

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie  
Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität München  
Vorstand: Prof. Dr. med. dent. Andrea Wichelhaus

**Veränderungen des PAS (Posterior Airway Space) nach  
posteriorer Impaktation der Maxilla**

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

vorgelegt von  
Lisa Marie Planegger

aus  
St. Veit an der Glan, Österreich  
2020

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Berichterstatterin: Prof. Dr. med. dent. Andrea Wichelhaus

Mitberichterstatter: PD Dr. Dr. Wenko Smolka

---

Mitbetreuung durch die promovierten  
Mitarbeiter: Dr. rer. nat. Uwe Baumert, Dipl.-Biol.  
Zahnarzt Hisham Sabbagh

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 17.02.2021

---

Meiner lieben Familie gewidmet,  
die mich durch ihre stetige und liebevolle Unterstützung  
auch in schwierigen Zeiten stärkte.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungen</b> .....	<b>IV</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Literaturübersicht</b> .....	<b>2</b>
2.1 <i>Auswirkungen dysgnathiechirurgischer Eingriffe auf den posterioren Luftweg</i> .....	2
2.2 <i>Einfluss nicht-knöcherner Komponenten</i> .....	2
2.3 <i>Vergleich von DVT und FRS für die Bewertung des Rachenraumes</i> .....	4
2.4 <i>Fragestellung</i> .....	6
<b>3 Patienten und Methode</b> .....	<b>8</b>
3.1 <i>Patienten</i> .....	8
3.1.1 <i>Patientenselektion</i> .....	8
3.1.2 <i>Reifegrad (chronologisches Alter und CVM)</i> .....	9
3.1.3 <i>Kombiniert kieferorthopädisch/kieferchirurgische Therapie mit posteriorer Impaktation</i> ...	10
3.1.4 <i>Skelettale Klasse III (Beurteilung anhand von ANB, individualisiertem ANB und Wits)</i> .....	11
3.1.5 <i>Fernröntgenseitenbilder</i> .....	13
3.2 <i>Auswertung der Fernröntgenseitenbilder</i> .....	13
3.2.1 <i>Kephalometrische Auswertung</i> .....	13
3.2.2 <i>Vermessung des Posterior Airway Space (PAS) im FRS</i> .....	16
3.3 <i>Statistische Auswertung</i> .....	18
<b>4 Ergebnisse</b> .....	<b>19</b>
4.1 <i>Veränderungen in den Weichgewebe-Parametern</i> .....	19
4.1.1 <i>Geschlechtsspezifische Unterschiede</i> .....	19
4.1.2 <i>Unterschiede abhängig vom OP-Typ</i> .....	22
4.1.3 <i>Zusammenfassung</i> .....	23
4.2 <i>Veränderungen in den Hartgewebe-Parametern</i> .....	27
4.2.1 <i>Geschlechtsspezifische Unterschiede</i> .....	27
4.2.2 <i>Unterschiede aufgrund des OP-Typs</i> .....	32
4.2.3 <i>Zusammenfassung</i> .....	39
<b>5 Diskussion</b> .....	<b>42</b>
5.1 <i>Veränderungen der Weichgewebe-Parameter</i> .....	42
5.2 <i>Veränderungen der Hartgewebe-Parameter</i> .....	43
5.3 <i>Limitierungen im Studiendesign</i> .....	45
<b>6 Schlussfolgerung</b> .....	<b>47</b>
<b>7 Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	<b>49</b>

<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>50</b>
<b>9</b>	<b>Danksagung .....</b>	<b>55</b>
<b>10</b>	<b>Lebenslauf .....</b>	<b>56</b>

# Abkürzungen

AHI	Apnoe-Hypopnoe Index
CVM	<i>Cervical Vertebrae Maturation</i>
CVS	CVM-Stadium
DVT	Digitale Volumentomographie; digitales Volumentomogramm
FRS	Fernröntgenseitenbild
OSA	Obstruktive Schlafapnoe ( <i>Obstructive Sleep Apnea</i> )
OSAS	Obstruktives Schlafapnoe-Syndrom ( <i>Obstructive Sleep Apnea Syndrome</i> )
PAS	<i>Posterior Airway Space</i>

Erläuterungen zu den kephalometrischen Parametern sind im Abschnitt 3.2 zu finden.

# 1 Einleitung

Kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgische Behandlungen sind indiziert, wenn die Behandlungsziele aus funktioneller und ästhetischer Sicht nicht durch rein kieferorthopädische Maßnahmen erreicht werden können.

Durch den chirurgischen Eingriff können Lagediskrepanzen zwischen Ober- und Unterkiefer in allen drei Raumebenen korrigiert werden. Während die Korrektur der Lagebeziehung der knöchernen Kieferbasen simuliert werden kann und gut vorhersagbar ist, sind die Auswirkungen solcher Eingriffe auf weichgewebige Veränderungen noch nicht sicher prognostizierbar und Gegenstand aktueller Untersuchungen. Das Weichgewebe und weichgewebige Funktionsräume spielen dabei in vielerlei Hinsicht eine wichtige Rolle für die Behandlung: ein ausreichend großer Zungenraum scheint ein wichtiger Faktor für die Stabilität nach kieferorthopädischer oder kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischer Therapie zu sein. Um respiratorische Probleme nach der Behandlung auszuschließen, sollte der posteriore Luftraum durch chirurgische Interventionen möglichst nicht verkleinert werden. Umgekehrt stellt die chirurgische Vorverlagerung bei der Behandlung der obstruktiven Schlafapnoe einen Therapieansatz dar, der vor allem auf die Vergrößerung des posterioren Luftwegs abzielt.

Bei der Behandlung von Klasse-III-Dysgnathien kommt es in der Regel zu einer Verkleinerung der posterioren Atemwege, wenn eine chirurgische Rückverlagerung des Unterkiefers durchgeführt wird. Die Indikationsstellung kann daher in einigen Fällen zugunsten der invasiveren Methode mit chirurgischer Intervention in beiden Kiefern tendieren, die einen günstigeren Effekt in Bezug auf die Atemwege zu haben scheint.

In dieser Arbeit sollen die Veränderungen des Rachenraums nach posteriorer Impaktation mit den Veränderungen nach posteriorer Impaktation mit zusätzlicher Unterkiefer-Rückverlagerung anhand von Fernröntgenseitenbildern untersucht werden.

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Auswirkungen dysgnathiechirurgischer Eingriffe auf den posterioren Luftweg

In der Literatur werden Zusammenhänge zwischen orofazialer und weichgewebiger Morphologie des Mund- und Rachenraumes und des posterioren Luftwegs („*posterior airway space*“, PAS) inklusive damit vergesellschafteten respiratorischen Problemen und dem obstruktiven Schlafapnoe-Syndrom in Verbindung gebracht (Guilleminault et al. 1985; Hochban et al. 1996; Li et al. 2002; Park et al. 2017; Timms 1990).

Die Form und Größe des PAS wird nicht nur durch kongenitale und erworbene Disharmonien definiert. Auch kieferorthopädisch-kieferchirurgische Interventionen bei Patienten mit skelettalen Diskrepanzen können neben der Verbesserung der Okklusion, Funktion und Ästhetik unter anderem morphologische Veränderungen des PAS hervorrufen (Turnbull und Battagel 2000). Die Mandibula ist durch Muskeln und Ligamente mit der Zungenwurzel, dem Hyoid und der Wand des Pharynx verbunden (Hong et al. 2011). Da die Mandibula ebenfalls über den *Musculus genioglossus* mit dem Zungenbein in Verbindung steht, rufen Veränderungen der den Rachen umgebenden Strukturen auch eine Veränderung des Pharynxdimension hervor (Chen et al. 2007; Park et al. 2012).

Bei einer Unterkieferrückverlagerung von mehr als 5 mm werden bimaxilläre Operationen empfohlen, um eine Verkleinerung des PAS zu vermeiden (Demetriades et al. 2010). Zusätzlich werden bessere ästhetische Ergebnisse, langfristige Stabilität nach der Behandlung und kaum Einschränkungen der respiratorischen Funktion beobachtet (Bailey et al. 1995; Kim et al. 2008).

Das pharyngeale Atemwegsvolumen wird bei bimaxillären Operationen in geringerem Ausmaß vermindert als bei alleiniger mandibulärer Rückverlagerung (Hong et al. 2011). Momentan wird die bimaxilläre Operationsmethode bei Fällen mit schweren skelettalen Diskrepanzen bevorzugt, da das Risiko einer Verengung des PAS geringer ist als bei alleiniger mandibulärer Rückverlagerung (He et al. 2017).

### 2.2 Einfluss nicht-knöcherner Komponenten

Da der weiche Gaumen, die Zunge und das Zungenbein sowie die assoziierten Gewebe indirekt oder direkt mit der Maxilla und der Mandibula in Verbindung stehen, betrifft jegliche Bewegung der Kiefer diese Gewebe. Diese Verbindung wirkt sich unter anderem auch auf den pharyngealen Bereich aus. Die Anatomie des Zungenbeins und des Rachens sowie die Lage des Kopfes sind ausschlaggebend für eine physiologische Atmung. Es wird angenommen, dass bei Anteriorbewegungen der maxillären harten und weichen Gewebe eine Relaxierung in den oro- und nasopharyngealen Regionen entsteht und so der ungünstige Effekt der mandibulären Rückverlagerung auf die Atmung reduziert wird (Achilleos et al. 2000a).

Alleinige mandibuläre Rückverlagerungsoperationen können das Volumen des pharyngealen Atemwegs reduzieren (Achilleos et al. 2000b; Eggensperger et al. 2005; Greco et al. 1990a; Güven und Saracoglu 2005; Hochban et al. 1996; Tselnik und Pogrel 2000; Turnbull und Battagel 2000; Wenzel et al. 1989) und die Position des Zungenbeins und der Zunge verändern (Achilleos et al. 2000b; Eggensperger et al. 2005; Güven und Saracoglu 2005; Takagi et al. 1967; Tselnik und Pogrel 2000; Wickwire und Proffit 1972).

Mittels flexibler Endoskopie wurde bereits im Jahr 1987 demonstriert, dass vor allem die Morphologie der Zungenbasis, der Weichgaumen und der velopharyngeale Sphinkter maßgeblich zur Entstehung von Atemwegsobstruktion beitragen. Bei Verengungen dieser Strukturen in anteroposteriorer sowie von links nach rechts steigt das Risiko für eine Atemwegsobstruktion (Crumley et al. 1987).

Die Position und die Veränderungen der Lage des Zungenbeins werden durch die gemeinsame Tätigkeit der supra- und infrahyoidalen Muskeln bestimmt, wobei die elastischen Membranen des Larynx und der Trachea Widerstand leisten (Bibby und Preston 1981). Das Zungenbein wird als repräsentative Komponente der Bewegungsmuster der Zunge angesehen. Somit können Veränderungen der Zungenposition durch die Analyse der Veränderungen der Zungenbeinposition evaluiert werden. Durch die chirurgische Korrektur des offenen Bisses und der Klasse-III-Bissanomalien kommt es umgehend nach der Operation zu einer Verlagerung des Hyoids nach posterior und inferior, gefolgt von einer Tendenz zum Rückgang in die ursprüngliche Position (Athanasίου et al. 1989; Athanasίου et al. 1991; Enacar et al. 1994; Takagi et al. 1967). Die Position des Hyoids wird von der Kopfhaltung und Veränderungen der Inklination der Mandibula beeinflusst (Graber 1978; Tallgren und Solow 1987).

Der oropharyngeale Atemweg wird an der unteren Seite der glottischen Öffnung begrenzt und führt kranial in den nasopharyngealen Atemweg. Dieser Abschnitt der oberen Atemwege spielt eine entscheidende Rolle für die Passage der respiratorischen Gase zur Lunge hin und von der Lunge weg. Die Effizienz dieses Transfers hängt zum einen von der Größe und dem Lumen des Atemweges ab, zum anderen vom Gesichtsschädelaufbau (Trenouth und Timms 1999). Eine retrognathe Mandibula verursacht eine Verdrängung der Zunge nach posterior, wodurch die respiratorische Luftströmung eingeschränkt wird. Infolgedessen kann es zu einer verminderten Passage des Sauerstoffes kommen (Bonham et al. 1988; Lamont et al. 1998).

Dies kann im Zusammenhang mit obstruktiver Schlafapnoe („*Obstructive Sleep Apnea Syndrome*“, OSAS) stehen. Ein OSAS besteht, wenn innerhalb einer Schlafstunde mindestens 5-10 Mal ein partieller Verschluss des oberen Respirationstraktes zu einer mindestens 10-sekündigen Unterbrechung der Sauerstoffzufuhr führt. Als Ursache für ein obstruktives Schlafapnoesyndrom können zum Beispiel Übergewicht, eine übersteigerte Entspannung und Erschlaffung der für die Freihaltung der Atemwege verantwortlichen Muskulatur oder eine anatomisch bedingte Obstruktion der Atemwege in Frage kommen (Stellzig-Eisenhauer und Meyer-Marcotty 2010). Zur kraniofazialen Morphologie werden die Ausrichtung der Schädelbasis, die Lage von Ober- und Unterkiefer sowie deren Relation zueinander, die Länge des *Corpus mandibulae*, die Lage des Hyoids und der Aufbau des Gesichtsschädels, welcher horizontal oder vertikal sein kann, gezählt. Zur weichgewebigen Morphologie zählen die Zunge, die Polypen und die Ausdehnung des weichen Gaumens.

Für die OSAS-Behandlung können bei Patienten mit abgeschlossenem skelettalem Wachstum bimaxilläre Vorverlagerungs-Operationen in Betracht gezogen werden, um einen positiven Effekt auf die Atmung, also einen erweiternden Effekt auf den oberen Rachenraum, den PAS, zu erzielen (Aydemir et al. 2012; Kim et al. 2010).

### 2.3 Vergleich von DVT und FRS für die Bewertung des Rachenraumes

Die Evaluation des Rachens sowie die Interaktionen von kraniofazialer Entwicklung und Wachstum wird bereits in diversen gesundheitspezifischen Forschungen, wie etwa in der Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde, der Pädiatrie wie auch der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde seit langem diskutiert (Solow et al. 1984; Watson et al. 1968). Individuelle Variationen der Rachenmorphologie werden häufig in Verbindung mit hereditären und funktionellen Anomalien gebracht (Subtelny und Baker 1956).

Es bieten sich zahlreiche Methoden zur Bewertung der Atemwege an, einschließlich der Kephalometrie, der Rhinoendoskopie und der Tomographie (Filho et al. 2001). Indessen liefert die zweidimensionale Repräsentation der dreidimensionalen Strukturen, wie sie im Fernröntgenseitenbild präsentiert wird, lediglich limitiert diagnostische Informationen. Zur Vermessung des Oropharynx finden neben dem Fernröntgenseitenbild (FRS) Computertomogramme (CT) (Bohlman et al. 1983; Lowe et al. 1986), digitale Volumentomogramme (DVT), akustische Reflektion (Brown et al. 1986), Fluoroskopie (Battagel et al. 1998), fiberendoskopische Evaluationen mittels Laryngoskop (Borowiecki et al. 1978), und Magnetresonanztomographie Anwendung (Rodenstein et al. 1990).

Die digitale Volumentomographie ist eine dreidimensionale Bildgebung, die im Vergleich zum CT mit einer geringeren Strahlenbelastung einhergeht (Schulze 2013). Zusätzlich zu den rekonstruierten lateralen Bildern können mit dieser Methode auch Orthopantomogramme, orthogonale Projektionen und multiplanare Rekonstruktionen angefertigt und evaluiert werden (Farman und Scarfe 2006; Moshiri et al. 2007).

Die konventionelle kephalometrische FRS-Auswertung war lange das Mittel der Wahl zur Erkennung von Deformitäten und zur kieferorthopädischen Diagnosestellung. Seit einigen Jahren kommen unter anderem durch die Digitalisierung und Weiterentwicklung der DVT-Geräte, die die Darstellung dreidimensionaler Bilder der knöchernen Komponenten trotz relativ geringer Strahlenbelastung ermöglichen, zunehmend zum Einsatz (Van Vlijmen et al. 2010). Das DVT dient in der konventionellen Zahnmedizin und in der Mund- Kiefer-Gesichtschirurgie bereits vermehrt zur Erkennung der Lagebeziehung impakterter Zähne, zur Diagnose von Kiefergelenkserkrankungen und zur Evaluation knöcherner Verhältnisse vor Implantatversorgung (Demetrios 2005; Maki et al. 2003; Nakajima et al. 2005).

In der kieferorthopädischen Diagnostik und Verlaufskontrolle war und ist das FRS seit Jahren das Mittel der Wahl, wodurch ein größerer Datenpool zweidimensionaler Bilder, die heute zur Evaluation herangezogen werden können, noch in Form von FRS vorliegt. Dies hat zum Vorteil, dass diese Aufnahmen zur Auswertung der Atemwege herangezogen werden können, ohne den Patienten zusätzlicher Bildgebungsverfahren und etwaiger zusätzlicher Strahlenbelastung auszusetzen. Die zweidimensionalen Fernröntgenseitenbilder sind sowohl

kosteneffektiv als auch weniger invasiv und geben Information über die Morphologie der Atemwege. Sie können jedoch die dreidimensionale Atemwegsanatomie nicht mit hoher Präzision erfassen (Ahn et al. 2013; Silva et al. 2008).

Zur Festlegung von Referenzwerten des Rachens wurden in einer Vielzahl von Studien Normwerte der Rachendimensionen bestimmt, um eine vereinheitlichte Evaluation des Rachenraumes zu ermöglichen (Almuzian et al. 2016; He et al. 2017; Hong et al. 2011; Jakobsone et al. 2011; Kim et al. 2014; Lee et al. 2016; McNamara 1981; Moshiri et al. 2007; Oz et al. 2013; Park et al. 2017; Park et al. 2012). Die Ergebnisse dieser Studien zeigten jedoch eine große Variationsbreite der Messparameter, da die Referenzpunkte aufgrund der unterschiedlichen Morphologie des Rachens keine ausreichende Verlässlichkeit und Reproduzierbarkeit zulassen.

In einer aktuelleren Studie von Vizzotto et al. (2012) wird die Messgenauigkeit der Rachendimensionen von FRS und DVT in lateralen Rekonstruktionen und axialen Ebenen verglichen. Der Zweck der Studie war die Bewertung und der Vergleich der Genauigkeit der Messungen des Atemweges von FRS, lateralen DVT-Rekonstruktionen und axialer Ebenen im DVT. Die Messwerte des Oropharynx anhand lateraler Rekonstruktionen im DVT waren sehr ähnlich zu jenen des FRS, jedoch wurde beim Vergleich der axialen Ebene im DVT und dem FRS ein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt. Dies resultiert daraus, dass die DVT-Auswertung auch weichgewebige Punkte einschließt, deren Entstehung durch Projektion verschatteter Areale begünstigt wird. Infolgedessen wird der Vergleich dieser aus dem DVT konstruierten FRS-Bildern mit konventionellen FRS-Bildern erschwert. Eine Studie, die lediglich eine Evaluation knöchernen Gewebes an getrockneten Schädeln anstellten, waren von einer solchen Problematik nicht betroffen (Moshiri et al. 2007).

Die Zielsetzung dieser Studie war der Vergleich des Atemweges auf verschiedenen Orientierungsebenen und der Vergleich der Leistungen von konventionellen Fernröntgenseitenbildern. Das FRS stellt die klassische kephalometrische Analyse der Kieferorthopäden dar, wohingegen das DVT mit dessen spezifischen volumetrischen Daten eine dreidimensionale Visualisierung ermöglicht (Athanasίου et al. 1991; Vizzotto et al. 2012).

Zur Rachenvermessung bei verschiedenen Patientengruppen stehen mannigfaltige Messmethoden zur Verfügung (Baik et al. 2002; Filho et al. 2001; Lagravère und Major 2005; Moshiri et al. 2007; Ogawa et al. 2007). Die Messpunkt-Ermittlung und die Durchführung der Messung werden durch Subjektivität der auswertenden Person beeinflusst. In einer Studie wurden aus Gründen der Standardisierung und Reproduzierbarkeit die extendierte Gaumenebene bis zum Nasopharynx und die untere Grenze der mandibulären Intersektion mit der hinteren Grenze der Zunge, je parallel zum Boden, als Referenzpunkte gewählt um lineare Messungen zu erheben. (Vizzotto et al. 2012).

In einer anderen Studie wurde eine Bewertung der Genauigkeit einiger kephalometrischer Messungen anhand von menschlichen Schädeln, indem sie DVTs verschiedener Schichtung miteinander vergleichen, erstellt. Daraus folgte der Rückschluss, dass die Messungen der zweidimensionalen Bildgebung beinahe den tatsächlichen Werten entsprechen. Bei den Röntgenbildern, die eine Abweichung aufwiesen, betrug der Wert zwischen 4,6 und 9 Prozent (Moshiri et al. 2007). Ein Vergleich zwischen kephalometrischen Winkeln von Röntgenbildern und linearen Messungen von DVT-Bildern zeigte keinen

signifikanten Unterschied zwischen den Messungen. Bei der Evaluation der antero-posterioren linearen Messungen konnte eine positive Korrelation für alle röntgenologischen Bildgebungsverfahren des Naso- und Oropharynx beobachtet werden (Kumar et al. 2008). Eine weitere Studie zeigte anhand einer Studie über zwei Diagnosemethoden der Atemwegsobstruktion des Nasopharynx eine hohe Sensitivität und eine niedrige Spezifität der röntgenologischen Diagnose im Vergleich mit der endoskopischen Diagnose (Filho et al. 2001). Eine andere Studie untersuchte Patienten mit obstruktiver Apnoe mittels DVT-Bildgebungen (Ogawa et al. 2007). Atemwegsmessungen in axialen Schichtungen zeigten ein signifikant vermindertes Atemwegsvolumen und kürzere Strecken bei Patienten mit Apnoe.

Das FRS ist ein zuverlässiges Instrument der kephalometrischen Analyse und der Atemwegevaluation. Trotz der gemessenen Differenzen zwischen Röntgenbildern und axialer Schichtungen zeigen die Resultate eine eindeutige Korrelation zwischen linearen Messungen, unabhängig von der angewendeten Methodik. Diese besagte Verlässlichkeit der kephalometrischen Analyse der oberen Atemwege im Röntgen sowie DVT kann als Leitfaden während der verschiedenen Phasen der kieferorthopädischen Behandlung betrachtet werden. Somit kommen die Untersucher zu der Schlussfolgerung, dass lineare Messungen eine hohe Reliabilität aufweisen (Vizzotto et al. 2012). Sowohl mit Fernröntgenseitenbildern als auch mittels DVT-Rekonstruktionen kann eine positive Korrelation der Messungen der jeweiligen Areale beobachtet werden.

In dieser Studie soll aus diesem Grunde der „*posterior airway space*“ (PAS) anhand von FRS bei uni- und bignather Operationsmethode ermittelt werden.

## 2.4 Fragestellung

Die Lagebeziehung von Maxilla und Mandibula spielen bei obstruktiven Atemwegsveränderungen im Zusammenhang mit Volumen und Form des PAS eine entscheidende Rolle. Es existiert kein einheitlicher Beleg, ob und welcher chirurgische Eingriff bei Patienten mit skelettaler Klasse III über eine Veränderung der skelettalen und weichgewebigen Komponenten eine Veränderung der Morphologie des PAS verursacht. In vorangegangenen Studien wurden unterschiedliche Ergebnisse dokumentiert, die auf zwei- sowie auch dreidimensionalen Daten und Analysen basieren. Ebenso wurden lediglich die Veränderungen von Le-Fort-I-Osteotomien und mandibulären Rückverlagerungen im Allgemeinen untersucht, nicht jedoch die Ergebnisse bei posteriorer Impaktation der Maxilla und die daraus resultierenden Veränderungen des Knochens und des Weichgewebes. Die Untersuchungen fanden in den meisten Fällen nach einem Kurzzeitintervall statt. Infolgedessen ist keine aussagekräftige Studie über die langfristigen Veränderungen des PAS nach posteriorer Impaktation vorhanden. Bisherige Untersuchungen ergaben große interindividuelle Unterschiede der Messungen des PAS (Achilleos et al. 2000b; Chen et al. 2007; Degerliyurt et al. 2008; Greco et al. 1990a; Hochban et al. 1996; Hong et al. 2011; Park et al. 2012; Riley et al. 1987). Als Gründe für die Variationen der Untersuchungen können neben den unterschiedlichen Gruppengrößen die Variabilität der Weichgewebe im Zusammenhang mit

Kopfhaltung und Atmung sowie die unterschiedlichen Methoden zur Vermessung des PAS angenommen werden.

In dieser retrospektiven Arbeit wurden anhand von FRS die metrischen Parameter des Oro-, Hypo- und Nasopharynx nach uni- und bignather Umstellungsosteotomie mit posteriorer Impaktation einer homogenen Gruppe von Patienten mit skelettaler Klasse III (13 unignath, 18 bignath) mit der Fragestellung untersucht, wie sich die posteriore Impaktation der Maxilla bei erwachsenen Klasse III Patienten auf den Zungen- und Rachenraum auswirkt. Ergänzend wird ein Vergleich der Dimensionsveränderungen hinsichtlich der Operationsmethode angestellt.

# 3 Patienten und Methode

## 3.1 Patienten

Diese retrospektive, longitudinale Studie wurde gemäß den Maßgaben der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der LMU München (Aktenzeichen 159-16 UE, 7.9.2019) durchgeführt.

### 3.1.1 Patientenselektion

Aus 240 chirurgischen Fällen der Poliklinik für Kieferorthopädie der Ludwig-Maximilians-Universität (Zeitraum: 2010-2018) wurden 31 erwachsene Patienten mit skelettaler Klasse III ausgewählt, bei denen aufgrund einer skelettalen sagittalen und vertikalen Diskrepanz des Oberkiefers eine uni- oder bignathe kieferchirurgische Intervention mit posteriorer Impaktation indiziert war (im Folgenden abgekürzt „OP“ genannt). Hinsichtlich des Patientengutes wurden folgende Einschlusskriterien festgelegt:

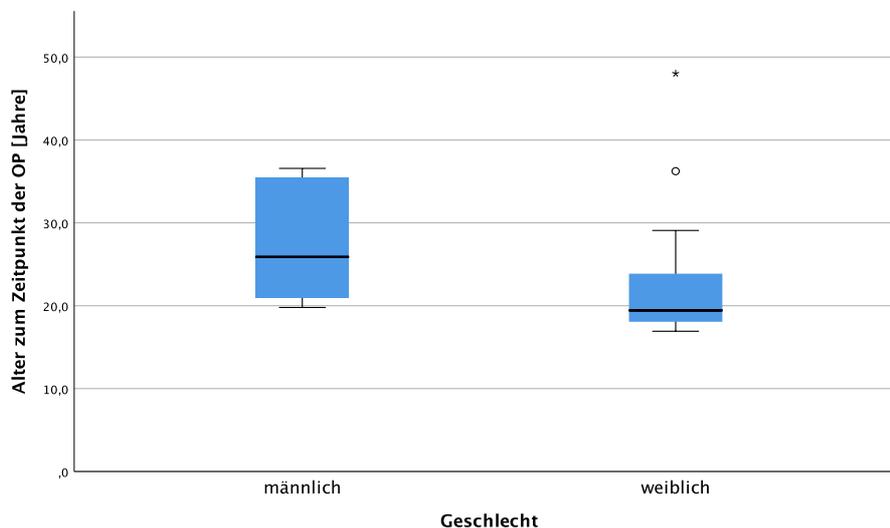
1. Kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgische Therapie mit posteriorer Impaktation der Maxilla
2. Reifegrad: CVM-Stadium 6 (CVS6) (Baccetti et al. 2002; Franchi et al. 2000; Hassel und Farman 1995)
3. Skelettale Klasse III (Beurteilung anhand von ANB, individualisiertem ANB und Wits)
4. Bestehendes FRS mindestens 4 Monate postoperativ

Als Ausschlusskriterien wurden kraniofaziale Syndrome, Lippen-Kiefer-Gaumenspalten und präoperative Traumata festgelegt. Für die Untersuchung wurden nur Daten herangezogen, die eine eindeutige Überlagerung der prä- und postoperativen FRS-Aufnahmen zuließen.

