

**Untersuchungen zur Vorhersage, Häufigkeit und Manifestation  
von Mikrolaryngoskopie assoziierten Komplikationen**

**Dissertation**

**zur Erlangung des akademischen Grades  
doctor medicinae (Dr. med.)**

**vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät  
der Friedrich-Schiller-Universität Jena**

von Lutz Verges  
geboren am 25.10.1967 in Zeulenroda

**Gutachter:**

1. Prof. Dr. E. Beleites, Jena
2. Prof. Dr. Dr. P. Hyckel, Jena
3. Prof. Dr. D. Eßer, Erfurt

**Tag der öffentlichen Verteidigung:** 03.03.2003

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung.....</b>	<b>1</b>
1.1	Hintergrund und Problemstellung.....	1
1.2	Theoretische, anatomische und physiologische Grundlagen der direkten Mikrolaryngoskopie.....	2
1.2.1	Biomechanischer Ablauf der laryngoskopischen Untersuchung.....	2
1.2.2	Screeningverfahren zur Erkennung schwieriger Laryngoskopien.....	6
1.2.3	Definition einer schwierigen direkten Laryngoskopie.....	8
1.2.4	Indikationen und Kontraindikationen.....	9
1.2.5	Anästhesieverfahren.....	9
1.3	Zielstellung der Arbeit.....	11
<b>2</b>	<b>Patienten und Methode.....</b>	<b>12</b>
2.1	Patienten.....	12
2.1.1	Einschlußkriterien.....	12
2.1.2	Ausschlußkriterien.....	12
2.2	Meßanordnung zur Bestimmung der Hebelkraft am Laryngoskopiespatel.....	13
2.3	Perioperative Untersuchungen.....	15
2.3.1	Präoperative Untersuchungen.....	15
2.3.2	Operation.....	16
2.3.2.1	Narkoseführung.....	16
2.3.2.2	Messungen während der Mikrolaryngoskopie.....	17
2.3.3	Postoperative Untersuchungen.....	20
2.4	Statistische Methoden.....	21
<b>3</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>23</b>
3.1	Altersspektrum.....	23
3.2	Kehlkopferkrankungen.....	24
3.3	Sichere Zeichen oder warnende Hinweise für eine schwierige Laryngoskopie.....	25
3.4	Laryngoskopiespatelbedingte Gewebeschädigung.....	26
3.5	Häufigkeit der nicht vollständigen Einstellbarkeit der vorderen Kommissur.....	28
3.6	Häufigkeit einer schwierigen Laryngoskopie.....	30
3.6.1	Nach Cormack und Lehane.....	30

3.6.2	Nach Jenaer Laryngoskopie Score .....	30
3.6.3	Nach subjektiver Einschätzung durch den Operateur .....	31
3.7	Aussagekraft der Screeningverfahren für die Vorhersage einer schwierigen direkten Laryngoskopie.....	32
3.7.1	Screening nach Patil.....	32
3.7.2	Screening nach Mallampati.....	33
3.7.3	Indirekte Laryngoskopie nach TÜRK ohne Phonation.....	34
3.7.4	Indirekte Laryngoskopie nach TÜRK mit Phonation .....	36
3.7.5	Bildgebende Screeningverfahren- Fernröntgenseitenaufnahme (FRS) .....	37
3.8	Kraftmessung bei der direkten Laryngoskopie .....	38
3.8.1	Experimentelle Prüfung der Meßanordnung am biomechanischen Modell.....	38
3.8.2	Kraftmessung zur Einstellung verschiedener Stimmlippenbereiche .....	40
3.8.3	Aufgewendete Kraft in Abhängigkeit vom Spatelauflegeort.....	42
3.8.4	Zahnstatus und die angewendete Kraft .....	43
3.8.5	Vergleich der angewendeten Kraft zwischen Einstellbarkeit und Nichteinstellbarkeit der vorderen Kommissur.....	46
3.8.6	Angewendete Kraft verschiedener Untersuchergruppen .....	47
3.9	Kardiovaskuläre Reaktion.....	48
<b>4</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>51</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>78</b>
<b>6</b>	<b>Quellenverzeichnis von Abbildungen.....</b>	<b>80</b>
<b>7</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>82</b>

# **1 Einführung**

## **1.1 Hintergrund und Problemstellung**

Die Weiterentwicklung des mikrochirurgischen Instrumentariums, der Mikroskope und Endoskope verbesserten in den letzten Jahren die Qualität der klassischen endolaryngealen Mikrochirurgie und erweiterten deren Indikation.

Voraussetzung für die endolaryngeale Mikrochirurgie bleibt die Einstellbarkeit des Operationsgebietes mit einem geraden Laryngoskopiespatel. In der täglichen Praxis treten immer wieder Situationen auf, bei denen die Einstellung des Larynx nur mit erhöhter Kraftanwendung oder unvollständig gelingt. Weiterhin sind lokale Komplikationen und kardiovaskuläre Auswirkungen der Mikrolaryngoskopie nicht immer zu vermeiden.

Nach Durchsicht der Literatur liegen keine aktuellen Daten über die Inzidenz von Mikrolaryngoskopie assoziierten Komplikationen vor. Ein zweites Problem stellt die Definition der „schwierigen Mikrolaryngoskopie“ dar. Es ist eine objektive Bewertung mit der Einstellbarkeit des Larynx für die tägliche Praxis notwendig.

In der anästhesiologischen Fachliteratur finden sich zahlreiche Screeningverfahren für die Vorhersage einer erschwerten endotrachealen Intubation. Diese klinischen Tests könnten auch den Laryngologen geeignet sein, die Schwierigkeit der Kehlkopfeinstellung bei der Mikrolaryngoskopie vorherzusagen. Bisher ist dies nicht erfolgt.

Die flexible Laryngoskopie hat derzeit gegenüber der starren endolaryngealen Mikrochirurgie kaum Bedeutung für die Therapie. Eine Kombination der beiden Verfahren wäre vielleicht ein Weg, die Inzidenz von Mikrolaryngoskopie assoziierten Komplikationen zu senken.

## 1.2 Theoretische, anatomische und physiologische Grundlagen der direkten Mikrolaryngoskopie

### 1.2.1 Biomechanischer Ablauf der laryngoskopischen Untersuchung

Für die Einführung des Untersucherinstrumentariums bei der direkten Laryngoskopie ist es notwendig, den anatomisch bedingten Winkel zwischen Cavitas oris, Oropharynx und Larynx auszugleichen. Grundvoraussetzung für eine schonende Einstellung des Kehlkopfes ist die richtige Lagerung des Patienten. "Dieser liegt flach auf dem horizontal eingestellten Operationstisch ohne Benutzung von Schulterrollen, Kopfschalen oder ähnlichem" (*Kleinsasser 1991*). Das Laryngoskop darf erst eingeführt werden, wenn eine vollständige Muskelrelaxation vorliegt und die Narkose tief genug ist. Mittels neuromuskulären Monitorings ist es möglich, die Muskelrelaxation zu prüfen.

Eine alleinige maximale Mundöffnung und Retroflexion des Kopfes durch den Bewegungsumfang der oberen Kopfgelenke (ca.  $20^\circ$ ) und der Halswirbelsäule (ca.  $35-45^\circ$ ) wird nur in den wenigsten Fällen ausreichend sein. Erst durch aktive Verdrängung des Zungenkörpers und des Unterkiefers nach ventral, erlangt man einen vollständigen Einblick auf den Kehlkopf.

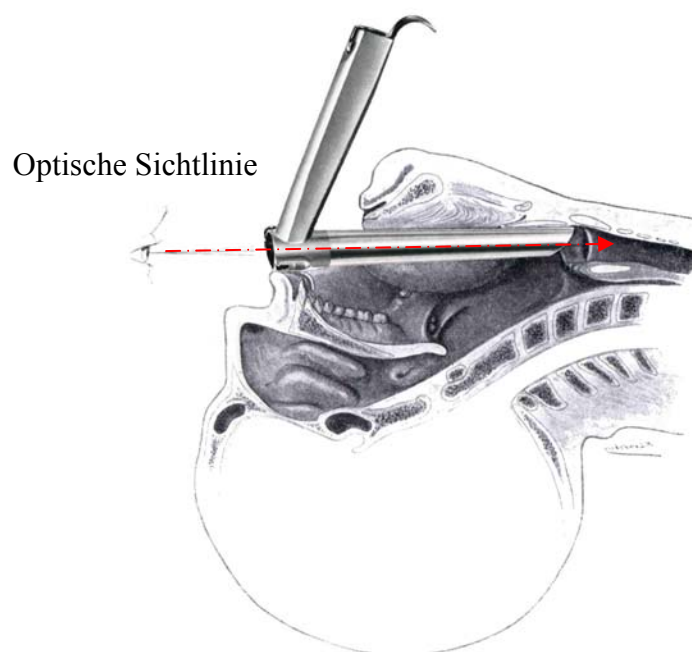


Abbildung 1: Optische Sichtlinie (Line of vision).

Nach Kirstein werden zwei verschiedene Methoden unterschieden. Durch Druck des Spatels gegen den Zungengrund (linguale Methode) oder gegen die Epiglottis (epiglottische Methode) kann ein vollständiger Überblick über den Kehlkopf erreicht werden (*Killian 1920*).

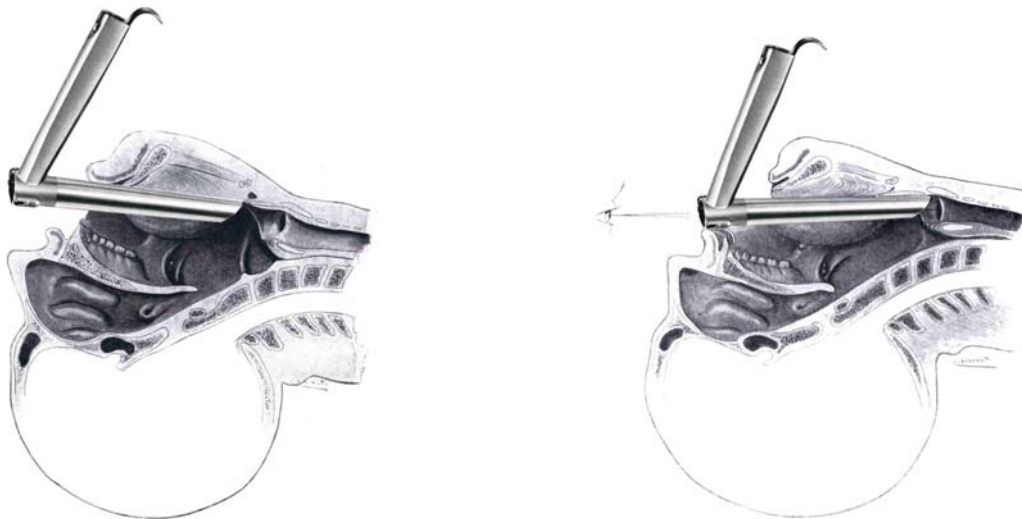


Abbildung 2: Links linguale und rechts epiglottische Methode der Spateleinstellung zur Mikrolaryngoskopie.

Um eine Übersicht bis zur vorderen Kommissur zu erzielen, ist die epiglottische Methode die erfolgreichere. Meist wird eine Kombination aus beiden Methoden praktiziert.

Während des Einführens des Laryngoskopes muß eine optimale Retroflexion des Kopfes individuell ermittelt werden.

Danach wird der Laryngoskopiespatel an folgenden anatomischen Strukturen vorbeigeführt:

- Uvula,
- Epiglottis,
- Incisura interarytenoidea bzw. Plica aryepiglottica,
- Plicae ventriculares.

Die Spitze des Laryngoskopes durchläuft über die Einstellung der Uvula bis zur vorderen Kommissur eine kreisbogenförmige Bewegung. Drehpunkt stellt der Oberkiefer oder Alveolarkamm dar.

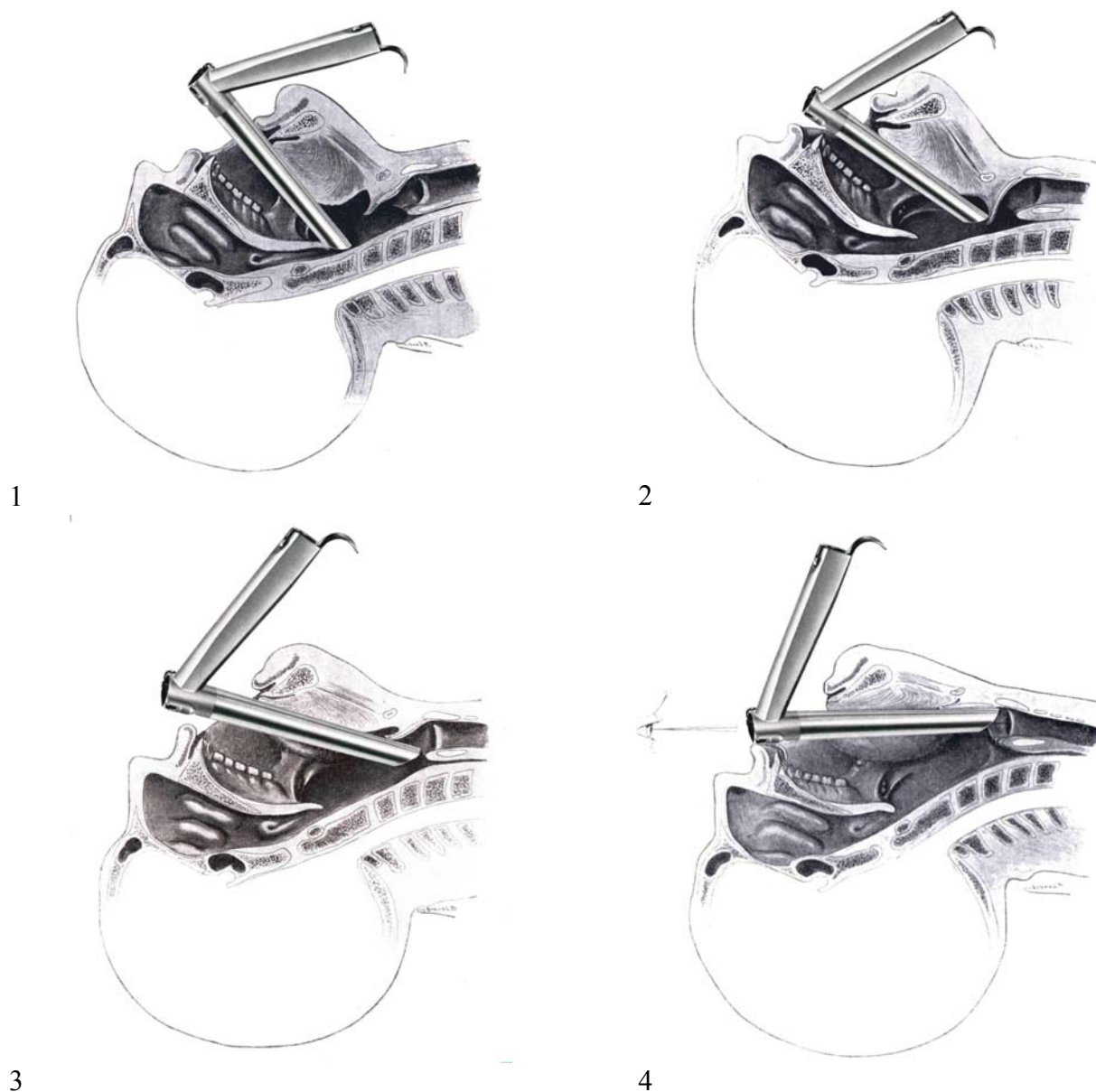


Abbildung 3: Schrittweise Plazierung des Laryngoskopes.

Sehr anschauliche Angaben über Lage des Spatels und die Art, wie er den Zungenkörper und den Mundboden verdrängt, konnte *Killian (1920)* mittels seitlicher Röntgenaufnahmen während der Schwebelaryngoskopie machen (siehe Abbildung 4). So gelang es ihm festzustellen, daß sich die Spatelspitze bei der Einstellung der vorderen Kommissur bis zu 6,5 cm von der Wirbelsäule entfernt.



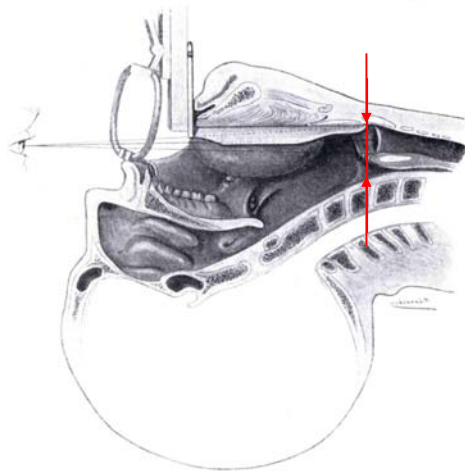


Abbildung 4: 6,5 cm Distanz zwischen Spatelspitze bei der Einstellung der vorderen Kommissur und der Wirbelsäule.

Zungenkörper, Mundboden und Kehlkopfgerüst sind an diesen Bewegungen beteiligt. Bei Betrachtung des Reliefs von Kinn, Zungenbein, Schildknorpel und Jugulum kann man während der Untersuchung das „Begradigen“ der ursprünglich fast 90° gekrümmten Atemwegsachse beobachten.

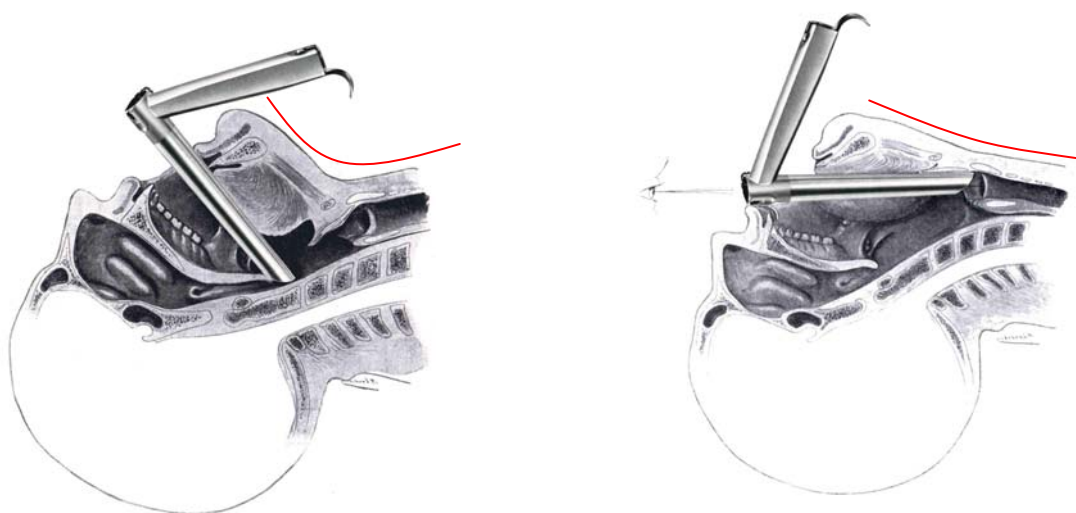


Abbildung 5: Veränderung der Atemwegsachse beim Einsatz eines Laryngoskopiespatels.

Eine alleinige maximale Dorsalflexion des Kopfes reicht für die Begradigung nicht aus. Vom Untersucher muß aktiv der Zungenkörper, der Mundboden und der Kehlkopf mit dem Laryngoskopiespatel angehoben werden, bis die Plicae vocales in die optische Achse gelangen.

Der ovaläre Querschnitt des Spatels verdrängt dabei besonders den medialen Anteil des elastischen Zungenkörpers nach lateral.

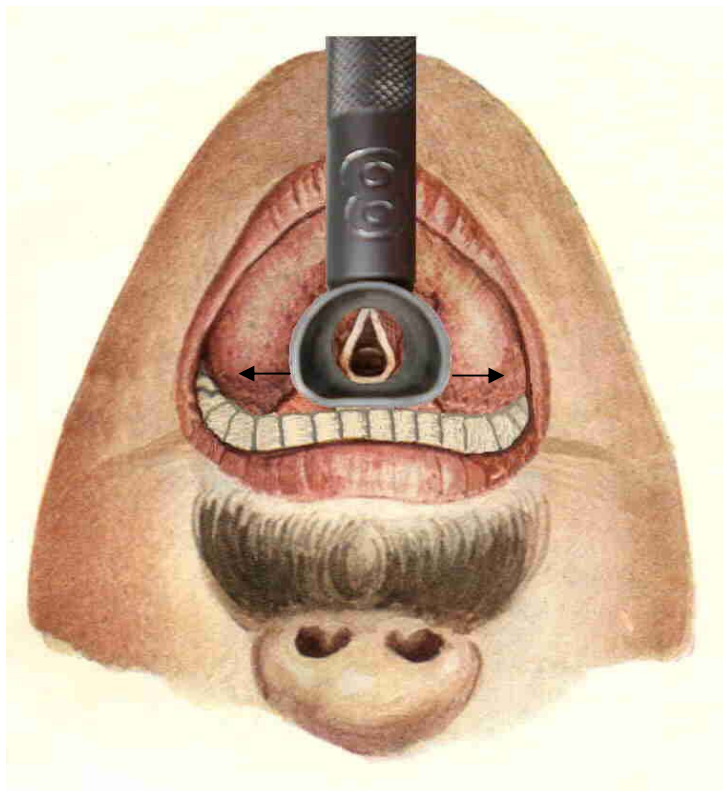


Abbildung 6: Verdrängung des medialen Zungenkörpers durch den Laryngoskopiespatel nach lateral.

### 1.2.2 Screeningverfahren zur Erkennung schwieriger Laryngoskopien

Die meisten klinischen Screeningverfahren wurden von Anästhesisten erstellt, um ein Intubations-/Laryngoskopierisiko bei Fehlen von „*warnenden Hinweisen*“ oder „*sicheren Zeichen*“ während der Prämedikationsvisite zu erkennen. Als sichere Zeichen werden eindeutig anatomische und/oder pathologische Befunde bezeichnet, die nahezu sicher eine schwierige Einstellung der Stimmlippenebene prognostizieren (z. B. Mundöffnung < 2 cm, Kiefergelenkankylose, ausgeprägte Mikrogenie, Epiglottitis).

Andererseits deuten warnende Hinweise (z. B. prominente Zähne, Adipositas, eingeschränkte Beweglichkeit der HWS) nur auf ein mögliches Problem bei der bevorstehenden Endoskopie hin. Kommen gleichzeitig mehrere Hinweise vor, ist wiederum von einer größeren Wahrscheinlichkeit auszugehen (*Lipp 1997*).

*Patil* publizierte 1983 als erstes Screeningverfahren die Abstandbestimmung zwischen Incisura thyroidea superior und caudalem Bereich der Protuberantia mentalis bei maximaler

Reklination des Kopfes. Bei einer Distanz zwischen 6 – 6,5 cm muß von einer schwierigen aber möglichen Intubation ausgegangen werden. Als sehr schwierig bzw. unter Umständen unmöglich wird die zu erwartende Intubation bei einer Distanz  $< 6$  cm eingeschätzt.

Es folgten die Einstufung der Intubationsschwierigkeit durch visuelle Einschätzung der oropharyngealen Verhältnisse nach *Mallampati et al. (1985)* und eine modifizierte Variante von *Samsoon und Young (1987)*.

Die Beurteilung erfolgt in sitzender Position des Patienten. Dieser wird aufgefordert, den Mund maximal zu öffnen und gleichzeitig die Zunge herauszustrecken ohne Phonation. Je nach Erkennung der anatomischen Strukturen Oropharynxhinterwand, Uvula, weicher und harter Gaumen wird eine Klassifizierung in 3 bzw. 4 Graden vorgenommen.

