rechten Seite zu 45% (5/11) und der linken Seite zu 55% (6/11) gleich gewertet. Die subjektive Gesamtwertung wurde in nur 18% (3/17) identisch zur präoperativen Wertung angegeben.



**Abbildung 81:** Differenz der Prä- und Post-Videoewertungen der koronaren Kontur des Verschlusses  
Bedeutungen: 1 = shelf, 2 = ballon, 3 = vertikal

Insgesamt konnte in 9 Fällen Änderungen der Konturwertung in der koronaren Ansicht gewertet werden. In drei Fällen (33%) gab diese Änderung die von einer ballonförmigen Kontur in eine shelfförmige an. 56% (5/9) der Änderungen zeigten präoperativ eine vertikale oder shelfförmige koronare Kontur und postoperativ eine Ballonform. Eine einzelne Änderung fand von einer Ballon-Kontur zu vertikal statt.

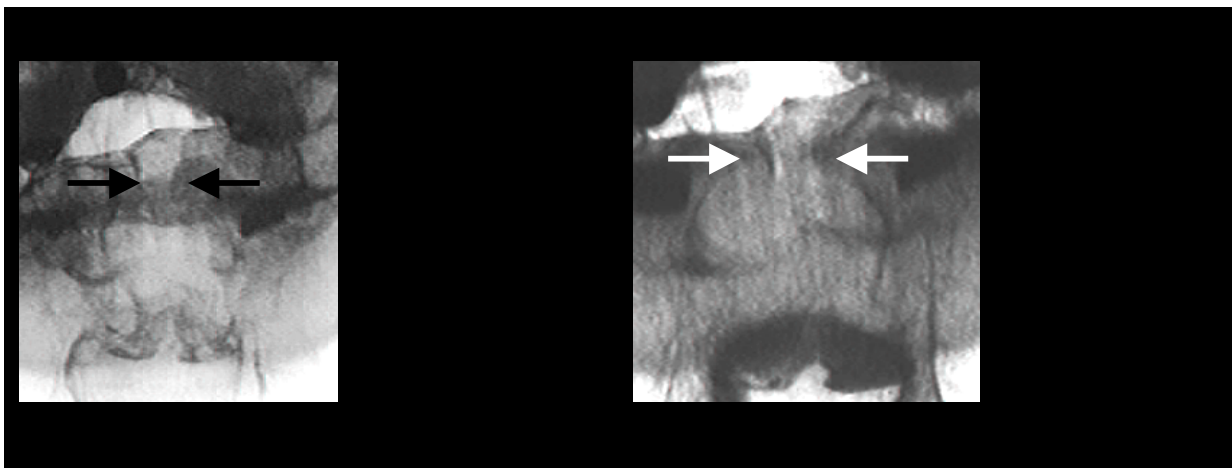


**Abbildung 82:** Differenz der Prä- und Post-Videoewertungen der koronaren Symmetrie der pharyngealen Seitenwände

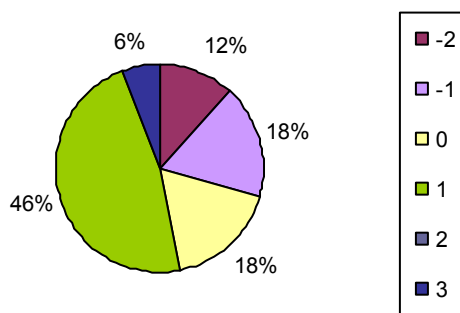
**Abbildung 83:** Differenz der Prä- und Post-Videoewertungen der Mittellinienannäherung der rechten Pharynxwand; **Abbildung 84:** Differenz der Prä- und Post-Videoewertungen der Mittellinienannäherung der linken Pharynxwand

Die Symmetrie änderte sich nur bei 36% (4/11) Patienten. Die geänderten Symmetrien zeigten in 75% (3/4) eine Punktminderung an, was eine Verbesserung der Symmetrie bedeutete. Lediglich in einer Wertung zeigte sich nach der Operation eine Asymmetrie, nachdem präoperativ eine Symmetrie gewertet wurde.

Die Annäherungen der rechten und der linken Pharynxwand änderten sich in den meisten Fällen der untersuchten Patienten kaum: Die rechte Pharynxwand zeigte bei 46% (5/11), die linke bei 55% (6/11) gleich bleibende Wertungen. Eine positive Änderung im Sinne einer weiteren Mittellinienannäherung zeigte sich bei der rechten Pharynxseite in 27% (3/11), bei der linken Pharynxseite in 18% (2/11) der Fälle. Eine Verringerung der Annäherung zeigte sich nach den Auswertungen rechts und links in 27% (3/11) der Fälle.



**Abbildung 85:** Patient 25, prä- und postoperative koronare Videofluoroskopieaufnahmen mit KM-Gabe in maximaler Annäherung der Seitenwände an die Mittellinie: Präoperativ insuffizienter velopharyngealer Verschluss, in koronarer Schnittebene des Velopharynx wird eine vertikale Kontur (schwarze Pfeile) mit asymmetrischer Annäherung der Seitenwände von 25% links und 75% rechts an die Mittellinie gewertet; Postoperativer grenzwertiger velopharyngealer Verschluss wird in der koronaren Ebene die Kontur als shelfförmig (weiße Pfeile), symmetrisch mit einer Annäherung der Seitenwände von 25% an die Mittellinie gewertet



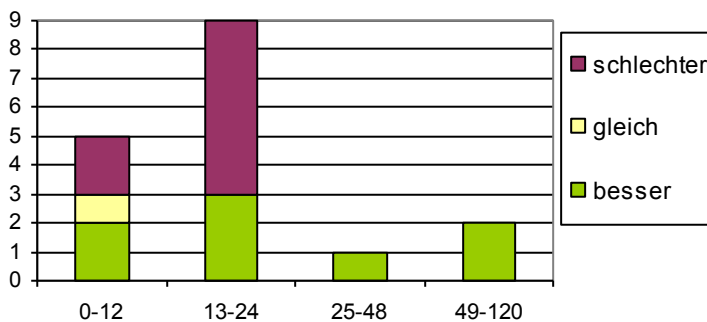
**Abbildung 86:** Differenz der Prä- und Post-Videowertungen der subjektiven Gesamtwertung

Die subjektive Gesamtwertung der gesamten Videofluoroskopie-Untersuchung nach Beurteilung aller einzelnen Kriterien vorher zeigte in 46% (8/17) eine Verbesserung der postoperativen Untersuchungen um einen Wertungspunkt. Insgesamt zeigten 52% (9/17) eine bessere Bewertung, 18% (3/17) eine gleich bleibende und 30% (5/17) eine schlechtere subjektive Bewertung als die präoperativen Untersuchungen.

## Daten der Videofluoroskopie mit Altersverteilung

Eine weitere Aufteilung der prä- und postoperativ untersuchten Patienten war die weitere Einteilung der Patienten in Altersklassen nach dem Lebensalter in Monaten zum Zeitpunkt der Gaumenspaltplastik, zum Zeitpunkt der Levatorplastik und nach dem Abstand zwischen diesen beiden Operationen.

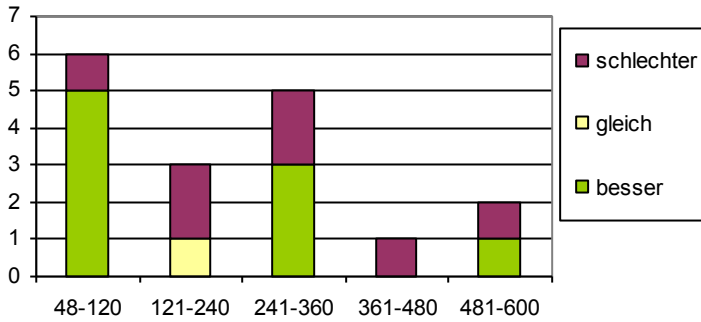
Wurden die objektiven Gesamtergebnisse in Zusammenhang mit dem Lebensalter zum Zeitpunkt der Gaumenplastik gestellt, so zeigten sich folgende Verteilungen:



**Abbildung 87:** Prä- und postoperative Veränderungen in der Videofluoroskopie nach Alter in Lebensmonaten zum Zeitpunkt der Gaumenplastik; x-Achse: Alter der Patienten in Monaten zum Zeitpunkt der Operation; y-Achse: Anzahl der Patienten

Eine Verbesserung der objektiv addierten Gesamtwertung nach der Levatorplastik wurde bei 100% (1/1, 2/2) der Patienten erreicht, die im Alter zwischen 25 und 120 Monaten die Gaumenplastik erhalten haben. Bei den schon zwischen dem 13. und 24. Lebensmonat behandelten Patienten zeigten 67% (6/9) eine Verschlechterung der postoperativen Videofluoroskopie-Ergebnisse nach der Levatorplastik, 33% (3/9) eine Verbesserung. Erhielten die Patienten bereits in den ersten 12 Lebensmonaten eine Gaumenplastik, so verbesserten und verschlechterten sie die Untersuchungsergebnisse nach der Levatorplastik in jeweils 40% (2/5) der Fälle. In dieser Gruppe zeigte ein Patient (20% von 5) eine gleich bleibende Wertung in der Videofluoroskopie nach der Levatorplastik.

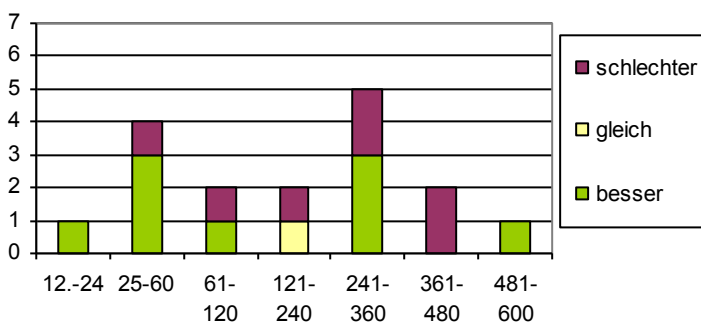




**Abbildung 88:** Prä- und postoperative Veränderungen in der Videofluoroskopie nach Alter in Lebensmonaten zum Zeitpunkt der Levatorplastik; x-Achse: Alter der Patienten in Monaten zum Zeitpunkt der Operation; y-Achse: Anzahl der Patienten

Wurde die Änderung nach Levatorplastik in der Videofluoroskopie durch das Lebensalter der Patienten zum Zeitpunkt der Levatorplastik eingeteilt, so zeigten sich folgende Verteilungen: Wurde die Levatorplastik im Alter zwischen 48 und 120 Lebensmonaten durchgeführt, so führte dies in 83% der Fälle (5/6) zu einer Verbesserung der Gesamtwertung in der postoperativen Videofluoroskopie und in 17% (1/6) zu einer Verschlechterung. In den Altersklassen zwischen 121 und 240 Monaten zeigten 67% (2/3) der Patienten eine Verschlechterung, 33% (1/3) ein gleich bleibendes Ergebnis. Eine Verbesserung zum Zeitpunkt zwischen dem 241. und 360. Lebensmonat zeigten 60% (3/5), eine Verschlechterung die übrigen 40% (2/5). Der einzige Patient der Altersklasse zwischen dem 361. und 480. Lebensmonat zeigte eine Verschlechterung des postoperativen Ergebnisses. Die beiden Patienten, die zwischen dem 481. und 600. Lebensmonat eine Levatorplastik erhielten, zeigten einmal eine Verbesserung, einmal eine Verschlechterung der postoperativen Videofluoroskopie-Untersuchung.

Da eine deutliche Verteilung der Veränderungen anhand der Lebensalter zu den Zeitpunkten der beiden Operationen keine wirkliche Signifikanz zeigte, wurden in der folgenden Abbildung die Änderungen der postoperativen Videofluoroskopie-Untersuchung noch einmal nach dem Abstand der beiden Operationen in Monaten eingeteilt:



**Abbildung 89:** Prä- und postoperative Veränderungen in der Videofluoroskopie nach zeitlichen Abstand in Monaten zwischen Gaumen- und Levatorplastik; x-Achse: Abstand in Monaten zwischen den Operationen; y-Achse: Anzahl der Patienten

Eine bessere Wertung von einzelnen Gesamtwertungen zeigte sich in fast allen Abstandsgruppen, zu 100% (1/1) jedoch in den Abständen 12-24 Monate und 481-600 Monate (40-50 Jahre). Wurde die Levatorplastik in einem Abstand von 25-60 Monate zur Gaumenplastik durchgeführt, so kam es bei 75% (3/4) der Patienten zu einer Steigerung der Punktzahl in der postoperativen Wertung, während 25% (1/4) eine schlechtere Wertung erhielten. Jeweils ein Patient in den Abstandsgruppen 61-120 und 121-240 Monate zeigte mit jeweils anteilmäßig 50% eine Verschlechterung, die andere Hälfte (1/2) zeigte eine Verbesserung in den postoperativen Werten. In der folgenden Abstandsgruppe zeigten 60% (3/5) eine Verbesserung, die restlichen 40% (2/5) eine Verschlechterung, wohingegen die Abstandsgruppe von 361-480 Monaten (30-40 Jahre) eine 100%ige (2/2) Verschlechterung der Auswertungen nach der Levatorplastik zeigte.

Im Vergleich konnten bei einem Abstand von gemittelten 5 Jahren zwischen den Operationen in 80% (4/5) der Fälle eine Verbesserung in den Auswertungen gezeigt werden. In einer zweiten Gruppe mit dem Abstand zwischen 5 und 10 Jahren (61-120 Monaten) konnten 50% (1/2) der Fälle eine positive Veränderung zeigen, während in der Gruppe mit einem größeren Abstand als 10 Jahre zwischen den beiden Operationen in 40% (4/10) eine bessere postoperative Wertung gezeigt wurde.

### Altersrelevanz

Um die einzelnen Wertungsveränderungen mit den Gesamtwertungen und auch mit dem Alter der Patienten wieder in einen Bezug zueinander zu bringen, wurden in der folgenden Tabelle nun außer dem Alter nur noch die positiven, negativen oder neutralen Änderungen ohne Zahlenwerte und die objektive Gesamtwertung mit der Anzahl der geänderten Punkte hinzugefügt:

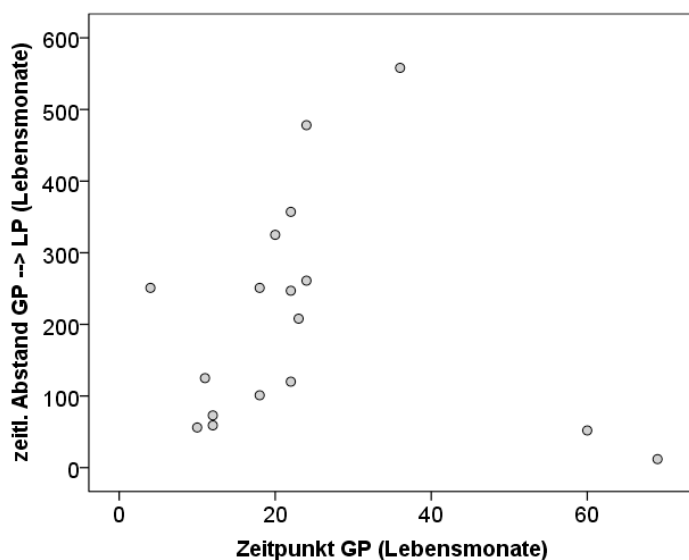
Patient	GP	LP	Abstand OPs	Länge	Hebung	Abstand	Koordination	Anlage	Prominenz	Beständigkeit	Mittel-linie	Gesamtwert
2	11	136	125	3	1	1	2	3	1	2	1	0
5	12	85	73	2	1	3	1	1	2	2	3	-6
6	20	345	325	3	1	1	2	3	2	2	2	+2
8	10	66	56	2	3	1	3	3	3	3	2	+9
9	18	119	101	3	2	1	2	3	2	3	2	+3
11	22	269	247	3	3	3	3	2	3	1	3	+4
12	24	502	478	2	1	2	1	1	1	1	2	-7
13	24	285	261	2	3	1	3	3	3	2	3	+6
14	60	112	52	2	3	1	1	2	2	2	1	+2
15	12	71	59	2	3	2	3	3	3	3	2	+6
16	36	594	558	2	3	1	3	3	1	3	2	+7
17	18	269	251	2	3	2	1	1	1	1	2	-4

18	23	231	208	1	2	2	2	1	1	2	3	-3
21	69	81	12	1	3	3	3	1	2	2	2	+2
23	4	255	251	1	1	1	1	3	2	3	1	-3
24	22	142	120	1	3	1	2	1	2	2	1	-1
25	22	379	357	2	2	3	2	1	2	1	2	-4

**Tabelle 33:** Übersicht der wichtigsten Änderungen in Bezug auf den Zeitpunkt und den Abstand der Gaumen- und Levatorplastik; GP= Gaumenspaltplastik in Lebensmonaten, LP= Levatorplastik in Lebensmonaten (1 = schlechter, 2 = gleich, 3 = besser)

In der statistischen Auswertung konnte in der Untersuchung, inwieweit der zeitliche Abstand der beiden Operationen von dem Lebensalter zum Zeitpunkt der Operation (z.B. Gaumenspaltplastik), kein signifikanter Zusammenhang ausgemacht werden: Der Korrelationskoeffizient berechnete sich zu + 0,134 ( $p = 0,609$ ).

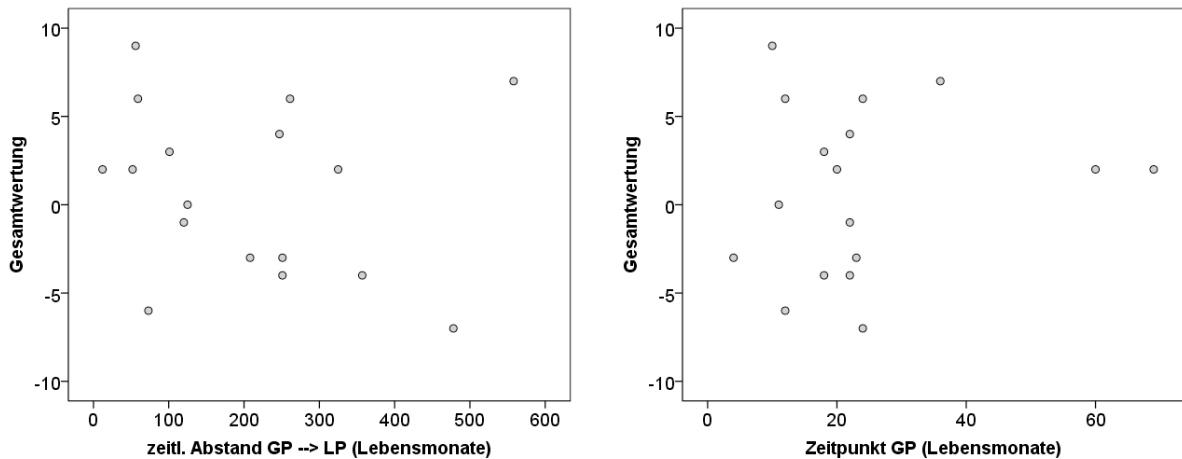
In der folgenden Abbildung wurden die Abstände der Operationen (Levator- und Gaumenplastik) dem Alter zum Zeitpunkt der Erstoperation (Gaumenplastik) gegenüber gestellt:



**Abbildung 90:** Korrelation des zeitlichen Abstandes der LP und GP mit dem Zeitpunkt der GP

Bei der zweiten Untersuchung des Zusammenhangs der zeitlichen Differenz zwischen Gaumen- und Levatorplastik und der Gesamtbewertung, konnte lediglich eine schwache inverse, statistisch nicht signifikante Korrelation verzeichnet werden (Spearman's rho: -0.224,  $p=0.387$ ). Die Korrelation der Gesamtbewertung mit dem Lebensalter zum Zeitpunkt Gaumenplastik fiel sogar noch schwächer aus (Spearman's rho: 0,054,  $p=0,838$ ).

In den folgenden Abbildungen zeigten sich diese (fehlenden) Zusammenhänge:



**Abbildung 91:** Korrelation der Gesamtwertung mit dem zeitlichen Abstand der LP und GP

**Abbildung 92:** Korrelation der Gesamtwertung mit dem Zeitpunkt der GP

In der statistischen Analyse in Bezug auf eine Korrelation zwischen der Änderung der Gesamt- und der Einzelwertungen und der Gaumen-, Levatorplastik sowie deren zeitlichen Abstand zeigte sich folgendes Bild:

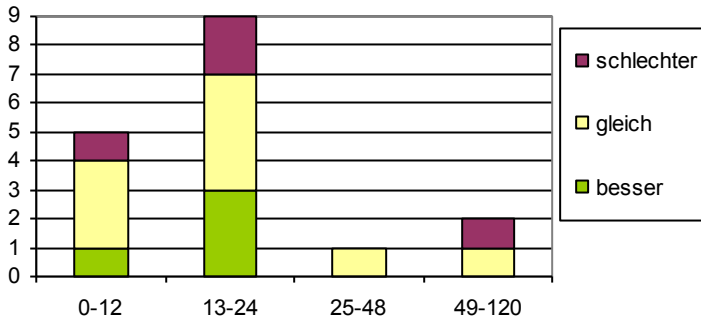
		Gesamtwertung	Länge	Hebung	Abstand	Koordination	Anlage	Prominenz	Beständigkeit	Mittellinie
<b>GP</b>	rho	0,05	-0,22	0,38	0,17	0,18	-0,38	-0,18	-0,34	0,18
	Sig.	0,84	0,40	0,13	0,53	0,50	0,13	0,49	0,18	0,50
<b>LP</b>	rho	-0,24	0,15	-0,21	-0,03	-0,12	-0,07	-0,40	-0,44	0,13
	Sig.	0,36	0,57	0,42	0,92	0,64	0,79	0,11	0,08	0,62
<b>GP-LP</b>	rho	-0,22	0,17	-0,31	-0,06	-0,11	0,04	-0,38	-0,32	0,15
	Sig.	0,39	0,52	0,23	0,81	0,68	0,87	0,13	0,21	0,57

**Tabelle 34:** Korrelation zwischen GP, LP und Abstand GP-LP zur Gesamtwertveränderung und den Änderungen der Einzelwerten (|Spearman's rho| > 0,30)

Hier ließen sich bei den Werten für Hebung, Anlage, Prominenz und Beständigkeit schwache, jedoch nicht signifikante Assoziationen nachweisen (|Spearman's rho| > 0,30).

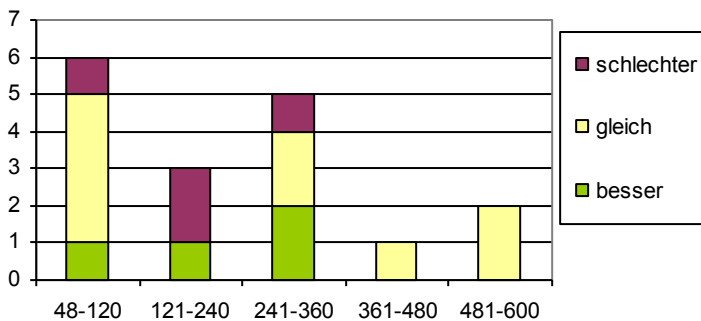
Um einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Lebensalter zum Zeitpunkt einer Operation oder dem Abstand zwischen den Operationen und der Verbesserung oder Verschlechterung einer Teiländerung (z.B. der Länge des Velums oder der Koordination der Velumbewegung) zu erkennen, wurden sie im Folgenden einzeln graphisch dargestellt.

Die Änderung der Länge des Velums nach der Levatorplastik im Verhältnis zu dem Zeitpunkt der Gaumenplastik zeigte zunächst eine sehr gleichmäßige Veränderung im Verhältnis zu den einzelnen Altergruppen:



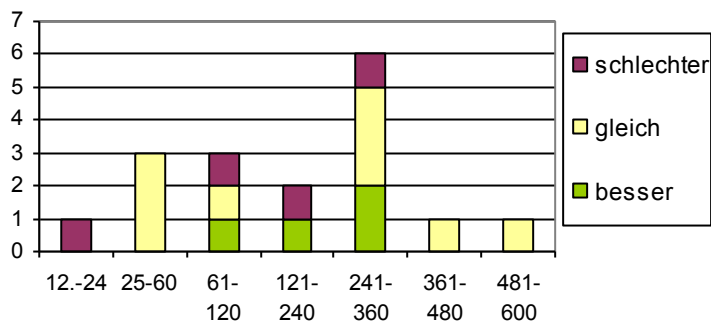
**Abbildung 93:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velumlänge in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Gaumenplastik; x-Achse: Alter in Monaten zum Zeitpunkt der Gaumenplastik; y-Achse: Anzahl der Patienten

Die Graphik zeigt, dass 20% (1/5) der ersten Altersverteilung bis zum 12. Lebensmonat nach Levatorplastik entweder ein gebessertes oder ein verschlechtertes Ergebnis, während 60% (3/5) gleiche Werte erzielten. Patienten, die zwischen dem 13. und 24. Lebensmonat eine Gaumenplastik erhielten, zeigten zu 33% (3/9) eine Besserung der Velumlänge, in 22% (2/9) eine Verschlechterung und in 44% (4/9) eine gleiche Wertung. In den beiden folgenden Alterseinteilungen zeigten sich postoperativ keine verbesserten Wertungen der Velumlänge nach der sprechunterstützenden Operation.



**Abbildung 94:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velumlänge in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Levatorplastik; x-Achse: Abstand in Monaten zum Zeitpunkt der Levatorplastik; y-Achse: Anzahl der Patienten

Hier zeigte sich ein ähnliches Bild wie in der Abbildung für den Zeitpunkt der Gaumenplastik: Vergleichbare Verteilungen in den Altersgruppen, eine Besserung oder Verschlechterung der Velumlänge wird hier nur in den Lebensaltern zwischen 4 und 30 Jahren gewertet. Wurden die Levatorplastik in höheren Lebensaltern durchgeführt, so zeigen sich in diesen Daten keine messbaren Änderungen der Velumlänge.



**Abbildung 95:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velumlänge in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Abstand zwischen Gaumen- und Levatorplastik; x-Achse: Alter in Monaten zwischen den Operationen; y-Achse: Anzahl der Patienten

Auch die Verteilung der Wertänderungen der Velumlänge im Vergleich zum Abstand zwischen den beiden Operationen zeigte keine deutliche Abhängigkeit der beiden Parameter. Eine Verbesserung der Velumlänge wurde bei einem Operationsabstand zwischen 5 und 30 Jahren gewertet. Wurden die Gaumenplastik und die Levatorplastik in einem geringeren oder größeren Abstand durchgeführt, so führte dies in 83% (5/6) der übrigen Altersverteilungen zu einer gleichen oder in 17% (1/6) zu einer schlechteren Wertung der Velumlänge nach der Levatorplastik.

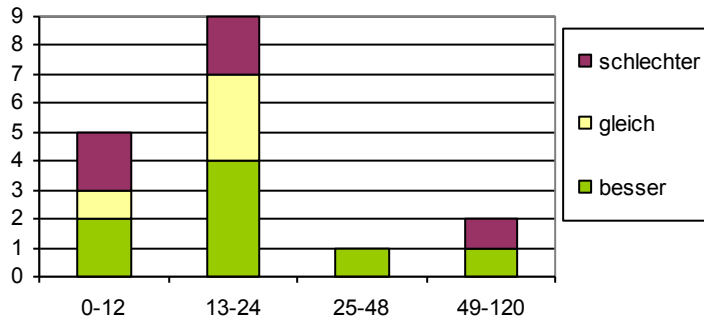
Diese Patienten, die eine Verbesserung erfuhren, wurden zwischen dem 18. und 22. Lebensmonat (1 6/12 bis 1 10/12 Jahre) mit einer Gaumenplastik operiert, während zwei der verschlechterten Wertungen entweder sehr früh (4 Lebensmonate) oder spät (69 Lebensmonate) eine Gaumenplastik erhielten. Auch in der Gesamtwertung wurden die Patienten, die eine höhere Wertung der Velumlänge erhielten, ebenfalls besser und jene mit verminderter Velumlänge als schlechter postoperativ beurteilt:

Statistisch zeigt sich im T-Test keine relevante Signifikanz ( $p = 0,684$ ).

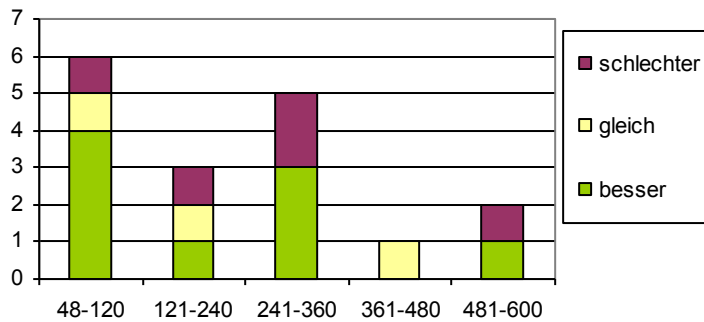
Patient	Velumlänge Änderung	Gesamtwert	GP	LP	Gesamtwertung (prä-/ post-operativ)
2	2	0	11	136	13 / 13
6	2	2	20	345	7 / 9
9	2	2	18	119	9 / 12
11	2	2	23	269	13 / 17
18	1	1	23	231	22 / 19
21	1	2	69	81	7 / 9
23	1	1	4	255	15 / 12
24	1	1	22	142	13 / 12

**Tabelle 35:** Gesamtwertungsveränderungen der verbesserten und verschlechterten Velumlängen (0 = gleich, 1 = schlechter, 2 = besser) mit Angabe des Zeitpunktes der GP und LP

Ein anderes Bild lässt sich bei den Veränderungen der Velumhebung beobachten:

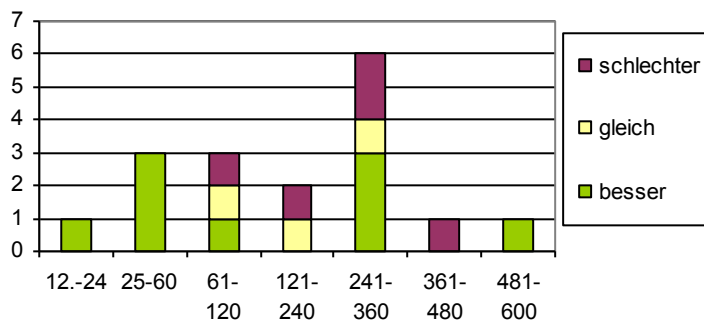


**Abbildung 96:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velumhebung in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Gaumenplastik; x-Achse: Alter in Monaten zum Zeitpunkt der Gaumenplastik; y-Achse: Anzahl der Patienten



**Abbildung 97:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velumhebung in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Levatorplastik; x-Achse: Abstand in Monaten zum Zeitpunkt der Levatorplastik; y-Achse: Anzahl der Patienten

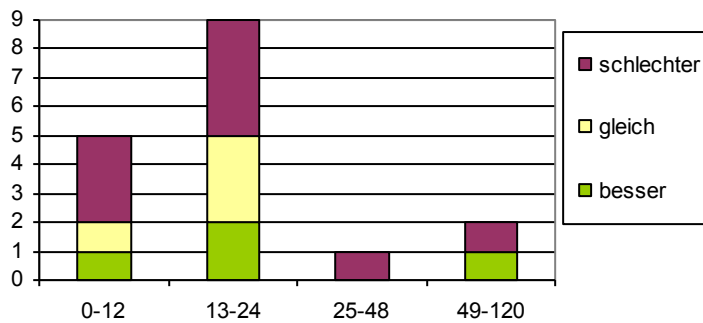
Die beiden Abbildungen zur Altersverteilung der Wertungsveränderungen der Velumhebung zeigten eine relativ gleichförmige Verteilung in allen Altersklassen der positiven, negativen und ausgebliebenen Wertungsveränderungen. Veränderungen der Velumhebung nach der Levatorplastik zeigten in diesen Tabellen somit keinen deutlichen Zusammenhang mit dem Zeitpunkt der Gaumen- oder Levatorplastik.



**Abbildung 98:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velumhebung in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Abstand zwischen Gaumen- und Levatorplastik; x-Achse: Alter in Monaten zwischen den Operationen; y-Achse: Anzahl der Patienten

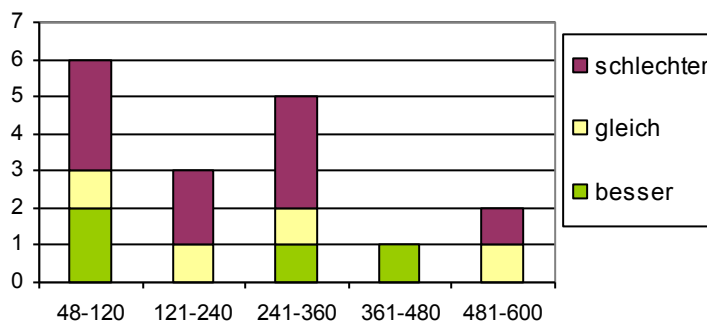
Wurden die Änderungen der Velumhebung im Verhältnis zum Abstand zwischen den beiden Operationen beobachtet, so zeigte sich eine 100%ige (4/4) Verbesserung in den Abstandsverteilungen zwischen einem und fünf Jahren. Werden die Abstände zwischen Gaumen- und Levatorplastik größer als fünf Jahre, so wird die Hebung nur bei 38% (5/13) besser und bei 38% (5/13) schlechter oder bei 23% (3/13) gleich gewertet.

Die vier Patienten der ersten beiden Altersgruppen mit einer 100%iger Verbesserung der Velumhebung zeigten alle ebenfalls in der Gesamtwertung eine Verbesserung nach Levatorplastik. Die übrigen hier gebesserten Wertungen wurden in der Gesamtwertung in zwei Fällen sogar postoperativ schlechter beurteilt (20%, 2/9), einer dieser Fälle wurde bereits in der Längenbewertung postoperativ schlechter beurteilt. Die mit insuffizienterer Hebung beurteilten Patienten wurden zu 40% (2/5) in der Gesamtwertung postoperativ besser beurteilt, einer von ihnen zeigte bereits in der Längenbeurteilung ein verbessertes Ergebnis.



**Abbildung 99:** Prä- und postoperative Veränderungen des Abstandes zur Rachenhinterwand in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Gaumenplastik; x-Achse: Alter in Monaten zum Zeitpunkt der Gaumenplastik; y-Achse: Anzahl der Patienten

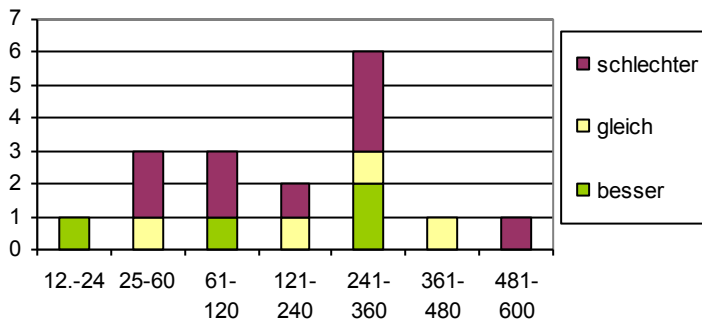
Die Wertung des Abstandes des Velums in Ruhe zur Rachenhinterwand wurde insgesamt schlechter gewertet als präoperativ zur Levatorplastik. In der ersten Grafik zeigte sich diese Veränderung im Verhältnis zum Zeitpunkt der Gaumenplastik, in der Zweiten ein fast identisches Bild im Verhältnis zum Zeitpunkt der Levatorplastik:



**Abbildung 100:** Prä- und postoperative Veränderungen des Abstandes zur Rachenhinterwand in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Abstand zum Zeitpunkt der Levatorplastik; x-Achse: Abstand in Monaten zum Zeitpunkt der Levatorplastik; y-Achse: Anzahl der Patienten



Verbesserungen des Abstandes wurden im Verhältnis zur Gaumenplastik in den ersten zwei Lebensjahren zu ca. 20% (1/5, 2/9) angegeben, im Verhältnis zur Levatorplastik zu ca. 33% (2/6) bis zum zweiten Lebensjahr angegeben. Eine deutliche Verbesserung eines bestimmten Alters zum Zeitpunkt der Operationen zur Verkürzung des Abstands zeigte sich hier nicht.



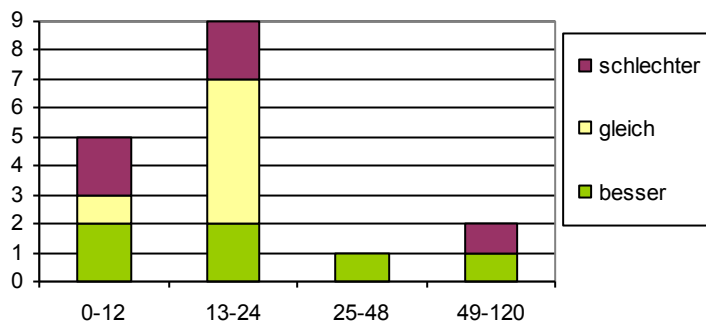
**Abbildung 101:** Prä- und postoperative Veränderungen des Abstandes zur Rachenhinterwand in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Abstand zwischen Gaumen- und Levatorplastik; x-Achse: Alter in Monaten zwischen den Operationen; y-Achse: Anzahl der Patienten

Wurden die Abstände zwischen den Operationen zur Änderung des Abstandes angezeigt, so zeigte sich neben der Dominanz der schlechteren Wertungen eine Verbesserung des Patienten mit einem Operationsabstand von 12-24 Monaten, die folgenden Abstände werden zu 50-60% (1/2, 3/6, 2/3) als schlechter gewertet.

Zusammenfassend wurden Patienten, die eine schlechtere Wertung des Abstands nach der Levatorplastik erhielten, in der Gesamtwertung zu ca. 66% (6/9) besser bewertet als präoperativ, umgekehrt wurden Patienten mit einer besseren Abstandswertung in 50% (2/4) in der Gesamtwertung schlechter beurteilt. Im Vergleich zur Hebung zeigte sich ein ähnliches Bild: Ca. 60% (5/9) mit verschlechterten Abstand wurden mit einer verbesserten Velumhebung bewertet, erneut 50% (2/4) mit verkürzten Abstand wurden mit einer unveränderten oder schlechteren Hebung postoperativ bewertet.

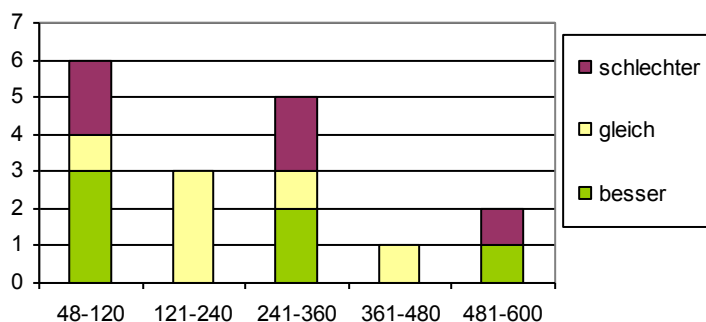
Es folgen Wertungsveränderungen der Koordination der Velumbewegung während der Sprechphase. Diese Wertungen beurteilen nun die Bewegungsfähigkeit nach Levatorplastik.

Zum Zeitpunkt der Gaumenplastik zeigt sich kein sicherer Bezug der verbesserten Koordination nach Levatorplastik:



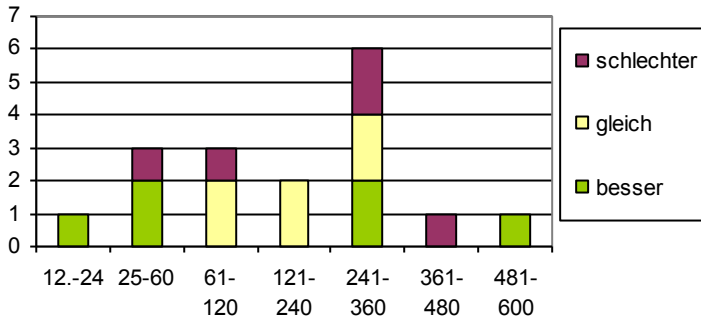
**Abbildung 102:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velum-Koordination in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Gaumenplastik; x-Achse: Alter in Monaten zum Zeitpunkt der Gaumenplastik; y-Achse: Anzahl der Patienten

Die jüngste Altersgruppe zeigte bei 40% (2/5) eine Verbesserung und eine Verschlechterung der Wertung, während in den höheren Altersgruppen 22% (2/9), 100% (1/1) und 50% (1/2) eine verbesserte Koordination zeigen konnten. 55% (5/9) der zwischen dem 13. und 24. Lebensmonat mit einer Gaumenplastik versorgten Patienten zeigten nach Levatorplastik keine Änderung der Velum-Koordination.



**Abbildung 103:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velum-Koordination in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Levatorplastik; x-Achse: Abstand in Monaten zum Zeitpunkt der Levatorplastik; y-Achse: Anzahl der Patienten

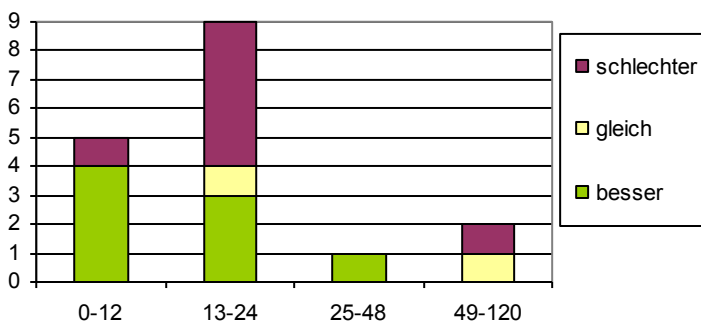
In drei Altersgruppen zeigten sich eine nahezu 50%ige Verbesserung (3/6, 2/5, 1/2) der Velum-Koordination nach Levatorplastik: In den Lebensaltern 4-10, 20-30 und 40-50 Lebensjahre. Die dazwischen liegenden Gruppen zeigten keine Veränderungen der Koordination postoperativ. Eine sichere Korrelation zwischen Zeitpunkt der Levatorplastik und der Koordinationsverbesserung ließ sich somit nicht erkennen.