Die Patientengruppe bestand aus 14 männlichen und 17 weiblichen Patienten im Alter von 17-48 Jahren; insgesamt 62 FRS-Aufnahmen wurden ausgewertet (Tabelle 3.1). Davon unterzogen sich 13 Patienten einer unignathen und 18 Patienten einer bignathen, kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Therapie mit posteriorer Impaktation. Die Patienten waren zum Zeitpunkt der kieferchirurgischen Intervention zwischen 16,9 bis 48 Jahre alt (Median: 21,8; Durchschnitt: 25). Insgesamt wurden die Daten von 17 weiblichen Patienten im Alter von 16,9 bis 48 Jahren (Median: 19,4; Durchschnitt: 23) und 14 männlichen Patienten im Alter von 19,8 bis 36,5 Jahren (Median: 25,9; Durchschnitt: 27,5) ausgewertet (Abbildung 3.1).

**Tabelle 3.1.** Deskriptive Statistik der Einschlusskriterien chronologisches Alter („Alter OP“), ANB, individualisierter ANB und Wits für das gesamte Patientenkollektiv differenziert nach OP-Typ (uni- vs. bignath) und Geschlecht (männlich, weiblich).

Parameter	Geschl.	Unignathe OP						Bignathe OP						Gesamtes Patientenkollektiv					
		N	MW	SD	Median	Min.	Max.	N	MW	SD	Median	Min.	Max.	N	MW	SD	Median	Min.	Max.
Alter OP [Jahre]	Männl.	4	27,0	6,1	25,5	21,4	35,4	10	27,7	7,6	25,9	19,8	36,6	14	27,5	6,9	25,9	19,8	36,6
	Weibl.	9	20,9	4,2	18,6	16,9	29,1	8	25,3	11,0	19,6	17,9	48,0	17	23,0	8,2	19,4	16,9	48,0
	Gesamt	13	22,8	5,4	21,8	16,9	35,4	18	26,6	9,0	22,4	17,9	48,0	31	25,0	7,9	21,8	16,9	48,0
ANB [°]	Männl.	4	-0,1	1,0	-0,2	-1,0	1,0	10	-4,4	4,4	-3,5	-15,0	0,6	14	-3,2	4,2	-1,7	-15,0	1,0
	Weibl.	9	0,1	3,0	-0,4	-5,0	4,0	8	-2,2	2,7	-1,5	-6,3	1,0	17	-1,0	3,0	-0,8	-6,3	4,0
	Gesamt	13	0,0	2,5	-0,4	-5,0	4,0	18	-3,4	3,8	-2,6	-15,0	1,0	31	-2,0	3,7	-1,3	-15,0	4,0
Indiv. ANB	Männl.	4	4,7	1,1	4,6	3,4	5,9	10	4,1	2,2	4,2	-0,4	8,1	14	4,3	1,9	4,6	-0,4	8,1
	Weibl.	9	4,8	2,0	4,3	2,2	7,9	8	3,2	2,2	3,0	0,4	7,8	17	4,1	2,2	3,9	0,4	7,9
	Gesamt	13	4,8	1,7	4,3	2,2	7,9	18	3,7	2,2	3,4	-0,4	8,1	31	4,1	2,0	4,3	-0,4	8,1
Wits [mm]	Männl.	4	-1,0	3,6	-1,6	-4,6	4,0	10	-9,2	6,6	-7,5	-26,0	-2,0	14	-6,9	7,0	-6,2	-26,0	4,0
	Weibl.	9	-2,9	6,7	-3,6	-11,6	6,0	8	-5,1	4,1	-6,6	-9,7	0,0	17	-3,9	5,6	-6,1	-11,6	6,0
	Gesamt	13	-2,3	5,8	-2,0	-11,6	6,0	18	-7,4	5,9	-6,9	-26,0	0,0	31	-5,3	6,3	-6,1	-26,0	6,0



**Abbildung 3.1.** Geschlechtsspezifische Verteilung des Patientenalters zum Zeitpunkt der kieferchirurgischen Intervention.

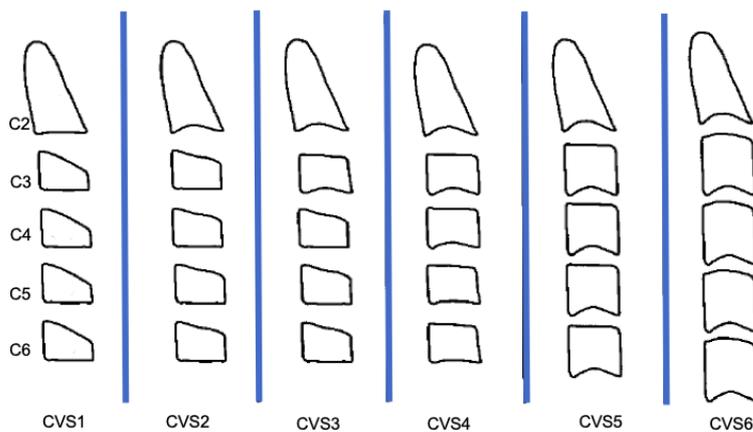
### 3.1.2 Reifegrad (chronologisches Alter und CVM)

Da nicht alle Patienten das 18. Lebensjahr abgeschlossen hatten, wurde zusätzlich die „*Cervical Vertebrae Maturation*“ (CVM) zum Ausschluss eventuell vorhandenen Restwachstums herangezogen (Baccetti et al. 2002). Diese beschreibt die Reifung der Wirbelkörper anhand des FRS im Zusammenhang mit dem Restwachstum der untersuchten Person. Folgende Stadien werden unterschieden (Abbildung 3.2):

*Stadium 1 (CVS1):* Flache Gestaltung der unteren Begrenzung aller zervikaler Wirbel. Die oberen Begrenzungen sind von posterior nach anterior abschüssig gestaltet.

*Stadium 2 (CVS2):* Sichtbarkeit einer Konkavität der unteren Begrenzung von C2. Keine Vergrößerung der anterioren Höhe der Wirbelkörper erkennbar.

- Stadium 3 (CVS3):* Bildung einer Konkavität an der unteren Begrenzung des dritten zervikalen Wirbels.
- Stadium 4 (CVS4):* Bildung einer Konkavität an der unteren Begrenzung des vierten zervikalen Wirbels. Beginnende Konkavitäten an C5 und C6 sind bereits erkennbar. Die Wirbelkörper weisen eine rechteckige Form auf.
- Stadium 5 (CVS5):* Manifestation von Konkavitäten an den unteren Begrenzungen aller 6 zervikalen Wirbel. Die Wirbelkörper weisen eine annähernd quadratische Form auf und Verkleinerung des Abstandes zwischen den Wirbelkörpern.
- Stadium 6 (CVS6):* Stärkere Ausprägung der Konkavitäten. Die Wirbelkörper zeigen eine Zunahme in der Vertikalen.

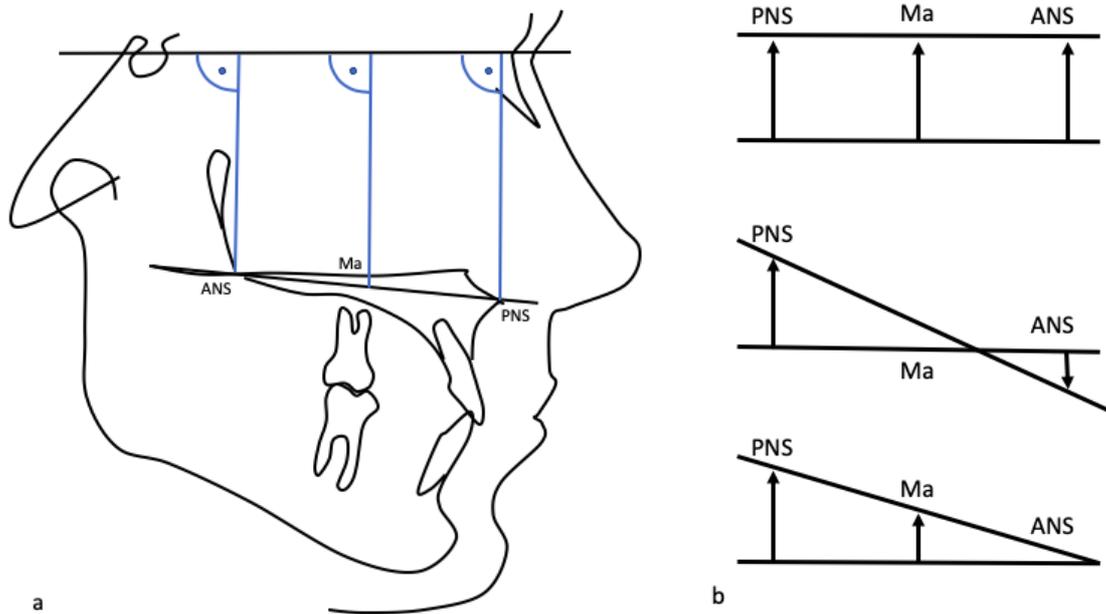


**Abbildung 3.2.** CVM-Stadien, modifiziert nach Baccetti et al. (2002); Franchi et al. (2000); Hassel und Farman (1995); O'Reilly und Yanniello (1988).

In dieser Studie wurden nur Patienten mit abgeschlossenem skelettalem Wachstum, d. h. im CVM-Stadium 6 (CVS6), zur Auswertung herangezogen (Baccetti et al. 2002; Franchi et al. 2000; Hassel und Farman 1995).

### 3.1.3 Kombiniert kieferorthopädisch/kieferchirurgische Therapie mit posteriorer Impaktation

Die Veränderungen der vertikalen Distanz der Nasallinie zur Nasion-Sella-Linie wurden zur Sicherstellung der korrekten OP-Maßnahme prä- und postoperativ vermessen. Hierfür wurden drei Referenzpunkte der Nasallinie gekennzeichnet: die *Spina nasalis posterior* (PNS), die *Spina nasalis anterior* (ANS) und der Maxilla-Punkt (Ma). Dieser wurde auf halbem Wege zwischen PNS und ANS konstruiert. Dann wurden drei Linien im rechten Winkel zur Nasion-Sella-Linie zu den Referenzpunkten konstruiert und deren Länge vermessen (Abbildung 4.3). Durch diese Evaluation wurden 3 von insgesamt 34 Patienten aus dem Patientengut ausgeschlossen, da im FRS keine posteriore Impaktation, sondern lediglich eine Absenkung der *Spina nasalis anterior* erkennbar war (Steinhäuser et al. 2008).



**Abbildungen 3.3.** Überprüfung der posterioren Impaktation (modifiziert nach Steinhäuser et al. (2008)). (a) Messung der Impaktation an drei Referenzpunkten anhand von im rechten Winkel zur Nasion-Sella-Linie verlaufenden Linien. (b) Einteilung der Gruppen von oben nach unten: parallele Impaktation, posteriore Impaktation mit Absenkung der *Spina nasalis anterior* und posteriore Impaktation.

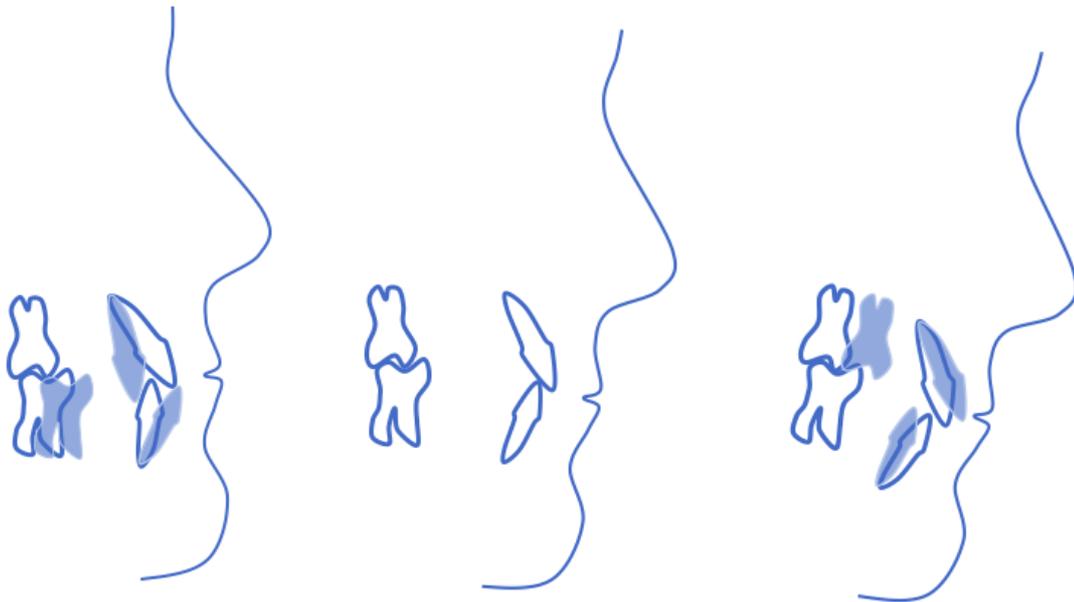
### 3.1.4 Skelettale Klasse III (Beurteilung anhand von ANB, individualisiertem ANB und Wits)

In den Einschlusskriterien wurde festgelegt, dass eine dentale sowie eine skelettale Klasse III bei den zur Auswertung vorliegenden Daten der Patienten vorliegen musste.

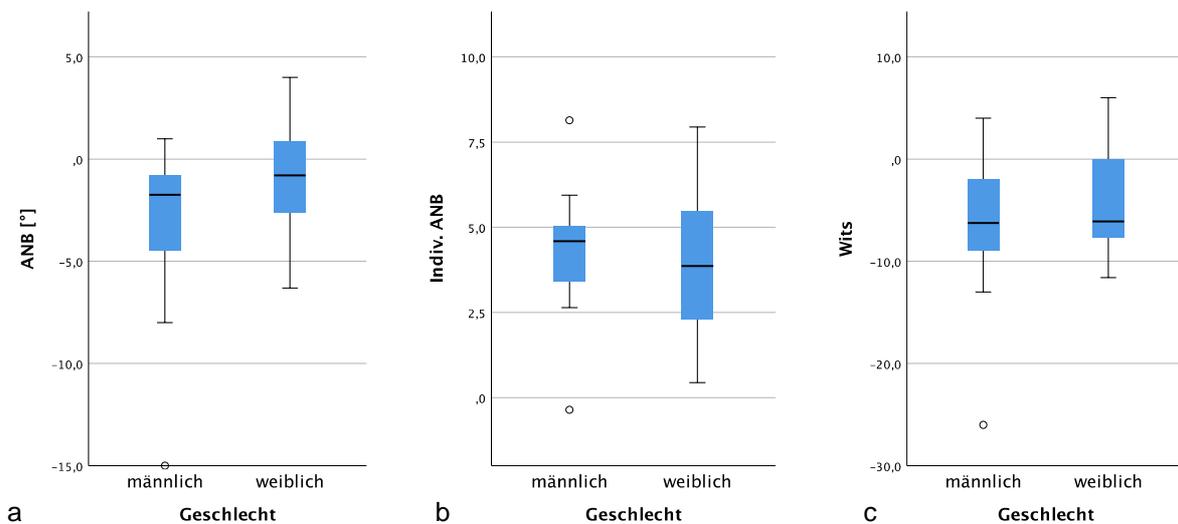
- Der Winkel A-Punkt-Nasion-B-Punkt (ANB) beschreibt die Differenz zwischen A-Punkt und B-Punkt und die sagittale Beziehung der Maxilla und der Mandibula zueinander. Ein großer Winkelwert deutet darauf hin, dass die Maxilla weiter anterior angeordnet ist als die Mandibula. Ein kleiner oder auch negativer Winkelwert beschreibt eine weiter anteriore Lage der Mandibula als der Maxilla. Es wird lediglich die relative Lage der Kiefer beschrieben, die sogenannte Kieferrelation.
- Der individualisierte ANB berücksichtigt die vertikale Positionierung des Oberkiefers (ML-NSL) und ergibt sich aus der Gleichung (Panagiotidis und Witt 1977):
 
$$\text{Indiv. ANB} = -35,16 + 0,4 (\text{SNA}) + 0,2 (\text{ML-NSL}).$$
 Subtrahiert man den Wert des individualisierten ANB vom Wert des ANB, ergibt sich daraus entweder eine mehr ventrale oder eine mehr kaudale Lage des Unterkiefers. Bei Werten  $< -1$  spricht man von einer skelettalen Klasse III.
- Für die Messung des Wits-Wertes wird der Abstand zwischen dem B-Punkt auf der Okklusionsebene (BO) zum A-Punkt auf der Okklusionsebene (AO) in mm gemessen. Bezugsebene ist die Okklusionsebene (Jacobson 1975).

In Abbildung 3.4 wird die Manifestation der skelettalen Klasse III im Vergleich zu anderen Malokklusionen veranschaulicht. Abbildung 3.5 zeigt die geschlechtsspezifische Verteilung

der in dieser Studie eingeschlossenen Patienten hinsichtlich der Einschlusskriterien einer skelettalen Klasse III.



**Abbildung 3.4.** Skelettale Disharmonien und jeweilige dentale Kompensation. Die Incisivenkipung erfolgt in entgegengesetzter Richtung zur Dysgnathie nach lingual oder labial, wohingegen die Dekompensation in umgekehrter Richtung verläuft. (Links) Bei der skelettalen Klasse III erfolgt eine Protrusion der Unterkiefer-Incisiven und eine Retrusion der Oberkiefer-Incisiven. (Mitte) Bei der skelettalen Klasse I stehen die Zähne hier in Neutrallage. (Rechts) Bei der skelettalen Klasse II erfolgt eine Retrusion der nach labial gekippten Unterkiefer-Incisiven und eine Protrusion der nach palatinal gekippten Oberkiefer-Incisiven (modifiziert nach Rudzki-Janson et al. 2011, Abb. 13.3).



**Abbildung 3.5.** Geschlechtsspezifische Verteilung von (a) ANB, (b) individualisiertem ANB und (c) Wits im präoperativen FRS.

### 3.1.5 Fernröntgenseitenbilder

Präoperativ wurde im Zuge der individuellen OP-Planung jeweils zur Erfassung der Ausgangssituation mit kieferorthopädischer Vorbehandlung vor der Dysgnathie-OP (T1) ein FRS generiert. Zusätzlich wurde direkt postoperativ in der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer-, und Gesichtschirurgie des Klinikums der Universität München ein Kontroll-FRS angefertigt, welches aufgrund der eingesetzten OP-Splints nicht für die kephalometrische Auswertung herangezogen werden konnte. Bei allen Patienten wurde mindestens 4 Monate postoperativ (T2) ein weiteres FRS angefertigt. Diese Daten wurden anonymisiert von der Poliklinik für Kieferorthopädie und der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (beide: Klinikum der Universität München) für die vorliegende Untersuchung zur Verfügung gestellt.

## 3.2 Auswertung der Fernröntgenseitenbilder

Vor der Röntgenaufnahme wurden die Patienten gebeten, alle metallischen Gegenstände wie Schmuck oder Brillen abzulegen und während der Aufnahme in zentrischer Okklusion zuzubeißen. Außerdem sollten die Lippen entspannt sein und die Zunge am Gaumen liegen. Die Patienten wurden im FRS mittels einer Kopf- und Kinnstütze in natürlicher Kopfposition und mit der Frankfurter Horizontalen parallel zum Boden positioniert (Solow und Tallgren 1971).

Alle Fernröntgenseitenbilder wurden von der gleichen Person (L. M. P.) ausgewertet. Zur Bestimmung der Intrauntersucher-Genauigkeit wurden 10 zufällig ausgewählte Auswertungen nach einem Monat wiederholt und statistisch ausgewertet (Abschnitt 3.3). Die FRS-Aufnahmen lagen sowohl in analoger ( $n = 28$ ) als auch digitaler Form ( $n = 34$ ) vor. Durch die Digitalisierung der analogen FRS-Aufnahmen kam es bei diesen zu einem Verlust wichtiger, weichgeweblicher Informationen. Daher wurde auf die die Auswertung der analogen FRS-Aufnahmen mit einem Computer-Programm verzichtet. Stattdessen wurden alle FRS-Auswertungen manuell mittels Durchzeichnung auf einem Leuchtkasten durchgeführt. Die Auswertungen erfolgten daher anhand der präoperativen (T1) und postoperativen FRS-Aufnahmen (mindestens vier Monate postoperativ) (T2).

### 3.2.1 Kephalemetrische Auswertung

Die ausgewerteten FRS zeigten jeweils die Ausgangssituation mit kieferorthopädischer Vorbehandlung vor der OP (T1) und die Folgesituation (T2) nach einem Langzeitintervall mindestens 4 Monaten. Da sich alle Patienten bereits im Erwachsenenalter befanden und somit kein Wachstum mehr zu erwarten war, ist dies als akzeptables Zeitintervall anzusehen (Franchi et al. 2000). Die Referenzpunkte und -strecken zur Beurteilung der Atemwegsdimensionen und der Zungenposition zeigt Abbildung 3.6. Ergänzend wurden ausgewählte kephalometrische Referenzpunkte und -linien nach Segner und Hasund (2003) vermessen, die für die Evaluation des PAS relevant erschienen (Oz et al. 2013):

N-Nasion	Anteriorster Punkt der <i>Sutura nasofrontalis</i> in der Median-Sagittal-Ebene
S-Sella	Konstruierter Punkt im Zentrum der <i>Sella Turcica</i>
ANS	<i>Spina nasalis anterior</i>
PNS	<i>Spina nasalis posterior</i>
Pog-Pogonion	Anteriorster Punkt auf der Mittellinie der Symphyse
Gn-Gnathion	Anteriorster und inferiorster Punkt des knöchernen Kinns in der Median-Sagittal-Ebene
Me-Menton	Kaudalster Punkt der Symphyse
Go-Gonion	Konstruierter Punkt am Tangentenschnittpunkt der hinteren Ramuslinie mit der Linie des Mandibularplanums
A-Punkt (Subspinale)	Tiefster Punkt der vorderen Kontur des Alveolarfortsatzes der Maxilla in der Median-Sagittal-Ebene
B-Punkt (Supramentale)	Tiefster Punkt der vorderen Kontur des Alveolarfortsatzes der Mandibula in der Median-Sagittal Ebene
Ba-Basion	Posteriorster und kaudalster Punkt des Clivus in der Median-Sagittal-Ebene
Ar-Articulare	Konstruierter Schnittpunkt des Unterrandes der <i>Basis cranii</i> mit der hinteren Kontur des <i>Collum Mandibulae</i>

Die sagittalen Strukturmerkmale des Gesichtsschädels umfassen die antero-posteriore Position der Kiefer, ihr Verhältnis zueinander, sowie ihre Relation zur Schädelbasis. Ober- und Unterkiefer können weiter posterior oder anterior im Viszerokranium angeordnet sein. Eine posteriore Lage beschreibt man als Retrognathie, eine weiter anteriore Lage als Prognathie. Je nach Kiefer wird die maxilläre von der mandibulären Pro- oder Retrognathie unterschieden. Liegt keine Abweichung vor, wird dies als orthognather Ober- bzw. Unterkiefer bezeichnet. Die hier verwendeten sagittale und vertikale Referenzlinien nach Segner und Hasund (2003) waren:

SNA-Winkel	Der Winkel Sella-Nasion-A-Punkt beschreibt die sagittale Position des Oberkiefers im Verhältnis zur anterioren Schädelbasis, die durch die Verbindungslinie Nasion-Sella (NSL) definiert ist. Kleine Werte deuten auf eine maxilläre Retrognathie hin, große Werte sind kennzeichnend für eine maxilläre Prognathie.
SNB-Winkel	Der Winkel Sella-Nasion-B-Punkt beschreibt die sagittale Position der Mandibula. Kleine Messwerte verweisen auf eine mandibuläre Retrognathie, große Messwerte auf eine mandibuläre Prognathie.

- ANB-Winkel Der Winkel A-Punkt-Nasion-B-Punkt beschreibt die Differenz zwischen A-Punkt und B-Punkt und die sagittale Beziehung von Maxilla und Mandibula zueinander. Ein großer Winkelwert deutet darauf hin, dass die Maxilla weiter anterior angeordnet ist als die Mandibula. Ein kleiner oder auch negativer Winkelwert beschreibt eine weiter anteriore Lage der Mandibula in Relation zur Maxilla. Es wird lediglich die relative Lage der Kiefer beschrieben, die sogenannte Kieferrelation.
- NL-NSL-Winkel Der Winkel zwischen der Oberkieferbasis (NL) und der anterioren Schädelbasis (NSL) beschreibt die Neigung des Oberkiefers gegenüber der anterioren Schädelbasis. Große Werte dieses Winkels sind das Resultat einer posterioren Neigung des Oberkiefers. In solchen Fällen wirkt das Mittengesicht überdimensioniert, daher wird dies oft als „vertikaler Überschuss des Oberkiefers“ (*vertical excess*) bezeichnet (Segner und Hasund 2003). Bei kleinen Winkelwerten liegt eine anteriore Neigung der Maxilla vor, was genau das Gegenteil darstellt.
- ML-NSL-Winkel Die Neigung der Mandibula gegenüber der anterioren *Basis Cranii* wird durch den Winkel zwischen Unterkieferbasis (ML) und der vorderen Schädelbasis (NSL) definiert. Große Winkelwerte sprechen für eine posteriore Neigung des Unterkiefers. Eine massive posteriore Neigung zeigt sich bei Fällen mit „vertikalem Überschuss der Mandibula“ (Segner und Hasund 2003). In der Regel liegt in solchen Fällen auch ein übermäßig großer Kieferwinkel (ArGoMe) vor. Die Höhe des unteren Gesichtsdrittels ist gesteigert. Je nach vertikaler Ausdehnung des Alveolarfortsatzes zeigt sich ein mehr oder weniger ausgeprägt offener Biss. Kleinere Werte dieses Winkels kommen bei einer anterioren Neigung der Mandibula vor. Diese Konfigurationen treten gehäuft bei horizontalem Gesichtsschädelaufbau mit tiefem Biss auf.
- ML-NL-Winkel Der Winkel zwischen Oberkieferbasis (NL-Ebene) und Unterkieferbasis (ML-Ebene) wird auch als Kieferbasiswinkel bezeichnet. Er beschreibt den Öffnungswinkel zwischen den beiden Kieferbasen. Ein großer Winkel („Hyperdivergenz, skelettal offener Biss“) steht meist mit einem offenen oder zumindest tendenziell offenen Biss in Verbindung (Segner und Hasund 2003). Dieser Winkel ist von großer Bedeutung in Bezug auf die Entscheidung, ob Platz durch Distalisation der Molaren oder durch Extraktion gewonnen werden kann. Liegt ein großer Interbasenwinkel in Kombination mit einem geringen Overbite oder gar offenem Biss vor, ist die Platzbeschaffung durch Distalisation streng kontraindiziert. Kleine Interbasenwinkel (Hypodivergenz, skelettaler Tiefbiss) treten zumeist in Kombination mit einem dentalen Tiefbiss auf. Extraktionsmaßnahmen sind in derartigen Fällen mit Vorbehalt zu sehen, da eine weitere Verstärkung des

Tiefbisses droht. Der ML-NL-Winkel wird gemäß der Gleichung  $ML-NL = ML-NSL - NL-NSL$  bestimmt.