Ein dritter klinischer Test wurde von *Wilson et al. 1988* eingeführt, er kombinierte Gewicht, Bewegungsumfang des Kopfes und anatomisch-physiologische Aspekte des stomatognathen Systems.

Ähnliche Kriterien fließen bei der indirekten Laryngoskopie ein.

Aus hno-ärztlicher Sicht bietet sich diese Untersuchungsmethode als präoperatives Screeningverfahren bei maximaler Reklination des Kopfes mit und ohne Phonation an. Neben dem Überblick über die anatomischen Verhältnisse im Bereich des Oropharynx und Larynx fließt bei dieser Untersuchungstechnik indirekt auch der Bewegungsumfang der Halswirbelsäule ein.

Entsprechend des indirekten Spiegelbildes des Kehlkopfes kann der Befund in 4 Grade eingeteilt werden.

Die korrekte Ursache für eine erschwerte direkte Laryngoskopie kann auch an diesen Untersuchungen nicht abgeleitet werden.

Eine präoperative Röntgenaufnahme des reklinierten Kopfes ist für den Patienten strahlenbelastend und für die klinische Praxis wenig praktikabel.

Als röntgendiagnostische Funktionsaufnahme für die direkte Mikrolaryngoskopie kann eine modifizierte Fernröntgenseitenaufnahme (FRS) aus dem kieferorthopädischen Fachbereich genutzt werden.

Ziel aller präoperativen Screeningverfahren ist es, die erschwerte Einstellbarkeit bei der Mikrolaryngoskopie vorzuschauen.

### 1.2.3 Definition einer schwierigen direkten Laryngoskopie

Eine schwierige direkte Laryngoskopie kann auf verschiedene Weise definiert werden. Für die schwierige Intubation wurde in zahlreichen Publikationen die empfohlene Einstufung der laryngoskopischen Sicht von *Cormack und Lehane (1984)* benutzt, seltener die Modifikation von *Wilson et al. (1988)* oder *Cook (2000)*.

Hierbei bedeutet:

- |   |   |                       |
|---|---|-----------------------|
| - C & L Grad 1: Stimmbänder sichtbar    | } | einfache Intubation   |
| - C & L Grad 2: nur Aryhöcker sichtbar  |   |                       |
| - C & L Grad 3: nur Epiglottis sichtbar | } | schwierige Intubation |
| - C & L Grad 4: nur Zunge sichtbar      |   |                       |

Genauer wird eine schwierige Intubation mit der „Intubation Difficulty Scale (=IDS)“ beschrieben. Sie schließt zusätzlich zur laryngoskopischen Sicht die Anzahl der Intubationsversuche und Intubationsärzte, die Notwendigkeit des Einsatzes alternativer Intubationstechniken, Kehlkopfdruck von außen und die Stimmlippenstellung ein (Adnet et al. 1997).

Eine detaillierte Einstufung des Schwierigkeitsgrades der Glottiseinstellung bei der Mikrolaryngoskopie, hinsichtlich der vollständigen oder unvollständigen Übersicht, erhöhte Kraftaufwendung sowie mit oder ohne Druck von außen auf das Kehlkopfgerüst, wurde in der HNO-Literatur noch nicht beschrieben.

Zur Prüfung der Zuverlässigkeit einer vorhergesagten schwierigen Laryngoskopie mittels der oben beschriebenen Screeningverfahren (siehe 1.2.2), wird von vielen Autoren als Referenzwert die laryngoskopische Sicht im Sinne von *Cormack und Lehane* verwendet.

Die Aussagekraft der Screeningverfahren wird mit der Sensitivität, Spezifität und dem positiven Vorhersagewert charakterisiert.

Um den Schwierigkeitsgrad der direkten Laryngoskopie objektiver bewerten zu können, haben wir nachfolgende Schwierigkeitsskala (Jenaer Laryngoskopie Score= JLS) erstellt:

- Grad 1: Vollständige Einstellung der vorderen Kommissur ohne Gegendruck von außen und mit einer Kraft  $< 50$  N,
- Grad 2: Vollständige Einstellung der vorderen Kommissur ohne Gegendruck von außen aber mit einer Kraftaufwendung von  $\geq 50 \leq 100$  N,
- Grad 3: Vollständige Einstellung der vorderen Kommissur erst mit einer Kraft  $> 100$  N oder durch Gegendruck von außen oder unvollständige Einstellung.

#### **1.2.4 Indikationen und Kontraindikationen**

Jedes Gewebsplus der Stimmlippen, der Taschenbänder oder andere Strukturen des Kehlkopfes sollte bei Persistenz zur Klärung der Dignität bzw. auch aus funktionellen Gründen mikrolaryngoskopisch abgetragen werden.

Der Eingriff sollte nach *Kleinsasser (1991)* auch bei gutartigen Veränderungen rechtzeitig erfolgen, weil meistens Kontaktreaktionen am korrespondierenden Stimmlippenanteil entstehen.

Kontraindikationen für eine Mikrolaryngoskopie mit dem starren Laryngoskopiespatel ergeben sich aus anatomisch bedingten Verhältnissen (HWS-Erkrankungen, Instabilität des Oberkiefers, Kieferklemme und andere Einstellungshindernisse für die Line of vision) und dem Allgemeinzustand des Patienten (kardiopulmonale Dekompensation, Blutgerinnungsstörung).

Hinzu kommen von seiten der Jet-Ventilation eine hochgradige Stenose der Atemwege, Lungenemphysem und ein Körpergewicht  $> 90$  kg.

#### **1.2.5 Anästhesieverfahren**

Mehrere Verfahren wurden im Laufe der Zeit entwickelt. Diese reichen von der Intubationsnarkose mit einem dünnen Tubus über die apnoische Oxygenierung, dem Emerson-Chest-Respirator, der Insufflationsmethode bis zur intubationslosen Injektorbeatmung (*Priest und Wesolowski 1960, Stange et al. 1973, Fritsche 1977*).

Der Anästhesist gewährleistet dem Operateur die beste Handlungsfreiheit mit gleichzeitiger Sicherung einer adäquaten alveolären Ventilation bei der Injektorbeatmung. Erstmals wurde sie von *Sanders (1967)* bei der Bronchoskopie angewendet. Grundprinzip des Anästhesieverfahrens besteht einerseits in einer totalen intravenösen Allgemeinanästhesie (= TIVA) und einer rhythmischen Abgabe von Sauerstoff mit hohem Druck über eine kleine Düse oder Injektorsonde in den Glottisspalt (*Stange et al. 1973*). Sanders' Technik war Ausgangspunkt für zwei Entwicklungsrichtungen. Man unterscheidet je nach Frequenz der Pulsation zwischen einer normo- (Frequenz bis 60) und einer hochfrequenten (Frequenz über 60) Jet-Ventilation. Eine hochfrequente Jet-Ventilation kann bei adipösen Patienten, Patienten mit obstruktiven Lungenerkrankungen oder mit hochgradigen Stenosen im Bereich des Larynx nur limitiert eingesetzt werden, weil keine suffiziente Beatmung möglich ist oder die Gefahr einer respiratorischen Azidose bei längerer Beatmungszeit besteht. Durch die Kombination einer normofrequenten mit einer hochfrequenten Jet-Ventilation, der sogenannten superponierten Hochfrequenz-Jet-Ventilation, kann die CO<sub>2</sub>-Elimination über dem niederfrequenten Anteil erfolgen. Der hochfrequente Anteil dient zu einer permanenten Belüftung der Alveolen und zur Verbesserung der Diffusion. (*Aloy et al. 1994, Biro und Schmid 1997*).

Für den Operateur ist der kontinuierliche Belüftungsstrom bei supraglottischer Jetkanülenpositionierung von Vorteil, weil ein relativer Stimmlippenstillstand entsteht.

Zur methodischen Trennung intubationsbedingter Kehlkopfschäden von allein spatelbedingten Schäden, sollen in der vorliegenden Arbeit nur Mikrolaryngoskopien in tubusfreier Jetventilation betrachtet werden.

### 1.3 Zielstellung der Arbeit

Seit der Erstbeschreibung und Einführung der direkten Laryngoskopie durch Kirstein besteht nach wie vor das Problem der präoperativen Erkennung einer schwierigen Mikrolaryngoskopie.

Mit Hilfe der Anamnese, des Screeningtestes nach Patil, Mallampati, der indirekten Laryngoskopie nach Türk mit und ohne Phonation, sowie einer seitlichen Fernröntgenaufnahme in Neutral- bzw. Funktionsstellung des Schädels soll der Aussagewert der präoperativen Diagnostik hinsichtlich des Schwierigkeitsgrades der Mikrolaryngoskopie untersucht werden.

In einer postoperativen Untersuchung sind Häufigkeit, Lokalisation und Schwere von laryngoskopiespatelbedingter Schädigungen in Mundhöhle, Oropharynx und Larynx zu ermitteln.

Eine Erfassung der aufgewendeten Kraft zur Verdrängung des Zungengrundes bzw. Aditus laryngis könnte Aufschluß darüber geben, ob ein Zusammenhang besteht zwischen der Größe der Kraftanwendung einerseits und der Laryngoskopiertechnik, dem Erfahrungsgrad des Operateurs sowie der Anzahl laryngoskopiespatelbedingter Gewebeschädigungen andererseits besteht. Hierzu soll eine Meßmethode entwickelt und eingesetzt werden.

Die Häufigkeit der schwierigen direkten Laryngoskopie soll mittels der Bewertung nach Cormack & Lehane und dem Jenaer Laryngoskopie Score registriert werden.

Abschließendes Ziel der Arbeit ist, technische Veränderungen der Mikrolaryngoskopie zur Reduktion des spatelbedingten Operationstraumas aufzuzeigen und damit eine geringere Belastung des Patienten zu erreichen.

## **2 Patienten und Methode**

### **2.1 Patienten**

#### **2.1.1 Einschlußkriterien**

In einer prospektiv angelegten Studie wurden Patienten der HNO-Klinik der Friedrich-Schiller-Universität Jena erfaßt, die sich im Zeitraum vom 1.01.1998 bis 7.03.2000 einer Mikrolaryngoskopie unterzogen. Die Indikation zur Mikrolaryngoskopie war durch Vorliegen eines benignen oder malignen ( $\leq T2$ ) Gewebsplus gegeben.

Von der Ethikkommission lag ein positives Votum vor. Jeder Patient wurde über die Studie aufgeklärt und sein Einverständnis schriftlich dokumentiert.

Für die Studie wurden 109 Patienten eingeschlossen. Vollständige Daten lagen zur Auswertung von 81 Patienten vor.

#### **2.1.2 Ausschlußkriterien**

Als Ausschlußkriterien für die Studie wurden nachfolgende Kriterien festgelegt:

- Ablehnung des Patienten zur Teilnahme an der Studie,
- Notfälle,
- Mundöffnungshemmung,
- Gerinnungsstörung,
- instabile Halswirbelsäule,
- Instabilität des Oberkiefers,
- Larynxtumor  $> T2$ ,
- Hypopharynxtumor,
- Kontraindikation zur Jet-Ventilation und
- Wiederholungseingriff im Rahmen der Studie.



## 2.2 Meßanordnung zur Bestimmung der Hebelkraft am Laryngoskopspatel

In einer experimentellen Pilotstudie mußte zuerst die Meßgenauigkeit bzw. Zuverlässigkeit der Versuchsanordnung ermittelt werden. Hierzu wurden die Krafteinwirkungen auf den Mikrolaryngoskopspatel in vitro nachgestellt.

Zweckmäßig erschien die Dehnungsmeßstreifenplatzierung am distalen Ende der Bruststütze.

Die Pilotstudie bestand aus zwei Teilabschnitten.

Im ersten Teilabschnitt wurde an einem biomechanischen Modell (siehe Abbildung 7) ein Laryngoskop in einem definierten vertikalen Winkel ( $V$ ) und die Bruststütze in einem horizontalen Winkel ( $H$ ) fixiert. Drei Zentimeter vom distalen Ende des Spatels entfernt, wirkte eine bekannte Kraft ( $F$ ) für 15 min ein. Das gewonnene Meßsignal  $M_n$  des Dehnungsmeßstreifens ( $D$ ) wurde über einen batteriebetriebenen Meßverstärker (HANDY 1 der Firma HBM GmbH, Niederlassung Mitte) angezeigt. Die Messungen wurden für verschiedene horizontale ( $H_n$ ) und vertikale ( $V_n$ ) Winkel der Bruststütze bzw. des Laryngoskopes durchgeführt. Weiterhin variierte die Kraft ( $F_x$ ) zwischen 2 und 10 kp. Für jede Kombination aus definiertem Winkel ( $V_n$  und  $H_n$ ) sowie bekannter Kraft ( $F_x$ ) ergab sich der Mittelwert des Meßsignales ( $\bar{M}_n$ ) aus 3 Einzelmessungen.

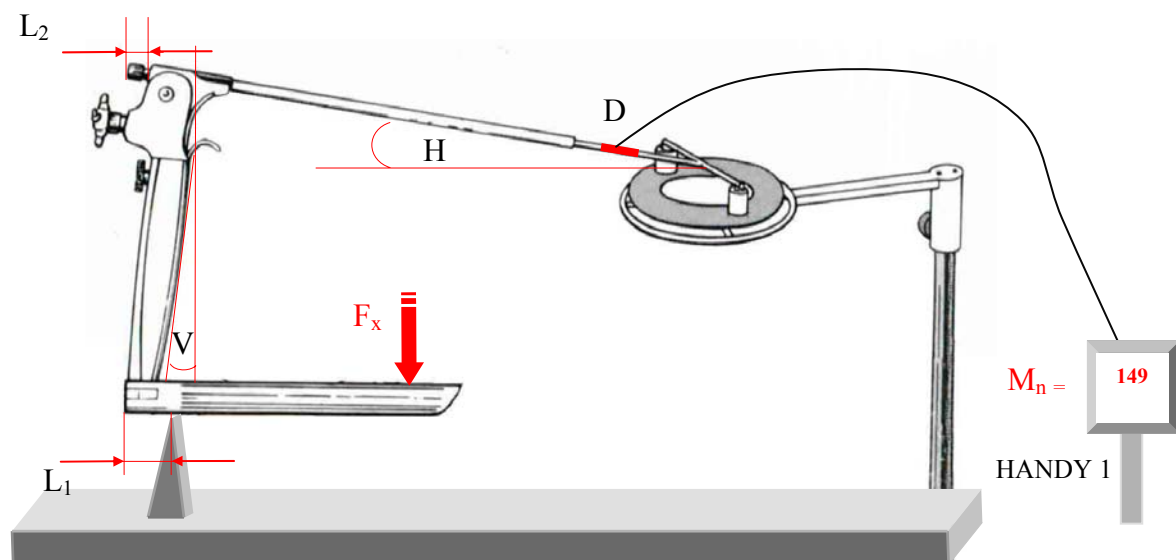


Abbildung 7: Biomechanisches Laryngoskopmodell, Aufnahme eines Meßsignales bei Einwirkung einer definierten Kraft  $F_x$  auf das Laryngoskop.

Die variablen Längenmaße des Laryngoskopiesystems (Distanz proximales Ende des Laryngoskopes-Zahnreihe Oberkiefer/Alveolarkamm =  $L_1$  und Distanz proximales Ende Bruststützenstange-Stellschraube =  $L_2$ ) fanden ebenfalls ihre Beachtung.

Der zweite Teilabschnitt diente zur sekundären Rekonstruktion der Kraftwerte. Das Laryngoskop stellten wir entsprechend der o.g. Parameter neu am Modell ein. Mittels Federzugmesser wirkte eine variable Kraft  $F_n$  solange 3 cm vom distalen Ende des Spatels ein, bis der Mittelwert ( $\bar{M}_n$ ) des Meßsignales am Meßverstärker HANDY 1 erschien. War dies erreicht, wurde die dazu benötigte Kraft  $F_n$  am Federzugmesser abgelesen (siehe Abbildung 8).

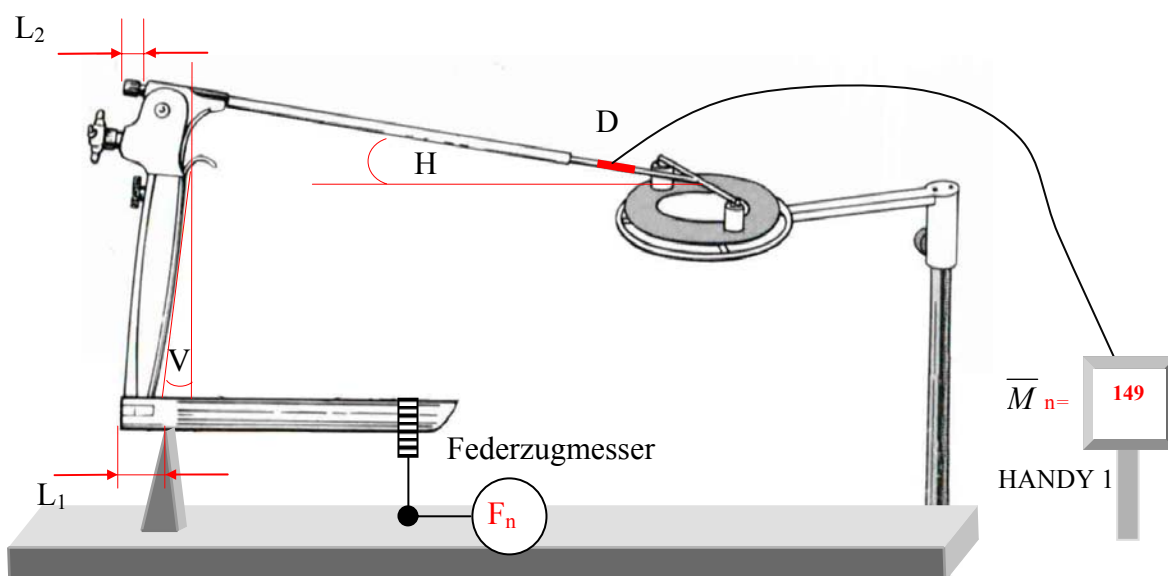


Abbildung 8: Biomechanisches Laryngoskopiemodell, Prüfung der Reproduzierbarkeit.

Auch diese Messreihen wurden nach vollständigem Abbau der Versuchsanordnung 3 x wiederholt. Nach Ermittlung des Mittelwertes ( $\bar{F}_n$ ) wurde dieser mit der ursprünglichen Kraft ( $F_x$ ) verglichen.

## 2.3 Perioperative Untersuchungen

### 2.3.1 Präoperative Untersuchungen

Entsprechend dem Ziel der prospektiven Studie wurden alle Patienten nach Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien mit Hilfe eines einheitlichen präoperativen Studienprotokolles untersucht.

Präoperativ wurden folgende Parameter erfaßt:

- Name, Vorname, Alter, Geschlecht, Größe, Gewicht, RR, HF
- HNO-Spiegelbefund, inkl. Zahnstatus Oberkiefer
- HNO-Diagnose
- Halsumfang in cm
- Test nach Patil
- Test nach Mallampati
- indirekte Laryngoskopie nach Türk ohne Phonation
- indirekte Laryngoskopie nach Türk mit Phonation
- bei Einverständnis des Patienten Fernröntgenseitenaufnahme.

Folgende Messungen wurden an den Fernröntgenseitenaufnahmen vorgenommen:

- M1 = Distanz Oberkiefer Schneidezähne und Rachenhinterwand, parallel zum harten Gaumen
- M2 = Distanz Schnittpunkt von M1 Rachenhinterwand und hintere Kommissur
- M3 = Distanz Protuberantia mentalis und line of vision (LOV)
- M4 = Distanz der Ober- und Unterkieferschneidezähne bzw. Alveolarkamm bei maximaler Mundöffnung
- M5 = Zungenstärke anterior-posterior
- M6 = Unterkieferlänge
- M7 = Winkel zwischen M1 und M2
- M8 = Distanz Protuberantia mentalis und dem am weitesten dorsal gelegenen Zungenkörperanteils
- M9 = Distanz LOV und dem am weitesten dorsal gelegenen Zungenkörperanteil
- M10 = Distanz Protuberantia mentalis und Schneidekante des mittleren Unterkieferschneidezahnes
- M11 = hintere Tiefe des Unterkiefers (dorsal des 3. Molaren).

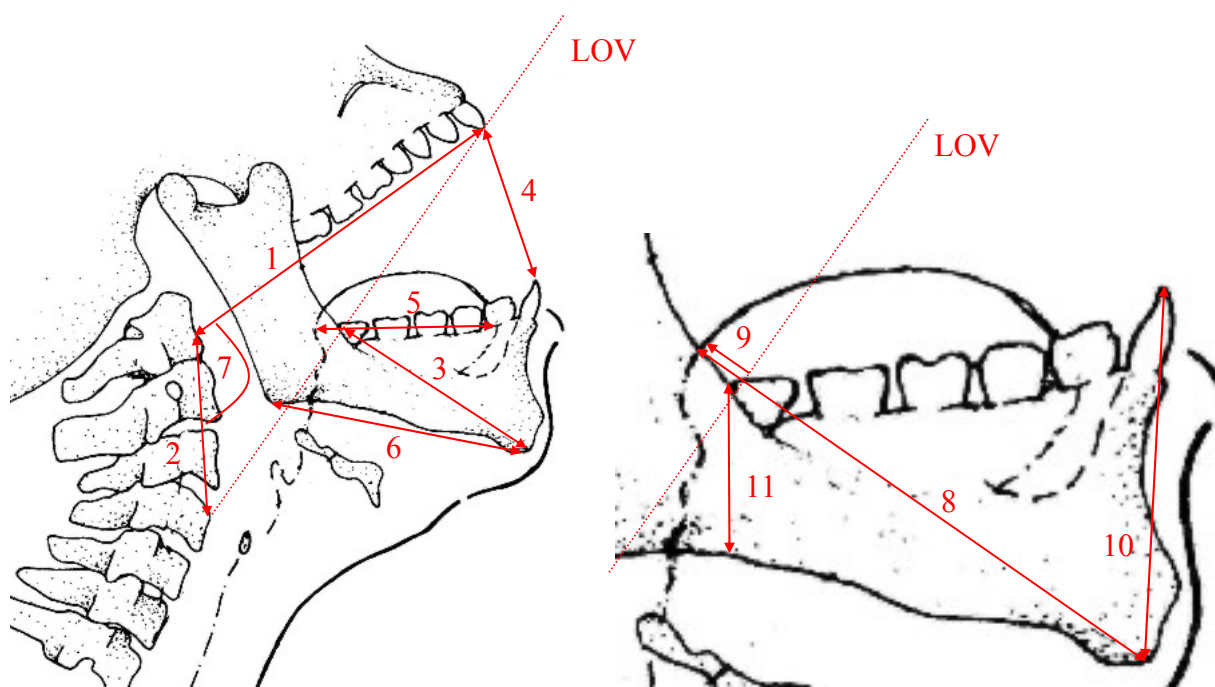


Abbildung 9: Skizze der Messungen an der Fernröntgenseitenaufnahmen.

## 2.3.2 Operation

### 2.3.2.1 Narkoseführung

Es wurde in Absprache mit dem Anästhesieteam der FSU Jena ein einheitliches Narkoseregime für die Studie eingehalten. Dieses umfaßte zum einen das perioperative Monitoring (Elektrokardiogramm mit Herzrate, nicht invasiv gemessener Blutdruck, Kapnographie, periphere Sauerstoffsättigung und neuromuskuläre Erregbarkeit) und zum anderen die Medikamentenwahl für die totale intravenöse Anästhesie (TIVA).