**Abbildung 104:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velum-Koordination in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Abstand zwischen Gaumen- und Levatorplastik; x-Achse: Alter in Monaten zwischen den Operationen; y-Achse: Anzahl der Patienten

Diese Graphik zeigte eine unbeständige Verteilung der Veränderungen auf alle zeitlichen Abstände zwischen den beiden Operationen. Zusammenfassend wurde jedoch deutlich, dass in den ersten beiden Gruppen (Ein bis fünf Jahre Abstand) zu 75% (3/4) eine bessere postoperative Wertung der Velum-Koordination gewertet wurde, in der Gruppe mit 20-30 Jahren Abstand nur 33% (2/6) verbessert gewertet wurden.

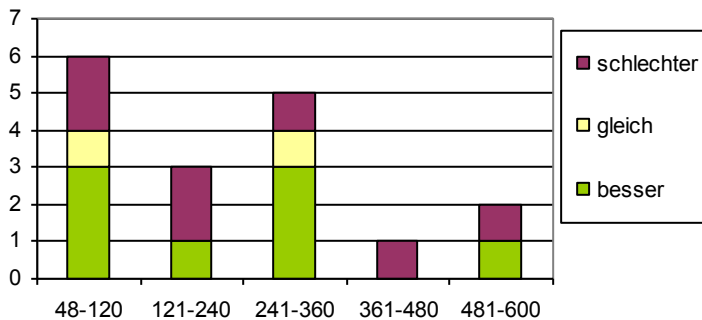
Patienten, deren Velum-Koordination nach Levatorplastik besser gewertet wurde, zeigten in der Gesamtwertung und der Hebung des Velums ebenfalls eine Verbesserung der Funktion (100%, 6/6), während die in der Koordination schlechter gewerteten Patienten zu 80% (4/5) in der Gesamtfunktion ebenfalls schlechter bewertet wurden. Ein Zusammenhang mit der Velumlänge lässt sich ebenso wie bei den besser gewerteten Patienten nicht erkennen, die Velumhebung wurde bei zwei der fünf Patienten postoperativ besser gewertet, davon wurde ebenfalls einer (20%, 1/5) in der Gesamtwertung verbessert gesehen.



**Abbildung 105:** Prä- und postoperative Veränderungen der Anlagestrecke an der Rachenhinterwand in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Gaumenplastik; x-Achse: Alter in Monaten zum Zeitpunkt der Gaumenplastik; y-Achse: Anzahl der Patienten

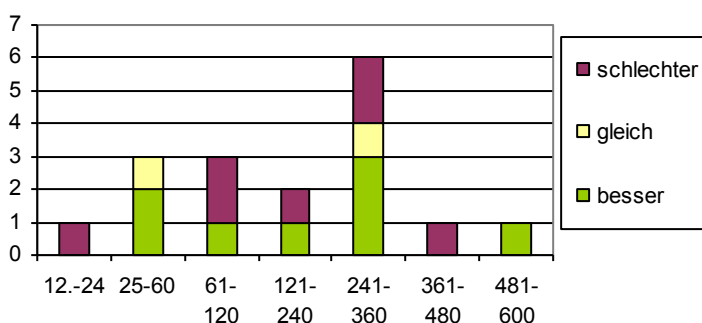
Die Anlagestrecke des Velums an der Rachenhinterwand konnte bei einer Gaumenplastik bis zum vollendeten fünften Lebensjahr postoperative Verbesserungen zeigen: 80% (4/5) der im ersten Lebensjahr durchgeführten Gaumenplastiken wurden nach der Levatorplastik mit einer verbesserten

Anlagestrecke bewertet, 33% (3/9) der bis zum zweiten Lebensjahr und der Patient bis zum fünften Lebensjahr. Spätere Operationszeitpunkte zeigten schlechtere oder unveränderte Ergebnisse.



**Abbildung 106:** Prä- und postoperative Veränderungen der Anlagestrecke an der Rachenhinterwand in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Levatorplastik; x-Achse: Abstand in Monaten zum Zeitpunkt der Levatorplastik; y-Achse: Anzahl der Patienten

Im Verhältnis zum Zeitpunkt der Levatorplastik wurden über alle Zeitpunkte Verschlechterungen gewertet. Verbesserungen wurden v. a. in den Zeitpunkten bis zum 10. Lebensjahr (50%, 3/6), vom 20.-30. Lebensjahr (60%, 3/5) und 40.-50. Lebensjahr (50%, 1/2) gewertet.

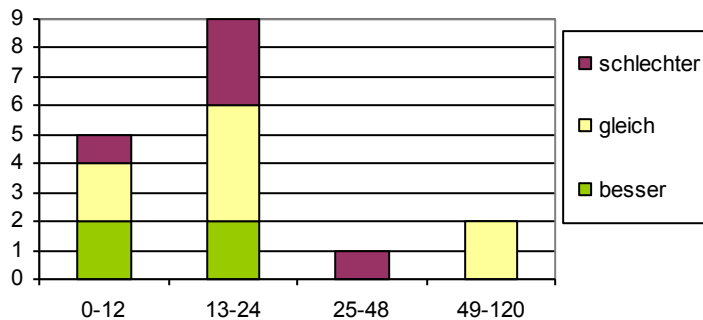


**Abbildung 107:** Prä- und postoperative Veränderungen der Anlagestrecke an der Rachenhinterwand in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Abstand zwischen Gaumen- und Levatorplastik; x-Achse: Alter in Monaten zwischen den Operationen; y-Achse: Anzahl der Patienten

Die Abstände zwischen Gaumen- und Levatorplastik wurden zwischen 25 und 60 Monaten zu ca. 66% (2/3) besser und zu 33% (1/3) gleich gewertet, kürzere oder längere Abstände erhielten zu mindestens 33% (2/6) schlechtere Wertungen. Wurden die Operationen mit 10 bis 30 Jahren Abstand durchgeführt, so wurde die Anlagestrecke an der Rachenhinterwand in 50% (1/2, 3/6) verbessert.

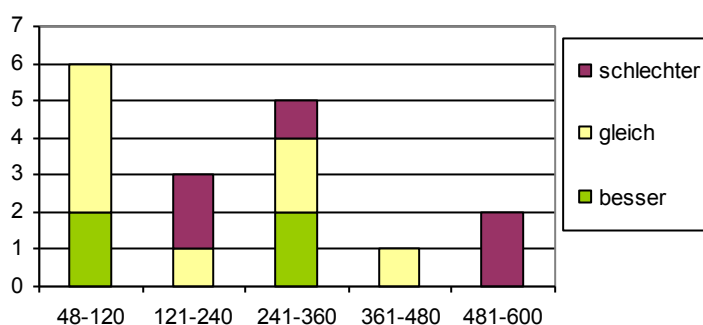
Zusammenfassend erhielten Patienten mit einer postoperativ verminderten Anlagestrecke zu 86% (6/7) eine schlechtere Gesamtwertung, besser bewertete Anlagestrecken wurden zu 75% (6/8) insgesamt postoperativ besser gewertet. Eine

verminderte Anlagestrecke wurde in der Länge entweder kürzer oder gleich bewertet, die Koordination der Velumbewegung zu 86% (6/7) schlechter oder unverändert gewertet. Der Patient, der bei verminderter Anlagestrecke des Velums eine insgesamt bessere Wertung erhielt, wurde in Koordination, Hebung und Abstand zur Rachenhinterwand in Ruhe verbessert gewertet. Patienten, die eine verbesserte Anlagestrecke zeigten, konnten in 50% (4/8) ebenfalls eine verbesserte Koordination und Hebung des Velums zeigen, zeitgleich jedoch lediglich einen unveränderten oder gar verschlechterten Abstand in Ruhe und eine unveränderte Länge des Velums.



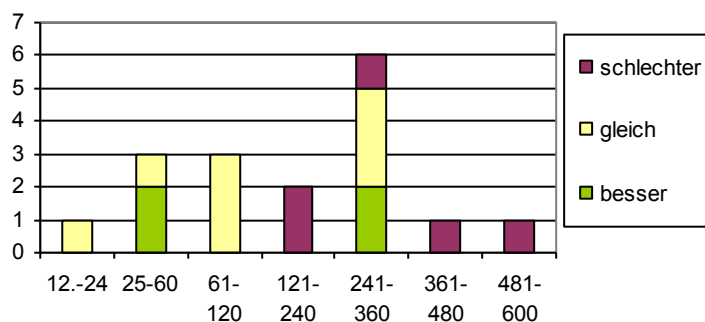
**Abbildung 108:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velumprominenz in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Gaumenplastik; x-Achse: Alter in Monaten zum Zeitpunkt der Gaumenplastik; y-Achse: Anzahl der Patienten

Eine Verbesserung der Velumprominenz zeigte sich bei Gaumenplastiken, die in den ersten zwei Lebensjahren durchgeführt wurden, und dann auch nur in 28% (4/14) der Fälle. Verschlechterungen der Prominenz traten im gleichen Zeitrahmen bei der gleichen Anzahl der Patienten auf.



**Abbildung 109:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velumprominenz in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Levatorplastik; x-Achse: Abstand in Monaten zum Zeitpunkt der Levatorplastik; y-Achse: Anzahl der Patienten

In Bezug auf das Alter zum Zeitpunkt der Levatorplastik konnte eine sichere Abhängigkeit der Velumprominenz in der postoperativen Wertung nicht gezeigt werden: Schlechtere Wertungen traten jedoch nur bei Patienten auf, die nach dem 10. Lebensalter eine Levatorplastik erhielten und traten bei Levatorplastiken zwischen dem 40. und 50. Lebensjahr zu 100% (2/2) auf.

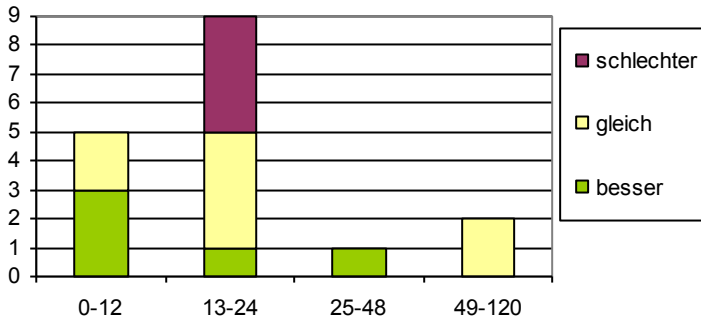


**Abbildung 110:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velumprominenz in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Abstand zwischen Gaumen- und Levatorplastik; x-Achse: Alter in Monaten zwischen den Operationen; y-Achse: Anzahl der Patienten

Je größer der Abstand zwischen Gaumen- und Levatorplastik, desto eher wurde die Velumprominenz schlechter bewertet: Während in den ersten Altersgruppen lediglich gleich bleibende oder positive Wertungen zu sehen waren, wurden die postoperativen Wertungen bei Abständen zwischen 10-20 und ab 30 Jahren schlechter bewertet. In der Gruppe mit einem Abstand von 20 bis 30 Jahre zeigten 50% (3/6) der Patienten postoperativ keine Änderung der Prominenz, 33% (2/6) eine Verbesserung. Bei kürzeren Abständen konnte bei einem Operationsabstand zwischen zwei und fünf Jahren zu 75% (2/3) eine Verbesserung der Velumprominenz nachgewiesen werden. Insgesamt zeigten 71% (5/7) der Patienten mit einem Abstand zwischen einem und zehn Jahren jedoch keine Änderung der Prominenz der Velumbewegung.

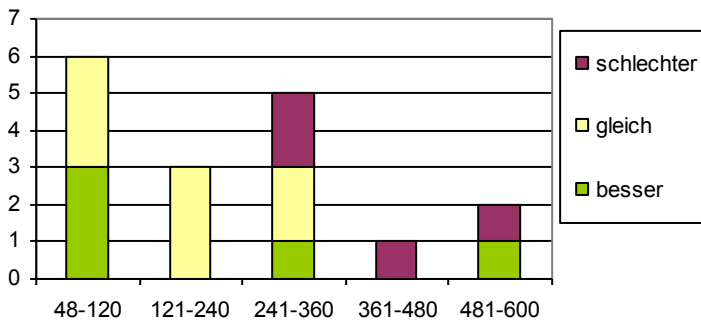
Wie in der Koordinationswertung wurden die in der Velumprominenz verbessert gewerteten Patienten ebenfalls zu 100% (4/4) in der Gesamtwertung, in der Velumhebung und in der Koordination postoperativ besser gewertet. Die Patienten mit einer bereits verbessert gewerteten Koordination wurden zu 66% (4/6) ebenfalls mit einer verbesserten Prominenz des Velums gewertet.

Eine postoperativ schlechter gewertete Prominenz zeigte bei 60% (3/5) der Patienten ebenfalls eine schlechtere Gesamtwertung an, die Wertungen der Länge, Hebung und Koordination des Velums dieser Patienten zeigte keine einheitliche Verteilung. Ein Patient mit einer schlechter gewerteten Prominenz, der in der Gesamtwertung verbessert gewertet wurde, zeigte eine Besserung der Hebungs- und der Koordinationswertung.



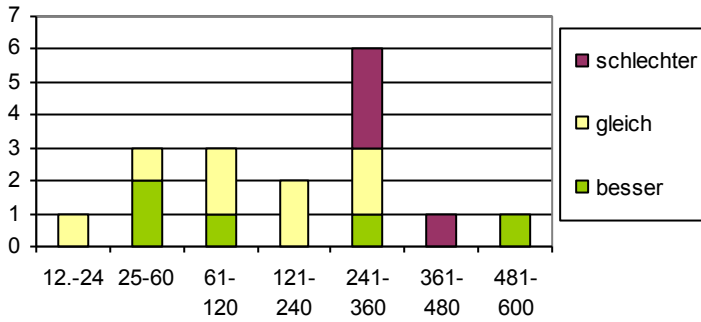
**Abbildung 111:** Prä- und postoperative Veränderungen der Verschlussbeständigkeit in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Gaumenplastik; x-Achse: Alter in Monaten zum Zeitpunkt der Gaumenplastik; y-Achse: Anzahl der Patienten

Die Verschlussbeständigkeit wurde in der ersten Altersgruppe der Gaumenplastik bis zum vollendeten ersten Lebensjahr zu 60% (3/5) verbessert und zu 40% (2/5) unverändert gewertet. Patienten, die während des zweiten Lebensjahres eine Gaumenplastik erhielten, konnten nach der Levatorplastik in 44% (4/9) eine Verschlechterung der Verschlussbeständigkeit zeigen.



**Abbildung 112:** Prä- und postoperative Veränderungen der Verschlussbeständigkeit in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Levatorplastik; x-Achse: Abstand in Monaten zum Zeitpunkt der Levatorplastik; y-Achse: Anzahl der Patienten

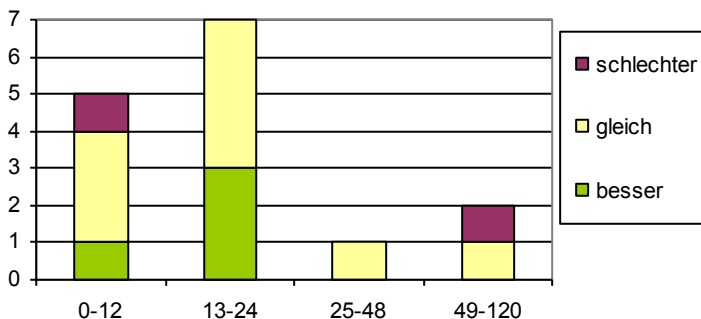
Ein ähnliches Bild zeigte die Abbildung im Verhältnis der Verschlussbeständigkeit zum Zeitpunkt der Levatorplastik: Eine bis zum vollendeten zweiten Lebensjahrzehnt durchgeführte Levatorplastik zeigte zu 66% (6/9) eine unveränderte und zu 33% (3/9) eine verbesserte Verschlussbeständigkeit. Wurde die Levatorplastik zwischen dem fünften und zehnten Lebensjahr durchgeführt, so stieg die Verbesserung auf 50% (3/6). Nach dem zwanzigsten Lebensjahr nahmen die Verschlechterungen der Verschlussbeständigkeit postoperativ zu.



**Abbildung 113:** Prä- und postoperative Veränderungen der Verschlussbeständigkeit in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Abstand zwischen Gaumen- und Levatorplastik; x-Achse: Alter in Monaten zwischen den Operationen; y-Achse: Anzahl der Patienten

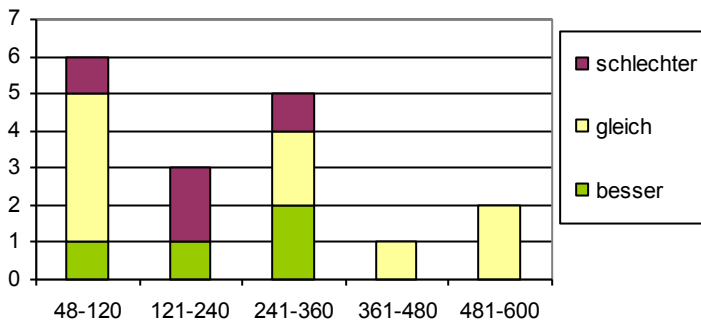
Auch im Verhältnis der beiden Operationszeitpunkte wurde eine verschlechterte Verschlussbeständigkeit erst nach einem Abstand von größer als 20 Jahren gewertet. Wurden die Operationen in einem Abstand zwischen zwei bis fünf Jahren durchgeführt, so zeigten 66% (2/3) eine Verbesserung, bei einem Abstand von fünf bis zehn Jahren 33% (1/3) eine Verbesserung.

In der Gesamtwertung und in der Bewertung der Anlagestrecke wurden 75% (3/4) der Patienten mit schlechterer Verschlussbeständigkeit ebenfalls ein schlechteres postoperatives Ergebnis. Ein Patient mit einer insgesamt verbesserten Wertung zeigte neben der schlechteren postoperativen Verschlussbeständigkeit verbesserte Länge, Koordination und Hebung des Velums. Patienten mit einer besseren postoperativen Verschlussbeständigkeit zeigten umgekehrt dazu in 80% (4/5) ebenfalls eine bessere Gesamtwertung und in 100% (5/5) eine bessere postoperative Anlagestrecke des Velums. Ein Patient mit einer verbesserten Beständigkeit der verbesserten Anlagestrecke wurde in Länge, Koordination und Hebung postoperativ schlechter bewertet und in der Gesamtwertung postoperativ schlechter gewertet.



**Abbildung 114:** Prä- und postoperative Veränderungen der Mittellinienannäherung in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Gaumenplastik; x-Achse: Alter in Monaten zum Zeitpunkt der Gaumenplastik; y-Achse: Anzahl der Patienten

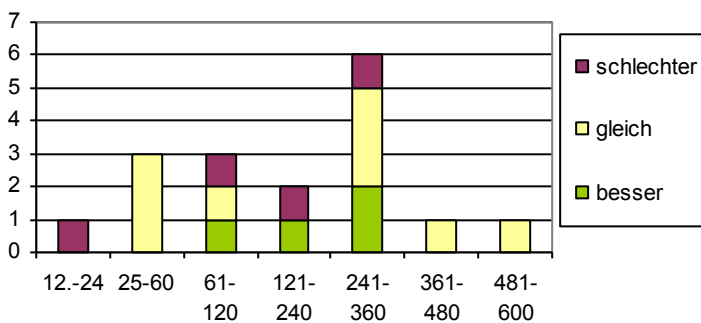




**Abbildung 115:** Prä- und postoperative Veränderungen der Mittellinienannäherung in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Levatorplastik; x-Achse: Abstand in Monaten zum Zeitpunkt der Levatorplastik; y-Achse: Anzahl der Patienten

Eine verbesserte Wertung der Mittellinienannäherung konnte in den Differenzierungen zum Alter der Patienten bei Gaumen- oder Levatorplastik nur in den jüngeren Altersgruppen nachgewiesen werden: Wurde die Gaumenplastik in den ersten zwei Lebensjahren durchgeführt, so zeigten insgesamt 33% (4/12) eine Besserung der Mobilität der pharyngealen Seitenwände nach der Levatorplastik, wurde die Levatorplastik bis zum 30. Lebensjahr durchgeführt, so zeigten 29% (4/14) der Patienten eine verbesserte Mittellinienannäherung der Seitenwände.

Schlechtere postoperative Wertungen traten in Bezug auf die Gaumenplastik nur in der jungen und älteren Altersgruppe, bei der Levatorplastik nur in den ersten 30 Lebensjahren auf. Wurde die Levatorplastik später durchgeführt, so wurde keine Veränderung der Mittellinienannäherung der pharyngealen Seitenwände mehr nachgewiesen.



**Abbildung 116:** Prä- und postoperative Veränderungen der Mittellinienannäherung in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Abstand zwischen Gaumen- und Levatorplastik; x-Achse: Alter in Monaten zwischen den Operationen; y-Achse: Anzahl der Patienten

Die Verteilung der Veränderungen der Mittellinienannäherung in Bezug auf den Abstand zwischen Gaumen- und Levatorplastik zeigte eine vermehrte Verbesserung in den Abständen zwischen fünf und dreißig Jahren Operationsabstand: Hier wurden insgesamt 27% (3/11) der postoperativen Wertungen besser gewertet. Ein Patient mit einem Operationsabstand von unter zwei Jahren wurde postoperativ schlechter gewertet.

Insgesamt ließen sich in der besseren und schlechteren Wertung der Mittellinienannäherung kaum Tendenzen zur Gesamtwertung anzeigen: Vier Patienten wurden besser (davon jeweils zwei besser und schlechter in der Gesamtwertung) und vier schlechter (davon ebenfalls zwei in der Gesamtwertung schlechter, einer jeweils besser oder unverändert) gewertet:

Patient	Mittellinien-Annäherung	Länge	Hebung	Koordination	Prominenz	Gesamtwertung (prä-/ post-OP)
5	3	2	1	1	2	1
11	3	3	3	3	3	3
12	3	2	3	3	3	3
18	3	1	2	2	1	1
2	1	3	1	2	1	2
14	1	2	3	1	2	3
23	1	1	1	1	2	1
24	1	1	3	2	2	1

**Tabelle 36:** Wertungsveränderungen der verbesserten und verschlechterten Mittellinienannäherungen (1 = schlechter, 2 = gleich, 3 = besser)

### Gesamtwertungen

Wurden die Art der Veränderungen mit der Änderung des Gesamtwertes verglichen, so zeigten sich folgende Übereinstimmungen zwischen den Änderungen der einzelnen Werte und dem objektiv addierten Gesamtwert:

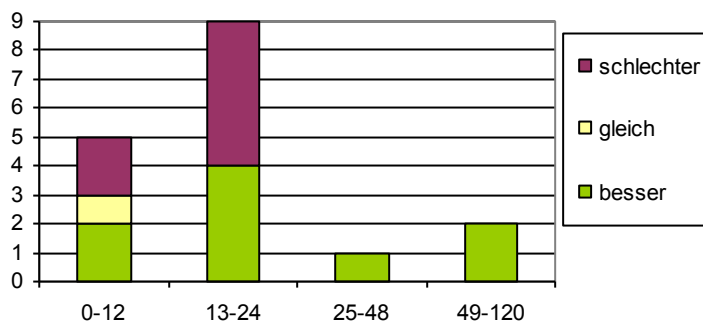
Patient	Bessere Wertungen	Gleiche Wertungen	Schlechtere Wertungen	Addierte Werte der Einzelwertungen	Objektiver Gesamtwert
2	2	2	4	2x -	Gleich
5	1	3	3	2x -	-6
6	2	4	2	Gleich	+2
8	5	1	1	4x +	+9
9	3	3	1	2x +	+3
11	6	1	1	5x +	+4
12	0	3	5	5x -	-7
13	5	2	1	4x +	+6
14	1	4	3	2x -	+2
15	5	2	0	5x +	+6
16	4	2	2	2x +	+7
17	1	3	4	3x -	-4
18	0	4	3	3x -	-3
21	3	2	2	1x +	+2

23	2	1	5	3x -	-3
24	1	3	4	3x -	-1
25	1	5	2	1x -	-4

**Tabelle 37:** Übersicht der addierten einzelnen Änderungen und der Gesamtwertung

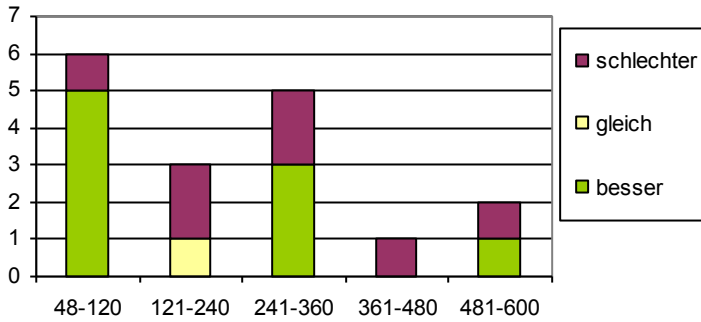
Aus dieser Tabelle konnte nun ein Vergleich der Änderungen der Einzelwertungen mit der objektiven Gesamtwertung erstellt werden: In 82% (14/ 17) der Fälle zeigten sich die Änderungen der Einzelwerte identisch zu den Änderungen des Gesamtwertes. Das bedeutet: Die addierten Änderungen der Wertungen einer einzelnen Untersuchung (z.B. der Länder des Velums) zeigten ein durchschnittlich positives oder negatives Ergebnis an, die Änderung der Gesamtwertung zeigte im Vergleich dazu eine korrelierende positive oder negative Änderung der Gesamtwertung an. In drei Fällen (18%, 3/17) stimmten diese Vergleiche nicht überein.

Dieser Vergleich zeigte jedoch nur die Übereinstimmung der relativen Häufigkeit der Einzelwertveränderungen mit der Änderung der Gesamtwertung an.



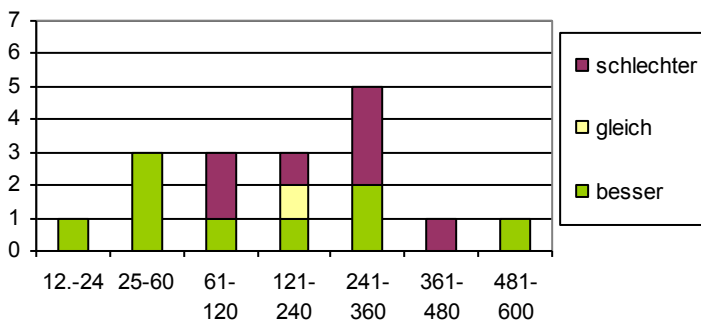
**Abbildung 117:** Prä- und postoperative Gesamtveränderungen in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Gaumenplastik; x-Achse: Alter in Monaten zum Zeitpunkt der Gaumenplastik; y-Achse: Anzahl der Patienten

Wurden die Veränderungen der objektiven Gesamtwertung im Verhältnis zum Zeitpunkt der Gaumenplastik aufgetragen, so zeigte sich, dass die Patienten mit einem Alter zwischen dem vollendeten zweiten Lebensjahr und dem zehnten Lebensjahr als verbessert nach stattgehabter Levatorplastik bewertet wurden. Bei einer Gaumenplastik im ersten Lebensjahr zeigten 40% je eine Verschlechterung oder Verbesserung der velopharyngealen Funktion nach Levatorplastik, Patienten mit einer Gaumenplastik innerhalb des zweiten Lebensjahres zeigten nach der Levatorplastik in 44% (4/9) eine verbesserte, in 56% (5/9) eine verschlechterte Gesamtwertung.



**Abbildung 118:** Prä- und postoperative Gesamtveränderungen in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Levatorplastik; x-Achse: Abstand in Monaten zum Zeitpunkt der Levatorplastik; y-Achse: Anzahl der Patienten

Die Gesamtveränderung im Vergleich zum Zeitpunkt der Levatorplastik zeigte eine Verbesserung von 83% (5/6) bei einer Levatorplastik zwischen dem fünften und zehnten Lebensjahr. Weitere Verbesserungen der Gesamtwertung konnten zwischen dem 20.-30. Lebensjahr (60%, 3/5) und zwischen dem 40.-50. Lebensjahr (50%, 1/2) gewertet werden.



**Abbildung 119:** Prä- und postoperative Gesamtveränderungen in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Abstand zwischen Gaumen- und Levatorplastik; x-Achse: Alter in Monaten zwischen den Operationen; y-Achse: Anzahl der Patienten

Eine verbesserte Wertung der velopharyngealen Funktion konnte bei einem Abstand der Gaumen- und Levatorplastik zwischen einem und fünf Jahren zu 100% (4/4) gegeben werden. Bei weiteren Abständen traten zu mehr oder weniger großen Anteilen verschlechterte Gesamtwertung auf: Bis zu zehn Lebensjahre ca. 66% (2/3), bis zu zwanzig Lebensjahre ca. 33% (1/3), bis zu Dreißig 60% (3/5) und bis zu vierzig Lebensjahre 100%. Die Patientin mit einem Operationsabstand von 594 Monaten zeigte jedoch erneut eine verbesserte postoperative Gesamtwertung.

Die Einzelwertungen, aus denen die objektive Gesamtwertung addiert wurde, zeigten in unterschiedlicher Weise eine Korrelnanz mit dem Gesamtergebnis oder untereinander wie in den Einzelauswertungen oben schon in Abschnitten beschrieben.

Hier wurden nun erneut am ehesten zusammenhängende Einzelwertungen mit der Gesamtveränderung verglichen, um später die Möglichkeit eines Zusammenhanges einzelner Werte auch zur Gesamtwertung zeigen zu können: Die Ruhewerte der Velumlänge, des Abstandes zur Rachenhinterwand und der Anlagestrecke zeigen bei 17 Patienten eine geringe Anzahl von übereinstimmenden postoperativen Ergebnissen:

Patient	Länge	Abstand	Anlagestrecke	Gesamtwertung
2	3	1	3	2
5	2	3	1	1
6	3	1	3	3
8	2	1	3	3
9	3	1	3	3
11	3	3	2	3
12	2	2	1	1
13	2	1	3	3
14	2	1	2	3
15	2	2	3	3
16	2	1	3	3
17	2	2	1	1
18	1	2	1	1
21	1	3	1	3
23	1	1	3	1
24	1	1	1	1
25	2	3	1	1

**Tabelle 38:** Wertungsveränderungen der Velumlänge, des Abstandes zur Rachenhinterwand, der Anlagestrecke und der Gesamtwertung (1 = schlechter, 2 = gleich, 3 = besser)

In der statistischen Auswertung zeigte sich:

		Länge	Abstand	Anlagestrecke	Gesamtwertung
<b>Länge</b>	Correlation Coefficient	1,000	-,125	,452	,435
	Sig. (2 seitig)		,633	,068	,081
	N	17	17	17	17
<b>Abstand</b>	Correlation Coefficient	-,125	1,000	-,684**	-,281
	Sig. (2 seitig)	,633		,002	,274
	N	17	17	17	17
<b>Anlagestrecke</b>	Correlation Coefficient	,452	-,684**	1,000	,630**
	Sig. (2 seitig)	,068	,002		,007
	N	17	17	17	17
<b>Gesamtwertung</b>	Correlation Coefficient	,435	-,281	,630**	1,000
	Sig (2 seitig)	,081	,274	,007	
	N	17	17	17	17

**Tabelle 39:** Korrelation zwischen Länge, Abstand, Anlagestrecke und Gesamtwertung.

\*\*Korrelation gilt als signifikant ab 0,01 (2 seitig) - (Spearman's rho)

Damit konnten statistisch signifikante Korrelationen zwischen Abstand und Anlagestrecke ( $\rho = -0,684$ ,  $p = 0,002$ ) sowie zwischen Anlagestrecke und Gesamtwertung ( $\rho = 0,630$ ,  $p = 0,007$ ) festgestellt werden.

In einem einzigen Fall wurden Länge, Abstand, Anlage und Gesamtwertung alle identisch mit einer Verschlechterung gewertet. Wurden bereits zwei gleiche Einzelmessungen übereinstimmend mit der Gesamtwertung gezählt, so wurden mit der eben bereits genannten Übereinstimmung insgesamt 29% (5/17) übereinstimmend verändert gewertet. Velumlänge und Abstand zur Rachenhinterwand wurden in 35% (6/17), Velumlänge und Anlagestrecke an der Rachenhinterwand wurden in 41% (7/17) identisch verändert bewertet.

In den Einzelwertungen zeigte sich bereits, dass Verbesserungen der Velumlänge bei einer Gaumenplastik zwischen dem 18. und 22. Lebensmonat auftraten und in der Gesamtwertung eine Verbesserung zeigten. Veränderungen des Abstandes zur Rachenhinterwand wurden fast zur Hälfte mit einer gegenteiligen Hebung und Gesamtwertung bewertet. Die Beurteilungen der Anlagestrecke zeigten eine fast identische Veränderung der Gesamtwertung und bei einer Verbesserung in 50% (4/8) ebenfalls eine verbesserte Koordination und Hebung bei unveränderten oder verschlechterten Abstand und Länge.

Die Wertungen des bewegten Velums im Verhältnis zur Gesamtwertung zeigen in 18% (3/17) eine absolute und in 59% (10/17), also in drei von vier Unterschieden eine zur Gesamtwertung identische oder bei überwiegend unveränderten Einzelwertungen mit einer identisch veränderten Einzelwertung, gleich gewertete Veränderung.

Untereinander zeigten sich neben den drei absolut identischen Wertungen der einzelnen Kriterien in vielen Fällen weitere Übereinstimmungen: In vier Fällen wurden Hebung, Koordination und Prominenz identisch verändert gesehen, davon zweimal (50%, 2/4) identisch zur Gesamtveränderungen. In drei weiteren Fällen konnten Koordination, Prominenz und Verschlussbeständigkeit identisch verändert gewertet werden, davon ein Fall (33%, 1/3) mit identischer Gesamtwertung. In zwei weiteren Fällen waren Hebung, Koordination und Beständigkeit gleich gewertet worden, davon einer (50%, 1/2) identisch zur Gesamtwertung. In den übrigen fünf Fällen zeigten sich bei weiteren vier „Pärchenbildungen“ mit identischen Wertungen in Hebung und Koordination sowie in Prominenz und Beständigkeit.

Zu diesen Aufzählungen als Übersicht folgende Tabelle:

Patient	Hebung	Koordination	Prominenz	Beständigkeit	Gesamtwertung
2	1	2	1	2	2
5	1	1	2	2	1
6	1	2	2	2	3
8	3	3	3	3	3
9	2	2	2	3	3
11	3	3	3	1	3
12	1	1	1	1	1

13	3	3	3	2	3
14	3	1	2	2	3
15	3	3	3	3	3
16	3	3	1	3	3
17	3	1	1	1	1
18	2	2	1	2	1
21	3	3	2	2	3
23	1	1	2	3	1
24	3	2	2	2	1
25	2	2	2	1	1

**Tabelle 40:** Wertungsveränderungen der Velumhebung, der Velumkoordination, seiner Prominenz und der Beständigkeit des velopharyngealen Verschlusses sowie der Gesamtwertung (1 = schlechter, 2 = gleich, 3 = besser)

In der statistischen Auswertung zeigten sich erneut positive Korrelationen:

		Hebung	Koordination	Prominenz	Beständigkeit	Gesamtwertung
<b>Hebung</b>	Correlation Coefficient	1,000	,570*	,393	,076	,476
	Sig (2seitig)		,017	,119	,773	,054
	N	17	17	17	17	17
<b>Koordination</b>	Correlation Coefficient	,570*	1,000	,506*	,300	,681**
	Sig (2seitig)	,017		,038	,242	,003
	N	17	17	17	17	17
<b>Prominenz</b>	Correlation Coefficient	,393	,506*	1,000	,234	,519*
	Sig (2seitig)	,119	,038		,367	,033
	N	17	17	17	17	17
<b>Beständigkeit</b>	Correlation Coefficient	,76	,300	,234	1,000	,410
	Sig (2seitig)	,773	,242	,367		,102
	N	17	17	17	17	17
<b>Gesamtwertung</b>	Correlation Coefficient	,476	,681**	,519*	,410	1,000
	Sig (2seitig)	,054	,003	,033	,102	
	N	17	17	17	17	17

**Tabelle 41:** Korrelation zwischen Hebung, Koordination, Prominenz, Beständigkeit und Gesamtwertung.

\*Korrelation gilt als signifikante ab 0,05 (2 seitig) - (|Spearman's rho|); \*\*Korrelation gilt als signifikant ab 0,01 (2 seitig) - (|Spearman's rho|)

Zwischen Koordination und Hebung ( $\rho = 0,570$ ,  $p = 0,017$ ), Prominenz und Koordination ( $\rho = 0,506$ ,  $p = 0,038$ ) sowie Koordination und Gesamtwertung ( $\rho = 0,681$ ,  $p = 0,003$ ) zeigten sich statistisch signifikante positive Korrelationen.

In den Einzelwertungen wurden bereits Übereinstimmungen beschrieben: Patienten mit einem Operationsabstand von einem bis fünf Jahren konnten zu 100% (4/4) eine Verbesserung der Velumhebung und der Gesamtwertung zeigen. Zu 71% (12/17) zeigten sie eine Übereinstimmung mit der Koordinationswertung, in 29% (5/17) mit der Beständigkeit des Verschlusses und in 59% (10/17) eine Übereinstimmung mit der Gesamtwertung. Eine verbesserte Koordinationswertung wurde ebenfalls in

100% (6/6) mit einer verbesserten Gesamtwertung, eine verschlechterte in 80% (4/5) und eine gleich bleibende ebenfalls mit einer identischen Gesamtveränderung gewertet.

Die gleichen Patienten, die eine Verbesserung der Koordination und der Gesamtwertung zeigten, konnten zu 66% (4/6) ebenfalls eine verbesserte Prominenz zeigen. Eine verschlechterte Prominenz wurde in 60% (3/5) auch in der Gesamtwertung schlechter beurteilt. Insgesamt wurden 41% (7/17) der Prominenzwertungen identisch mit der Gesamtwertung angegeben. Die Beurteilung der Beständigkeit wurde in 41% (7/17) identisch zur Gesamtwertung gewertet, 75% (3/4) wurden auch gesamt schlechter 80% (4/5) auch gesamt besser bewertet. Die verbesserte Beständigkeit wurde in 100% (5/5) ebenfalls mit einer verbesserten Anlagestrecke bewertet, eine verschlechterte mit 75% (3 /4) mit einer schlechteren Anlage.

Die Mittellinienannäherung als koronare Schnittebene zeigte bereits in der Einzelwertung keine Korrelanz zu den anderen Wertungen oder zur Gesamtwertung, daher wird auf eine erneute Auflistung verzichtet.

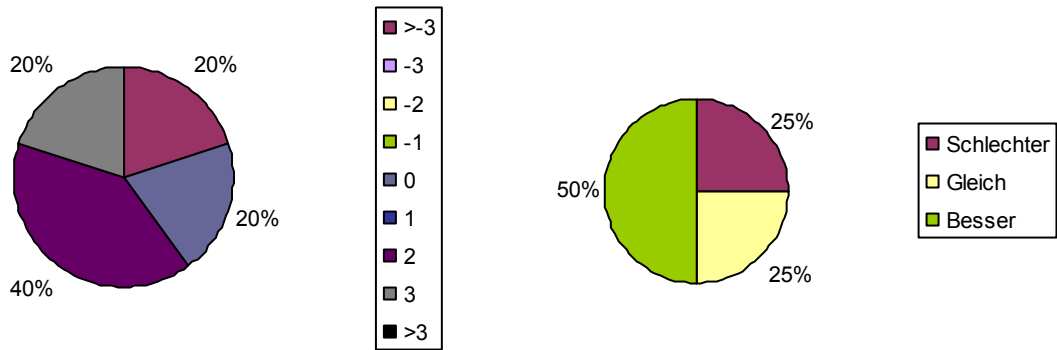
#### Daten der MRT-Untersuchungen

Die Vergleiche der MRTs waren zahlenmäßig geringer, begründet in der fehlenden präoperativen MRT-Untersuchung der Patienten, die zu Studienbeginn bereits eine Levatorplastik stattgehabt haben und aufgrund von Kontraindikationen, wie z.B.: Metallimplantaten, die postoperativ eine MRT-Untersuchung entweder unmöglich oder nicht auswertbar machten: Bei diesen Untersuchungen wurden 60% (3/5) der Patienten besser, 20% (1/5) gleich und 20% (1/5) schlechter bewertet als in den präoperativen Aufnahmen. Eine statistische Auswertung ist aufgrund der geringen Datenmenge unter sechs Patienten nicht relevant und daher nicht durchgeführt worden.