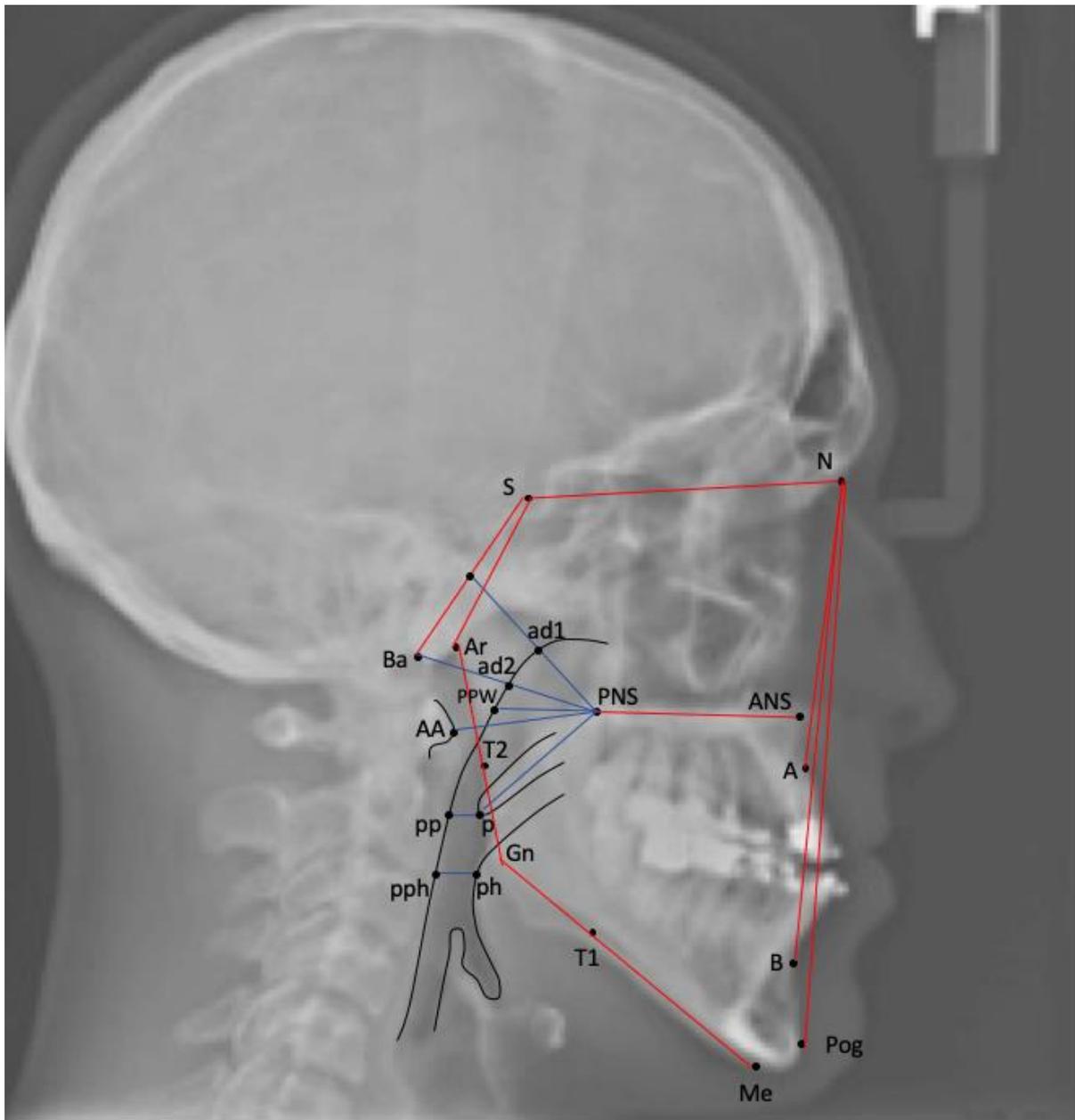
SNPog-Winkel	Die sagittale Position der Mandibula wird durch den Winkel SNPog beschrieben. Der Punkt Pogonion liegt an der ventralsten Stelle der Symphyse. Durch den SNPog- sowie durch den SNB-Winkel wird im Großen und Ganzen dasselbe Verhältnis ausgedrückt. Vereinzelt kommen Differenzen dieser zwei Messungen vor, wodurch eine Abschätzung der sagittalen Position der Zähne auf dem <i>Corpus Mandibulae</i> und der Anatomie des knöchernen Kinns ermöglicht wird. Bei Fällen mit Distalokklusion ist dies ein bedeutender Faktor zur Differentialdiagnostik.
NSBa-Winkel	Der Winkel Nasion-Sella-Basion beschreibt das Ausmaß der Schädelbasisknickung. Er gehört zu den sagittalen Strukturmerkmalen, da ein Zusammenhang zwischen der sagittalen Ausdehnung des Viszerokraniums und der Schädelbasisknickung besteht: Besteht ein kleiner NSBa-Winkel sind häufiger prognathe Kiefer anzutreffen als bei einem großen NSBa-Winkel. Dieser Winkel ist therapeutisch und wird nur zur synoptischen Beurteilung herangezogen.
NSAr-Winkel	Der Sellawinkel wird am Schnittpunkt der vorderen Schädelbasis (NSL) mit der hinteren Schädelbasis (SAr) gemessen. Er gibt die Lage der Gelenkgrube an.
SArGo-Winkel	Der Gelenkwinkel wird durch SAr und der Tangente an den aufsteigenden Ast des Unterkiefers (Go) gebildet.
Wits	Bezugsebene ist die Okklusionsebene. Auf dieser wird der Abstand in mm zwischen BO (B-Punkt auf der Okklusionsebene) zu AO (A-Punkt auf der Okklusionsebene) gemessen (Jacobson 1975).

### 3.2.2 Vermessung des *Posterior Airway Space* (PAS) im FRS

In Anlehnung an die Studie von Oz et al. (2013) wurden im FRS folgende Strecken zur Bestimmung des *Posterior Airway Space* (PAS) vermessen (Abb. 3.6):

ad1-PNS	ad1: Schnittpunkt der Rachenhinterwand mit der Strecke vom Mittelpunkt der Linie S zu Ba und PNS
ad2-PNS	ad2: Schnittpunkt der Rachenhinterwand mit der Strecke PNS-Ba
AA-PNS	AA: vorderster Punkt des Atlaswirbels zur <i>Spina nasalis posterior</i>
p-pp	p: Spitze des weichen Gaumens, pp: Gegenpunkt an der hinteren Rachenwand

ph-pph	Horizontale Gegenpunkte der vorderen und hinteren Rachenwand an der engsten Stelle des Oropharynx
PNS-p <sup>°</sup>	Winkel von ANS-PNS zu p
PNS-p	Strecke zwischen PNS und p
ANSPNS-PPW	(ANS)PNS-PPW: Dimension des Nasopharynx als Strecke von PNS bis zur Rachenhinterwand entlang der Palatinalebene.



**Abbildung 3.6.** Darstellung der gemessenen Strecken der Weichteile anhand des Fernröntgenseitenbildes (modifiziert nach Oz et al. 2013). Schwarz: Nachzeichnung der relevanten anatomischen Strukturen; Rot: Kephalometrische Referenzpunkte und -linien nach Segner und Hasund (2003); Blau: Spezialauswertung der Strecken des PAS nach Oz et al. (2013).

### 3.3 Statistische Auswertung

Die ermittelten Messgrößen aus den röntgenologischen Untersuchungen vor und nach der posterioren Impaktation wurden mit SPSS® Version 25 (*Statistical Package for Social Sciences*; IBM Corp., Armonk, NY, USA) ausgewertet und mittels Mittelwert, Standardabweichung, Median und Minimal-/Maximalwert tabelliert. Aufgrund der nichtparametrischen Auswertung (s. u.) bezog sich die Beschreibung im Text – wenn nicht anders erwähnt – auf Median und Bereich (Minimal- und Maximalwert). Zusätzlich wurden die Differenzen für die einzelnen Messparameter zwischen FRS2 (Post-OP) und FRS1 (Prä-OP) berechnet.

Für diese Studie wurden die oben beschriebenen Winkel- und -Streckenparameter verwendet. Zur Bestimmung der Intra-Untersucher-Genauigkeit wurden 10 zufällig ausgewählte Röntgenaufnahmen vier Wochen nach der ersten Vermessung erneut ausgewertet. In allen untersuchten Messgrößen lag der Intraklassen-Korrelationskoeffizient (ICC) über 0,9 (Tabelle 3.2). Dies deutet auf eine sehr gute Übereinstimmung hin.

**Tabelle 3.2.** Intraklassen-Korrelationskoeffizient (ICC) für die beschriebenen Winkel- und Streckenparameter.

Messgröße	ICC	Messgröße	ICC
SNA	0,999	ad2_PNS	0,993
SNB	0,999	AA_PNS	0,996
ANB	0,995	p_pp	0,960
NSBa	0,999	ph_pph	0,956
NL-NSL	0,989	PNS_p_g	0,995
ML_NSL	0,998	PNS_p_m	0,994
ad1_PNS	0,994		

Mittels Shapiro-Wilk-Test wurden die Messgrößen auf Normalverteilung überprüft. Aufgrund der geringen Stichprobengröße ( $n = 31$ ) und der Abweichung einiger Messgrößen von der Annahme der Normalverteilung wurden nicht-parametrische Verfahren verwandt: mittels Mann-Whitney-U-Test wurde getestet, ob sich die Messgrößen hinsichtlich des OP-Typs (uni- vs. bignath) oder des Geschlechts (männlich/weiblich) unterschieden. Der Wilcoxon-Ranksummen-Test für verbundene Stichproben wurde genutzt, um auf mögliche Unterschiede zwischen Post- und Prä-OP zu testen. Zusätzlich wurden die Messparameter-Differenzen (FRS2-FRS1) mittels Wilcoxon-Vorzeichen-Ranktest überprüft. Der Kruskal-Wallis-Test wurde genutzt, um auf Unterschiede zwischen den Merkmalskombinationen Geschlecht und OP-Typ zu testen. Hierzu wurde eine zusätzliche „Dummy“-Variable eingeführt: „1“ – männlich, unignathe OP ( $n = 4$ ); „2“ – männlich, bignathe OP ( $n = 10$ ); „3“ – weiblich, unignathe OP ( $n = 9$ ); „4“ – weiblich, bignathe OP ( $n = 8$ ). Multiples Testen wurde mittels Bonferroni-Korrektur korrigiert. In allen Fällen wurde ein zweiseitiges Signifikanzniveau von  $p < 0,05$  angenommen.

# 4 Ergebnisse

Um eine klare Strukturierung sowie Differenzierung der Ergebnisse zu ermöglichen, wurden die Weichgewebe- und Hartgewebeparameter getrennt voneinander untersucht.

## 4.1 Veränderungen in den Weichgewebe-Parametern

### 4.1.1 Geschlechtsspezifische Unterschiede

Da eine Geschlechtsabhängigkeit der Weichgewebe-Parameter im Prä- bzw. Post-OP-FRS nicht ausgeschlossen werden konnte, wurde dies zuerst mittels Mann-Whitney U-Test überprüft (Tabelle 4.1; Abbildung 4.1). Bis auf die Weichgewebe-Strecke „ph-pph“ und den Weichgewebe-Winkel „PNS-p“ zeigten die Messungen prä-, post- oder prä-/postoperative signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern.

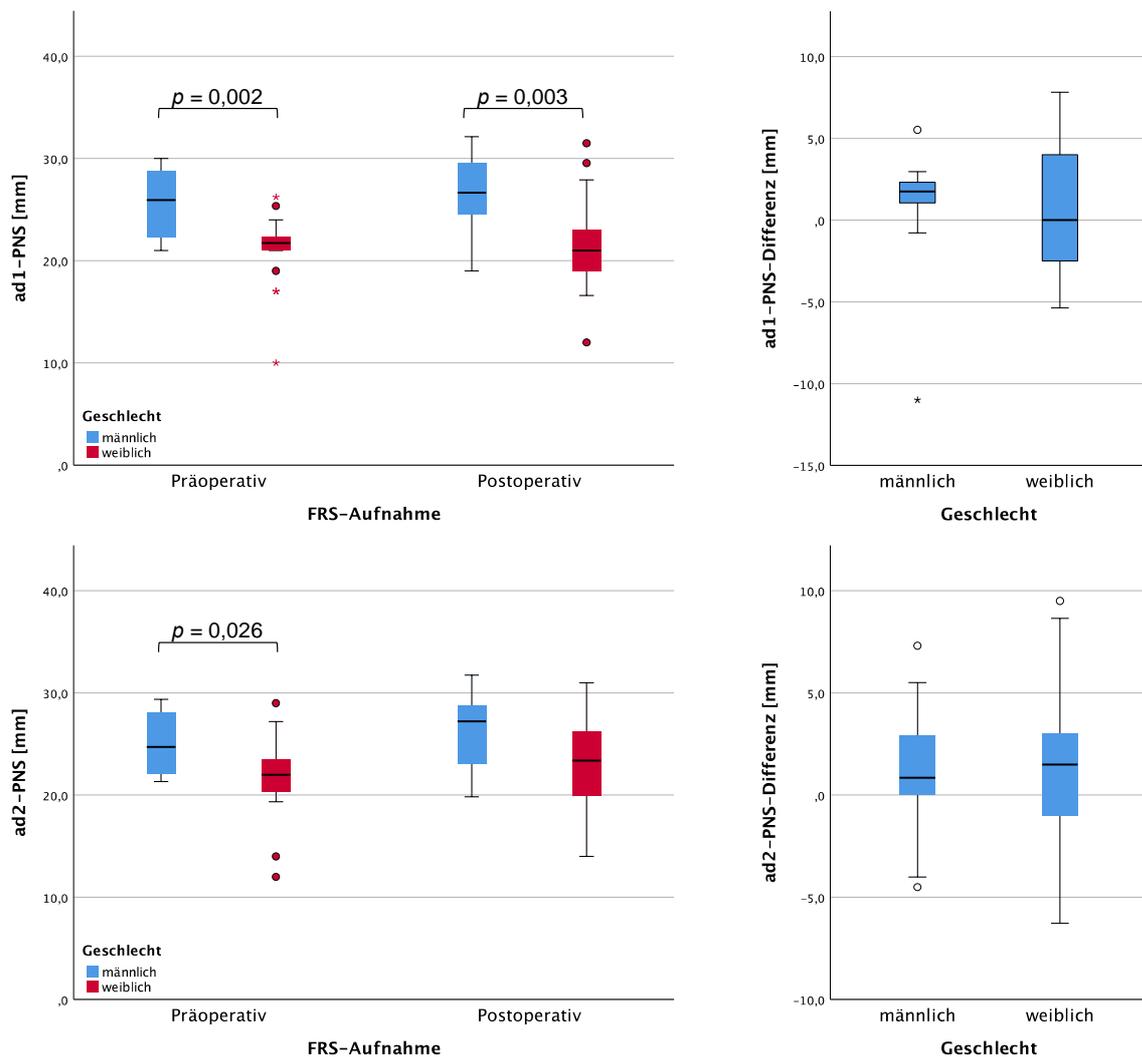
**Tabelle 4.1.** Deskriptive Statistik der Weichgewebe-Parameter prä- und postoperativ für männliche und weibliche Patienten. Angegeben sind Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Median, minimaler und maximaler Wert. P-Werte und Signifikanzniveau des Mann-Whitney-U-Tests (männlich vs. weiblich) (n.s., nicht signifikant; \*,  $p < 0,05$ ; \*\*,  $p < 0,01$ ; \*\*\*,  $p < 0,001$ ).

Parameter	Aufnahme	Männlich (n = 14)					Weiblich (n = 17)					P-Wert	Sig.-niveau
		MW	SD	Median	Min.	Max.	MW	SD	Median	Min.	Max.		
ad1-PNS [mm]	Prä	25,8	3,4	25,9	21,0	30,0	21,1	3,8	21,7	10,0	26,2	0,002	**
	Post	26,8	3,8	26,7	19,0	32,1	21,4	4,9	21,0	12,0	31,5	0,003	**
ad2-PNS [mm]	Prä	25,1	3,0	24,7	21,3	29,4	21,9	4,2	22,0	12,0	29,0	0,026	*
	Post	26,2	3,6	27,2	19,8	31,7	23,1	5,1	23,4	14,0	31,0	0,084	n.s.
p-pp [mm]	Prä	12,4	2,3	13,0	8,5	15,0	10,4	2,6	10,0	6,0	15,6	0,048	*
	Post	11,8	5,0	11,0	6,5	24,0	10,2	2,8	9,4	7,0	17,0	0,570	n.s.
ph-pph [mm]	Prä	12,0	3,7	12,2	6,5	21,0	10,2	4,2	9,0	5,5	21,0	0,109	n.s.
	Post	10,7	3,8	10,2	7,0	22,5	9,8	3,3	9,0	5,5	19,6	0,399	n.s.
PNS-p [°]	Prä	121,7	8,0	119,5	108,0	134,0	120,3	13,7	120,0	75,0	138,0	0,891	n.s.
	Post	121,5	5,2	122,0	111,5	132,0	122,9	7,7	122,5	110,0	137,5	0,653	n.s.
PNS-p [mm]	Prä	38,7	6,4	38,9	28,5	50,4	31,7	3,4	31,5	27,0	38,0	0,001	***
	Post	39,1	6,2	38,7	28,5	51,5	32,3	5,0	32,0	21,0	40,4	0,004	**
PNS-PPW [mm]	Prä	24,8	3,7	23,3	21,0	31,5	22,2	4,5	22,0	12,0	30,5	0,128	n.s.
	Post	27,5	3,3	28,0	21,0	31,5	23,6	5,2	22,5	12,5	31,5	0,026	*

Die durch die Operation hervorgerufenen Änderungen der Weichgewebe-Parameter wurden ebenfalls auf Geschlechtsspezifität analysiert (Tabelle 4.2, Abbildung 4.1). Keine der Weichgewebe-Parameter-Änderungen zeigte eine Geschlechtsspezifität (Mann-Whitney U-Test;  $p \geq 0,200$ ).

**Tabelle 4.2.** Deskriptive Statistik der Weichgewebe-Parameter-Veränderungen für männliche und weibliche Patienten. Angegeben sind Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Median, minimaler und maximaler Wert. *P*-Werte und Signifikanzniveau des Mann-Whitney-U-Tests (männlich vs. weiblich) (n.s., nicht signifikant).

Parameter	Männlich (n = 14)					Weiblich (n = 17)					P-Wert	Sig-niveau
	MW	SD	Median	Min.	Max.	MW	SD	Median	Min.	Max.		
ad1-PNS-Differenz [mm]	0,9	3,7	1,8	-11,0	5,5	0,4	4,1	0,0	-5,4	7,8	0,468	n.s.
ad2-PNS-Differenz [mm]	1,2	3,4	0,8	-4,5	7,3	1,2	4,2	1,5	-6,3	9,5	0,922	n.s.
p-pp-Differenz [mm]	-0,6	4,2	-0,6	-7,0	9,0	-0,3	1,8	-0,1	-4,0	2,2	0,625	n.s.
ph-pph-Differenz [mm]	-1,3	3,9	-1,0	-10,0	6,5	-0,4	3,8	0,0	-11,5	4,1	0,200	n.s.
PNS-p-Differenz [°]	-0,2	6,1	-0,5	-11,5	10,0	2,6	10,0	1,0	-9,5	35,0	0,710	n.s.
PNS-p-Differenz [mm]	0,4	4,1	0,1	-7,7	8,0	0,7	3,8	0,0	-7,0	9,0	0,922	n.s.
PNS-PPW-Differenz [mm]	2,7	3,7	2,8	-3,5	10,5	1,4	5,4	1,0	-11,5	13,0	0,653	n.s.



**Abbildung 4.1.** Fortsetzung auf der nächsten Seite.

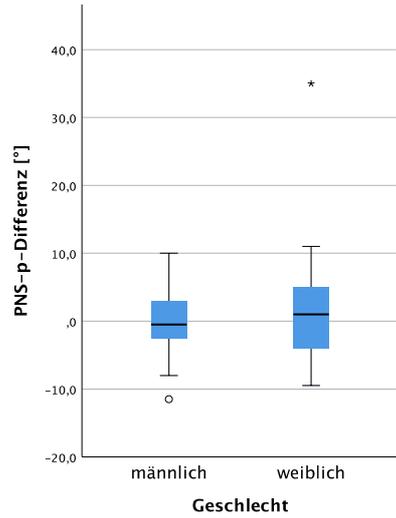
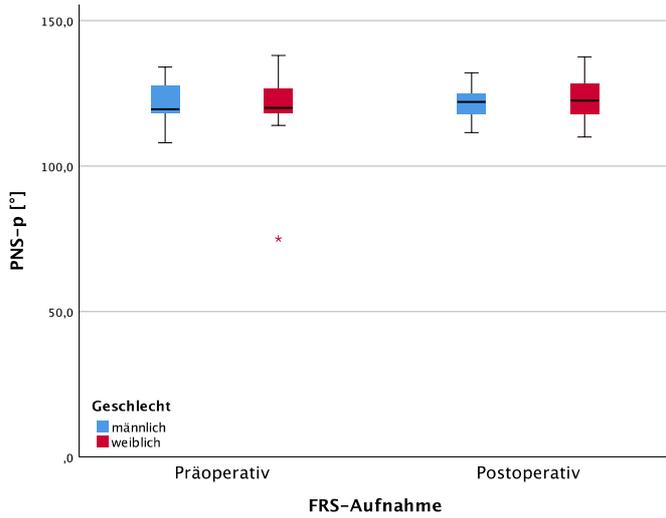
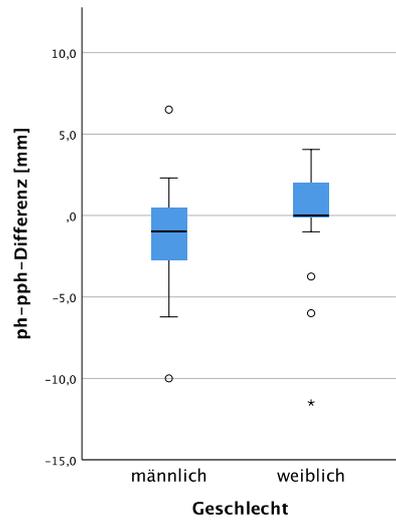
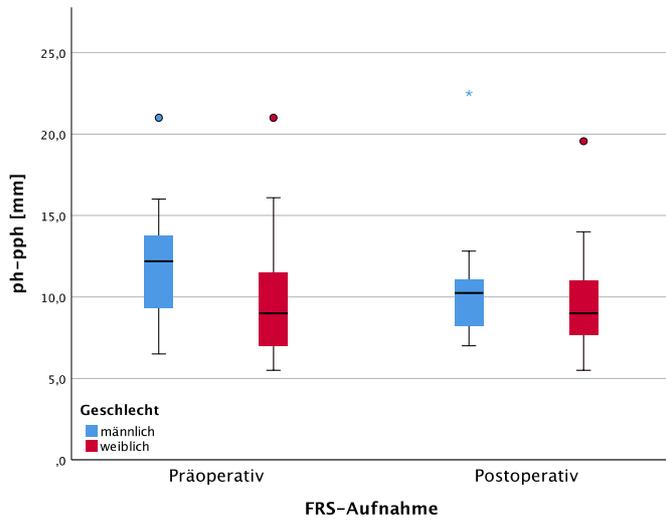
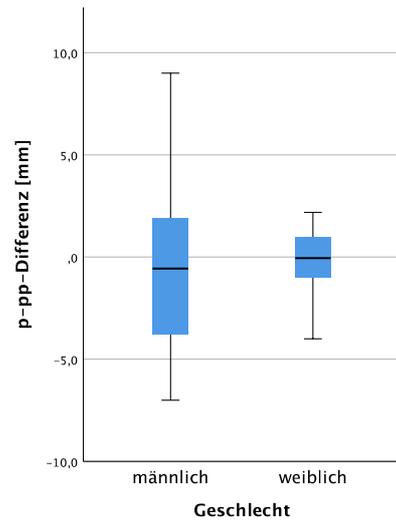
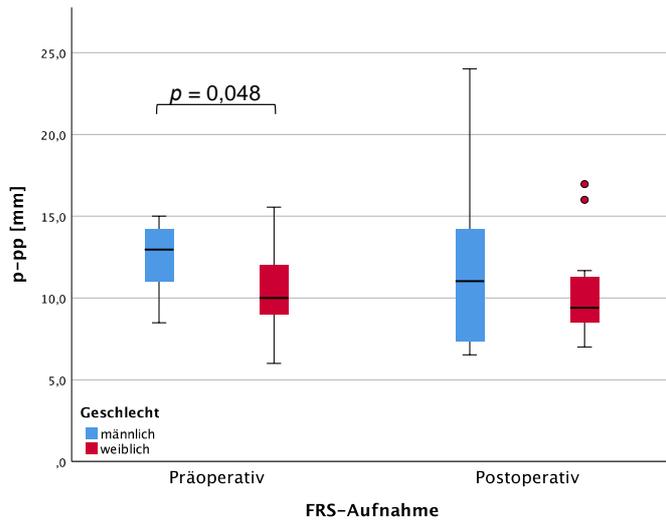
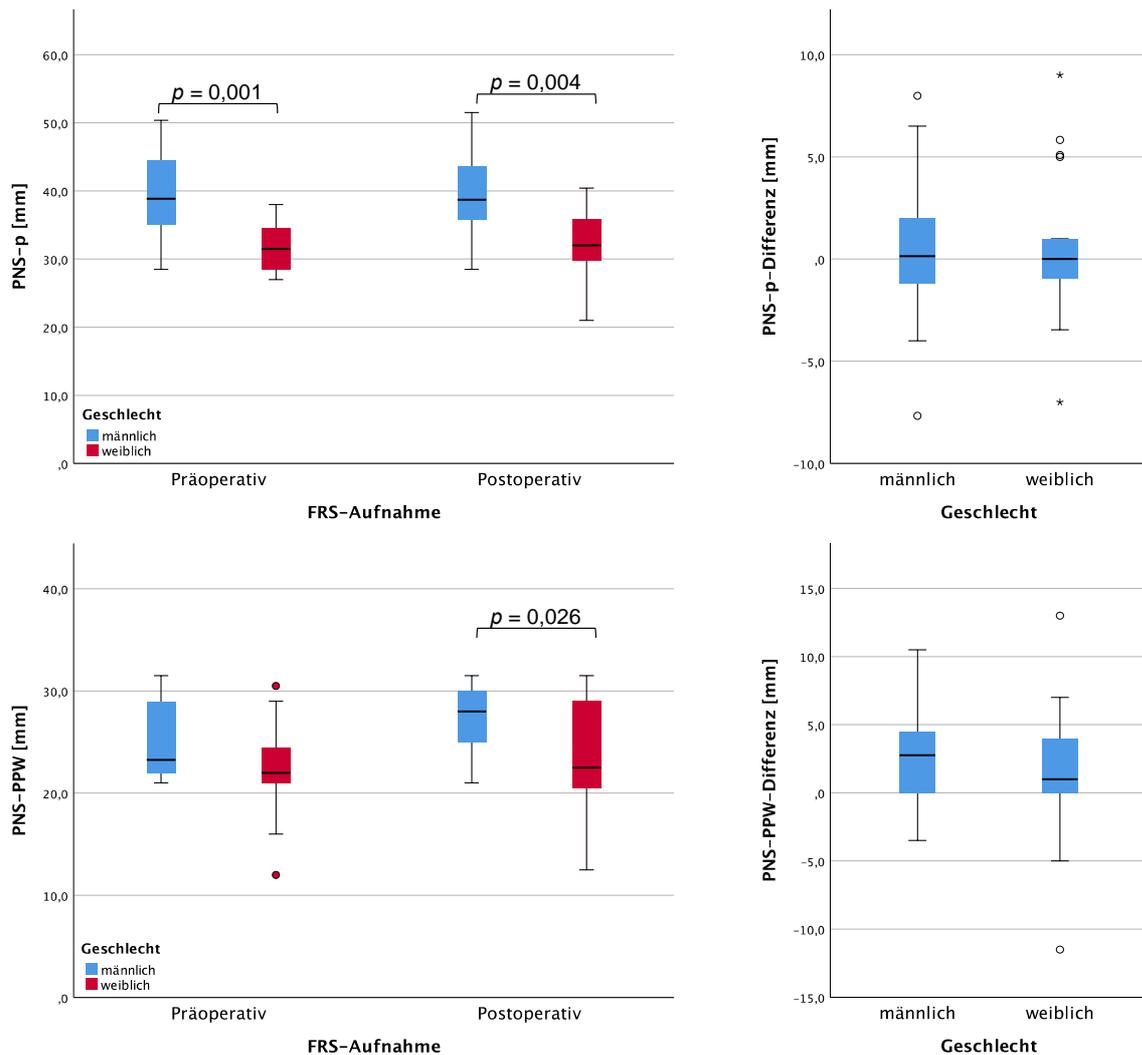


Abbildung 4.1. Fortsetzung auf der nächsten Seite.



**Abbildung 4.1.** Geschlechtsspezifische Verteilung der Weichgewebeparameter (links) prä- und postoperativ und (rechts) die Veränderung („Differenz“) post- vs. präoperativ. Signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern sind mittels  $p$ -Wert des entsprechenden Mann-Whitney-U-Tests gekennzeichnet (Tabellen 4.1 und 4.2).

#### 4.1.2 Unterschiede abhängig vom OP-Typ

Die OP wurde sowohl uni- als auch bignath durchgeführt. Daher wurde zusätzlich statistisch überprüft, ob sich die prä- bzw. postoperativen Weichgewebe-Parameter in Bezug auf den OP-Typ unterschieden (Tabelle 4.3). Aufgrund der geringen Fallzahlen und der Abweichung von der Annahme der Normalverteilung (Shapiro-Wilk-Test;  $p < 0,05$ ) wurde bei einigen Messparametern der Mann-Whitney U-Test verwendet, um mögliche Unterschiede zwischen uni- und bignather OP aufzuzeigen. Bis auf den Parameter „ph-pph“ im präoperativen FRS ( $p = 0,025$ ) unterschieden sich in Bezug auf den OP-Typ keiner der anderen Weichgewebe-Parameter signifikant (Tabelle 4.3;  $p \geq 0,082$ ).