Nach Präoxygenation erfolgte die Narkoseinduktion mit Disoprivan<sup>®</sup>, Ultiva<sup>®</sup> und Mivacron<sup>®</sup> bzw. Esmeron<sup>®</sup>.

Mittels peripherer Nervenstimulierung wurde der Relaxationsgrad überwacht.

Die Einstellung der Glottis erfolgte mit einem Laryngoskopiespatel (Firma Storz Nr. 8590 A-L). Unter Verwendung einer speziellen Jet-Düse (Firma Storz Nr. 8590 KC) konnte die supraglottische Jet-Ventilation mit CO<sub>2</sub>-Monitoring durchgeführt werden.

Die Anästhesieaufrechterhaltung resultierte aus der kontinuierlichen Gabe von Ultiva<sup>®</sup> und Disoprivan<sup>®</sup>.

Blutdruck, Herzfrequenz und Sauerstoffsättigung wurden

- am Anfang, während und am Ende der Narkoseeinleitung,
- nach Einstellung des hinteren, mittleren und vorderen Stimmlippendrittels und
- am Ende der Operation erfaßt.

### **2.3.2.2 Messungen während der Mikrolaryngoskopie**

Der Patient wurde flach auf dem horizontal eingestellten Operationstisch gelagert.

Nach Prüfung der vollen Relaxierung und ausreichend tiefen Narkose des Patienten durch den Anästhesisten, ist der Einsatz des Laryngoskopiespatels erfolgt.

Das Laryngoskop ist nach Einstellung des hinteren Stimmlippendrittels mit der Bruststütze verbunden worden, welche auf einem Brustsupport positioniert war. Ein Assistent erfaßte folgende Werte (siehe Abbildung 10):

1. vertikale Neigung des Laryngoskopiehandgriffes V in °,
2. horizontale Neigung der Bruststützenstange H in °,
3. Distanz proximales Ende des Laryngoskopes und Zahnreihe Oberkiefer/  
Alveolarkamm L<sub>1</sub>,
4. Distanz proximales Ende Bruststützenstange und Stellschraube L<sub>2</sub>.

Mittels Dehnungsmessstreifen (D siehe Abbildung 10) wurde die Biegekraft an der Laryngoskopistütze gemessen.

Über einen Meßverstärker (HANDY 1 der Firma HBM GmbH) erfolgte die Registrierung des Messsignales während der Einstellung des hinteren, mittleren und vorderen Stimmlippendrittels.

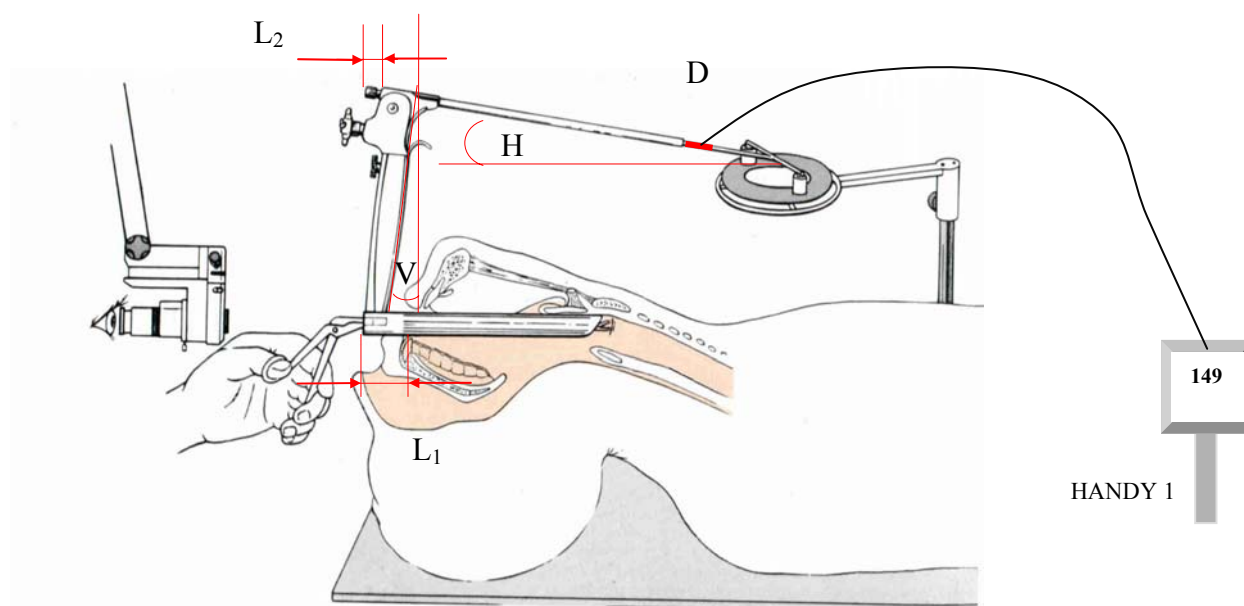


Abbildung 10: Messparameter während der Mikrolaryngoskopie am Laryngoskop und Bruststütze.

Zur Überprüfung der vollständigen Einstellung der vorderen Kommissur wurde ein selbst konstruiertes Laryngometer über das Laryngoskop eingeführt und die Distanz gemessen (siehe Abbildung 11).

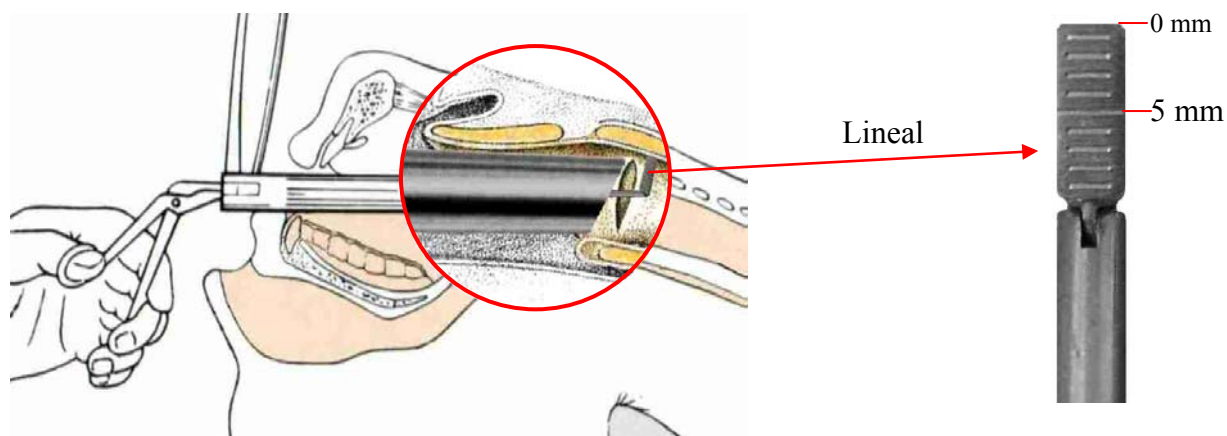


Abbildung 11: Laryngometer zur Messung des Abstandes zwischen der Laryngoskopspitze und der vorderen Kommissur.

Die erhobenen Befunde wurden auf einem erstellten Studienprotokoll dokumentiert (siehe Abbildung 12).

Zeitlich versetzt zur Patientenuntersuchung wurde an einem Modell anhand der erfaßten Messwerte die jeweilige Untersuchungssituation exakt nachgestellt und die resultierende Kraft des Untersuchers zur Einstellung der Glottis ermittelt.

Abbildung 12: Perioperatives Studienprotokoll.

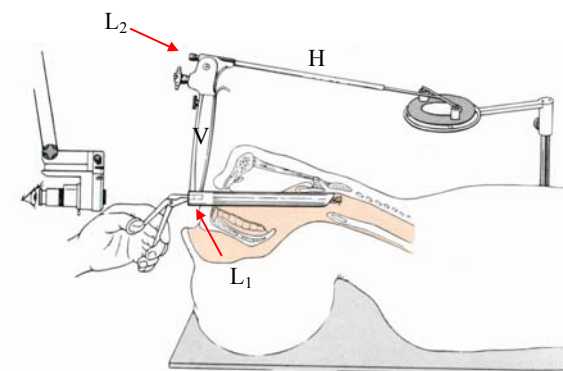
Messung	Phase		Puls/min	RR (systol., diastol., Mittel- druck) in [mmHg]	O <sub>2</sub> -Sättigung	V [°]	H [°]	Kraft in [N]	L <sub>1</sub> Spatel in cm	L <sub>2</sub> Bruststütze in cm
1	präoperativ									
2	Narkoseeinleitung									
3	vor Jet Beginn									
4	Einstellung hinteres 1/3	ohne KK- druck								
5	Mitte	ohne KK- druck								
6	vordere Kommissur	ohne KK- druck								
7	vordere Kommissur	mit KK- druck								
8	Ende der Operation									

Spatelgröße/Spateltyp: .....

Spateleinsatz erfolgte über/bzw. im Bereich von:

15	14	13	12	11	21	22	23	24	25

Einstellung zur mikrolaryngoskopischen Operation gestaltete sich gut O, erschwert O oder schwierig O  
 Vordere Kommissur einstellbar? ja O oder nein O, Abstand zur vorderen Kommissur in: ..... mm,  
 Operateur:



### 2.3.3 Postoperative Untersuchungen

Am 1. postoperativen Tag wurden die Patienten hinsichtlich subjektiver Beschwerden befragt und entsprechend dem nachfolgenden Untersuchungsbogen (Abbildung 13) systematisch untersucht.

Bei der Inspektion der Mundhöhle, des Oropharynx und des Larynx wurden die Gewebeschäden registriert, die durch den Spateleinsatz entstanden waren.

<b>Bewertung 1. Tag postoperativ (keine, mäßig, stark)</b>									
	Hämatom*/Ödem*	Zahnabdrücke*/ Läsion der Lippe	Schmerzen						
Unterlippe									
	Hämatom*/Ödem*	Zahnabdrücke*/ Läsion der Lippe	Schmerzen						
Oberlippe									
	Hämatom*/Ödem*	Zahnabdrücke	Schmerzen						
Zunge									
	Hämatom	Schleimhautödem	Schleimhautläsion						
Gaumenbögen									
	Hämatom	Schleimhautödem	Schmerzen						
Kehlkopf									
	nicht OP-bedingte Schleimhautläsion								
	Schleimhautläsion	Hämatom*/Ödem*							
Oberkiefer/ Alveolarkamm									
* zutreffendes bitte unterstreichen									
Zahnstatus Oberkiefer:									
Kr = Krone		Br = Brücke	A = Absplitterung						
Ka = Karies		L = locker	F = fehlt						
15	14	13	12	11	21	22	23	24	25
Untersuchung folgender Hirnnervenfunktionen:									
N. lingualis:					N. vagus:				
N. glossopharyngeus:					N. hypoglossus:				

Abbildung 13: Postoperativer Untersuchungsbogen.



## 2.4 Statistische Methoden

Die statistische Prüfung des gewonnenen Datenmaterials erfolgte mit dem Kruskal-Wallis-Test, Mann-Whitney-Test, dem T-Test für 2 unabhängige Stichproben und der Diskriminanzanalyse.

Verwendet wurde hierzu die Computersoftware Excel 7.0 (Microsoft®) und SPSS® für Windows Version 10.0.7.

Mit Hilfe der Sensitivität, Spezifität und dem positiven Vorhersagewert (PVW) wurde die Wertigkeit der klinischen Screeningverfahren evaluiert.

Als Referenzwert für die präoperativen Screeningtests dienten die laryngoskopische Sicht im Sinne von *Cormack und Lehane* sowie der Jenaer Laryngoskopie Score (siehe 1.2.3).

Die Vorhersage	Tatsächliche Situation:	
	leicht (negativ)	schwierig (positiv)
lautet:		
leicht (negativ)	richtig negativ	falsch negativ
schwierig (positiv)	falsch positiv	richtig positiv

Tabelle 1: Vierfeldertafel zur Veranschaulichung von Maßzahlen für die Sensitivität und Spezifität am Beispiel für die Vorhersage einer schwierigen direkten Laryngoskopie.

$$\text{Sensitivität} = \frac{\text{Richtig Positive} \times 100 \%}{\text{Richtig Positive} + \text{Falsch Negative}}$$

$$\text{Spezifität} = \frac{\text{Richtig Negative} \times 100 \%}{\text{Richtig Negative} + \text{Falsch Positive}}$$

$$\text{PVW} = \frac{\text{Richtig Positive} \times 100 \%}{\text{Richtig Positive} + \text{Falsch Positive}}$$

Die Sensitivität stellt den Anteil der richtig vorausgesagten schwer einstellbaren Patienten bei der Laryngoskopie dar.

Unter Spezifität versteht man die Fähigkeit, gut laryngoskopierbare Patienten richtig vorauszusagen.

Die Wahrscheinlichkeit, daß die eingeschätzte schwierige Laryngoskopie zutrifft, wurde mit dem positiven Vorhersagewert (PVW) ausgedrückt.

Mittels Diskriminanzanalyse wurde der Zusammenhang zwischen anatomischen Besonderheiten und einer schwierigen bzw. leichten Laryngoskopie geprüft.

Bei der Untersuchung nach signifikanten Unterschieden in der Kraftaufwendung zwischen z. B. den Geschlechtern, der Einstellbarkeit oder Nichteinstellbarkeit der vorderen Kommissur oder den verschiedenen Untersuchergruppen, sind die Stichproben als unabhängig voneinander anzusehen.

Werden mehr als zwei Stichproben betrachtet, untersuchten wir zunächst mit einem Globaltest (Kruskal-Wallis-Test) ob überhaupt Unterschiede bestanden. War dies der Fall, so kamen mehrere Einzeltests (Mann-Whitney-Test oder T-Test für 2 unabhängige Stichproben) zum Einsatz. Das Signifikanzniveau wurde entsprechend den Empfehlungen von *Trampisch und Windeler (1997)* bei  $p \leq 0,05$  gewählt.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Altersspektrum

Das durchschnittliche Alter der 81 vollständig erfaßten Patienten betrug 49,8 Jahre. Die Altersspanne bewegte sich zwischen 20 und 79 Jahren.

Der zahlenmäßige Vergleich ergab hinsichtlich des Geschlechts keinen signifikanten Unterschied zwischen Frauen (41) und Männern (40).

Lediglich zwischen 30-39 Jahren überwog der Anteil der weiblichen Patienten um ca. das Doppelte.

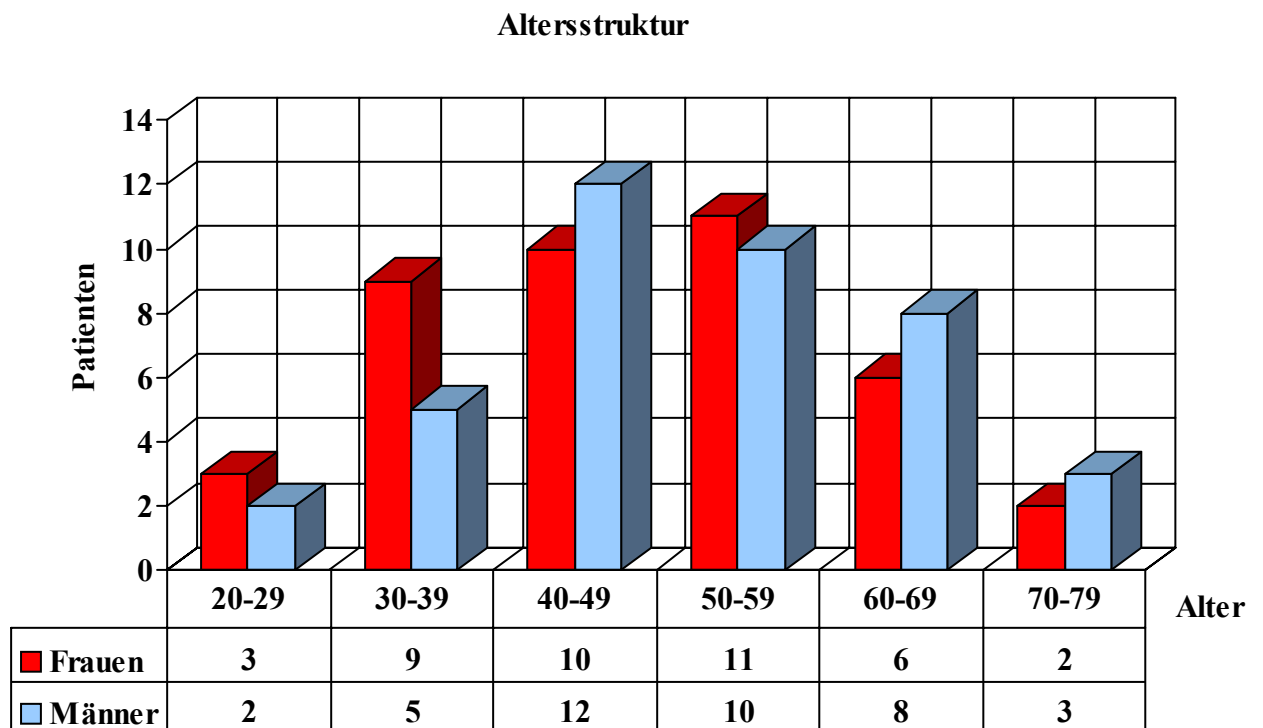


Diagramm 1: Alters- und Geschlechtsstruktur der Studie ( $n_{\text{Ges.}} = 81$ ).

### 3.2 Kehlkopferkrankungen

Die histologische Auswertung und Klassifikation des resezierten Gewebes führte das Institut für Pathologie der Friedrich-Schiller-Universität Jena durch.

Entsprechend der Lokalisation des pathologischen Befundes können diese zu den 3 Etagen des Kehlkopfes- Supraglottis, Glottis und Subglottis, zugeordnet werden. Die Mehrheit der Befunde fanden sich erwartungsgemäß in der Stimmlippenebene mit 95,06 % (77 von 81 Patienten).

In Tabelle 2 ist die Diagnoseverteilung der 81 Mikrolaryngoskopien zusammengestellt.

Diagnose	Anzahl (n)	Diagnose	Anzahl (n)
Stimmlippenpolyp	25	Taschenbandzyste	2
Reinkeödem	12	Schreiknötchen	1
Chronische Laryngitis	8	Laryngocele	1
Granulationsgewebe	7	Rekurrensparese bds.	1
Larynxtumor T1-T2	6	Schwannom	1
Stimmlippenpapillom	6	Onkozytom	1
Leukoplakie	5	Schleimhautödem n. Radiatio	1
Stimmlippenzyste	4		

Tabelle 2: 81 Mikrolaryngoskopien gegliedert nach Diagnosen.

Erkrankungsbedingt bestand bei 61 Patienten (75,3 %) die Notwendigkeit, daß vordere Kehlkopfdrittel einzustellen.

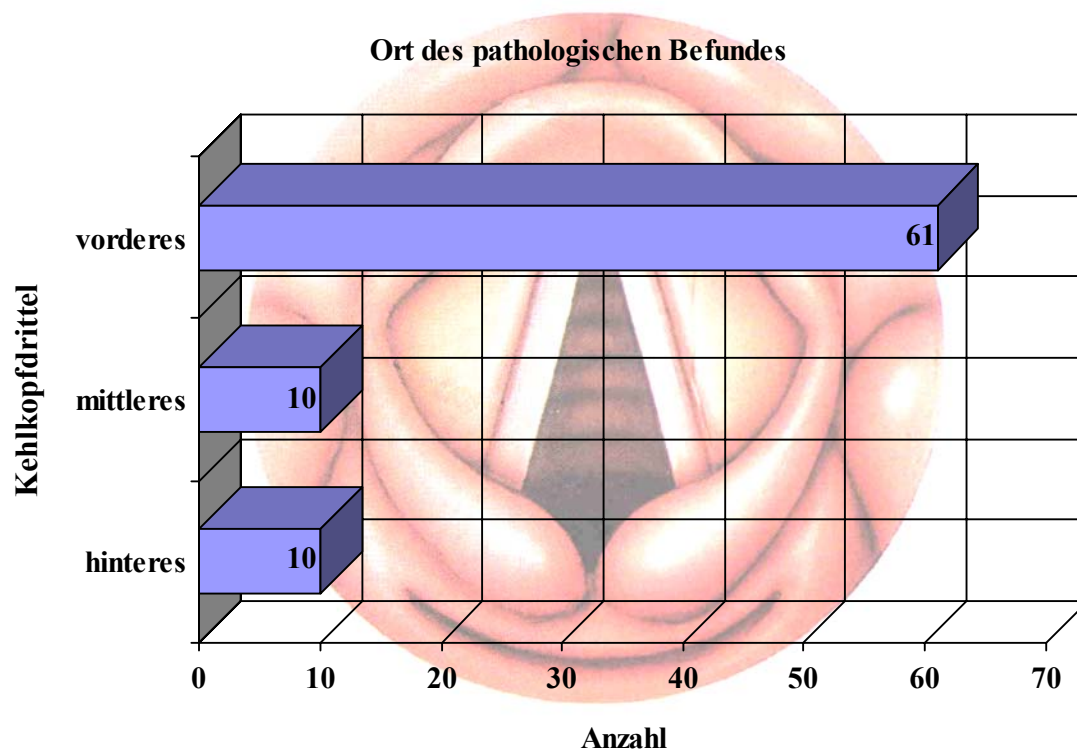


Diagramm 2: Lokalisation der Stimmlippenerkrankung ( $n_{\text{Ges.}} = 81$ ).

### 3.3 Sichere Zeichen oder warnende Hinweise für eine schwierige Laryngoskopie

Während der präoperativen Untersuchung konnte an allen 81 Patienten kein sicheres Zeichen für eine schwierige Laryngoskopie festgestellt werden.

Folgende warnende Hinweise wurden erkannt:

Prominente, lange Schneidezähne u. maxilläre Prognathie	17x (= 21,0 %)
wacklige obere Schneidezähne	1x (= 1,2 %)
mandibuläre Prognathie (=Progenie)	7x (= 8,6 %)
eingeschränkte Beweglichkeit der HWS	1x (= 1,2 %)

Tabelle 3: Häufigkeit warnender Hinweise für eine schwierige Laryngoskopie.

Beachtet werden muß, daß einige sichere Zeichen oder warnende Hinweise gleichzeitig ein Ausschlußkriterium für die Studie waren (siehe 2.1.2).

### 3.4 Laryngoskopiespatelbedingte Gewebeschädigung

Alle Patienten wurden am 1. postoperativen Tag entsprechend des Studienprotokolles nachuntersucht. Im Vergleich zu den präoperativen Befunden konnten die Gewebeschädigungen ermittelt werden, die auf den Spateleinsatz bei der Laryngoskopie zurückzuführen waren.

Bei 50 Patienten (= 61,7 %) war mindestens eine Gewebeschädigung durch die Operationsmethode nachzuweisen.

Zu unterscheiden sind leichte, mittelschwere und schwere Schäden.

Leichte Schäden, wie z. B. Schmerzen, Zahnabdrücke, Ödeme, Hämatome und Einrisse der Schleimhaut wurden als unangenehm empfunden, hinterlassen aber keinen Dauerschaden.

Im Bereich der Schleimhaut des Gaumenbogens und des Kehlkopfes sind hauptsächlich Hämatome, Ödeme und Einrisse diagnostiziert wurden.