Patient	Diagnose	Gaumenplastik (Lebensmonat)	Levatorplastik (Lebensmonat)	PräOP MRT	PostOP MRT
11	3	22.	269.	13	9
12	3	24.	502.	12	15
18	3	23.	231.	19	19
21	2	69.	81.	8	10
24	3	22.	142.	11	13

**Tabelle 42:** Gesamtauswertungen MRT prä- und postoperativ

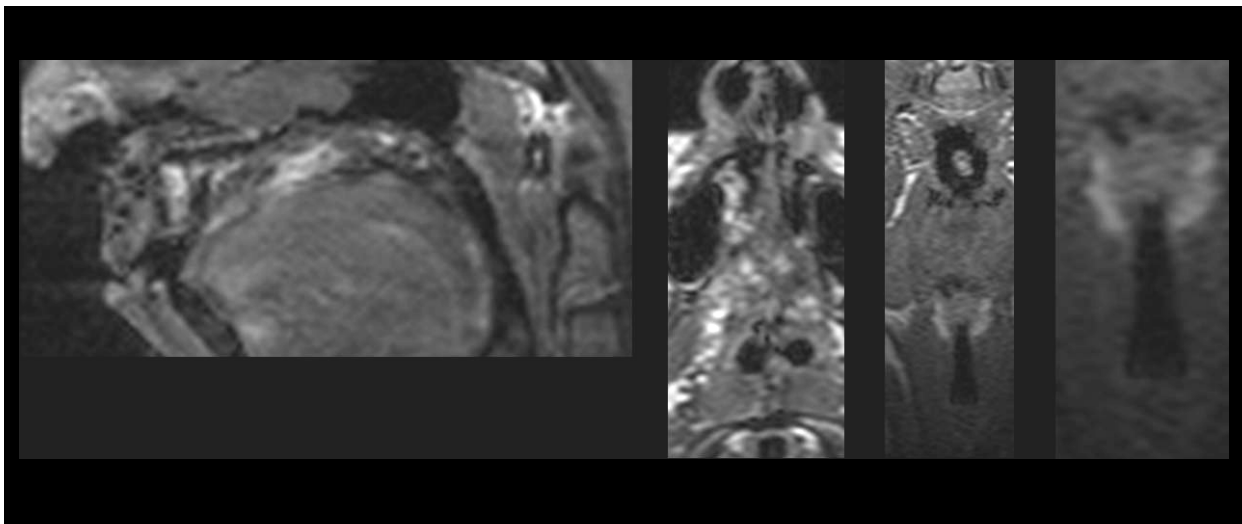




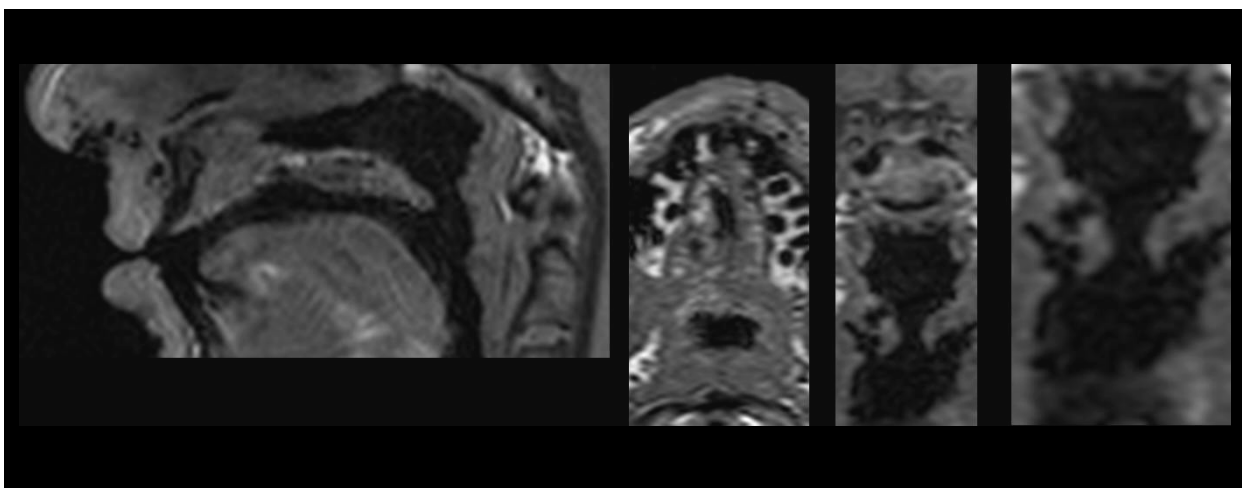
**Abbildung 120:** Differenzen zwischen prä- und postoperativer MRT-Untersuchung

**Abbildung 121:** Veränderungen zwischen prä- und postoperativer MRT-Untersuchung

Im zweiten Teil der prä- und postoperativen Studie werden nun die MRT-Untersuchungen miteinander verglichen:



**Abbildung 122:** Patient 11, präoperative Anatomie-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx, nebenbefundlich nach VPP

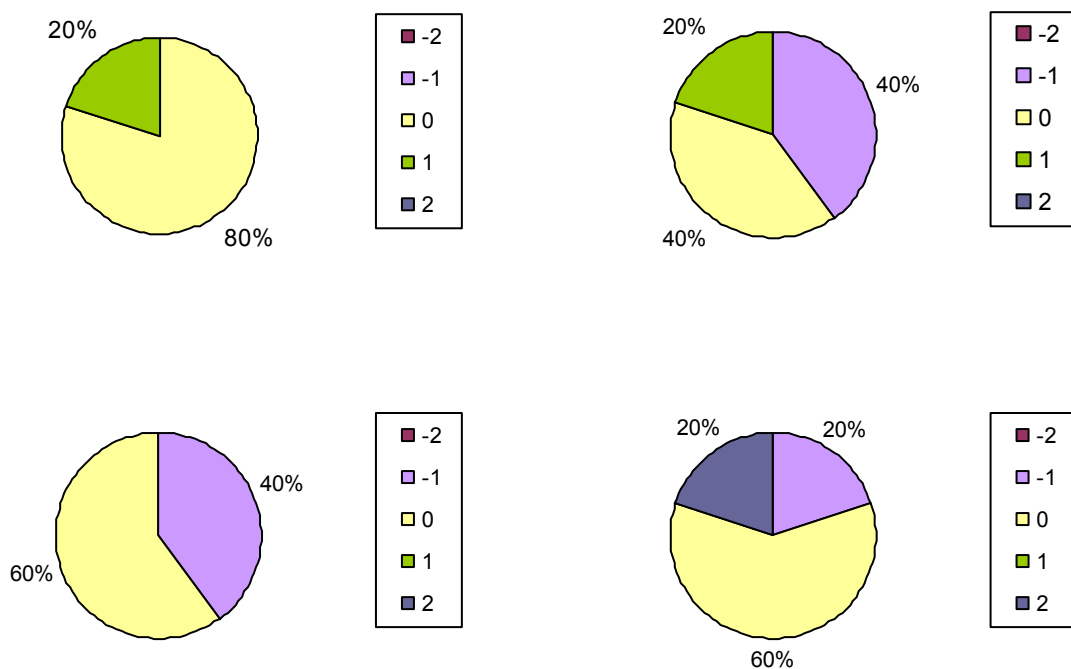


**Abbildung 123:** Patient 11, postoperative Anatomie-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx

Patient	PräMRT Länge Velum	PostMRT Länge Velum	PräMRT Dicke Velum	PostMRT Dicke Velum	PräMRT Hebung Velum	PostMRT Hebung Velum	PräMRT Abstand RHW sagittal	PostMRT Abstand RHW sagittal
11	1	1	1	2	3	2	1	3
12	1	1	3	3	4	3	2	1
18	2	2	2	1	4	4	2	2
21	1	2	3	3	2	2	2	2
24	1	1	3	2	3	3	2	2

**Tabelle 43:** Wertungen prä- und post-MRT; Länge, Dicke, Hebung und Abstand des Velums

Auch in der kleinen Anzahl der möglichen Vergleiche in dieser Gruppe zeigen sich Verteilungen in den verschiedenen Wertungsmöglichkeiten: Die Länge des Velums verändert sich in 80% (4/5) der Fälle in den Wertungen nicht. Die Dicke wird in 40% (2/5), die Hebung und der Abstand in Ruhe zur Rachenhinterwand werden in 60% (3/5) gleich zur präoperativen Wertung angegeben.



**Abbildung 124:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der Länge des Velums; **Abbildung 125:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der Dicke des Velums

**Abbildung 126:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der Hebung des Velums; **Abbildung 127:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der Abstand des Velums zur RHW

Nur 20% (1/5) zeigten eine Zunahme der Länge des Velums um einen Wertungspunkt, der Rest wird gleich zur präoperativen Wertung angegeben. Die Dicke des Velums wurde postoperativ jeweils bei 20% (1/5) der Patienten verdickt

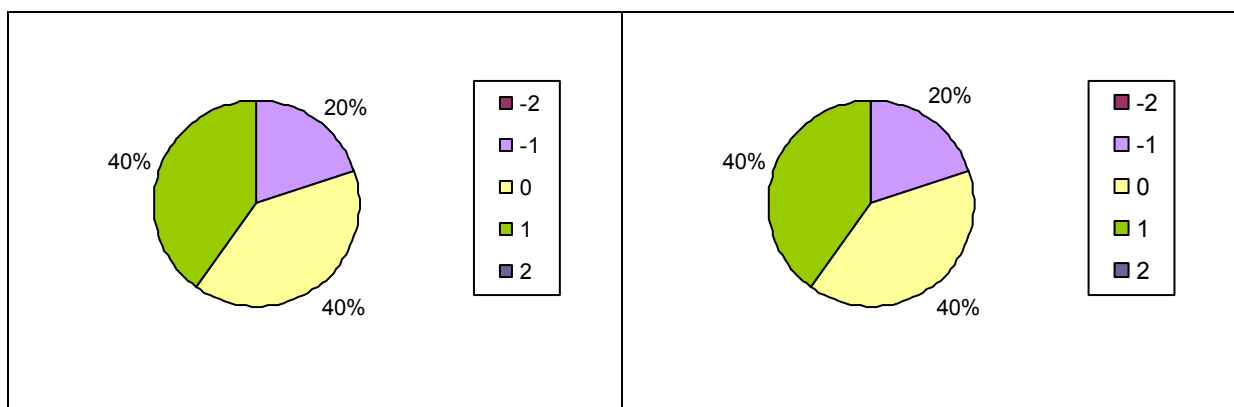
und bei 40% (2/5) verschmälert gewertet, also wurde bei 60% (3/5) eine Änderung der Dicke gewertet, 40% (2/5) der Wertungen waren übereinstimmend.

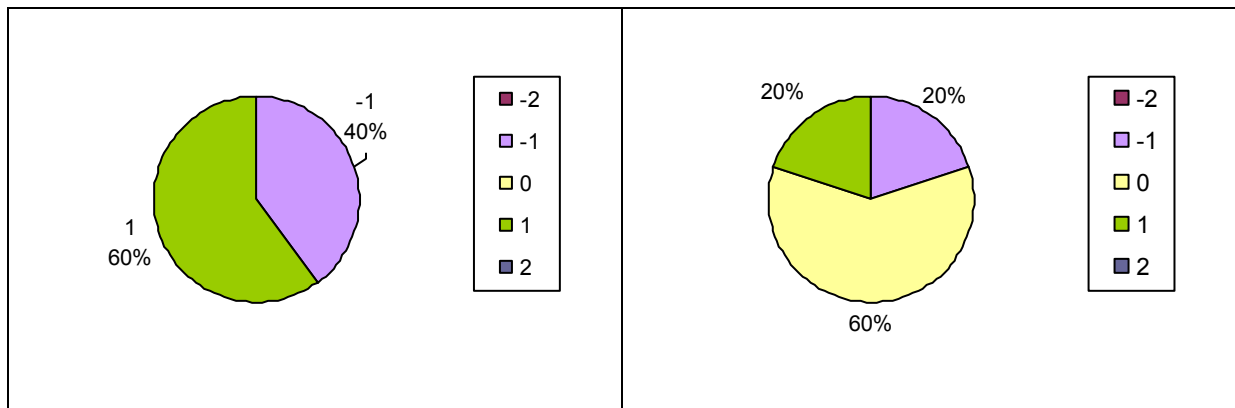
Die Hebung des Velums bei Bewegung im Vergleich zum harten Gaumen wurde bei 40% (2/5) der Patienten weniger hoch zur Voruntersuchung, in 60% (3/5) gleich gewertet. In der Abstandswertung des Velums zur Rachenhinterwand zeigten 40% (2/5) der postoperativ untersuchten Patienten eine Änderung der Wertung: Jeweils 20% (1/5) wurden um einen Wertungspunkt weniger oder um 2 Punkte mehr bewertet. Gleiche Wertungen wurden bei 60% (3/5) gegeben.

Patient	PräMRT Prominenz	PostMRT Prominenz	PräMRT Koord.	PostMRT Koord.	PräMRT Anlage	PostMRT Anlage	PräMRT Beständ.	PostMRT Beständ.
11	1	1	2	1	4	3	2	1
12	1	2	2	3	3	4	1	2
18	2	3	3	3	6	5	2	2
21	2	1	1	2	1	2	1	1
24	2	2	3	3	1	2	1	1

**Tabelle 44:** Wertungen prä- und post-MRT; Velumprominenz, Koordination der Bewegung, Anlagestrecke an RHW und Beständigkeit des Abschlusses

Die postoperativen Wertungen waren bei 40% (2/5) der Patienten bei den Wertungen von Prominenz des Velums und bei der Koordination der Velumbewegung unverändert geblieben, Beständigkeit des Abschlusses blieb in 60% (3/5) der Fälle gleich, während die Anlagestrecke des Velums an der Rachenhinterwand in keinem Fall eine gleich bleibende Wertung zeigte.





**Abbildung 128:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der Prominenz des Velums; **Abbildung 129:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der Koordination des Velums

**Abbildung 130:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der Anlagestrecke des Velums an der RHW; **Abbildung 131:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der Beständigkeit des Abschlusses

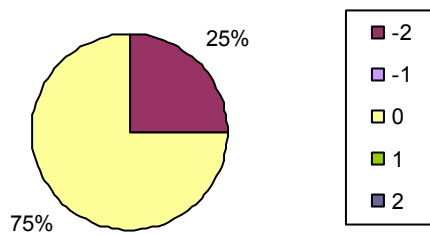
Bei 20% (1/5) der Patienten wurde die Prominenz des Velums um einen Wertungspunkt weniger, bei 40% (2/5) um einen Wertungspunkt mehr gewertet. Ebenso zeigte sich bei der Koordination bei 20% (1/5) der Patienten eine Verminderung der Wertung um einen Punkt und bei 40% (2/5) der Patienten eine Steigerung um einen Wertungspunkt.

Die Anlagestrecke des Velums an der Rachenhinterwand wurde in 60% (3/5) der Fälle um einen Wertungspunkt mehr und in 40% (2/5) um einen Punkt weniger gewertet. Anders bei der Wertung der Abschlussbeständigkeit: Hier zeigten 60% (3/5) der Patienten keine Änderung der Beständigkeit, während 20% (1/5) entweder eine Punktsteigerung um einen Wertungspunkt oder eine Minderung um einen Punkt in der Auswertung zeigten.

Patient	PräMRT Adenoide	PostMRT Adenoide	PräMRT Gestalt axial	PostMRT Gestalt axial	PräMRT Lage Restöff. axial	PostMRT Lage Restöff. axial	PräMRT Position V. axial	PostMRT Position V. axial
11	1	1	6	1	5	1	1	1
12	4	4		3	3	1	1	1
18	2	2	1	2	4	4	1	1
21		1	2	1	3	1	1	1
24	4	2	1	3	1	2	2	1

**Tabelle 45:** Adenoid- und axiale Wertungen prä und post-MRT; Adenoide, Verschlussgestalt, Lage der Restöffnung, Position des Velums

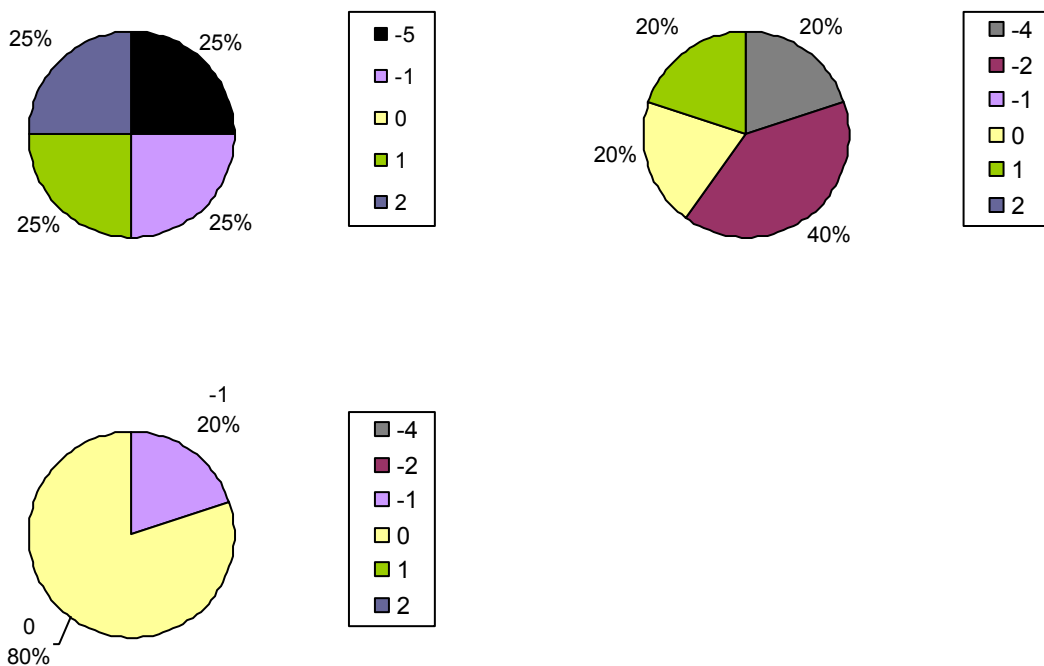
Die Lage der Restöffnung änderte sich in 20% (1/5) der Fälle nicht. Die Wertungen der Adenoide zeigten in 75% der Fälle (3/4, in einem Fall wurde keine präoperative Adenoidwertung durchgeführt) und in der Wertung der Position des Velums in 80% (4/5) den prä- und postoperativen MRT-Aufnahmen zeigten in einen identischen Punktwert. Die Gestalt der axialen Restöffnung wurde in keinem Fall gleich gewertet.



**Abbildung 132:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der Adenoide und der axialen Velumposition

Die Wertungen der Adenoide zeigten bei 25% (1/4) eine Verminderung um zwei Wertungspunkte und bei 75% (3/4) keine Veränderung. Der Patient mit der geänderten Wertung zeigte eine Verkleinerung der Adenoide.

Dagegen zeigte die axiale Verschlussgestalt in keinem Fall eine Übereinstimmung der prä- und postoperativen Wertungen: Die axiale Verschlussgestalt zeigte jeweils zu 25% (1/4, erneut eine präoperativ fehlende Wertung) eine Änderung zu einer Punktwertminderung von einem oder fünf Wertungspunkten oder einer Punktvermehrung um einen bzw. zwei Wertungspunkte. Postoperativ wurden die präoperativen koronalen Gestalten postoperativ einmal als sagittal, einmal als zirkulär gewertet, eine sagittale Wertung als koronal gesehen und Zustand nach VPP nach der Levatorplastik postoperativ als koronal gewertet:



**Abbildung 133:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der axialen Verschlussgestalt;

**Abbildung 134:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der axialen Lage der Restöffnung

**Abbildung 135:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der axialen Position des Velums

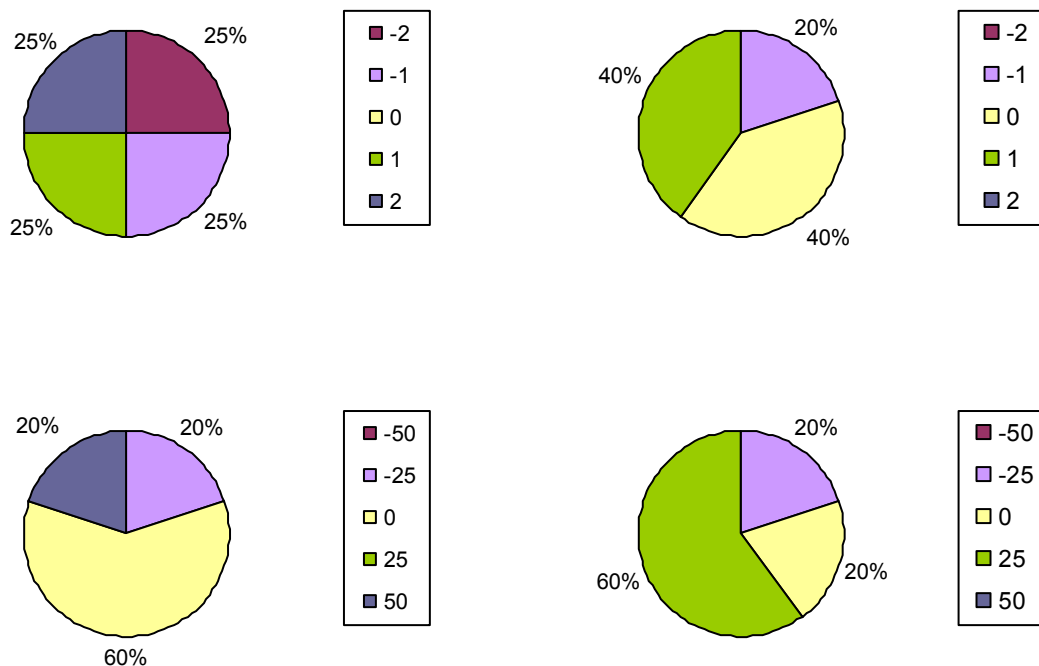
Die axiale Restöffnung lag in der postoperativen MRT-Wertung bei 40% (2/5) der Patienten um zwei, in 20% (1/5) um vier Wertungspunkte niedriger oder um einen Punkt höher als in der präoperativen Wertung. Insgesamt hatten sich also 80% (4/5) der Wertungen geändert. Damit wurden zwei rechtsseitig gewertete Restöffnungen postoperativ zentral gewertet, eine präoperativ zentrale Öffnung linksverlagert gesehen, eine beidseitige Restöffnung postoperativ zentral gewertet und eine fehlende Restöffnung als unverändert gewertet.

Die Position des Velums wurde in 20% (1/5) der Fälle um einen Wertungspunkt weniger gewertet und damit von linksseitig als mittig gewertet. 80% (4/5) wurden prä- und postoperativ identisch als zentral liegend gewertet.

Patient	PräMRT Kontur koronar	PostMRT Kontur koronar	PräMRT Symm. koronar	PostMRT Symm. koronar	PräMRT Mittellinie	PostMRT Mittellinie	PräMRT Beurteil.	PostMRT Beurteil.
11	1	2	1	1	75-75	75-75	3	2
12		1	2	1	25-50	25-25	2	3
18	2	1	1	1	75-75	50-50	4	4
21	1	3	1	2	25-25	25/50	1	2
24	3	1	1	2	25/25	75/50	2	2

**Tabelle 46:** Koronare Wertungen Prä- und Post-MRT-Aufnahmen: Kontur Rachenbewegung, Symmetrie, Ausmaß der Bewegung relativ zur Mittellinie, Abschlussbeurteilung

Die koronaren MRT-Aufnahmen wurden bei der Kontur (eine fehlende präoperative Wertung) in keinem Fall gleich zu den präoperativen Wertungen gewertet. Bei der Symmetrie der Rachenbewegungen zeigten 40% (2/5) der Fälle eine unveränderte postoperative Wertung. Die Mittellinienannäherung der Rachenseitenwände und die subjektive Gesamtbeurteilung zeigten sich bei 40% (2/5) der Patienten komplett unverändert.

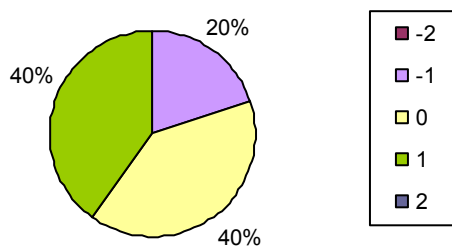


**Abbildung 136:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der koronaren Kontur des Verschlusses; **Abbildung 137:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der koronaren Symmetrie der pharyngealen Seitenwände

**Abbildung 138:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der Mittellinienannäherung der rechten Pharynxwand; **Abbildung 139:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der Mittellinienannäherung der linken Pharynxwand

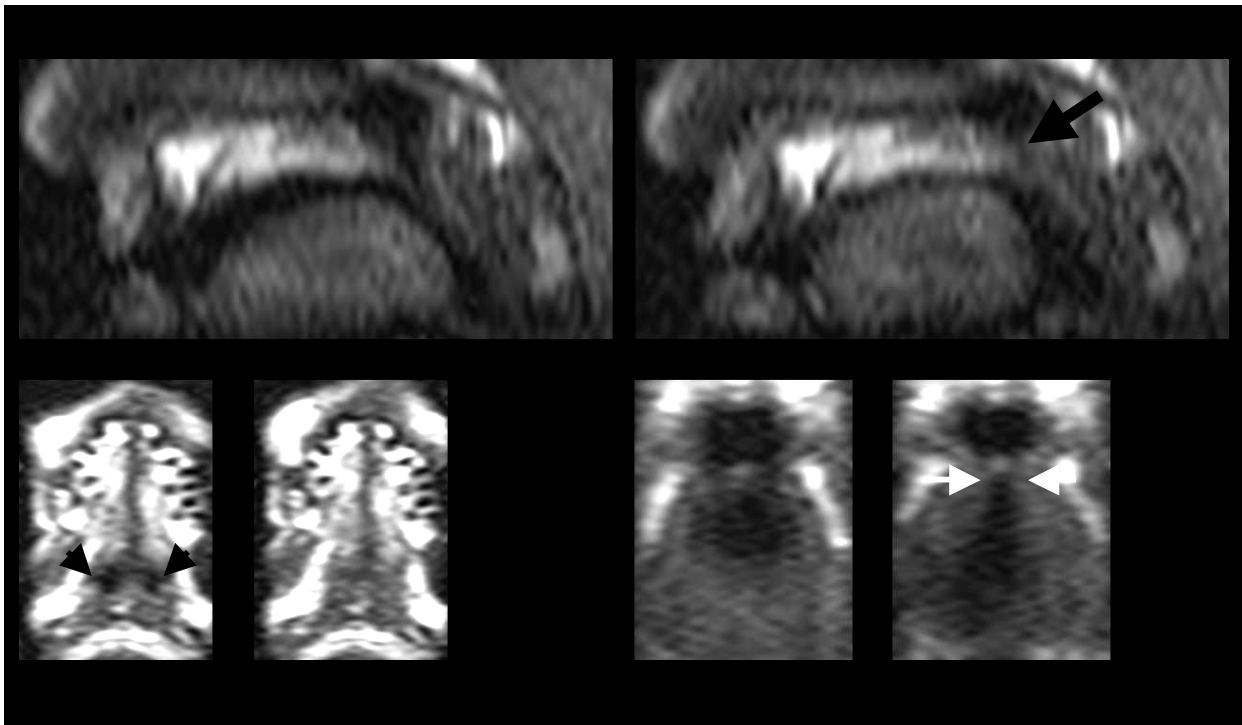
Die koronare Kontur der Pharynxseitenwände wurde in einem Viertel der Fälle (1/4) um einen oder zwei Punkte mehr um einen oder zwei Wertungspunkt weniger beurteilt, dies bedeutete im Einzelfall: eine Shelf-Kontur wurde portoperativ ballonförmig gesehen, eine ballonförmige postoperativ shelfförmig, ebenso wurde eine vertikale Kontur postoperativ shelfförmig beurteilt und umgekehrt. Die Symmetrie der Seitenwände wurde bei 20% (1/5) der Patienten mit einem Verlust von einem und damit mit einer präoperativ asymmetrischen als postoperativ symmetrischen Bewegung gewertet. Bei 40% (2/5) wurde mit einem Punktezuwachs von je einem Wertungspunkt beurteilt und bedeutete somit eine Veränderung von einer symmetrischen Bewegung zu einer asymmetrischen. Weitere 40% (2/5) zeigten postoperativ eine unveränderte symmetrische pharyngeale Bewegung der Seitenwände.

Die rechte und die linke Pharynxwand wurde bei 20% (1/5) der Patienten mit einer um 25% verminderten Mittellinienannäherung gewertet, während die rechte Pharynxwand bei 20% (1/5) der Fälle eine um 50% gesteigerte und die linke Pharynxwand in 60% (3/5) der Fälle eine um 25% vermehrte Annäherung an die Mittellinie zeigte: Eine Änderung der Mittellinienannäherung zeigte sich bei den MRT-Auswertungen also in insgesamt 80% (4/5) der Fälle.

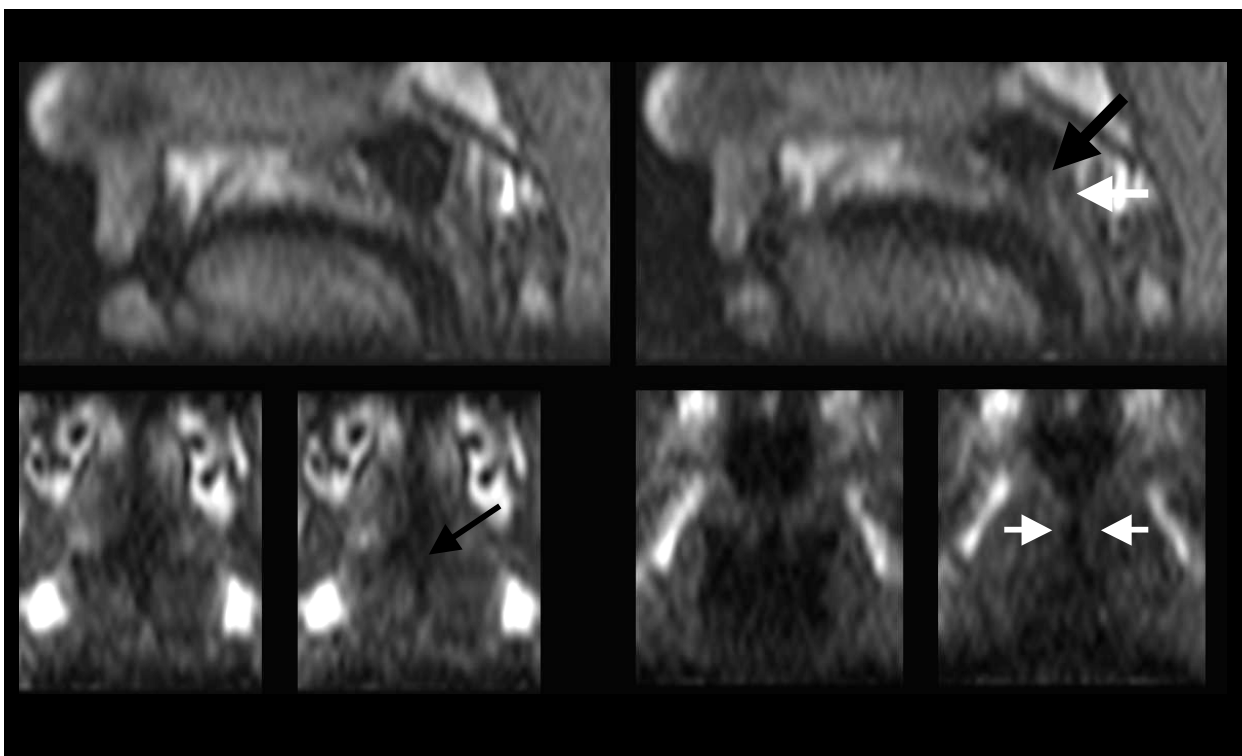


**Abbildung 140:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der subjektiven Gesamtwertung

Die subjektive Gesamtwertung der MRT-Aufnahmen zeigte in 20% (1/5) der Fälle eine Abnahme der Wertungsmenge, jedoch bei 40% (2/5) der Patienten eine Zunahme um jeweils einen Wertungspunkt.



**Abbildung 141:** Patient 11, präoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx; Grenzwertiger velopharyngealer Verschluss (schwarzer Pfeil): Verkürztes, dünnes Velum, das sich bei Anspannung bis zur Höhe des harten Gaumens hebt, in Ruhe mit kurzen Abstand zur RHW, keine Prominenz des Velums mit mäßig diskordinierten Bewegungen, bei maximaler Annäherung an die RHW beständige Berührung; In der axialen Ebene Gestalt als Z.n. VPP gewertet, die Lage der Restöffnung somit rechts und links bei mittigen Velum (schwarze Pfeile); In der Koronaren Ebene shelfförmige Kontur (weiße Pfeile) mit symmetrischer Annäherung der pharyngealen Seitenwände an die Mittellinie von bds. 75%; Nebenbefundlich seitliche Kompensation.



**Abbildung 142:** Patient 11, postoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx; Insuffizienter velopharyngealer Verschluss (schwarzer Pfeil): Verkürztes, normal dickes Velum, das sich bei Anspannung unter der Höhe des harten Gaumens bleibt, in Ruhe mit weiter Abstand zur RHW, keine Prominenz des Velums mit stark diskordinierten Bewegungen, bei maximaler Annäherung an die RHW unbeständige nahe Annäherung mit leichten



PW; In der axialen Ebene Gestalt als koronal gewertet (dünner schwarzer Pfeil), die Lage der Restöffnung mittig bei ebenfalls mittigen Velum; In der koronaren Ebene ballonförmige Kontur (weiße Pfeile) mit symmetrischer Annäherung der pharyngealen Seitenwände an die Mittellinie von bds. 75%; Nebenbefundlich seitliche und beg. dorsale Kompensation (weißer Pfeil).

## Gesamtwertungen

Aufgrund der geringen Fallzahl der prä- und postoperativen Wertungen der Kernspintomographie wurde auf eine Einteilung in Altersgruppen verzichtet. Alle Patienten erhielten zwischen dem 22. Lebensmonat und dem 5 9/12 Lebensjahr eine Gaumenplastik, die Levatorplastik wurde zwischen dem 6. und ca. 40. Lebensjahr durchgeführt, die Operations-Abstände variieren zwischen 12 Monaten und ca. 40 Jahren.

Um eine Gesamtübersicht über die gezeigten Änderungen zu erhalten, wurden jedoch die relevantesten Änderungen in einer Übersicht gezeigt:

Patient	GP	LP	Länge	Hebung	Abstand	Koordination	Anlage	Prominenz	Beständigkeit	Mittellinie	Gesamtwert
11	22.	269.	2	1	3	1	1	2	1	2	-1
12	24.	502.	2	1	1	3	3	3	3	3	+1
18	23.	231.	2	2	2	2	1	3	2	1	0
21	69.	81.	3	2	2	3	3	1	2	3	+1
24	22.	142.	2	2	2	2	3	2	2	3	0

**Tabelle 47:** Gesamtauswertungen MRT prä- und postoperativ; GP= Zeitpunkt der GP in Lebensmonaten, LP= Zeitpunkt der LP in Lebensmonaten, 1 = schlechter, 2 = gleich, 3 = besser

Diese Tabelle zeigt, dass in der MRT-Darstellung bei 60% (3/5) der Patienten die Anlagestrecke des Velums an der Rachenhinterwand und die Mittellinienannäherung der pharyngealen Seitenwände eine bessere Wertung postoperativ zeigen. In den Beurteilungen der Velumlänge, der Velumhebung, des Ruhe-Abstands zur Rachenhinterwand und in der Beständigkeit des Abschlusses zeigen 80% (4/4) der Länge und 60% (3/5) der anderen Parameter keine Änderung zur Voruntersuchung. Koordination und Prominenz des Velums wurden in 40% (2/5) unverändert gewertet.

Auffällig ist die Übereinstimmung der Änderung der Koordination und des Gesamtwerts, die beide bei den gleichen Patienten eine identische verbesserte oder verschlechterte Wertungsänderung zeigten.

Folgend werden nun ebenfalls die am ehesten korrelierenden Wertungen verglichen, um eventuelle zusammenhängende Veränderungen auch zur Gesamtwertung zu erkennen:

Patient	Länge	Abstand	Anlagestrecke	Gesamtwertung
11	2	3	1	1
12	2	1	3	3
18	2	2	1	2
21	3	2	3	3
24	2	2	3	2

**Tabelle 48:** Wertungsveränderungen der Velumlänge, des Abstandes zur Rachenhinterwand, der Anlagestrecke und der Gesamtwertung im MRT (1 = schlechter, 2 = gleich, 3 = besser)

Velumlänge und Abstand zur Rachenhinterwand werden in 40% (2/5) identisch verändert gewertet und in diesen Fällen zu 100% (2/5) identisch zur Gesamtwertung verändert gesehen. Eine weitere identische Veränderung wird in einem Fall (20%, 1/5) in der Längen- und Anlagestreckenwertung gesehen, die ebenfalls identisch mit der Gesamtveränderung gewertet wurde. Insgesamt sind, wenn von einer Mehrheit der Einzelwertungen (2/3) ausgegangen wird, die Änderungen der Gesamtwertung in 60% (3/5) identisch.

Patient	Hebung	Koordination	Prominenz	Beständigkeit	Gesamtwertung
11	1	1	2	1	1
12	1	3	3	3	3
18	2	2	3	2	2
21	2	3	1	2	3
24	2	2	2	2	2

**Tabelle 49:** Wertungsveränderungen der Velumhebung, der Velumkoordination, seiner Prominenz und der Beständigkeit des velopharyngealen Verschlusses sowie der Gesamtwertung im MRT (1 = schlechter, 2 = gleich, 3 = besser)

Die Wertungen der bewegten Parameter zeigen in einem Fall (20%, 1/5) eine komplette Übereinstimmung von Hebung-, Koordination-, Prominenz- und Beständigkeit- sowie mit der Gesamtwertveränderung. In drei weiteren Fällen (60%, 3/5) werden je drei der vier Einzelparameter identisch verändert dokumentiert: zweimal Hebung, Koordination und Beständigkeit und einmal Koordination, Prominenz und Beständigkeit. In diesen Fällen wird auch die Gesamtwertveränderung identisch angegeben. Insgesamt werden also 80% (4/5) der überwiegenden Einzelwertveränderungen (mind. 3/4) identisch mit der Gesamtveränderung gesehen.

## Passavantscher Wulst

Die Diagnose eines Passavantschen Wulstes konnte bei den prä- und postoperativen Ergebnissen verglichen werden, um eine eventuelle Veränderung durch die Operation als Verbesserung durch zusätzliche Kompensation oder Verschlechterung als Vergrößerung des nasopharyngealen Raumes darstellen zu können.

Folgende Tabelle zeigt die Patienten, bei denen mindestens zu einem Zeitpunkt und in einer Untersuchung die Diagnose eines Passavantschen Wulstes gestellt wurde:

Patient	Alter bei GP	Alter bei LP	Wertung prä-postop	Diagnose	MRT prä	Video prä	MRT post	Video post
2	11	136	3	2	1	2	2	2
4	24	-	Keine OP	3	1	2	1	1
8	10	66	4	3	1	1	1	2
11	22	276	MRT-, V+	3	1	2	2	2
13	24	285	4	3	1	2	1	1
14	60	112	4	2	1	2	2	1
15	12	71	4	3	1	2	1	1
17	17	269	0	3	1	2	2	1
18	23	231	3	3	2	2	1	2
19	-	-	Keine OP	1	1	2	1	1
21	69	81	4	2	1	1	2	2
23	4	255	0	3	1	1	2	1
24	22	142	3	3	1	2	1	1

**Tabelle 50:** Patienten mit Passavantschen Wulst in der entsprechenden Untersuchung (1 = kein PW, 2 = PW) mit Angabe des Lebensalters in Monaten bei den Operationen (GP = Gaumenspaloplastik, LP = Levatorplastik) und der Wertungsänderung prä- und postoperativ (4 = gebessert, 3 = gleich bleibend, 0 = verschlechtert)

In der statistischen Auswertung zeigten sich folgende signifikante Unterschiede:

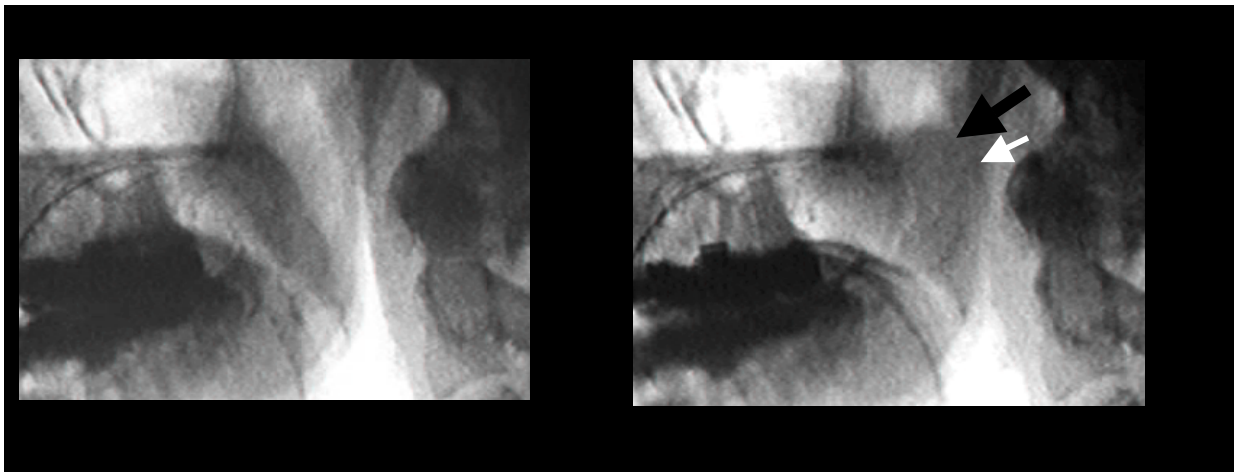
	MRT post	Video post	Video prä	Video post
	-	-	-	-
	MRT prä	Video prä	MRT prä	MRT post
<b>Z</b>	-1,890*	-1,667**	-3,000*	-,447**
<b>Asymp. Sig. (2seitig)</b>	,059	,096	,003	,655

**Tabelle 51:** Korrelation der Messungen des Passavantschen Wulstes durch Test-Statistiken des Wilcoxon Signed Ranks Test \*Auf negative Werte basierend \*\* auf positive Werte basierend

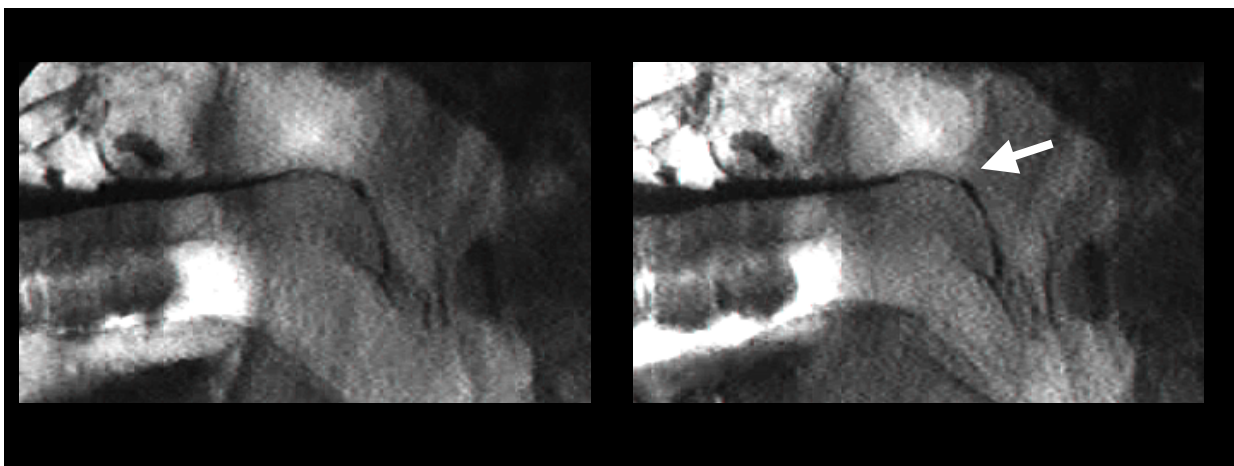
In den präoperativen Vergleichen zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede zwischen den MRT- und Video-Beurteilungen (Video prä – MRT prä mit  $p = 0,003$ ). Bei Änderungen von prä- zu postoperativ innerhalb derselben Untersuchungen (MRT

post - prä, Video post – prä) konnten nur tendenzielle Änderungen nachgewiesen werden ( $0,05 < p < 0,10$ ).

