

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

**Einfluss der Sabbagh Universal Spring Apparatur auf dentale und
skelettale Strukturen behandelter Patienten**

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

Vorgelegt von
Christine Maria Huber
aus Wolfratshausen

2023

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

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

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. dent. Karin C. Huth, MME

Mitbetreuung durch die
promovierten Mitarbeiter: Dr. med. dent. Lea Hoffmann
Dr. med. dent. Hisham Sabbagh

Dekan: Prof. Dr. med. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung: 18.10.2023

Meiner Mutter gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1	<u>EINLEITUNG</u>	1
1.1	EUGNATHIE UND DYSGNATHIE	1
1.2	EINTEILUNG DER DYSGNATHIEN	1
1.2.1	DENTOALVEOLÄRE DYSGNATHIE	1
1.2.2	SKELETTALE DYSGNATHIE	2
1.3	URSACHE DER KLASSE II DYSGNATHIE	3
1.3.1	EXOGENE FAKTOREN	3
1.3.2	ENDOGENE FAKTOREN	3
1.3.3	PRÄVALENZ DER KLASSE II DYSGNATHIE	3
1.4	THERAPIE DER SKELETTALEN KLASSE II DYSGNATHIE	4
1.4.1	HERAUSNEHMBARE FUNKTIONSKIEFERORTHOPÄDISCHE APPARATUREN	4
1.4.2	FESTSITZENDE FUNKTIONSKIEFERORTHOPÄDISCHE APPARATUREN	5
2	<u>FRAGESTELLUNG</u>	8
3	<u>PATIENTEN UND METHODEN</u>	9
3.1	DATEN GENERIERUNG	9
3.2	PATIENTENKOLLEKTIV	10
3.3	METHODIK ZUR AUSWERTUNG DER FERNRÖNTGENSEITENBILDER	11
3.4	MÜNCHNER STANDARDANALYSE	12
3.5	SAGITTALE OKKLUSIONSANALYSE NACH PANCHERZ	14
3.6	STATISTISCHE AUSWERTUNG:	16
3.6.1	FALLZAHLABSCHÄTZUNG	16
3.7	STATISTISCHE METHODE	17
3.8	MESSMETHODENFEHLER	18
4	<u>ERGEBNISSE</u>	19
4.1	SAGITTALE KIEFERRELATION	19
4.1.1	SNA	22
4.1.2	SNB	23
4.1.3	ANB	24
4.1.4	INDIVIDUELLER ANB	25
4.1.5	WITS	26
4.2	VERTIKALE KIEFERRELATION	27
4.2.1	ML-NL	30
4.2.2	NL-NSL	31
4.2.3	ML-NSL	32
4.2.4	OCC-NSL	33
4.3	DENTALE LAGE UND INKLINATION	34
4.3.1	OK1-NSL	37
4.3.2	UK1-ML	38
4.3.3	OK1-NA	39
4.3.4	OK1-NA (MM)	40
4.3.5	UK1-NB	41
4.3.6	UK1-NB (MM)	42
4.3.7	OK1-NL	43
4.4	SAGITTAL OKKLUSIONSANALYSE	44
4.4.1	ISOK_OLP (MM)	47
4.4.2	ISUK_OLP (MM)	48
4.4.3	POG_OLP (MM)	49
4.4.4	MP6OK_OLP (MM)	50
4.4.5	MP6UK_ULP (MM)	51
4.4.6	AA_HERBST (MM)	52
4.5	THERAPIEEFFEKT SUS-APPARATUR VERSUS T-SUS-APPARATUR	53
4.5.1	SAGITTALER THERAPIEEFFEKT	54
4.5.2	VERTIKALER THERAPIEEFFEKT	54

4.5.3	DENTALER THERAPIEEFFEKT	55
4.5.4	OKKLUSALER THERAPIEEFFEKT	56
4.6	KORREKTUR DES OVERJET UND DER MOLARENRELATION.....	57
4.6.1	SUS UND SUS-KG.....	57
4.6.2	TSUS UND TSUS-KG.....	58
5	<u>DISKUSSION</u>	<u>60</u>
5.1	PATIENTEN	60
5.2	METHODEN.....	62
5.3	ERGEBNISSE.....	63
5.3.1	SAGITTAL.....	63
5.3.2	VERTIKAL	64
5.3.3	DENTALE VERÄNDERUNGEN.....	64
5.4	VERGLEICH SUS- GRUPPE VERSUS T-SUS-GRUPPE	66
5.4.1	THERAPIEEFFEKT.....	66
5.4.2	OVERJET- UND MOLAREN-KORREKTUR.....	67
5.5	VERGLEICH ZU KLINISCHEN KLASSE II-STUDIEN MITTELS FESTSITZENDEN NON-COMPLIANCE-APPARATUREN	68
6	<u>SCHLUSSFOLGERUNG</u>	<u>71</u>
7	<u>ZUSAMMENFASSUNG.....</u>	<u>72</u>
8	<u>LITERATURÜBERSICHT.....</u>	<u>74</u>
9	<u>DANKSAGUNG</u>	<u>82</u>
10	<u>LEBENSLAUF</u> FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.	
11	<u>EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG</u>	<u>83</u>

1 Einleitung

Die Kieferorthopädie befasst sich mit der Verhütung beziehungsweise der Erkennung sowie der Therapie von Dysgnathien. Als Dysgnathie werden hierbei die Fehlstellung von Zähnen sowie Gebissfehlentwicklungen bezeichnet (Schmuth und Vardimon 1994).