Die OP-Typ-abhängigen Veränderungen in den Weichgewebeparametern wurden ebenfalls überprüft (Tabelle 4.4); ein statistisch signifikanter Unterschied in diesen zwischen uni- und bignather OP konnte nicht festgestellt werden (Mann-Whitney U-Test;  $p \geq 0,068$ ).

**Tabelle 4.3.** Deskriptive Statistik der Weichgewebe-Parameter prä- und postoperativ für uni- und bignathe OP. Angegeben sind Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Median, minimaler und maximaler Wert. *P*-Werte und Signifikanzniveau des Mann-Whitney-U-Tests (uni- vs. bignath) (n.s., nicht signifikant; \*,  $p < 0,05$ ).

Parameter	FRS	Unignath (n = 13)					Bignath (n = 18)					P-Wert	Sig.-niveau
		MW	SD	Median	Min.	Max.	MW	SD	Median	Min.	Max.		
ad1-PNS [mm]	Prä	22,0	5,2	21,5	10,0	29,8	24,1	3,5	23,1	17,0	30,0	0,157	n.s.
	Post	23,9	5,6	23,0	12,0	32,1	23,7	4,9	23,8	16,6	31,6	0,679	n.s.
ad2-PNS [mm]	Prä	23,5	5,6	23,0	12,0	29,4	23,2	2,6	22,7	19,3	28,9	0,489	n.s.
	Post	24,7	5,3	26,0	14,0	31,7	24,4	4,3	24,7	16,6	31,0	0,650	n.s.
p-pp [mm]	Prä	10,5	2,5	10,0	6,0	15,0	11,9	2,6	12,6	7,0	15,6	0,196	n.s.
	Post	11,3	4,6	10,2	7,0	24,0	10,6	3,6	9,3	6,5	17,0	0,594	n.s.
ph-pph [mm]	Prä	9,6	4,5	8,5	5,5	21,0	12,1	3,4	11,8	7,0	21,0	0,025	*
	Post	9,9	4,2	9,0	5,5	22,5	10,5	3,0	9,9	7,0	19,6	0,258	n.s.
PNS-p [°]	Prä	119,9	14,9	120,0	75,0	134,0	121,7	8,3	120,0	108,0	138,0	0,859	n.s.
	Post	121,7	6,9	124,0	110,0	132,0	122,7	6,5	122,0	111,5	137,5	0,953	n.s.
PNS-p [mm]	Prä	32,9	4,2	34,0	27,0	39,7	36,3	6,8	36,0	28,0	50,4	0,196	n.s.
	Post	32,8	5,6	34,2	21,0	40,4	37,3	6,5	37,0	29,0	51,5	0,082	n.s.
PNS-PPW [mm]	Prä	22,0	5,3	21,5	12,0	31,5	24,3	3,3	23,3	21,0	30,5	0,157	n.s.
	Post	25,4	5,3	26,0	12,5	31,5	25,3	4,6	25,0	18,0	31,5	0,828	n.s.

**Tabelle 4.4.** Deskriptive Statistik der Veränderungen der Weichgewebeparameter post- vs. präoperativ in Abhängigkeit vom OP-Typ (uni- vs. bignath). Angegeben sind Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Median, minimaler und maximaler Wert, *P*-Wert und Signifikanzniveau des Mann-Whitney-U-Tests (uni- vs. bignath) (n.s., nicht signifikant).

Parameter	Unignath (n = 13)					Bignath (n = 18)					P-Wert	Sig.-niveau
	MW	SD	Median	Min.	Max.	MW	SD	Median	Min.	Max.		
ad1-PNS-Differenz [mm]	1,9	2,7	2,0	-2,5	6,0	-0,3	4,4	0,0	-11,0	7,8	0,115	n.s.
ad2-PNS-Differenz [mm]	1,2	2,9	0,1	-3,2	8,6	1,2	4,4	1,6	-6,3	9,5	0,767	n.s.
p-pp-Differenz [mm]	0,8	3,3	1,0	-4,0	9,0	-1,3	2,7	-0,5	-7,0	3,2	0,082	n.s.
ph-pph-Differenz [mm]	0,3	4,4	0,0	-11,5	6,5	-1,6	3,2	-0,9	-10,0	3,5	0,068	n.s.
PNS-p-Differenz [°]	1,8	11,4	-2,0	-8,0	35,0	1,0	5,9	1,3	-11,5	10,0	0,489	n.s.
PNS-p-Differenz [mm]	-0,1	4,0	-0,5	-7,0	6,5	1,0	3,9	0,6	-7,7	9,0	0,332	n.s.
PNS-PPW-Differenz [mm]	3,4	4,1	3,0	-1,0	13,0	1,0	4,9	1,3	-11,5	10,5	0,373	n.s.

### 4.1.3 Zusammenfassung

Da weder geschlechtsspezifische Unterschiede noch Unterschiede bezüglich des OP-Typs in den Weichgewebe-Parametern festgestellt wurden, war eine separate Betrachtung nicht notwendig. In Tabelle 4.5 und Abbildung 4.2 ist die deskriptive Statistik der Weichgewebe-Parameter zusammengefasst.

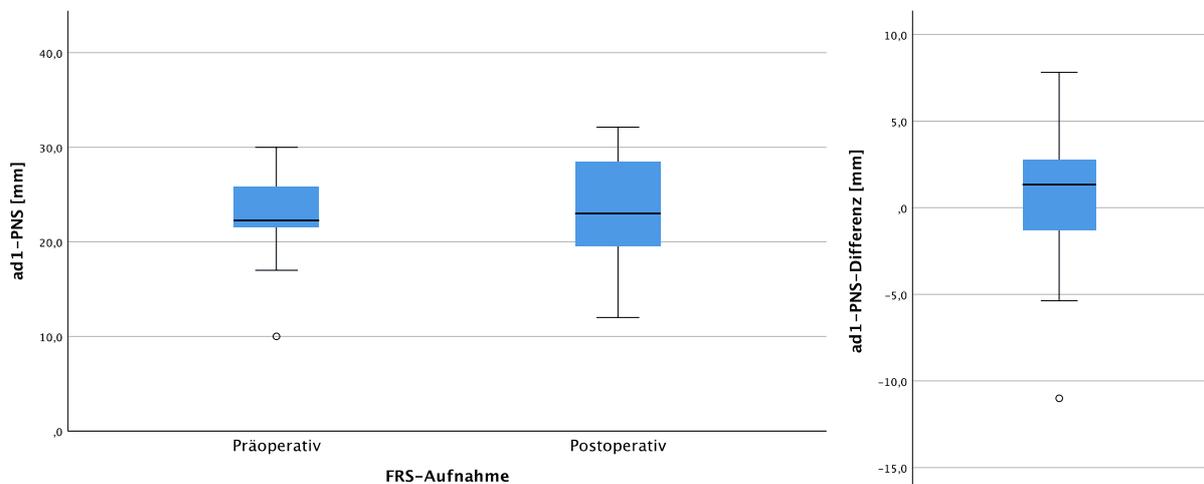
Um mögliche Unterschiede zwischen prä- und postoperativen Messungen der Weichgewebeparameter aufzuzeigen, wurde der Wilcoxon-Ranksummen-Test für verbundene Messungen angewandt. Von einer parametrischen Analyse wurde aufgrund der geringen Fallzahlen und der Abweichung von der Annahme der Normalverteilung (Shapiro-Wilk-Test;  $p < 0,05$ ) bei einigen Messparametern abgesehen (Tabelle 4.5). Die Veränderungen FRS2-FRS1 wurden in Tabelle 4.6 zusammengefasst und in Abbildung 4.2 dargestellt.

**Tabelle 4.5.** Deskriptive Statistik der Weichgewebeparameter prä- und postoperativ. Angegeben sind Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Median, minimaler und maximaler Wert, und P-Werte und Signifikanzniveau des Wilcoxon-Ranksummen-Tests für verbundene Messungen (prä- vs. postoperativ) (n.s., nicht signifikant; \*,  $p < 0,05$ ).

Parameter	Präoperatives FRS1 (n = 31)					Postoperatives FRS2 (n = 31)					P-Wert	Sign.-niveau
	MW	SD	Median	Min.	Max.	MW	SD	Median	Min.	Max.		
ad1-PNS [mm]	23,2	4,3	22,3	10,0	30,0	23,8	5,1	23,0	12,0	32,1	0,226	n.s.
ad2-PNS [mm]	23,3	4,0	23,0	12,0	29,4	24,5	4,7	24,9	14,0	31,7	0,136	n.s.
p-pp [mm]	11,3	2,6	11,0	6,0	15,6	10,9	4,0	10,0	6,5	24,0	0,381	n.s.
ph-pph [mm]	11,0	4,0	10,0	5,5	21,0	10,2	3,5	9,7	5,5	22,5	0,361	n.s.
PNS-p [°]	120,9	11,3	120,0	75,0	138,0	122,3	6,6	122,0	110,0	137,5	0,628	n.s.
PNS-p [mm]	34,8	6,0	34,6	27,0	50,4	35,4	6,4	35,7	21,0	51,5	0,503	n.s.
PNS-PPW [mm]	23,4	4,3	23,0	12,0	31,5	25,4	4,8	25,0	12,5	31,5	0,014	*

**Tabelle 4.6.** Deskriptive Statistik der Veränderungen der Weichgewebeparameter post- vs. präoperativ. Angegeben sind Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Median, minimaler und maximaler Wert (n = 31).

Parameter	MW	SD	Median	Min.	Max.
ad1-PNS-Differenz [mm]	0,6	3,9	1,3	-11,0	7,8
ad2-PNS-Differenz [mm]	1,2	3,8	1,3	-6,3	9,5
p-pp-Differenz [mm]	-0,4	3,1	-0,3	-7,0	9,0
ph-pph-Differenz [mm]	-0,8	3,8	-0,1	-11,5	6,5
PNS-p-Differenz [°]	1,3	8,4	0,0	-11,5	35,0
PNS-p-Differenz [mm]	0,5	3,9	0,1	-7,7	9,0
PNS-PPW-Differenz [mm]	2,0	4,7	2,0	-11,5	13,0



**Abbildung 4.2.** Fortsetzung auf der nächsten Seite.

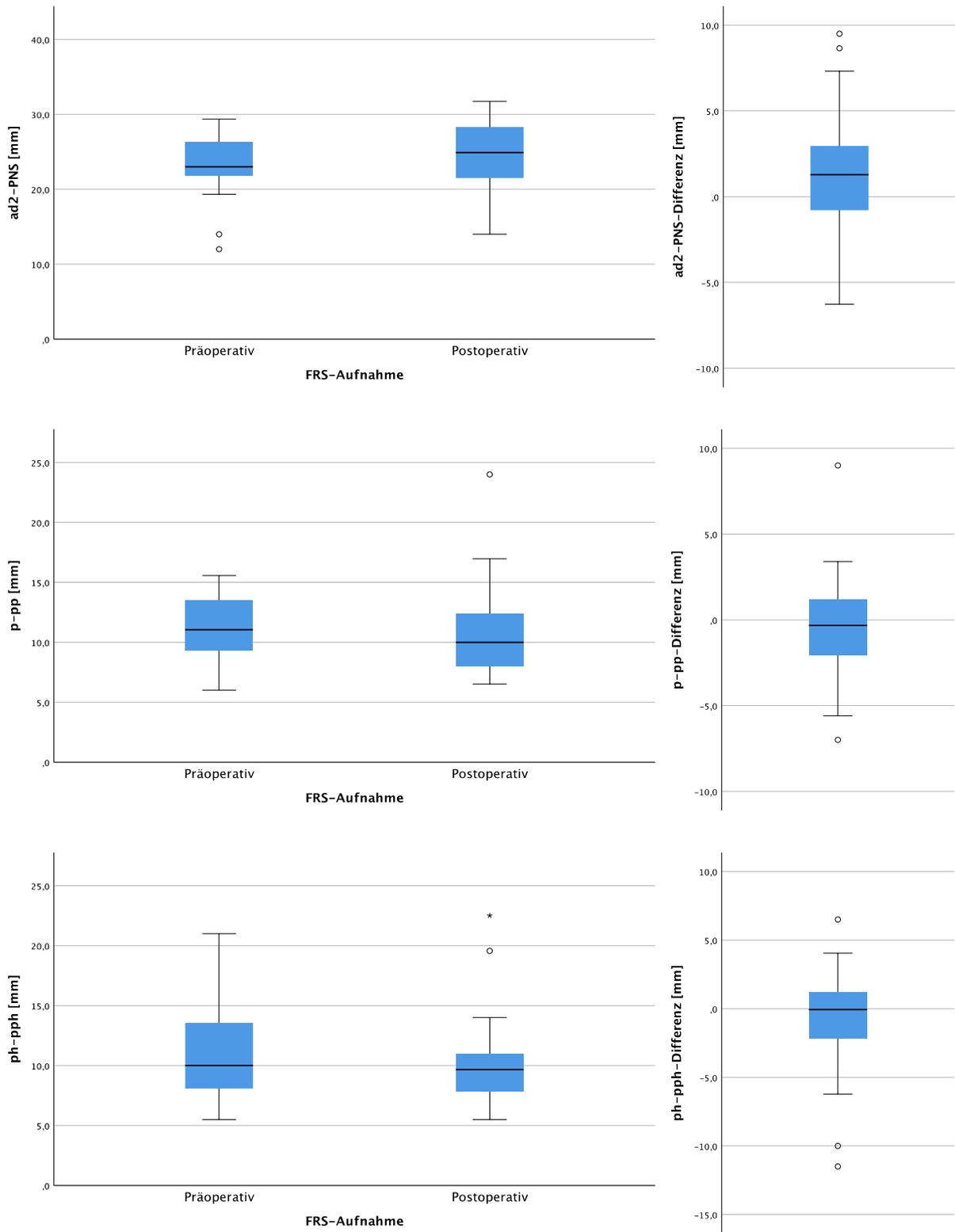
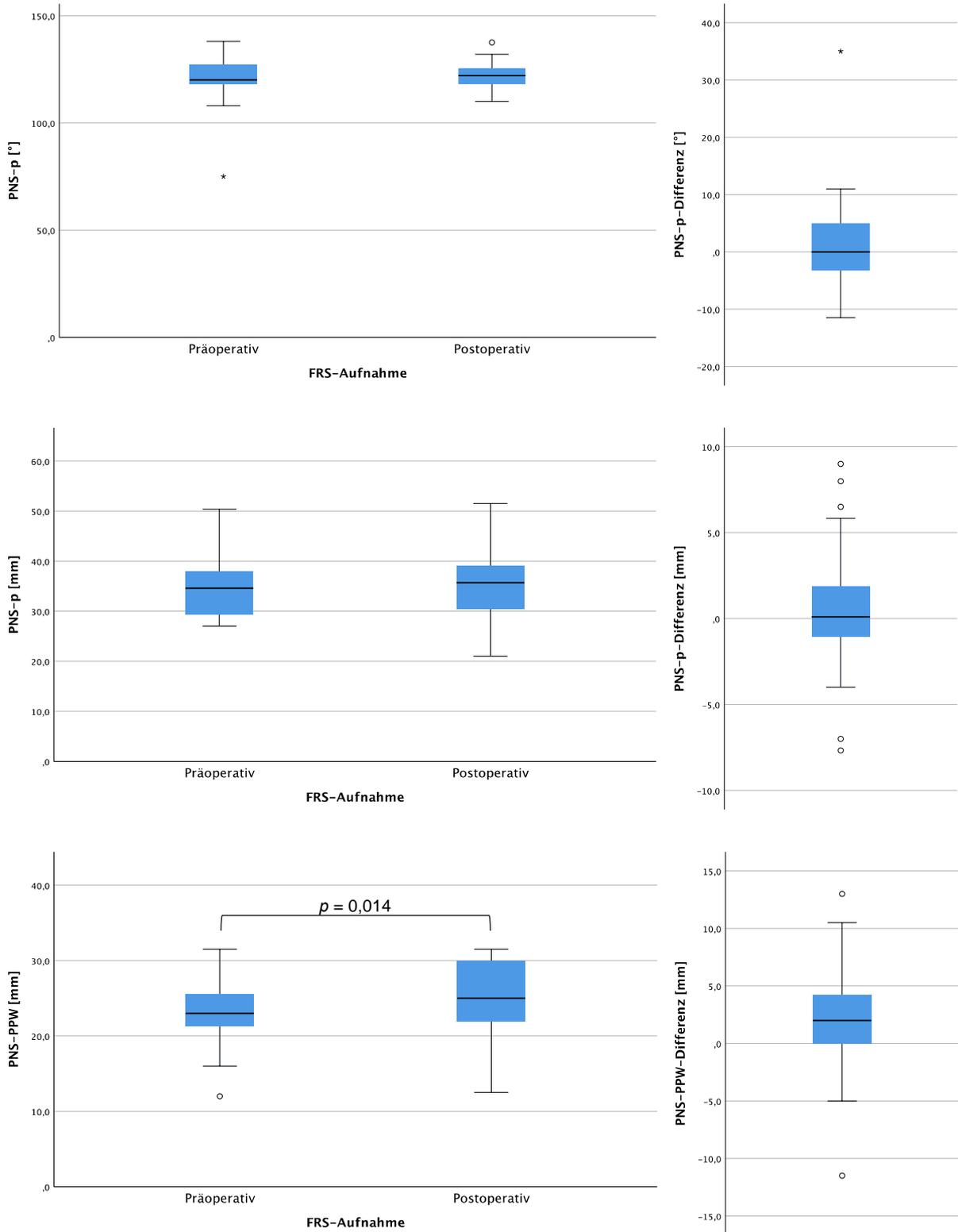


Abbildung 4.2. Fortsetzung auf der nächsten Seite.



**Abbildung 4.2.** Weichgewebeparameter (links) prä- und postoperativ und (rechts) die Veränderung („Differenz“) post- vs. präoperativ. Signifikante Unterschiede wurden mittels Mann-Whitney U-Test ermittelt.

## 4.2 Veränderungen in den Hartgewebe-Parametern

### 4.2.1 Geschlechtsspezifische Unterschiede

Da eine Geschlechtsabhängigkeit der Hartgewebe-Parameter im Prä- bzw. Post-OP-FRS nicht ausgeschlossen werden kann, wurde dies zuerst überprüft (Tabelle 4.7, Abbildung 4.3). Aufgrund der geringen Fallzahlen und der Abweichung von der Annahme der Normalverteilung (Shapiro-Wilk-Test;  $p < 0,05$ ) bei einigen Messparametern wurde der Mann-Whitney U-Test verwendet, um mögliche Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Patienten aufzuzeigen.

**Tabelle 4.7.** Deskriptive Statistik der Hartgewebe-Parameter prä- und postoperativ für männliche und weibliche Patienten. Angegeben sind Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Median, minimaler und maximaler Wert. *P*-Werte und Signifikanzniveau des Mann-Whitney-U-Tests (männlich vs. weiblich) (n.s., nicht signifikant; \*,  $p < 0,05$ ).

Parameter	Aufnahme	Männlich (n = 14)					Weiblich (n = 17)					P-Wert	Sign.-Niveau
		MW	SD	Median	Min.	Max.	MW	SD	Median	Min.	Max.		
Wits [mm]	Prä	-6,9	7,0	-6,2	-26,0	4,0	-3,9	5,6	-6,1	-11,6	6,0	0,399	n.s.
	Post	0,5	4,2	0,5	-5,5	8,0	0,3	4,8	-0,3	-6,2	10,0	0,922	n.s.
SNA [°]	Prä	81,5	6,8	80,7	69,0	97,0	81,0	5,9	80,0	71,0	97,0	0,710	n.s.
	Post	83,9	5,4	83,3	75,0	91,0	84,8	5,3	84,9	75,0	96,0	0,597	n.s.
SNB [°]	Prä	84,7	4,8	84,2	78,5	96,0	82,0	4,6	81,3	75,3	93,0	0,161	n.s.
	Post	82,3	4,6	80,8	75,5	91,5	82,5	5,1	81,5	73,0	94,0	0,769	n.s.
ANB [°]	Prä	-3,2	4,2	-1,7	-15,0	1,0	-1,0	3,0	-0,8	-6,3	4,0	0,161	n.s.
	Post	0,7	3,3	0,9	-6,7	5,5	0,2	3,5	-0,7	-4,0	8,5	0,544	n.s.
NL-NSL [°]	Prä	6,2	5,2	6,0	-1,0	17,5	7,6	3,5	7,5	2,0	15,0	0,262	n.s.
	Post	9,1	4,6	10,0	2,5	17,5	8,9	4,6	9,4	1,0	17,5	0,799	n.s.
ML-NSL [°]	Prä	34,2	9,7	34,3	11,5	49,0	34,2	6,6	36,5	21,5	43,0	1,000	n.s.
	Post	35,6	9,8	35,3	16,0	51,3	33,8	7,1	36,6	19,0	43,5	0,570	n.s.
AA-PNS [mm]	Prä	33,4	5,1	34,0	24,0	40,6	29,1	5,3	29,0	14,0	36,9	0,040	*
	Post	35,1	4,6	35,9	28,1	42,0	31,0	7,1	31,9	14,0	43,5	0,064	n.s.
Sn-Pog [°]	Prä	86,1	4,7	85,4	78,5	97,0	83,7	5,8	83,2	75,5	96,0	0,149	n.s.
	Post	84,0	4,4	83,2	79,0	92,0	83,9	5,6	83,5	73,0	97,5	0,860	n.s.
Ar-Go-Me [°]	Prä	131,8	11,3	133,9	109,0	151,0	129,1	8,6	128,0	111,6	144,5	0,518	n.s.
	Post	132,2	12,0	133,9	111,0	150,6	129,0	7,6	127,5	117,0	144,2	0,336	n.s.
S-Ar-Go [°]	Prä	142,4	7,4	142,4	131,0	154,6	144,5	7,7	142,8	130,8	158,5	0,570	n.s.
	Post	143,2	6,3	142,4	132,0	159,1	144,2	7,3	144,0	128,2	156,7	0,625	n.s.

Im präoperativen FRS war die Hartgewebe-Strecke „AA-PNS“ bei den männlichen Patienten im Median (34,0 mm; 24,0 bis 40,6 mm) signifikant größer als bei den weiblichen Patienten (29,0 mm; 14,0 bis 36,9 mm;  $p = 0,040$ ). Alle anderen Hartgewebe-Parameter zeigten prä- bzw. post-operativ keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Geschlechtern ( $p \geq 0,064$ ; Tabelle 4.7, Abbildung 4.3).

Die durch die Operation hervorgerufenen Änderungen der Hartgewebe-Parameter wurden ebenfalls auf Geschlechtsspezifität analysiert (Tabelle 4.8, Abbildung 4.3). Bis auf die Änderungen in den Winkeln „SNB“, „ANB“ und „Sn-Pog“ gab es keine geschlechtsspezifischen Unterschiede.

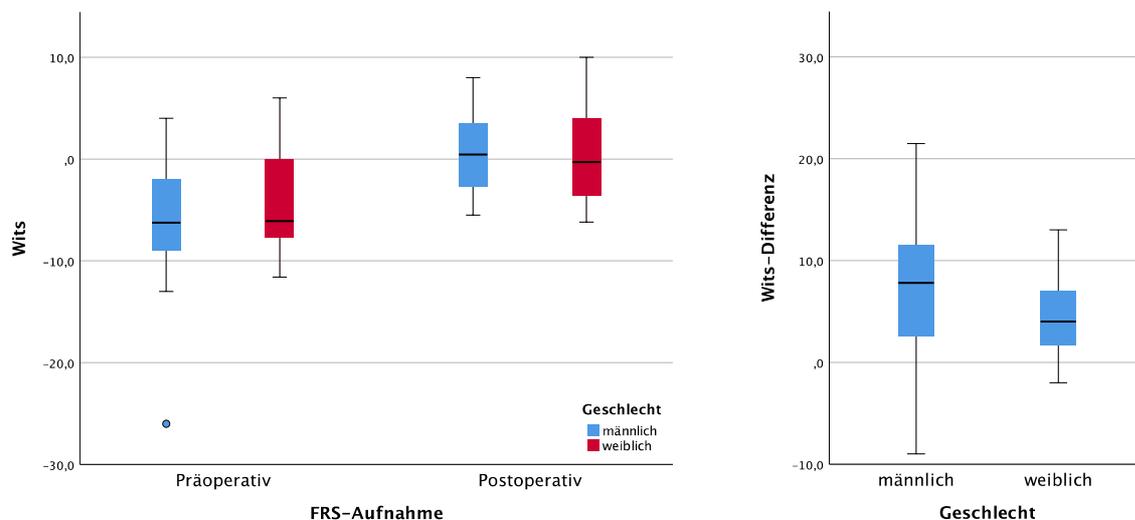
**Tabelle 4.8.** Deskriptive Statistik der Hartgewebe-Parameter prä- und postoperativ für männliche und weibliche Patienten. Angegeben sind Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Median, minimaler und maximaler Wert. P-Werte und Signifikanzniveau des Mann-Whitney-U-Tests (männlich vs. weiblich) (n.s., nicht signifikant; \*,  $p < 0,05$ ; \*\*,  $p < 0,01$ ; \*\*\*,  $p < 0,001$ ).

Parameter	Männlich (n = 14)					Weiblich (n = 17)					P-Wert	Sig.-Niveau
	MW	SD	Median	Min.	Max.	MW	SD	Median	Min.	Max.		
Wits-Differenz [mm]	7,4	7,5	7,8	-9,0	21,5	4,3	3,9	4,0	-2,0	13,0	0,118	n.s.
SNA-Differenz [°]	2,4	3,6	2,8	-8,0	6,0	3,8	3,0	3,1	-1,0	9,5	0,444	n.s.
SNB-Differenz [°]	-2,4	2,2	-2,6	-6,5	1,5	0,4	2,8	0,1	-2,9	9,5	0,003	**
ANB-Differenz [°]	3,9	5,0	4,7	-7,3	12,5	1,2	3,3	1,5	-2,8	9,0	0,040	*
NL-NSL-Differenz [°]	2,9	3,5	2,3	-1,8	11,5	1,3	2,5	0,8	-2,5	8,0	0,149	n.s.
ML-NSL-Differenz [°]	0,9	3,4	1,0	-4,5	9,6	0,4	2,4	0,5	-3,9	5,1	0,625	n.s.
AA-PNS-Differenz [mm]	1,7	3,0	1,7	-4,1	6,7	1,9	3,8	1,3	-3,0	8,2	0,953	n.s.
Sn-Pog-Differenz [°]	-2,1	2,3	-1,9	-5,5	1,5	0,2	4,1	0,5	-11,3	9,5	0,012	*
Ar-Go-Me-Differenz [°]	0,5	5,8	-0,2	-9,0	13,7	-0,1	3,9	-0,3	-7,4	8,4	0,953	n.s.
S-Ar-Go-Differenz [°]	0,9	5,0	1,8	-8,0	10,0	-0,3	3,3	-0,3	-7,2	7,2	0,279	n.s.

„SNB“-Winkel-Änderung: der Winkel verkleinerte sich bei Männern ( $-2,6^\circ$ ;  $-6,5^\circ$  bis  $1,5^\circ$ ) während er sich bei Frauen vergrößerte ( $0,1^\circ$ ;  $-2,9^\circ$  bis  $9,5^\circ$ ) (Tabelle 4.8; Abbildung 4.3). Diese Änderung war zwischen männlichen und weiblichen Patienten signifikant unterschiedlich ( $p = 0,003$ ):

„ANB“-Winkel-Änderung: bei männlichen Patienten war diese signifikant größer ( $4,7^\circ$ ;  $-7,3^\circ$  bis  $12,5^\circ$ ) als bei weiblichen ( $1,5^\circ$ ;  $-2,8^\circ$  bis  $9,0^\circ$ ). Dieser geschlechtsspezifische Unterschied war statistisch signifikant ( $p = 0,040$ ).

„SnPog“-Winkel-Änderung: bei den männlichen Patienten zeigte sich eine Verkleinerung des Winkels ( $-1,9^\circ$ ;  $-5,5^\circ$  bis  $1,5^\circ$ ), während er sich bei den weiblichen Patienten vergrößerte ( $0,5^\circ$ ;  $-11,3^\circ$  bis  $9,5^\circ$ ). Dieser Unterschied war statistisch signifikant ( $p = 0,012$ ).