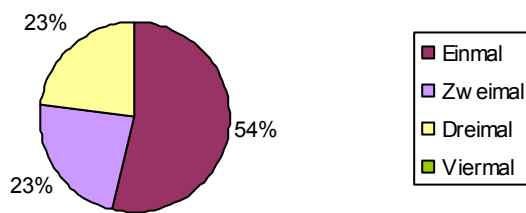
Die 13 hier gezeigten Patienten mit einer Zusatzdiagnose des Passavantschen Wulstes zeigten in der Übersicht in 5 Fällen (38%) postoperativ ein verbessertes Ergebnis, in 4 Fällen (31%) ein gleich bleibendes und in 2 Fällen (15%) ein schlechteres Ergebnis postoperativ. Die verbliebenen 2 Patienten wurden nicht mit einer Levatorplastik operiert und zeigten bereits in der präoperativen Untersuchung einen Passavantschen Wulst.



**Abbildung 143:** Patient 18, präoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahmen ohne KM in Ruhe und maximaler Annäherung des Velums an die RHW; Kompetenter velopharyngealer Verschluss (schwarzer Pfeil) mit leichter dorsaler Kompensation (weißer Pfeil).



**Abbildung 144:** Patient 18, postoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahmen mit KM in Ruhe und maximaler Annäherung des Velums an die RHW; Kompetenter velopharyngealer Verschluss mit deutlicher dorsaler Kompensation, Bildung eines Passavantschen Wulstes (weißer Pfeil)



**Abbildung 145:** Häufigkeit der Diagnose Passavantscher Wulst prä- und postoperativ, in Videofluoroskopie und MRT

Insgesamt wurde bei 54% (7/13) der Patienten die Diagnose des Passavantschen Wulstes nur bei einer der vier möglichen Untersuchungen gestellt. Bei 23% (3/13) zweimal und bei ebenfalls weiteren 23% (3/13) sogar dreimal. Bei keinem der Patienten konnte in allen vier Untersuchungen diese zusätzliche Diagnose gestellt werden.

In den vergleichenden Video- und MRT-Untersuchungen konnte nur in einer präoperativen Untersuchung in beiden Bildgebungen ein Passavantscher Wulst diagnostiziert werden, postoperativ in drei.

Ein Patient mit der Diagnose einer Rhinolalia zeigte bereits präoperativ einen Passavantschen Wulst, eine Operation fand nicht statt. Drei Patienten mit einer submukösen Spalte, Velumspalte oder inkompletten LKG-Spalte zeigten in zwei Fällen prä- und postoperativ eine dorsale Kompensation, in der Gesamtwertung jeweils ein gleich bleibendes und ein verbessertes Ergebnis. Der dritte Patient wurde erst postoperativ mit einem Passavantschen Wulst gewertet, insgesamt in einer verbesserten velopharyngealen Funktion.

Die übrigen neun Patienten mit totalen, uni- oder bilateralen LKG-Spalten konnten in 78% (7/9) bereits präoperativ einen Passavantschen Wulst zeigen, diese Patienten wurden in einem Fall nicht operiert (14%, 1/7), in drei Fällen (43%, 3/7) verbessert (bzw. in einem Video verschlechtert), in zwei Fällen (29%, 2/7) gleich und in einem weiteren Fall verschlechtert gewertet. Die beiden Patienten mit dem erst postoperativ gewerteten Passavantschen Wulst wurden je einmal verbessert und verschlechtert gewertet.

Ebenfalls 13 Patienten zeigten weder in den präoperativen noch in den postoperativen Untersuchungen den Anhalt für eine dorsale Kompensation im Sinne eines Passavantschen Wulstes. Von diesen erhielten 5 Patienten (38%; 5/13) keine Levatorplastik, bei 3 der operierten Patienten (38%; 3/8) zeigte sich postoperativ jeweils ein verbessertes oder verschlechtertes Ergebnis und bei einem Patienten ein gleich bleibendes:

Patient	Alter bei GP	Alter bei LP	Wertung prä-postOP	Diagnose
1	-	-	Keine OP	1
3	12	-	Keine OP	3
5	12	85	-	2
6	20	345	+	3
7	9	-	Keine OP	2
9	18	119	+	3
10	30	65	Bilder prä-	2
12	24	502	-	3
16	36	594	+	3
20	90	-	Keine OP	2
22	240	260	=	2
25	22	379	-	3
26	-	-	Keine OP	2

**Tabelle 52:** Patienten ohne Passavantschen Wulst mit Angabe des Lebensalters in Monaten bei den Operationen und der Wertungsänderung prä- und postoperativ (+ gebessert, = gleich bleibend, - verschlechtert)

Wurden aus den exakten objektiven Gesamtwertungen Durchschnittswerte errechnet, so zeigt sich, dass die Gruppe der Patienten, bei denen kein Passavantscher Wulst gezeigt werden konnte, einen Mittelwert in den Gesamtwertung von allen prä- und postoperativen Wertungen von 20,5 Punkten erreichte. Im Gegensatz dazu erreichten die Patienten, bei denen in einer oder mehreren der prä- und postoperativen Untersuchungen eine dorsale Kompensation nachgewiesen werden konnte, einen Mittelwert von 13 Punkten.

### Einzelwertvergleiche

Um die Diagnose des Passavantschen Wulstes mit anderen Veränderungen vergleichen zu können, folgt eine Tabelle mit Einzelwertveränderungen prä- bzw. postoperativ, die in den vorausgegangenen Ergebnissen die Gesamtwertveränderung am deutlichsten beeinträchtigt haben (Anlagestrecke des Velums an der Rachenhinterwand, Koordination der Velumbewegung), die eine Veränderung der dorsalen Kompensation mit anzeigen müssten (axiale Gestalt des Verschlusses) und die ebenfalls eine Kompensation der Seitenwände anzeigen könnten (koronare Kontur des Verschlusses):

Patient	MRT	Video	Anlage	Anlage	Koord.	Koord.	Gestalt	Gestalt	Kontur	Kontur	Gesamt	Gesamt
2	0/+	+/+	0/4	3/4	0/2	3/3	0/2	0/3	0/2	2/1	0/13	13/13
4	0/0	+/0	5/0	4/0	3/0	3/0	4/0	4/0	0/0	1/0	20/0	19/0
8	0/0	0/+	0/4	1/4	0/3	1/3	0/2	0/0	0/0	0/2	0/13	7/16
11	0/+	+/+	4/3	4/4	2/1	2/3	6/1	1/0	1/2	0/2	13/9	13/17
13	0/0	+/0	0/4	3/5	0/2	2/3	0/3	0/0	0/4	1/2	0/15	9,5/17
14	0/+	+/0	0/3	1/1	0/2	3/2	0/2	0/0	0/0	3/2	0/10	9/11
15	0/0	+/0	0/4	4/5	0/2	2/3	0/0	0/0	0/0	0/2	0/14	13/19
17	0/+	+/0	0/3	3/1	0/2	3/1	0/3	0/0	0/2	2/3	0/10	12/8
18	+/0	+/+	6/5	6/5	3/3	3/3	1/2	0/1	2/1	0/2	19/19	22/19
19	0/0	+/0	6/0	4/0	3/0	3/0	2/0	0/0	1/0	1/0	19/0	15/0
21	0/+	0/+	1/2	1/2	1/2	1/2	2/1	0/0	1/3	2/0	8/10	7/9
23	0/+	0/0	0/2	3/4	0/3	2/3	0/3	0/+	0/1	3/2	0/13	15/12
24	0/0	+/0	½	3/2	3/3	3/3	1/3	3/2	3/1	1/2	12/13	13/12

**Tabelle 53:** Patienten mit Passavantschen Wulst mit Angabe der Untersuchung (prä/post), Angabe der prä- /postoperativen Wertung der MRT (blau) und Video (schwarz) Untersuchung, sowie der objektiven Gesamtwertung prä/postoperativ; 0 = keine Wertung vorliegend

Bei drei der Patienten trat ein Passavantscher Wulst in der MRT- oder Videowertung erst postoperativ (Patient 8, 21, 23) auf, diese Patienten wurden in 66% (2/3) postoperativ insgesamt verbessert, in 33% (1/3) verschlechtert gewertet. Die Anlagestrecke wurde bei zwei dieser Patienten postoperativ als Berührung, die Koordination als koordiniert gewertet, ein Patient zeigte eine Verbesserung zur mäßigen Insuffizienz und eine postoperativ nur noch mäßige diskordinierte Velumkoordination. Die axiale Gestalt wurde jeweils einmal sagittal, koronal und zirkulär gewertet, die koronare Kontur ballonförmig, postoperativ vertikal und im MRT als shelf- im Video als ballonförmig gewertet.

Insgesamt gesehen konnten die Einzelwerte zusammengefasst werden in die überwiegenden Werte der MRT- und Video-Untersuchungen zum Zeitpunkt der Diagnose eines Passavantschen Wulstes oder (bei unterschiedlicher Wertung der Bildgebungen) als Wertung der MRT-Untersuchung. Dann zeigten sich zusammengefasst folgende wichtigste Verteilungen:

Fünfmal wurde eine Velumberührung der Rachenhinterwand (38%, 5/13), dreimal je eine nahe Annäherung und eine mittlere Berührung mit freier Uvula (23%, 3/13) gewertet. Die Koordination des Velums konnte siebenmal koordiniert, sechsmal nur mäßig diskordiniert gewertet werden. Die axiale Gestalt wurde sehr ausgeglichen als sagittal, zirkulär (jeweils 31%; 4/13) oder koronal (23%; 3/13) gewertet. Die koronare Gestalt wurde in 54% (7/13) als überwiegend ballonförmig gewertet, in 31% (4/13) als shelfförmig. Die an der vollen Anzahl fehlenden Patienten zeigten abweichende Wertungen.

Zusammenfassend wurde eine Berührung der Rachenhinterwand mit eher koordinierter Velumbewegung gewertet. Die eher ballonförmige koronare Gestalt zeigte eine gleichmäßige Seitenwandbewegung, die axiale Gestalt zeigte trotz der

Diagnose eines Passavantschen Wulstes keine eindeutig überwiegende Wertung. Wichtig wäre in diesem Vergleich erneut die Erwähnung der teilweise fehlenden Wertungen aufgrund von fehlenden Untersuchungen und Schnittebenen.

Um einen möglichen Vergleich mit Patienten ohne einen Passavantschen Wulst zu ermöglichen wurde nun eine vergleichende Aufstellung dieser Patienten mit den gleichen Einzelwertveränderungen aufgelistet:

Patient	Anlage	Anlage	Koord.	Koord.	Gestalt	Gestalt	Kontur	Kontur	Ge-samt	Ge-samt
1	5/0	6/0	2/0	3/0	3/0	4/0	1/0	0/0	18/0	19/0
3	5/0	0/0	2/0	0/0	1/0	0/0	2/0	0/0	18/0	0/0
5	3/0	4/1	2/0	3/2	3/0	0/0	3/0	3/0	9/0	15/9
6	0/3	1/3	0/2	1/1	0/5	0/2	0/4	2/3	0/15	7/9
7	0/4	0/0	2/0	0/0	5/0	0/0	0/0	0/0	10/0	0/0
9	0/3	3/4	0/2	2/2	0/3	0/0	0/2	0/2	0/10	9/12
10	0/6	0/5	0/3	0/3	0/3	0/2	0/2	0/2	0/20	0/19
12	3/4	3,5/5	2/3	3/2	0/3	0/1	0/1	2/1	12/15	17/10,5
16	0/4	2/5	0/2	1/3	0/3	3/2	0/2	3/2	0/15	8/15
20	VPP/0	5/0	1/0	3/0	6/0	0/0	1/0	2/0	11/0	14/0
22	3/0	0/3	2/0	0/2	3/0	0/0	2/0	0/0	12/0	0/11
25	0/1	4/1	0/1	3/3	0/1	0/0	0/1	2/1	0/9	17/13
26	5/0	5/0	3/0	3/0	2/0	1/0	2/0	2/0	16/0	19/0
27	0/1	0/1	0/2	0/2	0/3	0/0	0/1	0/4	0/9	0/9

**Tabelle 54:** Patienten ohne Passavantschen Wulst, Angabe der prä- /postoperativen Wertung der MRT (blau) und Video (schwarz) Untersuchung, sowie der objektiven Gesamtwertung prä-/postoperativ; 0 = keine Wertung vorliegend

Die zusammengefassten Einzelwerte zeigen (wie eben nach der postoperativen übereinstimmenden oder MRT-Wertung) folgende Verteilungen der Wertungen:

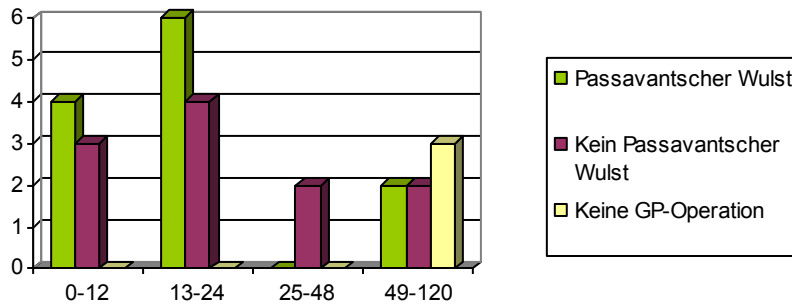
Jeweils vier Patienten (29%, 4/14) zeigten eine nahe Annäherung des Velums an die Rachenhinterwand oder eine mittlere Berührung mit freier Uvula, weitere drei Patienten (21%, 3/14) eine Berührung. Die Velumkoordination wurde in 79% (11/14) als mäßig diskoordiniert gewertet, in den übrigen Fällen als koordiniert. Die axiale Gestalt des Verschlusses wurde zu 57% (8/14) als zirkulär gewertet, in jeweils 14% (2/14) als koronal oder ohne Velumbeteiligung. In 43% (6/14) Fällen wurde die koronare Kontur als ballonförmig, in 36% (5/14) als shelfförmig gewertet.

Zusammenfassend zeigten Patienten ohne die Diagnose eines Passavantschen Wulstes eine wechselnd eher Annäherung des Velums an die Rachenhinterwand oder mittlere Berührung der Rachenhinterwand bei einer mäßig diskoordinierter Velumbewegung. Die axiale Gestalt wurde im Schnitt häufiger als zirkulär gewertet, die koronare Kontur ballon- oder shelfförmig gleichförmig gewertet.



## Altersverteilung

In der Altersverteilung zum Zeitpunkt der stattgehabten Operationen konnte nun in zwei Abbildungen wiederum eine unterschiedliche Verteilung gezeigt werden:

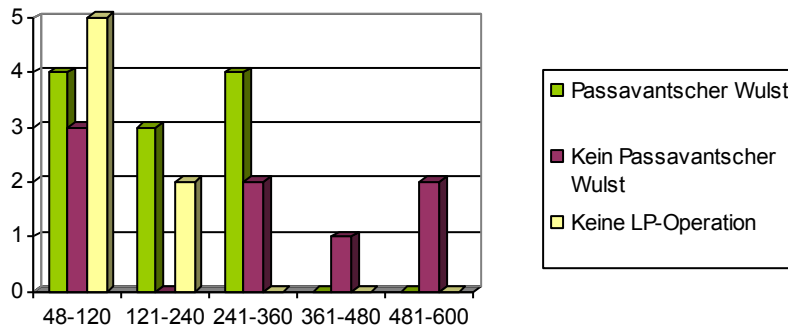


**Abbildung 146:** Patienten zum Zeitpunkt der Gaumenspaloplastik in Lebensmonaten mit oder ohne Diagnose eines Passavantschen Wulstes zum Zeitpunkt der Untersuchungen

Insgesamt zeigte sich jedoch eine Verlagerung der Patienten mit Passavantschen Wulst in die jüngeren Altersgruppen: 33% (4/12) erhielten die Gaumenspaloplastik bis zum 12. Lebensmonat, 50% (6/12) erhielten sie zwischen dem 13. und 24. Lebensmonat, die übrigen 17% (2/12) wurden zwischen dem 49. und 120. Lebensmonat operiert.

Patienten ohne die Diagnose eines Passavantschen Wulstes zeigten eine gleichmäßigere Verteilung in den Altersklassen: 28% (3/11) wurden bis zum 12. Lebensmonat operiert, 36% (4/11) zwischen dem 13. und 24. Lebensmonat und jeweils 18% (2/11) in den beiden folgenden Altersgruppen.

Zusätzlich wurden in dieser Abbildung die Patienten ohne durchgeführte Gaumenspaloplastik eingetragen. Da hier der Zeitpunkt einer Operation fehlte wurde der Zeitpunkt der letzten durchgeführten Untersuchung herangezogen, die so der letzten Möglichkeit für oder gegen eine Operation entsprach und dementsprechend mit dem Zeitpunkt der durchgeführten Gaumenspalplastiken am ehesten entsprach. Alle diese Patienten waren zwischen dem 48. und 120. Lebensmonat als die Entscheidung gegen eine Gaumenspaloplastik getroffen wurde.

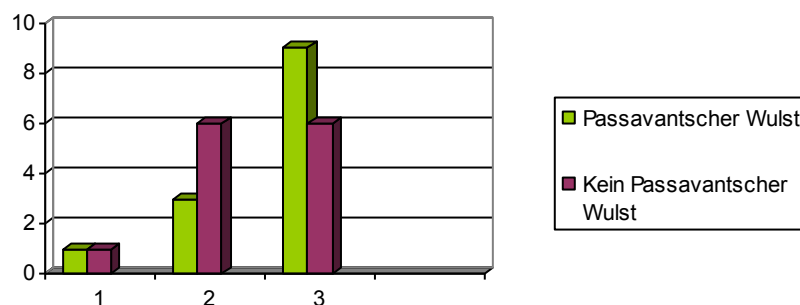


**Abbildung 147:** Patienten zum Zeitpunkt der Levatorplastik in Lebensmonaten mit oder ohne Diagnose eines Passavantschen Wulstes

Im Vergleich des Alters zum Zeitpunkt der Levatorplastik zeigten sich wiederum Unterschiede in der Verteilung: 36% (4/11), insgesamt also 72% (8/11) der Patienten mit einem Passavantschen Wulst wurden zwischen dem 48. und 120. Lebensmonat oder zwischen dem 241. und 360. Lebensmonat operiert. Die übrigen 28% (3/11) wurden in dem dazwischen liegenden Zeitraum vom 121. bis zum 240. Lebensmonat operiert. Patienten, bei denen während keiner prä- und postoperativen Untersuchung ein Passavantscher Wulst gezeigt worden war, wurden zu 38% (3/8) zwischen dem 48. und 120. Lebensmonat operiert, zu 25% (2/8) zwischen dem 241. und 30. bzw. zwischen dem 481. und 600. Lebensmonat und zu 12% (1/8) zwischen dem 361. und 480. Lebensmonat operiert. Insgesamt wurden die Patienten mit der Diagnose eines Passavantschen Wulstes in einem früheren Lebensmonat mit einer Levatorplastik operiert als die Patienten ohne diese dorsale Kompensation.

Auch in dieser Abbildung wurden die Patienten bei denen gegen eine Levatorplastik entschieden wurde eingefügt: 71% (5/7) waren zwischen dem 48. und 120. Lebensmonat, die übrigen 29% (2/7) zwischen dem 121. und 240. Lebensmonat gegen eine Operation entschieden wurde.

In den Tabellen des Passavantschen Wulstes wurden ebenfalls die Hauptdiagnosen der einzelnen Patienten mit angegeben, die in der folgenden Abbildung noch einmal in der Übersicht gezeigt werden:



**Abbildung 148:** Patienten mit oder ohne Diagnose eines Passavantschen Wulstes mit den Hauptdiagnosen; 1 = Rhinolalia; 2 = submukös, Velumspalte, inkomplette LKG-Spalte; 3 = totale, uni- / bilaterale LKG-Spalte

Patienten mit einem Passavantschen Wulst waren in 8% (1/13) mit einer einfachen Rhinolalia, in 23% (3/13) mit einer submukösen, Velum- oder inkompletten LKG-Spalte und in 69% (9/13) mit einer totalen, uni- oder bilateralen LKG-Spalte vordiagnostiziert. Bei Patienten, bei denen kein Passavantscher Wulst nachgewiesen werden konnte, war in ebenfalls 8% (1/13) eine einfache Rhinolalia diagnostiziert worden. In 46% (6/13) wurden jeweils die inkompletten oder totalen LKG-Spalten diagnostiziert. Zusammenfassend lag bei Patienten mit der Nebendiagnose eines Passavantschen Wulstes eher eine größere Schädigung des Gaumens vor, während Patienten ohne einen Passavantschen Wulst eher eine gleichmäßigere Verteilung der mittleren und schwachen Schädigung zeigten.

## Diskussion

Spaltbildungen der Lippen, des Kiefers und des Gaumens sind eine der häufigsten angeborenen Missbildungen unserer Zeit. Trotz des operativen und therapeutischen Fortschritts in den letzten Jahrzehnten sind viele dieser Patienten im Alltag stigmatisiert durch eine näselnde Sprache, die durch einen insuffizienten velopharyngealen Abschluss des Nasenrachenraumes begründet ist.

In der bildgebenden Diagnostik wurde in den letzten Jahren vor allem die radiologische Methode der Videofluoroskopie zur velopharyngealen Bildgebung genutzt. Mögliche sprechunterstützende Operationen nach bereits erfolgtem Gaumenverschluss wurden in den vergangenen Jahrzehnten mit unterschiedlichen Herangehensweisen entwickelt, im Klinikum Rechts der Isar der TU-München wurde zu diesem Zweck die Levatorplastik entwickelt und eingesetzt.

In dieser Arbeit sollte ein Vergleich der zur Zeit als Goldstandard verwendeten bildgebenden Diagnostik der Videofluoroskopie mit der Echtzeit-Kernspintomographie durchgeführt werden, sowie ein Vergleich dieser beiden Methoden ermöglichte Aussage zur funktionellen Effizienz der Levatorplastik beschrieben werden.

## Allgemein

Das Studiendesign war einfach blind und prospektiv angelegt: Die Bewertungen der MRT- und Video-Untersuchungen wurden ohne Kenntnis des Patienten und des Studienzeitpunktes (prä- oder postoperativ) von einem radiologischen und Facharzt der Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgie unabhängig voneinander durchgeführt.

Die Anzahl der eingeschlossenen Patienten von 27 war zwar relativ klein, ist aber mit anderen Studien mit ähnlichen Untersuchungen (Meduri S. 1999; Kuehn D.P. 2001; Ettema S.L. 2002; Beer, Hellerhoff et al. 2004; Kuehn D.P. 2004; Inoue M.S. 2007; Hartl D.M. 2008; Perry J.L. 2009) (Meduri S.5ff, Kuehn 2001 S.421ff, Ettema S.130ff, Beer S.791ff, Kuehn 2004 S.584ff, Inoue S.612ff, Hartl S.108ff, Perry S.1739ff) vergleichbar oder sogar größer. Durch die geringe Gesamtgröße und der folgenden teilweise sehr kleinen Gruppenanzahlen (z.B. prä- und postoperativer Vergleich der MRT-Untersuchungen von 5 Patienten) ergaben sich in den Auswertungen Erkenntnisse, die daher nur zum Teil zu verallgemeinern sind. Die geringe Studiengröße wurde zunächst durch die Grunderkrankung und bereits stattgehabten Voroperationen, durch die weiter unten im Einzelnen erläuterte mangelnde Compliance, der zu stellenden Operationsindikation zur Levatorplastik und der unpassenden Lebensumstände teilweise zunächst eingeschlossener Patienten maßgeblich beeinflusst.

Die endgültige Studiengruppe aus 27 Patienten bestand möglichst homogen aus weiblichen (12/27, 44%) und männlichen (15/27, 56%) Teilnehmern, 23 Patienten waren jünger als 30 Jahre, davon 9 zwischen 4 und 10 Jahre, d.h. ca. ein Drittel des Kollektivs war während des Studienzeitraums im Alter der Sprachentwicklung (4.-12. Lebensjahr) und sollte somit erwartungsgemäß am meisten von dem operativen

Eingriff profitieren, wie schon in einer ähnlichen Studie über die Velopharyngoplastik beschrieben worden war (C. Küttner 2003)(S.76ff).

Die Gruppe der jüngeren Patienten bis 30 Jahre bestand zu einem ähnlich hohen Anteil aus männlichen Patienten (61%; 14/23) wie die Gruppe der schwereren Grunderkrankung: Von den 16 Patienten (16/27, 59%) mit totaler LKG-Spalte waren 10 (10/16, 63%) männlich, von den 9 Patienten (9/27, 33%) mit submuköser Gaumenspalte waren hingegen 6 (6/9, 67%) weiblich.

Als ebenso auffälliger statistischer Wert zeigte sich das Alter zum Zeitpunkt der Gaumen- und Levatorplastik: Von 23 Gaumenplastiken wurden nur 30% (7/23) im ersten und 44% (10/23) im zweiten Lebensjahr durchgeführt, 13% (3/23) wurden zwischen dem fünften und 10. Lebensjahr gegen Ende der Sprachentwicklung durchgeführt und 4% (1/23) zwischen dem zehnten und 20. Lebensjahr. Die 20 Levatorplastiken wurden nur in 35% der Fälle (7/20) zwischen dem vierten und zehnten Lebensjahr im Alter des Spracherwerbs durchgeführt.

Nur 17 Patienten (74%, 17/23) waren damit zu Beginn der Studie nur in den ersten zwei Lebensjahren mit einer Gaumenplastik (Eufinger H 1994; Horch 1998; Horch 2007; De Mey A. 2009; Hodges 2009; Tindlund RS 2009; A.M. 2010)(Eufinger S.927, Horch S.482, A.M. Hodges S. 1813, De Mey S.1723, Tindlund S. 1687) und nur 7 Patienten (35%, 7/20) bis zum zehnten Lebensjahr mit einer Levatorplastik im physiologischen Zeitraum des Spracherwerbs operiert worden. Die früh operierten Patienten hatten auch in der Studie ein geringes Lebensalter. Die Patienten mit einem durchschnittlich erhöhten Lebensalter zum Zeitpunkt der durchgeführten Operationen waren auch zu Beginn der Studie in der höheren Altersgruppe mit geringen Erwartungen zur postoperativen Sprechverbesserung.

Wichtig für die morphologischen Auswertungen der Bildgebung waren auch die evtl. stattgehabten Voroperationen, von denen 70% (19/27) der Patienten keine oder nur eine zusätzliche Operation zur Gaumenspaltplastik bis zum Studienzeitpunkt hatten durchführen lassen. Durch diese geringe Anzahl zusätzlicher Veränderungen des velopharyngealen Verschlusses, war eine relativ gute Aussagekraft des Vergleichs der prä- und postoperativen Bilder in Bezug auf die Levatorplastik möglich.

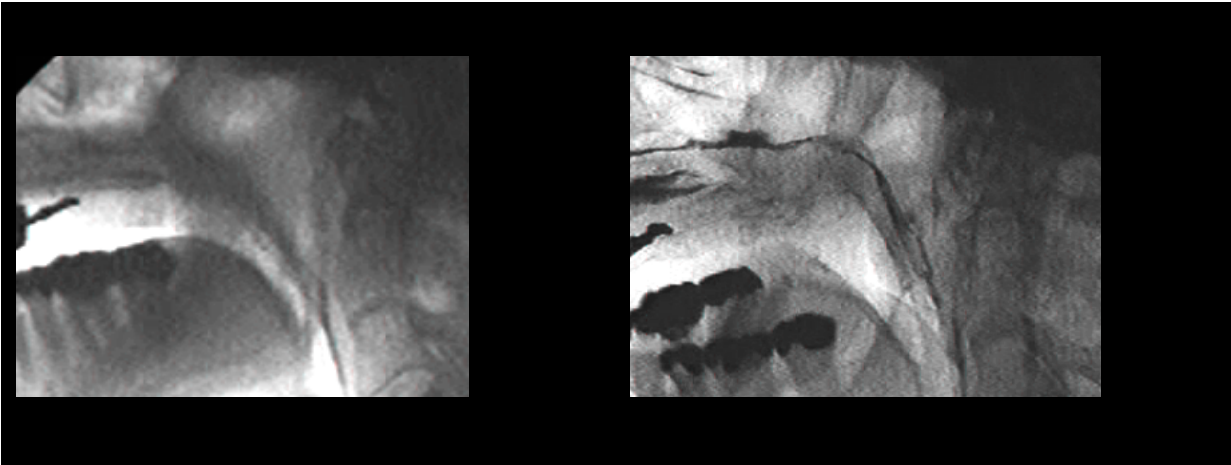
## Vergleich MRT-Video

### Statistische Auswertung

Aufgrund der geringen Patientenzahl konnte auch bei der gezeigten Datenmenge durch kumulative Einzelwertungen in den statistischen Auswertungen keine Varianzanalyse aufgrund der geringen Datenmenge durchgeführt werden, zur statistisch möglichen Auswertung wurden der T-Test sowie der Wilcoxon-Rang Test genutzt. Diese statistische Auswertung der Vergleiche der kernspintomographischen und videofluoroskopischen Bildgebung zeigte in vielen Ergebnissen keine statistisch signifikanten Unterschiede der beiden Auswertungen.

In der Berechnung der bivariaten Korrelation der Gesamtwertung zeigte sich unter der Verwendung des Gamma-Koeffizienten ein moderater positiver Zusammenhang. Um die fehlende statistische Übereinstimmung der objektiven und subjektiven Kumulation der Einzelwertungen zu erläutern, folgt nun zur Erläuterung die Diskussion der statistischen Einzelwertungen:

Die Velumlänge und Dicke zeigten lediglich moderate bzw. schwache positive Zusammenhänge. Da beide Werte anatomische Beurteilungen von ruhenden Weichteilen sind, ist diese unterschiedliche Beurteilung am ehesten durch die unterschiedliche Betrachtungsweise der Schnittbildtechnik und Röntgenüberlagerung zu erklären: Die Überlagerung durch die velopharyngealen Weichteile kann zu unterschiedlichen Beurteilungen der Velumlänge durch subjektive Schätzungen der Ruhemessung führen, während die Möglichkeit der Schnittebenenwahl in der MRT eine exaktere Ruhemessung der Velumlänge ermöglicht. Eine differente Messung ist in der MRT jedoch durch eine Verschiebung der idealen Lage der Schnittebene in der sagittalen Ansicht möglich, da jedoch in der vorliegenden Wertung mehrere sagittale Ebenen zur endgültigen Wertung verglichen wurden, ist diese Fehlermöglichkeit eher unwahrscheinlich. Eine gleichwertige Wertung der Dicke – ebenfalls als anatomische Ruhemessung- erscheint jedoch durch diese Argumentation erschwert, die Überlagerungen der velopharyngealen Wände kann jedoch in der Videofluoroskopie auch nach KM-Benetzung der Seitenwände eine gute Beurteilung der Velumdicke ermöglichen, während die Anatomie die Längenbeurteilung weiterhin durch Überlagerung erschweren kann:

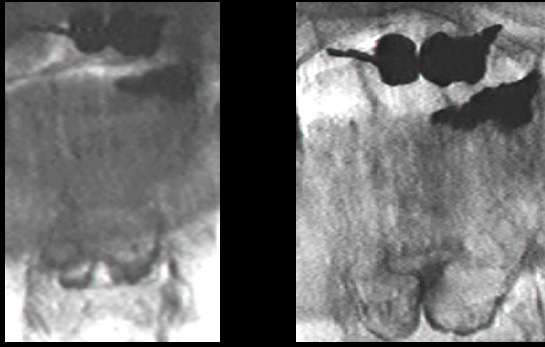


**Abbildung 149:** Patient 16, präoperative (links) und postoperative (rechts) sagittale Videofluoroskopieaufnahmen in maximaler Annäherung des Velums an die Rachenhinterwand, präoperativ ohne, postoperativ mit KM-Gaben; Vor allem ohne KM-Gabe zeigt sich die schlechte Weichteildifferenzierung. Weitere Beurteilung s.u.

Da auch die Abstandswertung zwischen Velum und Rachenhinterwand der Auswertungen nur schwache oder leichte positive Zusammenhänge zeigten, wäre diese ebenfalls waagerechte (wie die Velumlänge) Auswertung durch diese Überlagerungs-Fehlmesungsmöglichkeiten nicht erklärt. Die Wertung eines „leeren“, also hypodensen Raumes erscheint jedoch im vorliegenden Bildmaterial besser möglich als die Wertung, in welchen Bereich des hyperdensen Bereichs die Weichteilstruktur der Velumlänge endet. Eine vergleichbare statistische Auswertung ist in der aktuellen Literatur nicht vorhanden, so dass eine definitive Erklärung dieser Wertungskorrelationen nicht möglich ist.

Die Bewegungswertungen (Velumhebung, Velumprominenz, Koordination, Anlagestrecke und Verschlussbeständigkeit) zeigten moderate positive Zusammenhänge, die Wertung der Anlagestrecke einen etwas deutlicheren positiven Wert. Diese statistische Wertung kann in der zunehmenden Überlagerung der Strukturen unter Bewegung in der videofluoroskopischen Auswertung und an der nicht in der einzelnen Schnittebene erfassten Weichteilbewegungen in der Kernspintomographie begründet liegen. Ein Vergleich zur Begründung dieser differentiellen Auswertung in der Literatur ist jedoch ebenfalls durch fehlende Daten nicht möglich.

In den axialen und koronaren statistischen Auswertungen konnten keine Zusammenhänge nachgewiesen werden (Gestalt, Lage der Restöffnung, Velumposition sowie Kontur, Mittellinienannäherung und Symmetrie).



**Abbildung 150:** Patient 16, präoperative (links) und postoperative (rechts) koronare Videofluoroskopieaufnahmen in maximaler Annäherung, präoperativ ohne, postoperativ mit KM-Gaben; Vor allem ohne KM-Gabe zeigt sich die schlechte Weichteildifferenzierung. Weitere Befundung siehe unten.

### Unterschiede & Vergleichbarkeit insgesamt

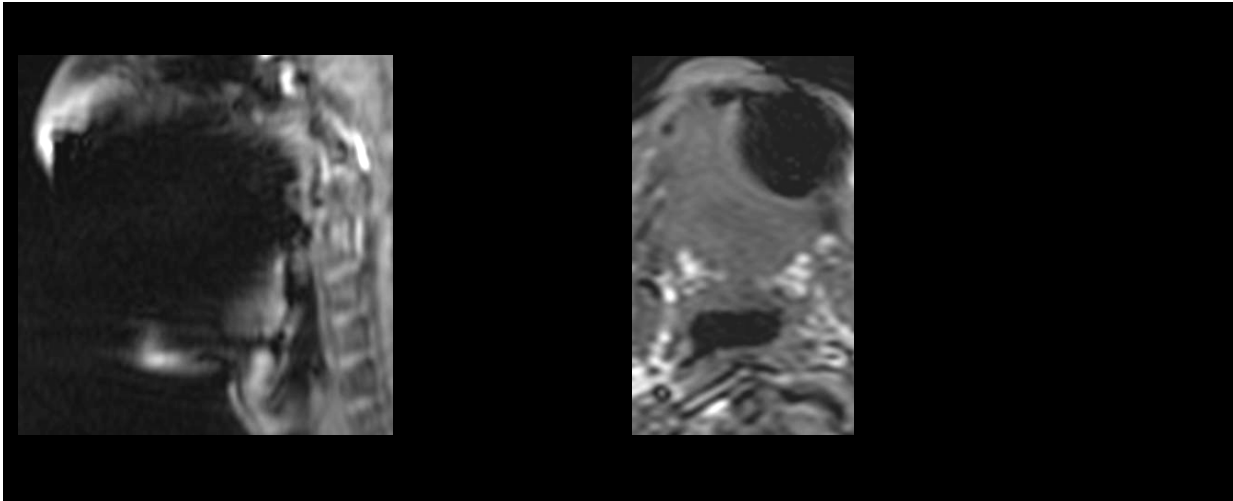
Die Goldstandarduntersuchung des velopharyngealen Abschlusses in der Bildgebung aller Altersklassen ist bisher die Videofluoroskopie, eine Röntgenuntersuchung mit Darstellung der pharyngealen Weichteile durch Kontrastmittelschluck und nasale Aspiration (Skolnick 1970)(S.803ff). Diese Bildgebung setzt den Patienten in jeder Sequenz einer ionisierenden Strahlung aus. Das benötigte Kontrastmittel kann zunächst bei Unverträglichkeit von Iod allergische Reaktionen und bei Schilddrüsenüberfunktionen eine thyreotoxische Krise auslösen. In der Studie ergaben sich Schwierigkeiten in der Compliance während der Kontrastmittelgabe bei den jüngeren Patienten unter 10 Lebensjahren bei der nasalen Benetzung durch nasale Aspiration, die zur optimalen Bildgebung benötigt wird und von den meisten jüngeren Patienten des hier untersuchten Kollektivs nicht toleriert wurde.

Durch die individuelle Positionierung des Patienten und somit der intrauntersuchungsbedingte Änderungen vor und während der radiologischen Aufnahme werden die benötigten, einzelnen Schnittebenen mit teilweise wiederholter Kontrastierung erreicht. Die Positionierungen des Patienten für die sagittale und axiale Bildgebung sind auch bei jungen Patienten gut durchführbar, während die koronare Ansicht des Pharynx durch die so genannte „Sphinx-Position“ von diesem Patientenkollektiv kaum toleriert und selten effizient durchgeführt wird. Diese individuellen Schwierigkeiten mit nasaler Benetzung und koronarer Ebene in der Videofluoroskopie spiegeln sich in den teilweise fehlenden Auswertungen dieser Studie wider.

In der Kernspintomographie werden aufgrund der guten Weichteildarstellung keine Kontrastmittel benötigt. Die Patienten wurden mit einer Kopfspule in dem 1.5 Tesla Gyroscan NT Scanner von Philips untersucht (Beer, Hellerhoff et al. 2004)(S.792). Die Ebenenanwahl wird in dieser Bildgebung bei unveränderter Kopfhaltung des Patienten frei in der Sequenzplanung am Monitor angewählt, benötigt jedoch aufgrund der Rechenleistung zur Planung der neuen Sequenz teilweise einige Minuten Dauer, wobei vor, während und nach der Planung der Patient die Körper- und Kopfposition nicht verändern darf. Erneut zeigten sich dadurch Schwierigkeiten mit der Compliance jüngerer Patienten: Die laute Untersuchungskulisse, die Enge



des Kernspintomographen und die Dauer der kernspintomographischen Untersuchung (insgesamt 20-40 Minuten) ohne Möglichkeit der freien Bewegung wurde nicht von allen toleriert, so dass schon im Vorfeld der Studie einige Patienten ausgeschlossen werden mussten. Weitere Ausfälle oder Einschränkungen in der Beurteilbarkeit zeigten sich durch MRT-kompatible, jedoch Artefakt-auslösende Metallteile (z.B. Zahnspange oder Zahnfüllung) der Patienten:

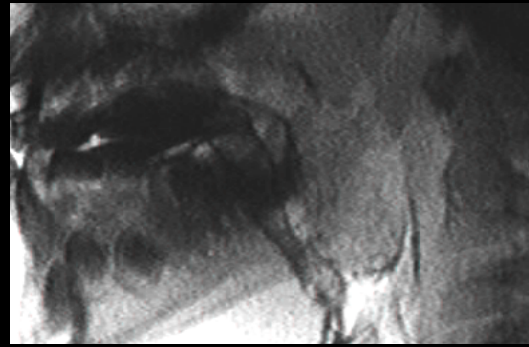
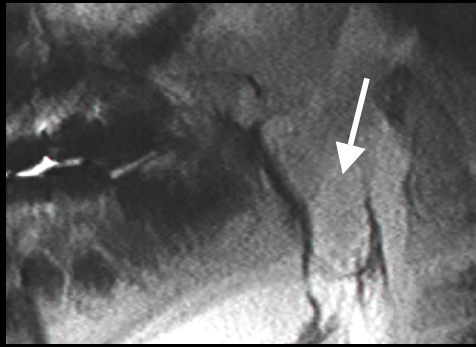


**Abbildung 151:** Patient 9, präoperative Anatomie-Sequenz in sagittaler Schnittebene des Velopharynx mit Artefakt-Bildausfall durch eine fest implantierte Zahnspange.