In der kieferorthopädischen Behandlung wird zwischen zwei wesentlichen Therapiemaßnahmen unterschieden (Kahl-Nieke 1995):

- Orthodontie: Bewegung der Zähne innerhalb des Alveolarfortsatzes.
- Orthopädie (Funktionskieferorthopädie): Beeinflussung der Kiefer in ihrem Wachstum.

1.1 Eugnathie und Dysgnathie

Unter dem Begriff Eugnathie (griech. eu= recht, gnáthos= Kiefer) wird in der Kieferorthopädie der fehlerfreie Zustand des stomatognathen Systems verstanden. Hieraus lässt sich ein funktionelles Gleichgewicht formen. Bestandteile sind beispielsweise eine gute Okklusion und Artikulation, keine Fehlbelastung einzelner Zahnregionen sowie keine myofunktionale Dysfunktionen (Kahl-Nieke 1995). Falls eine definierte Summe dieser Faktoren von der Norm abweicht, kann sich der Zustand der Eugnathie in eine Dysgnathie ändern. Der Begriff Dysgnathie (griech. Dys= fehl, gnáthos= Kiefer) umfasst die Anomalien der Kiefer in Form, Größe oder Lage (Schwenzer und Ehrenfeld 2011).

1.2 Einteilung der Dysgnathien

Die Ursachen für Dysgnathien sind vielseitig und stellen ein multifaktorielles, z. T. polygenetisches Geschehen mit additivem Schwellenwerteffekt durch Umweltfaktoren dar (Tamoscheit und Rassl 1979). Allgemein kann man dentoalveoläre Dysgnathien von skelettalen Dysgnathien unterscheiden.

1.2.1 Dentoalveoläre Dysgnathie

1899 definierte der Kieferorthopäde Edward Angle eine Einteilung, die sich aufgrund ihrer Einfachheit und Anschaulichkeit durchgesetzt hat (Angle 1899). Bei den sogenannten Angle-Klassen werden nach der Position der Sechsjahresmolaren des Unter- zu Oberkiefers in der Sagittalen drei Klassen unterschieden. Ein Kritikpunkt der Angle Klassen stellt die fehlende

Differenzierung zu einer skelettalen Dysgnathie dar, diese Differenzierung ist mittels einer zusätzlichen FRS-Analyse möglich (Nötzel et al. 2007).

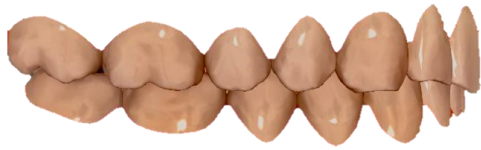


Abbildung 1 Angle-Klassifikation I

1.2.1.1 Angle Klasse I

Bei der Angle Klasse I greift der mesiale Höcker des oberen ersten Molaren in die zentrale Fissur des unteren ersten Molaren ein. Diese Verzahnung (Abbildung 1) wird auch als die optimale Okklusion beschrieben nach Angle (1899).

1.2.1.2 Angle Klasse II

Bei der Angle Klasse II liegt eine sogenannte Distalokklusion vor. Der mesiale Höcker des oberen ersten Molaren okkludiert mesial der zentralen Fissur des unteren ersten Molaren. Je nach Achsenposition der Oberkieferfrontzähne unterscheidet man die Angle Klasse II/1 mit proklinierten Oberkieferfrontzähnen von der Angle Klasse II/2 mit reklinierten Oberkieferfrontzähnen (Angle 1899).

1.2.1.3 Angle Klasse III

Bei der Angle Klasse III liegt eine Mesialokklusion vor. Der mesiale Höcker des oberen ersten Molaren okkludiert distal der zentralen Fissur des unteren ersten Molaren (Angle 1899).

1.2.2 Skelettale Dysgnathie

Bei einer skelettalen Dysgnathie handelt es sich um eine abweichende Position der Norm des Ober- zu Unterkiefers in Bezug zur Schädelbasis (Hemmatpour et al. 2021; Pancherz 1985; Sander 2011). Vier Formen der skelettalen Dysgnathie in dorsoventraler Richtung können unterschieden werden. I. Vorverlagerung des Unterkiefers (mandibuläre Prognathie), II. Rückverlagerung des Unterkiefers (mandibuläre Retrognathie), III. Vorverlagerung des Oberkiefers (maxilläre Prognathie), IV. Rückverlagerung des Oberkiefers (maxilläre Retrognathie) (Schamsawary 2007).