**Abbildung 4.3.** Fortsetzung auf der nächsten Seite.

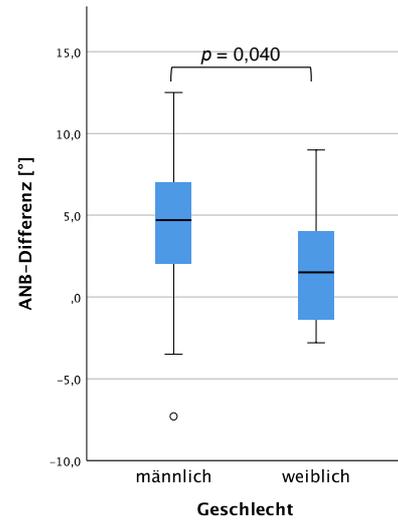
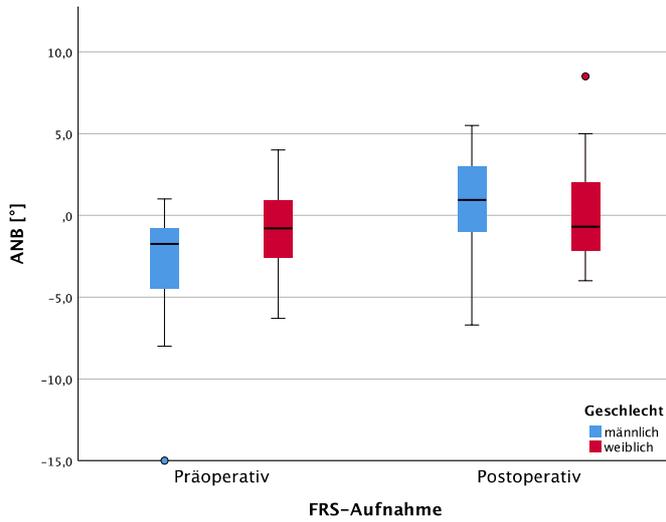
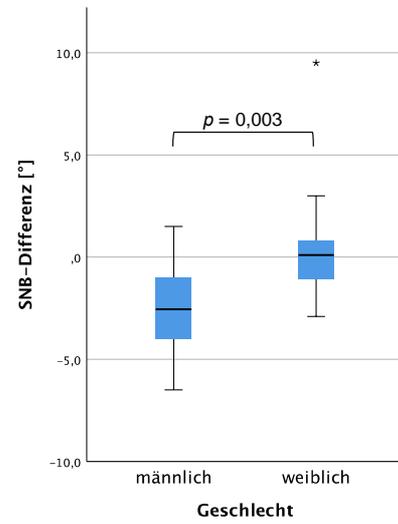
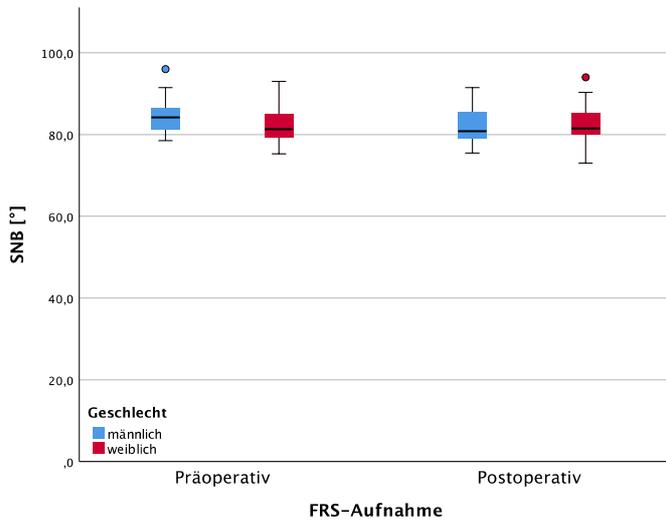
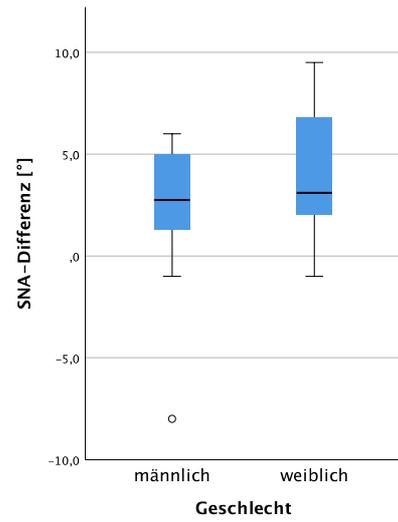
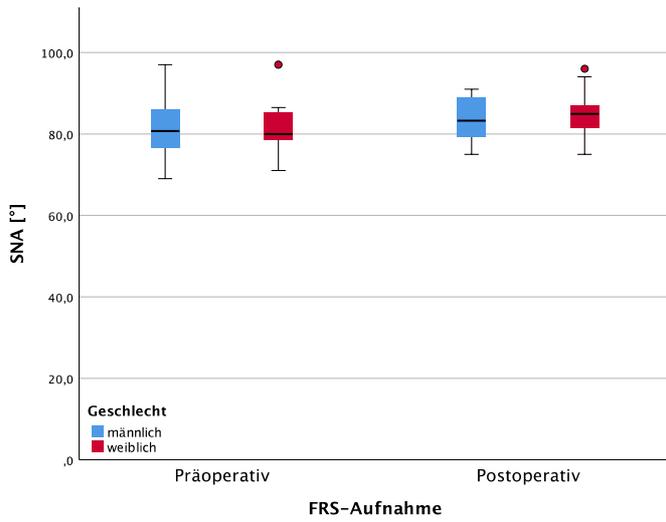


Abbildung 4.3. Fortsetzung auf der nächsten Seite.

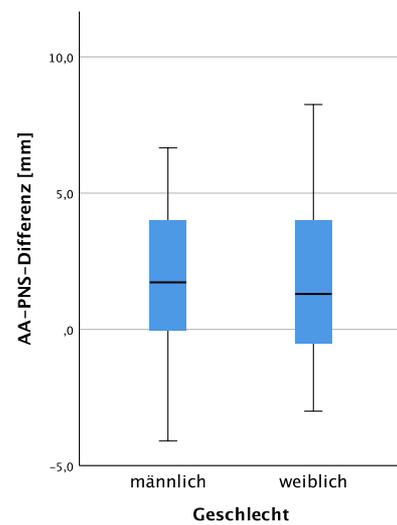
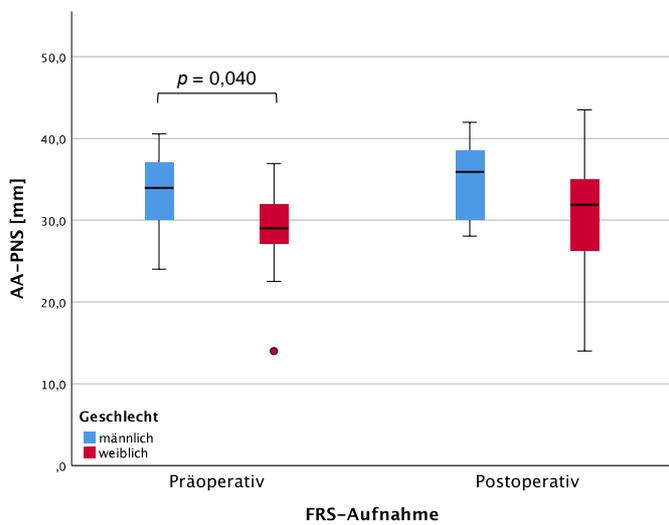
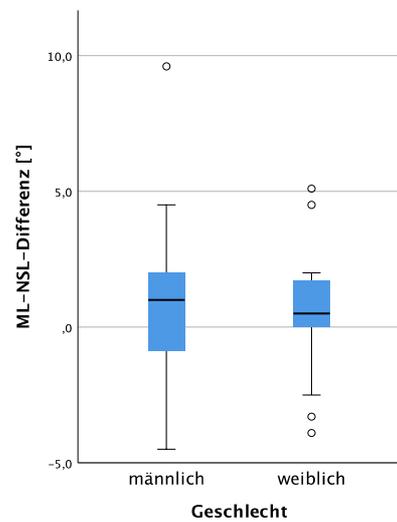
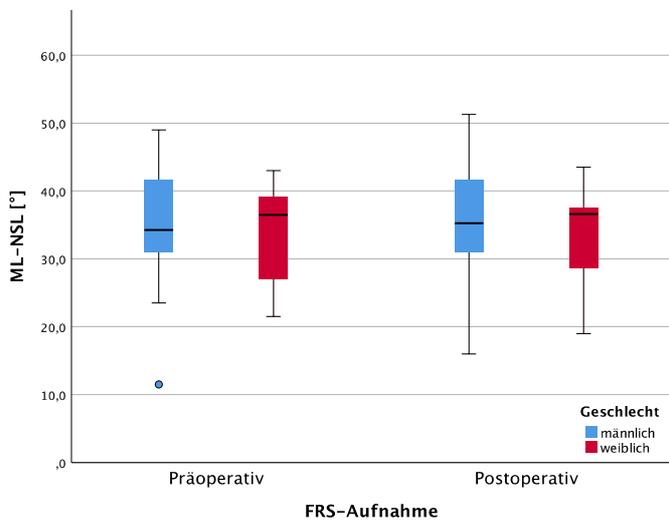
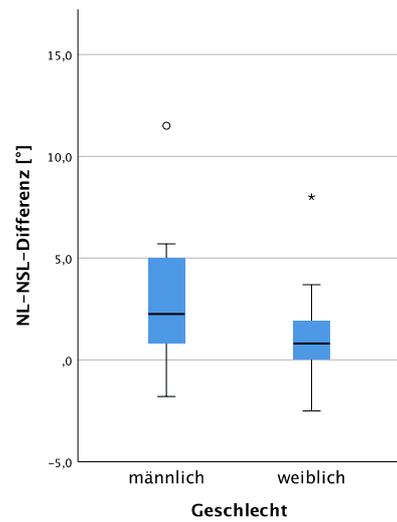
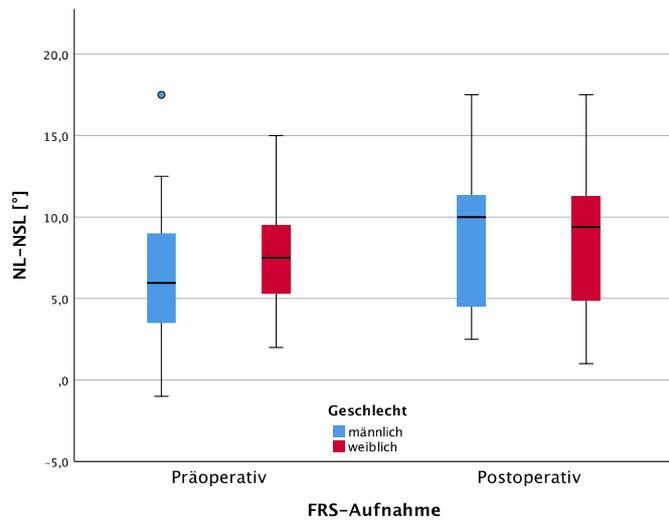
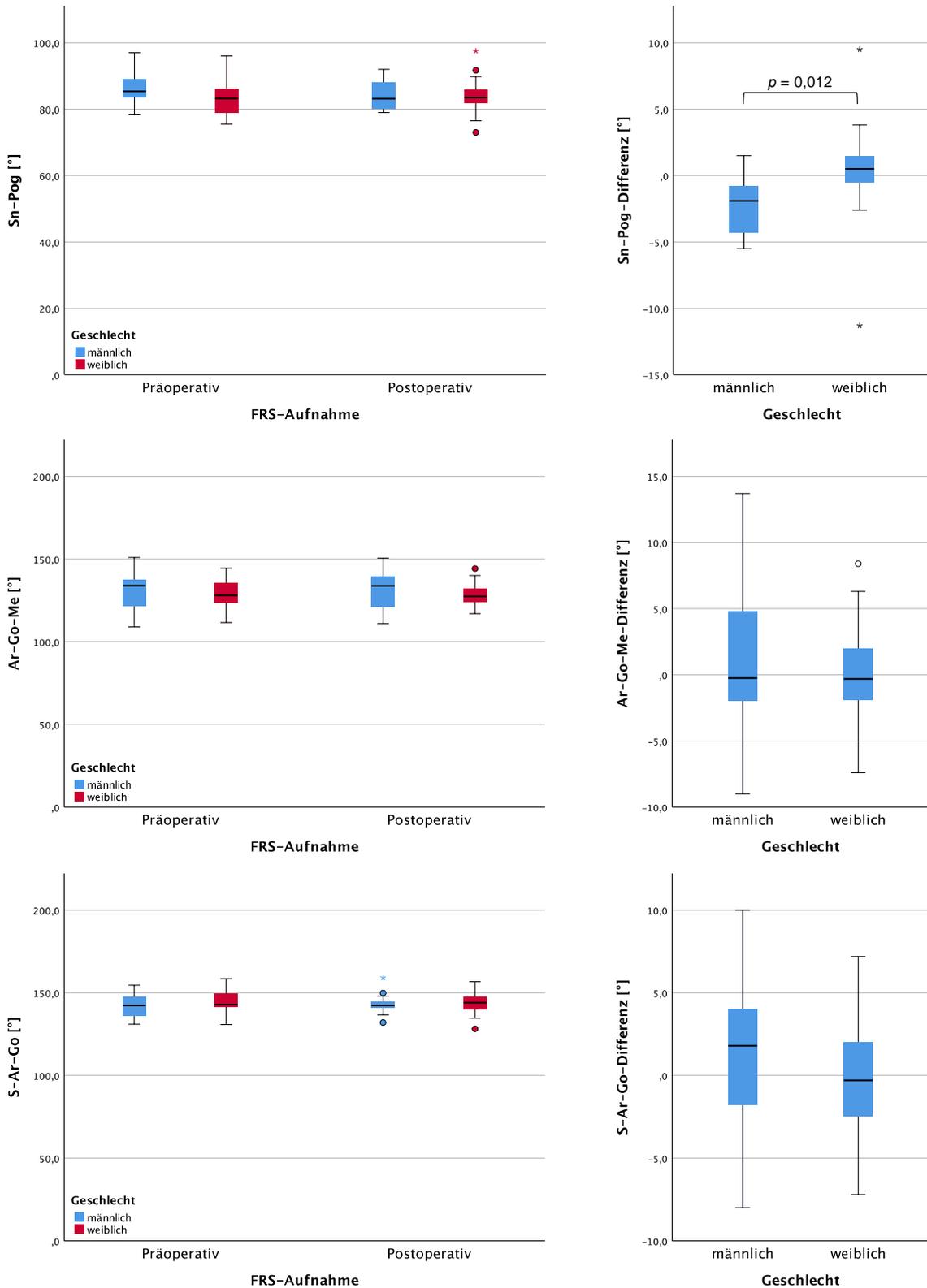


Abbildung 4.3. Fortsetzung auf der nächsten Seite.



**Abbildung 4.3.** Geschlechtsspezifische Verteilung der Hartgewebeparameter (links) prä- und postoperativ und (rechts) die Veränderung („Differenz“) post- vs. präoperativ. Signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern sind mittels  $p$ -Wert des entsprechenden Mann-Whitney-U-Tests gekennzeichnet (Tabellen 4.7 und 4.8).

## 4.2.2 Unterschiede aufgrund des OP-Typs

Die OP wurde sowohl uni- als auch bignath durchgeführt. Daher wurde statistisch überprüft, ob sich die jeweiligen Hartgewebe-Parameter nach Vermessung der prä- und postoperativen Fernröntgenseitenbild (FRS)-Aufnahmen bzgl. des OP-Typs unterschieden (Tabelle 4.9, Abbildung 4.4). Aufgrund der geringen Fallzahlen und der Abweichung von der Annahme der Normalverteilung (Shapiro-Wilk-Test;  $p < 0,05$ ) bei einigen Messparametern wurde der Mann-Whitney U-Test verwendet, um mögliche Unterschiede zwischen uni- und bignather OP aufzuzeigen.

**Tabelle 4.9.** Deskriptive Statistik der Hartgewebe-Parameter prä- und postoperativ für uni- und bignathe OP. Angegeben sind Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Median, minimaler und maximaler Wert, *P*-Werte und Signifikanzniveaus der Mann-Whitney-U-Tests (uni- vs. bignath) (n.s., nicht signifikant; \*,  $p < 0,05$ ; \*\*,  $p \leq 0,01$ ).

Parameter	FRS	Unignath (n = 13)					Bignath (n = 18)					P-Wert	Sig.-Niveau
		MW	SD	Median	Min.	Max	MW	SD	Median	Min.	Max.		
Wits [mm]	Prä	-2,3	5,8	-2,0	-11,6	6,0	-7,4	5,9	-6,9	-26,0	0,0	0,042	*
	Post	-0,3	4,8	-0,9	-6,2	10,0	1,0	4,4	0,8	-5,5	8,0	0,395	n.s.
SNA [°]	Prä	84,4	6,5	82,3	76,1	97,0	79,0	5,1	78,8	69,0	87,4	0,031	*
	Post	86,6	5,2	86,8	79,2	96,0	82,8	4,9	82,6	75,0	91,0	0,056	n.s.
SNB [°]	Prä	84,3	5,4	83,1	77,3	96,0	82,4	4,3	83,6	75,3	91,5	0,417	n.s.
	Post	84,3	5,4	81,5	77,4	94,0	81,0	3,9	81,7	73,0	87,5	0,146	n.s.
ANB [°]	Prä	0,0	2,5	-0,4	-5,0	4,0	-3,4	3,8	-2,6	-15,0	1,0	0,005	**
	Post	0,7	3,7	0,2	-4,0	8,5	0,3	3,2	-0,1	-6,7	5,5	1,000	n.s.
NL-NSL [°]	Prä	5,2	3,1	4,5	-1,0	9,6	8,3	4,7	9,0	-1,0	17,5	0,025	*
	Post	6,4	3,5	5,0	1,0	12,4	10,8	4,3	10,8	2,5	17,5	0,004	**
ML-NSL [°]	Prä	31,3	8,6	36,4	11,5	40,6	36,3	7,0	36,0	26,8	49,0	0,170	n.s.
	Post	30,8	8,5	33,9	16,0	41,6	37,3	7,3	37,1	27,0	51,3	0,056	n.s.
AA-PNS [mm]	Prä	29,9	6,5	30,0	14,0	38,6	31,9	4,9	31,3	24,0	40,6	0,594	n.s.
	Post	31,4	6,9	32,0	14,0	43,5	33,9	5,9	36,0	23,0	42,0	0,312	n.s.
Sn-Pog [°]	Prä	85,8	5,6	84,5	78,7	97,0	84,0	5,3	84,4	75,5	95,5	0,395	n.s.
	Post	86,1	5,6	84,0	79,5	97,5	82,4	4,0	83,3	73,0	89,5	0,135	n.s.
Ar-Go-Me [°]	Prä	127,4	9,1	125,5	109,0	139,4	132,5	10,0	133,4	111,6	151,0	0,183	n.s.
	Post	126,7	9,5	127,0	111,0	143,3	133,2	9,3	133,4	119,0	150,6	0,082	n.s.
S-Ar-Go [°]	Prä	146,5	7,5	146,5	130,8	158,5	141,5	7,0	141,8	131,0	154,7	0,056	n.s.
	Post	146,5	8,3	145,0	128,2	159,1	141,8	4,7	142,0	132,0	149,8	0,038	*

Im prä-operativen FRS waren die Hartgewebe-Parameter „Wits“ ( $p = 0,042$ ), „SNA“ ( $p = 0,031$ ), „ANB“ ( $p = 0,005$ ) und „NL-NSL“ ( $p = 0,025$ ) signifikant unterschiedlich zwischen uni- und bignather Operation (Tabelle 4.9; Abbildung 4.4). Im post-operativen FRS war der „NL-NSL“-Winkel in der bignathen Gruppe signifikant größer als in der unignathen Gruppe ( $p = 0,004$ ).

Im direkten Vergleich zwischen postoperativem und präoperativem FRS zeigten sich bei den Hartgewebe-Parametern „Wits“ ( $p < 0,001$ ), „SNA“ ( $p < 0,001$ ), „SNB“ ( $p = 0,027$ ), „ANB“ ( $p = 0,005$ ), „NL-NSL“ ( $p = 0,001$ ) und „AA-PNS“ ( $p = 0,013$ ) signifikante Veränderungen (Tabelle 4.10, Abbildung 4.4).

**Tabelle 4.10.** Deskriptive Statistik der Hartgewebeparameter prä- und postoperativ. Angegeben sind Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Median, minimaler und maximaler Wert, P-Werte und Signifikanzniveau des Wilcoxon-Ranksummen-Tests für verbundene Messungen (prä- vs. postoperativ) (n.s., nicht signifikant; \*,  $p < 0,05$ ; \*\*,  $p < 0,01$ ; \*\*\*,  $p < 0,001$ ).

Parameter	Präoperatives FRS (n = 31)					Postoperatives FRS (n = 31)					P-Wert	Sig.-Niveau
	MW	SD	Median	Min.	Max.	MW	SD	Median	Min.	Max.		
Wits [mm]	-5,3	6,3	-6,1	-26,0	6,0	0,4	4,5	-0,3	-6,2	10,0	<0,001	***
SNA [°]	81,2	6,2	80,4	69,0	97,0	84,4	5,3	84,0	75,0	96,0	<0,001	***
SNB [°]	83,2	4,8	83,5	75,3	96,0	82,4	4,8	81,5	73,0	94,0	0,027	*
ANB [°]	-2,0	3,7	-1,3	-15,0	4,0	0,4	3,4	0,2	-6,7	8,5	0,005	**
NL-NSL [°]	7,0	4,3	7,4	-1,0	17,5	9,0	4,5	10,0	1,0	17,5	0,001	**
ML-NSL [°]	34,2	8,0	36,0	11,5	49,0	34,6	8,3	36,6	16,0	51,3	0,647	n.s.
AA-PNS [mm]	31,1	5,6	31,0	14,0	40,6	32,9	6,3	34,0	14,0	43,5	0,013	*
Sn-Pog [°]	84,8	5,4	84,5	75,5	97,0	84,0	5,0	83,5	73,0	97,5	0,164	n.s.
Ar-Go-Me [°]	130,3	9,8	130,0	109,0	151,0	130,5	9,7	131,0	111,0	150,6	0,936	n.s.
S-Ar-Go [°]	143,6	7,5	142,5	130,8	158,5	143,8	6,8	142,8	128,2	159,1	0,746	n.s.

Gleiches spiegelten auch die Differenzen der Hartgewebe-Parameter (Messung postoperatives FRS minus Messung präoperatives FRS) wider (Tabelle 4.11): die Änderungen in den Parametern „Wits“, „SNA“, „SNB“, „ANB“, „NL-NSL“ und „AA-PNS“ waren signifikant (Wilcoxon-Vorzeichen-Ranktest;  $p \leq 0,027$ ).

**Tabelle 4.11.** Deskriptive Statistik der Änderungen der Hartgewebeparameter. Angegeben sind Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Median, minimaler und maximaler Wert, p-Wert des Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtests und das entsprechende Signifikanz-Niveau. (n.s., nicht signifikant; \*,  $p < 0,05$ ; \*\*,  $p < 0,01$ ; \*\*\*,  $p < 0,001$ )

	MW	SD	Median	Min.	Max.	P-Wert	Sig.-Niveau
Wits-Differenz [mm]	5,7	5,9	5,2	-9,0	21,5	<0,001	***
SNA-Differenz [°]	3,2	3,3	3,0	-8,0	9,5	<0,001	***
SNB-Differenz [°]	-0,8	2,9	-1,0	-6,5	9,5	0,027	*
ANB-Differenz [°]	2,4	4,3	2,0	-7,3	12,5	0,005	**
NL-NSL-Differenz [°]	2,0	3,0	1,0	-2,5	11,5	0,001	**
ML-NSL-Differenz [°]	0,6	2,8	0,6	-4,5	9,6	0,303	n.s.
AA-PNS-Differenz [mm]	1,8	3,4	1,4	-4,1	8,2	0,013	*
Sn-Pog-Differenz [°]	-0,8	3,5	-0,5	-11,3	9,5	0,164	n.s.
Ar-Go-Me-Differenz [°]	0,2	4,8	-0,3	-9,0	13,7	0,946	n.s.
S-Ar-Go-Differenz [°]	0,2	4,1	0,0	-8,0	10,0	0,746	n.s.

Der Median des „Wits“ verkleinerte sich postoperativ von -6,1 mm (-26,0 bis 6,0 mm) signifikant auf -0,3 mm (-6,2 bis 10,0 mm;  $p < 0,001$ ). Im postoperativen FRS war der „SNA“-Winkel signifikant ( $p < 0,001$ ) größer (median: 84,0°; 75,0° bis 96,0°) als präoperativ (median: 80,4°; 69,0° bis 97,0°), während der „SNB“-Winkel signifikant ( $p = 0,027$ ) kleiner wurde (Tabelle 4.10). Der „ANB“-Winkel veränderte sich signifikant von präoperativ -1,3° (-15,0° bis 4,0°) auf +0,2° (-6,7° bis +8,5°) ( $p = 0,005$ ) und der „NL-NSL“-Winkel von +7,4° (-1,0° bis +17,5°) auf +10,0° (+1,0° bis +17,5°) ( $p = 0,001$ ). Die Strecke „AA-PNS“ verlängerte sich

postoperativ signifikant von 31,0 mm (14,0 mm bis 40,6 mm) auf 34,0 mm (14,0 mm bis 43,5 mm) ( $p = 0,013$ ).

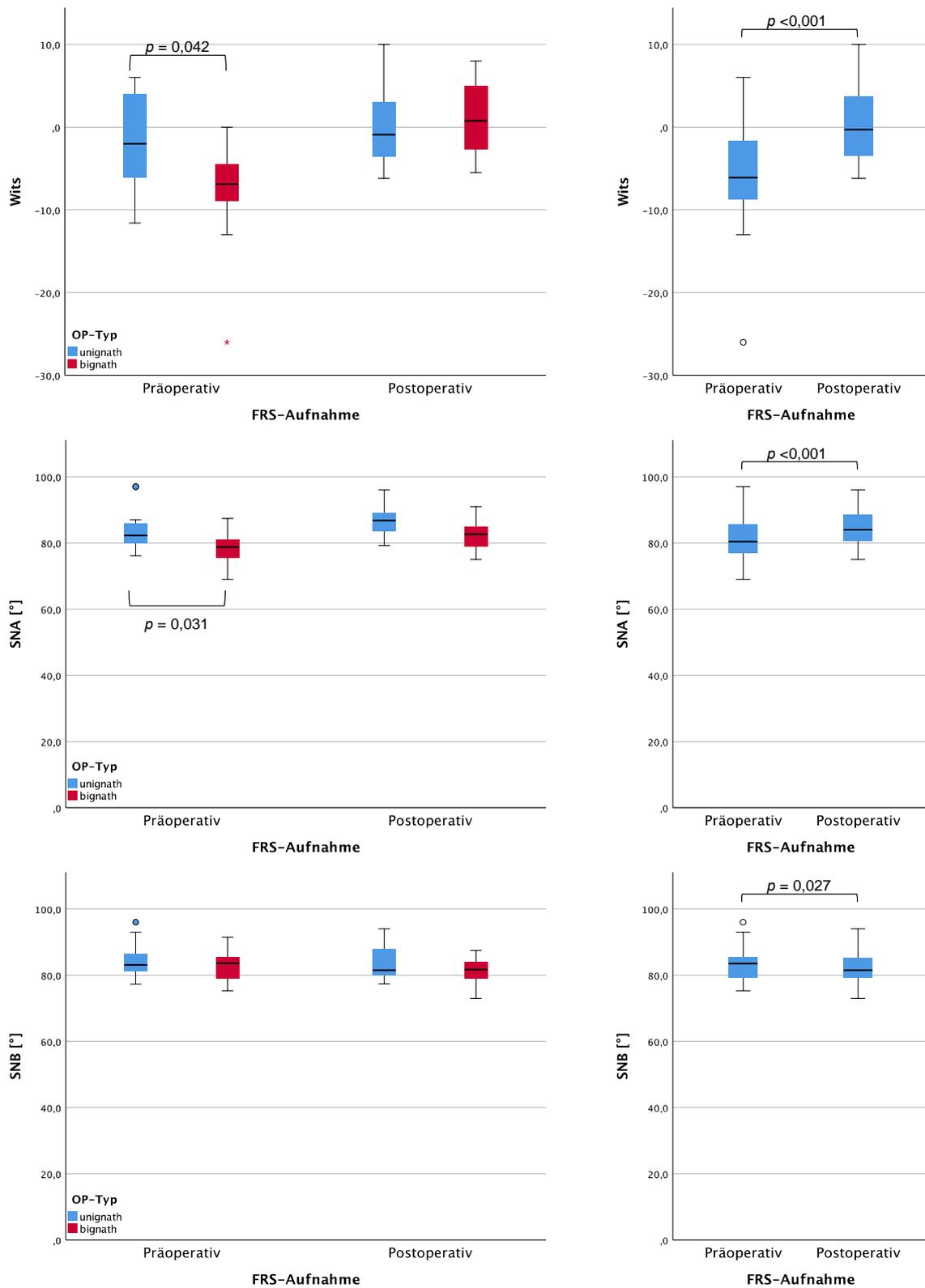


Abbildung 4.4. Fortsetzung auf der nächsten Seite.