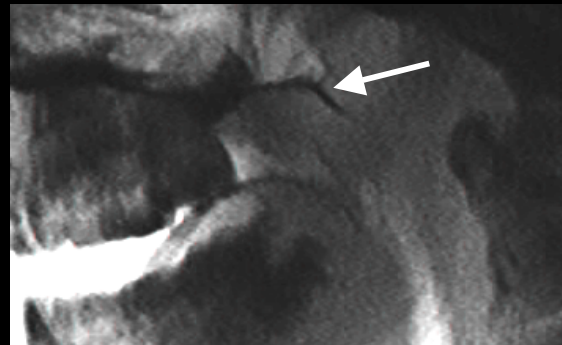
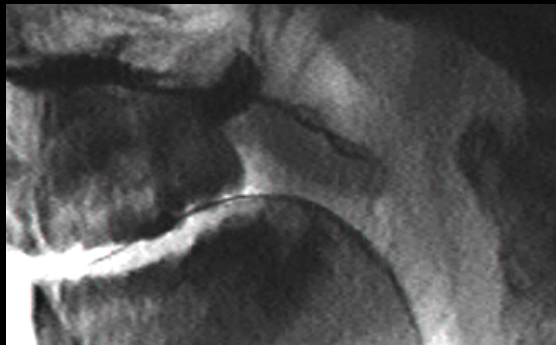
**Abbildung 152:** Patient 16, postoperative Anatomie-Sequenz in axialer Schnittebene des Velopharynx mit Artefakt-Bildausfall durch eine Zahnfüllung

Grundsätzlich wurden die Videofluoroskopie-Untersuchungen ab einem Alter von vier Jahren mit Ausnahme der nasalen Kontrastmittelbenetzung und Sphinxposition regelrecht durchgeführt, die Kernspinuntersuchung konnte je nach Entwicklungsstand des Kindes sicher ab dem fünften bis sechsten Lebensjahr durchgeführt werden, jedoch wäre gerade bei jüngeren Patienten eine kernspintomographische Untersuchung aufgrund der fehlenden ionisierenden Strahlung vorzuziehen. Die Möglichkeit bei Kindern MRT-Untersuchungen ohne Sedierung vorzunehmen zeigte sich schon in der Vergangenheit in ähnlichen Altersgruppen der Probanden und mit speziellen Herangehensweisen an die Untersuchung als schwierig, jedoch mit langsamer Heranführung an das spezielle Untersuchungsumfeld als machbar (Raschle NM 2009)(S.1309). Diese Untersuchungen waren jedoch zur Aufnahme bewegter Bilder notwendig, so dass eine Sedierung der jüngeren Studienprobanden (4-7 Lebensjahre) nicht durchgeführt werden konnte (Gemma M 2009)(S.254). Vergleichbare Studien dieser Art wurden daher bisher nur mit jugendlichen und erwachsenen Probanden durchgeführt (Ettema S.L. 2002; Ha S. 2007)(Ettema S.130, Ha S.494) oder in Sedierung und ohne die funktionelle Komponente der Studie (Kuehn D.P. 2001)(S.421).

Eine weitere Problematik zeigte sich in der bildtechnischen Auflösung der Untersuchungen:

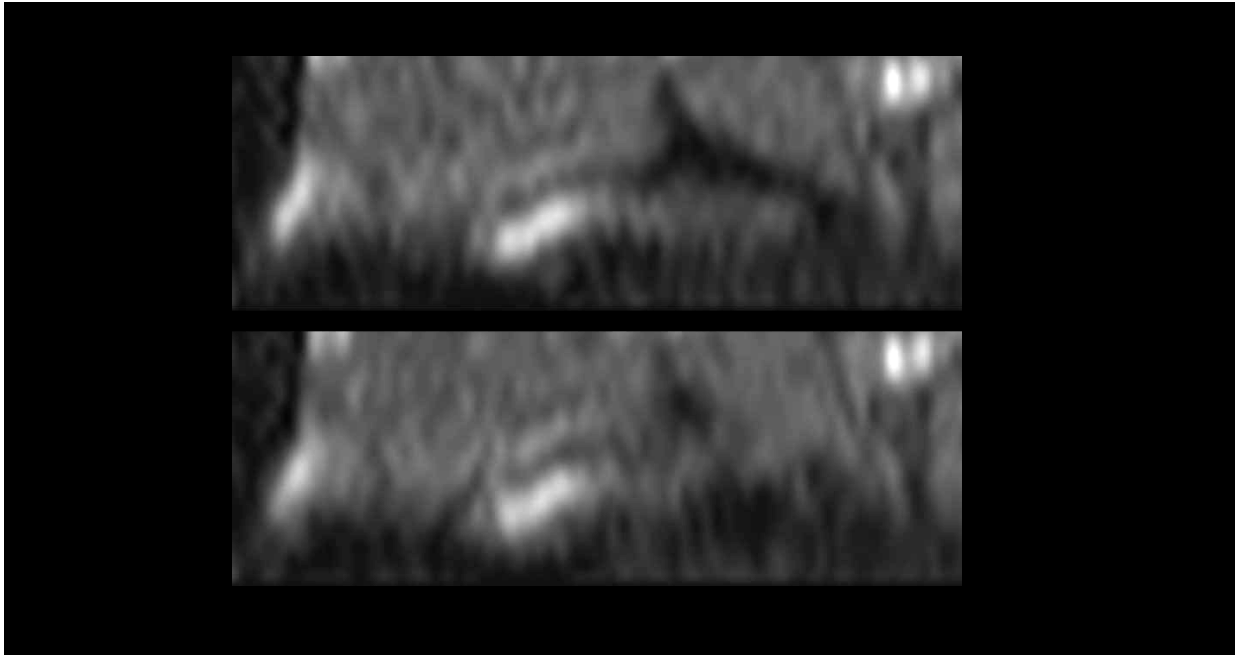


**Abbildung 153:** Patient 26, präoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahmen mit KM-Gabe; Kind mit kompetenten velopharyngealen Verschluss, nebenbefundlich deutliche Adenoide (weißer Pfeil)

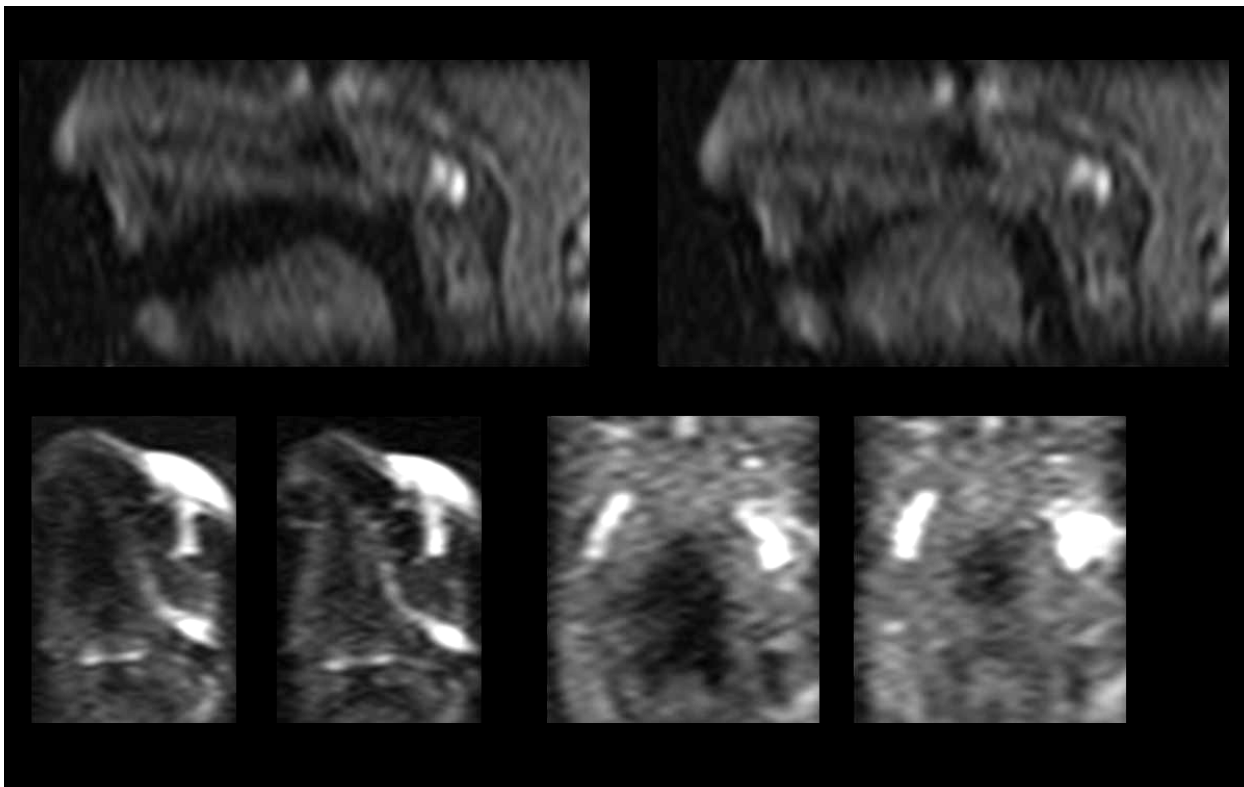


**Abbildung 154:** Patient 8, postoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahmen mit KM-Gabe; Erwachsener mit kompetenten velopharyngealen Verschluss durch nebenbefundlichen PW (weißer Pfeil)

Während die digitalisierte Auflösung der Videofluoroskopien bei durchgeführter nasaler Kontrastmittelbenetzung bei jungen und alten Patienten eine gute Qualität zeigte, variierten die Auflösungen der kernspintomographischen Untersuchungen in einem nicht erwarteten Ausmaß zwischen den Altersklassen teilweise deutlich:



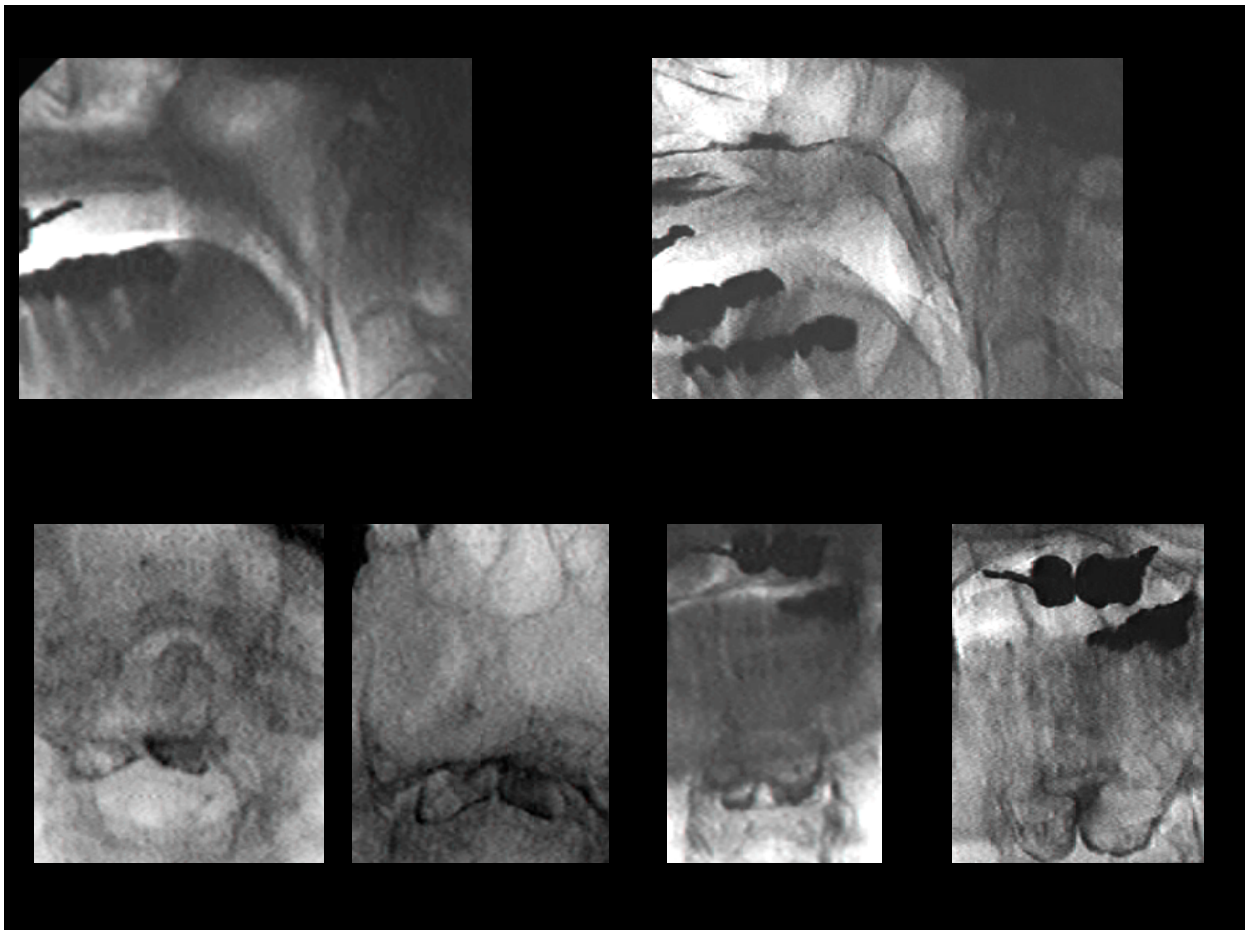
**Abbildung 155:** Patient 26, präoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler Schnittebene des Velopharynx; Kind mit kompetenten velopharyngealen Verschluss



**Abbildung 156:** Patient 8, postoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx; Erwachsener mit kompetenten velopharyngealen Verschluss bei nebenbefundlich seitlicher Kompensation

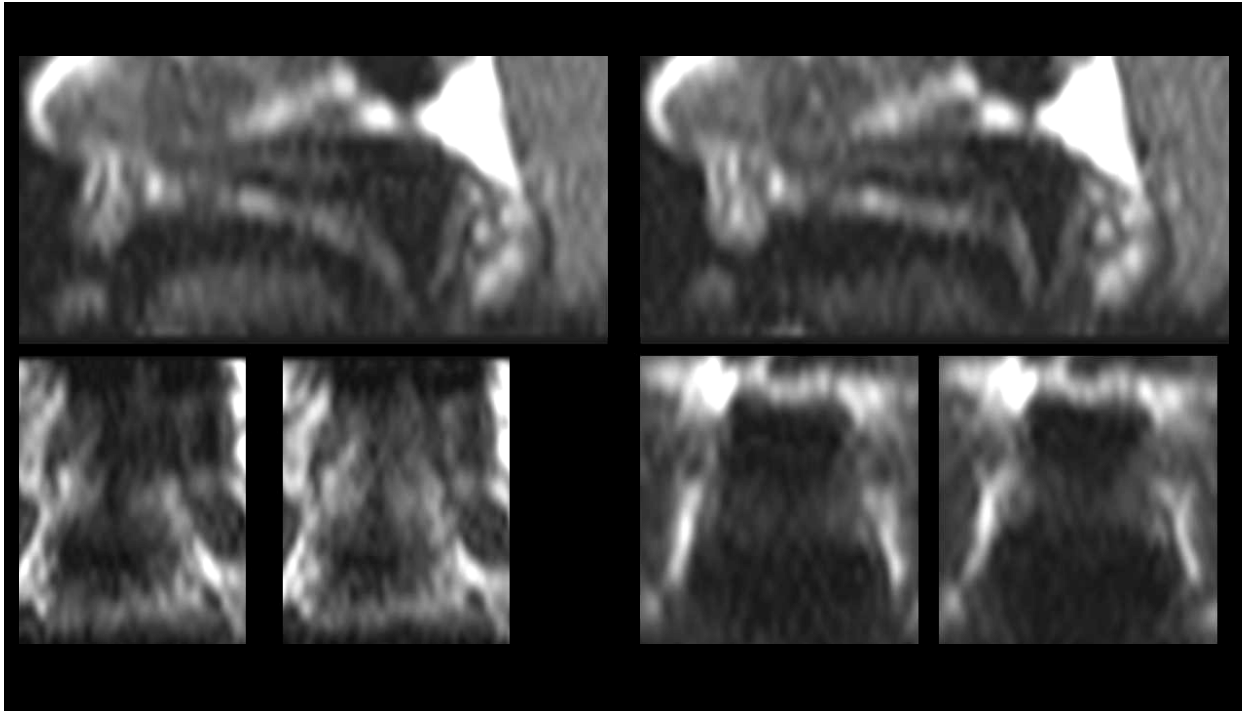
Je jünger und körperlich kleiner die Patienten waren, desto undeutlicher und grobkörniger zeigte sich die endgültige Auflösung der Bilder. Als Ursache sahen wir am ehesten die geringere Ausdehnung der anatomischen Strukturen bei kleinen Kindern. Im direkten Vergleich der Bilder zeigte sich daher in den jungen Altersklassen (Viertes bis ca. achtes Lebensjahr) in der Videofluoroskopie im Vergleich zur Kernspintomographie eine bessere Auflösung.

Eine weitere Diskrepanz der Bildbewertungen im Vergleich der videofluoroskopischen und kernspintomographischen Bilder wurde durch die exaktere und bessere Beurteilung der velopharyngealen Weichteile in den MRT-Aufnahmen gegeben, die somit eine leichtere Auswertung des velopharyngealen Abschlusses ermöglichten:



**Abbildung 157:** Patient 16, präoperative (links) und postoperative (rechts) sagittale, axiale und koronare Videofluoroskopieaufnahmen in maximaler Annäherung des Velums an die Rachenhinterwand, präoperativ ohne, postoperativ mit KM-Gaben; Vor allem ohne KM-Gabe zeigt sich die schlechte Weichteildifferenzierung in allen Ebenen. Präoperativ insuffizienter, postoperativ grenzwertig-kompetenter velopharyngealer Verschluss. Nebenbefundlich atones Velum.

Vor allem in den koronaren Ansichten zeigte sich eine teilweise massive Überlagerung der zu bewertenden Strukturen in den videofluoroskopischen Aufnahmen (Beer, Hellerhoff et al. 2004)(S.797). Außerdem ermöglichte die Videofluoroskopie zwar eine schnellere Bildfolge und somit eine nahezu Echtzeit-synchrone Aufzeichnung der Bewegungsabfolge, war aber dynamisch schwerer auszuwerten als die langsamere Bildfolge des „Echtzeit-MRTs“:



**Abbildung 158:** Patient 16, postoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx; Grenzwertiger velopharyngealer Verschluss mit guter Weichteildifferenzierung in allen Ebenen in der Bewegungssequenz mit grenzwertigen velopharyngealen Verschluss und nebenbefundlich atoner Velumbewegung

## Wertungen in Videofluoroskopie und Kernspintomographie

### 1) Sagittale Bildgebung

#### Ruhemessungen:

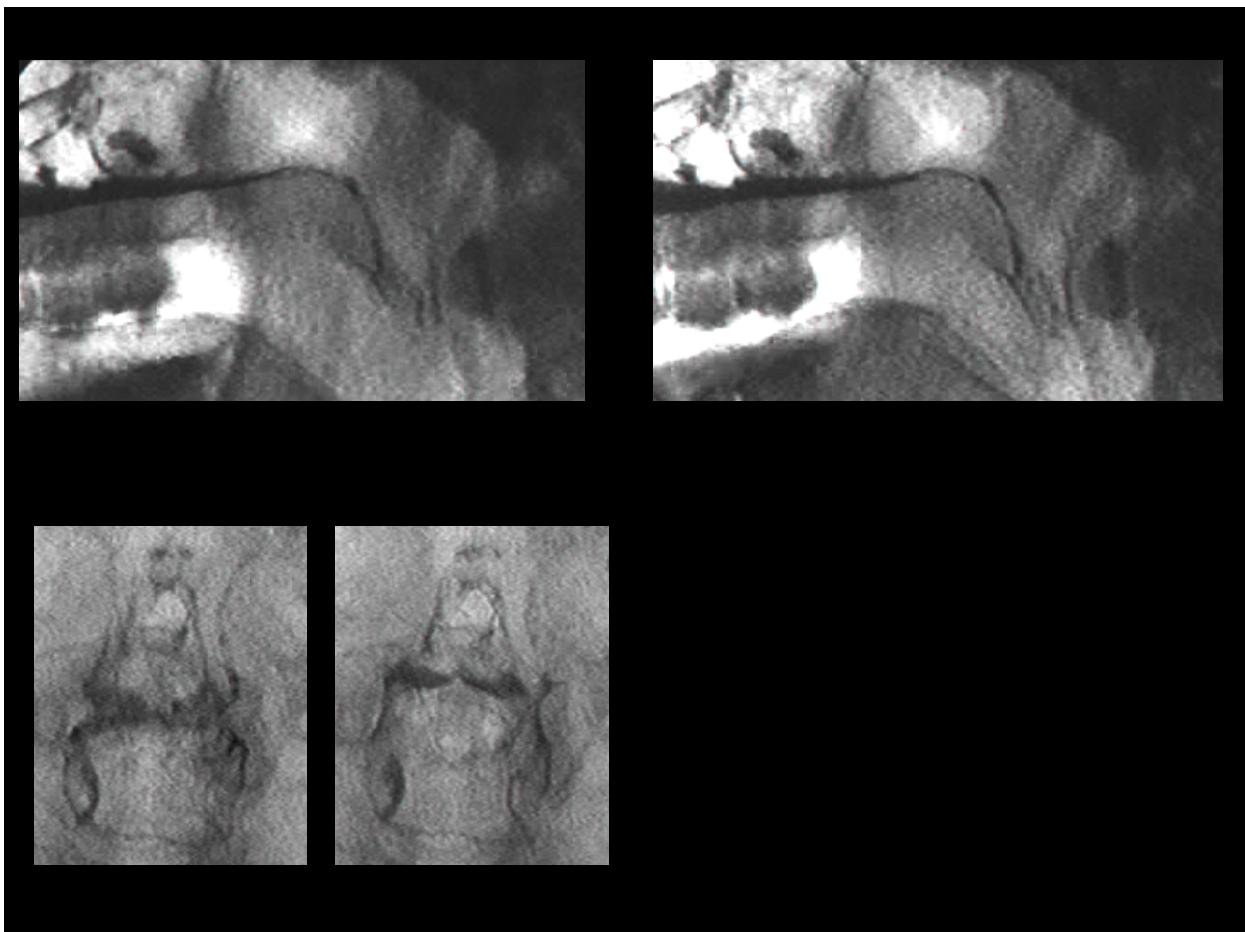
Die Länge und Dicke des Velums sowie die Hebung und der Abstand zur Rachenhinterwand wurden jeweils fast der Hälfte der Fälle übereinstimmend angegeben. Zusammenfassend wurde die Velumlänge im Video ebenfalls fast in der Hälfte der Fälle länger bewertet, die Dicke, Hebung und Abstand zu jeweils gleichen Teilen in beiden Untersuchungen größer gewertet als in der Vergleichsuntersuchung.

Für die Unterschiede der Ruhemessungen lassen sich am ehesten auf die bessere Weichteildarstellung des MRTs und teils fehlende nasale Kontrastierung in den Videofluoroskopieaufnahmen aufführen. Weitere Gründe für die außerdem numerisch auffälligen Diskrepanz der Längenmessungen wären: Die Längendifferenzen mit einer scheinbaren Verlängerung in der Videofluoroskopie kann durch zwei Untersuchungs- und Untersucher-abhängige Veränderungen aufgetreten sein: Die MRT-Schnittebene wurde nicht im medianen Bereich des Velums/Gaumens gewählt, dann hätte die Auswertung der anderen Ruhe-Parameter jedoch eine ähnlich deutliche Abweichung zeigen müssen, oder die fehlende nasale Benetzung bzw. die zusätzliche Benetzung anderer pharyngealer Strukturen ließ eine Fehlmessung mit Vergrößerung der Velumlänge in der Video-Messung zu, bei richtiger Anwahl der sagittalen Schnittebene wäre die MRT-Messung aufgrund der falsch-verlängernden pharyngealen Strukturen im Video exakter.

### Bewegungsmessungen:

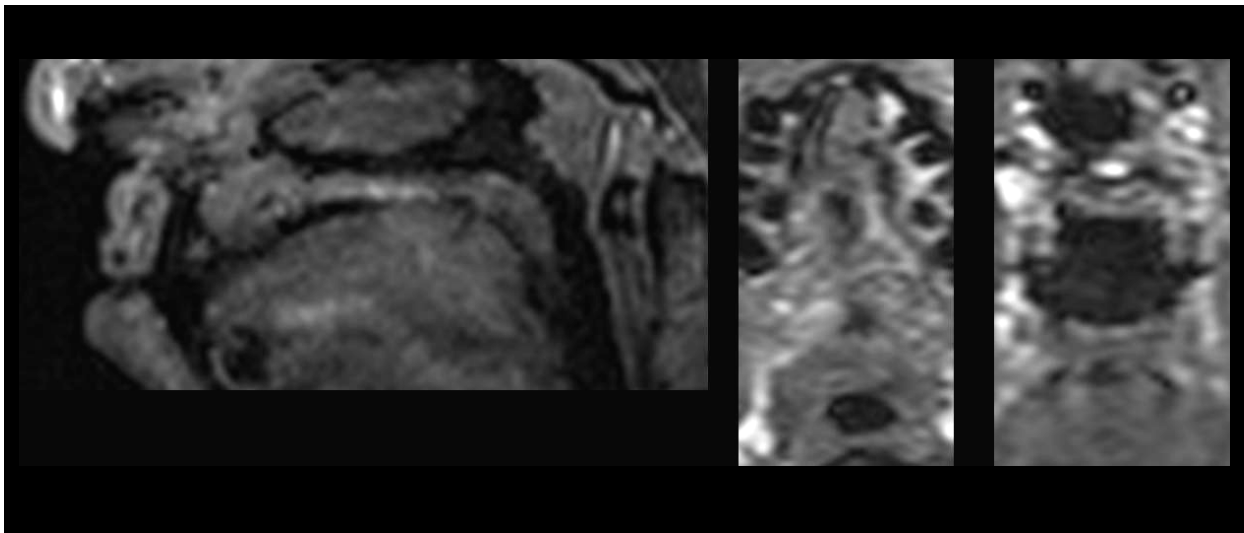
Die Prominenz der Velumbewegung, die Anlagestrecke des Velums an der Rachenhinterwand und die Koordination der Velumbewegung wurden in fast der Hälfte der Fälle gleich bewertet. Die Beständigkeit des Abschlusses konnte in ca. 3/4 der Untersuchungen gleich gesehen werden. Adenoide wurden in der MRT-Wertung in 31% höher und vermutlich exakter (insgesamt ca. 50% Übereinstimmung) angegeben, technisch gesehen ist eine Beurteilung dieser Strukturen in der Videofluoroskopie durch Überlagerungen schwieriger als in der MRT.

Der prognostisch wichtige Wert der Anlagestrecke zeigte neben der 50%igen kompletten Übereinstimmung der Wertung eine im Verhältnis für die hohe Variabilitätsmöglichkeit von 6 Punkten nur geringe Abweichung von maximal 2 Punkten Differenz in den meisten Fällen.

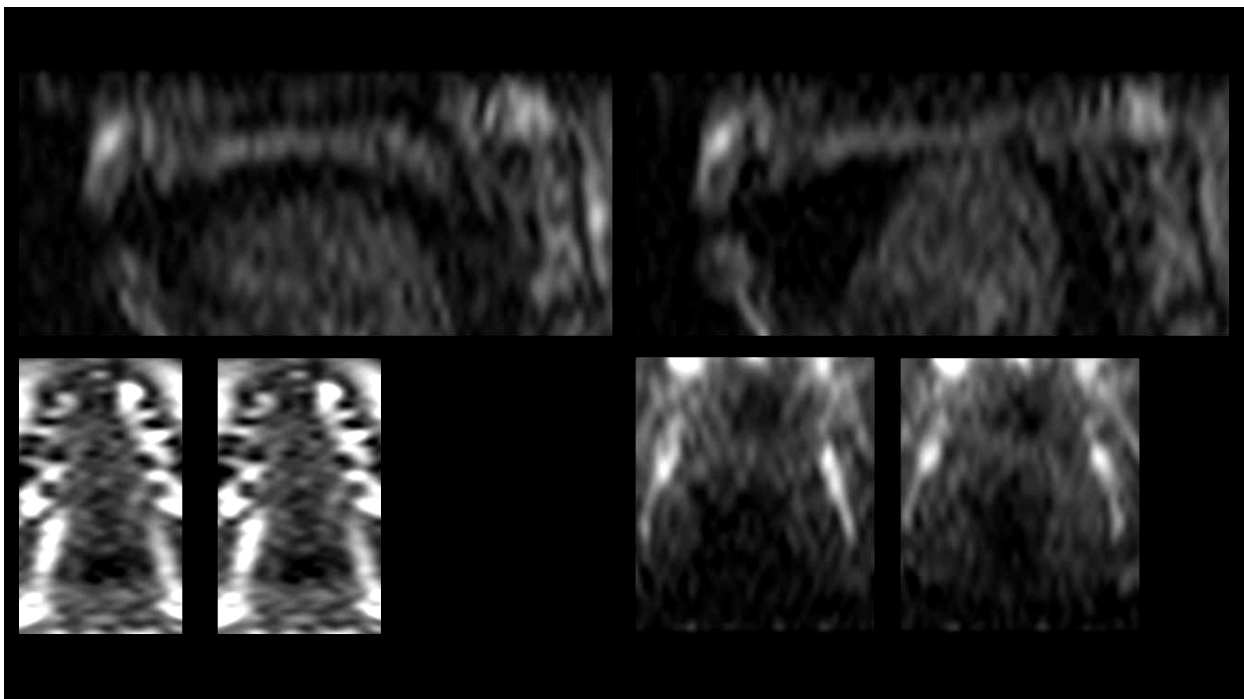


**Abbildung 159:** Patient 18, postoperative sagittale und axiale Videofluoroskopieaufnahmen in Entspannung und maximaler Annäherung des Velums an die Rachenhinterwand mit KM-Gaben; Kompetenter velopharyngealer Abschluss mit leichter dorsaler Kompensation.

Velumlänge, -dicke und Abstand zur RHW normal, Hebung über harten Gaumen. Axiale Gestalt sagittal, mittiges Velum, keine Restöffnung axial



**Abbildung 160:** Patient 18, postoperative Anatomie-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx



**Abbildung 161:** Patient 18, postoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx; Kompetenter velopharyngealer Verschluss mit leichter dorsaler Kompensation.

Velumlänge und -dicke normal, Abstand zur RHW kurz, Hebung über harten Gaumen. Axiale Gestalt zirkulär, mittiges Velum, keine Restöffnung axial.

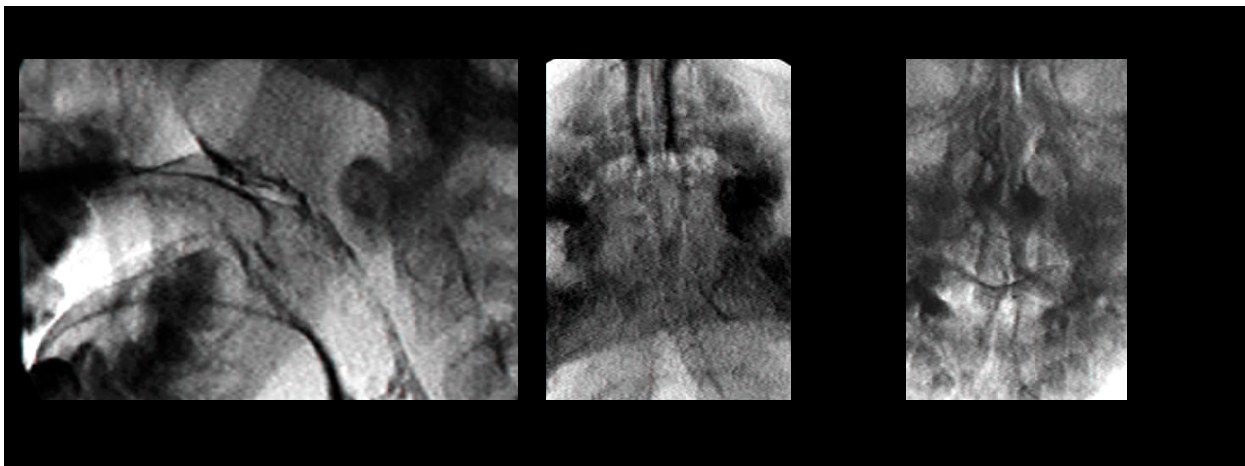
## 2) Axiale Bildgebung

Eine übereinstimmende Wertung der axialen Velumposition wurde beschreibend fast vollständig nachgewiesen, während die Lage der Restöffnung nur in ca. der Hälfte der Fälle identisch gewertet wurde (im MRT eher rechtsverlagert, im Video eher zentral). Die Verschluss-Gestalt wurde nicht identisch gewertet (im MRT eher als sagittal, im Video eher als koronal).

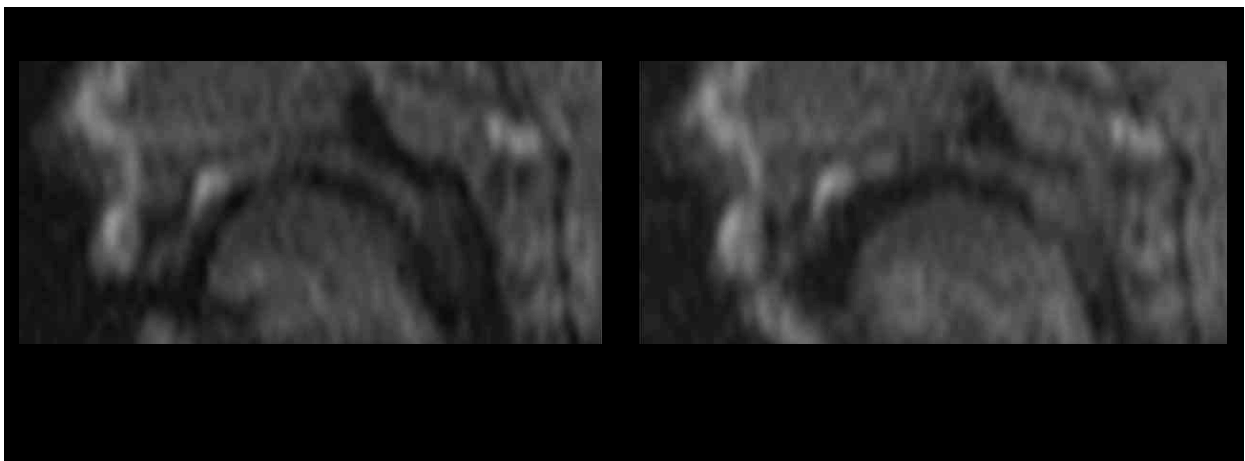
Als ursächlich für die Diskrepanz der Wertungen wäre erneut die Schnittbildgebung des MRTs zu diskutieren: Eine nicht vermeidbare Überlagerung durch andere velopharyngeale Strukturen verändert und erschwert die Bewertung der Restöffnung in der Videofluoroskopie. Das Bild einer sagittalen oder koronalen Restöffnung in der Videofluoroskopie bei einem zirkulären Verschluss wäre so erklärt, in der klaren Schnittebene des MRT jedoch erst verifiziert.

### 3) Koronare Bildgebung

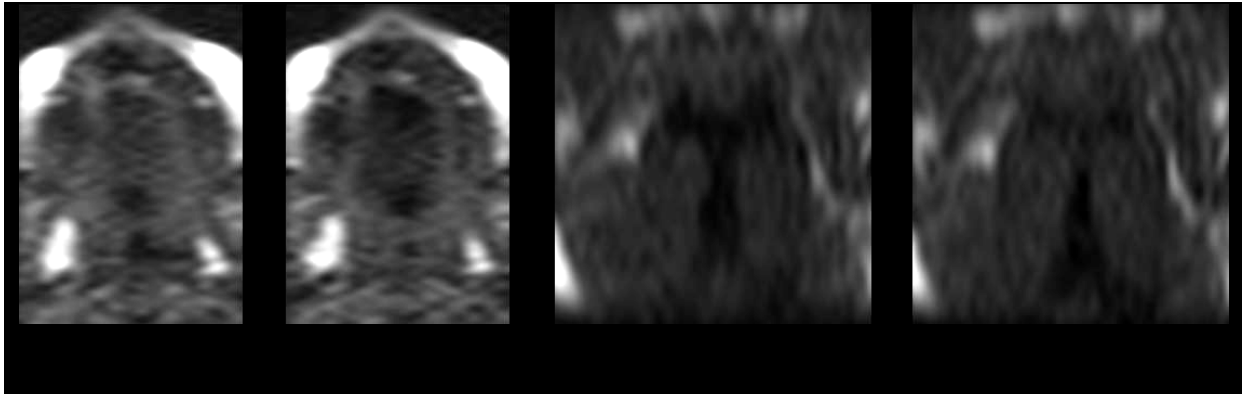
In der koronaren Bildgebung konnten bei verglichenen 21 Paaren erneut ca. die Hälfte der Konturwertungen identisch gewertet werden. Die Hälfte der ballonförmigen Videowertungen wurde im MRT als shelfförmig gewertet. Erneut könnte die differenziertere Konturgebung in der freien Schnittebenen-Wahl des MRT eine Erklärung dieser differenten Wertungen sein, die durch Überlagerungen in der Videofluoroskopie als breiter und damit ballonförmig gesehen werden könnte.



**Abbildung 162:** Patient 5, präoperative sagittale, axiale und koronare Videofluoroskopieaufnahmen in maximaler Annäherung des Velums an die Rachenhinterwand mit KM-Gaben; Insuffizienter velopharyngealer Abschluss. Koronar: Vertikale koronare Kontur und symmetrische Annäherung der pharyngealen Seitenwände mit 75% jeder Seite an die Mittellinie







**Abbildung 163:** Patient 5, präoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx; Insuffizienter velopharyngealer Verschluss mit Andeutung von Tonsillen. Koronar: Vertikale koronare Kontur und symmetrische Annäherung der pharyngealen Seitenwände mit 25% jeder Seite an die Mittellinie

Zu jeweils einem Drittel wurde die Symmetrie der Mittellinienannäherung identisch, weniger oder vermehrt gewertet. Durch diese fast identische Anzahl der möglichen Differenzen wird eine Erklärung durch die verbesserte Schnittebeneanwahl durch die MRT nicht möglich, da beide Untersuchungen Veränderungen in beide Richtungen zeigten. Die axiale Schnittebene zeigte jedoch in beiden Bildgebungen im Verhältnis zur dargestellten Fläche große Massenbewegungen, ein begründeter Favorit wäre in dieser Wertung nicht möglich.

#### 4) Subjektive Wertung

Die subjektive Beurteilung des velopharyngealen Verschlusses wurde zur Hälfte identisch bewertet. Die Differenzen zeigten auch im direkten Vergleich eine minimale Tendenz zu niedrigeren Wertungen in der MRT und zu höheren in der Videofluoroskopie. Subjektiv hatte die Anlagestrecke in Ruhe eine wesentliche Rolle und zeigte in den Untersuchungen eine identische Tendenz und somit eine mögliche Begründung für die leicht schlechteren Wertungen in den MRT-Untersuchungen sein.

#### Gesamtwertungen

Die maximale Punktzahl von 26 wurde in keinem Fall erreicht, in mehr als der Hälfte wurde eine Übereinstimmung (mit maximal 2 Punkten Unterschied) gewertet. Wiederum die Hälfte der übrigen Wertungen zeigten maximal 3-4 Punkte Unterschied. Insgesamt wurde somit eine relativ hohe Übereinstimmung der objektiven Gesamtauswertung und auch eine hohe Korrelanz der Auswertungen der beiden unterschiedlichen bildgebenden Methoden nachgewiesen.

#### Literaturvergleiche

Bereits 1999 zeigten Meduri et. al eine Möglichkeit des funktionellen MRTs des Velopharynx mit FLASH-Sequenzen (Meduri S. 1999)(S.5ff). Zwölf gesunde Probanden wurden in einem 1Tesla-MRT während andauernder Vokalproduktion untersucht, die Bewegungen, Abstände und teilweise Winkel der Lippen, Zunge, weichen Gaumens, Pharynx und der Epiglottis gesondert gemessen. Schon in dieser Studie konnten Details des Sprechapparats detailliert dargestellt werden und der

Nutzen zur Anwendung bei Pathologien wie z.B. der Gaumenspalte oder oropharyngealen Neoplasien wurde erwähnt.

2002 erschien eine Studie über „Echtzeit-MRT“-Untersuchungen des velopharyngealen Traktes mit einem 1,5Tesla-Kernspintomographen (Kane AA 2002)(S.472ff): Die Probanden (inkl. zwei Patienten mit Lippen-Gaumenspalte) sprachen in dieser Untersuchung synchronisierte Silben, die ebenfalls in sagittaler, axialer, koronarer und spezieller velopharyngealer Ebene als „Time-motion images“ (vergleichbar mit dem M-Mode der Echokardiographie) aufgenommen wurden und später digital zu einem Endbild verrechnet wurden. Hier konnten erstmals gute Echtzeit-Bilder und anatomische Unterschiede des velopharyngealen Traktes auch in funktionellen Messungen gezeigt werden, um die Sprechphysiologie in klinischen Untersuchungen in neuen Untersuchungsmethoden zu zeigen.

In einer bereits verbesserten kernspintomographischen Bildgebungstechnik mit einem 3 Tesla-Tomographen wurde 2009 eine Studie zur Schluckuntersuchungen mit 4-10 Bildern pro Sekunde veröffentlicht (Breyer T 2009)(S.48ff), ein Vergleich mit klinischer Untersuchung oder radiologischen Untersuchungen steht jedoch noch aus.

Ein Literaturvergleich der in dieser Studie erhaltenen Ergebnisse ist aufgrund der in dieser Form bisher nicht durchgeführten Untersuchungsvergleiche zwischen Echtzeit-MRT und Videofluoroskopie nicht möglich.

Eine Veröffentlichung mit identischer Angehensweise mit MRT und Videofluoroskopievergleich (Beer, Hellerhoff et al. 2004)(S.791) zeigte zusammenfassend „das Potential der Kernspintomographie den velopharyngealen Verschluss in enger Korrelation zur Videofluoroskopie aufzeigen zu können und in einigen Fällen zusätzliche Informationen zu liefern“. Diese Wertung könnte daher im Allgemeinen auf die in dieser Studie größeren Datenmengen übertragen werden, so dass ein kompletter Ersatz oder eine Für-Wider-Entscheidung zwischen der Videofluoroskopie und der „Echtzeit-MRT“ auch unter den gezeigten Ergebnissen noch nicht gezeigt werden konnte. Es zeigten sich jedoch erneut die Fortschritte der kernspintomographischen Technik und ihrer zunehmenden Möglichkeiten im Bereich der funktionellen Diagnostik durch diese nicht-invasive und nicht-radiologische Herangehensweise wie auch in einer weiteren Studie von 2005 (Shinagawa H 2005)(S.225ff).