<b>Ort u. Anzahl der Patienten</b>	<b>Art und Anzahl der Gewebeschädigung</b>
Unterlippe 2 x	1x Schleimhautläsion, 1x Schmerzen,
Oberlippe 4 x	1x Zahnabdruck, 1x Hämatom, 1x Schleimhautläsion, 1x Schleimhautödem, 1x Schmerzen,
Alveolarkamm 5 x	5x Schleimhautläsion, 1x Hämatom,
Zunge 13 x	7x Schmerzen, 5x Zahnabdruck, 3x Hämatom,
Gaumenbögen 26 x	20x Hämatom, 6x Schleimhautläsion, 6x Schleimhautödem,
Kehlkopf 31 x	19x Schleimhautödem, 9x Hämatom, 7x Schmerzen, 5x Schleimhautläsion

Tabelle 4: Leichte Gewebeschäden (die Summation der Anzahl der spatelbedingten Gewebeschädigungen entspricht nicht der Fallzahl, weil bei einigen Patienten mehrere diagnostiziert wurden).

Mittelschwere Schäden konnten nicht vermieden werden und bestanden in einer Zahndislokation ( $F = 80,85 \text{ N}$ ) sowie einer Schmelzabsplitterung ( $F = 181,3 \text{ N}$ ). Schwere Schäden, wie z. B. Nervenlähmungen, Kiefergelenksverletzung, Luftnot mit oder ohne Tracheotomienotwendigkeit, mussten nicht verzeichnet werden.

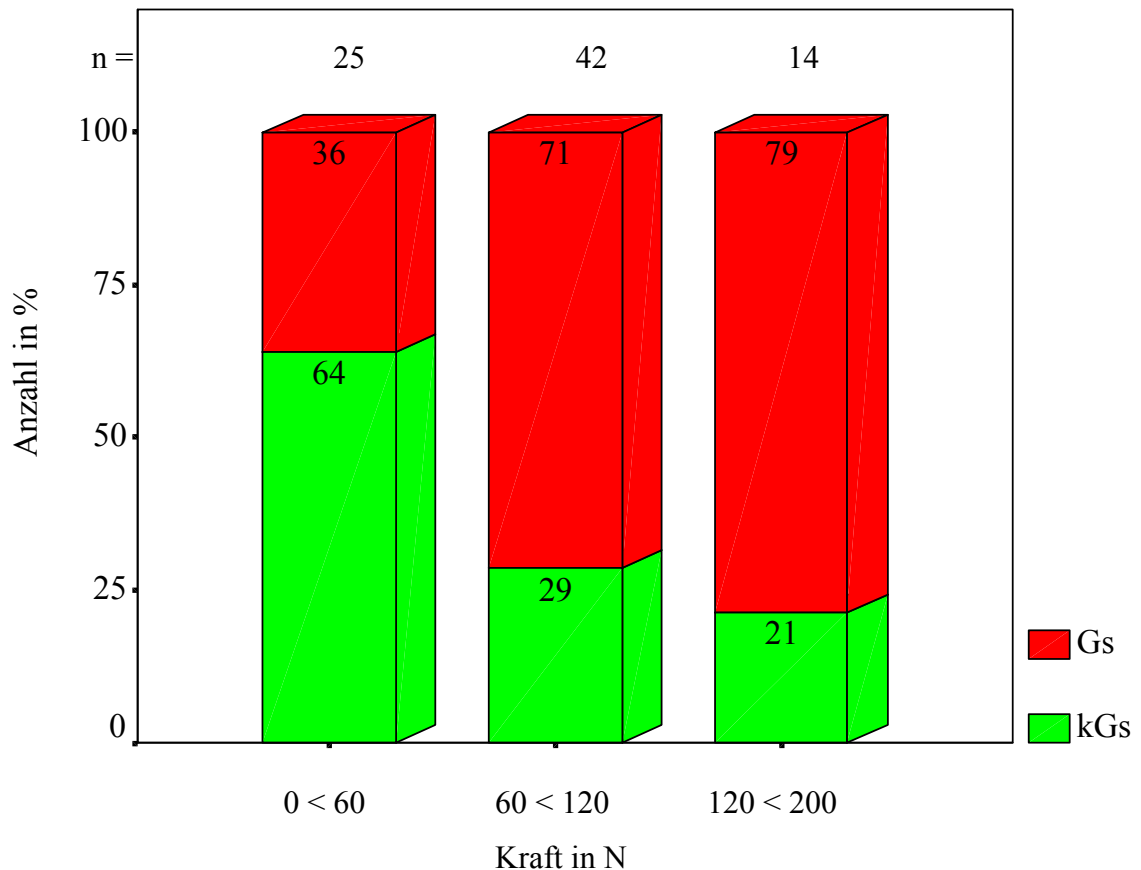


Diagramm 3: Prozentualer Anteil der Patienten mit Gewebeschädigung (Gs) und ohne Gewebeschädigung (kGs) in Abhängigkeit von der aufgewendeten Kraft.

In Abhängigkeit zur maximal angewendeten Kraft trat bei  $F < 60 \text{ N}$  in 36 % der Patientenfälle,  $F \geq 60 < 120$  in 71 % und  $F \geq 120$  in 79 % eine Gewebeschädigung auf.

Es wurde bei Einstellung der vorderen Kommissur mit einer laryngoskopiespatelbedingten Gewebeschädigung signifikant ( $p = 0,023$ ) mehr Kraft aufgewendet.

Allgemein kann gesagt werden, wenn eine Kraft  $\geq 60 \text{ N}$  angewendet wird, liegt die Wahrscheinlichkeit einer leichten bis mittelschweren Gewebstraumatisierung bei ca. 70 %.

### 3.5 Häufigkeit der nicht vollständigen Einstellbarkeit der vorderen Kommissur

Aufgrund der Lage des pathologischen Befundes bestand im Jenaer Krankengut die Notwendigkeit der Gewebeabtragung im vorderen Kehlkopfdrittel bei 61 Patienten (Diagramm 2). Von diesen 61 Patienten wurde durch den Operateur, entsprechend unserem strengen Untersuchungsprotokoll, 26 x eine unvollständige Einstellung dokumentiert.

Insgesamt gelang es nur bei 22 Untersuchungen, den Spatel bis zur vorderen Kommissur primär einzustellen. Nach Druck auf den Kehlkopf von außen erhöhte sich die Anzahl um 26.

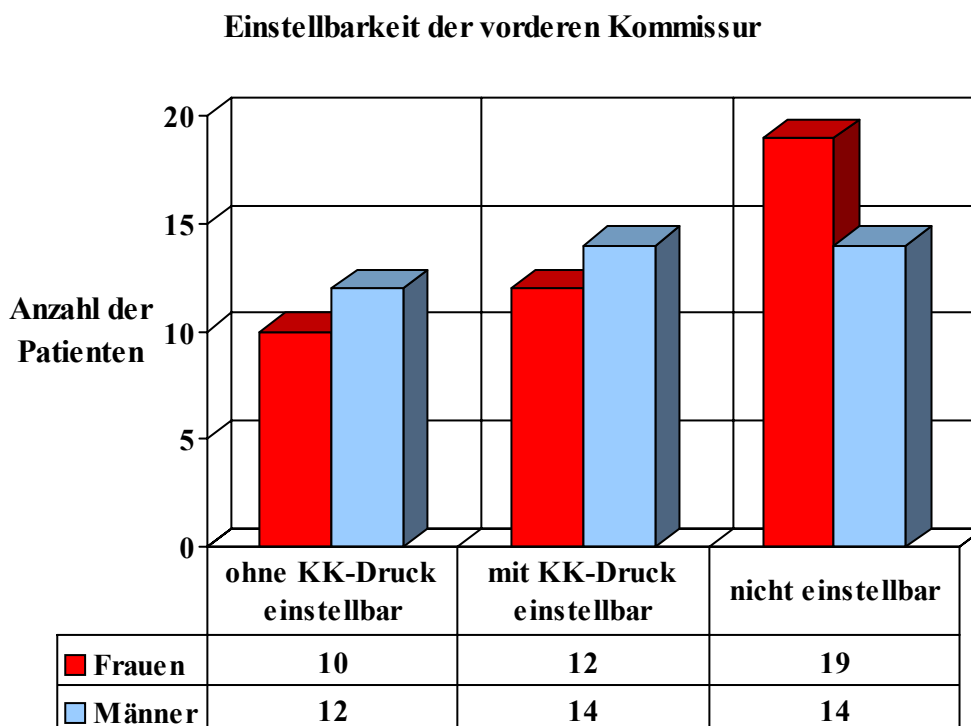


Diagramm 4: Anzahl der Einstellbarkeit/Nichteinstellbarkeit der vorderen Kommissur ohne oder mit Kehlkopfdruck von außen ( $n_{\text{Ges.}} = 81$ ).

Die vordere Kommissur konnte bei 19 Frauen und bei 14 Männern nicht vollständig eingestellt werden.

Die verbliebene Restdistanz zur vorderen Kommissur betrug 1 mm bis 12 mm, im Durchschnitt 3,7 mm.

Von den Patienten mit Zähnen im Bereich des Spateleinsatzes konnte die vordere Kommissur nur bei der Hälfte vollständig dargestellt werden.



Einen festen Zahnersatz hatten 13 Patienten, von denen 6 (= 46,2 %) unvollständig einstellbar waren. Wesentlich häufiger konnte die vordere Kommissur bei Patienten ohne Zähne eingesehen werden. In dieser Gruppe waren es 18 von 21.

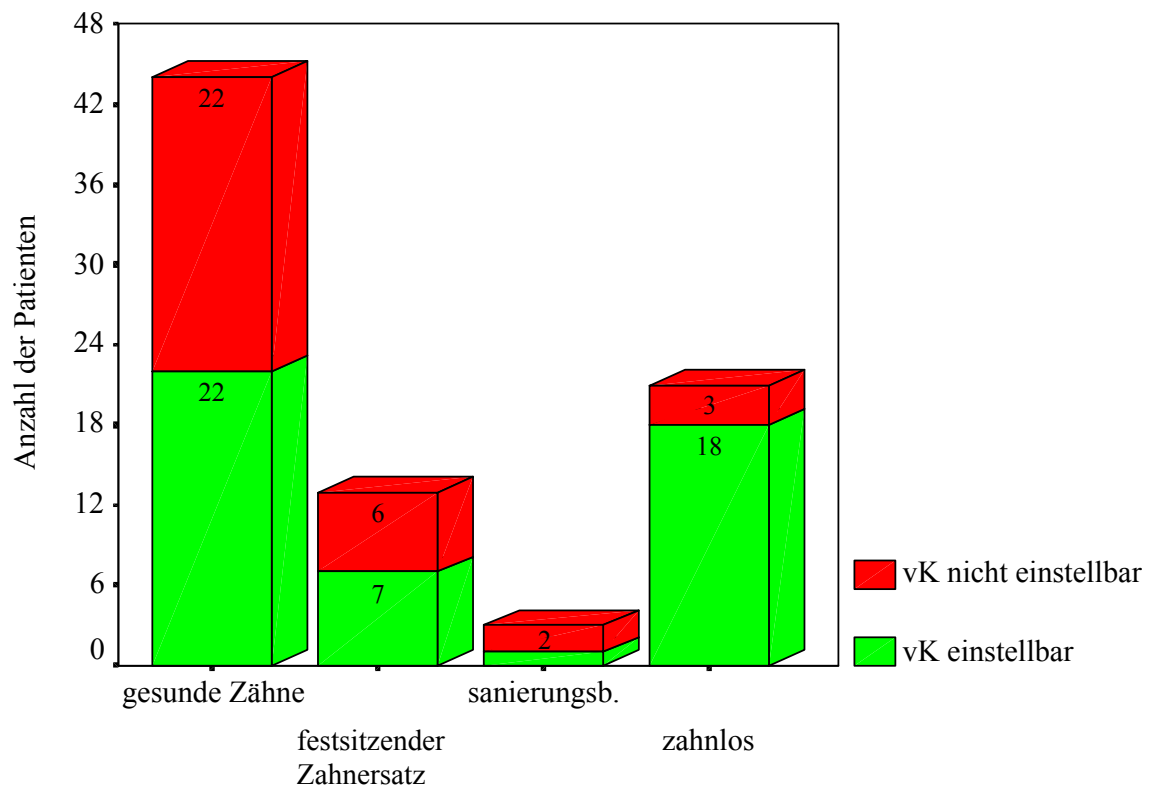


Diagramm 5: Anzahl der Einstellbarkeit/Nichteinstellbarkeit der vorderen Kommissur in Abhängigkeit vom Zahnstatus ( $n_{\text{Ges.}} = 81$ ).

Die vollständige Einstellbarkeit bedeutete nicht, daß die vordere Kommissur in jedem Fall auch nicht einsehbar war. Es wurde in diesen Situationen ein Schrägeinblick durch das Mikroskop oder einer 30° Hopkinsoptik verwendet. Die Schwierigkeiten ergaben sich in der Instrumentierung mit geraden Scherchen und Zängelchen.

### 3.6 Häufigkeit einer schwierigen Laryngoskopie

#### 3.6.1 Nach Cormack und Lehane

Die Einteilung des Grades 1-3 modifizierten wir folgendermaßen:

- Grad 1: vorderes Stimmlippendrittel,
- Grad 2: mittleres Stimmlippendrittel und
- Grad 3: hinteres Stimmlippendrittel einsehbar.
- Grad 4: Kehlkopf nicht einstellbar.

Entsprechend des Wissens über die durchschnittliche Stimmlippenlänge bei Frauen und Männern, dem Umfang der Glottisübersicht bzw. der Abstandsmessung mittels Laryngometer zur vorderen Kommissur, konnten wir folgende Werte ermitteln:

	C & L* Grad 1	C & L* Grad 2	C & L* Grad 3	C & L* Grad 4
Anzahl	48	29	4	0

Tabelle 5: Anzahl der Kehlkopfeinstellungen entsprechend der Schwierigkeitsgrade nach \*Cormack u. Lehane.

Ein C & L Grad von 4 wurde nicht beobachtet.

Durch die modifizierte Beurteilung trat eine schwierige direkte Laryngoskopie 4 x auf.

#### 3.6.2 Nach Jenaer Laryngoskopie Score

Neben der Einstufung der laryngoskopischen Sicht floß bei unserer Bewertungsskala die aufgewendete Kraft zur Verdrängung des Zungenkörpers mit dem Laryngoskopiespatel ein (siehe 1.2.3).

	JLS Grad 1	JLS Grad 2	JLS Grad 3
Anzahl	14	22	45

Tabelle 6: Anzahl der direkten Laryngoskopien entsprechend der Schwierigkeitsgrade nach dem Jenaer Laryngoskopie Score (JLS).

Eine leichte bis leicht erschwerte direkte Laryngoskopie (= JLS Grad 1 und 2) trat 36 x auf. Der Anteil der schwierigen direkten Kehlkopfuntersuchung ist mit 45 Patienten wesentlich höher.

### 3.6.3 Nach subjektiver Einschätzung durch den Operateur

Vom Operateur wurde die Einstellung der Stimmlippenebene 34 x (= 42 %) mit gut, 33 x (= 40,7 %) mit erschwert und 14 x (= 17,3 %) mit schwierig eingeschätzt.

Nicht immer stimmt die subjektive Einschätzung einer guten Stimmlippeneinstellung mit der vollständigen Glottiseinstellung überein. Bei 3 von 34 Patienten, die mit gut bewertet wurden, konnte die vordere Kommissur nur unvollständig eingestellt werden.

Entsprechend den Erwartungen geht die Anzahl der unvollständig einstellbaren mit der Zunahme des Schwierigkeitsgrades einher.

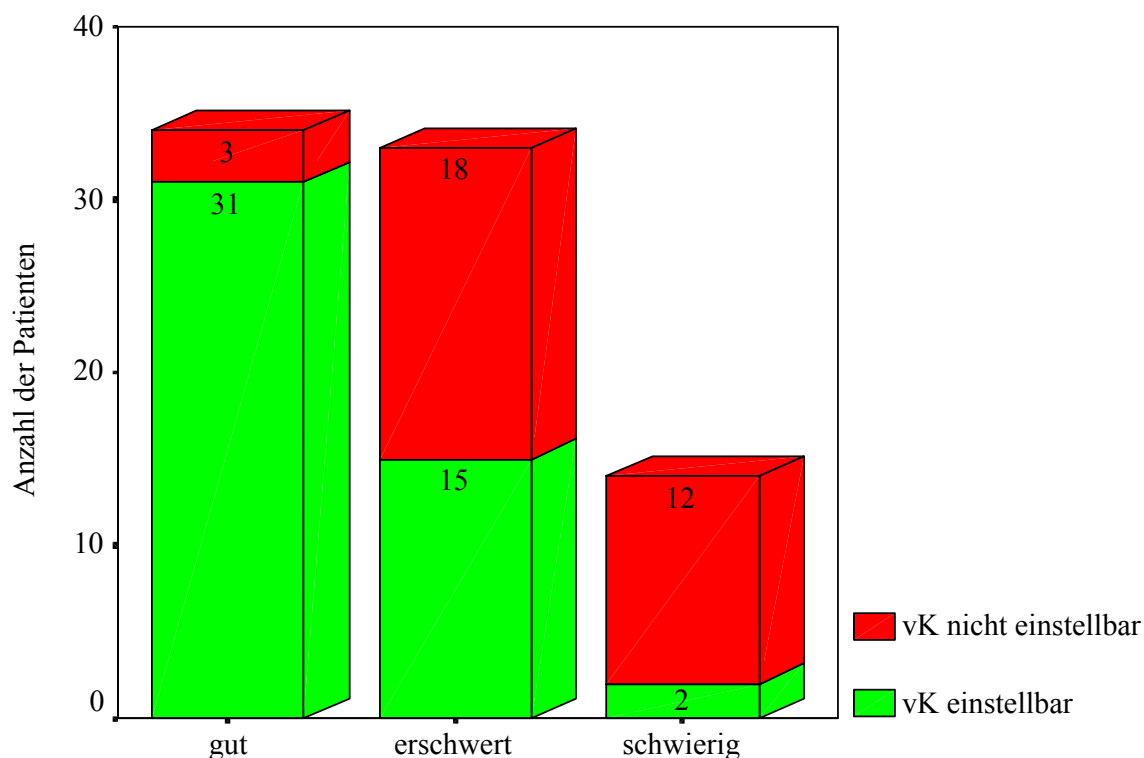


Diagramm 6: Einschätzung der Einstellbarkeit durch den Operateur vs. objektive Einstellbarkeit der vorderen Kommissur ( $n_{\text{Ges.}} = 81$ ).

### 3.7 Aussagekraft der Screeningverfahren für die Vorhersage einer schwierigen direkten Laryngoskopie

#### 3.7.1 Screening nach Patil

##### Vergleich mit modifizierten Cormack und Lehane

Zwei der vier schwierigen direkten Laryngoskopien konnten mit dem Screeningtest nach Patil richtig erkannt werden. Als unkompliziert stellten sich 8 von 10 schwierig vorausgesagten Kehlkopfeinstellungen heraus.

Eine leichte Einstellung des Kehlkopfes gelang bei 69 Patienten richtig zu prognostizieren.

	C & L* Grad 1	C & L* Grad 2	C & L* Grad 3	C & L* Grad 4
Patil > 6,5 cm	46	23	2	0
Patil ≤ 6,5 cm	2	6	2	0

Tabelle 7: Gegenüberstellung von dem präoperativen Screeningverfahren nach Patil mit der operativ erzielten laryngoskopischen Sicht nach \*Cormack u. Lehane.

Für den präoperativen Untersuchungstest nach Patil konnten wir eine Sensitivität von 50 %, eine Spezifität von 89,61 % und einen positiven Vorhersagewert (PVW) von 20 % ermitteln.

##### Vergleich mit Jenaer Laryngoskopie Score

Die Gesamtanzahl der schwierigen Laryngoskopien betrug nach unserer Bewertungsskala 45. Von diesen wurden 9 Patienten (20 %) präoperativ als schwierig eingeschätzt.

Verhältnismäßig hoch (36 Patienten) ist die Anzahl der nicht erkannten schwierigen Laryngoskopien.

	JLS <sup>♦</sup> Grad 1 und 2	JLS <sup>♦</sup> Grad 3
Patil > 6,5cm	35	36
Patil ≤ 6,5 cm	1	9

Tabelle 8: Gegenüberstellung von dem präoperativen Screeningverfahren nach Patil mit dem <sup>♦</sup>Jenaer Laryngoskopie Score für die direkte Laryngoskopie.

Nahezu alle leichten bis erschwerten Kehlkopfeinstellungen (35 von 36) wurden richtig präoperativ eingestuft.

Werden diese Daten als Grundlage zur Beschreibung der Aussagekraft des Screeningverfahrens nach Patil herangezogen, so ergeben sich eine Sensitivität von 20 %, Spezifität 97,2 % und ein positiver Vorhersagewert von 90 %.

### 3.7.2 Screening nach Mallampati

#### Vergleich mit Cormack und Lehane

48 Patienten entsprachen einen Mallampati-Grad  $\leq 2$ . Von diesen wurde bei der direkten Laryngoskopie nur 1 Patient (2,1%) mit Cormack & Lehane Grad  $\geq 3$  eingestuft.

Einen Mallampati-Grad  $\geq 3$  zeigten 33 Patienten. In dieser Patientengruppe stimmte die laryngoskopische Sicht bei 3 Patienten (9,1 %) mit Cormack & Lehane Grad  $\geq 3$  überein, d. h. hinsichtlich der Voraussage einer schwierigen Laryngoskopie sind 30 Patienten überbewertet worden.

	C & L* Grad 1	C & L* Grad 2	C & L* Grad 3	C & L* Grad 4
Mallampati 1	6	4	0	0
Mallampati 2	26	11	1	0
Mallampati 3	11	10	2	0
Mallampati 4	5	4	1	0

Tabelle 9: Gegenüberstellung von dem präoperativen Screeningverfahren nach Mallampati mit der operativ erzielten laryngoskopischen Sicht nach \*Cormack u. Lehane.

Die Sensitivität für den präoperativen Screeningtest nach Mallampati betrug 75 %, die Spezifität 61,04 % und der PVW 9,1 %.

#### Vergleich mit Jenaer Laryngoskopie Score

Insgesamt traf die präoperative Klassifikation für 51 Untersuchungen zu.

Bei 24 von 45 Patienten stimmte die präoperative Einschätzung mit der tatsächlichen schwierigen Laryngoskopie überein. 21 schwierige Kehlkopfeinstellungen wurden mit dem Test nach Mallampati (Grad 1-4) übersehen.

Dies entspricht einer Sensitivität von 53,3 % und einem PVW von 72,7 %.

Eine leichte bis erschwerte direkte Laryngoskopie konnte in 27 von 36 Fällen richtig erkannt werden. 9 Patienten erwiesen sich bei der operativen Kehlkopfeinstellung als unkompliziert, obwohl die Prognose als schwierig beschrieben wurde. Die Spezifität des Screeningtestes beträgt 75 %.

	JLS <sup>♦</sup> Grad 1 und 2	JLS <sup>♦</sup> Grad 3
Mallampati 1	6	4
Mallampati 2	21	17
Mallampati 3	6	17
Mallampati 4	3	7

Tabelle 10: Gegenüberstellung von dem präoperativen Screeningverfahren nach Mallampati mit dem <sup>♦</sup>Jenaer Laryngoskopie Score für die direkte Laryngoskopie.