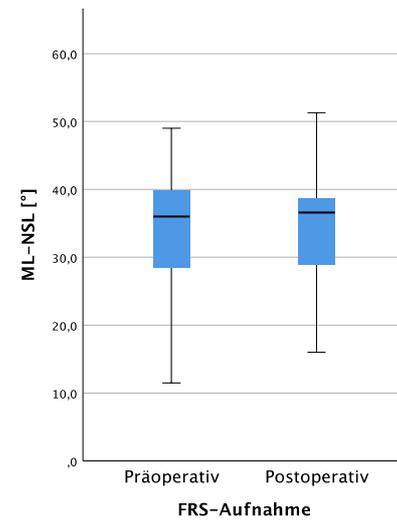
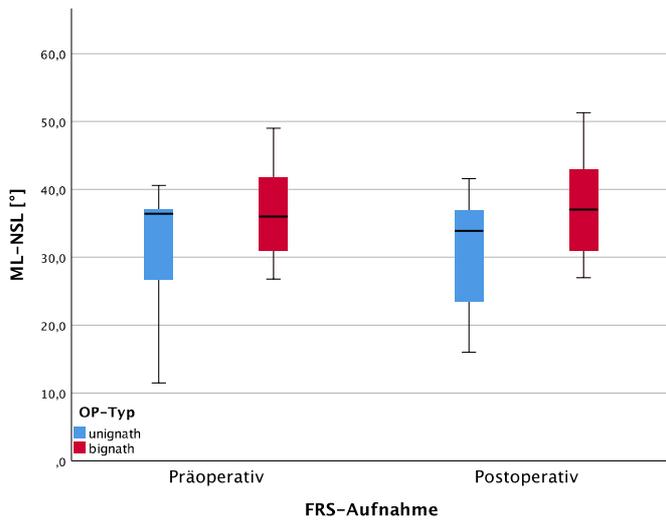
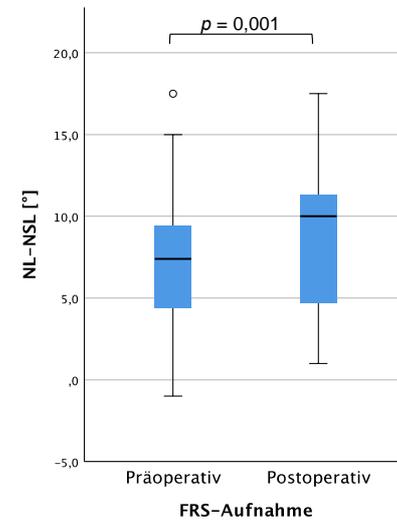
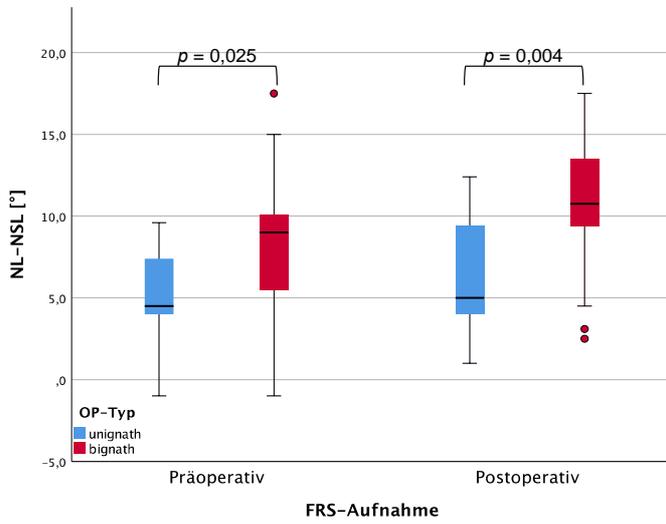
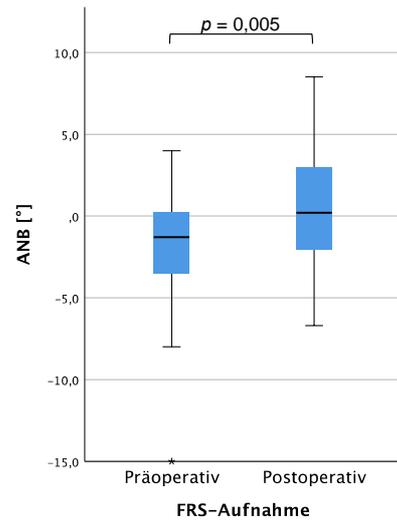
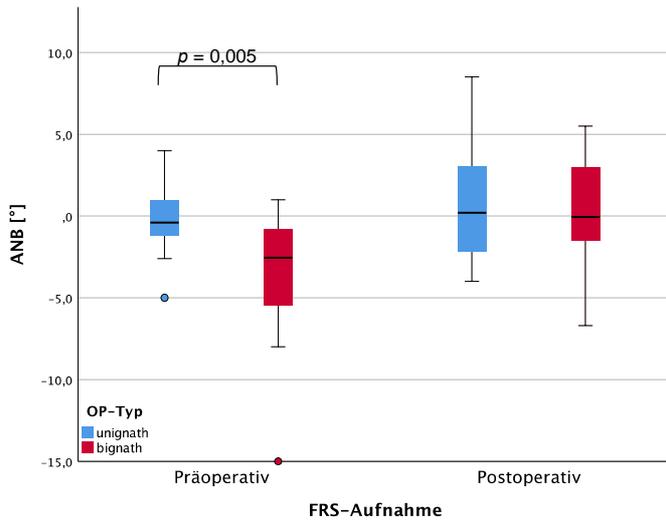


Abbildung 4.4. Fortsetzung auf der nächsten Seite.

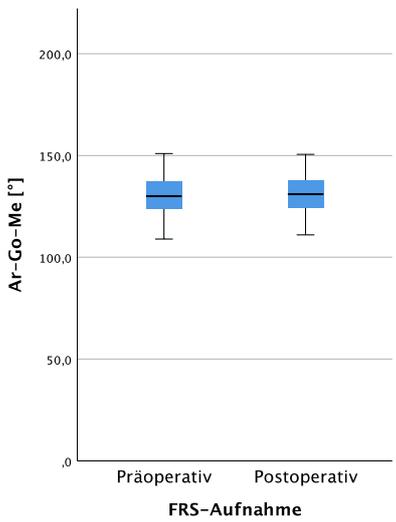
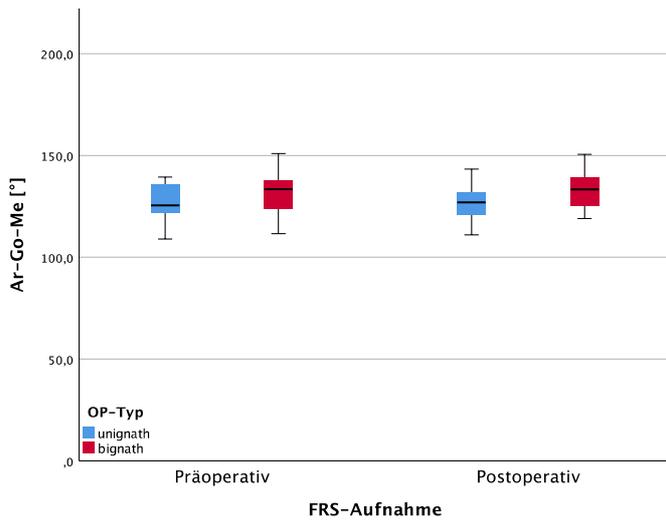
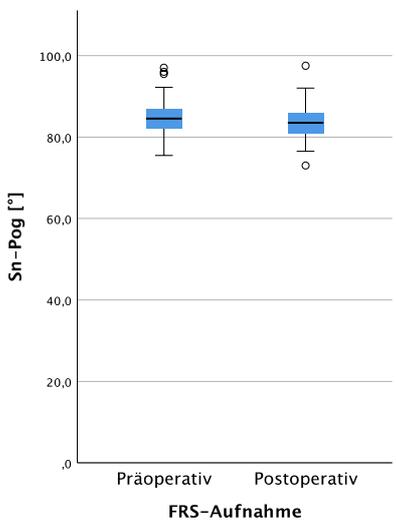
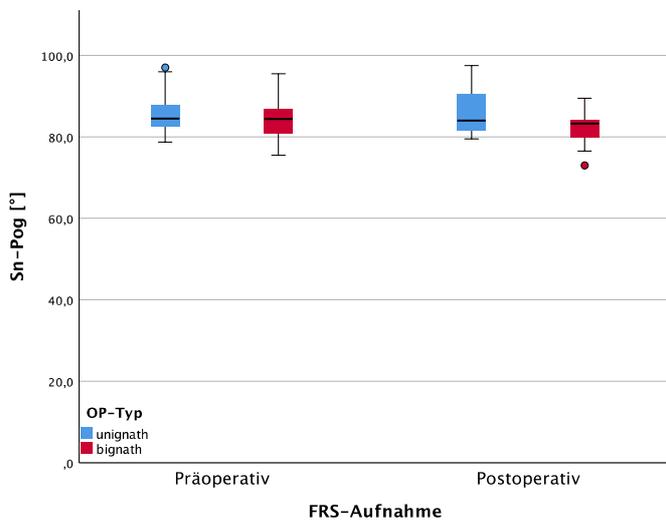
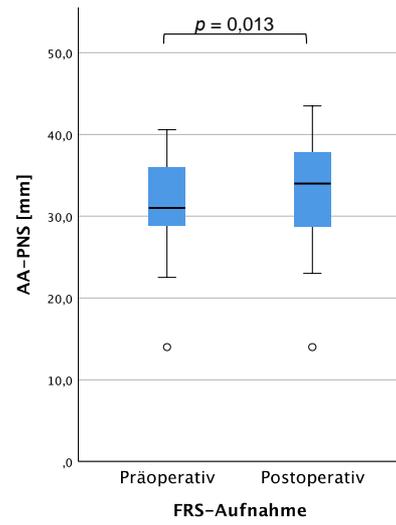
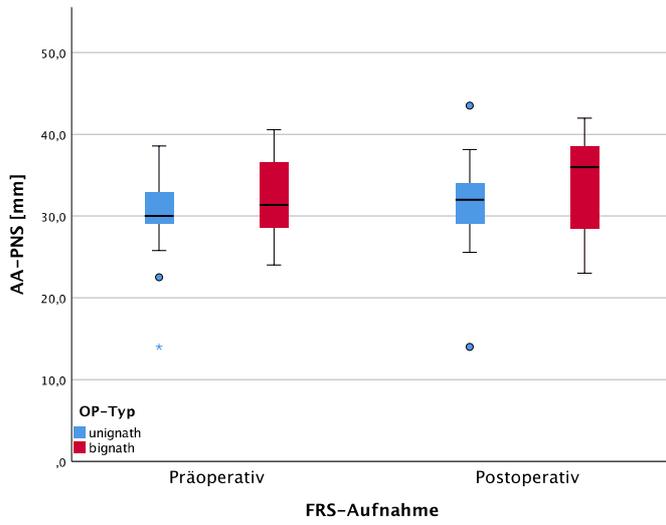
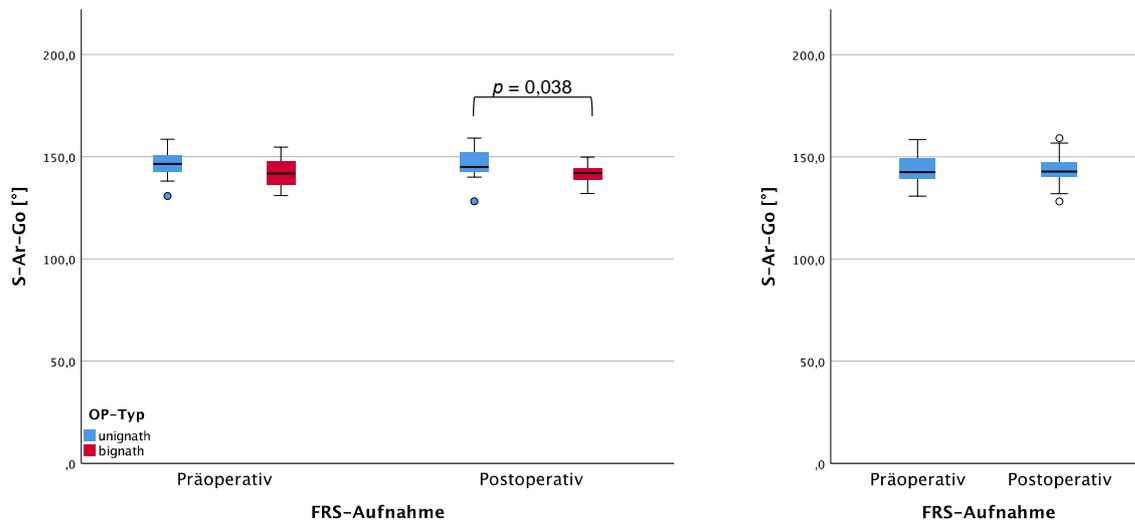


Abbildung 4.4. Fortsetzung auf der nächsten Seite.



**Abbildung 4.4.** Verteilung der Hartgewebeparameter. (links) Vergleich von uni- und bignather OP im prä- und postoperativen FRS und (rechts) post- vs. präoperativ. Signifikante Unterschiede zwischen den OP-Typen sind mittels  $p$ -Wert des entsprechenden Mann-Whitney-U-Tests gekennzeichnet (Tabellen 4.9 und 4.10).

Die Analyse der Hartgewebe-Parameter-Differenzen bezüglich möglicher Unterschiede in Abhängigkeit vom OP-Typ ergab, dass sich die Änderungen im „Wits“ ( $p = 0,002$ ), und in den Winkeln „SNB“ ( $p = 0,018$ ), „ANB“ ( $p = 0,034$ ) und „Sn-Pog“ ( $p = 0,025$ ) signifikant zwischen unignather und bignather Operation unterschieden (Tabelle 4.12, Abbildung 4.5).

**Tabelle 4.12.** Deskriptive Statistik der Änderungen der Hartgewebeparameter abhängig vom OP-Typ. Angegeben sind Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Median, minimaler und maximaler Wert, P-Werte und Signifikanzniveau des Mann-Whitney-U-Tests (uni- vs. bignath) (n.s., nicht signifikant; \*,  $p < 0,05$ ; \*\*,  $p < 0,01$ ).

Parameter	Unignath (n = 13)					Bignath (n = 18)					P-Wert	Sig.-Niveau
	MW	SD	Median	Min.	Max.	MW	SD	Median	Min.	Max.		
Wits-Differenz [mm]	2,0	4,4	2,0	-9,0	7,7	8,4	5,5	7,8	1,0	21,5	0,002	**
SNA-Differenz [°]	2,2	4,1	2,2	-8,0	8,0	3,9	2,4	3,3	-0,3	9,5	0,183	n.s.
SNB-Differenz [°]	0,0	2,2	0,6	-4,5	3,0	-1,4	3,2	-1,4	-6,5	9,5	0,018	*
ANB-Differenz [°]	0,6	3,0	1,2	-3,5	5,1	3,7	4,7	4,2	-7,3	12,5	0,034	*
NL-NSL-Differenz [°]	1,2	2,5	0,8	-2,5	5,7	2,5	3,3	1,7	-1,8	11,5	0,312	n.s.
ML-NSL-Differenz [°]	0,4	3,0	0,5	-3,9	5,1	0,8	2,7	0,7	-4,5	9,6	0,767	n.s.
AA-PNS-Differenz [mm]	1,5	3,3	1,4	-4,1	7,1	2,0	3,5	1,7	-3,0	8,2	0,650	n.s.
Sn-Pog-Differenz [°]	0,2	2,6	0,7	-5,0	3,8	-1,6	4,0	-1,4	-11,3	9,5	0,025	*
Ar-Go-Me-Differenz [°]	-0,6	3,3	-0,5	-7,4	5,6	0,7	5,6	0,0	-9,0	13,7	0,489	n.s.
S-Ar-Go-Differenz [°]	0,0	3,5	-1,5	-3,5	7,2	0,3	4,6	1,3	-8,0	10,0	0,540	n.s.

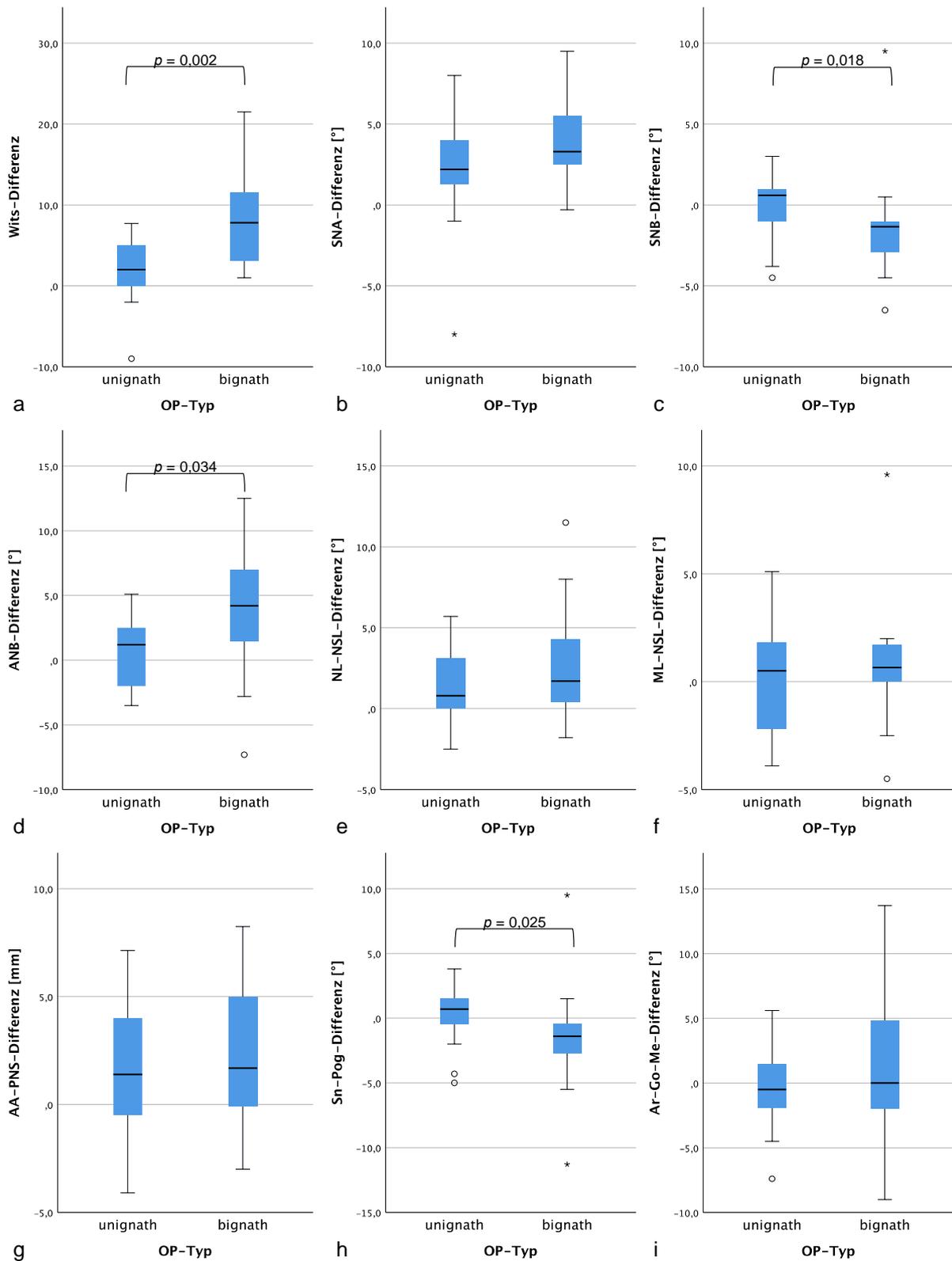
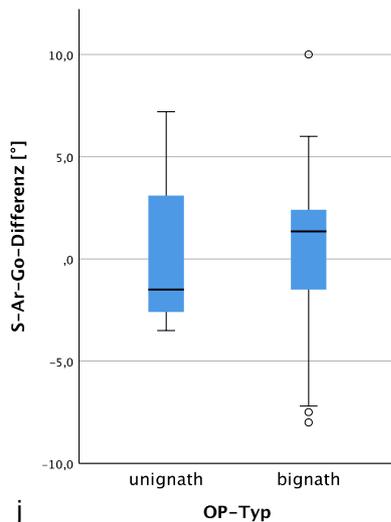


Abbildung 4.5. Fortsetzung auf der nächsten Seite.



**Abbildung 4.5.** Verteilung der OP-bedingten Hartgewebeparameter-Änderungen im Vergleich von uni- und bignather OP im prä- und postoperativen FRS. Signifikante Unterschiede zwischen den OP-Typen sind mit dem  $p$ -Wert des entsprechenden Mann-Whitney-U-Tests bezeichnet (Tabelle 4.12).

### 4.2.3 Zusammenfassung

Bei den durch die Operation hervorgerufenen Änderungen in den hier untersuchten Hartgewebe-Parametern ergaben sich signifikante Unterschiede sowohl bezogen auf das Geschlecht der Patienten als auch hinsichtlich der durchgeführten Operation (uni- vs. bignath) (Tabelle 4.13).

**Tabelle 4.13.** Deskriptive Statistik der Hartgewebe-Parameter-Änderungen prä- und postoperativ für männliche und weibliche Patienten. Angegeben sind Median (M), minimaler und maximaler Wert,  $P$ -Werte und Signifikanzniveau des Mann-Whitney-U-Tests (männlich vs. weiblich bzw. uni- vs. bignath) (n.s., nicht signifikant; \*,  $p < 0,05$ ; \*\*,  $p < 0,01$ ).

Parameter	Geschlecht				OP-Typ					
	Männlich (n=14)		Weiblich (n=17)		Unignath (n=13)		Bignath (n=18)		P	Sig
	M	Bereich	M	Bereich	M	Bereich	M	Bereich		
Wits-Differenz [mm]	7,8	-9,0 bis 21,5	4,0	-2,0 bis 13,0	2,0	-9,0 bis 7,7	7,8	1,0 bis 21,5	0,002	**
SNA-Differenz [°]	2,8	-8,0 bis 6,0	3,1	-1,0 bis 9,5	2,2	-8,0 bis 8,0	3,3	-0,3 bis 9,5	0,183	n.s.
SNB-Differenz [°]	-2,6	-6,5 bis 1,5	0,1	-2,9 bis 9,5	0,6	-4,5 bis 3,0	-1,4	-6,5 bis 9,5	0,018	*
ANB-Differenz [°]	4,7	-7,3 bis 12,5	1,5	-2,8 bis 9,0	1,2	-3,5 bis 5,1	4,2	-7,3 bis 12,5	0,034	*
NL-NSL-Differenz [°]	2,3	-1,8 bis 11,5	0,8	-2,5 bis 8,0	0,8	-2,5 bis 5,7	1,7	-1,8 bis 11,5	0,312	n.s.
ML-NSL-Differenz [°]	1,0	-4,5 bis 9,6	0,5	-3,9 bis 5,1	0,5	-3,9 bis 5,1	0,7	-4,5 bis 9,6	0,767	n.s.
AA-PNS-Differenz [mm]	1,7	-4,1 bis 6,7	1,3	-3,0 bis 8,2	1,4	-4,1 bis 7,1	1,7	-3,0 bis 8,2	0,650	n.s.
Sn-Pog-Differenz [°]	-1,9	-5,5 bis 1,5	0,5	-11,3 bis 9,5	0,7	-5,0 bis 3,8	-1,4	-11,3 bis 9,5	0,025	*
Ar-Go-Me-Differenz [°]	-0,2	-9,0 bis 13,7	-0,3	-7,4 bis 8,4	-0,5	-7,4 bis 5,6	0,0	-9,0 bis 13,7	0,489	n.s.
S-Ar-Go-Differenz [°]	1,8	-8,0 bis 10,0	-0,3	-7,2 bis 7,2	-1,5	-3,5 bis 7,2	1,3	-8,0 bis 10,0	0,540	n.s.

Die Änderungen im „SNA“, „NL-NSL“, „ML-NSL“, „Ar-Go-Me“ und „S-Ar-Go“ waren weder geschlechts- noch OP-Typ-spezifisch. Eine signifikante Änderung im Wits war ausschließlich OP-Typ-spezifisch, während die Änderungen im „SNB“, „ANB“ und „Sn-Pog“ sowohl geschlechts- als auch OP-Typ-spezifisch waren.

Um auf mögliche Wechselwirkungen zwischen Geschlecht und OP-Typ zu testen, wurde eine zusätzliche Dummy-Variable eingeführt, die folgendermaßen kodiert wurde: „1“ – männlich, unignathe OP (n = 4); „2“ – männlich, bignathe OP (n = 10); „3“ – weiblich, unignathe OP (n = 9); „4“ – weiblich, bignathe OP (n = 8) (Tabelle 4.14). Anschließend wurde mittels Kruskal-Wallis-Test und – bei signifikantem Ergebnis – mit paarweisen Vergleichen ermittelt, ob sich die Geschlecht-/OP-Typ-Kombinationen unterschieden.

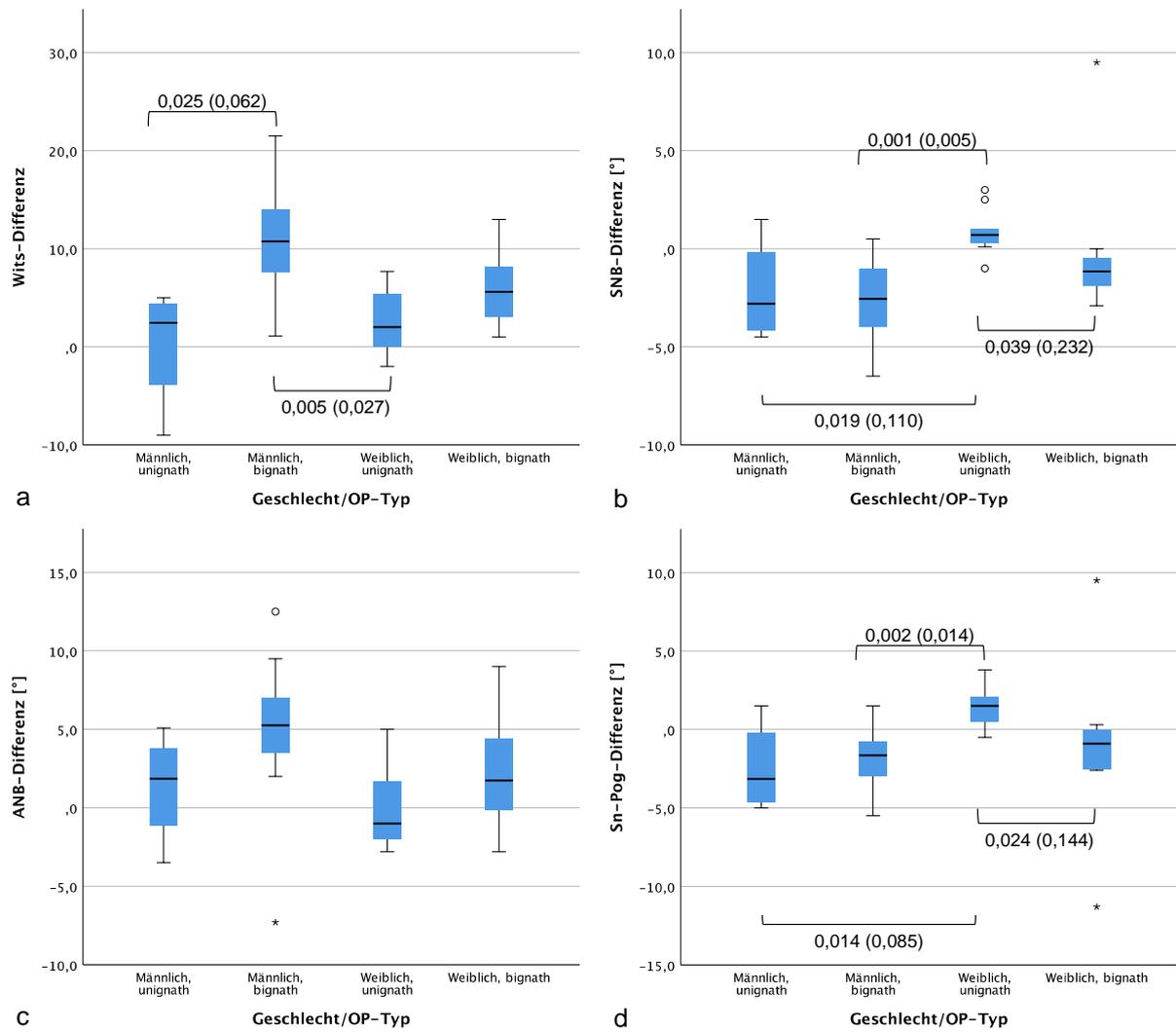
**Tabelle 4.14.** Deskriptive Statistik der Hartgewebe-Parameter-Änderungen für männliche und weibliche Patienten differenziert nach OP-Typ (Dummy-Variable). Angegeben sind Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Median, minimaler und maximaler Wert. *P*-Werte und Signifikanzniveau des Kruskal-Wallis-Tests (n.s., nicht signifikant; \*,  $p < 0,05$ ; \*\*,  $p < 0,01$ ).