Eine weitere Studie über die kernspintomographische Darstellung des Musculi levator veli palatini könnte als Teilvergleich der in unserer Studie durchgeführten Velum-Einzelmessungen herangezogen werden: Ha et. al führten im Vergleich zu einer Untersuchungsreihe mit gesunden Probanden bei vier erwachsenen Patienten mit Lippen-Gaumenspalte kernspintomographische Messungen dieses Muskels in Ruhe und Bewegung durch (Ha S. 2007)(S.494ff). Gemessen wurden die Distanz zwischen den Ansätzen des Muskels und deren Winkel, sowie dessen Länge und Dicke, ähnlich zu den hier gemessenen Velumparametern. Hier zeigten sich ebenfalls zwischen den Spaltpatienten und im Vergleich zu den gesunden Probanden (Ettema S.L. 2002)(S.130ff) variierende Messungsergebnisse der Länge, Dicke und Distanz der Ansätze, die bei den Spaltpatienten durchgehend geringe Messdaten lieferten. Ein systemischer Unterschied zeigte sich bei Messungen zwischen Konsonanten und Vokalen: Ansatzwinkel und Länge wurden kleiner in Ruhe, hohen und tiefen Vokalen sowie bei Konsonanten, war jedoch gleich zu den Messungen der gesunden Vergleichspersonen. Somit konnte auch diese Studie die wachsende Rolle der kernspintomographischen Bildgebung bei funktionellen

Messungen des Velopharynx auch und vor allem bei Spaltpatienten zeigen. Ein direkter Vergleich ist jedoch aufgrund der unterschiedlichen Messungen und Sprachuntersuchungen kaum möglich.

Prä- und postoperative statische kernspintomographische Messungen bei Spaltpatienten bezüglich des Musculus levator palatini wurden für eine andere primärer Spaltoperation (Furlow Z-Plastik und V-Y-Palatoplastie) bereits 2004 durchgeführt (Kuehn D.P. 2004)(S.584ff). Erneut wurden die Untersuchungen in einer sehr kleinen Gruppe (Ein gesundes Vergleichskind, sieben Spaltkinder) durchgeführt und zeigten wieder eine variable Stärke des Muskels vergleichbar mit gesunden Probanden, nach der hier durchgeführten Umsetzung/Rückführung war der Muskelverlauf vertikaler und ermöglichte somit einen besseren Winkel zur benötigten Hebung des Velums zum velopharyngealen Verschluss.

Zusammenfassend zeigte sich hier auch bei Kindern eine gute Möglichkeit der kernspintomographischen Diagnostik zu prä- und postoperativen Verläufen, eine Aussage zur tatsächlichen Verbesserung des velopharyngealen Abschlusses durch die Operation wurde in dieser Studie nicht getätigt. In einer weiteren Studie (Kuehn D.P. 2001)(S.421ff) mit Vergleich der kernspintomographischen Bilder und logopädischen Untersuchung konnte die Operationsentscheidung bei zwei Patienten mit submuköser Gaumenspalte zugunsten der Operation gefällt und postoperativ eine klinisch deutliche Reduktion der Hypernasalität nachgewiesen werden.

Vergleiche zwischen ähnlicher Bildverarbeitung in der Schnittbildtechnik also zwischen Computertomographie und Kernspintomographie können den hier durchgeführten Bewegungsanalysen durch zweidimensionale Bildgebung in der Videofluoroskopie nicht entsprechen. Grundsätzlich wären sie jedoch erneut ein Vergleich der radiologischen und kernspintomographischen Bildgebung: So führte Grams einen bildgebenden Vergleich des Myelons mit diesen beiden Methoden durch (Grams AE 2010)(S.581ff) und konnte nachweisen, dass neben der besseren Darstellung der Knochen in der radiologischen Untersuchung des CTs die Weichteile vergleichbar dargestellt wurden und die anatomischen (nicht wie hier funktionellen) Untersuchungen (hier allerdings mit einem 3Tesla, statt eines 1,5Tesla Gerätes) somit als ebenbürtig gewertet wurden.

Ähnliche kernspintomographische Untersuchungen in Bezug auf den Schluck- oder Sprechakt zeigte eine Studie von Hartl nach Operationen bei Zungenkarzinomen und Rekonstruktion durch mikrovasculäre sog. „Free Flaps“ (Hartl D.M. 2008)(S.108ff): Hier wurden die erwachsenen Studienteilnehmer in einer „Cine-MRT“-Aufnahme in „single-shot fast spin echo“ (SSFSE) mode untersucht, die Ergebnisse zeigten eine sichere, nichtinvasive Untersuchungsmethode der oralen und oropharyngealen Strukturen zur Dysphagie-Diagnostik, die Autoren kamen jedoch auch in dieser Studie zu dem Schluss einen vollkommenen Ersatz für den Goldstandard der Videofluoroskopie in der Kernspintomographie durch teilweise technische Einschränkungen in der Bildgebung noch nicht vollständig erhalten zu haben.

Eine Vergleichsstudie von 2005 greift die verschiedenen invasiven und nichtinvasiven Möglichkeiten der velopharyngealen Darstellung auf (Rowe MR 2005)(S.366ff) und kommt neben der Schlussfolgerung, dass zum aktuellen Stand der Technik die klinisch-alltägliche Nutzung des MRTs zur Visualisierung nicht verwendbar wäre und dass durch die Kosten der kernspintomographischen Bildgebung und die radiologische Strahlung der Videofluoroskopie die in dieser

Studie nicht durchgeführte invasive, direkte Visualisierung der Nasoendoskopie die zu favorisierende Methode sei, jedoch die Vorgehensweise individuell zu diskutieren wäre.

Abschließend sollte sicher die fehlende Praktikabilität der kernspintomographischen Untersuchung durch Kosten, Dauer und eingeschränkten Einsatzfähigkeit außerhalb gewisser Zentren zur Visualisierung des velopharyngealen Abschlusses erwähnt werden. Eine Favorisierung einer invasiven Methode, die zudem eher einer zweidimensionalen Bildgebung entspräche, wäre jedoch zum Zeitpunkt der jetzigen bildgebungstechnischen Entwicklung sicher nicht die alleinig zu nutzende Methode.

Andere Studien kamen nach prä- und postoperativen kernspintomographischen Aufnahmen in Ruhe und mit Phonation ohne Vergleich mit einer etablierten Untersuchungsmethode zu dem Schluss, dass diese Untersuchungsmethode objektiv und exakt genug wäre als alleinige Beurteilung des velopharyngealen Verschlusses genutzt zu werden (Atik B 2008)(S.566ff) oder mit zeitgleicher Untersuchung durch die Nasoendoskopie (Ozgür F 2000)(S.8ff) zur Entscheidung einer bestmöglichen Aussage durch Verbindung beider Untersuchungsmöglichkeiten.

### Entwicklungsmöglichkeiten

Weitere Entwicklungen der Bildgebung wäre eine Verknüpfung mit der klinischen Sprech- und Sprachanalyse, die in dieser Studie nicht zusätzlich durchgeführt wurde. Neben sprachfunktionellen Tests in der Logopädie wären auch Verknüpfungen der Bildgebung mit technischen Untersuchungen denkbar. In Frankreich wurde 2008 eine Studie veröffentlicht, die auf der Grundlage von kern- und computertomographischen Untersuchungen des velopharyngealen Traktes ein dreidimensionales, lineares Artikulations-Modell entwickelte (Serrurier A 2008)(S.2335ff): Velum- und Pharyngeale Wandbewegungen eines einzigen Probanden wurden in 46 verschiedenen Artikulationen in den verschiedenen Ebenen gemessen, dann einander gegenüber gestellt und in ein akustisches Modell eingespeist. Ziel dieser Untersuchungen wäre in der Zukunft durch Velumveränderungen in der Bildgebung direkt durch ein akustisches Modell die Sprachveränderungen der Probanden zeigen zu können.

Ein weiterer Diskussionspunkt wäre die Verknüpfung der velopharyngealen Bewegung mit einer zentralen fMRT-Diagnostik und somit die Evaluierung der individuell gesteuerten Bewegungsabläufe und der Anpassung anatomischer Veränderungen an die individuellen Bewegungsmuster. Diesbezüglich zeigte 2008 eine Studie bereits erste Ergebnisse (Sato-Wakabayashi M 2008)(S.309ff) mit Unterschieden in der zentralen Aktivierung zur Artikulation zwischen zwei gesunden Probanden und einem Spaltpatienten mit unilateraler Lippen-Gaumenspalte und einem mit bilateraler Lippen-Gaumenspalte.

Die Möglichkeit der direkten Verknüpfung der diagnostischen Bildgebung mit der therapeutischen operativen Möglichkeit im virtuellen dreidimensionalen Planen wurde bereits durch kernspintomographische velopharyngeale Messungen 2007 gezeigt (Perry J.L. 2007)(S.421ff).

## Vergleich prä- & postoperativer Daten

### Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der prä- und postoperativen Daten erfolgte beim Vergleich der Videofluoroskopien ebenfalls mit dem T-Test und dem Wilcoxon-Rang Test, die Vergleiche der MRT-Untersuchungen konnten aufgrund der zu geringen Datenmenge und dadurch fehlender statistischer Relevanz nicht durchgeführt werden.

Statistisch zeigte sich nur eine schwache inverse nicht signifikante Korrelation zwischen dem Lebensalter bei Gaumen- und Levatorplastik mit der Gesamtwertung. Die statistische Analyse für eine Korrelation der Änderung der Gesamt- und Einzelwertungen und dem Zeitpunkt der Operation bzw. deren zeitlichen Abstand zeigte bei den Werten Hebung, Anlage, Prominenz und Beständigkeit eine schwache, aber nicht signifikante Assoziation.

Statistisch konnte die objektiven und subjektiven Gesamtwertungen keine signifikante Änderung in der postoperativen Videobeurteilung zeigen. Eine Wertung zu positiven oder negativen postoperativen Outcome ist jedoch mit dieser statistischen Auswertung nicht möglich. Die Einzelwertungen wurden ebenfalls statistisch ausgewertet, um eine Möglichkeit zur Differenzierung in die durch die sprechunterstützende Operation am meisten veränderte und damit betroffene Struktur zu erhalten:

Für die Velumlänge und die Dicke konnte keine signifikante Änderung postoperativ nachgewiesen werden. Eine Verdickung wäre durch die anatomischen Veränderungen durch die Operation (siehe auch Problemstellung) erklärt, die durch eine Implantation von Muskelbäuchen des M. longus capitis in den weichen Gaumen eine Verdickung des Velums verursachen könnte. Die ebenfalls gewünschte Annäherung des Velums an die Rachenhinterwand konnte im Wilcoxon-RangTest ebenfalls nicht als signifikant verändert dargestellt werden. In den Bewegungswertungen konnte sich in der statistischen Auswertung auch keine signifikante Veränderung der postoperativen Wertungen von Velumhebung, Koordination, Prominenz, Abschlussbeständigkeit und Anlagestrecke zeigen. Damit würde statistisch gesehen weder die Beweglichkeit des Velums noch der velopharyngeale Verschluss eine statistisch relevante Veränderung ob nun verbessert oder verschlechtert zeigen. Auch die koronaren Wertungen konnten keine signifikante postoperative Veränderung nachweisen (Kontur, Symmetrie, Mittellinienannäherung). Diese Veränderungen wären wie bereits oben beschrieben durch die anatomischen Veränderungen durch die Levatorplastik erklärbar.

Wie bereits im Diskussionsteil der statistischen Auswertung des Vergleichs der MRT und der Videofluoroskopie geschrieben fehlen auch in dieser erstmaligen statistischen Beschreibung der Levatorplastik in der Literatur vergleichbare Daten.

Die Untersuchung der Korrelation zwischen Länge, Abstand, Anlagestrecke und Gesamtwertung zeigte statistisch signifikante Korrelationen zwischen Abstand und Anlagestrecke, was einer gegensinnigen Veränderung, also z. B. einer Abstandsverkürzung und Anlagenverbesserung entsprechen würde, und zwischen Anlagestrecke und Gesamtwertung. Diese Korrelation einer Bewegungsmessung

und der Gesamtwertung wäre durch die veränderte und ggf. verbesserte Anatomie postoperativ erklärbar.

Auch zwischen Koordination und Hebung sowie Prominenz und Koordination konnten statistisch relevante Veränderungen gezeigt werden. Damit wäre eine gleichsinnige Veränderung der Velummotilität beschrieben, da eine Veränderung der Velumkoordination mit einer Änderung der Wertung von Velumhebung und Prominenz einhergehen würde. Durch die Veränderung der Koordination wurden Veränderungen der Prominenz beschrieben, was als gleichsinnige Beeinflussung der Bewegungseigenschaften des Velums ohne Aussage zur positiven oder negativen Veränderung durch die Levatorplastik statistisch beschrieben werden konnte.

Die Gesamtwertung korrelierte statistisch ebenfalls mit der Koordination, einer Bewegungswertung, die damit die beschriebene Anlagestrecke und Koordination der Velumbewegung als wichtige Parameter der Velumbewertung und als wichtigste qualitative Werte der durchgeführten Operation unterstreicht, da die veränderte Bewegung eine entsprechende Änderung des velopharyngealen Verschlusses zur Folge haben. Vergleichbare Daten zu ähnlichen Veränderungen nach sprechunterstützenden Operationen in dieser Form sind in der aktuellen Literatur bisher nicht veröffentlicht.

Im Vergleich dazu konnte keine korrelierende Veränderung der Velumlänge zur Anlagestrecke oder Verschlussbeständigkeit nachgewiesen werden, Veränderungen der Ruhemessungen der Anatomie trugen statistisch daher nicht zu einer Verbesserung des velopharyngealen Verschlusses bei. Die Beständigkeit konnte ebenfalls nicht durch eine entsprechende Veränderung der Velumhebung oder Koordination bestätigt werden. Die Veränderung der Gesamtwertung konnte statistisch nicht durch signifikante Änderungen von Velumlänge, Anlagestrecke oder Beständigkeit des velopharyngealen Verschlusses bestätigt werden.

Die statistische Auswertung zeigte bei den Daten zur Diagnose des Passavantschen Wulstes einen statistisch relevanten Unterschied zwischen den präoperativen Vergleichen zwischen MRT- und Videowertungen. Bei den Vergleichen der prä- und postoperativen Wertungen konnten nur tendenzielle Änderungen nachgewiesen werden. Eine Veränderung dieser Diagnose durch die Levatorplastik konnte damit nicht sicher nachgewiesen werden.

Zusammenfassend konnten keine statistisch relevanten Veränderungen der Einzelwerte prä- und postoperativ nachgewiesen werden. Es konnten korrelierende Veränderungen zwischen Abstand und Anlagestrecke, Koordination und Velumhebung, Prominenz und Koordination sowie der Gesamtwertung und der Anlagestrecke und der Koordination nachgewiesen werden. Aufgrund der fehlenden Vergleichsdaten in der Literatur und der kleinen Datenmenge dieser Studie können nur Vermutungen über die Relevanz dieser statistischen Veränderungen angestellt werden:

Statistisch konnte jedoch keine signifikante postoperative Veränderung der Gesamtwertung nachgewiesen werden. Ebenso konnten keine signifikanten postoperativen Veränderungen der korrelierenden Einzelwertungen gezeigt werden. Damit kann durch die vorliegende Datenmenge und deren Analyse statistisch keine sicher signifikante postoperative Veränderung des velopharyngealen Verschlusses durch die durch die Levatorplastik beeinflussten Parameter bestätigt oder nachgewiesen werden.

## Unterschiede insgesamt

Nach Auswertung der Klinik, der präoperativen Bildgebung sowie nach Zustimmung und Compliance der Patienten wurden 20 der 27 der in die Studie eingeschlossenen Patienten mit einer Levatorplastik behandelt, 17 davon wurden prä- und postoperativ zur Levatorplastik durch eine Videofluoroskopien, 5 zu beiden Zeitpunkten durch eine Kernspintomographie untersucht. Diese Patienten konnten bereits vor den ersten Untersuchungen und vor Durchführung der sprechunterstützten Operation durch zeitliche Faktoren wie Lebensalter und Zeitpunkt der bereits durchgeführten Gaumenspaloplastik sowie durch bereits durchgeführte Operationen unterschieden werden:

### Lebensalter und Grunderkrankung

Die Relevanz des Operationszeitpunktes in den ersten vier Lebensjahren zunächst der Gaumenspaloplastik und dann der folgenden sprechunterstützten Operation wurde bereits in anderen Studien und zu anderen Operationstechniken in der Vergangenheit gezeigt (Lohmander-Agerskov A 1993; Eufinger H 1994; Kramer JC 1996; Horch 2007; De Mey A. 2009; Hodges 2009; Tindlund RS 2009; Sullivan SR 2010)(Lohmander-Agerskov S.25ff, Eufinger S.927ff, Kramer S.104ff, Horch S.512ff, De Mey S.1723ff, Hodges S.1813ff, Tindlund S.1687ff, Sullivan S.290ff), die altersbezogenen Auswertungen der Ergebnisse zeigten erneut die Gewichtung des Lebensalters zum Zeitpunkt des therapeutischen Eingriffs. Insgesamt waren über die Hälfte der Studienteilnehmer unter 20 Jahre, die Hälfte davon im Alter des Spracherwerbs zwischen 5 und 10 Jahren, das Lebensalter zum Zeitpunkt und der Abstand der verschiedenen Operationen war entsprechend unterschiedlich (für weitere Einzelheiten siehe „Ergebnisse“). Statistisch zeigte sich jedoch kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem zeitlichen Abstand der Operationen zum Zeitpunkt der jeweiligen Operation.

Die Schwere der Grunderkrankung wurde in drei Schweregrade eingeteilt und wurde bei über der Hälfte der Patienten mit der schwersten Form gewertet (vergleichbar zu anderen operativen Studien bei Spaltpatienten) (Lohmander-Agerskov A 1993; Gugsch C 2008; Hodges 2009; Nyberg J 2010)(Lohmander-Agerskov S.25ff, Gugsch S.257ff, Hodges S.1813ff, Nyberg S.92ff). Die Prozentzahl der männlichen Patienten nahm mit der Schwere der Grunderkrankung zu.

### Voroperationen

Ebenfalls im Ergebnisteil erwähnt wurde die Anzahl und Art der Voroperationen, die vor allem aufgrund des teilweise schon hohen Lebensalters bei einigen Patienten bereits ein größeres Ausmaß erreicht hatte. Wurde eine weitere Operation vor oder während der Levatorplastik (z. B. Lippenrevision oder Adenotomie) als nicht deutlich anatomieverändernd angenommen, so traten 70% der Patienten als gut beurteilbar der Studie bei. Da die VPP als bereits literarisch mehrfach erwähnte sprechunterstützte Operation in einer Studie einer weiteren Operation dieser Art gesondert zu erwähnen ist, zeigte sich, dass ein Viertel der Patienten (25%, 5/20) der 20 durchgeführten Levatorplastiken zeitgleich mit einer VPP behandelt wurden.

Andere Studien zu sprachverbessernden Operationen konnten entweder neben der Gaumenspaloplastik andere Voroperationen durch ein anderes Studiendesign

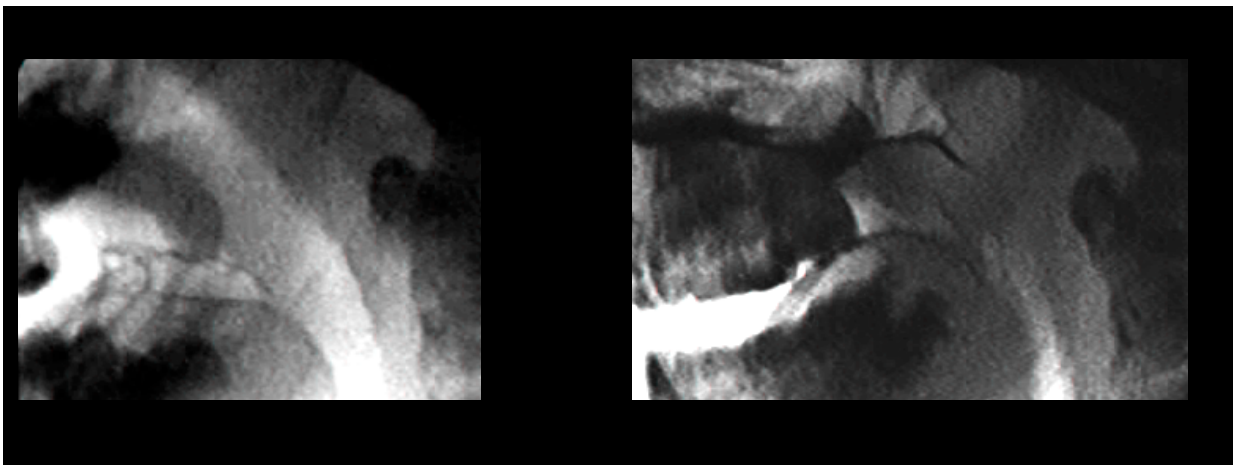
ausschließen (Sullivan SR 2010)(S.290) oder zeigten keine Angaben zu weiteren Voroperationen (Küttner C 2003; Polzer I 2006; Ysunza A 2006)(Küttner S.77, Polzer S.53, Ysunza S.1033) bzw. erweiterten zur Verbesserung des Outcomes um eine weitere Operation (Henriksson TG 2005)(S.277ff) oder nahmen eine Voroperation ins Studiendesign mit auf (Pulkkinen J 2002; Tindlund RS 2009)(Pulkkinen S.102, Tindlund S.1087ff).

## Prä- und postoperative Wertungen

### Allgemeine Gesamtwertung

Von den 20 Patienten, die einer Levatorplastik unterzogen wurden, konnte bei 17 eine prä- und postoperative Videofluoroskopie und bei 5 ebenfalls zu diesen Zeitpunkten die kernspintomographische Untersuchung durchgeführt werden:

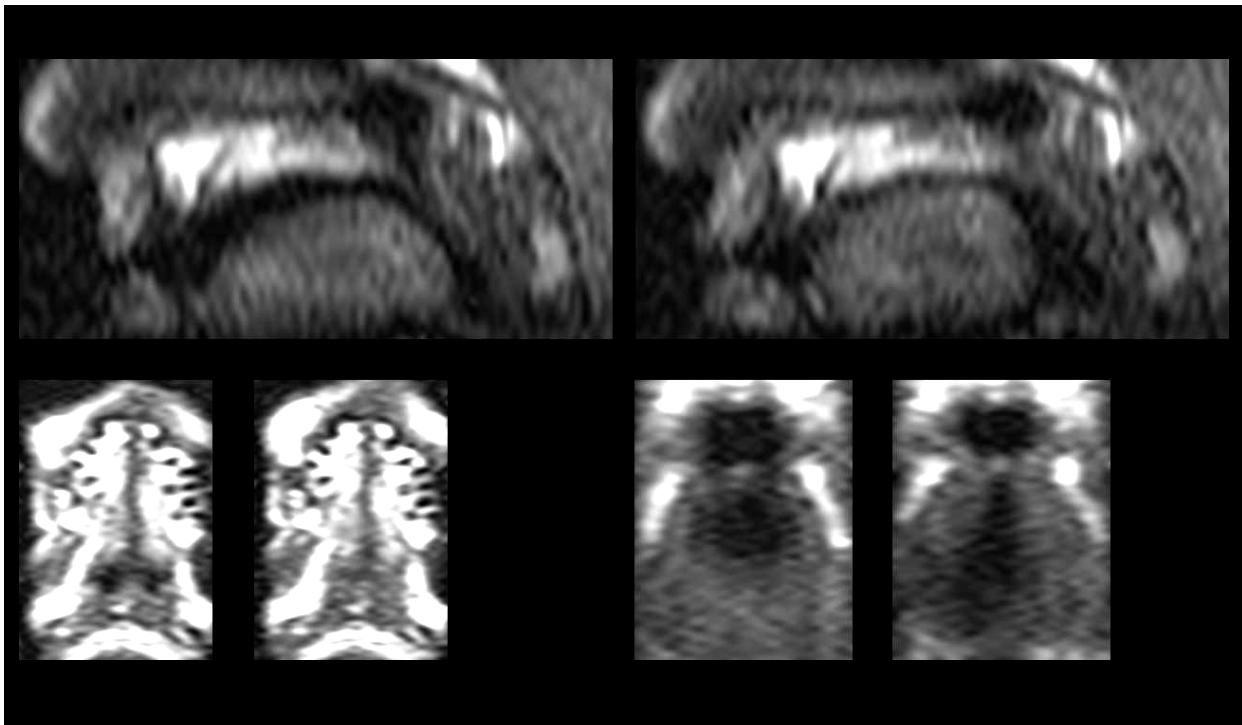
Zusammenfassend zeigte von den videofluoroskopisch untersuchten Patienten fast die Hälfte in der postoperativen Untersuchung eine verbesserte oder schlechtere Gesamtwertung. Die zur vollen Anzahl der Operation fehlenden videofluoroskopischen Untersuchungen waren in der Regel eine Ablehnung der erneuten Strahlungsbelastung durch die Patienten.



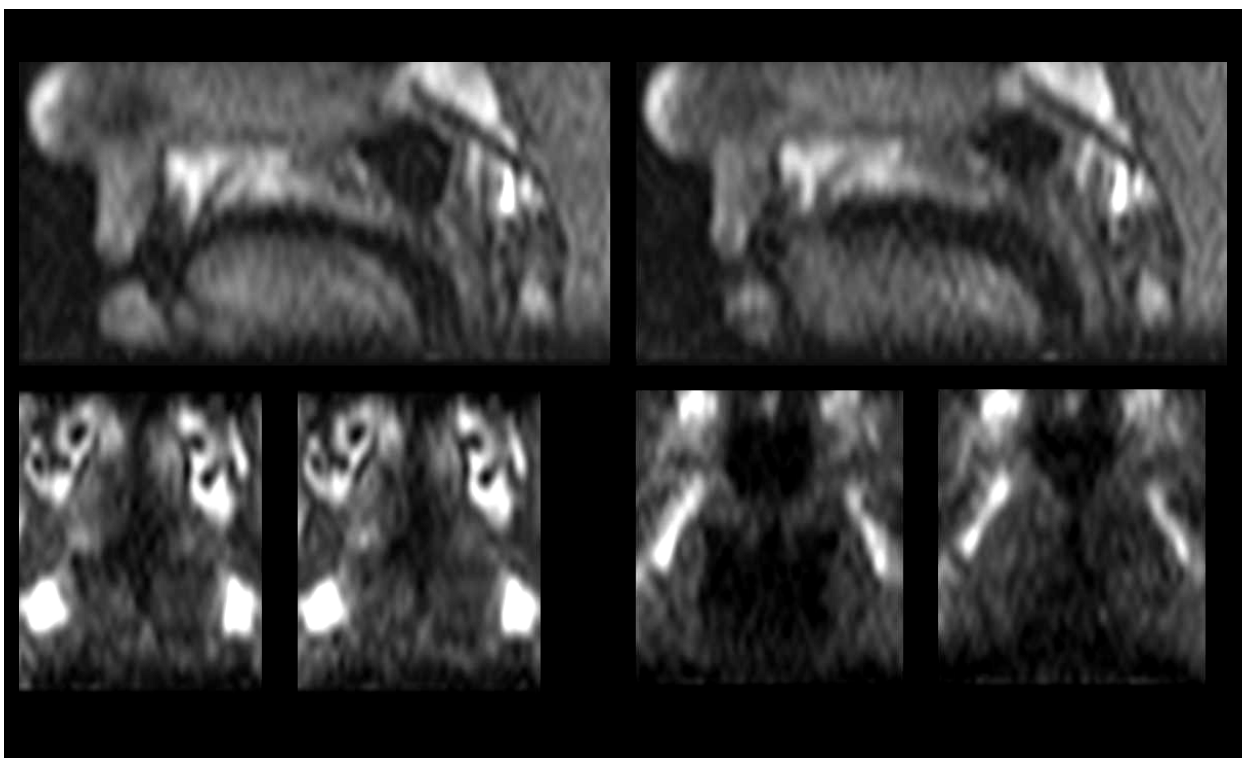
**Abbildung 164:** Patient 8, präoperative und postoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahmen in maximaler Annäherung des Velums an die Rachenhinterwand präoperativ ohne, postoperativ mit KM-Gabe; Präoperativ deutlich insuffizienter velopharyngealer Abschluss, postoperativ kompetenter Verschluss.

Die geringe Anzahl der kernspintomographischen Untersuchungen zeigten in über der Hälfte eine Verbesserung und eine Halbierung der übrigen Ergebnisse als verschlechtert oder gleich in der objektiven Gesamtwertung. Die geringe Anzahl der MRT-Untersuchungen war begründet durch präoperative (z. B. fehlende Compliance, zeitlich länger zurückliegende Operationen) und postoperative (z. B. neu aufgetretene Kontraindikationen für eine kernspintomographische Untersuchung) Kontraindikationen.





**Abbildung 165:** Patient 11, präoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx; Grenzwertiger velopharyngealer Verschluss nach VPP-Operation



**Abbildung 166:** Patient 11, postoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx; Insuffizienter velopharyngealer Verschluss mit PW und seitlicher Kompensation in den koronaren Bildern

## Einzelwertungen in Alters- und Gesamtrationen

### 1) Sagittale Bildgebung

Ruhemessungen:

Fast die Hälfte der Wertungen zeigten eher eine Verschlechterung bis unveränderte Darstellung der Gesamtanatomie durch unveränderte Velumlänge, Verschmälerung des Velums und Vergrößerung des Abstandes zur Rachenhinterwand in Ruhe. Damit zeigte sich in der Ruheanatomie ein unverändertes bis eher verschlechtertes Gesamtbild der Velumparameter.

Untersuchungen zu prä- und postoperativen Einzelveränderungen finden sich in der Literatur kaum, erwähnt wurden bereits die kernspintomographischen die Messungen des Musculus levator veli palatini in Ruhe und Bewegung sowie prä- und postoperativ (Ettema S.L. 2002; Kuehn D.P. 2004; Ha S. 2007)(Ettema S.132f, Kuehn S.585f, Ha S.494), keine Messungen des Velums. Dabei wurden die Veränderungen als wechselnd, parallel zum gesunden Begleitkollektiv beschrieben, bei Spaltpatienten wurden Länge und Ansatzwinkel des Muskels eher als kleiner beschrieben, nach Palatoplastie konnte keine Änderung der Muskeldicke oder –länge beschrieben werden, es wurde jedoch ein veränderter und besserer Muskelansatzwinkel beschrieben um eine Velumhebung zum velopharyngealen Abschluss zu verbessern. Eine sichere Aussage zur Verbesserung durch postoperative Untersuchungen fehlte in diesen Untersuchungen.

Grundsätzlich zeigt die aktuelle Literatur die meisten postoperativen Verläufe von sprachverbessernden Operationen entweder zwar durch bekannte radiologischen Bildgebungen (Tindlund RS 2009)(S.1689) in den meisten Fällen jedoch durch klinische also logopädische, audiologische Verläufe (Küttner C 2003; Polzer I 2006; Tindlund RS 2009; Nyberg J 2010; Sullivan SR 2010)(Küttner S.80, Polzer S.54, Tindlund S.1689, Nyberg S.94, Sullivan S.292) oder kraniofaciale Vermessungen (De Mey A. 2009)(S.1725). Die radiologischen Verläufe zeigten jedoch keine exakten Einzelmessungen, die hier zum Vergleich herangezogen werden können.

Verbesserungen der Velumlänge nach Levatorplastik konnten bei Patienten gemessen werden, die zwischen dem 18. und 22. Lebensmonat mit einer Gaumenspaltplastik operiert wurden, hier zeigten sich auch die Gesamtwertungen verbessert, während Verschlechterungen eher früher oder sehr spät primär operiert wurden und in der Gesamtwertung ebenfalls postoperativ schlechter bewertet wurden. So zeigten die Ruhemessungen einen Zusammenhang der velopharyngealen Funktion mit der Velumlänge und die Veränderung in der Zusammenschau mit einer zeitgerechten Gaumenspaltplastik im zweiten Lebensjahr.

Eine umgekehrte Wertung zeigte sich unerwartet bei den Ruhe-Abstandsmessungen: Eine Verschlechterung zeigte in über der Hälfte eine postoperativ gebesserte Velumhebung und Gesamtwertung und in 50% der Verbesserungen wurden die Patienten postoperativ schlechter in Velumhebung und Gesamtwertung beurteilt. Diese umgekehrten Veränderungen lassen sich am ehesten als verbesserte Gesamtfunktion des Velums und deren Unabhängigkeit von der Eigenlänge im Verhältnis zum Abstand zur Rachenhinterwand in Ruhe werten. Die Levatorplastik zeigt hier in den postoperativen Ergebnissen bereits eine verbesserte Velumfunktion bei eher schlechteren Ruhemessungen.

## Bewegungsmessungen:

In den bewegten Bildern wurde ebenfalls in etwa der Hälfte der Fälle die Hebung des Velums im Verhältnis zum harten Gaumen, die Beständigkeit des Verschlusses und die Prominenz als unverändert, die Koordination als etwa gedrittelt besser-gleichschlechter gewertet. Der für den velopharyngealen Verschluss relevanteste Faktor der Anlagestrecke des Velums an der Rachenhinterwand in etwa auch mit 50% als besser gewertet, über die Hälfte der als schlechter gewerteten Ergebnisse sanken um 2-3Punkte.

Eine komplette Verbesserung der Velumhebung wurde von der Patientengruppe mit einem Operationsabstand Gaumen - Levatorplastik von 1-5 Jahren erreicht. In der Gesamtwertung zeigten jüngere Patienten zu 100% bei Verbesserung der Velumhebung eine Gesamtverbesserung. Ältere Patienten wurden zu ca. 1/5 in der postoperativen Gesamtwertung bei ebenfalls schlechterer postoperativen Längenmessung schlechter beurteilt, umgekehrt wurden verschlechterte Hebungen postoperativ insgesamt eher besser beurteilt, wenn die Velumlänge verbessert gewertet wurde. Postoperative Verbesserungen der Velum-Koordination zeigten in allen Fällen eine Verbesserung der Velumhebung.

Wurde die Gaumenspaltplastik innerhalb des ersten Lebensjahrs durchgeführt, so wurde die Anlagestrecke nach Levatorplastik fast immer als verbessert bewertet, in den Altersgruppen bis zum vollendeten fünften Lebensjahr zu einem Drittel, so dass sich auch in dieser Einzelwertung die Relevanz der frühen Primäroperation vor Beginn des Spracherwerbs widerspiegelt (Eufinger H 1994; Horch 2007; Tindlund RS 2009; Sullivan SR 2010)(Eufinger S.927ff, Horch S.482ff, Tindlund S.1690, Sullivan S.292). Eine postoperativ verminderte Anlagestrecke wurde von einer ebenfalls verschlechterten postoperativen Gesamtwertung gefolgt, eine Verbesserung zeigte meist eine Gesamtverbesserung. Auffällig war, dass eine verminderte Anlagestrecke auch eine unveränderte oder verschlechterte Wertung der Velumlänge und der Velumkoordination zeigte und somit als erster Indikator für die Bewegungsfähigkeit des Velums nach erfolgter Levatorplastik gesehen werden konnte (siehe auch statistische Auswertung) auch wenn die Velumlänge als einzelner Parameter keine relevante Aussagekraft in Bezug auf die Gesamtwertung gezeigt hatte.

Die verbesserte Koordination des Velums sollte postoperativ nach Levatorplastik eine Gesamtverbesserung ermöglichen (siehe auch statistische Auswertung), um eine Effizienz der Operation zur Sprechverbesserung zu zeigen: Da Koordination und Prominenz des Velums bei Verbesserung immer eine postoperative Gesamtverbesserung zeigten kann die Wichtigkeit dieser Parameter in Bezug auf die Gesamtfunktion nach Levatorplastik als deutlich gesehen werden. Alle Patienten mit einer postoperativen Verbesserung der Velumprominenz wurden bis zum Ende des zweiten Lebensjahres einer Gaumenspaltplastik unterzogen. Die Levatorplastik würde nach der vorliegenden Datenlage beim Eintritt einer Verbesserung der Velumkoordination ebenfalls den velopharyngealen Abschluss verbessern.

Bei Durchführung der Gaumenspaltplastik im ersten Lebensjahr und /oder der Levatorplastik im Alter des Spracherwerbs zeigte sich die Verschlussbeständigkeit nach Levatorplastik verbessert oder unverändert, eine Verschlechterung meist eine Gesamt- und Anlageverschlechterung. Die Verbesserung der Verschlussbeständigkeit zeigte meist eine Gesamt- und Anlageverbesserung, so

dass auch sie neben der Velumkoordination ein Parameter zur Aussage über die Effizienz der Levatorplastik wäre.

Die differenzierteste Aussage der Anlagestrecke konnte eine Abhängigkeit von dem Zeitpunkt der Gaumenspaltplastik nachweisen: Fast alle Verbesserungen der Anlagestrecke waren in den ersten beiden Lebensjahren mit der Gaumenspaltplastik operiert worden, so dass erneut die Effizienz und Zeitpunkt von einer frühzeitigen Primäroperation abhing (Eufinger H 1994; Horch 2007; Tindlund RS 2009; Sullivan SR 2010)(Eufinger S.927ff, Horch S.482ff, Tindlund S.1687ff, Sullivan S.290ff). Eine Verschlechterung der Anlagestrecke zeigte fast immer eine Gesamtverschlechterung und in der Hälfte der Fälle eine Koordinations- und Längenschlechterung an. Eine Verbesserung konnte in fast allen Fällen eine Gesamtverbesserung und eine Abstandsverringerung zur Rachenhinterwand in Ruhe sowie in der Hälfte der Fälle eine Verbesserung der Velumhebung zeigen. Zu einem hohen Prozentsatz zeigten somit Aussagen über die Anlagenstrecke die Wertung der Gesamtveränderungen an.

## 2) Axiale Bildgebung

Aufgrund fehlender Bilder in den Untersuchungen durch massive Bewegungsartefakte oder fehlende Aufzeichnung konnten nur wenige Werte verglichen werden, die unveränderte Velumpositionen oder Gestaltveränderungen beschrieben.

## 3) Koronare Bildgebung

Die erneut fehlenden Datenmengen lassen sich hier vor allem durch die erschwerte Positionseinnahme der sog. Sphinx-Position und erneute Bewegungsartefakte in den Aufnahmen erklären, die möglichen Vergleiche von neun Untersuchungen zeigen in jedem Fall Veränderungen zu den präoperativen Untersuchungen mit Änderungen der Verschlussform bei etwa zur Hälfte gleich bleibender Symmetrie-Wertung (siehe auch Ergebnisse) und meist unveränderter Mittellinienannäherung. Eine Aussage zur Effizienz der Levatorplastik ließen diese Daten nicht zu. Nebenbefundlich zeigten die Symmetriemessungen in mehr als der Hälfte der Untersuchungen keine Verschlechterung der seitlichen Pharynxbewegungen durch die stattgehabte sprechunterstützende Operation, so dass eine eventuelle Kompensation des velopharyngealen Abschlusses durch diese Strukturen nicht verändert wurde.

## 4) Subjektive Wertung

Die Hälfte aller subjektiven Gesamtwertungen war postoperativ verbessert, ein Viertel der Gesamtwertungen wurde verschlechtert gewertet, insgesamt zeigte sich also subjektiv eine eher positive Bilanz der postoperativen Diagnostik.

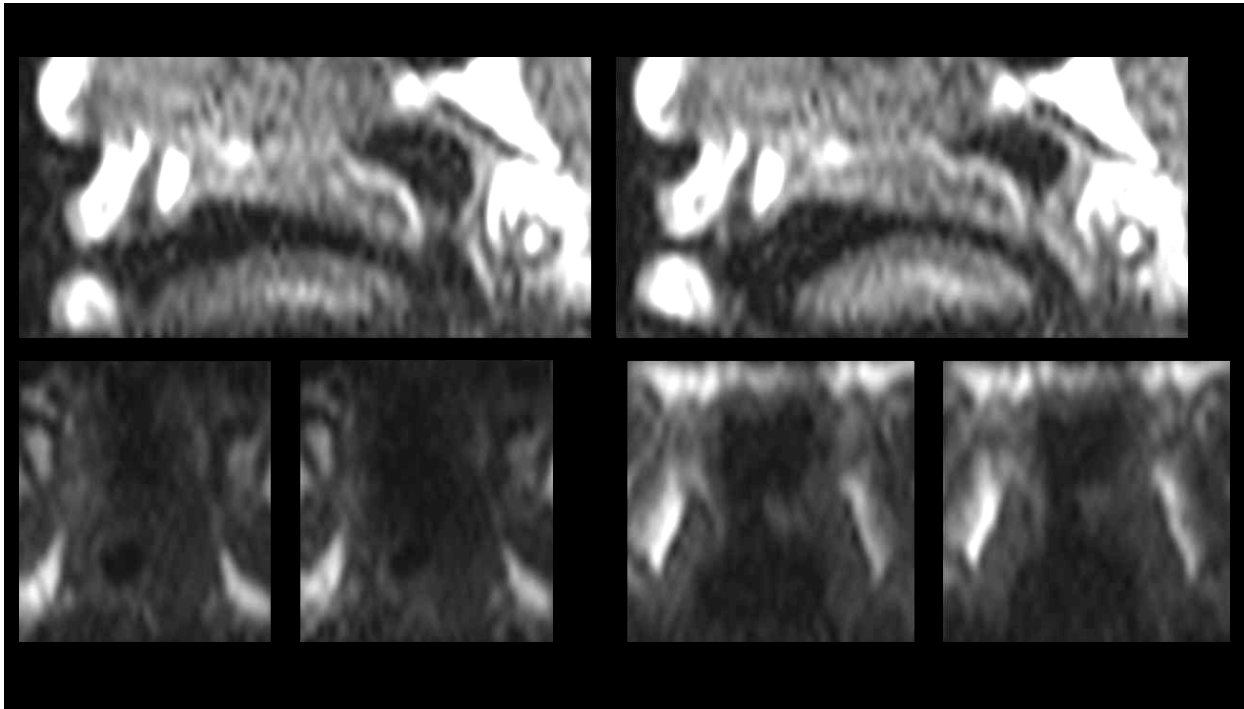
## Gesamtwertung

In Zusammenschau der Altersgruppen, der Einzelwertungen und der Voroperationen zeigten sich folgende Veränderungen als Wertungsgrundlage der Levatorplastik:

Eine objektive Verbesserung nach Levatorplastik wurde bei den Patienten erreicht, die mit einer Gaumenplastik im Alter des vollendeten Spracherwerbs (Eufinger H 1994; Horch 2007; Tindlund RS 2009; Sullivan SR 2010) (Eufinger S. 927ff, Horch S. 482ff, Tindlund S.1687ff)(25.-120. Lebensmonat, der Zeitraum vom 10.-12. gilt als Grundlagenerwerb) unterzogen worden waren, bei Patienten mit einer Gaumenspaltplastik vor diesem Zeitraum (13.-24. Lebensmonat) konnten in dieser Studie zu über der Hälfte nach Levatorplastik eine Verschlechterung dokumentiert werden, eine noch früherer Operationszeitpunkt der Gaumenspaltplastik zeigte keine deutliche Verbesserung oder Verschlechterung nach Levatorplastik in den Videofluoroskopie- Auswertungen.