### 3.7.3 Indirekte Laryngoskopie nach TÜRK ohne Phonation

#### Vergleich mit Cormack und Lehane

Für die indirekte Laryngoskopie nach Türk ohne Phonation wurden folgende Werte ermittelt:

	C & L* Grad 1	C & L* Grad 2	C & L* Grad 3	C & L* Grad 4
iLS <sup>♦</sup> Grad 1	17	6	0	0
iLS <sup>♦</sup> Grad 2	22	12	1	0
iLS <sup>♦</sup> Grad 3	8	10	3	0
iLS <sup>♦</sup> Grad 4	1	1	0	0

Tabelle 11: Gegenüberstellung von dem präoperativen Screeningverfahren <sup>♦</sup>indirekte Laryngoskopie ohne Phonation mit der operativ erzielten laryngoskopischen Sicht nach \*Cormack u. Lehane.

Die präoperative Vorhersage für die Einstellung der Stimmlippenebene entsprach bei 60 Patienten dem Schwierigkeitsgrad der operativen Untersuchungen.

Die leichte direkte Laryngoskopie konnte mit diesem Screeningtest 57 x richtig erkannt werden.

Eine schwierige direkte Kehlkopfeinstellung war 23 x erwartet wurden, wovon 20 unkompliziert verliefen. Drei bestätigten sich.

Dies entspricht einer Sensitivität von 75 %, Spezifität 74,03 % und PVW 13,04 % für die indirekte Laryngoskopie ohne Phonation.

#### Vergleich mit Jenaer Laryngoskopie Score

Wesentlich geringer fällt hiernach die Anzahl der richtig eingeschätzten Schwierigkeitsgrade aus. Nur 43 von 81 Patienten wurden korrekt eingestuft.

Für die schwierige Operationseinstellung konnten 15 richtige und 8 falsche Prognosen ermittelt werden.

30 schwierige und 8 leichte operative Einstellungen des Kehlkopfes wurden durch dieses Screeningverfahren nicht erfaßt. Dadurch beträgt die Sensitivität 33,3 % und der positive Vorhersagewert 65,2 %.

Die leichte direkte Laryngoskopie traf bei 28 Patienten zu. Die Spezifität lag bei 77,7 %.

	JLS <sup>♦</sup> Grad 1 und 2	JLS <sup>♦</sup> Grad 3
iLS <sup>♦</sup> Grad 1	14	9
iLS <sup>♦</sup> Grad 2	14	21
iLS <sup>♦</sup> Grad 3	7	14
iLS <sup>♦</sup> Grad 4	1	1

Tabelle 12: Gegenüberstellung von dem präoperativen Screeningverfahren <sup>♦</sup>indirekte Laryngoskopie ohne Phonation mit dem <sup>♦</sup>Jenaer Laryngoskopie Score für die direkte Laryngoskopie.

### 3.7.4 Indirekte Laryngoskopie nach TÜRK mit Phonation

#### Vergleich mit Cormack und Lehane

Ergänzt wurde die indirekte Laryngoskopie durch eine Phonation. Bei diesem Untersuchungszusatz richtet sich die Epiglottis auf und der Ausschnitt der Stimmlippenbetrachtung ist erweitert. Für 19 Patienten (23,5 %) änderte sich die präoperative Beurteilung von einer zu erwartenden schwierigen zu einer leichten Laryngoskopie.

	C & L* Grad 1	C & L* Grad 2	C & L* Grad 3	C & L* Grad 4
iLS* Grad 1	37	14	0	0
iLS* Grad 2	10	14	2	0
iLS* Grad 3	1	1	2	0
iLS* Grad 4	0	0	0	0

Tabelle 13: Gegenüberstellung von dem präoperativen Screeningverfahren <sup>\*</sup>indirekte Laryngoskopie mit Phonation mit der operativ erzielten laryngoskopischen Sicht nach <sup>\*</sup>Cormack u. Lehane.

Obwohl für das Gesamtkollektiv 77 Voraussagen von 81 stimmten, beträgt die Sensitivität nur 50 %, weil 2 der 4 schwierigen Kehlkopfeinstellungen mit diesem Screeningtest nicht erfaßt wurden.

Die nach Cormack u. Lehane als leicht bewerteten Operationseinstellungen sind in der präoperativen Beurteilung mit 75 von 77 fast vollständig beschrieben. Dies spiegelt sich in der hohen Spezifität von 97,4 % wieder. Der PVW beträgt 50 %.

#### Vergleich mit Jenaer Laryngoskopie Score

Eine leichte bis erschwerte direkte Laryngoskopie wurde bei 35 Patienten richtig erkannt. Nur bei einem Patienten gestaltete sich die operative Kehlkopfuntersuchung leichter als die präoperative Einschätzung.

Auch hier erreicht der Test eine hohe Spezifität von 97,2 %.



Mit 42 ist die Anzahl der Patienten sehr hoch, die als leicht vorausgesagt wurden, sich aber bei der Operation als schwierig einstellbar erwiesen. Es konnten mit diesem Screeningtest nur 3 von 45 schwierig zu laryngoskopierbaren Patienten erkannt werden.

Daraus ergibt sich eine Sensitivität von nur 6,6 % und einem positiven Vorhersagewert von 75 %.

	JLS <sup>♦</sup> Grad 1 und 2	JLS <sup>♦</sup> Grad 3
iLS <sup>♦</sup> Grad 1	28	23
iLS <sup>♦</sup> Grad 2	7	19
iLS <sup>♦</sup> Grad 3	1	3
iLS <sup>♦</sup> Grad 4	0	0

Tabelle 14: Gegenüberstellung von dem präoperativen Screeningverfahren <sup>♦</sup>indirekte Laryngoskopie plus Phonation mit dem <sup>♦</sup>Jenaer Laryngoskopie Score für die direkte Laryngoskopie.

### 3.7.5 Bildgebende Screeningverfahren- Fernröntgenseitenaufnahme (FRS)

#### Schwierige direkte Laryngoskopie nach Cormack u. Lehane

Aufgrund von nur 4 schwierigen Laryngoskopien nach der Cormack u. Lehane-Bewertung konnte eine statistische Auswertung nicht erfolgen.

#### Schwierige direkte Laryngoskopie nach dem Jenaer Laryngoskopie Score

Jede der 11 Messungen wurde in die Diskriminanzanalyse eingeschlossen. Ziel war es, anhand der Messungen am Gesichtsschädel Einflußvariablen zu ermitteln, die in Zukunft eine Vorhersage der Gruppenzugehörigkeit, leichte oder schwierige Laryngoskopie, ermöglichen.

		JLS Grad 1-2	JLS Grad 3
Messung	Einheit	Mittelwert	Mittelwert
M1	cm	9,23	9,21
M2	cm	7,61	7,81
M3	cm	5,42	5,34
M4	cm	4,29	4,43
M5	cm	5,92	5,91
M6	cm	8,36	8,11
M7	Grad	114,7	112,0
M8	cm	8,63	8,74
M9	cm	3,21	3,39
M3/M9		1,77	1,64
M10	cm	4,69	2,45
M11	cm	4,5	2,8

Tabelle 15: Mittelwerte von Biometriemaßen am Gesichtsschädel für eine leichte oder schwierige direkte Laryngoskopie nach dem Jenaer Laryngoskopie Score.

Von den ausgewählten Biometriemaßen des Gesichtsschädels ist nach der Diskriminanzanalyse kein Parameter für die Beschreibung einer leichten oder schwierigen Laryngoskopie geeignet. Dies trifft auch für die Kombination verschiedener Biometriemaße zu.

Es konnte beim Vergleich der Mittelwerte der Biometriemaße für die Gruppen JLS 1-2 und JLS 3 kein signifikanter Unterschied gefunden werden.

### 3.8 Kraftmessung bei der direkten Laryngoskopie

#### 3.8.1 Experimentelle Prüfung der Meßanordnung am biomechanischen Modell

Die Funktionsprüfung der Meßanordnung führten wir entsprechend der Beschreibung (siehe 2.2) in einer Pilotstudie durch. Es zeigte sich eine relative Konstanz des Meßsignales  $M_n$  bei der Einwirkung einer definierten Kraft  $F_x$  (2, 5, 10 kp) auf den Laryngoskopiespatel in allen Teilmessungen.

$F_x$	V10° H0°	V20° H0°	V30° H0°	V10° H10°	V20° H10°	V30° H10°
2 kp	$\bar{M}_1$	$\bar{M}_2$	$\bar{M}_3$	$\bar{M}_4$	$\bar{M}_5$	$\bar{M}_6$
5 kp	$\bar{M}_7$	$\bar{M}_8$	$\bar{M}_9$	$\bar{M}_{10}$	$\bar{M}_{11}$	$\bar{M}_{12}$
10 kp	$\bar{M}_{13}$	$\bar{M}_{14}$	$\bar{M}_{15}$	$\bar{M}_{16}$	$\bar{M}_{17}$	$\bar{M}_{18}$

Tabelle 16: Übersichtstabelle für die 18 Teilmessungen in der Pilotstudie zur Ermittlung des jeweiligen Meßsignalmittelwertes  $\bar{M}_n$  bei Einwirkung einer definierten Kraft  $F_x$  (2, 5 oder 10 kp) auf den Laryngoskopiespatel (siehe Abbildung 7, V= vertikaler Winkel des Laryngoskopiespatels, H= horizontaler Winkel der Bruststütze).

Nach Ermittlung des Meßsignalmittelwertes  $\bar{M}_n$  für jede Teilmessung überprüften wir im zweiten Teil der Pilotstudie die Reproduzierbarkeit der Meßanordnung (siehe Abbildung 8). Das Laryngoskopiesystem wurde am Modell entsprechend den definierten Parametern eingestellt und es wirkte solange eine Kraft  $F_n$  auf das Laryngoskop, bis der Meßsignalmittelwert  $\bar{M}_n$  eingestellt war.

Der Mittelwert der Kraft  $\bar{F}_n$  differierte maximal 0,25 kp vom Ausgangswert  $F_x$ .

Messung	V10° H0°	Messung	V20° H0°	Messung	V30° H0°
$\bar{M}_1$	$\bar{F}_1 = 2,25$ kp	$\bar{M}_2$	$\bar{F}_2 = 2,17$ kp	$\bar{M}_3$	$\bar{F}_3 = 2,08$ kp
$\bar{M}_7$	$\bar{F}_7 = 5,08$ kp	$\bar{M}_8$	$\bar{F}_8 = 5,08$ kp	$\bar{M}_9$	$\bar{F}_9 = 5,17$ kp
$\bar{M}_{13}$	$\bar{F}_{13} = 10,17$ kp	$\bar{M}_{14}$	$\bar{F}_{14} = 9,92$ kp	$\bar{M}_{15}$	$\bar{F}_{15} = 10,00$ kp

Messung	V10° H10°	Messung	V20° H10°	Messung	V30° H10°
$\bar{M}_4$	$\bar{F}_4 = 1,92$ kp	$\bar{M}_5$	$\bar{F}_5 = 2,17$ kp	$\bar{M}_6$	$\bar{F}_6 = 2,00$ kp
$\bar{M}_{10}$	$\bar{F}_{10} = 5,25$ kp	$\bar{M}_{11}$	$\bar{F}_{11} = 5,00$ kp	$\bar{M}_{12}$	$\bar{F}_{12} = 4,75$ kp
$\bar{M}_{16}$	$\bar{F}_{16} = 10,25$ kp	$\bar{M}_{17}$	$\bar{F}_{17} = 10,08$	$\bar{M}_{18}$	$\bar{F}_{18} = 10,17$ kp

Tabelle 17: Mittelwert  $\bar{F}_n$  für die einzelnen Teilmessungen.

Zum Vergleich der zwei Teilmessungen wurden alle 18 Meßpaare ( $x_i = \text{Messung 1}$ ,  $y_i = \text{Messung 2}$ ) gebildet und in einem Bland-Altman-Plot dargestellt.

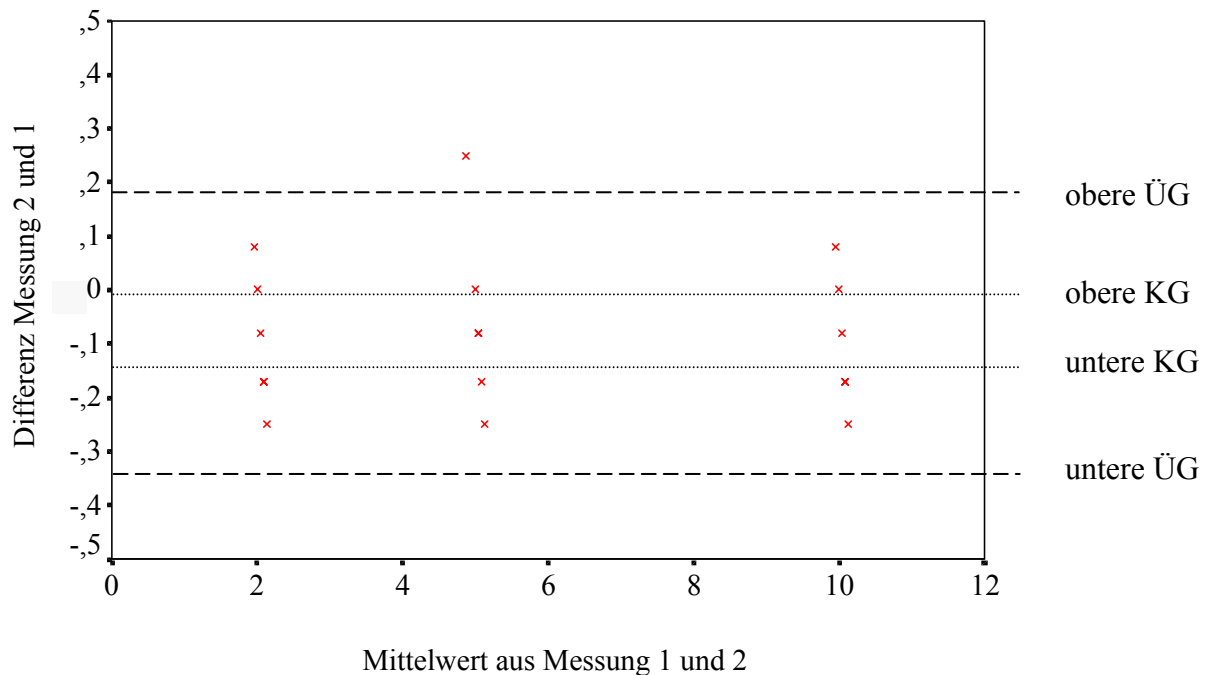


Diagramm 7: Bland-Altman-Plot zur Prüfung der Übereinstimmung von Messung 1 (Ausgangskraft  $F_x$ ) und Messung 2 (reproduzierte Kraft  $\bar{F}_n$ ), ÜG = Übereinstimmungsgrenze, KG = Konfidenzgrenze.

Hierbei zeigt sich, daß die Konfidenzgrenzen nicht den Nullwert einschließen. Dies bedeutet, es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten von Messung 1 und 2. Der Mittelwertunterschied (0,089 kp) ist aber wesentlich geringer als die Meßgenauigkeit der Meßmethoden (0,25 kp) und ist somit zu vernachlässigen. Für die Übereinstimmung der zwei Meßverfahren spricht weiterhin, daß etwa 95 % der Meßergebnisse innerhalb der Übereinstimmungsgrenzen liegen.

### 3.8.2 Kraftmessung zur Einstellung verschiedener Stimmlippenbereiche

Im Vergleich zwischen Frauen und Männern wurde bei der Verdrängung des Zungenkörpers im Durchschnitt mehr Kraft bei den Patientinnen angewendet. Dies zeigt sich einmal beim Mittelwertvergleich der Kraftmessung zur Einstellung des hinteren, mittleren und vorderen Stimmlippendrittels (Tabelle 18). Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen diesen Mittelwerten.

Stimmlippendrittel:	F in N		
	hinteres	mittleres	vorderes <sup>▼</sup>
Mittelwert Frauen	45,57	61,94	90,26
Mittelwert Männer	39,59	55,47	81,93
Mittelwert Gesamt	42,58	58,70	86,09

Tabelle 18: Mittelwert der Kraftmessung zur Einstellung des hinteren, mittleren und vorderen Stimmlippendrittels mittels Laryngoskop nach Kleinsasser (▼vorderes Stimmlippendrittel, unabhängig von vollständiger oder unvollständiger Einstellung).

Zum anderen ist die Anzahl der Frauen größer, bei denen eine Kraft  $\geq 50$  N zur Einstellung des vorderen Stimmlippendrittels notwendig war (siehe Tabelle 19).

	F < 50 N	F $\geq 50$ < 100 N	F $\geq 100$ N
Frauen (n)	6	18	17
Männer (n)	11	17	12

Tabelle 19: Anzahl der Frauen und Männer im Vergleich zum Kraftaufwand.

In 35,8 % der Studienfälle ( ♀ 17, ♂ 12) war eine Kraft  $\geq 100$  N zur Einstellung der vorderen Kommissur unvermeidlich. Nur bei 6 Frauen und 11 Männern gelang es, die aufgewendete Kraft kleiner als 50 N zu halten. Dies entspricht insgesamt 21 % der Untersuchungen.

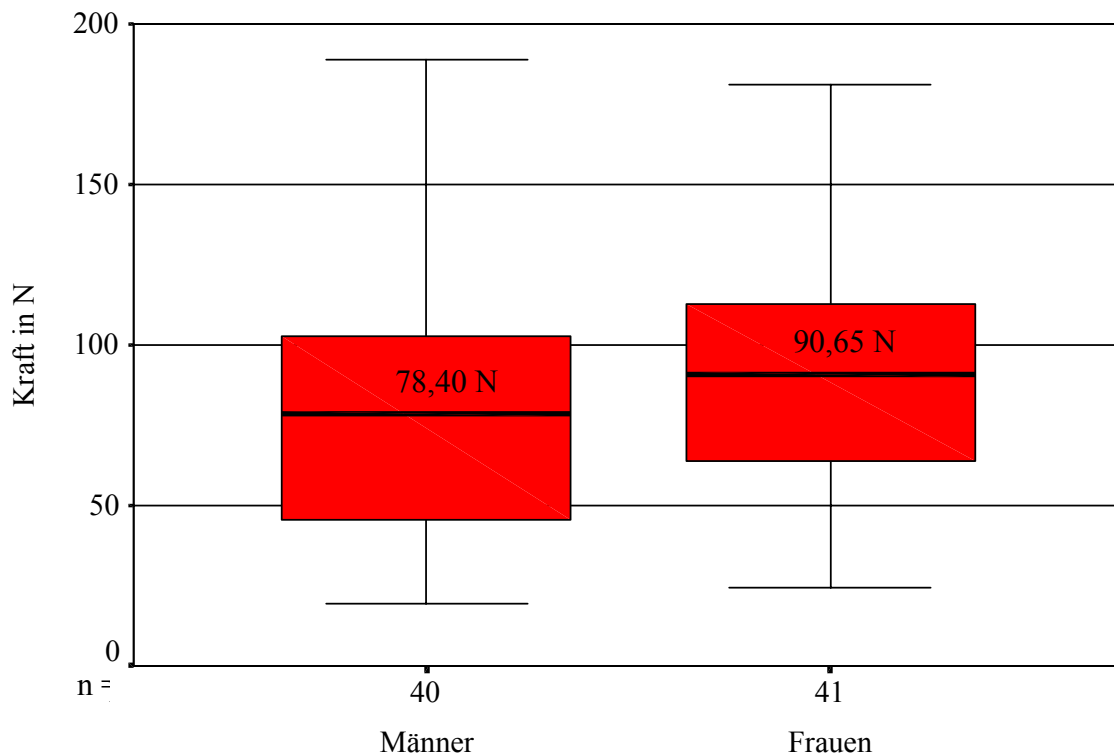


Diagramm 8: Boxplotdarstellung für die Kraftmessung zur Einstellung der vorderen Kommissur ( $n_{\text{Ges.}} = 81$ ).

Abgesehen vom Maximalwert 188,65 N, der bei einem Mann erzielt wurde, sind bei der Betrachtung der graphischen Darstellung der höhere Medianwert und der höher gelegene Interquartilabstand für die Kraftmessung der Frauen erkennbar.

Der Interquartilabstand beschreibt ca. 50 % der Meßwerte für jede Gruppe.

### 3.8.3 Aufgewendete Kraft in Abhängigkeit vom Spatelauflageort

Die Stimmlippeneinstellung mit dem Laryngoskop nach Kleinsasser erfolgte 66 x über dem Alveolarkamm/Oberkieferzahnbereich 11-13 bzw. 21-23 und 15 x über den Alveolarkamm/Zahnbereich 14-15 bzw. 24-25.

Erwartungsgemäß ist die aufgewendete Kraft zur Verdrängung des Zungenkörpers bei der medialen Einstellung höher als über der seitlichen. Der Medianwert beträgt für die mediale Einstellung 91,14 N und für die seitliche 66,64 N.

Im T-Test für unabhängige Stichproben konnte ein signifikanter Mittelwertunterschied ( $p = 0,031$ ) nachgewiesen werden.

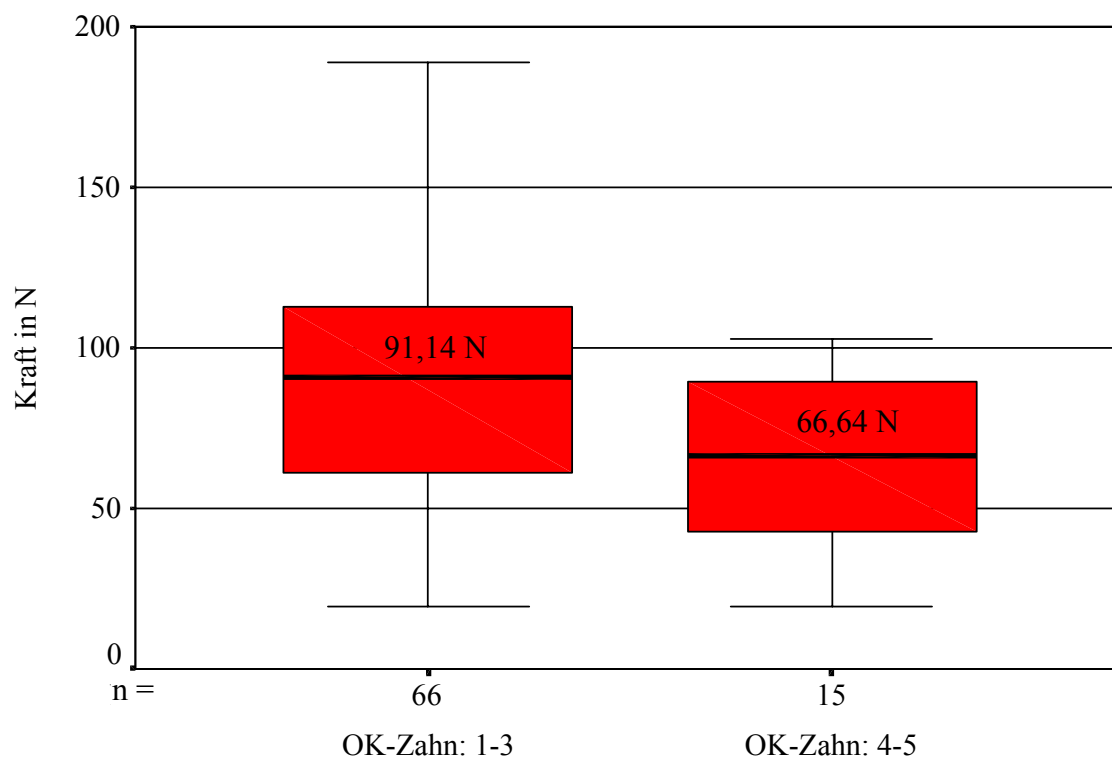


Diagramm 9: Boxplotdarstellung für die Kraftmessung und Ort der Spateinstellung.