	(1)		(2)		(3)		(4)		P (KW)
	Männlich, unignath (n = 4)		Männlich, bignath (n = 10)		Weiblich, unignath (n = 9)		Weiblich, bignath (n = 8)		
	MW (SD)	Median [Min;Max]	MW (SD)	Median [Min;Max]	MW (SD)	Median [Min;Max]	MW (SD)	Median [Min;Max]	
Wits-Differenz [mm]	0,2 (6,3)	2,5 [-9,0;5,0]	10,3 (6,0)	10,8 [1,1;21,5]	2,8 (3,5)	2,0 [-2,0;7,7]	6,0 (3,9)	5,6 [51,0;13,0]	0,013 *
SNB-Differenz [°]	-2,1 (2,7)	-2,8 [-4,5;1,5]	-2,5 (2,2)	-2,6 [-6,5;0,5]	0,9 (1,2)	0,7 [-1,0;3,0]	-0,1 (4,0)	-1,2 [-2,9;9,5]	0,006 **
ANB-Differenz [°]	1,3 (3,6)	1,9 [-3,5;5,1]	4,9 (5,2)	5,3 [-7,3;12,5]	0,3 (2,9)	-1,0 [-2,8;5,0]	2,3 (3,6)	1,8 [-2,8;9,0]	0,060 n.s.
Sn-Pog-Differenz [°]	-2,4 (2,9)	-3,1 [-5,0;1,5]	-1,9 (2,2)	-1,6 [-5,5;1,5]	1,4 (1,3)	1,5 [-0,5;3,8]	-1,1 (5,7)	-0,9 [-11,3;9,5]	0,010 *

Wits-Differenz: signifikante Unterschiede zeigten sich zwischen den Gruppen 1 (männlich/unignath) und 2 (männlich/bignath) ( $p = 0,025$ ) und 2 und 3 (weiblich/unignath) ( $p = 0,005$ ). Nach Bonferroni-Korrektur für multiples Testen war nur die Wits-Differenz zwischen den Gruppen 2 und 3 signifikant ( $p_{adj} = 0,027$ ).

„SNB“-Differenz: signifikante Unterschiede zeigten sich zwischen den Gruppen 1 und 3 (weiblich, unignath) ( $p = 0,019$ ), den Gruppen 2 und 3 ( $p = 0,001$ ) und den Gruppen 3 und 4 (weiblich, bignath) ( $p = 0,039$ ). Nach Bonferroni-Korrektur für multiples Testen war nur die „SNB“-Differenz zwischen den Gruppen 2 und 3 signifikant ( $p_{adj} = 0,005$ ).

„Sn-Pog“-Differenz: signifikante Unterschiede zeigten sich zwischen den Gruppen 1 und 3 ( $p = 0,014$ ), den Gruppen 2 und 3 ( $p = 0,002$ ) und den Gruppen 3 und 4 ( $p = 0,024$ ). Nach Bonferroni-Korrektur für multiples Testen war nur die „Sn-Pog“-Differenz zwischen den Gruppen 2 und 3 signifikant ( $p_{adj} = 0,014$ ).



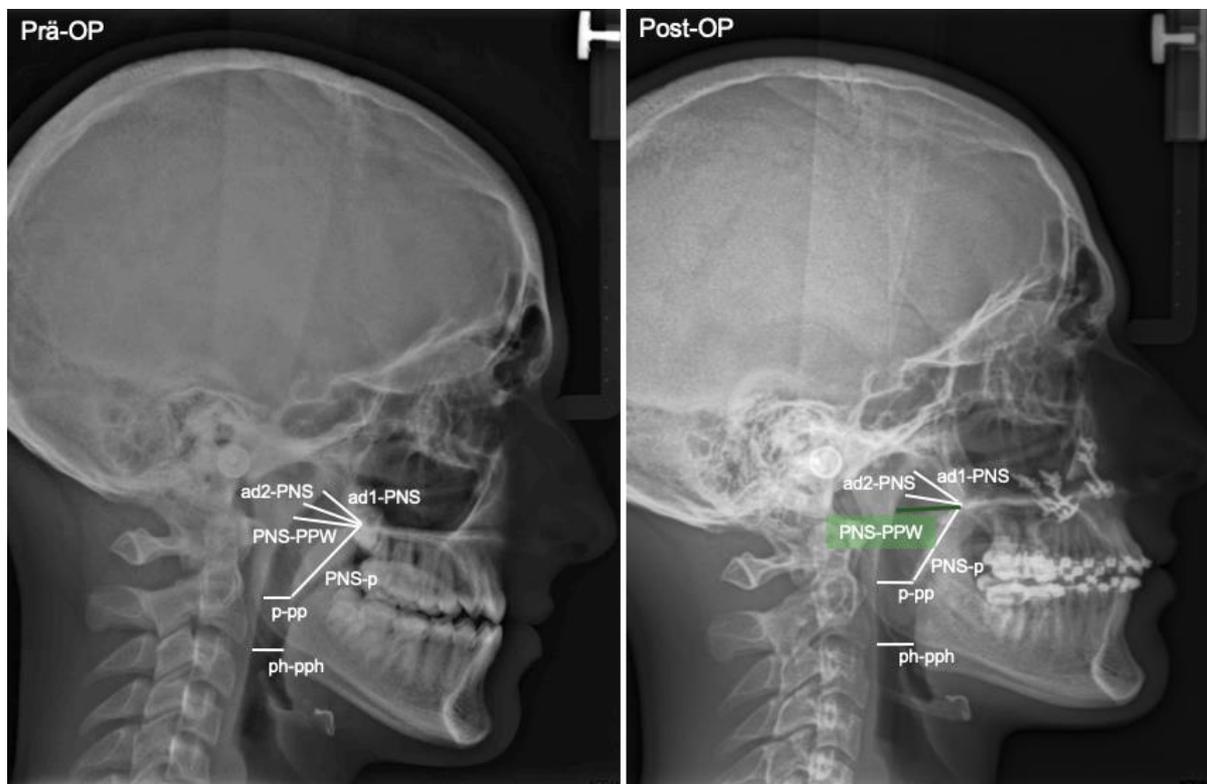
**Abbildung 4.6.** Verteilung von (a) Wits-, (b) SNB-, (c) ANB- und (d) Sn-Pog-Differenzen auf die Merkmalskombinationen Geschlecht und OP-Typ (vgl. Tabelle 4.14). Die in den Grafiken angegebenen *P*-Werte beziehen sich auf die Mehrfachvergleiche nach Kruskal-Wallis-Test ohne und in Klammern nach Bonferroni-Korrektur für multiples Testen.

# 5 Diskussion

## 5.1 Veränderungen der Weichgewebe-Parameter

Bis auf die Weichgewebe-Strecke „ph-pph“ und den Weichgewebe-Winkel „PNS-p“ zeigte der Vergleich der prä- und postoperativen FRS Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Präoperativ bestanden in diesem Patientenkollektiv vor der chirurgischen Intervention geschlechtsspezifische Unterschiede im Weichgewebe. Bei den durch die Operation hervorgerufenen Änderungen der Weichgewebe-Parameter konnte keine Geschlechtsspezifität festgestellt werden. Auf die Beachtung geschlechtsspezifischer Parameter konnte daher verzichtet werden. In der Literatur keine Studien identifiziert werden, die eine geschlechtsspezifische chirurgische Reposition von der Kiefer beschreiben.

Postoperativ zeigt sich bei der Strecke „PNS-PPW“ bei beiden Geschlechtern eine signifikante Vergrößerung der Streckenparameter im Vergleich zum präoperativen FRS. Dies lässt auf eine Vergrößerung des PAS und somit einen erweiternden Effekt auf die oberen Atemwege schließen. Diese Vergrößerung könnte zum einen durch die Rotationsbewegung der Spina nasalis posterior nach kranial und anterior bewirkt worden sein. Zum anderen kommt es durch die chirurgische Intervention zu einer Autorotationsbewegung der Mandibula, welche in weiterer Folge einen Zug auf die weichgewebigen Komponenten nach anterior hervorruft. Dies resultiert ebenfalls in einem erweiternden Effekt auf den PAS (Abbildung 5.1).



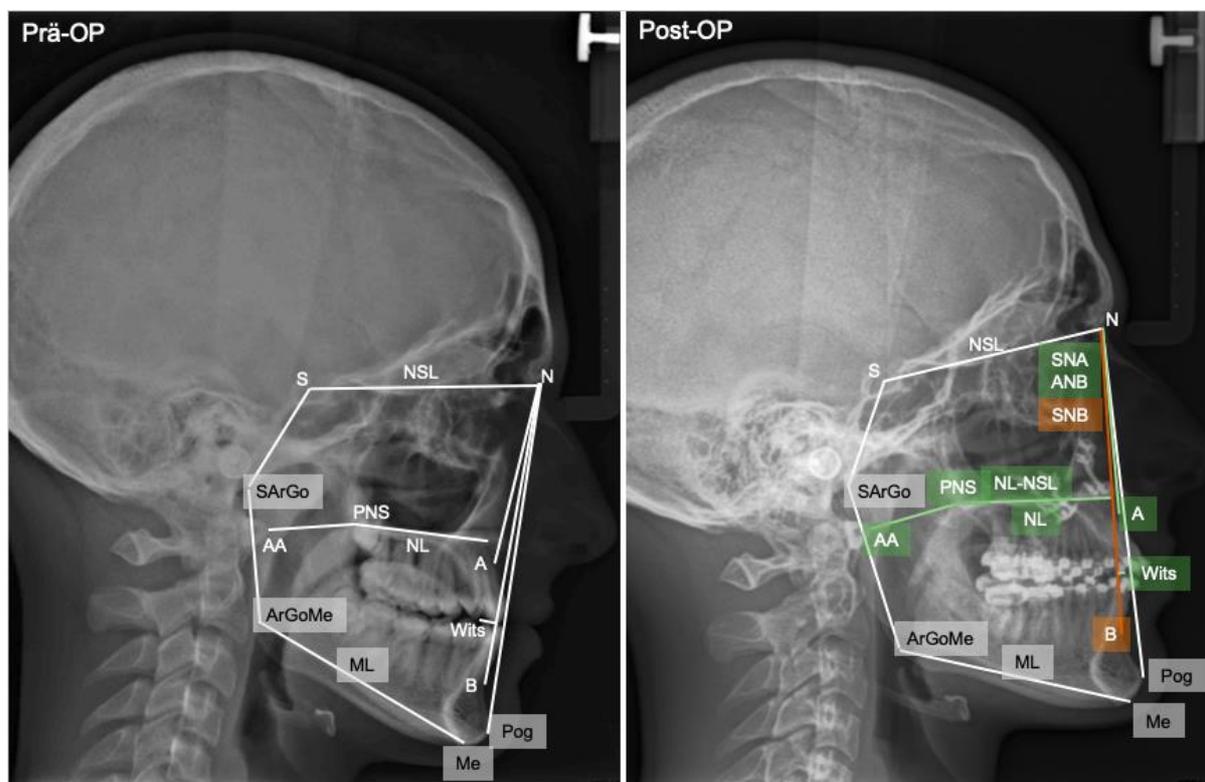
**Abbildung 5.1.** Signifikante Veränderungen der Weichgewebe-Parameter (vgl. Tabelle 4.8). Signifikante Vergrößerung der Strecke PNS-PPW im postoperativen FRS bei männlichen und weiblichen Patienten.

Es besteht eine größere Variation der Werte bei der bignath im Vergleich zur unignath operierten Patientengruppe. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass bei der bignath operierten Patientengruppe grundsätzlich eine größere Variation der skelettalen und somit auch der Weichgewebe-Parameter vorliegt.

Bei der bignath operierten Patientengruppe ist trotz signifikanter Rückverlagerung der Mandibula und Vergrößerung des Winkels „ANB“ keine Verringerung des Lumens im PAS erkennbar. Vermutlich ist dies auf die massive Kompensationsfähigkeit der weichgeweblichen Strukturen (Athanasίου et al. 1991) und auf die durch die posteriore Impaktation der Maxilla hervorgerufenen erweiternden Effekte des PAS zurückzuführen (Jeon et al.). Dies lässt darauf schließen, dass sich durch die posteriore Impaktation positive Effekte auf die oberen Atemwege erzielt und somit das Risiko für obstruktive Atemwegserkrankungen vermindert werden kann. Weitere Untersuchungen an größeren Fallzahlen und homogenem Patientenkollektiv müssen zeigen, ob sich dieser Effekt bestätigen lässt.

## 5.2 Veränderungen der Hartgewebe-Parameter

Im direkten Vergleich zwischen postoperativem und präoperativem FRS zeigten sich bei den Hartgewebe-Parametern „Wits“, „SNA“, „SNB“, „ANB“, „NL-NSL“ und „AA-PNS“ signifikante Veränderungen. Die Parameter „Wits“, „SNA“, „ANB“, „NL-NSL“ und „AA-PNS“ erweisen sich postoperativ als signifikant größer als präoperativ. Der Parameter „SNB“, erweist sich postoperativ als signifikant kleiner als präoperativ (Abbildung 5.2).



**Abbildung 5.2.** Signifikante Veränderungen der Hartgewebe-Parameter (vgl. Tabelle 4.11). Signifikante, geschlechts-unspezifische Vergrößerungen (grün hinterlegt) im postoperativen FRS: „Wits“, „SNA“, „ANB“, „NL-NSL“, „AA-PNS“. Der „SNB“ ist post-operativ signifikant verkleinert (orange hinterlegt).

Im präoperativen FRS war lediglich die Strecke „AA-PNS“ bei den männlichen Patienten signifikant größer als bei den weiblichen.

Nach der bimaxillären Umstellungsosteotomie, bei der die Maxilla vorverlagert und die Mandibula rückverlagert wurde, konnte eine Vergrößerung der anteroposterioren Dimension des PAS anhand der Strecke „AA-PNS“ festgestellt werden, welche jedoch keine statistische Signifikanz aufwies. Dies resultiert aus der Impaktation der *Spina Nasalis Posterior*, welche sich durch die chirurgische Repositionierung in einer Rotationsbewegung nach kranial und anterior verlagert.

Die Änderung des „SNB“-Winkels im postoperativen FRS zeigt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Patienten. Der Winkel verkleinerte sich bei Männern während er sich bei Frauen vergrößerte. Die Vergrößerung des „SNB“ bei den weiblichen Patienten ist, darauf zurückzuführen, dass bei den weiblichen Patienten eine größere Anzahl der Patientinnen unignath (9 von 17) operiert wurde als beim männlichen Patientenkollektiv. Bei den Männern wurde in mehr Fällen die bignathe OP-Methode (10 von 14), welche eine mandibuläre Rückverlagerung involviert, angewandt. Die größere Häufigkeit der mandibulären Rückverlagerungen beim männlichen Patientenkollektiv spiegelt sich statistisch in der Reduktion des „SNB“ wider.

Wie zu erwarten, ist eine postchirurgische Vergrößerung des „ANB“ bei den weiblichen sowie bei den männlichen Patienten feststellbar. Die Änderung des „ANB“-Winkels zeigt geringgradig signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede: es zeigte sich bei den männlichen Patienten eine Vergrößerung, da in dieser Patientengruppe mehr Probanden bignath operiert wurden. Bei den weiblichen Patienten zeigte sich ebenfalls eine Vergrößerung des „ANB“, jedoch in geringerem Ausmaß als bei den männlichen Patienten.

Hinsichtlich der Änderung des „SnPog“-Winkels liegt ein geringgradig signifikanter Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Patienten vor: bei den männlichen Patienten zeigte sich eine Verkleinerung des Winkels, während er sich bei den weiblichen Patienten vergrößerte. Dies basiert wieder auf der oben benannten These, dass eine größere Anzahl der männlichen Patienten bignath operiert wurden, was in diesem Fall aufgrund der mandibulären Rückverlagerung zur Verringerung des „SnPog“-Winkels führt.

Präoperativ zeigten sich bei den Parametern „Wits“, „SNA“, „ANB“ und „NL-NSL“ zwischen den unterschiedlichen Patientengruppen hinsichtlich der Operationsmethode signifikante Unterschiede. Hierbei war der „Wits“, der „SNA“ und der „ANB“ bei der bignath operierten Patientengruppe signifikant kleiner als bei der unignath operierten Patientengruppe. Dies ist darauf zurückzuführen, dass ein größeres OP-Ausmaß, sprich eine Rückverlagerung der Mandibula und zusätzlich zur maxillären posterioren Impaktation nötig war, um das knöcherne Defizit zu korrigieren und eine orthognathe Kieferrelation zu erzielen. Lediglich der „NL-NSL“ ist präoperativ aufgrund der Einschlusskriterien und des hier vorliegenden Patientenkollektivs bei der bignath operierten Patientengruppe signifikant größer als bei der unignath operierten Gruppe. Im Vergleich zwischen prä- und postoperativen FRS zeigte sich

durch die Verlagerung der *Spina nasalis posterior* nach kranial eine statistisch signifikante Vergrößerung des Winkels „NL-NSL“.

Auch bei dem Winkel „S-Ar-Go“ zeigen sich postoperativ statistisch signifikante Unterschiede bezüglich der Operationsmethode. Der „S-Ar-Go“ zeigte bei den bignath operierten Patienten eine signifikante Vergrößerung im Gegensatz zu den unignath operierten Patienten. Die postoperative Vergrößerung des Winkels „S-Ar-Go“ könnte sich auf die unterschiedliche Behandlung im Sinne des chirurgischen Vorgehens erklären lassen.

### 5.3 Limitierungen im Studiendesign

Trotz der Anlehnung der Messmethode an vorherige Studien (Oz et al. 2013) sind die Resultate dieser Studie zur Evaluation des PAS nur in eingeschränktem Ausmaß mit anderen bisherigen Studien vergleichbar, da sie sich entweder in der Bildgebung, der Behandlungsart oder der Referenzpunkte unterscheiden (Almuzian et al. 2016; Choi et al. 2016; Furquim et al. 2014; He et al. 2017; Kochel et al. 2013; Lee et al. 2016; Park et al. 2017; Park et al. 2012). Aktuell sind in der Literatur keinerlei Normen oder Leitlinien zur Vereinheitlichung der Evaluation des PAS zu finden. Um zukünftig aussagekräftige Vergleiche anzustellen, wird ein größeres Kollektiv an Studien, das auf standardisierten reproduzierbaren und akkuraten Messmethoden, -punkten- und -referenzen basiert, benötigt. Dazu werden größere Fallzahlen, ein homogeneres Kollektiv und eine angepasste Methodik benötigt.

In der hier vorliegenden Arbeit wurde das Ausmaß der mandibulären Rückverlagerung nicht in die Einschlusskriterien integriert. In einer kürzlich publizierten Studie wurde das Ausmaß der Rückverlagerung auf  $> 9$  mm festgelegt und eine bezüglich dieses Parameters homogenere Patientengruppe ( $n = 12$ ) generiert (Yang et al. 2020). Trotz der geringen Fallzahl wurde durch die expliziten Einschlusskriterien eine homogene Gruppe generiert und ein signifikantes Ergebnis erzielt. Folglich sollte für aussagekräftige Ergebnisse das OP-Ausmaß in die Einschlusskriterien integriert werden.

Ein Vergleich unterschiedlicher Studien mit der hier vorliegenden sollte nicht unberücksichtigt lassen, dass auch die Anzahl der Patienten eine große Rolle spielen: in der vorliegenden Studie wurden 31, in anderen Studien 50 (Oz et al. 2013), 10 (Jakobsone et al. 2011) und 16 (Park et al. 2012) bignath therapierte Patientendaten untersucht. Je kleiner die Fallzahl, desto gewichtiger werden Ausreißer in der Evaluation. Zur Verifizierung der hier vorliegenden Ergebnisse sind Studien mit größeren Fallzahlen nötig.

Hinsichtlich der diagnostischen Mittel muss bedacht werden, dass der Pharynx als Muskelschlauch eine dynamische anatomische Struktur besitzt und jegliche Bildgebung letztendlich lediglich eine Momentaufnahme darstellt. Es ist weder bekannt ob der Patient gerade schluckt, Schwellungen aufgrund von Allergien oder Traumata vorhanden sind oder ob der Patient unter Krankheiten wie beispielsweise Adipositas leidet (Bhattacharyya et al. 2000; Kyung et al. 2005). Bedenkt man jedoch die geringe Strahlenbelastung und den im Vergleich zu rhinoendoskopischen oder ähnlichen Verfahren geringen Aufwand, ist das FRS als Bildgebung akzeptiert (Schulze 2013). Jedoch muss gesagt sein, dass bis dato keine Leitlinie und keinerlei standardisierte Verfahren zur einwandfreien Beurteilung des PAS gegeben sind.

(Achilleos et al. 2000b; Schulze 2013). Dreidimensionale strukturelle Informationen der weichgeweblichen Komponenten können in der zweidimensionalen Bildgebung des FRS nicht immer adäquat beurteilt werden (Aboudara et al. 2009; Kim et al. 2010). Eine positive Korrelation zwischen zweidimensionalen Streckenmessungen und den Flächenmessungen auf axialen DVT-Schichten ist jedoch unumstritten. (Vizzotto et al. 2012). Eine exakte Bestimmung des Atemwegsvolumens ist anhand von zweidimensionalen FRS nicht möglich (Aboudara et al. 2009). Die Diagnostik bezüglich der Entwicklung einer Schlafapnoe erfolgt im Schlaflabor.

Mittels einer Bewertung der Genauigkeit einiger kephalometrischer Messungen anhand von menschlichen Schädeln durch den Vergleich von DVTs verschiedener Schichtung miteinander folgte der Rückschluss, dass die Messungen der zweidimensionalen Bildgebung beinahe den tatsächlichen Werten entsprechen. Bei den FRS-Aufnahmen, die eine Abweichung aufwiesen, betrug der Wert zwischen 4,6 und 9 Prozent (Moshiri et al. 2007).

Letztendlich können durch das FRS bei geringer Strahlenbelastung aussagekräftige Informationen zu weichem Gaumen und Nasopharynx gewonnen werden, ohne den Patienten zusätzlicher Strahlung auszusetzen (Akcem et al. 2002; Vizzotto et al. 2012).

Zusätzlich zu bildgebenden Verfahren ist die Entwicklung einer obstruktiven Schlafapnoe im Schlaflabor mittels polygrafischer Messungen feststellbar. Aufgrund der hohen Spezifität und Genauigkeit ist wurde dieses Verfahren in vorangegangenen Studien erfolgreich zur Diagnostik obstruktiver Atemwegserkrankungen angewendet (Faria et al. 2013; Gokce et al. 2014; Yang et al. 2020).

## 6 Schlussfolgerung

Bei der Behandlung dentoskelettaler Deformitäten mittels Osteotomien werden gewisse Folgeeffekte in Bezug auf die Morphologie des Rachens beobachtet (Greco et al. 1990a; Greco et al. 1990b). Beispielsweise wird die maxillomandibuläre Vorverlagerung als Behandlung der obstruktiven Schlaf-Apnoe erfolgreich eingesetzt (Faria et al. 2013; Goodday 2009). Die mandibuläre Rückverlagerung wird jedoch mit einer Verminderung des posterioren Atemwegsvolumens assoziiert und könnte potenziell für eine Entwicklung einer obstruktiven Schlaf-Apnoe verantwortlich gemacht werden (Hochban et al. 1996; Marşan et al. 2008; Riley et al. 1987; Tselnik und Pogrel 2000). In einer Studie wurde beobachtet, dass bei mandibulärer Rückverlagerung  $> 9$  mm der Apnoea-Hypopnea Index (AHI) bei einer kleinen Patientengruppe signifikant anstieg und die Entstehung einer obstruktiven Schlafapnoe (OSA) begünstigte (Guilleminault et al. 1985; Yang et al. 2020). Ober- und Unterkiefer, Zunge, Hyoid und die Rachenwände sind eng mit den Muskeln und Bändern des Rachenraumes verknüpft. Die Zunge ist durch ihre Muskeln und Ligamente direkt mit dem Zungenbein und dem Unterkiefer verbunden. Wird der Unterkiefer nach posterior repositioniert, bewegt sich die Zunge ebenfalls nach posterior, was zu einer Verengung des hinteren Rachenraumes führen kann (Greco et al. 1990a; Greco et al. 1990b; Güven und Saracoglu 2005; Kitagawara et al. 2008; Pereira-Filho et al. 2011; Saitoh 2004). Je größer das Ausmaß der mandibulären Rückverlagerung, umso mehr kommt es zur Verringerung des PAS. Daraus resultiert eine höhere Prävalenz von OSA nach mandibulärer Rückverlagerung (Becker et al. 2012). Die meisten Studien evaluieren lediglich PAS-Veränderungen bei mandibulären Rückverlagerungsoperationen mit geringem Ausmaß, daher sind die Konsequenzen für den PAS meist nicht gravierend (Foltán et al. 2011; Gokce et al. 2012; Gokce et al. 2014; Hasebe et al. 2011; Uesugi et al. 2014; Yang et al. 2020).

Klasse-III-Patienten weisen präoperativ einen vergrößerten posterioren Atemweg auf (Muto et al. 2008). Dennoch kann es bei dysgnathiechirurgischen Eingriffen zur Einengung des PAS kommen, wenn lediglich eine mandibuläre Rückverlagerung erfolgt. In dieser und anderen Studien konnten bei bignathen und Operationen mit posteriorer Impaktation der Maxilla keine Einschränkungen im PAS festgestellt werden (Athanasidou et al. 1991; Kim et al. 2014; Park et al. 2017). Sollten bereits Einschränkungen der Atmung vorliegen, sollte aufgrund des positiven Effektes für den PAS das bignathe Operationsverfahren mit posteriorer Impaktation der Maxilla zur Korrektur von Klasse-III-Anomalien in Betracht gezogen werden (Tsui et al. 2020; Yang et al. 2020).

Die Veränderung des PAS hängt vom Operationstyp und -umfang ab (Yang et al. 2020). Unter Berücksichtigung des Rachenraumes ist die maxilläre Vorverlagerung beziehungsweise ein bignathes Operationsvorgehen gegenüber der mandibulären Rückverlagerung vorteilhaft. Ist eine mandibuläre Rückverlagerung indiziert, kann ein bignathes operatives Vorgehen mit posteriorer Impaktation der Maxilla die Folgen der Rückverlagerung minimieren und zu neutralisieren (Achilleos et al. 2000b; Eggensperger et al. 2005; Hatab et al. 2015; Jakobsone

et al. 2011; Kitagawara et al. 2008; Marşan et al. 2008; Pereira-Filho et al. 2011). Wenn möglich sollte die mandibuläre Rückverlagerung so wenig umfangreich wie möglich gestaltet werden, um das Risiko der Minimierung des Atemwegsvolumens zu reduzieren (Yang et al. 2020). Bei Patienten mit ungünstiger Konstitution, wie zum Beispiel Fettleibigkeit oder Symptomen von obstruktiver Schlaf-Apnoe sollte die chirurgische Planung in jedem Falle unter Berücksichtigung des Rachenraumes und auf die spezifischen Bedürfnisse des Patienten bezüglich der Atemwege zugeschnitten werden (Almuzian et al. 2016; Choi et al. 2015; Foltan et al. 2009; Goncales et al. 2014; Hatab et al. 2015; He et al. 2017; Lee et al. 2016; Li et al. 2014; Park et al. 2017; Ye et al. 2009).