Wurde die Levatorplastik zwischen dem 5. und 10. Lebensjahr ebenfalls im Zeitraum des Spracherwerbs durchgeführt, so konnte in den meisten Fällen eine Verbesserung der Gesamtwertung, v. a. aber der funktionellen Wertung dokumentiert werden. Bei einem Abstand von ca. 5 Jahren zwischen der Gaumenplastik und der sprechunterstützenden Operation der Levatorplastik konnte meist eine Verbesserung nachgewiesen werden, bei einem Abstand zwischen 5 und 10 Jahren noch in der Hälfte der Fälle. Erklärend sollte erwähnt werden, dass Patienten mit den kürzeren Abständen zwischen den Operationen auch ein geringeres Lebensalter zum Zeitpunkt der Untersuchungen aufwiesen und somit schon ein besseres Outcome besaßen.

## Passavantscher Wulst



**Abbildung 167:** Patient 17, postoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx; Grenzwertiger velopharyngealer Verschluss mit PW und nebenbefundlich axial seitlich verlegter Öffnung

Insgesamt wurde bei der Hälfte der Patienten ein Passavantscher Wulst in mindestens einer Bilddiagnostik dargestellt. Im Überblick zeigten die Daten, dass Patienten mit totalen uni- oder bilateralen Spaltbildungen eher einen Passavantschen Wulst entwickelten als Patienten mit leichteren Ausprägungen. Diese in dieser Studie eher jüngeren Patienten zeigten im Durchschnitt koordinierte Velumbewegungen mit gleichmäßigen Seitenwandbewegungen. Bei Patienten ohne diese Struktur wurde in etwa der Hälfte der Fälle eine inkomplette oder komplette LKG-Spalte nachgewiesen, sie zeigten in höheren Anteilen unkoordinierte Velum- und Laryngopharynxbewegungen.

Patienten mit Passavantschen Wulst zeigten nach Levatorplastik zu etwa einem Drittel eine verbesserte, zu einem Sechstel eine verschlechterte Gesamtwertung. Patienten mit totaler uni- oder bilateraler LKG-Spalte, bei denen ein Passavantscher Wulst diagnostiziert wurde, zeigten in den meisten Fällen bereits präoperativ und in zur Hälfte nach Levatorplastik eine verbesserte Gesamtwertung zu der diese pharyngeale Struktur als zusätzliche kompensatorische Komponente beitragen konnte. Eine postoperative Verschlechterung dieser Patienten trat nur in einem Fall auf.

Bei Patienten ohne einen Passavantschen Wulst zeigten sich postoperativ in ebenfalls ca. einem Drittel ein jeweils verbessertes oder verschlechtertes Gesamtergebnis, bei etwas mehr als über der Hälfte dieser Patienten war ebenfalls eine totale uni- oder bilaterale LKG-Spalte nachgewiesen worden.

Diese bereits im 19. Jahrhundert erstbeschriebene Struktur (Passavant 1865)(S.338) wurde in der Literatur vielfach untersucht und beschrieben: Untersuchungen zeigten, dass die Präsenz des Wulstes posteriore und laterale Pharynxwandbewegungen verändert und somit nicht als Mittellinienstruktur bezeichnet werden kann (Glaser ER 1979)(S.24ff), außerdem wurde die Beteiligung des Passavantschen Wulstes am velopharyngealen Verschluss bereits in mehreren Veröffentlichungen beschrieben (Glaser ER 1979; Berry QC 1983; Engelke 1990; Isberg A 1990)(Glaser S.24ff, Berry S.10, Engelke S.153ff, Isberg S.253ff). Aber es gibt ebenfalls Veröffentlichungen, die aufgrund fehlenden Nachweises eines Wulstes dessen Beteiligung am velopharyngealen Verschluss ausschlossen (Skolnick ML 1973; Croft CB 1981)(Skolnick S.295, Croft S.268). In neueren Darstellungen konnte der Passavantsche Wulst aufgrund der besseren Bildgebungsqualität als anatomische Struktur in unterschiedlichen Ausprägungen nachgewiesen werden (Sader, Zeilhofer et al. 2001)(S.145ff). Weitere Studien konnten ebenfalls eine Veränderung des Passavantschen Wulstes intraindividuell im Alter nachweisen, die zu einem höheren Prozentsatz bei gesunden Vergleichspersonen (60%) als bei Spaltpatienten (30%) nachgewiesen werden konnte (Siegel-Sadewitz VL 1986)(S.171ff).

Bei Spaltpatienten konnte eine durchschnittliche höhere und ausgeprägte Präsenz dieser Struktur bereits nachgewiesen werden (Engelke 1990)(S.153ff) und als Kompensationsmöglichkeit des velopharyngealen Abschlusses gezeigt werden (Isberg A 1990; Coffey JP 1993)(Isberg S.253ff, Coffey S.261). Die Möglichkeit einer weiteren Steigerung der Rachenwandkontraktilität durch Logopädie (Ysunza A 1992)(S.1033) konnte ebenfalls postoperativ zur Verbesserung des velopharyngealen Abschlusses beitragen.

### Effektivität der Levatorplastik

Aufgrund der sagittalen Einzelwertungen, deren Korrelationen untereinander und in Bezug auf das Behandlungsalter bei Gaumen- und Levatorplastik zeigten sich insgesamt mehrere Zusammenhänge:

- 1) Statistisch konnten keine relevanten Veränderungen der Gesamt- oder Einzelwerte prä- und postoperativ nachgewiesen werden. Es zeigten sich jedoch korrelierende Veränderungen zwischen Abstand und Anlagestrecke, Koordination und Velumhebung, Prominenz und Koordination sowie der Gesamtwertung mit der Anlagestrecke und der Koordination. Eine statistisch signifikante Analyse und Aussage über die Effektivität der Levatorplastik konnte durch die vorliegende Datenmenge daher nicht geführt werden, entsprechende Vergleichsdaten fehlen in der Literatur.
- 2) Wurde die Primäroperation der Gaumenspaltplastik bis zum Abschluss des zweiten Lebensjahrs durchgeführt, so zeigte dies nach durchgeführter Levatorplastik zunächst in Ruhe eine Verbesserung der Velumlänge und der Verminderung des Abstandes zur Rachenhinterwand sowie in Bewegung eine Verbesserung der Anlagestrecke, der Koordination, der Beständigkeit und der Velumhebung, also aller wesentlichen Velumfunktionen zur Verbesserung eines velopharyngealen Abschlusses.

(Eufinger H 1994; Horch 2007; De Mey A. 2009; Hodges 2009; Tindlund RS 2009; Sullivan SR 2010)(Eufinger S.927ff, Horch S.482ff, De Mey S.1723ff, Hodges S. 1813, Tindlund S.1687, Sullivan S.290ff)

3) Die sprechunterstützende Operation der Levatorplastik zeigte zu keinem bestimmten Lebensalter verglichen zu der Gaumenspaltplastik eine deutliche Besserung des velopharyngealen Verschlusses, jedoch anatomisch oder funktionelle Teilverbesserungen und –anpassungen wenn sie im Alter des Spracherwerbs durchgeführt wurde (wie z. B. in der Verschlussbeständigkeit)

(Pulkkinen J 2002; Küttner C 2003; Sullivan SR 2010)(Pulkkinen S.102ff, Küttner S.77, Sullivan S.292)

4) Einzelwertungen und somit bestimmte Parameter der Velumsuffizienz hängen in ihrer Veränderlichkeit positiv und negativ voneinander ab und / oder werden von der Levatorplastik gemeinsam beeinflusst (siehe auch 1)):

- Funktionell wurde eine verbesserte Beständigkeit des velopharyngealen Abschlusses mit einer verbesserten Anlagestrecke bewertet, diese zeigte wiederum in meist eine Übereinstimmung mit der Verbesserung der Gesamtwertung und zur Hälfte eine ebenfalls verbesserte Koordination und Velumhebung bei anatomisch unveränderten Abstand oder Velumlänge.
- Verbesserung der Velumhebung zeigte eine Besserung der Gesamtbeurteilung und meistens eine Koordinationsverbesserung der Velumbewegung, die ihrerseits bei Verbesserung eine Gesamtverbesserung und bei Verschlechterung meist eine unveränderte oder ebenfalls verschlechterte Gesamtwertung zur Folge hatte.
- Bei verbesserter Koordination und Gesamtwertung wurde auch in ca. der Hälfte der Fälle eine verbesserte Velumprominenz gewertet, umgekehrt wurde eine verschlechtert gewertete Prominenz in der gleichen Anzahl auch insgesamt mit einer verschlechterten Gesamtwertung beurteilt. Insgesamt zeigte die Prominenzwertung des Velums jedoch in etwa zur Hälfte eine zur Gesamtwertung identische Veränderung an.

Pulkkinen et. al zeigten in kraniofazialen Messungen 2002 (Pulkkinen J 2002)(S.102ff) an Velopharyngoplastie-Patienten bereits einen im Vergleich zu nicht operierten Kollektiv einen sagittal erweiterten nasopharyngealen Raum, also einen größeren Abstand der velopharyngealen Strukturen nach sprechunterstützender Operation, die in diesen Messungen allerdings durch die zeitgleiche Adenoidektomie erklärt wurde. Eine Änderung de Velumlänge konnte in diesen Untersuchungen nicht gemessen werden, die Autoren kamen in dieser Studie zu dem Schluss, dass eine zeitgleiche Adenoidektomie den velopharyngealen Raum zwar vergrößere, eine Gefahr der Insuffizienz jedoch nicht entstehe, relevante gegenläufige Veränderungen zur Kompensation bzw. als Folge der VPP konnten nicht gezeigt werden, so dass eine relevante Verbesserung keiner anatomisch veränderten Struktur zugeschrieben werden kann.



Phoneatrische Untersuchungen nach VPP und Logopädie (Küttner C 2003)(S.77f) oder Pharyngealer-Flap-Operation (Sullivan SR 2010)(S.290ff) konnten ebenfalls eine verminderte postoperative Nasalität nachweisen, eine relevante anatomische Strukturveränderung dieser klinischen Verbesserung konnte jedoch in diesen Untersuchungen aufgrund der fehlenden Bildgebung oder Invasivität (z.B. Endoskopie) nicht dargestellt werden.

- 5) Der Passavantsche Wulst zeigte sich als eine am velopharyngealen Abschluss mitwirkende Struktur (Glaser ER 1979; Berry QC 1983; Engelke 1990; Isberg A 1990)(Glaser S.24ff, Berry S.10, Engelke S.153ff, Isberg S.253ff), in den vorliegenden Untersuchungen zeigte sich ein vermehrtes Vorkommen bei totalen LKG-Spalten (bei über der Hälfte dieser Patienten) mit eher koordinierten Velum- und Laryngopharynxbewegungen, postoperativ konnte bei nachgewiesenen Wulst in ca. einem Drittel eine verbesserte, in einem Sechstel eine verschlechterte Gesamtwertung gewertet werden. Nebenbefundlich konnte der Passavantsche Wulst bei Spaltpatienten eher in jüngeren Jahren dargestellt werden, was für eine zusätzliche Kompensationsmethode spricht, die bei den älteren Studienpatienten, die aufgrund erhöhter Nasalität in die Studie eingeschlossen wurden, nicht oder weniger suffizient ausgeprägt war und somit kaum eine Kompensationsmöglichkeit bot.

#### Aktuelle Entwicklung der sprechunterstützenden Operationen

In den letzten Jahren wurden neben der Weiterentwicklung und unterschiedlichen postoperativen Untersuchungen der bekannten sprechunterstützenden Operationen neue Herangehensweisen entwickelt, um eine velopharyngeale Insuffizienz operativ zu verbessern und ggf. komplett zu kompensieren, die hier in einem kurzen Überblick zum weiteren Vergleich der vorliegenden operativen Herangehensweise erwähnt werden sollten:

2007 entwickelte Ragab (Ragab 2007)(S.793ff) eine physiologisch anmutende Operation zur Rekonstruktion des velopharyngealen Sphinkter durch Cerclage-Nähte in zwei Ebenen: Die Erste auf Höhe des posterioren und mittleren Zweidrittel des weichen Gaumens, der linken und rechten lateralen Wand sowie der posterioren pharyngealen Wand, die Zweite 3mm vor dem Ansatz der Ersten. Prä- und postoperative Vergleiche wurden durch klinische Vergleiche, naso- und orale Endoskopien durchgeführt, die in 66,6% (4/6) eine absolute Verbesserung des velopharyngealen Verschlusses zeigten, nach anschließender logopädischer Therapie sogar 83,3% (5/6). Der Autor beschreibt eine dreidimensionale, physiologische und somit vom Typ des individuellen Verschlusses unabhängige, einfache Verschlussunterstützung ohne notwendigen Transfer von Muskel- oder Gewebe-Flaps. Eine bildgebende prä- und postoperative Diagnostik zur Beurteilung der vermuteten physiologischen Herangehensweise ist zu dieser Operationstechnik bisher nicht erfolgt, fraglich bleibt der „physiologische“ Aspekt der Methode, die bei einer ständig bestehenden, gleich bleibenden Cerclage keine oder kaum Beeinflussung durch die muskuläre Arbeit des mehr oder minder funktionellen velopharyngealen Apparats bietet.

2008 wurde als Weiterentwicklung der Operationen des „pharyngealen Flaps“ und der „Sphinkter-Pharyngoplastie“ aufgrund der häufig resultierenden

Atemwegsobstruktion und Schlaf-Apnoe die Operationsmethode mit einem „Palatopharyngealen Sling“ entwickelt (Abdel-Aziz 2008)(S.173ff): Bei Patienten mit velopharyngealer Insuffizienz nach Palatoplastie wurde durch Anhebung der bilateralen myomucosalen Anteile des Musculus palatopharyngeus und superior constrictor Flaps geformt, die durch die Gaumenspalte gezogen und miteinander an der Oberseite des weichen Gaumens vernäht wurden. Durch Polysomnographie, logopädische und nasopharyngoskopische Untersuchungen konnte in 76,5% (13/17) ein kompletter velopharyngealer Verschluss postoperativ gezeigt werden, eine Verbesserung wurde in 88,2% gewertet, die Atemwegsobstruktion konnte in allen Fällen ausgeschaltet werden, so dass der Autor bei velopharyngealer Insuffizienz durch wenig ausgeprägte Gaumenmotilität eine Verbesserung durch diese Operationsmethode beschreibt. Diese Studie zeigt sicher einen neuen Aspekt in der Herangehensweise der Operationsmöglichkeiten, ein bildgebender Vergleich durch Videofluoroskopie oder MRT steht jedoch zur Evaluation der anatomischen und strukturellen Relevanz der postoperativen Veränderungen aus. Weiterhin zeigten sich auch in der hier vorliegenden Studie zur Levatorplastik in engen postoperativen klinischen Kontrollen vergleichbar bessere Ergebnisse als die radiologischen und kernspintomographischen Untersuchungen nach größeren postoperativen Abstand zu Studien-Ende nach Abschwellung des Operationsbereichs nachweisen, so dass bei fehlender Zeitangabe die Angaben zur „palatopharyngealen Sling-Methode“ dieser Studie zunächst allenfalls vorsichtig zu betrachten sind.

## Zusammenfassung Diskussion

In Hinblick auf die radiologischen Vergleiche der Videofluoroskopie und des Echtzeit-MRTs zeigte sich eine nicht erwartete individuelle, alterspezifische Compliance-Problematik in Bezug auf die Untersuchungstechniken und -umgebungen, die wider Erwarten Datenausfälle zur Folge hatten. Statistisch konnten keine signifikanten Unterschiede der kernspintomographischen und videofluoroskopischen Bildgebungen nachgewiesen werden, es zeigten sich jedoch moderate positive Zusammenhänge zwischen den Gesamtwertungen und Bewegungswertungen (Velumhebung, -prominenz, -koordination, Anlagestrecke und Verschlussbeständigkeit). Aufgrund der limitierten Patientenzahl konnte eine signifikante statistische Wertung zum Vergleich der beiden Untersuchungsmethoden jedoch nicht gezeigt werden.

Im Vergleich der röntgenologischen und Schnittbildtechnik zeigte sich ein Vorteil der anatomisch sehr gut verwertbaren Röntgenbilder bei jungen Patienten. Insgesamt konnten die velopharyngealen Weichteile zur Beurteilung der anatomischen Insuffizienz und Operationsverbesserung jedoch in den kernspintomographischen Bildern exakter bestimmt werden. Funktionell konnte die Videofluoroskopie eine raschere und somit nahezu echtzeit-synchrone Bildabfolge gewährleisten, die langsamere Bildfolge des „Echtzeit-MRTs“ ließ sich jedoch aufgrund fehlender Überlagerungen und genauerer Schnittebenenwahl eine genauere und suffizientere Bewertung der funktionellen velopharyngealen Verhältnisse zu. Insgesamt zeigte sich im Schnitt eine 38%ige Übereinstimmung der für die Gesamtbeurteilung relevanten Ruhemessungen und eine 50%ige Übereinstimmung

der diesbezüglich relevanten Bewegungsmessungen der beiden Untersuchungsmethoden. Der prognostisch wichtige Faktor der Anlagestrecke wurde in etwa 75% identisch bewertet, die Gesamtwertung zeigte in 59% eine identische Wertung, weitere 21% eine nur geringe Abweichung der Gesamtwertung, so dass die beiden dargestellten, bildgebenden Untersuchungsmethoden nach den hier gezeigten Daten zu vergleichen aber nicht sicher durch einander ersetzbar sind: Die klinische Relevanz der Bildgebung durch eine zum Zeitpunkt der Bildgebung objektiv durchgeführte phonetrische Untersuchung könnte eine zusätzliche Unterscheidungsmöglichkeit bringen (Rowe MR 2005)(S. 366).

Die Weiterentwicklung des „Echtzeit-MRTs“ sollte auch durch größere Studien und Patientenzahlen in den kommenden Jahren jedoch die Möglichkeit bieten können, die strahlen- und kontrastmittelbelastende Videofluoroskopie zu ersetzen.

Zusammenfassend für die Effektivität der Levatorplastik zeigte diese Studie Hinweise auf anatomisch und funktionell mögliche Verbesserungen des velopharyngealen Abschlusses durch diese sprechunterstützende Operation, die jedoch vom Lebensalter zum Zeitpunkt der Erstoperation, in diesem Fall der Gaumenspaltplastik, (Eufinger H 1994; Horch 2007; De Mey A. 2009; Hodges 2009; Tindlund RS 2009; Sullivan SR 2010)(Eufinger S.927ff, Horch S.482ff, Hodges S.1813, Tindlund S.1687ff, Sullivan S.290ff) und in einem etwas weniger engen Rahmen, wohl aber mit einem bestimmten Abstand zur Erstoperation vom Lebensalter zum Zeitpunkt der Levatorplastik abhängig waren (Pulkkinen J 2002; Küttner C 2003; Sullivan SR 2010)(Pulkkinen S.102ff, Küttner S.77ff, Sullivan S.290ff).

Insgesamt zeigten sich bei 47% der Patienten postoperativ nach Levatorplastik verbesserte Ergebnisse in der bildgebenden Diagnostik nach einem relevanten, eine postoperative Schwellung ausschließendem OP-Abstand. Die statistische Auswertung konnte bei der vorliegenden Datenmenge keine signifikante Veränderung des velopharyngealen Verschlusses durch Veränderungen der Gesamt- oder Einzelwerte nachweisen. Jedoch zeigten sich korrelierende Veränderungen zwischen Abstand und Anlagestrecke, Koordination und Velumhebung, Prominenz und Koordination sowie Gesamtwertung mit der Anlagestrecke und Koordination. Aufgrund der geringen Gesamtdatenmenge konnte jedoch keine statistisch signifikante Analyse zur Effektivität der Levatorplastik durchgeführt werden.

Eine uneingeschränkte Befürwortung einer sprachverbessernden Operation mit der Levatorplastik sollte nach diesen Studiendaten weiterhin individuell entschieden bei ebenfalls 47% postoperativer Verschlechterung der bildgebenden Diagnostik stark abgewogen werden.

## Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit zur Effizienz der Levatorplastik als sprechunterstützende Operation hatte zum Ziel in einer einfach blinden und prospektiv angelegten Studie in prä- und postoperativen radiologischen und kernspintomographischen Untersuchungen bei 20 Patienten eine Aussage über die Verbesserung des velopharyngealen Verschlusses durch diese Operation zu erhalten. Neben den prä- und postoperativen Vergleichen der Untersuchungen sollte außerdem bei den insgesamt 27 in die Studie eingeschlossenen Patienten ein Vergleich der bisher als Goldstandard geltenden Videofluoroskopie mit einer Echtzeit-MRT-Untersuchung durchgeführt werden, um gerade bei diesem jüngeren Patientenkollektiv eine Alternative zu der strahlungsbelastenden Untersuchungsmethode durch die Kernspintomographie mit verbesserter Weichteildarstellung und freier Ebenenanwahl anbieten zu können und ggf. in Zukunft etablieren zu können.

Durch die zugrunde liegende angeborene Erkrankung, teilweise nicht mit der Studie kompatiblen Voroperationen, Compliance-Schwierigkeiten vor und während der Studie, der Operationsindikation und Lebensumstände der Patienten ergab sich eine geringe Studiengröße, die jedoch im Vergleich mit internationalen ähnlichen Studien (Meduri S. 1999; Kuehn D.P. 2001; Ettema S.L. 2002; Beer, Hellerhoff et al. 2004; Kuehn D.P. 2004; Inoue M.S. 2007; Hartl D.M. 2008; Perry J.L. 2009)(Meduri S.5, Kuehn 2001 S.421, Ettema S.130ff, Beer S.792, Kuehn 2004 S.585f, Inoue S.612, Hartl S.108ff, Perry S.1739) ein vergleichbares Patientenkollektiv darstellt.

Durch standardisierte Auswertungsbögen wurden die anonymisierten Patientenaufnahmen von einem Facharzt der MGK-Chirurgie und der Radiologie einfachblind bewertet. Die wesentlich am velopharyngealen Verschluss beteiligten Einzelwertungen außerdem wurden zu einem objektiven Gesamtwert addiert:

- Länge des Velums in der sagittalen Ebene
- Höchster Punkt der Velumerhöhung relativ zum harten Gaumen
- Beurteilung der Velumprominenz
- Koordination der Velumbewegung
- Anlagestrecke des Velums an der Rachenhinterwand
- Beständigkeit des Verschlusses in der sagittalen Ebene

### Vergleich von „Echtzeit-MRT“ und Videofluoroskopie

In der Auswertung der Daten zur Vergleichbarkeit der MRT und Videofluoroskopie konnte eine komplette Übereinstimmung der objektiven Auswertung in 17% der verglichenen MRT-Video-Paaren gezeigt werden, mit Einbeziehung von geringen Abweichungen wurde in 59% eine entsprechende Gesamtauswertung erzielt. Insgesamt zeigte sich jedoch zunächst eine nicht erwartete individuelle, altersspezifische Problematik der Compliance-Problematik in Bezug auf die Untersuchungstechniken und –umgebungen, durch die für alle folgenden Auswertungen mehrere Datenausfälle auftraten.

In der genaueren Einzelanalyse (siehe auch Ergebnisse und Diskussion) dokumentierte sich zunächst ein Vorteil der Videofluoroskopie-Bilder junger Patienten. Insgesamt konnte der velopharyngeale Verschluss inklusive aller beteiligten Strukturen in der Bildgebung der MRT durch die fehlende Überlagerung, freie und genauere Schnittebenenwahl und langsamere Bildfolge besser bestimmt werden. In 38% konnten die relevanten Ruhemessungen, in 50% die relevanten Bewegungsmessungen der beiden Untersuchungsmethoden übereinstimmend gewertet werden.

Ein entsprechender Literaturvergleich war aufgrund der in dieser Studie erhaltenen Ergebnisse und der in dieser Form bisher nicht durchgeführten Vergleiche der Echtzeit-MRT und Videofluoroskopie nicht möglich. Eine Veröffentlichung mit identischer Herangehensweise des MRT- und Videofluoroskopievergleichs (Beer, Hellerhoff et al. 2004)(S.792ff) zeigte bereits zusammenfassend „das Potential der Kernspintomographie den velopharyngealen Verschluss in enger Korrelation zur Videofluoroskopie aufzeigen zu können und in einigen Fällen zusätzliche Informationen zu liefern“.

Die vorliegenden Daten der Studie zur Effizienz der Levatorplastik konnten zwischen den beiden bildgebenden Untersuchungsmethoden eine Vergleichbarkeit der Auswertungen, jedoch keine Möglichkeit des kompletten Ersatzes durcheinander nachweisen. Eine klinische Relevanz der Bildgebung durch eine zum Zeitpunkt der Bildgebung objektiv durchgeführte phonetrische Untersuchung wurde in dieser Studie nicht durchgeführt, könnte jedoch eine zusätzliche Unterscheidungsmöglichkeit bringen (Rowe MR 2005)(S.366ff).

Statistisch zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in vielen Auswertungen, jedoch konnte eine moderate Korrelation der Gesamtwertungen und vor allem den Bewegungswertungen (Velumhebung, -prominenz, Koordination, Anlagestrecke und Verschlussbeständigkeit) berechnet werden. Die limitierten Patientenzahlen lassen jedoch eine statistisch relevante Aussage nicht zu, so dass zu einer endgültigen Aussage zum Vergleich der „Echtzeit-MRT“ und Videofluoroskopie weitere Untersuchungen notwendig sind. Aufgrund der vorliegenden Daten kann jedoch gezeigt werden, dass durch eine Weiterentwicklung des „Echtzeit-MRTs“ die Möglichkeit entwickelt werden kann die strahlungs- und kontrastmittelbelastende Videofluoroskopie zu ersetzen.

### Effizienz der Levatorplastik

In der Auswertung zur Effizienz der Levatorplastik fiel zunächst die große Spannweite der Altersklassen (siehe auch „Ergebnisse – Patientendaten“) und damit die unterschiedlichen Abstände der Operationen auf. Von den in die Studie eingeschlossenen Patienten wurden nur 17 (17/23, 74%) in den ersten zwei Lebensjahren zeitgerecht mit der GP (Eufinger H 1994; Horch 2007; De Mey A. 2009; Hodges 2009; Tindlund RS 2009)(Eufinger S.927ff, Horch S.482ff, De Mey S.1723ff, Hodges S.1813ff, Tindlund S.1687) und 7 Patienten (7/20, 35%) bis zum zehnten Lebensjahr mit der LP im physiologischen Zeitraum des Spracherwerbs operiert. Nach Auswertung aller Einzelwertungen und –veränderungen konnte gerade der Operationszeitpunkt in mehreren Vergleichen als wesentlicher Faktor der Sprachverbesserung nachgewiesen werden:

Die maximal mögliche Verbesserung des velopharyngealen Verschlusses durch die sprechunterstützende Operation der Levatorplastik in anatomischer und funktioneller Ansicht wurde vor allem dann erlangt, wenn das Lebensalter zum Zeitpunkt der Primäroperation, der Gaumenspaltplastik im Zeitalter des physiologischen Spracherwerbs bis zur Vollendung des zweiten Lebensjahres und der Abstand zur sprechunterstützenden Operation möglichst gering gehalten worden war (Eufinger H 1994; Pulkkinen J 2002; Küttner C 2003; Horch 2007; De Mey A. 2009; Hodges 2009; Tindlund RS 2009; Sullivan SR 2010)(Eufinger S.92ff, Pulkkinen S.102ff, Küttner S.77, Horch S.512ff, De Mey S.1723ff, Hodges S.1813ff, Tindlund S.1687, Sullivan S.290ff).

In den postoperativen Untersuchungen nach Durchführung der Levatorplastik wurde insbesondere gezeigt, dass bei den in diesem Zeitfenster mit der Gaumenplastik behandelten Patienten folgende Veränderungen auftraten:

- In Ruhe eine Verbesserung der Velumlänge und eine Verminderung des Abstandes zur Rachenhinterwand
- In Bewegung eine Verbesserung der Anlagestrecke, der Koordination, der Beständigkeit und der Velumhebung

Und somit die Verbesserung aller wesentlich am velopharyngealen Verschluss beteiligten Parameter (Eufinger H 1994; Horch 2007; De Mey A. 2009; Hodges 2009; Tindlund RS 2009; Sullivan SR 2010)(Eufinger S.92ff, Horch S.512ff, De Mey S.1723ff, Hodges S.1813ff, Tindlund S.1687, Sullivan S.290ff).

Im Vergleich dazu konnte der Zeitpunkt der Levatorplastik zwar anatomische und funktionelle Teilverbesserungen im Alter des Spracherwerbs nachweisen, eine Gesamtverbesserung des velopharyngealen Verschlusses konnte jedoch nicht bestätigt werden wie auch bei anderen sprechunterstützenden Operationen (Pulkkinen J 2002; Küttner C 2003; Sullivan SR 2010)(Pulkkinen S.102ff, Küttner S.77, Sullivan S.290ff).

Statistisch zeigten sich keine relevanten Veränderungen der Gesamt- oder Einzelwerte, es wurden jedoch korrelierende Veränderungen zwischen Abstand und Anlagestrecke, Koordination und Velumhebung, Prominenz und Koordination sowie der Gesamtwertung mit der Anlagestrecke und der Koordination nachgewiesen. Eine statistisch signifikante Aussage zur Effizienz der Levatorplastik ist jedoch aufgrund der geringen Datenmenge und die fehlende Möglichkeit des Vergleichs aufgrund fehlender Literatur-Daten nicht möglich.

In detaillierten Einzelvergleichen der verschiedenen einzelnen Parameter jeder einzelnen Untersuchung bestätigte teilweise die statistische Aussage zu korrelierenden Veränderungen:

- Eine verbesserte Beständigkeit wurde auch mit einer verbesserten Anlagestrecke gewertet, während diese eine bessere Koordination, Velumhebung und Gesamtwertung trotz anatomisch unveränderten Abstand und Velumlänge ergab.
- Eine verbesserte Velumhebung konnte neben einer Verbesserung der Gesamtwertung eine Koordinationsverbesserung und diese wurde mit einer Gesamtverbesserung gewertet, im Gegenteil dazu konnte eine Verschlechterung der Koordination eine unveränderte oder verschlechterte Gesamtwertung zur Folge haben.

- Eine Verbesserung der Koordination und Gesamtwertung zeigte ebenfalls eine verbesserte Velumprominenz, umgekehrt folgte einer verschlechterten Prominenz eine schlechtere Gesamtwertung. Die Prominenzwertung wurde in mit einer identischen Veränderung der Gesamtwertung gewertet.

In der Vergangenheit konnten ähnliche Veränderungen mit einer Erweiterung des velopharyngealen Raums bei unveränderter Velumlänge nach VPP und Adenoidektomie nachgewiesen werden (Pulkkinen J 2002)(S.102ff), relevante Veränderungen zur Verbesserung konnten jedoch nicht gezeigt werden. Eine weitere Studie mit phoneatrischen Untersuchungen nach VPP und Logopädie (Küttner C 2003) oder Pharyngealer-Flap-OP (Sullivan SR 2010)(S. 290ff) konnten bei fehlender Bildgebung eine verminderte postoperative Nasalität nachweisen.

Die vorliegende Studie für die Effektivität der Levatorplastik zeigte insgesamt Hinweise auf anatomisch und funktionell mögliche Verbesserungen des velopharyngealen Abschlusses durch diese sprechunterstützende Operation, die jedoch vom Lebensalter zum Zeitpunkt der Erstoperation, in diesem Fall der Gaumenspaltplastik, (Eufinger H 1994; Horch 2007; De Mey A. 2009; Hodges 2009; Tindlund RS 2009; Sullivan SR 2010)(Eufinger S.92ff, Horch S.512ff, De Mey S.1723ff, Hodges S.1813ff, Tindlund S.1687, Sullivan S.290ff) und in einem etwas weniger engen Rahmen, wohl aber mit einem bestimmten Abstand zur Erstoperation vom Lebensalter zum Zeitpunkt der Levatorplastik abhängig waren (Pulkkinen J 2002; Küttner C 2003; Sullivan SR 2010)(Pulkkinen S.102ff, Küttner S.77ff, Sullivan S.290ff). Zusammenfassend wurden fast die Hälfte der Patienten nach der Levatorplastik mit einem verbesserten oder einem verschlechterten velopharyngealen Verschluss ohne eine statistisch signifikante postoperative Veränderung bewertet.

Eine uneingeschränkte Befürwortung dieser neuen sprechunterstützenden Operationstechnik kann daher aufgrund durch die Studie zur Effizienz der Levatorplastik vorliegenden Daten nicht gegeben werden.

## Danksagung

Herrn em. Prof. Dr. Dr. Dr. h.c. Horch und Herrn Univ.-Prof. Dr. Dr. Wolff gilt mein herzlicher Dank für die Möglichkeit die vorliegende Arbeit an Ihrer Klinik und Poliklinik für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie des Klinikums Rechts der Isar der Technischen Universität München durchführen zu können.

Herrn Prof. Dr. Rummeny möchte ich ebenfalls für die freundliche und unkomplizierte Unterstützung für die vorliegende Arbeit im Institut für Röntgendiagnostik des Klinikums Rechts der Isar danken.

Mein besonderer und herzlichster Dank gilt vor allem

Herrn PD Dr. Dr. Kolk

für die Überlassung und Unterstützung zum Thema der vorliegenden Arbeit

und Herrn PD Dr. Beer

für die Anregung zur vorliegenden Arbeit, sowie beiden für die langjährige Unterstützung und wissenschaftliche Betreuung während Studium, Prüfungen und dienstreicher Assistenzarztzeit, ohne die die Fertigstellung dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Herrn PD Dr. Dr. Kolk danke ich besonders für die Einarbeitung in wissenschaftliches Arbeiten und die klinische Betreuung der Studie und deren Auswertung. Herrn PD Dr. Beer gilt mein Dank maßgeblich für die Einweisung und Betreuung in die selbstständige Durchführung der Echtzeit-MRT-Untersuchungen und die radiologische Betreuung und Auswertung der Arbeit.

Herrn Prof. Dr. Hannig möchte ich ebenfalls für die Unterstützung durch radiologische Fachkenntnis in der Planung, Durchführung und Auswertung der Videofluoroskopien danken, ebenso wie für die Bereitstellung von archiviertem Bildmaterial zur Vervollständigung der vorliegenden Studie.

Ich möchte allen Physikern und medizinisch-technischen Assistenten und Assistentinnen des Instituts für Röntgendiagnostik des Klinikums Rechts der Isar danken, die mich während der MRT-Untersuchungen unterstützt haben und mir durch Ihre entgegenbrachte Geduld diese Arbeit erst möglich gemacht haben.

Für die Hilfe und Unterstützung bei der statistischen Auswertung der Arbeit danke ich Herrn Dr. Tibor Schuster.

Zuletzt gilt mein ganz besonderer Dank meiner Familie, insbesondere meinen Eltern, meinem Bruder

und vor allem meinem Ehemann Tobias,

die mich auch durch alle schweren Zeiten dieser Arbeit mit unerschütterlichem Vertrauen und aus vollsten Herzen unterstützt haben.

Ich möchte die vorliegende Dissertation

Frau Dr. Annemarie Knopp, geb. Raulf 1920 - 2005

und

Herrn Dr. Joachim Knopp 1920 – 2001

als Anerkennung für Ihre medizinische Arbeit und als unbeschreiblichen Dank für Ihre Unterstützung meiner Ausbildung zur Ärztin widmen.



## Lebenslauf

Isabel Lahmer, geb. Höweling

Geboren 08.08.1980 in Elmshorn als erstes Kind von Julia Höweling, geb. Knopp, und Benno Höweling

- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| August 1987                   | Einschulung in die Grundschule Klein Nordende-Lieth  |
| August 1991                   | Umschulung auf die Bismarckschule Elmshorn – Städtisches Gymnasium für Jungen und Mädchen  |
| Juli 2000                     | Allgemeine Hochschulreife  |
| April 2001                    | Beginn des Studiums der Humanmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität in München  |
| April 2003                    | Ärztliche Vorprüfung und Wechsel an die Technische Universität für den klinischen Abschnitt des Studiums der Humanmedizin  |
| Dezember 2004                 | Beginn der vorliegenden Dissertation   |
| Februar 2006                  | Praktisches Jahr mit Ausbildung in <ul style="list-style-type: none"><li>- Kinderklinik und Poliklinik des Klinikums Rechts der Isar der Technischen Universität München, Kinderklinik Schwabing</li><li>- Departement Chirurgie im Kantonsspital Chur, Lehrkrankenhaus der Universität Bern, Schweiz</li><li>- II. Medizinische Abteilung für Innere Medizin und Endokrinologie, Rotkreuz-Krankenhaus München</li></ul> |
| Juni 2007                     | Abschluss des Studiums der Humanmedizin an der Technischen Universität München mit der ärztlichen Abschlussprüfung   |
| August 2007-<br>Dezember 2010 | Assistenzärztin am<br>Städtischen Klinikum München-Bogenhausen in der Klinik für Neurologie, Klinische Neurophysiologie und Stroke Unit,<br>Prof. Dr. Topka<br>Rotationen: <ul style="list-style-type: none"><li>- Internistische Intensivmedizin der Klinik für Kardiologie und Internistische Intensivmedizin</li><li>- Interdisziplinäre Notaufnahme der Zentralen Notaufnahme / Präklinik</li></ul>                  |
| Seit Januar 2011              | Assistenzärztin in der<br>Kreisklinik Ebersberg in der Inneren Abteilung,<br>Dr. Schneider   |

## Literatur

Abdel-Aziz (2008). "Palatopharyngeal sling: A new technique in treatment of velopharyngeal insufficiency." *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 72 (2): 173-7.

Atik B, B. M., Tan O, Etlik O, Davran R, Arslan H (2008). "Evaluation of dynamic magnetic resonance imaging in assessing velopharyngeal insufficiency during phonation." *J Craniofac Surg.* 19 (3): 566-72.

Beer, A. J., P. Hellerhoff, et al. (2004). "Dynamic near-real-time magnetic resonance imaging for analyzing the velopharyngeal closure in comparison with videofluoroscopy." *J Magn Reson Imaging* 20(5): 791-7.

Berkovitz BKB, H. G., Moxham BJ (1992). *A colour atlas and textbook of oral anatomy, histology and embryology*, Wolfe Publish Ltd., 2<sup>nd</sup> editon, S.98-112

Berry QC, R. S., Schram jr. VL (1983). "Pharyngeal wall motion in prosthetically managed cleft palate adults." *Cleft Palate Craniofac J* 20: 7-17.

Bigenzahn W, D. D.-M. (1999). *Oropharyngeale Dysphagien, Ätiologie, Klinik, Diagnostik und Therapie von Schluckstörungen*. Stuttgart, Thieme, S.10-26.

Breyer T, E. M., Arndt S, Richter B, Speck O, Schumacher M, Markl M (2009). "Dynamic magnetic resonance imaging of swallowing and laryngeal motion using parallel imaging at 3T." *Magn Reson Imaging.* 27 (1): 48-54.

Burdi, A. R. (1977). "Section I. Epidemiology, etiology and pathogenesis of cleft lip and palate." *Cleft Palate Craniofac J* 14: 262-269.

C. Küttner, J. J. B., K. Küberßen, M. Ptok, J.-E. Hausamen (2003). "Langzeitergebnisse nach Velopharyngoplastik bei Patienten mit Spaltbildungen des Gaumens." *Mund Kiefer Gesichts Chirurgie* 7: 76-82.

- Coffey JP, H. D., Fitzsimons M, Freyne PJ (1993). "Image processing of videofluoroscopy of patients with velopharyngeal insufficiency and hypernasal speech." *Clin Radiology* 48: 260-63.
- Coninck, A., Vanwijck, R., Cateux, N. (1989). Etiological and genetic factors in cleft lip and palate, In: Kriens, O. (Hrsg.) *Or What is a cleft lip and palate? A multidisciplinary update*, S. 51-56, Stuttgart, New York, Thieme.
- Croft CB, S. R., Rakoff S (1981). "Patterns of velopharyngeal valving in normal and cleft palate subjects: A multi view videofluoroscopic and nasoendoscopic study." *Laryngoscope* 91: 265-71.
- De Mey A., F. D., CuyilitsN., Swennen G., Malevez C., Lejour M. (2009). "Early one-Stage repair of complete unilateral cleft lip and palate." *J Craniomaxillofac Surg* 20 Suppl 2: 1723-8.
- Denk, B. (1999). *Oropharyngeale Dysphagien*. Stuttgart, Georg Thieme Verlag, S.33-65.
- Dickson, D. (1972). "Normal and cleft palate anatomy." *Cleft Palate Craniofac J* 9: 280-293.
- Dickson, D. (1975). "Anatomy of the normal velopharyngeal mechanism." *Clin Plast Surg* 2: 235-247.
- Drillien C.M., I. T. T. S., Wilkonson E.M. (1966). *The causes and natural history of cleft lip and palate*. Edinburgh, Livingstone: 120-32
- Engelke, W. (1990). "Die videoendoskopische Diagnostik velopharyngealer Verschlussmuster" *Sprache-Stimme-Gehör* 14: 153-158.
- Ettema S.L., K. D. P., Perlman A.L., Alperin N. (2002). "Magnetic resonance imaging of the levator veli palatini muscle during speech." *Cleft Palate Craniofac J* 39(2): 130-44.