### 3.8.4 Zahnstatus und die angewendete Kraft

Der Einsatz des Laryngoskopes erfolgte bei 44 Patienten über gesunde Zähne des Oberkiefers, bei 13 über festsitzenden Zahnersatz (z. B. Brücke, Krone) und bei 3 Patienten über sanierungsbedürftige Zähne. 21 Patienten waren im Bereich des Spatelauflegeortes zahnlos.

Alle 3 Medianwerte für den Oberkiefer mit Zahnreihe waren höher als beim zahnlosen.

Der Medianwert für ein prothetisch versorgtes Gebiß liegt näher dem Wert für einen zahnlosen als für einen vollbezahnten Oberkiefer.

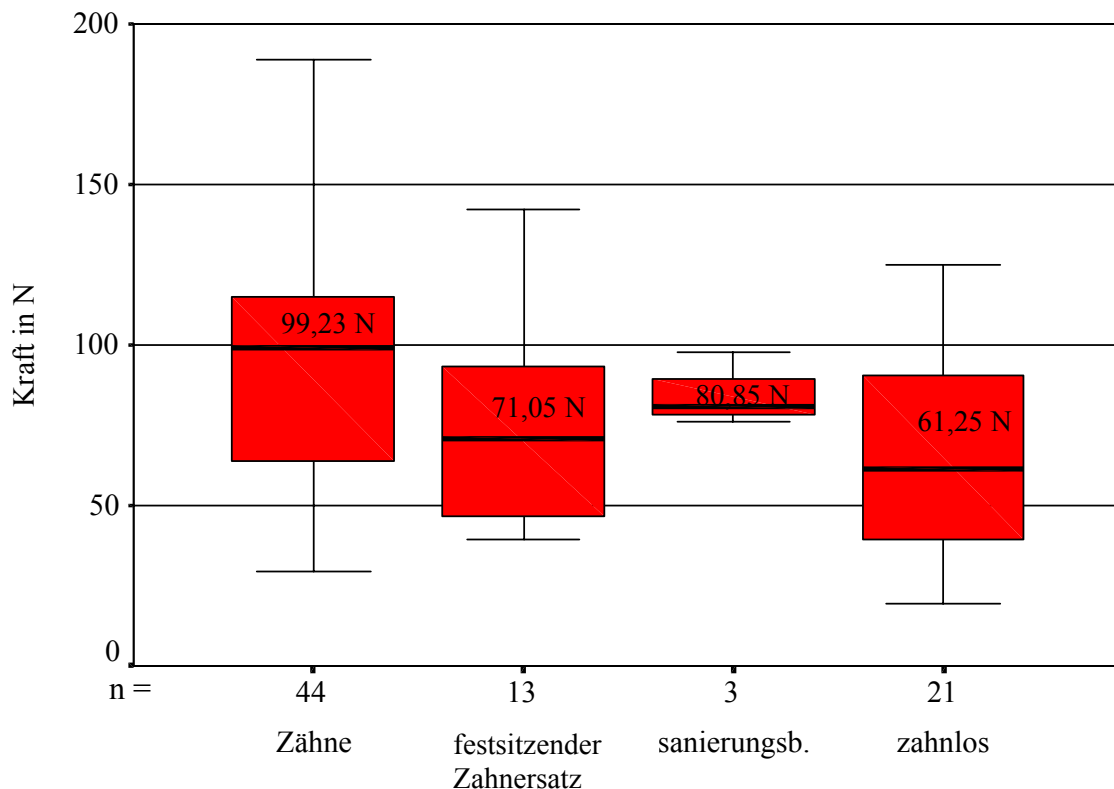


Diagramm 10: Boxplotdarstellung für die Kraftmessung und entsprechend des Zahnstatus ( $n_{\text{Ges.}} = 81$ ).

Beim Vergleich der Mittelwerte der 4 Gruppen zeigte sich nur zwischen den Patienten mit gesunden Zähnen und den zahnlosen ein signifikanter Unterschied ( $p = 0,013$ ).

Es besteht kein Zusammenhang zwischen einer bevorzugten seitlichen Einstellung des Laryngoskopes bei Kenntnis über ein prothetisch versorgtes Gebiß mit festsitzendem Zahnersatz im Frontzahnbereich. Aus der nachfolgenden Tabelle geht hervor, daß die Laryngoskopien bei Patienten mit Zähnen zu 84 % und bei Patienten mit festsitzendem Zahnersatz zu 92 % über dem Oberkieferzahnbereich 1-3 erfolgte.

	Zähne intakt	festsitzender Zahnersatz	sanierungsgeb. Zähne	zahnlos
Gesamt (n)	44	13	3	21
OK-Zahn: 1-3	37	12	3	14
OK-Zahn 4-5	7	1	0	7

Tabelle 20: Anzahl der Laryngoskopien für den Ort der Einstellung und des jeweiligen Zahnstatus.



Weiterhin konnte ausgeschlossen werden, daß bei Patienten mit Zahnprothetik eine verminderte Kraftaufwendung stattfand und dafür die Anzahl der unvollständigen Einstellungen der vorderen Kommissur zunahm.

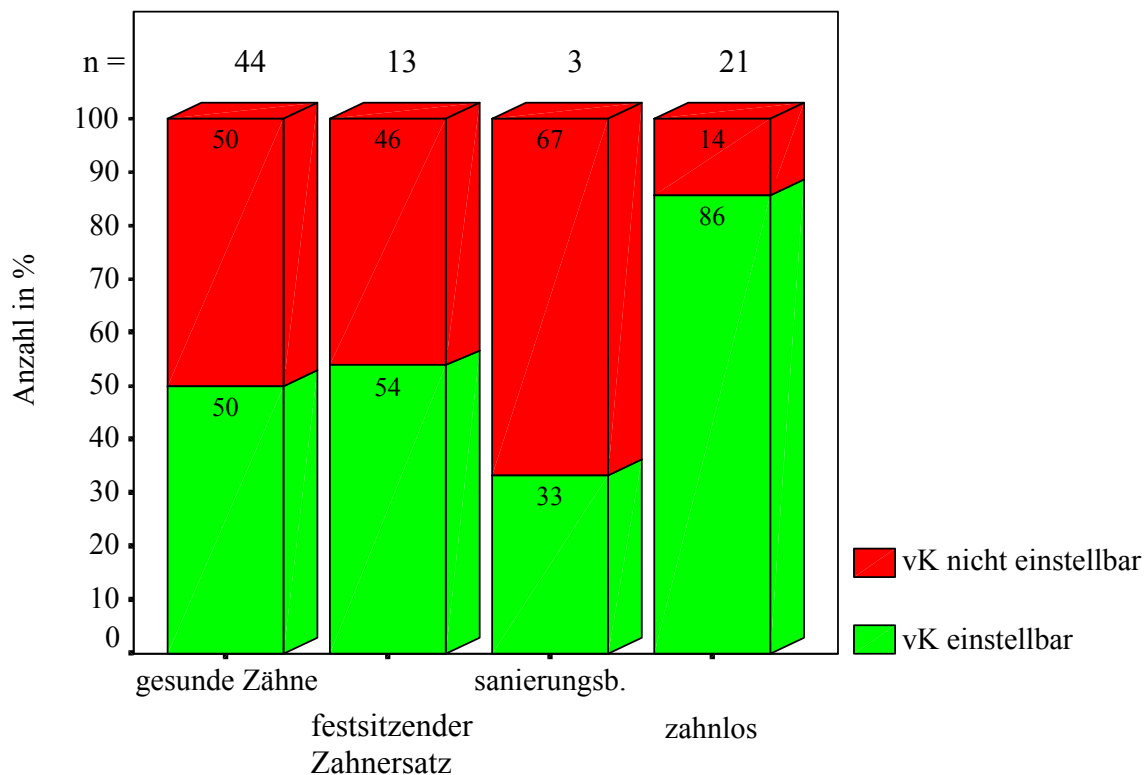


Diagramm 11: Anteil der Laryngoskopien Einstellbarkeit/Nichteinstellbarkeit der vorderen Kommissur in Abhängigkeit des Zahnstatus ( $n_{\text{Ges.}} = 81$ ).

Der prozentuale Anteil der Nichteinstellbarkeit ist fast identisch für die Patientengruppe mit feststehendem Zahnersatz (46,2%) und für die mit Zähnen (50 %). Am häufigsten konnte die vordere Kommissur bei Patienten (85,7 %) ohne Oberkieferzähne vollständig eingestellt werden.

Von den 31 Patienten, bei denen eine Kraft  $\geq 100$  N auf den Zungenrund bzw. Aditus laryngis wirkte, waren nur 4 zahnlos.

### 3.8.5 Vergleich der angewendeten Kraft zwischen Einstellbarkeit und Nichteinstellbarkeit der vorderen Kommissur

Trotz erhöhter Kraftanwendung gelang es bei 33 Patienten nicht, die vordere Kommissur vollständig einzustellen. Eine Kraftanwendung  $F \geq 100$  N lag in dieser Patientengruppe in 51,5 % (=17 Patienten) der Fälle vor. Zum Vergleich mit der Gruppe, bei der die vordere Kommissur vollständig einstellbar war, wurde nur bei 25 % (= 12 Patienten) dieser Kraftwert erreicht bzw. überschritten.

Bei der Betrachtung der Anzahl der direkten Laryngoskopien mit einer Kraftanwendung  $F < 50$  N, ist der Patientenanteil in der Gruppe mit vollständiger Einstellung der Stimmlippenebene mit 29,2 % wesentlich höher als der Anteil von 9,1 % bei unvollständiger Einstellung.

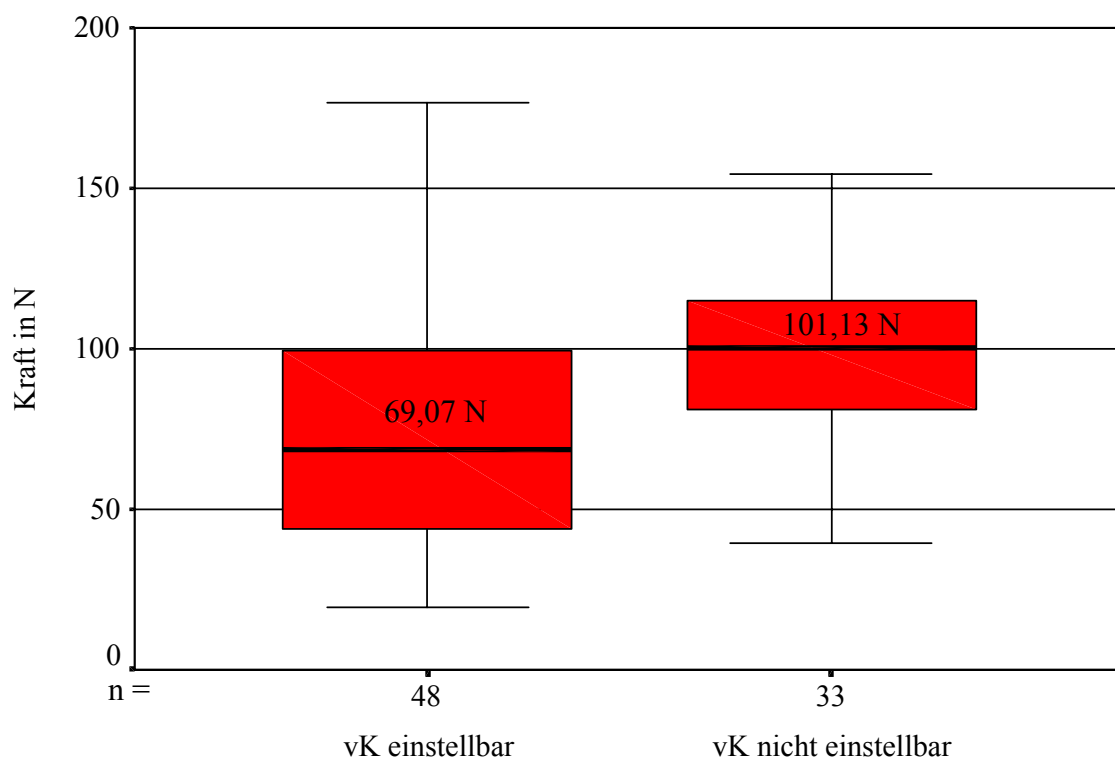


Diagramm 12: Boxplotdarstellung für die Kraftmessung bei Einstellbarkeit und Nichteinstellbarkeit der vorderen Kommissur ( $n_{\text{Ges.}} = 81$ ).

Abgesehen vom Maximalwert ist weiterhin charakterisierend für die nicht vollständig einstellbare Patientengruppe der höhere Mittel- und Medianwert. Im T-Test konnte ein signifikanter Unterschied ( $p = 0,007$ ) zwischen diesen beiden Gruppen nachgewiesen werden.

### 3.8.6 Angewendete Kraft verschiedener Untersuchergruppen

Um eine Abhängigkeit der erhöhten Kraftaufwendung vom Erfahrungsgrad des Untersuchers bei der Mikrolaryngoskopie zu ermitteln, wurden die Untersucher in 3 Gruppen eingeteilt. Die Einteilung erfolgte nach absolvierter Ausbildungszeit in der HNO:

U 1 = Ausbildungszeit in der HNO  $\leq 3$  Jahre

U 2 = Ausbildungszeit in der HNO  $>3 \leq 5$  Jahre

U 3 = Ausbildungszeit in der HNO  $> 5$  Jahre

Die Untersuchergruppen der Gruppe U 1 wurden durch einen Facharzt beaufsichtigt und kontrolliert. Bei Schwierigkeiten während der Laryngoskopie stand dem Operateur der Gruppe U 2 der leitende Oberarzt des Operationssaales zur Verfügung.

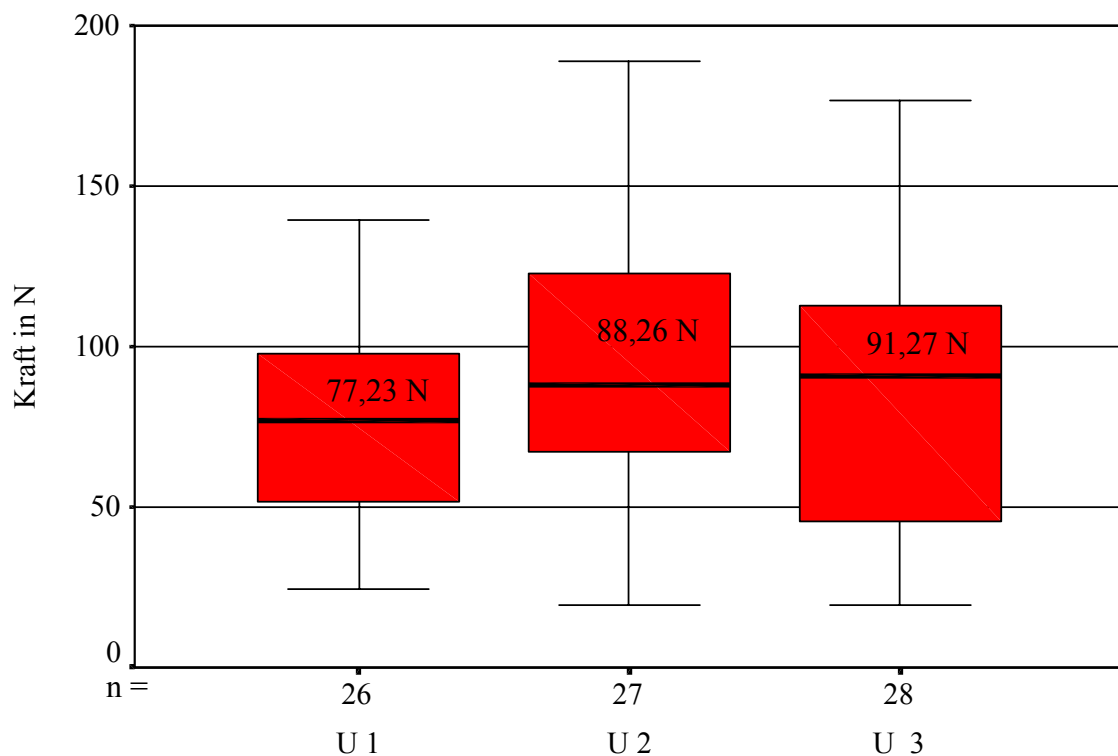


Diagramm 13: Boxplotdarstellung für die Kraftmessung verschiedener Untersuchergruppen. (n Ges. = 81)

Die Patientenzahl war in den 3 Untersuchergruppen nahezu gleich.

Das Diagramm 13 zeigt die Ähnlichkeit der Einzelwertverteilung (Minimal- und Medianwert, 1.-3. Quartil) für die Kraftmessung zwischen den einzelnen Untersuchergruppen.

Ausnahme bildet der Maximalwert. Für die Untersucherguppe 1 betrug dieser 139,65 N, für die Untersucherguppe 2 188,65 N und für die Untersucherguppe 3 176,4 N. Der Maximalwert ist bei Untersuchern mit Erfahrung höher. Im Vergleich zum Maximalwert der Untersucherguppe 1 war bei 6 Patientenmessungen der Untersucherguppe 2 und 3 Patientenmessungen der Untersucherguppe 3 der Einzelwert der Kraftmessung größer.

Im Globaltest (Kruskal-Wallis-Test) konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den 3 Untersucherguppen ermittelt werden. Der Signifikanzwert betrug  $p = 0,246$ .

### **3.9 Kardiovaskuläre Reaktion**

Präoperativ ermittelten wir für jeden Patienten den mittleren arteriellen Blutdruck und die Herzfrequenz. Während des Einsatzes des Laryngoskopes wurden entsprechend des Studienprotokolles (siehe Abbildung 12) weitere Blutdruckwerte und Herzfrequenzen dokumentiert. Nach Ermittlung des Maximal- und Minimalwertes wurden diese mit den individuellen Referenzwerten (präoperativer Wert  $\pm 30\%$  und  $\pm 50\%$ ) verglichen.

Für den mittleren arteriellen Blutdruck wurden während der direkten Laryngoskopie maximal 155 mmHg und minimal 45 mmHg ermittelt. Keine wesentlichen Blutdruckveränderungen entstanden bei 44 Patienten.

Ein Blutdruckabfall um 30 % jedoch weniger 50 % des Ausgangswertes konnte bei 25 Patienten registriert werden, ein Blutdruckanstieg um 30 % jedoch weniger als 50 % bei 7 Patienten. Lediglich bei 1 Patienten ermittelten wir einen Abfall und einen Anstieg (siehe Diagramm 14). Wir beobachteten einen Anstieg des mittleren arteriellen Mitteldruckes um mehr als 50 % des Ausgangswertes in 4 Fällen.

Wesentlich höher ist der Anteil der Patienten ( $n = 67$ ) ohne Regulationsstörungen der Herzfrequenz auf den Einsatz des Laryngoskopiespatels. Nur 3 Patienten reagierten mit einer Abnahme und 7 mit einer Zunahme der Herzfrequenz um 30 % jedoch weniger als 50 % des Ausgangswertes. Ein Herzfrequenzanstieg um mehr als 50 % des präoperativen Wertes entstand bei 4 Patienten. Der Maximalwert betrug  $136 \text{ min}^{-1}$  und der Minimalwert  $40 \text{ min}^{-1}$  (siehe Diagramm 15). Insgesamt haben wir während der Studie eine Blutdruck- und/oder Herzfrequenzänderung um mehr als  $\pm 50\%$  nur bei 7 Patienten gemessen.

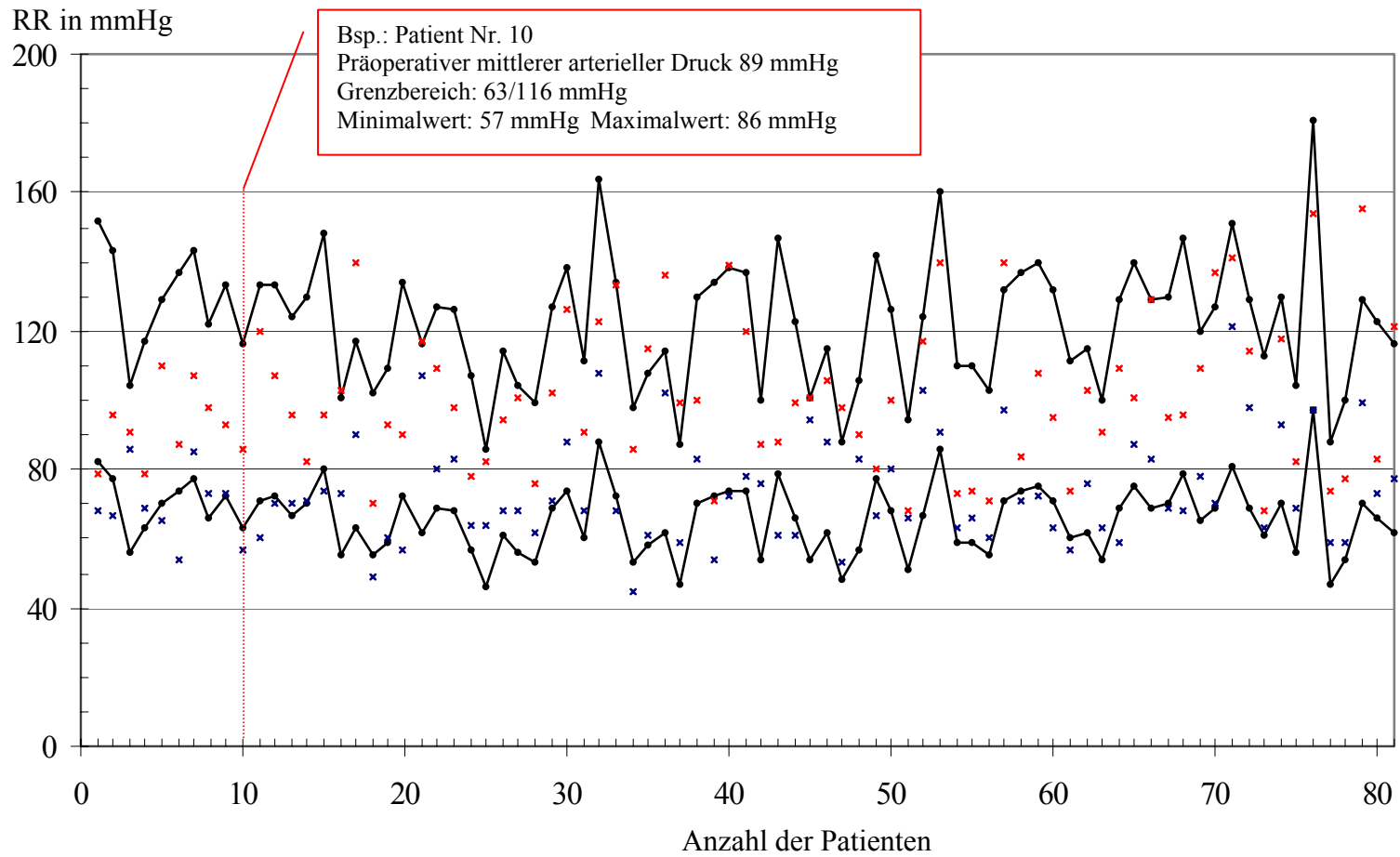


Diagramm 14: Minimalwert (x) und Maximalwert (x) des mittleren arteriellen Blutdruckes jedes Patienten während der direkten Laryngoskopie im Vergleich zum individuellen Grenzbereich (präoperativer mittlerer arterieller Druck +/- 30%).