Die Ergebnisse in dieser Arbeit zeigen, dass vor allem die unignathe Therapie im Oberkiefer eine Vergrößerung des Lumens der Atemwege hervorrufen kann. Durch die darauffolgende Autorotation des Unterkiefers erfolgt ein Zug auf die weichgeweblichen Strukturen nach anterior, woraus ein zusätzlicher erweiternder Effekt auf die Atemwege entsteht.

In diesem Patientenkollektiv konnte keine statistisch relevante Veränderung des Rachenraumes festgestellt werden, jedoch wurde sowohl bei unignather als auch bei bignather Operationsmethode mit posteriorer Impaktation der Maxilla ein vergrößernder Effekt des PAS beobachtet. Weitere Untersuchungen an größeren Fallzahlen und homogenem Patientengut müssen zeigen, ob sich dieser Effekt bestätigen lässt.

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel dieser Arbeit war es zu überprüfen, inwieweit sich der Zungen- und Rachenraum nach uni- oder bignather kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischer Intervention mit posteriorer Impaktation der Maxilla verändert. Dabei wurden 31 erwachsene Patienten untersucht, bei denen im Rahmen der chirurgischen Klasse-III-Therapie eine posteriore Impaktation indiziert war. Aussagefähige und objektive Ergebnisse über die Veränderungen der knöchernen und weichgewebigen Strukturen des Rachenraums wurden mit Hilfe von Fernröntgenseitenbildern gewonnen.

Folgende Ergebnisse konnten anhand der durchgeführten Untersuchungen erzielt werden. Wie schon in früheren Studien festgestellt wurde, konnte auch bei dieser Untersuchung kein signifikanter Unterschied des Zungen- und Rachenraumes in Folge einer posterioren Impaktation festgestellt werden. Grundsätzlich zeigte sich ein erweiternder Effekt der Operation auf den PAS, wenn auch ohne statistische Signifikanz.

In jedem Fall sollte eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Kieferorthopäden und Chirurgen gegeben sein und die chirurgische Planung individuell auf den Patienten abgestimmt werden, um eventuelle Risiken zu vermindern.

Diese Studie weist eine Limitation durch ein geringes Patientenkollektiv ( $N = 31$ ) auf. Insofern müssen diese Ergebnisse anhand von größeren Fallzahlen und eines ausgedehnten Patientenkollektivs bestätigt werden. Weitere Studien und Investigationen sind demzufolge nötig, um zur Bestätigung dieser Ergebnisse beizutragen.

Aktuell ist kein adäquates diagnostisches Mittel verfügbar, das eine sichere und verlässliche Evaluation des PAS und somit Rückschlüsse auf die Therapieplanung zulässt. Dies ist auch an der inhomogenen Studienlage und zum Teil widersprüchlichen Empfehlungen zu erkennen.

Derzeit ist eine Tendenz zur Entwicklung virtueller dynamischer Modelle, basierend auf CT-Daten zum Atemtrakt, erkennbar. Trotzdem bleibt die Diagnostik und Evaluation durch die Anatomie und Morphologie des Pharynx tages- und situationsabhängig mit beträchtlichen inter-individuellen Unterschieden. Allgemein gestaltet sich die Untersuchung von Weichgewebe schwieriger als bei Hartgewebe.

Mit der Weiterentwicklung strahlungsreduzierter dreidimensionaler Bildgebung und Ausbau von Software zur Berechnung von Strömungsverhalten der Luft kommen zukünftig neue Methoden zur Evaluation des PAS hinzu, z. B. Finite-Element-Simulationen (FEM) zur numerischen Strömungsmechanik.

## 8 Literaturverzeichnis

- Aboudara C, Nielsen I, Huang JC, Maki K, Miller AJ, Hatcher D (2009). Comparison of airway space with conventional lateral headfilms and 3-dimensional reconstruction from cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 135(4):468-79.
- Achilleos S, Krogstad O, Lyberg T (2000a). Surgical mandibular advancement and changes in uvuloglossopharyngeal morphology and head posture: a short- and long-term cephalometric study in males. *Eur J Orthod*; 22(4):367-81.
- Achilleos S, Krogstad O, Lyberg T (2000b). Surgical mandibular setback and changes in uvuloglossopharyngeal morphology and head posture: a short- and long-term cephalometric study in males. *Eur J Orthod*; 22(4):383-94.
- Ahn HW, Cho IS, Cho KC, Choi JY, Chung JW, Baek SH (2013). Surgical treatment modality for facial esthetics in an obstructive sleep apnea patient with protrusive upper lip and acute nasolabial angle. *Angle Orthod*; 83(2):355-63.
- Akcam MO, Toygar TU, Wada T (2002). Longitudinal investigation of soft palate and nasopharyngeal airway relations in different rotation types. *Angle Orthod*; 72(6):521-6.
- Almuzian M, Almukhtar A, Ju X, Al-Hiyali A, Benington P, Ayoub A (2016). Effects of Le Fort I Osteotomy on the Nasopharyngeal Airway-6-Month Follow-Up. *J Oral Maxillofac Surg*; 74(2):380-91.
- Athanasiou AE, Melsen B, Eriksen J (1989). Concerns, motivation, and experience of orthognathic surgery patients: a retrospective study of 152 patients. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*; 4(1):47-55.
- Athanasiou AE, Toutountzakis N, Mavreas D, Ritzau M, Wenzel A (1991). Alterations of hyoid bone position and pharyngeal depth and their relationship after surgical correction of mandibular prognathism. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 100(3):259-65.
- Aydemir H, Memikoglu U, Karasu H (2012). Pharyngeal airway space, hyoid bone position and head posture after orthognathic surgery in Class III patients. *Angle Orthod*; 82(6):993-1000.
- Baccetti T, Franchi L, McNamara JA, Jr. (2002). An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod*; 72(4):316-23.
- Baik UB, Suzuki M, Ikeda K, Sugawara J, Mitani H (2002). Relationship between cephalometric characteristics and obstructive sites in obstructive sleep apnea syndrome. *Angle Orthod*; 72(2):124-34.
- Bailey LT, Proffit WR, White RP, Jr. (1995). Trends in surgical treatment of Class III skeletal relationships. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*; 10(2):108-18.
- Battagel JM, L'Estrange PR, Nolan P, Harkness B (1998). The role of lateral cephalometric radiography and fluoroscopy in assessing mandibular advancement in sleep-related disorders. *Eur J Orthod*; 20(2):121-32.
- Becker OE, Avelar RL, Göelzer JG, Dolzan AdN, Haas Júnior OL, De Oliveira RB (2012). Pharyngeal Airway Changes in Class III Patients Treated With Double Jaw Orthognathic Surgery—Maxillary Advancement and Mandibular Setback. *J Oral and Maxillofac Surg*; 70(11):e639-e647.
- Bhattacharyya N, Blake SP, Fried MP (2000). Assessment of the airway in obstructive sleep apnea syndrome with 3-dimensional airway computed tomography. *Otolaryngol Head Neck Surg*; 123(4):444-9.
- Bibby RE, Preston CB (1981). The hyoid triangle. *Am J Orthod*; 80(1):92-7.
- Bohlman ME, Haponik EF, Smith PL, Allen RP, Bleecker ER, Goldman SM (1983). CT demonstration of pharyngeal narrowing in adult obstructive sleep apnea. *AJR Am J Roentgenol*; 140(3):543-8.
- Bonham PE, Currier GF, Orr WC, Othman J, Nanda RS (1988). The effect of a modified functional appliance on obstructive sleep apnea. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 94(5):384-92.
- Borowiecki B, Pollak CP, Weitzman ED, Rakoff S, Imperato J (1978). Fibro-optic study of pharyngeal airway during sleep in patients with hypersomnia obstructive sleep-apnea syndrome. *Laryngoscope*; 88(8 Pt 1):1310-3.

- Brown IG, Zamel N, Hoffstein V (1986). Pharyngeal cross-sectional area in normal men and women. *J Appl Physiol*; 61(3):890-5.
- Chen F, Terada K, Hua Y, Saito I (2007). Effects of bimaxillary surgery and mandibular setback surgery on pharyngeal airway measurements in patients with Class III skeletal deformities. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 131(3):372-377.
- Choi JW, Park YJ, Lee CY (2015). Posterior Pharyngeal Airway in Clockwise Rotation of Maxillomandibular Complex Using Surgery-first Orthognathic Approach. *Plast Reconstr Surg Glob Open*; 3(8):e485.
- Choi SH, Kang DY, Cha JY, Jung YS, Baik HS, Hwang CJ (2016). Is There a Difference in Stability After Intraoral Vertical Ramus Osteotomy Between Vertically High-Angle and Normal-Angle Patients? *J Oral Maxillofac Surg*; 74(11):2252-2260.
- Crumley RL, Stein M, Gamsu G, Golden J, Dermon S (1987). Determination of obstructive site in obstructive sleep apnea. *Laryngoscope*; 97(3 Pt 1):301-8.
- Degerliyurt K, Ueki K, Hashiba Y, Marukawa K, Nakagawa K, Yamamoto E (2008). A comparative CT evaluation of pharyngeal airway changes in class III patients receiving bimaxillary surgery or mandibular setback surgery. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*; 105(4):495-502.
- Demetriades N, Chang DJ, Laskarides C, Papageorge M (2010). Effects of mandibular repositioning, with or without maxillary advancement, on the oro-naso-pharyngeal airway and development of sleep-related breathing disorders. *J Oral Maxillofac Surg*; 68(10):2431-6.
- Demetrius JH (2005). From 2-dimensional cephalograms to 3-dimensional computed tomography scans. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 127(5):627-37.
- Eggensperger N, Smolka W, Iizuka T (2005). Long-term changes of hyoid bone position and pharyngeal airway size following mandibular setback by sagittal split ramus osteotomy. *J Craniomaxillofac Surg*; 33(2):111-7.
- Enacar A, Aksoy AU, Sencift Y, Haydar B, Aras K (1994). Changes in hypopharyngeal airway space and in tongue and hyoid bone positions following the surgical correction of mandibular prognathism. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*; 9(4):285-90.
- Faria AC, Xavier SP, Silva SN, Jr., Trawitzki LV, de Mello-Filho FV (2013). Cephalometric analysis of modifications of the pharynx due to maxillo-mandibular advancement surgery in patients with obstructive sleep apnea. *Int J Oral Maxillofac Surg*; 42(5):579-84.
- Farman AG, Scarfe WC (2006). Development of imaging selection criteria and procedures should precede cephalometric assessment with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 130(2):257-65.
- Filho DI, Raveli DB, Raveli RB, de Castro Monteiro Loffredo L, Gandin LG, Jr. (2001). A comparison of nasopharyngeal endoscopy and lateral cephalometric radiography in the diagnosis of nasopharyngeal airway obstruction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 120(4):348-52.
- Foltan R, Hoffmannova J, Donev F, Vlk M, Sedy J, Kufa R, Bulik O (2009). The impact of Le Fort I advancement and bilateral sagittal split osteotomy setback on ventilation during sleep. *Int J Oral Maxillofac Surg*; 38(10):1036-40.
- Foltán R, Hoffmannová J, Pavlíková G, Hanzelka T, Klíma K, Horká E, Adámek S, Šedý J (2011). The influence of orthognathic surgery on ventilation during sleep. *Int J Oral Maxillofac Surg*; 40(2):146-149.
- Franchi L, Baccetti T, McNamara JA, Jr. (2000). Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 118(3):335-40.
- Furquim BA, de Freitas KM, Janson G, Simoneti LF, de Freitas MR, de Freitas DS (2014). Class III Malocclusion Surgical-Orthodontic Treatment. *Case Rep Dent*; 2014:868390.
- Gokce SM, Gorgulu S, Gokce HS, Bengi O, Sabuncuoglu F, Ozgen F, Bilgic H (2012). Changes in posterior airway space, pulmonary function and sleep quality, following bimaxillary orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg*; 41(7):820-9.
- Gokce SM, Gorgulu S, Gokce HS, Bengi AO, Karacayli U, Ors F (2014). Evaluation of pharyngeal airway space changes after bimaxillary orthognathic surgery with a 3-dimensional simulation and modeling program. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 146(4):477-92.
- Goncales ES, Rocha JF, Goncales AG, Yaedu RY, Sant'Ana E (2014). Computerized cephalometric study of the pharyngeal airway space in patients submitted to orthognathic surgery. *J Maxillofac Oral Surg*; 13(3):253-8.

- Goodday R (2009). Diagnosis, treatment planning, and surgical correction of obstructive sleep apnea. *J Oral Maxillofac Surg*; 67(10):2183-96.
- Graber LW (1978). Hyoid changes following orthopedic treatment of mandibular prognathism. *Angle Orthod*; 48(1):33-8.
- Greco JM, Frohberg U, Van Sickels JE (1990a). Long-term airway space changes after mandibular setback using bilateral sagittal split osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg*; 19(2):103-5.
- Greco JM, Frohberg U, Van Sickels JE (1990b). Cephalometric analysis of long-term airway space changes with maxillary osteotomies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*; 70(5):552-554.
- Guilleminault C, Riley R, Powell N (1985). Sleep apnea in normal subjects following mandibular osteotomy with retrusion. *Chest*; 88(5):776-8.
- Güven O, Saracoglu U (2005). Changes in pharyngeal airway space and hyoid bone positions after body osteotomies and sagittal split ramus osteotomies. *J Craniofac Surg*; 16(1):23-30.
- Hasebe D, Kobayashi T, Hasegawa M, Iwamoto T, Kato K, Izumi N, Takata Y, Saito C (2011). Changes in oropharyngeal airway and respiratory function during sleep after orthognathic surgery in patients with mandibular prognathism. *Int J Oral Maxillofac Surg*; 40(6):584-92.
- Hassel B, Farman AG (1995). Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 107(1):58-66.
- Hatab NA, Konstantinović VS, Mudrak JKH (2015). Pharyngeal airway changes after mono- and bimaxillary surgery in skeletal class III patients: Cone-beam computed tomography evaluation. *J Craniofac Surg*; 43(4):491-496.
- He J, Wang Y, Hu H, Liao Q, Zhang W, Xiang X, Fan X (2017). Impact on the upper airway space of different types of orthognathic surgery for the correction of skeletal class III malocclusion: A systematic review and meta-analysis. *Int J Surg*; 38:31-40.
- Hochban W, Schurmann R, Brandenburg U, Conradt R (1996). Mandibular setback for surgical correction of mandibular hyperplasia--does it provoke sleep-related breathing disorders? *J Oral Maxillofac Surg*; 25(5):333-8.
- Hong JS, Park YH, Kim YJ, Hong SM, Oh KM (2011). Three-dimensional changes in pharyngeal airway in skeletal class III patients undergoing orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg*; 69(11):e401-8.
- Jacobson A (1975). The "Wits" appraisal of jaw disharmony. *Am J Orthod*; 67(2):125-38.
- Jakobson G, Stenvik A, Espeland L (2011). The effect of maxillary advancement and impaction on the upper airway after bimaxillary surgery to correct Class III malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 139(4 Suppl):e369-76.
- Jeon H-MBA, Choi J-YDDSMD, Baek S-HDDSMSD Soft Tissue Changes After Posterior Impaction and Setback of the Maxilla With Le Fort I Osteotomy in Skeletal Class III Patients. [Miscellaneous Article]. *Journal of Craniofacial Surgery* July 2014;25(4):1495-1500.
- Kim T, Baek SH, Choi JY (2014). Effect of posterior impaction and setback of the maxilla on retropalatal airway and velopharyngeal dimensions after two-jaw surgery in skeletal Class III patients. *Angle Orthod*; 10.2319/041614-281.1.
- Kim Y, Park SB, Kim J (2008). A study of upper airway dimensional change according to maxillary superior movement after orthognathic surgery. *Korean J Orthod*; 38(2):121-132.
- Kim Y, Hong J, Hwang Y, Park Y (2010). Three-dimensional analysis of pharyngeal airway in preadolescent children with different anteroposterior skeletal patterns. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 137(3):306.e1-306.e11.
- Kitagawara K, Kobayashi T, Goto H, Yokobayashi T, Kitamura N, Saito C (2008). Effects of mandibular setback surgery on oropharyngeal airway and arterial oxygen saturation. *J Oral Maxillofac Surg*; 37(4):328-33.
- Kochel J, Meyer-Marcotty P, Sickel F, Lindorf H, Stellzig-Eisenhauer A (2013). Short-term pharyngeal airway changes after mandibular advancement surgery in adult Class II-Patients--a three-dimensional retrospective study. *J Orofac Orthop*; 74(2):137-52.
- Kumar V, Ludlow J, Soares Cevidanes LH, Mol A (2008). In vivo comparison of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms. *Angle Orthod*; 78(5):873-9.
- Kyung SH, Park YC, Pae EK (2005). Obstructive sleep apnea patients with the oral appliance experience pharyngeal size and shape changes in three dimensions. *Angle Orthod*; 75(1):15-22.
- Lagravère MO, Major PW (2005). Proposed reference point for 3-dimensional cephalometric analysis with cone-beam computerized tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 128(5):657-60.

- Lamont J, Baldwin DR, Hay KD, Veale AG (1998). Effect of two types of mandibular advancement splints on snoring and obstructive sleep apnoea. *Eur J Orthod*; 20(3):293-7.
- Lee WY, Park YW, Kwon KJ, Kim SG (2016). Change of the airway space in mandibular prognathism after bimaxillary surgery involving maxillary posterior impaction. *Maxillofac Plast Reconstr Surg*; 38(1):23.
- Li KK, Guilleminault C, Riley RW, Powell NB (2002). Obstructive sleep apnea and maxillomandibular advancement: an assessment of airway changes using radiographic and nasopharyngoscopic examinations. *J Oral Maxillofac Surg*; 60(5):526-30; discussion 531.
- Li YM, Liu JL, Zhao JL, Dai J, Wang L, Chen JW (2014). Morphological changes in the pharyngeal airway of female skeletal class III patients following bimaxillary surgery: A cone beam computed tomography evaluation. *Int J Oral Maxillofac Surg*; 43(7):862-867.
- Lowe AA, Gionhaku N, Takeuchi K, Fleetham JA (1986). Three-dimensional CT reconstructions of tongue and airway in adult subjects with obstructive sleep apnea. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 90(5):364-74.
- Maki K, Inou N, Takanishi A, Miller AJ (2003). Computer-assisted simulations in orthodontic diagnosis and the application of a new cone beam X-ray computed tomography. *Orthod Craniofac Res*; 6 Suppl 1:95-101; discussion 179-82.
- Marşan G, Cura N, Emekli U (2008). Changes in pharyngeal (airway) morphology in Class III Turkish female patients after mandibular setback surgery. *J Craniomaxillofac Surg*; 36(6):341-5.
- McNamara JA (1981). Influence of respiratory pattern on craniofacial growth. *Angle Orthod*; 51(4):269-300.
- Moshiri M, Scarfe WC, Hilgers ML, Scheetz JP, Silveira AM, Farman AG (2007). Accuracy of linear measurements from imaging plate and lateral cephalometric images derived from cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 132(4):550-60.
- Muto T, Yamazaki A, Takeda S, Sato Y (2008). Effect of bilateral sagittal split ramus osteotomy setback on the soft palate and pharyngeal airway space. *Int J Oral Maxillofac Surg*; 37(5):419-23.
- Nakajima A, Sameshima GT, Arai Y, Homme Y, Shimizu N, Dougherty H, Sr. (2005). Two- and three-dimensional orthodontic imaging using limited cone beam-computed tomography. *Angle Orthod*; 75(6):895-903.
- O'Reilly MT, Yanniello GJ (1988). Mandibular growth changes and maturation of cervical vertebrae--a longitudinal cephalometric study. *Angle Orthod*; 58(2):179-84.
- Ogawa T, Enciso R, Shintaku WH, Clark GT (2007). Evaluation of cross-section airway configuration of obstructive sleep apnea. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*; 103(1):102-8.
- Oz U, Orhan K, Rubenduz M (2013). Two-dimensional lateral cephalometric evaluation of varying types of Class II subgroups on posterior airway space in postadolescent girls: a pilot study. *J Orofac Orthop*; 74(1):18-27.
- Panagiotidis G, Witt E (1977). Der individualisierte ANB-Winkel. *Fortschr Kieferorthop*; 38(4):408-416.
- Park JE, Bae SH, Choi YJ, Choi WC, Kim HW, Lee UL (2017). The structural changes of pharyngeal airway contributing to snoring after orthognathic surgery in skeletal class III patients. *Maxillofac Plast Reconstr Surg*; 39(1):22.
- Park SB, Kim YI, Son WS, Hwang DS, Cho BH (2012). Cone-beam computed tomography evaluation of short- and long-term airway change and stability after orthognathic surgery in patients with Class III skeletal deformities: bimaxillary surgery and mandibular setback surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg*; 41(1):87-93.
- Pereira-Filho VA, Castro-Silva LM, de Moraes M, Gabrielli MF, Campos JA, Juergens P (2011). Cephalometric evaluation of pharyngeal airway space changes in class III patients undergoing orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg*; 69(11):e409-15.
- Riley RW, Powell NB, Guilleminault C, Ware W (1987). Obstructive sleep apnea syndrome following surgery for mandibular prognathism. *J Oral Maxillofac Surg*; 45(5):450-2.
- Rodenstein DO, Dooms G, Thomas Y, Liistro G, Stanescu DC, Culee C, Aubert-Tulkens G (1990). Pharyngeal shape and dimensions in healthy subjects, snorers, and patients with obstructive sleep apnoea. *Thorax*; 45(10):722-7.
- Rudzki-Janson I, Steinhäuser-Andresen S, Schleussner-Samuel C (2011). Kieferorthopädische Aspekte der orthognathen Chirurgie. In: Sander FG, Schwenzer N, Ehrenfeld M (Hrsg.). *Kieferorthopädie*.] 2. Aufl. Stuttgart: Thieme; S. 365-398.

- Saitoh K (2004). Long-term changes in pharyngeal airway morphology after mandibular setback surgery. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 125(5):556-61.
- Schulze R (2013). s2k-Leitlinie Dentale digitale Volumentomographie. Leitlinie Dentale digitale Volumentomographie. DGKFO. Mainz, DGKFO.
- Segner D, Hasund A (2003). Individualisierte Kephalometrie. 4. Aufl. Hamburg: Dietmar Segner.
- Silva MA, Wolf U, Heinicke F, Bumann A, Visser H, Hirsch E (2008). Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: a radiation dose evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 133(5):640.e1-5.
- Solow B, Tallgren A (1971). Natural head position in standing subjects. *Acta Odontol Scand*; 29(5):591-607.
- Solow B, Siersbaek-Nielsen S, Greve E (1984). Airway adequacy, head posture, and craniofacial morphology. *Am J Orthod*; 86(3):214-23.
- Steinhäuser S, Richter U, Richter F, Bill J, Rudzki-Janson I (2008). Profile changes following maxillary impaction and autorotation of the mandible. *J Orofac Orthop*; 69(1):31-41.
- Stellzig-Eisenhauer A, Meyer-Marcotty P (2010). Interaction between otorhinolaryngology and orthodontics: correlation between the nasopharyngeal airway and the craniofacial complex. *GMS Curr Top Otorhinolaryngol Head Neck Surg*; 9:Doc04.
- Subtelny JD, Baker HK (1956). The significance of adenoid tissue in velopharyngeal function. *Plast Reconstr Surg*; 17(3):235-50.
- Takagi Y, Gamble JW, Proffit WR, Christiansen RL (1967). Postural change of the hyoid bone following osteotomy of the mandible. *Oral Surg Oral Medicine, Oral Pathology*; 23(5):688-692.
- Tallgren A, Solow B (1987). Hyoid bone position, facial morphology and head posture in adults. *Eur J Orthod*; 9(1):1-8.
- Timms D (1990). Alternate interpretation of mandibular osteotomy results. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 97(1):29a-30a.
- Trenouth MJ, Timms DJ (1999). Relationship of the functional oropharynx to craniofacial morphology. *Angle Orthod*; 69(5):419-23.
- Tselnik M, Pogrel MA (2000). Assessment of the pharyngeal airway space after mandibular setback surgery. *J Oral Maxillofac Surg*; 58(3):282-5; discussion 285-7.
- Tsui WK, Yang Y, McGrath C, Leung YY (2020). Improvement in quality of life after skeletal advancement surgery in patients with moderate-to-severe obstructive sleep apnoea: a longitudinal study. *Int J Oral Maxillofac Surg*; 49(3):333-341.
- Turnbull NR, Battagel JM (2000). The effects of orthognathic surgery on pharyngeal airway dimensions and quality of sleep. *J Orthod*; 27(3):235-47.
- Uesugi T, Kobayashi T, Hasebe D, Tanaka R, Ike M, Saito C (2014). Effects of orthognathic surgery on pharyngeal airway and respiratory function during sleep in patients with mandibular prognathism. *Int J Oral Maxillofac Surg*; 43(9):1082-1090.
- Van Vlijmen OJC, Maal T, Bergé SJ, Bronkhorst EM, Katsaros C, Kuijpers-Jagtman AM (2010). A comparison between 2D and 3D cephalometry on CBCT scans of human skulls. *Int J Oral Maxillofac Surg*; 39(2):156-160.
- Vizzotto MB, Liedke GS, Delamare EL, Silveira HD, Dutra V, Silveira HE (2012). A comparative study of lateral cephalograms and cone-beam computed tomographic images in upper airway assessment. *Eur J Orthod*; 34(3):390-3.
- Watson RM, Jr., Warren DW, Fischer ND (1968). Nasal resistance, skeletal classification, and mouth breathing in orthodontic patients. *Am J Orthod*; 54(5):367-79.
- Wenzel A, Williams S, Ritzau M (1989). Changes in head posture and nasopharyngeal airway following surgical correction of mandibular prognathism. *Eur J Orthod*; 11(1):37-42.
- Wickwire NA, Proffit WR (1972). Changes in tongue position and activity following mandibular osteotomy. *Am J Orthod*; 62(1):94-95.
- Yang HJ, Jung YE, Kwon IJ, Lee JY, Hwang SJ (2020). Airway changes and prevalence of obstructive sleep apnoea after bimaxillary orthognathic surgery with large mandibular setback. *Int J Oral Maxillofac Surg*; 49(3):342-349.
- Ye L, Pien GW, Ratcliffe SJ, Weaver TE (2009). Gender differences in obstructive sleep apnea and treatment response to continuous positive airway pressure. *J Clin Sleep Med*; 5(6):512-8.

## 9 Danksagung

Frau Professor Dr. med. dent. Andrea Wichelhaus danke ich für die freundliche Überlassung des Themas und die Übernahme des Referats und für die interessante Gestaltung der Vorträge während und auch nach dem Studium.

Den Chirurgen der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer-, und Gesichtschirurgie der Ludwig-Maximilians-Universität möchte ich hier insbesondere für die Bereitstellung der FRS und die stetige Unterstützung danken.

Insbesondere bedanke ich mich bei Herrn Dr. Uwe Baumert und Herrn Zahnarzt Hisham Sabbagh, die mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite standen, für die facettenreiche Unterstützung bei der Bearbeitung dieses weitreichenden Themas.

Ein herzlicher Dank richtet sich an jene, die mich bei der Erstellung dieser Dissertation geduldig und freundlich unterstützt haben. Ohne sie wäre diese Arbeit nie entstanden.

Der Ludwig-Maximilians-Universität München danke ich für ein abwechslungsreiches Studium, das mir einen erfolgreichen Einstieg ins Berufsleben ermöglichte.

Ich bedanke mich auch bei denen, die ich hier nicht explizit erwähnt habe und die in schwierigen Zeiten, wenn ich Halt und Motivation brauchte, stets an meiner Seite standen.

## 10 Lebenslauf

# Eidesstattliche Versicherung

Planegger, Lisa Marie

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,

dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel

**Veränderungen des PAS (Posterior Airway Space) nach posteriorer Impaktation der Maxilla**

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

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

München, 24.02.2021

Ort, Datum

Lisa Marie Planegger

Unterschrift Doktorandin bzw. Doktorand