- Eufinger H, E. V. (1994). "Should velopharyngoplasty and tonsillectomy in cleft palate child be performed simultaneously?" J Oral Maxillofac Surg. 52: 927-30.
- Fauchard, P. (1728). Le chirurgien dentiste, ou traite des dents. Paris.
- Flowers, C. and H. Morris (1973). "Oral pharyngeal movements during swallowing and speech." Cleft Palate Craniofac J 10: 181-191.
- Fogh-Andersen, P. (1961). "Incidence of cleft lip and palate: Constant or increasing." Acta Chir Scan 122: 106-111.
- Fogh-Andersen, P. (1967). "Genetic and non genetic factors in the etiology of facial clefts." Scand Journal Plast Reconstr Hand Surg 1: 22-29.
- Fogh-Andersen, P. (1982). Ätiologie und Epidemiologie der Lippen-Kiefer-Gaumenspalten in: Pfeifer G (Hrsg.): Lippen-Kiefer-Gaumenspalten, S.49-45. Stuttgart, New York, Thieme.
- Fraser, F. C. (1970). "The genetics of cleft lip and palate." Am J Med Genet A. 22: 336.
- Fritsch, H. and W. Kühnel (2001). Taschenatlas der Anatomie, Band 2. Stuttgart, New York, Georg Thieme Verlag, 7. Auflage, S.142-226.
- Furlow, L. T. (1986). "Cleft palate repair by double opposing Z-plasty." Plast Reconstr Surg 78: 724-736.
- Gabka, J. (1953). "Beitrag zur Ätiologie der Lippen-Kiefer-Gaumenspalten unter besonderer Berücksichtigung der Toxoplasmose." Deutsche Stomat 3: 10.
- Gemma M, d. V. A., Baldoli C, Calvi MR, Blasi V, Scola V, Nobile L, Iadanza A, Scotti G, Berretta L (2009). "Functional magnetic resonance imaging (fMRI) in children sedated with propofol or midazolam." J Neurosurg Anesthesiol. 21(3): 253-8.

- Glaser ER, S. M., McWilliams BJ, Shprintzen RJ (1979). "The dynamics of passavants ridge in subjects with and without velopharyngeal insufficiency: A multiview videofluoroscopic study." *Cleft Palate Craniofac J* 16: 24-33.
- Golding-Kushner, K. J. (1990). "Standardization for the reporting of nasopharyngoscopy and multiview videofluoroscopy: A report from an international working group." *Cleft Palate Journal* 27/4: 337-348.
- Grams AE, G. J., Förschler A (2010). "Comparison of spinal anatomy between 3-Tesla MRI and CT-myelography under healthy and pathological conditions." *Surg Radiol Anat.*: 581-85.
- Gugsch C, D. K., Fuchs M (2008). "Evaluation of the progress of patients with cleft lip, jaw and palate, using voice analysis - a pilot study." *J Orofac Orthop.* 69 (4): 257-67.
- Ha S., K. D. P., Cohen M., Alperin N. (2007). "Magnetic resonance imaging of the levator veli palatini muscle in speakers with repaired cleft palate." *Cleft Palate Craniofac J* 44(5): 494-505.
- Hannig, C. (1995). *Radiologische Funktionsdiagnostik des Pharynx und des Ösophagus.* Berlin-Heidelberg-New York, Springer Verlag: 9-42, 43-56.
- Härle, F. and I. Lamcke (1994). "Historischer Abriß der Sprachverbesserung durch Opturatoren und Operationen bei Gaumenspalten." *Fortschritt Kieferorthopädie* 55: 141-151.
- Harms, V. (1998). *Biomathematik, Statistik und Dokumentation.* Kiel, Harms Verlag, 7. Auflage, S. 126-28, S. 186-235.
- Hartl D.M., K. F., Bretagne E., Bidault F., Sigal R. (2008). "Cine-MRI swallowing evaluation after tongue reconstruction." *European Journal of Radiologie* 15, S. 108-13.
- Hefert, O. (1953). "Sprachverbessernde Operation nach funktionell unbefriedigender Gaumenplastik." *Deutsche Zahn-, Mund-, Kiefer- Heilkunde* 19: 1-25.

- Henriksson TG, H. M., Andlin-Sobocka A, Svanholm H, Low A, Skoog V (2005).  
 "Intravelar veloplasty reinforced with palatopharyngeal muscle: a review of a  
 10-year consecutive series." *Scand Journal Plast Reconstr Hand Surg* 39 (5):  
 277-82.
- Hirschberg, J. (1986). "Velopharyngeal insufficiency." *Folia Phoniatr Logop* 38: 221-  
 276.
- Hodges , A.M. (2010). "Combined early cleft lip and palate repair in children under 10  
 months - a series of 106 patients." *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 24: 1813-9.
- Horch, H. H. (2007). *Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie*. München, Jena, Elsevier GmbH,  
 Urban & Fischer Verlag, 4. Auflage, S.450-467, S.482-512, S.512-526.
- Hynes, W. (1951). "Pharyngoplasty by muscle transplantation." *British Journal of  
 Plastic Surgery* 3: 128-135.
- Inoue M.S., O. T., Honda E., Kurabayashi T. (2007). "Characteristics of movements  
 of the lips, tongue and velum during a bilabial plosive: a noninvasive study  
 using a magnetic resonance imaging movie." *Angle Orthod.* 77(4): 612-8.
- Isberg A, H. G. (1990). "Intraindividual change in the occurrence of Passavant's ridge  
 due to change in velopharyngeal sphincter function: a videofluoroscopic study."  
*Cleft Palate Craniofac J* 27 (3): 253-5.
- Jørgensen, G. (1985). "Humangenetische Aspekte angeborener Erkrankungen im  
 HNO-Bereich." *HNO* 33: 241-254.
- Kane AA, B. J., Mullick R, Skpec M, Choyke P (2002). " A new method of the study of  
 velopharyngeal function using gated magnetic resonance imaging." *Plast  
 Reconstr Surg* 109 (2): 472-81.
- Kauffmann, M., Sauer (2001). *Radiologie*. München, Jena, Urban & Fischer Verlag,  
 2.Auflage, S. 1-6, S.9-17, S.85-252.

- Kernahan, D. and R. Stark (1958). "A new classification for cleft lip and palate." *Plast Reconstr Surg* 22: 435.
- Kittel G, S. K., Bussmann H (1967). "Die kausale Problematik bei Spalten der Lippe, des Kiefers und des Gaumens." *Folia Phoniatr Logop* 19: 259-280.
- Kogo M, H. M., Matsuya T (1996). "Observation of velopharyngeal closure patterns following isolated stimulation of levator palatini and pharyngeal constrictor muscles." *Cleft Palate Craniofac J* 33: 273-76.
- Kramer JC, H. J., Prah-Andersen B. (1996). "Early palatal changes after initial palatal surgery in children with cleft lip and palate." *Cleft Palate Craniofac J* 33 (2): 104-11.
- Kriens, O. (1967). "Anatomische Untersuchungen am gespaltenen weichen Gaumen." *Chir Plast* 4: 14-32.
- Kriens, O. (1969). "Fundamental anatomic findings for an intravelar veloplasty." 1969 International Congress on Cleft Palate: 27-36.
- Kriens, O. (1975). "Anatomy of the velopharyngeal area in cleft palate." *Clin Plast Surg* 2: 261-282.
- Krüger (1988). *Lehrbuch der chirurgischen Zahn, Mund und Kieferheilkunde*. Berlin, Chicago, London, Sao Paulo, Tokio, Quintessenzverlag, 5. Auflage S.230-48.
- Kuehn D.P., E. S. L., Goldwasser M.S., Barkmeier J.C., Wachtel J.M. (2001). "Magnetic resonance imaging in the evaluation of occult submucous cleft palate." *Cleft Palate Craniofac J* 38(5): 421-31.
- Kuehn D.P., E. S. L., Goldwasser M.S., Barkmeier J.C. (2004). "Magnetic resonance imaging of the veli palatini muscle before and after primary palatoplasty." *Cleft Palate Craniofac J* 41(6): 584-92.
- Küttner C, B. J., Lüerssen K, Ptok M, Hausamen JE (2003). "Long-term results after velopharyngoplasty." *Mund Kiefer Gesichts Chirurgie* 7 (2): 76-82.

- Lohmander-Agerskov A, S. E. (1993). "Evaluation of speech after completed closure of the hard palate." *Folia Phoniatr Logop* 45 (1): 25-30.
- Mangold E, R. H., Birnbaum S, Walier M, Matteisen M, Henschke H, Lauster C, Schmidt G, Schiefke F, Reich RH, Scheer M, Hemprich A, Martini M, Braumann B, Krimmel M, Opitz C, Lenz JH, Kramer FJ, Wienker TF, Nöthen MM, Diaz Lacava A (2009). "Genome-wide linkage scan of nonsyndromic orofacial clefting in 91 families of central European origin." *Am J Med Genet A*. 149A: 2680-94.
- Meduri S., B. M., Zuiani, Falcone B., Bertino G., Marioni G. (1999). "Functional MR with use of FLASH sequences in evaluation of the phono articulatory tract." *MAGMA* 9(1-2): 5-15.
- Messer LC, L. T., Mendola P, Carozza SE, Horel SA, Langlois PH (2010). "Urban-rural residence and the occurrence of cleft lip and palate in Texas, 1999-2003." *Ann Epidemiol*. 20: 32-9.
- Nagarajan R, S. V., Subramaniyan B (2009). "Communication disorders in individuals with lip and palate: An overview." *Indian J Plast Surg*. 42: 137-43.
- Nyberg J, W. L., Neovius E, Larson O, Henningsson G (2010). "Speech results after one-stage palatoplasty with or without muscle reconstruction for isolated cleft palate." *Cleft Palate Craniofac J* 47 (1): 92-103.
- Ozgür F, T. G., Cila A (2000). "Evaluation of velopharyngeal insufficiency with magnetic and nasoendoscopy." *Ann Plast Surg*. 44 (1): 8-13.
- Passavant, G. (1865). "Über die Beseitigung der näselnden Sprache bei angeborenen Spalten des harten Gaumens (Gaumensegel Schlundnaht und Rücklagerung des Gaumensegels)." *Arch Klein Chir* 6: 333-349.
- Perry J.L., K. D. P. (2007). "Three-dimensional computer reconstruction of the levator veli palatini muscle in situ using magnetic resonance imaging." *Cleft Palate Craniofac J* 44 (4): 421-3.



- Perry J.L., K. D. P. (2009). "Magnetic resonance imaging and computer reconstruction of the velopharyngeal mechanism." *J Craniomaxillofac Surg* 20: 1739-46.
- Polzer I, B. L., Winter K, Biffar R (2006). "Videoendoscopic, speech and hearing in cleft palate children after levator-palatopharyngeus surgery according to Kriens." *J Craniomaxillofac Surg*. 34: 52-6.
- Pulkkinen J, R. R., Heliövaara A, Haapanen ML (2002). "Craniofacial characteristics and velopharyngeal function in cleft lip/palate with and without adenoidectomy." *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 259 (2): 100-4.
- Putz, R. and R. Pabst (2000). *Sobotta - Atlas der Anatomie des Menschen, Band 1 München Jena, Urban&Fischer, 21. Auflage, S.124-162.*
- Ragab (2007). "Cerclage sphincter pharyngoplasty: A new technique for velopharyngeal insufficiency." *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 71 (5): 793-800.
- Raschle NM, L. M., Buechler R, Christodoulou JA, Chang M, Vakil M, Sterling PL, Gaab N (2009). "Making MR imaging children's play - pediatric neuroimaging protocol, guidelines and procedures." *J Vis Exp*. 29: 1309-14.
- Rowe MR, D. A. L. (2005). "Velopharyngeal dysfunction: evolving developments in evaluation." *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 13 (6): 366-70.
- Sader, R. (1999). *Untersuchungen zur velopharyngealen Insuffizienz bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten und Dysgnathien und eine daraus resultierende neue sprechunterstützende Operationstechnik. T. U. München, Habilitationsschrift, S.27-29, S.31-33, S.91-94.*
- Sader, R., H. F. Zeilhofer, et al. (2001). "Levatorplasty, a new technique to treat hypernasality: anatomical investigations and preliminary clinical results." *J Craniomaxillofac Surg* 29(3): 143-9.
- Sanvenero-Rosselli, G. (1955). "Verschluss von Gaumenspalten unter Verwendung von Pharynxlappen." *Fortschritt Kiefer-, Gesichts-, Chirurgie*: 65-69.

- Sato-Wakabayashi M, I.-A. M., Ono T, Honda E, Kurabayashi T, Moriyama K (2008). "Combined fMRI and MRI movie in the evaluation of articulation in subjects with and without cleft lip and palate." *Cleft Palate Craniofac J* 45 (3): 309-14.
- Serrurier A, B. P. (2008). "A three-dimensional articulatory model and nasopharyngeal wall based on MRI and CT data." *J Acoust Soc Am.* 123 (4): 2335-55.
- Shinagawa H, O., Honda E, Masaki S, Shimada Y, Fujimoto I, Sasaki T, Iriki A, Ohyama K (2005). "Dynamic analysis of articulatory movement using magnetic resonance imaging movies: methods and implications in cleft lip and palate." *Cleft Palate Craniofac J* 42 (3): 225-30.
- Siegel-Sadewitz VL, S. R. (1986). "Changes in velopharyngeal valving with age." *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 11 (2): 171-82.
- Skolnick, M. (1970). "Videofluoroscopic examination of the velopharyngeal portal during phonation in lateral and base projections: A new technique for studying the mechanism of closure." *Cleft Palate Craniofac J* 7: 803-816.
- Skolnick, M. and G. McCall (1971). "Velopharyngeal competence and incompetence following pharyngeal flap surgery: Video Fluoroscopic study in multiple projections." *Proceeding of the Convention of the American Cleft Palate Association*: 1-12.
- Skolnick ML, M. G., Barnes M (1973). "The sphincteric mechanism of velopharyngeal closure." *Cleft Palate Craniofac J* 10: 286-305.
- Skolnick ML, S. R., McCall GN, Rakoff S (1975). "Patterns of velopharyngeal closure in subjects with repaired cleft palate and normal speech: A multiview videofluoroscopic analysis." *Cleft Palate Journal* 12: 369-375.
- Skolnick ML, C. E. (1989). *Videofluoroscopic studies of speech in patients with cleft palate.* New York, Springer-Verlag, S.15-24.

Sullivan SR, M. E., Mulliken JB (2010). "Pharyngeal flap outcomes in nonsyndromic children with repaired cleft palate and velopharyngeal insufficiency." *Plast Reconstr Surg* 125 (1): 290-8.

Tindlund RS, H. A., Eriksson JC, Johnson GE, Vindenes H (2009). "Interdisciplinary evaluation of consecutive patients with unilateral cleft lip and palate at age 6, 15 and 25 years: a concurrent standardized procedure and documentation by plastic surgeon; speech and language pathologist; ear nose and throat specialist; and orthodontist." *J Craniofac Surg.* 20 (2): 1687-98.

Veau, V. (1931). *Division palatine*. Paris, Masson et.Cie, S.14-31.

Wicke, L. (2001). *Atlas der Röntgenanatomie*. München, Jena, Urban & Fischer Verlag, 6.Auflage: 10-12

Ysunza A, P. M., Toledo E (1992). "Change in velopharyngeal valving after speech therapy in cleft palate patients: A videonasopharyngoscopic and multi view videofluoroscopic study." *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 24: 45-54.

Ysunza A, P. M. (2006). "Velopharyngeal function after two different types of pharyngoplasty." *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 70 (6): 1031-7.

## Verzeichnis der Abbildungen

- Abbildung 1:** Schematische sagittale Zeichnung des pharyngolaryngealen Traktes – gezeichnet von Isabel Lahmer
- Abbildung 2:** Schematische Zeichnung der velopharyngealen Muskulatur – gezeichnet von Isabel Lahmer
- Abbildung 3:** Schematische Zeichnung der velopharyngealen Muskulatur – gezeichnet von Isabel Lahmer
- Abbildung 4:** Schematische Darstellung der velopharyngealen Muskulatur – gezeichnet von Isabel Lahmer
- Abbildung 5:** Schematische axiale Verschlussmuster – gezeichnet von Isabel Lahmer
- Abbildung 6:** Schematische koronare Verschlusskonturen – gezeichnet von Isabel Lahmer
- Abbildung 7:** Schematische Darstellung des Passavantschen Wulstes – gezeichnet von Isabel Lahmer
- Abbildung 8:** Schematische sagittale Zeichnung des pharyngolaryngealen Traktes nach durchgeführter sekundärer Velopharyngoplastik – gezeichnet von Isabel Lahmer
- Abbildung 9:** Schematische sagittale Zeichnung des pharyngolaryngealen Traktes nach durchgeführter Levatorplastik – gezeichnet von Isabel Lahmer
- Abbildung 10:** Schematische axiale Zeichnung nach durchgeführter Levatorplastik – gezeichnet von Isabel Lahmer
- Abbildung 11:** Schematische Darstellung einer Hochfrequenzröntgenkinematographie – gezeichnet von Isabel Lahmer
- Abbildung 12:** Schematische Darstellung der Positionierung des Patienten zur radiologischen Ebenenanwahl – gezeichnet von Isabel Lahmer
- Abbildung 13:** Patient 16, prä- und postoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahmen
- Abbildung 14:** Patient 14, postoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahmen
- Abbildung 15:** Patient 5, präoperative sagittale, axiale und koronare Videofluoroskopieaufnahmen mit KM-Gaben
- Abbildung 16:** Patient 10, postoperative sagittale, axiale und koronare Videofluoroskopieaufnahmen mit KM-Gaben
- Abbildung 17:** Patient 18, erste Reihe mit präoperativen sagittalen, zweite Reihe mit postoperativen sagittalen Videofluoroskopieaufnahmen
- Abbildung 18:** Schematische Zeichnung der freien Ebenenanwahl in der Kernspintomographie – gezeichnet von Isabel Lahmer
- Abbildung 19:** Patient 25, postoperative Anatomie-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx
- Abbildung 20:** Patient 25, postoperative Echzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx
- Abbildung 21:** Patient 11, präoperative Anatomie-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx
- Abbildung 22:** Patient 11, postoperative Anatomie-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx
- Abbildung 23:** Patient 11, präoperative Echzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx
- Abbildung 24:** Patient 11, postoperative Echzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx

- Abbildung 25:** Patient 5, präoperative Anatomie-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx
- Abbildung 26:** Patient 5, präoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx
- Abbildung 27:** Alter der Patienten in Monaten bei Ende der Studie
- Abbildung 28:** Geschlechterverteilung in den Altersgruppen
- Abbildung 29:** Patient 21, Echtzeit-MRT-Sequenz nach Gaumenspalt-OP in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx
- Abbildung 30:** Geschlechtsverteilung der Hauptdiagnosen
- Abbildung 31:** Anzahl der zusätzlichen Operationen bis zum letzten Untersuchungszeitpunkt
- Abbildung 32:** Alter bei Gaumenplastik
- Abbildung 33:** Alter bei Levatorplastik
- Abbildung 34:** Abstand Gaumen- und Levatorplastik in Monaten
- Abbildung 35:** Zeitpunkt der Gaumenplastik in Bezug auf das Gesamalter in Lebensmonaten der Patienten
- Abbildung 36:** Zeitpunkt der Levatorplastik in Bezug auf das Gesamalter der Patienten
- Abbildung 37:** Zeitlicher Abstand zwischen Gaumen- und Levatorplastik in Bezug auf das Gesamalter
- Abbildung 38:** Korrelation zwischen MRT- und Videofluoroskopie-Gesamtwertung
- Abbildung 39:** Abweichungen der Gesamtwertungen MRT-Video
- Abbildung 40:** Abweichungen Länge des Velums MRT-Video
- Abbildung 41:** Abweichungen Dicke des Velums MRT-Video
- Abbildung 42:** Abweichungen Hebung des Velums MRT-Video
- Abbildung 43:** Abweichungen Abstand zur RHW des Velums MRT-Video
- Abbildung 44:** Patient 16, Echtzeit-MRT-Sequenz postoperativ in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx
- Abbildung 45:** Patient 16, postoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahme mit KM-Gabe in maximaler Annäherung an die RHW
- Abbildung 46:** Patient 12, Echtzeit-MRT-Sequenz postoperativ in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx
- Abbildung 47:** Abweichungen Prominenz der Velumbewegung MRT-Video
- Abbildung 48:** Abweichungen Koordination der Velumbewegung MRT-Video
- Abbildung 49:** Abweichungen Anlagestrecke des Velums an der RHW MRT-Video
- Abbildung 50:** Abweichungen Beständigkeit des Abschlusses MRT-Video
- Abbildung 51:** Patient 18, Echtzeit-MRT-Sequenz postoperativ in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx
- Abbildung 52:** Patient 18, postoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahme mit KM-Gabe in Entspannung und maximaler Annäherung an die RHW
- Abbildung 53:** Abweichungen Adenoide MRT-Video
- Abbildung 54:** Abweichungen Gestalt des axialen Verschlusses MRT-Video
- Abbildung 55:** Patient 5, präoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler Schnittebene des Velopharynx und präoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahme mit KM in maximaler Annäherung des Velums an die Rachenhinterwand
- Abbildung 56:** Patient 18, postoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in axialer Schnittebene des Velopharynx und postoperative axiale Videofluoroskopieaufnahme mit KM in

maximaler Entspannung und Annäherung der pharyngealen Seitenwände an die Mittellinie und des Velums an die Rachenhinterwand

- Abbildung 57:** Abweichungen Lage der Restöffnung axial MRT-Video
- Abbildung 58:** Abweichungen Position des Velums axial MRT-Video
- Abbildung 59:** Abweichungen Kontur der seitlichen Bewegung koronar MRT-Video
- Abbildung 60:** Patient 25, postoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in koronarer Schnittebene des Velopharynx und postoperative koronare Videofluoroskopieaufnahme mit KM in maximaler Annäherung der pharyngealen Seitenwände an die Mittellinie
- Abbildung 61:** Abweichungen Symmetrie der Seitenwandbewegung koronar MRT-Video
- Abbildung 62:** Abweichungen Mittellinienannäherung koronar MRT-Video
- Abbildung 63:** Abweichungen subjektive Gesamtbeurteilung MRT-Video
- Abbildung 64:** Patient 8, postoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx
- Abbildung 65:** Patient 8, postoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahme mit KM-Gabe in maximaler Entspannung und maximaler Annäherung des Velums an die RHW
- Abbildung 66:** Patient 8, postoperative axiale Videofluoroskopieaufnahme mit KM-Gabe
- Abbildung 67:** Differenzen zwischen prä- und postoperativer Video-Untersuchung
- Abbildung 68:** Veränderungen zwischen prä- und postoperativer Video-Untersuchung
- Abbildung 69:** Differenz der Prä- und Post-Videowertungen der Länge des Velums
- Abbildung 70:** Differenz der Prä- und Post-Videowertungen der Dicke des Velums
- Abbildung 71:** Differenz der Prä- und Post-Videowertungen der Hebung des Velums
- Abbildung 72:** Differenz der Prä- und Post-Videowertungen des Abstandes des Velums zur RHW
- Abbildung 73:** Patient 14, präoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahme mit KM-Gabe in maximaler Annäherung des Velums an die RHW
- Abbildung 74:** Patient 14, postoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahme mit KM-Gabe während des Schluckaktes mit nasaler Penetration des KMs (weißer Pfeil) und in maximaler Annäherung des Velums an die RHW
- Abbildung 75:** Differenz der Prä- und Post-Videowertungen der Prominenz des Velums
- Abbildung 76:** Differenz der Prä- und Post-Videowertungen der Koordination des Velums
- Abbildung 77:** Differenz der Prä- und Post-Videowertungen der Anlagestrecke des Velums an der Rachenhinterwand
- Abbildung 78:** Differenz der Prä- und Post-Videowertungen der Beständigkeit des Abschlusses
- Abbildung 79:** Patient 8, prä- und postoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahme ohne und mit KM-Gabe in maximaler Annäherung des Velums an die RHW
- Abbildung 80:** Patient 16, prä- und postoperative axiale Videofluoroskopieaufnahme mit KM-Gabe in maximaler Annäherung der Seitenwände an die Mittellinie und des Velums an die RHW
- Abbildung 81:** Differenz der Prä- und Post-Videowertungen der koronaren Kontur des Verschlusses
- Abbildung 82:** Differenz der Prä- und Post-Videowertungen der koronaren Symmetrie der pharyngealen Seitenwände
- Abbildung 83:** Differenz der Prä- und Post-Videowertungen der Mittellinienannäherung der rechten Pharynxwand
- Abbildung 84:** Differenz der Prä- und Post-Videowertungen der Mittellinienannäherung der linken Pharynxwand
- Abbildung 85:** Patient 25, prä- und postoperative koronare Videofluoroskopieaufnahmen mit KM-Gabe in maximaler Annäherung der Seitenwände an die Mittellinie

- Abbildung 86:** Differenz der Prä- und Post-Videowertungen der subjektiven Gesamtwertung
- Abbildung 87:** Prä- und postoperative Veränderungen in der Videofluoroskopie nach Alter in Lebensmonaten zum Zeitpunkt der Gaumenplastik
- Abbildung 88:** Prä- und postoperative Veränderungen in der Videofluoroskopie nach Alter in Lebensmonaten zum Zeitpunkt der Levatorplastik
- Abbildung 89:** Prä- und postoperative Veränderungen in der Videofluoroskopie nach zeitlichen Abstand in Monaten zwischen Gaumen- und Levatorplastik
- Abbildung 90:** Korrelation des zeitlichen Abstandes der LP und GP mit dem Zeitpunkt der GP
- Abbildung 91:** Korrelation der Gesamtwertung mit dem zeitlichen Abstand der LP und GP
- Abbildung 92:** Korrelation der Gesamtwertung mit dem Zeitpunkt der GP
- Abbildung 93:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velumlänge in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Gaumenplastik
- Abbildung 94:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velumlänge in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Levatorplastik
- Abbildung 95:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velumlänge in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Abstand zwischen Gaumen- und Levatorplastik
- Abbildung 96:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velumhebung in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Gaumenplastik
- Abbildung 97:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velumhebung in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Levatorplastik
- Abbildung 98:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velumhebung in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Abstand zwischen Gaumen- und Levatorplastik
- Abbildung 99:** Prä- und postoperative Veränderungen des Abstandes zur Rachenhinterwand in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Gaumenplastik
- Abbildung 100:** Prä- und postoperative Veränderungen des Abstandes zur Rachenhinterwand in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Levatorplastik
- Abbildung 101:** Prä- und postoperative Veränderungen des Abstandes zur Rachenhinterwand in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Abstand zwischen Gaumen- und Levatorplastik
- Abbildung 102:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velum-Koordination in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Gaumenplastik
- Abbildung 103:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velum-Koordination in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Levatorplastik
- Abbildung 104:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velum-Koordination in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Abstand zwischen Gaumen- und Levatorplastik
- Abbildung 105:** Prä- und postoperative Veränderungen der Anlagestrecke an der Rachenhinterwand in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Gaumenplastik
- Abbildung 106:** Prä- und postoperative Veränderungen der Anlagestrecke an der Rachenhinterwand in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Levatorplastik
- Abbildung 107:** Prä- und postoperative Veränderungen der Anlagestrecke an der Rachenhinterwand in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Abstand zwischen Gaumen- und Levatorplastik
- Abbildung 108:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velumprominenz in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Gaumenplastik
- Abbildung 109:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velumprominenz in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Levatorplastik

- Abbildung 110:** Prä- und postoperative Veränderungen der Velumprominenz in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Abstand zwischen Gaumen- und Levatorplastik
- Abbildung 111:** Prä- und postoperative Veränderungen der Verschlussbeständigkeit in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Gaumenplastik
- Abbildung 112:** Prä- und postoperative Veränderungen der Verschlussbeständigkeit in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Levatorplastik
- Abbildung 113:** Prä- und postoperative Veränderungen der Verschlussbeständigkeit in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Abstand zwischen Gaumen- und Levatorplastik
- Abbildung 114:** Prä- und postoperative Veränderungen der Mittellinienannäherung in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Gaumenplastik
- Abbildung 115:** Prä- und postoperative Veränderungen der Mittellinienannäherung in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Levatorplastik
- Abbildung 116:** Prä- und postoperative Veränderungen der Mittellinienannäherung in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Abstand zwischen Gaumen- und Levatorplastik
- Abbildung 117:** Prä- und postoperative Gesamtveränderungen in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Gaumenplastik
- Abbildung 118:** Prä- und postoperative Gesamtveränderungen in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Alter zum Zeitpunkt der Levatorplastik
- Abbildung 119:** Prä- und postoperative Gesamtveränderungen in der Videofluoroskopie eingeteilt nach dem Abstand zwischen Gaumen- und Levatorplastik
- Abbildung 120:** Differenzen zwischen prä- und postoperativer MRT-Untersuchung
- Abbildung 121:** Veränderungen zwischen prä- und postoperativer MRT-Untersuchung
- Abbildung 122:** Patient 11, präoperative Anatomie-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx, nebenbefundlich nach VPP
- Abbildung 123:** Patient 11, postoperative Anatomie-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx
- Abbildung 124:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der Länge des Velums
- Abbildung 125:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der Dicke des Velums
- Abbildung 126:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der Hebung des Velums
- Abbildung 127:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der Abstand des Velums zur RHW
- Abbildung 128:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der Prominenz des Velums
- Abbildung 129:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der Koordination des Velums
- Abbildung 130:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der Anlagestrecke des Velums an der RHW
- Abbildung 131:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der Beständigkeit des Abschlusses
- Abbildung 132:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der Adenoide und der axialen Velumposition
- Abbildung 133:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der axialen Verschlussgestalt;
- Abbildung 134:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der axialen Lage der Restöffnung
- Abbildung 135:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der axialen Position des Velums
- Abbildung 136:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der koronaren Kontur des Verschlusses
- Abbildung 137:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der koronaren Symmetrie der pharyngealen Seitenwände
- Abbildung 138:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der Mittellinienannäherung der rechten Pharynxwand



- Abbildung 139:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der Mittellinienannäherung der linken Pharynxwand
- Abbildung 140:** Differenz der Prä- und Post-MRT-Wertungen der subjektiven Gesamtwertung
- Abbildung 141:** Patient 11, präoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx
- Abbildung 142:** Patient 11, postoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx; Insuffizienter velopharyngealer Verschluss
- Abbildung 143:** Patient 18, präoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahmen ohne KM in Ruhe und maximaler Annäherung des Velums an die RHW
- Abbildung 144:** Patient 18, postoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahmen mit KM in Ruhe und maximaler Annäherung des Velums an die RHW
- Abbildung 145:** Häufigkeit der Diagnose Passavantscher Wulst prä- und postoperativ, in Videofluoroskopie und MRT
- Abbildung 146:** Patienten zum Zeitpunkt der Gaumenspaltplastik in Lebensmonaten mit oder ohne Diagnose eines Passavantschen Wulstes zum Zeitpunkt der Untersuchungen
- Abbildung 147:** Patienten zum Zeitpunkt der Levatorplastik in Lebensmonaten mit oder ohne Diagnose Passavantschen Wulstes
- Abbildung 148:** Patienten mit oder ohne Diagnose eines Passavantschen Wulstes mit den Hauptdiagnosen
- Abbildung 149:** Patient 16, präoperative (links) und postoperative (rechts) sagittale Videofluoroskopieaufnahmen in maximaler Annäherung des Velums an die Rachenhinterwand, präoperativ ohne, postoperativ mit KM-Gaben
- Abbildung 150:** Patient 16, präoperative (links) und postoperative (rechts) koronare Videofluoroskopieaufnahmen in maximaler Annäherung, präoperativ ohne, postoperativ mit KM-Gaben
- Abbildung 151:** Patient 9, präoperative Anatomie-Sequenz in sagittaler Schnittebene des Velopharynx mit Artefakt-Bildausfall durch eine fest implantierte Zahnspange.
- Abbildung 152:** Patient 16, postoperative Anatomie-Sequenz in axialer Schnittebene des Velopharynx mit Artefakt-Bildausfall durch eine Zahnfüllung
- Abbildung 153:** Patient 26, präoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahmen mit KM-Gabe; Kind mit kompetenten velopharyngealen Verschluss, nebenbefundlich deutliche Adenoide
- Abbildung 154:** Patient 8, postoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahmen mit KM-Gabe; Erwachsener mit kompetenten velopharyngealen Verschluss durch nebenbefundlichen PW
- Abbildung 155:** Patient 26, präoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler Schnittebene des Velopharynx
- Abbildung 156:** Patient 8, postoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx
- Abbildung 157:** Patient 16, präoperative (links) und postoperative (rechts) sagittale, axiale und koronare Videofluoroskopieaufnahmen in maximaler Annäherung des Velums an die Rachenhinterwand, präoperativ ohne, postoperativ mit KM-Gaben
- Abbildung 158:** Patient 16, postoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx
- Abbildung 159:** Patient 18, postoperative sagittale und axiale Videofluoroskopieaufnahmen in Entspannung und maximaler Annäherung des Velums an die Rachenhinterwand mit KM-Gaben
- Abbildung 160:** Patient 18, postoperative Anatomie-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx
- Abbildung 161:** Patient 18, postoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx

**Abbildung 162:** Patient 5, präoperative sagittale, axiale und koronare Videofluoroskopieaufnahmen in maximaler Annäherung des Velums an die Rachenhinterwand mit KM-Gaben

**Abbildung 163:** Patient 5, präoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx

**Abbildung 164:** Patient 8, präoperative und postoperative sagittale Videofluoroskopieaufnahmen in maximaler Annäherung des Velums an die Rachenhinterwand präoperativ ohne, postoperativ mit KM-Gabe

**Abbildung 165:** Patient 11, präoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx

**Abbildung 166:** Patient 11, postoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx

**Abbildung 167:** Patient 17, postoperative Echtzeit-MRT-Sequenz in sagittaler, axialer und koronarer Schnittebene des Velopharynx

## Verzeichnis der Tabellen

- Tabelle 1:** Gesamtzahl der prä- und postoperativ untersuchten Patienten
- Tabelle 2:** Gesamtzahl der präoperativ untersuchten Patienten
- Tabelle 3:** Ein- und Ausschlusskriterien der Studienteile
- Tabelle 4:** Legende der Auswertungsbögen
- Tabelle 5:** Umrechnungstabelle Lebensalter
- Tabelle 6:** Hauptdiagnosen der Studienpatienten
- Tabelle 7:** Zusätzlich durchgeführte Operationen bis zum letzten Untersuchungszeitpunkt
- Tabelle 8:** Gemittelttes Alter in Monaten zum Zeitpunkt der Gaumenplastik bezogen auf das Lebensalter der Patienten zum Studienzeitpunkt
- Tabelle 9:** Gemittelttes Alter in Monaten zum Zeitpunkt der Levatorplastik bezogen auf das Lebensalter der Patienten zum Studienzeitpunkt
- Tabelle 10:** Gemittelter Abstand zwischen der Gaumen- und Levatorplastik in Monaten bezogen auf das Lebensalter der Patienten zum Studienzeitpunkt
- Tabelle 11:** Vergleich der Gesamtwertungen MRT-Video
- Tabelle 12:** Sagittale Wertungen MRT-Video; Länge, Dicke, Hebung und Abstand des Velums
- Tabelle 13:** Korrelation der Einzelwerte (Länge, Dicke, Hebung Velum und Abstand RHW sagittal) unter Verwendung des Gamma-Koeffizienten (= Maß für die ordinale Korrelation)
- Tabelle 14:** Sagittale Wertungen MRT-Video; Velumprominenz, Koordination der Bewegung, Anlagestrecke an RHW und Beständigkeit des Abschlusses
- Tabelle 15:** Korrelation der Einzelwerte (Prominenz, Koordination, Anlagestrecke, Beständigkeit) unter Verwendung des Gamma-Koeffizienten (= Maß für die ordinale Korrelation)
- Tabelle 16:** Adenoid- und axiale Wertungen MRT-Video; Adenoide, Verschlussgestalt, Lage der Restöffnung, Position des Velums
- Tabelle 17:** Korrelation der Einzelwerte (Adenoide, Gestaltm Restöffnung und Position Velum axial) unter Verwendung des Gamma-Koeffizienten (= Maß für die ordinale Korrelation)
- Tabelle 18:** Unterschiedliche Wertungen der axialen Verschlussgestalt
- Tabelle 19:** Unterschiedliche Wertungen der axialen Lage der Restöffnung
- Tabelle 20:** Koronare Wertungen MRT-Video; Kontur Rachenbewegung, Symmetrie, Ausmaß der Bewegung relativ zur Mittellinie, Abschlussbeurteilung
- Tabelle 21:** Korrelation der Einzelwerte (Kontur, Symmetrie, Mittellinienannäherung koronar und Abschlussbeurteilung) unter Verwendung des Gamma-Koeffizienten (= Maß für die ordinale Korrelation)
- Tabelle 22:** Unterschiedliche Wertungen der koronaren Kontur
- Tabelle 23:** Unterschiedliche Wertungen der subjektiven Gesamtwertung
- Tabelle 24:** Patienten mit PW mit Angabe der durchgeführten Levatorplastik
- Tabelle 25:** Gesamtauswertungen Video prä- und postoperativ
- Tabelle 26:** Wertungen Prä- und Post-Video; Länge, Dicke, Hebung und Abstand des Velums
- Tabelle 27:** Wilcoxon-Test zur prä- und postoperativen Wertung von Länge, Dicke, Hebung und Abstand des Velums
- Tabelle 28:** Wertungen Prä- und Post-Video; Velumprominenz, Koordination der Bewegung, Anlagestrecke an RHW und Beständigkeit des Abschlusses
- Tabelle 29:** Wilcoxon-Test zur prä- und postoperativen Wertung von Prominenz, Koordination des

Velums und Anlagestrecke sowie der Beständigkeit des Abschlusses

- Tabelle 30:** Adenoid- und axiale Wertungen Prä und Post-Video; Adenoide, Verschlussgestalt, Lage der Restöffnung, Position des Velums
- Tabelle 31:** Koronare Wertungen Prä- und Post-Video; Kontur Rachenbewegung, Symmetrie, Ausmaß der Bewegung relativ zur Mittellinie, Abschlussbeurteilung
- Tabelle 32:** Wilcoxon-Test zur prä- und postoperativen Wertung von konorarer Kontur, Symmetrie und Gesamtbeurteilung
- Tabelle 33:** Übersicht der wichtigsten Änderungen in Bezug auf den Zeitpunkt und den Abstand der Gaumen- und Levatorplastik
- Tabelle 34:** Korrelation zwischen GP, LP und Abstand GP-LP zur Gesamtwertveränderung und den Änderungen der Einzelwerte
- Tabelle 35:** Gesamtwertungsänderungen der verbesserten und verschlechterten Velumlängen
- Tabelle 36:** Wertungsänderungen der verbesserten und verschlechterten Mittellinienannäherungen
- Tabelle 37:** Übersicht der addierten einzelnen Änderungen und der Gesamtwertung
- Tabelle 38:** Wertungsänderungen der Velumlänge, des Abstandes zur Rachenhinterwand, der Anlagestrecke und der Gesamtwertung
- Tabelle 39:** Korrelation zwischen Länge, Abstand, Anlagestrecke und Gesamtwertung.
- Tabelle 40:** Wertungsänderungen der Velumhebung, der Velumkoordination, seiner Prominenz und der Beständigkeit des velopharyngealen Verschlusses sowie der Gesamtwertung
- Tabelle 41:** Korrelation zwischen Hebung, Koordination, Prominenz, Beständigkeit und Gesamtwertung.
- Tabelle 42:** Gesamtauswertungen MRT prä- und postoperativ
- Tabelle 43:** Wertungen prä- und post-MRT; Länge, Dicke, Hebung und Abstand des Velums
- Tabelle 44:** Wertungen prä- und post-MRT; Velumprominenz, Koordination der Bewegung, Anlagestrecke an RHW und Beständigkeit des Abschlusses
- Tabelle 45:** Adenoid- und axiale Wertungen prä und post-MRT; Adenoide, Verschlussgestalt, Lage der Restöffnung, Position des Velums
- Tabelle 46:** Koronare Wertungen Prä- und Post-MRT-Aufnahmen: Kontur Rachenbewegung, Symmetrie, Ausmaß der Bewegung relativ zur Mittellinie, Abschlussbeurteilung
- Tabelle 47:** Gesamtauswertungen MRT prä- und postoperativ
- Tabelle 48:** Wertungsänderungen der Velumlänge, des Abstandes zur Rachenhinterwand, der Anlagestrecke und der Gesamtwertung im MRT
- Tabelle 49:** Wertungsänderungen der Velumhebung, der Velumkoordination, seiner Prominenz und der Beständigkeit des velopharyngealen Verschlusses sowie der Gesamtwertung im MRT
- Tabelle 50:** Patienten mit Passavantschen Wulst in der entsprechenden Untersuchung mit Angabe des Lebensalters in Monaten bei den Operationen und der Wertungsänderung prä- und postoperativ
- Tabelle 51:** Korrelation der Messungen des Passavantschen Wulstes durch Test-Statistiken des Wilcoxon Signed Ranks Test
- Tabelle 52:** Patienten ohne Passavantschen Wulst mit Angabe des Lebensalters in Monaten bei den Operationen und der Wertungsänderung prä- und postoperativ
- Tabelle 53:** Patienten mit Passavantschen Wulst mit Angabe der Untersuchung, Angabe der prä- /postoperativen Wertung der MRT und Video Untersuchung, sowie der objektiven Gesamtwertung prä/postoperativ
- Tabelle 54:** Patienten ohne Passavantschen Wulst, Angabe der prä- /postoperativen Wertung der MRT und Video Untersuchung, sowie der objektiven Gesamtwertung prä/postoperativ