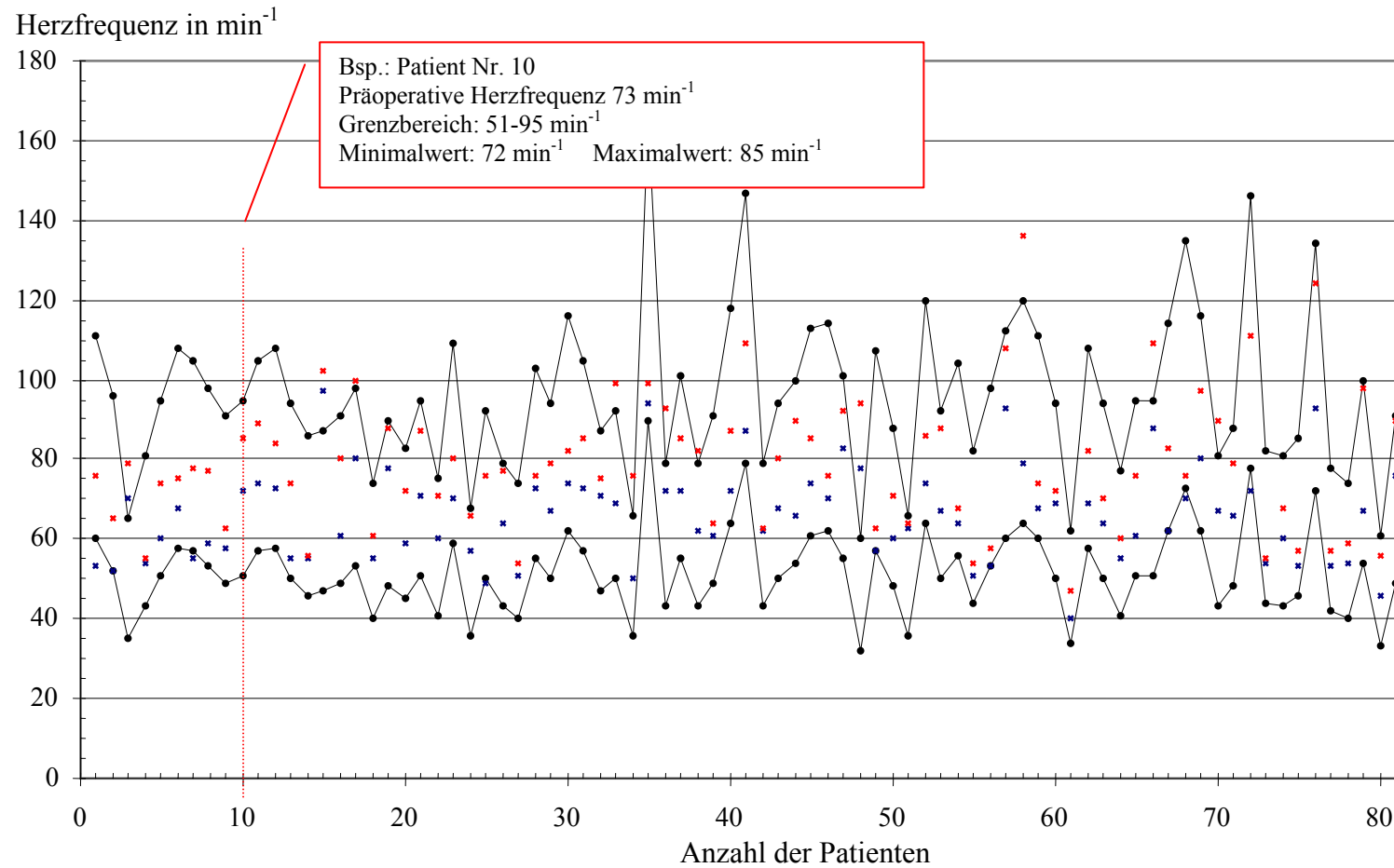


Diagramm 15: Minimalwert (x) und Maximalwert (x) der Herzfrequenz jedes Patienten während der direkten Laryngoskopie im Vergleich zum individuellen Grenzbereich (präoperative Herzfrequenz  $\pm 30\%$ ).

#### 4 Diskussion

Eine entscheidende Verbesserung in der Früherkennung von Kehlkopftumoren stellte der Einsatz des Mikroskops in der endolaryngealen Chirurgie dar (*Albrecht 1954, Kleinsasser 1961*). Zahlreiche Erfahrungsberichte von mikrolaryngoskopischen Untersuchungen und endolaryngealen mikrochirurgischen Eingriffen beweisen eine weltweite Anerkennung als Standardmethode der Mikrochirurgie des Kehlkopfes. Mit Einführung und Anwendung der Laserchirurgie am Kehlkopf erweiterte sich die Indikation zur organerhaltenden Tumorchirurgie des Larynx maßgeblich (*Strong und Jako 1972, Steiner und Pfalz 1993, Rudert und Werner 1994, Rudert 1994, Rudert und Werner 1996, Steiner und Ambrosch 1996, Iro et al. 1998, Böckler et al. 1999*). Die Abtragung von benignen Stimmlippenveränderungen mit dem Laser wird kontrovers diskutiert. Das stimmliche Ergebnis nach Laseranwendung ist der konventionellen Phonochirurgie nicht unterlegen (*Eckel und Vössing 1996, Hörmann et al. 1999*).

Beim Studium der Literatur von laryngoskopischen Untersuchungsergebnissen fällt auf, daß die meisten Arbeiten sich mit der Häufigkeit von Krankheitsbildern, lokalen und anästhesiologischen Komplikationen beschäftigten. Vorwiegend Anästhesisten untersuchten die Ursachen von Schwierigkeiten bei der Einstellung der Stimmlippenebene und publizierten Beiträge über den Vorhersagewert von klinischen und radiologischen Screeningverfahren zur präoperativen Erkennung einer schwierigen direkten Laryngoskopie.

Aus hno-ärztlicher Sicht stand das Interesse der Untersuchung hinsichtlich Schweregrad, Häufigkeit und Ursachen einer schwierigen Laryngoskopie weniger im Vordergrund.

Gerade heutzutage ist die Diskussion um die medizinische Qualitätssicherung in den Mittelpunkt des öffentlichen Interesses der Medien und Politik gerückt.

Perspektivisch sollte und muß der Qualitätswettbewerb den ökonomisch orientierten Wettbewerb überflüssig machen. Dazu ist es notwendig, ständig die Unterschiede zwischen angestrebter und erreichter Qualität aufzuzeigen und die Ursachen zu analysieren, um Verbesserungen einzuleiten. Ziel muß es sein, den Nutzen für den kranken Menschen zu optimieren.

Im Laufe der Weiterentwicklung der Untersuchungstechnik der direkten Laryngoskopie bildeten sich folgende 5 Prinzipien zur Erleichterung und Verbesserung der vollständigen

Einstellung der Stimmlippenebene heraus:

1. Lagerung des Patienten (*Brünings und Albrecht W 1915, Kleinsasser 1991*),
2. Externer laryngealer Gegendruck (*Brünings 1910, Zeitels und Vaughan 1994, Corbridge und Harries 1996*),
3. Interne Dehnung (*Weerda et al. 1979, Berci und Ward 1981, Ossoff et al. 1983*),
4. Form des Laryngoskopiespatels (*Killian 1920, Temesrekasi 1969, Benjamin 1986, Tucker 1971, Benjamin o. J., Meuser 1979, Kleinsasser 1991*),
5. Laryngoskopiespatelhalterungen (Killian 1920, Kleinsasser o. J.).

Keine verwirklichte das Ziel einer gewebeschonenden und vollständigen Einstellbarkeit der Stimmlippenebene bei allen Patienten.

Es sind nur einzelne Berichte über spatelbedingte Gewebeschäden während einer hno-ärztlichen Mikrolaryngoskopie oder einer anästhesiologischen Laryngoskopie veröffentlicht worden.

Die Inzidenz von spatelbedingten Komplikationen bei der direkten Laryngoskopie wird häufig unterschätzt. Sie wird in den vorliegenden Literaturquellen mit 4,5 % (*Heiden et al. 1976*) bis 9,7 % (*Hirsch et al. 1990, Hemprich 1978*) angegeben. Kontroverse Diskussionen löste die Arbeit von *Hendrix et al. (1994)* mit einer Komplikationsrate von 21 % bei Panendoskopien aus, die lokale und kardiovaskuläre Komplikationen beinhaltet. Sie wurde als unrealistisch hoch angesehen (*Drezner 1995*). Alle Inzidenzangaben beziehen sich auf retrospektive Auswertungen.

Bei 50 von 81 Patienten (61,7 %) sahen wir Hinweise auf mindestens eine spatelbedingte Gewebeschädigung.

	Direkte LS (n)	Lokale Komplikationen					
		Lippen	Zähne	Oropharynx	Hypoglossusparese	Kehlkopf	Andere
Hemprich (1978)	515 <sup>1</sup>	?	3,5 %	1,3 %	0,4 %	?	4,5 %
Hirsch (1990)	1218 <sup>2</sup>	2,87 %	0,41 %	4,02 %	0 %	?	0,25 %
Verges (2001)	81 <sup>1</sup>	7,4 %	2,47 %	37,04 %	0 %	38,27 %	

Tabelle 21: Spatelbedingte Komplikationen bei der direkten Laryngoskopie (<sup>1</sup>Mikrolaryngoskopie, <sup>2</sup>Intubationslaryngoskop).



Unsere am 1. postoperativen Tag durchgeführte Inspektion der Mundhöhle und Oropharynx, inklusive indirekte Laryngoskopie, ergab bei 30 Patienten (= 37,04 %) im Bereich der Gaumenbögen und der Zunge Schleimhautläsionen oder Hämatome, im Vergleich zu Hemprich 1,3 % und Hirsch 4,02 % wesentlich häufiger.

Die Differenzierung zwischen spatelbedingten Läsionen am Kehlkopf und durch die Operation entstandene „Wunde“ ist in manchen Fällen sehr schwierig. Nach unserer subjektiven Einschätzung entstanden spatelbedingte Schleimhautläsionen bei 31 Patienten (= 38,27 %).

Diese spatelbedingten Komplikationen sind als leichte Komplikationen einzuschätzen, weil sie keinen Dauerschaden verursachen.

In einer retrospektiven Studie können nur ausgewählte Komplikationen, wie z. B. Zahnschäden oder Hirnnervenläsionen erfasst werden, weil diese erfahrungsgemäß in Krankenakten beschrieben wurden. Vorübergehende Beschwerden können in der Regel retrospektiv nicht erfasst werden.

Beim Einsetzen des Laryngoskopiespatels waren bei mikrolaryngoskopischen Untersuchungen dentale Schäden nicht zu vermeiden. Sie betragen 2,47 %, genauso überdurchschnittlich hoch wie in der Arbeit von Hemprich mit 3,5 %.

Aus anästhesiologischer Sicht wurde in einer amerikanischen Studie bei über einer Million Intubationen eine Inzidenz von dentalen Komplikationen 1 : 1000 (*Lockhart et al. 1986*) ermittelt. Eine Erklärung für die geringere Zahnkomplikationsrate bei der Intubationslaryngoskopie könnte die gebogene Spatelform, die unvollständige Glottiseinstellung und die Nichtverwendung der Schneidezähne des Oberkiefers als Hypomochlion sein.

Die Dunkelziffer der tatsächlichen Zahnschädigungen dürfte bei weitem höher liegen. In der Literatur wurden nur die optisch sichtbaren Schäden, wie z. B. Zahnverlust, Verlagerung, Luxation und extraalveoläre Zahnfrakturen angegeben. Stauchungen und intraalveoläre Frakturen sind durch Nichtzahnärzte schwer bzw. nicht zu diagnostizieren. Dazu ist neben der sorgfältigen Untersuchung (Inspektion, Palpation) eines erfahrenen Zahnarztes auch ein Sensibilitätstest und eine gezielte Röntgendiagnostik notwendig (*Schumann et al. 2000*). Im Gegensatz zu den hohen axialen Kräften, welchen die Zähne während der physiologischen

Kaufunktion widerstehen, können geringe transversale Kräfte zu Zahnschädigungen führen. Diese gibt *Bucx et al. (1996)* bei einer transversalen Krafteinwirkung von größer als 10-20 N an. *Andreasen et al. (1987)* fand heraus, daß eine Pulpanekrose nach Intrusion in 3 % und nach Subluxationen in 6 % der Fälle vorkommt. Zusätzlich ist eine partielle oder totale Pulpakanalobliteration bei 5 % der Intrusionen und 10,3 % der Subluxationen im Beobachtungszeitraum aufgetreten. Obwohl keine histopathologischen Untersuchungsergebnisse nach Intrusion von Zähnen oder Subluxationen bekannt sind, wurden perivaskuläre Blutungen in der Zahnpulpa beobachtet. Man geht von einer Dehnung, Ein- oder Zerreißung des neurovaskulären Bündels der Zähne aus.

Vorgeschädigte Zähne (gelockerte, stark kariöse, wurzelbehandelte, überkronte Zähne) müssen stets als gefährdet eingestuft werden. Allein aus Gründen der Absicherung gegenüber den Haftpflichtansprüchen des Patienten muß der HNO-Arzt und der Anästhesist einen prätherapeutischen Zahnstatus erheben. Natürlich kann man das Risiko der Zahnschädigung bei der direkten Laryngoskopie verringern, wenn präoperativ eine Sanierung erfolgt. Zahnärztliche Minioplastschienen aus Copolyester (Stärke 1-1,5 mm) sind wesentlich widerstandsfähiger als Zahnschutzvorrichtungen aus Silikon und weniger störend als zahnärztliche Abdrucklöffel.

Isolierte oder kombinierte Hypoglossus- und Lingualisparesen (*Kaess 1955, Konrad und Lakomy 1960, Agnoli und Strauß 1970, Hinze 1976, Heiden et al. 1976, Hemprich 1978, Bachmann und Streppel 1976*), funktionelle Störungen der Kiefer- und Kopfgelenke (*Lipp et al. 1987, Goldmann et al. 1996*), sind in unserer Studie trotz teilweise hoher Krafteinwirkung nicht vorgekommen. Die Entstehung der Paresen sind durch lokale Kompression der Nerven zwischen Ramus mandibulae und M. hyoglossus bzw. M. stylohyoideus bei der Verdrängung des Zungenkörpers nach lateral möglich. Weiterhin könnte in Anwesenheit eines langen Processus styloideus oder einer Ossifikation des Ligamentum stylohyoideum eine Hypoglossusparesis verursacht werden. Bei seitlicher Einstellung des Laryngoskopiespatels besteht ein höheres Risiko.

Über die schwierige anästhesiologische Laryngoskopie mit einem Intubationsspatel, bei der die laryngoskopische Sicht nach *Cormack & Lehane Grad 1-4 (1984)* oder *Wilson et al. (1988) Grad 1-5* beurteilt werden kann, sind zahlreiche Veröffentlichungen zur Häufigkeit erschienen. Hiernach wird die schwierige Intubation mit einem *Cormack & Lehane Grad  $\geq 3$*  oder *Wilson Grad  $\geq 3$*  definiert.

Die Inzidenz einer schwierigen Intubation ist in der Literatur mit 0,05 % bis 18 % angegeben (*Langrehr u. Edens 1983, Mallampati et al. 1985, Samssoon u. Young [Cormack & Lehane-Grad 4] 1987, Wilson et al. 1988, Williams et al. 1991, Oates et al. 1991, Butler und Dhara 1992, Deller 1995, Langenstein und Cunitz 1996, Yamamoto et al. 1997, Ulrich et al. 1998, Bilgin und Özyurt 1998, Arné et al. 1998, Cook 2000, Karkouti et al. 2000*). Für die direkte Laryngoskopie des HNO-Arztes gibt es nur zwei Literaturquellen, in welchen eine nicht durchführbare Mikrolaryngoskopie mit 0,16 % bzw. 2,2 % (*Kleinsasser 1976, Glaninger 1970*) beschrieben wird. In unserem Patientenkollektiv konnte bei allen Patienten die Glottis eingestellt werden.

Mit dem Vorkommen eines Cormack & Lehane-Grad  $\geq 3$  von 4,9 % in unserer Studiengruppe besteht eine Übereinstimmung mit den o. g. Literaturangaben.

Bezieht man sich bei der Frage nach einer schwierigen direkten Laryngoskopie nicht nur auf die laryngoskopische Sicht, sondern auch auf meßbare Kriterien, wie z. B. Einstellbarkeit der vorderen Kommissur, Kraftanwendung oder Gewebeschädigung, die Anzahl der Laryngoskopieversuche, die Notwendigkeit des Einsatzes spezieller Laryngoskopiespatel oder die Laryngoskopie durch einen 2. Arzt, dann ist mit einer höheren Inzidenz zu rechnen. Für den Anästhesisten besteht das Ziel in einer erfolgreichen Intubation, die keinen vollständigen Überblick über die Glottis voraussetzt. Im Gegensatz dazu muß bei der Mikrolaryngoskopie immer eine vollständige Einstellung des Larynx angestrebt werden.

In 27,16 % der Untersuchungen konnte in unserer Studie die vordere Kommissur primär eingestellt werden. Nach Druck auf die Prominentia laryngea durch einen Assistenten wurde die vordere Kommissur zusätzlich bei 32,1 % der Laryngoskopien sichtbar.

Die Distanz zur vorderen Kommissur betrug bei der nicht vollständigen Einstellbarkeit der Glottis im Mittelwert 4 mm (1-12 mm). Die Länge des Ligamentum vocale beträgt im Durchschnitt beim Mann 15,5 mm, im gespannten Zustand 19,5 mm. Bei der Frau liegen die Werte bei 11,5 und 14 mm (*Lang 1995*).

Nach dem von uns entwickelten Jenaer Laryngoskopie Score konnte bei 45 Patienten von 81 eine schwierige direkte Kehlkopfeinstellung festgestellt werden.

Eine präoperativ durchgeführte hno-ärztliche Untersuchung sollte die Erfassung sicherer Zeichen und warnender Hinweise für eine zu erwartende problematische Laryngoskopie beinhalten.

Beachtet werden muß, daß einige sichere Zeichen ein Ausschlusskriterium für die Studie waren (siehe 2.1.2).

Epidemiologische Angaben über die einzelnen Teilpunkte von sicheren Zeichen und warnenden Hinweisen findet man in der Literatur nur wenige. Anatomische Abnormalitäten, die zu einem Grad 4 nach Cormack & Lehane führen, kamen in der Studie von *Yamamoto et al. (1997)* bei 17 von 6184 Patienten (= 0,27 %) vor. *Mallampati et al. (1985)* stellte in seinem Patientenkollektiv bei 1,9 % eine eingeschränkte Beweglichkeit der Halswirbelsäule und bei 5,7 % prominente Oberkieferzähne fest.

In unserer Studie konnte bei einer Person (= 1,2 %) eine eingeschränkte HWS-Beweglichkeit nachgewiesen werden.

Umfassendere Literaturangaben sind über die Häufigkeit von Dysgnathien zu finden. Dysgnathien sind Störungen der Lagebeziehung (Bißlage) von Ober- und Unterkiefer zueinander. Eine Einteilung der Bißlagen erfolgt meistens nach Angle (Angle Class I-III *Bartsch 1986*). Die Prävalenz einer mandibulären Prognathie (= Angle Class III) wurde in epidemiologischen Studien mit 1,3-19,9 % angegeben (*Isiekwe 1983, Steigmann et al. 1983, Tang 1994 a und b*). Im Vergleich dazu reiht sich unser Ergebnis mit 8,6 % ein.

Aufgrund fehlender Zähne oder Zahnersatz im Bereich der Sechsjahrmolaren wurde die Differenzierung zwischen maxillärer Prognathie und alleinigen Scherenbiß (sagittale Distanz Ober- und Unterkieferschneidezähne > 4 mm) anhand der seitlichen Fernröntgenaufnahmen unmöglich. Wir faßten die Patienten in einer Gruppe zusammen, weil beide zu den warnenden Hinweisen einer schwierigen Laryngoskopie gehören. Insgesamt zählten 21 % der 81 Patienten zu dieser Gruppe.

Für die maxilläre Prognathie (Angle Class II) ermittelten *Steigmann et al. (1983)* eine Prävalenz von 10,2 %, *Isiekwe (1983)* 14,7 %, *Burgersdijk et al. (1991)* 28 % und *Tang (1994 a und b)* 19,9-21,3 %. Separat werden die Angaben für den Scherenbiß in den Arbeiten von *Tang (1994 b)* mit 14,9 % und *Burgersdijk et al. (1991)* mit 23 % beschrieben.

Die in der Anästhesie verwendeten Checklisten sind auch für die Abschätzung des Schwierigkeitsgrades der Mikrolaryngoskopie nützlich.

Dies betrifft vor allem die Beurteilung der Kiefergelenks- und Halswirbelsäulenbeweglichkeit sowie die Prüfung der manuellen Kehlkopfmobilität. Für den HNO-Arzt bietet sich die indirekte Laryngoskopie nach Türk an. Bei ihr sitzt der Patient mit maximal rekliniertem Kopf und der Untersucher führt in stehender Position die Kehlkopfspiegelung mit und ohne Phonation durch. Ohne Mehraufwand wird gleichzeitig die Mobilität der Kiefergelenke, der Halswirbelsäule und teilweise des Kehlkopfes überprüft sowie ein topographischer Überblick von Mundhöhle bis Larynx verschafft. Nur so resultiert eine vollständige Spiegelbarkeit.

In Ergänzung zur klinischen Untersuchung für die Erkennung sicherer Zeichen und warnender Hinweise werden klinische Screeningverfahren empfohlen, um eine unerwartete schwierige Laryngoskopie vorher zu erkennen.

Zur Evaluierung dieser Screeningverfahren wurden die Sensitivität, Spezifität und der positive Vorhersagewert mit Hilfe der laryngoskopischen Sicht nach *Cormack & Lehane* Grad 1-4 (1984) berechnet. Alle in der Literatur beschriebenen Ergebnisse beziehen sich auf die direkte Laryngoskopie mit einem Intubationsspatel. Unsere Ergebnisse wurden mit einem Laryngoskop nach Kleinsasser erzielt. Zusätzlich zur Einstufung der laryngoskopischen Sicht nach *Cormack & Lehane* beurteilten wir den Schwierigkeitsgrad der Laryngoskopie nach dem Jenaer Laryngoskopie Score (siehe 1.2.3).

Als einfach durchführbar, ohne großen Interpretationsspielraum zwischen verschiedenen Anwendern, ist der Test nach Patil einzustufen.

Seine Sensitivität beträgt nach *Frerk (1991)* 90,9 % und die Spezifität 81,5 %.

*Tse et al. (1995)* ermittelten einen positiven Vorhersagewert von 20 %, die Spezifität 80 % und die Sensitivität 32 %. Auch *Bilgin und Özyurt (1998)* konnten für den Test nach Patil nur eine Sensitivität von 35 % nachweisen. Die Spezifität betrug 95 % und der PVW 39 %.

Keinen wesentlichen Unterschied zeigen unsere Resultate in der Spezifität von 89,61 % und des PVW von 20 % im Vergleich zu den drei genannten Studiengruppen.

Die Sensitivität von 50 % entspricht annähernd dem Mittelwert der Ergebnisse von *Frerk*, *Tse et al.* sowie *Bilgin und Özyurt*.

Bei der Einschätzung des Screeningtests nach Patil mittels dem Jenaer Laryngoskopie Score betrug die Sensitivität 20 %, die Spezifität 97,2 % und der PVW 90 %.

Für den Test nach Mallampati in der modifizierten Variante (*Samsoon und Young 1987*) konnte *Frerk (1991)* eine Sensitivität von 81,2 %, eine Spezifität von 81,5 % sowie einen positiven Vorhersagewert mit 17,3 % ermitteln. Dabei muß man bemerken, daß als schwierige Laryngoskopie schon ein Grad 2 nach *Cormack und Lehane* angesehen wurde. Rechnet man zur Vergleichbarkeit nur Grad  $\geq 3$ , so sinkt der positive Vorhersagewert auf 5,8 %.

Nach *Oates et al. (1991)* beträgt die Sensitivität 42 %, die Spezifität 84 % und der positive Vorhersagewert nur 4,4 %. In der gleichen Studie wies er einen Unterschied in der subjektiven Interpretation von mindestens 1 von 4 Untersuchern bei der Einstufung des Mallampati-Scores nach. Ähnliche Ergebnisse erreichten *Yamamoto et al. (1997)* mit einer

Sensitivität um 67,9 %, einer Spezifität von 52,5 % und 2,2 % für den positiven Vorhersagewert. Eine erste Arbeit aus der HNO zur Verwendung dieses Screeningverfahrens weicht im Vergleich mit 60 % Sensitivität, 72 % Spezifität nicht unwesentlich ab, hatte aber einen höheren positiven Vorhersagewert von ca. 20,7 % (*Bergler et al. 1997*). Dieser betrug bei *Bilgin und Özyurt (1998)* sogar 33 %. In dieser Arbeit wurde die Sensitivität mit 43 % und die Spezifität mit 93 % angegeben.

Schon allein von der individuellen Variabilität bei der Graduierung des Oropharynx zwischen den ärztlichen Kollegen, ist nicht von einer praxisrelevanten und zuverlässigen Methode auszugehen. Dazu zählt die Motivationsgabe des Untersuchers, den Patienten zur maximalen Mundöffnung und zum maximalen Herausstrecken der Zunge zu bewegen. Einen weiteren Einfluß auf die Variabilität hat die Abweichung vom senkrechten Blick des Arztes auf den Gaumenbogen des Patienten.

Mit niedrigen Werten für die Sensitivität von 75 %, die Spezifität von 61 % und dem PVW von 9,1 % bestätigen wir auch für den Screeningtest nach Mallampati einen geringen praktischen Nutzen. Aus Sicht der Bewertung nach dem Jenaer Laryngoskopie Score verringert sich die Sensitivität auf 53,3 % und die Spezifität beträgt 75 %. Der PVW ist mit 72,7 % relativ hoch.

Für die indirekte Laryngoskopie beschrieben *Yamamoto et al. (1997)* den positiven Vorhersagewert mit 31 %, die Sensitivität mit 69,2 % und die Spezifität mit 98,4 %.

Kritisch muß man erwähnen, daß aufgrund eines starken Würgereizes bei 15 % der Patienten keine Einschätzung erfolgte konnte. Die indirekten präoperativen Laryngoskopien wurden von Nicht-HNO-Ärzten durchgeführt. Ein gewisser Erfahrungswert im Umgang mit einem Spiegel bei der indirekten Laryngoskopie kann erheblich den Grad der Laryngoskopierbarkeit verändern.

In unserer Studie ermittelten wir für die direkte Kehlkopfspiegelung nach Türk ohne Phonation einen PVW von 13 % und mit Phonation von 50 %. Die Sensitivität betrug bei der indirekten Spiegelung ohne Phonation 75 % und 50 % mit Phonation. Für die Spezifität wiesen wir 74,03 % und 97,4 % nach.

Wir müssen anhand unserer Studienergebnisse einschätzen, daß die von uns untersuchten Screeningverfahren nicht die erforderliche Sicherheit zur Vorhersage einer schwierigen Mikrolaryngoskopie bieten. Damit bestätigen wir für die schwierige Mikrolaryngoskopie die Situation, wie sie in der Literatur für die erschwerte endotracheale Intubation beschrieben wird. Gemeinsam haben alle Screeningverfahren, daß sie als Hinweis auf eine schwierige

Laryngoskopie gelten können, kommen aber keinesfalls dem Ziel nahe, in der präoperativen Risikoeinschätzung schnell, eindeutig und reproduzierbar die schwierige Einstellbarkeit des Kehlkopfes erkennen zu lassen. Die Kombination mehrerer Screeningverfahren verbessert nach *Frerk (1991)* und *Tse et al. (1995)* nicht den Vorhersagewert. Eine kombinierte Erfassung von Risikokriterien und Bildung von Summations-Scores verspricht einerseits eine bessere Vorhersage (*Nath und Sekar 1997, Arné et al. 1998, Naguib et al. 1999, Karkouti et al. 2000*), ist andererseits für die tägliche Praxis sehr zeitaufwendig. *Benumof (2000)* empfiehlt für die Praxis das Abarbeiten einer Checkliste von klinischen Parametern, um deskriptiv das Risiko einer erschwerten Laryngoskopie anzugeben.

Zahlreiche weitere klinische Untersuchungen wurden unter Beachtung von Anamnese, konstitueller Faktoren, der Beweglichkeit von Kiefer und Kopfgelenken sowie radiologischer Vermessungen publiziert, die jedoch nicht so eine breite Akzeptanz wie die oben beschriebenen Screeningverfahren erfuhren (*Block und Brechner 1971, Georgi et al. 1991, Langenstein und Cunitz 1996, Naguib et al., Lewis et al. 1994*).

Betrachtet man diese Evaluierungsergebnisse realistisch und möchte sie mit der Mikrolaryngoskopie vergleichen, so sollte daran gedacht werden, daß ca. 80-90 % der pathologischen Befunde sich im vorderen Drittel der Stimmlippenebene befinden (*Kleinsasser 1968*). Mit 75,3 % ist das Vorkommen der Stimmlippenbefunde in unserer Studiengruppe fast deckungsgleich zu den Angaben von Kleinsasser. Dies bedeutet für  $\frac{3}{4}$  der Patientenfälle, daß für die operative Therapie ein Cormack & Lehane-Grad 1 bei der Operationseinstellung notwendig ist. Verschiedene Theorien könnten erstellt werden, weshalb bei der direkten Laryngoskopie des HNO-Arzt es die vordere Kommissur öfters eingestellt werden kann.

Allein die gerade Form des Laryngoskopiespatels nach Kleinsasser kann nicht die Erklärung sein. Eine Studie von *Hastings et al. (1996 a)* hat gezeigt, daß kein Unterschied im laryngoskopischen Blick zwischen dem Intubationslaryngoskop mit geradem Spatel nach Miller und dem meist verwendeten Macintosh besteht.

Ein direkter Vergleich der laryngoskopischen Sicht bei einem Patienten zwischen einem Anästhesisten (Intubationsspatel) und einem HNO-Arzt (Laryngoskop nach Kleinsasser) wurde in der Literatur noch nicht beschrieben. Zwischen 2 Anästhesisten war eine 85%ige Übereinstimmung zu verzeichnen (*Hastings et al. 1996 a*).

*Cass, James und Lines (1956)* analysierten bei 5 schwierig zu intubierenden Patienten die jeweiligen anatomischen Besonderheiten mittels klinischer Untersuchung und einer seitlichen Röntgenaufnahme. Diese bestanden in:

- kurzer muskulöser Hals mit vollständigem Gebiß,
- fliehender Unterkiefer mit stumpfem Winkel des Angulus mandibulae,
- prominente Oberkieferzähne,
- Geringe Mundöffnung bei Kiefergelenksarthritits oder Trismus,
- Verminderung des Raumes zwischen den beiden Unterkieferwinkeln aufgrund eines langen hohen Gaumenbogens in Verbindung mit einer langen, schmalen Mundhöhle,
- erhöhte alveolar-mentale Distanz mit der Notwendigkeit einer weiteren Mundöffnung bei der direkten Laryngoskopie.

Im Vergleich zwischen 13 schwierig zu intubierenden Patienten mit 13 Normalpatienten fanden *White und Kander (1975)* bei ihren radiologischen Vermessungen die hintere und/oder vordere Tiefe des Unterkiefers als Hauptursache einer schwierigen Laryngoskopie neben Verringerung des Abstandes zwischen Hinterhaupt und Dornfortsatz C1 oder des Zwischenwirbelraumes von C1-C2. Kritisch ist die Messung der hinteren Höhe des Unterkiefers zu betrachten, weil diese hinter dem 3. Molaren stattfand. Fehlt dieser, kann kein interindividueller Vergleich erfolgen. Einen Zusammenhang zwischen Tiefe des Unterkiefers und dem Schwierigkeitsgrad einer direkten Laryngoskopie konnten wir in unserer Studie nicht bestätigen. Aus technischen Gründen war die Vermessung des Abstandes Hinterhaupt und Dornfortsatz nicht möglich.

Sehr umfangreiche Vermessungen am Gesichtsschädel unternahmten *Bellhouse and Doré (1988)*. Auch sie verglichen Vermessungsergebnisse der seitlichen Röntgenaufnahmen von schwierig und nicht schwierig zu intubierenden Patienten. Nach ihren Ergebnissen ist die Kopfextension die beste Einzelvariable. Des weiteren ist das Verhältnis zwischen Unterkieferraum und Zungengröße sehr aussagekräftig.

Dieses Ergebnis konnten wir nicht wiederholen, weil in unserer Studie nur 4 Patienten mit einem Cormack & Lehane Grad  $\geq 3$  vorkamen und damit diese Zahl für eine statistische Auswertung zu gering war. Keinen signifikanten Zusammenhang fanden wir zwischen den ausgewählten Biometriemaßen und den 45 schwierig zu laryngoskopierbaren Patienten nach dem Jenaer Laryngoskopie Score.



Trotz sehr guter Kopfextension können wir zeigen, daß der Winkel zwischen Mundhöhle und Larynx (siehe Abbildung 9 Messung Nr. 7) nicht wesentlich größer ist als bei geringerer Extensionsbewegung.

Je weiter der Kopf und die craniale HWS nach dorsal bewegt wird, um so weiter ist die Dorsalflexion der caudalen HWS. Der Kehlkopf geht mit der Bewegung der unteren HWS einher.

Der Scheitelpunkt des Winkels liegt im oberen Anteil der Halswirbelsäule. Bei gleicher Winkelgröße dreht sich der Winkel im Scheitelpunkt im gleichen Verhältnis und Richtung wie die zusätzliche Dorsalflexion der Halswirbelsäule.

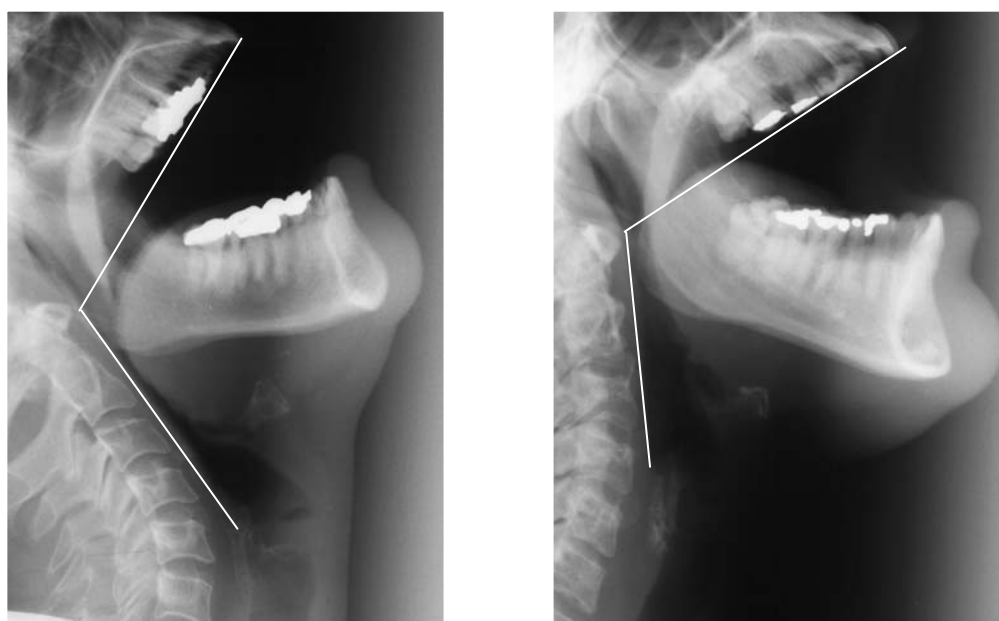


Abbildung 14: Linke FRS mit sehr guter und rechts geringerer Kopfextension bei nahezu gleichem Winkel Mundhöhle/Larynx.

Für die Evaluierung der verwendeten Screeningverfahren mittels Sensitivität, Spezifität und dem positiven Vorhersagewert ist ein objektiverer Referenzwert als die Beurteilung der Glottiseinstellung nach Cormack & Lehane notwendig.

Die Intubation Difficulty Scale (*Adnet et al. 1997*) und der Jenaer Laryngoskopie Score könnten zukünftig eine neue Möglichkeit zur Beurteilung des Schwierigkeitsgrades bei der direkten Laryngoskopie darstellen.

Für die Beschreibung der Verdrängung des Zungenkörpers wurden 2 verschiedene physikalische Größen in der Literatur verwendet, das sind der Verdrängungsdruck und die Kraft (siehe Tabelle 22). Der Druck ist streng genommen definiert als Quotient aus Kraft pro

Fläche. Es scheint fast unmöglich, die genaue Auflagefläche des Laryngoskopspatels auf dem Zungengrund während einer Einstellung zu bestimmen. Wegen der Abweichung der Einheit kg von der Definitionsgleichung müssen die Meßangaben des Verdrängungsdruckes von Brünings und Minnigerode überdacht werden.

Ableitend aus den Bewegungsgesetzen von Newton (*Kuchling 1975*) muß auf Zungenkörper, Mundboden und Kehlkopf eine Kraft einwirken, um die Stimmlippenebene in die optische Achse des Untersuchers zu positionieren.

Die angegebenen "Verdrängungsdruckwerte in kg" sind unserer Meinung nach Werte der Kraft in kp. Dementsprechend besteht folgender Zusammenhang:

$$1 \text{ kp} = 9,80665 \text{ kgm/s}^2 = 9,80665 \text{ N}$$

Als zulässige Grenze für den „Verdrängungsdruck“, um vorübergehende oder bleibende Schädigungen der Zunge zu vermeiden, sind beim Kind 2-3 kg (= 2-3 kp  $\approx$  20-30 N) (*Minnigerode 1972*) und beim Erwachsenen 10 kg (= 10 kp  $\approx$  100 N) (*Brünings 1910*) empfohlen. Weiterhin sind nach den Einschätzungen von Brünings 15 kg (= 15 kp  $\approx$  150 N) unter Lokalanästhesie garantiert schmerzhaft und 20 kg (= 20 kp  $\approx$  200 N) bildet die Grenze "was von einer Männerhand" bei der direkten Laryngoskopie ohne Bruststütze geleistet werden kann.

Die Grenze der Anwendbarkeit der direkten Untersuchung des Kehlkopfes wird bei optimaler Anästhesie und Lagerung fast ausschließlich durch den Umfang der möglichen Verdrängung des Zungenkörpers bestimmt, wenn wir von Mißbildungen, Erkrankungen der Halswirbelsäule und anderen pathologischen Veränderungen absehen. Für solche Arbeiten, aus denen Angaben über Messungen der Kraft bzw. des Verdrängungsdruckes hervorgingen, haben wir eine tabellarische Aufstellung vorgenommen.

	Autor	Meßmethode	Art des Laryngoskopes	„Verdrängungsdruck“ in kg	Kraft in N x 10 <sup>-1</sup>
1.	Brünings (1910)	Brünigssche Dynamometrische Elektroskop	Autoskopiespatel nach Brünings 9- 11mm	9-14	
2.	Minnigerode (1972)	Brünigssche Dynamometrische Elektroskop	Laryngoskop Ø 7,5-19 mm	≈ 4-19	
3.	Minnigerode (1982, 1983)	Brünigssche Dynamometrische Elektroskop	Gegendruck-Operations- Autoskop	≈ 1,6-11,4	
4.	Scheck (1982)	Macintosh u. strain gauges	Macintosh	≈ 4	
5.	Bishop et al. (1992)	Macintosh u. shear force sensor	Macintosh		≈ 1-9
6.	Bucx et al. (1992)	Macintosh u. shear force sensor	Macintosh		1,3-6
7.	Bucx et al. (1994)	Macintosh u. shear force sensor, moment sensor	Macintosh		t: 1,7-13,8* m: 0,2-13,9*
8.	McCoy et al. (1995)	Macintosh u. force sensing transducer	Macintosh		0,9-4,5
9.	McCoy et al. (1996)	Macintosh , McCoy blade force displacement transducer	Macintosh		0,4-3,7
			McCoy blade		0,08-2,5
10.	Bucx et al. (1996)	Macintosh u. force sensor (Intubationsmodell I)	Macintosh		t: 6,4-14,3 m: 1,4-14,8
		Macintosh u. force sensor (Intubationsmodell II)	Macintosh		t: 2,4-9,7 m: 0,3-9,1
11.	Hastings et al. (1996a,b)	Macintosh, Miller u. force sensing transducer	Macintosh		≈ 1-7,8
			Miller		≈ 0.6-5,2
12.	Bucx et al. (1997)	Macintosh u. shear force sensor, moment sensor	Standard Macintosh		t: 2,3-8,3 m: 0,4-7,3
			Modifizierter Macintosh		t: 1,6-6,8 m: 0,3-3,4
13.	Hochman et al. (1999)	Laryngoscope u. strain gauges	Small Laryngoscope Benjamin-Karl Storz		≈ 3-10,4
			Medium Laryngoscope Dedo Pilling		≈ 3-9,6
			Large Laryngoscope Prototype Triangular		≈ 3-10,5
14.	Verges (2001)	Laryngoskop mit Bruststütze und strain gauges	Laryngoskop n. Kleinsasser		1,96-18,86

Tabelle 22: Literaturlauswahl zu Verdrängungsdruck- und Kraftmessungen bei der direkten Laryngoskopie (t = Zunge, m = Oberkieferzähne, \* geschätzter Wert).

In den vorgestellten Arbeiten (Nr. 4-14), bei denen die Kraft mit Kraftsensoren oder Dehnungsmessstreifen gemessen bzw. anschließend errechnet wurde, ging man stets von einer vereinfachten Modellvorstellung der tatsächlich wirkenden Kräfte aus.

Während der direkten Laryngoskopie wirken aber verschiedene Vektorkräfte auf den Oropharynx/Larynx ein. Alle Einzelkräfte können in einem Kräfteparallelogramm zu einer Resultierenden (Einzelkraft) vereinigt werden (*Kuchling 1975*).

Abgeleitet von den ausgeübten Bewegungsabläufen der Hand bzw. im Handgelenk des Untersuchers wurden zwei ähnliche Modellvorstellungen entwickelt.

1. Die Kraft des Untersuchers, die in der Achse des Handgriffes ( $F_h$ ) eingesetzt wird, ist die am meisten relevante. Sie ist der Rückstellkraft der Zunge ( $F_t$ ) auf das Laryngoskop bei der Einstellung der Stimmlippe entgegengesetzt gerichtet (antiparallele Kräfte). Voraussetzung für eine alleinige Krafrichtung parallel zum Handgriff müßte sein, daß nur eine Zugbewegung der Untersucherhand am Laryngoskop zur Verdrängung des Zungenkörpers ausgeführt wird (siehe Abbildung 15).

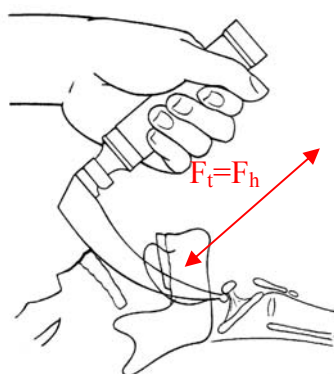
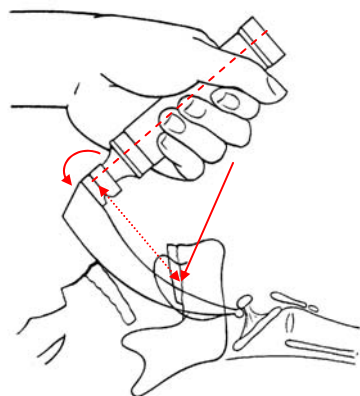


Abbildung 15: Kräftevektoren bei antiparallelen Kräften am Beispiel eines Laryngoskopes nach Macintosh.

Dabei ist der Unterkiefer der limitierende Faktor. Umschrieben kann er nur nach ventral bewegt werden. An seiner Innenseite wird die Muskelmasse der Zunge komprimiert. Eine besonders effektive Bewegung am Laryngoskop zur Verbesserung der Sicht auf die Glottis ist eine um den Unterkiefer „drehende“ Bewegung.

2. Als Hebel dient das starre Laryngoskop, wobei das Handstück den einen Hebelarm ( $F_h \cdot l_h$ ) und das Laryngoskopblatt bzw. -rohr ( $F_t \cdot l_t$ ) den anderen bildet. Die Drehachse liegt im Winkel zwischen Handstück und proximalem Rohrende (siehe Abbildung 16).



$F_h$  = Kraft Hand

$F_t$  = Kraft Zunge

$l_t$  = Hebelarmlänge Handstück

$l_h$  = Hebelarmlänge Laryngoskopblatt

$D$  = Drehachse

Abbildung 16: Kräftevektoren bei einer Hebelbewegung des Untersuchers am Beispiel eines Laryngoskopes nach Macintosh.

Abhängig von der kritischen Einschätzung des Untersuchers können dabei die Frontzähne oder der Alveolarkamm der Maxilla als Hypomochlium eingesetzt werden. Aus der drehenden Bewegung um den Unterkiefer wird eine hebelnde auf den Oberkiefer.

Spätestens bei der Fixierung des Laryngoskopspatels an der Bruststütze wirken Teilkräfte auf den Oberkiefer, weil diese nicht identisch die Krafrichtung der Untersucherhand fortsetzen kann.

In unserer Studie ermittelten wir die Hauptkraft zur Verdrängung des Zungenkörpers, um die vordere Kommissur einzustellen. Als Minimalwert konnte eine Kraft von 19,6 N (= 2 kp) und als Maximalwert 188,65 N (= 19,25 kp) gemessen werden. Der Mittelwert betrug 86,09 N (= 8,78 kp). Vergleicht man die Meßwerte der direkten Laryngoskopie, die von HNO-Ärzten publiziert wurden (siehe Tabelle 22 Nr. 1-3), besteht eine Übereinstimmung mit unseren Messungen. Der Maximalwert in unserer Studie ist höher als die Literaturangaben von Anästhesiologen. Eine Ursache könnte darin bestehen, daß bei einer direkten Laryngoskopie aus anästhesiologischer Sicht eine unbedingte Einstellung der vorderen Kommissur nicht notwendig ist. Im Vordergrund steht hier die sichere Intubation. Vergleicht man unseren Mittelwert der Kraftmessung mit den Werten anästhesiologischer Laryngoskopien, reiht sich dieser in die Meßbreite der Literatur ein.

Im Ergebnis unserer routinemäßigen Untersuchungen wurde besonders für die Einstellung der vorderen Kommissur die von *Brünings (1910)* empfohlene Maximalkraft auf die Epiglottis und den distalen Zungenrund in 35,8 % der Fälle überschritten. Eine verminderte Kontrolle unseres Tastsinnes bei der Regulierung der Stellschraube an der Bruststütze und die fehlende