1.3 Ursache der Klasse II Dysgnathie

1.3.1 Exogene Faktoren

Die häufigste Ursache für eine dentale Klasse II Dysgnathie sind exogene Faktoren. Hier lassen sich Lutschhabits, Lippenbeißen, Lippensaugen oder die Ernährung eines Säuglings mittels Flaschen nennen (Kharat et al. 2003). Dabei kann es zu einer Dysfunktion der Zunge kommen, wodurch das Wachstum nicht ausreichend gefördert wird (Hägg und Pancherz 1988; Hausser 1954; Yang et al. 2016). Ursachen für eine skelettale Klasse II Dysgnathie können eine habituelle Mundatmung, eine nicht physiologische Schlaflage (Angle 1899; Frevert 1956; Hotz und Rinderer 1970; Mansbach 1929), eine Fraktur des Gelenkfortsatzes des Unterkiefers (Gattinger 2002), eine Osteomyelitis oder auch eine juvenile Polyarthritits sein (Krüger 1993).

1.3.2 Endogene Faktoren

Skelettale Klasse II Dysgnathien entstehen auch durch den Einfluss von endogenen Faktoren. Lundström konnte 1948 mittels einer Zwillingsstudie erstmals beweisen, dass Erbfaktoren maßgeblich an der Entstehung von viszeralen Fehlbildungen beteiligt sind (Lundström 1948). Darüber hinaus kamen Untersuchungen von Tammoscheit und Rassl zu dem Ergebnis, dass multifaktorielle Erbgänge hierfür verantwortlich sind (Tamoscheit 1976; Tammoscheit und Rassl 1979).

1.3.3 Prävalenz der Klasse II Dysgnathie

Die epidemiologischen Untersuchungen zur Prävalenz der skelettalen Klasse II Dysgnathie variieren teils stark von 5,1% bis hin zu 33,6% (Tabelle 1).

Tabelle 1 Prävalenz der Klasse II Dysgnathie

Studie	Land	n	Häufigkeit
Angle (1907)	USA	1000	26,6%
Helm (1968)	Dänemark	1240	24,5%
Harkness (1969)	Großbritannien	216	5,1%
Horowitz (1970)	USA	349	33,6%
Thilander und Myrberg (1973)	Schweden	6398	14,1%
Magnússon (1977)	Island	1641	23,7%

Die hohe Varianz der angegebenen Prävalenz für eine Klasse II Dysgnathie kann durch die große Schwankung der Fallzahlen der einzelnen Studien erklärt werden. Auch eine unterschiedliche Häufung genetischer Prädispositionen bezüglich des Auftretens einer Klasse-II-Dysgnathie innerhalb unterschiedlicher Länder kann nicht ausgeschlossen werden (Silva und Kang 2001).

1.4 Therapie der skelettalen Klasse II Dysgnathie

Mittel der Wahl zur Therapie der skelettalen Klasse II Dysgnathie im jugendlichen Alter ist die funktionskieferorthopädische (FKO) Therapie. Auf der Grundlage der Roux'schen Lehre (Roux 1885), der das Gesetz der funktionellen Anpassung formulierte, prägten maßgeblich Karl Häupl (1893-1960) und Viggo Andresen (1870-1950) das Prinzip der FKO. Mit FKO-Geräten erzielt man funktionelle Umformungen der Hart- und Weichgewebestrukturen unter Ausnutzung des Wachstums. Dadurch werden die körpereigenen Zug- und Druckkräfte, die durch Muskeln ausgelöst werden, auf Hart- und Weichgewebe übertragen, sodass das Wachstum gezielt gehemmt oder gefördert werden kann (Kahl-Nieke 1995). Ein noch vorhandenes kondyläres Wachstum ist entscheidend für eine Wachstumsstimulation des Unterkiefers. Als optimaler Zeitpunkt für eine FKO Therapie wird die frühe bis späte Wechselgebissphase angesehen (Lisson und Tränkmann 2003; Wedler et al. 2006). Nach abgeschlossenem Wachstum besteht lediglich die Option einer dentoalveolären Kompensation (Aelbers und Dermaut 1996). Zur funktionskieferorthopädischen Therapie stehen unterschiedliche Behandlungsapparaturen zur Verfügung. Die Auswahl der Apparatur erfolgt nach sorgfältiger Diagnostik. Alter des Patienten, Wachstumstendenz, Kieferrelation und Achsenposition der Zähne sind ausschlaggebend. Allgemein kann bei FKO Apparaturen zwischen herausnehmbaren und festsitzenden Geräten unterschieden werden (O'Brien et al. 2003).

1.4.1 Herausnehmbare funktionskieferorthopädische Apparaturen

Eine klassische herausnehmbare FKO-Apparatur besteht aus einer individuell angefertigten Kunststoffbasis mit Halteelementen aus Edeldstahladrähten. Je nach Bedarf können auch Stellschrauben eingearbeitet werden, welche z. B. die transversale Breite des Kiefers erweitern. Für die korrekte Herstellung und Wirkung des FKO-Gerätes wird am Patienten ein Konstruktionsbiss aus Wachs genommen. Hierfür wird der Unterkiefer des Patienten in den gewünschten Zielbiss (Unterkiefervorschubbewegung) geführt und registriert. Durch diesen

imitierten Zwangsbiss adaptieren sich Muskeln und Kondylus und letztendlich dentoalveoläre Strukturen an die gewünschte Position (Kahl-Nieke 1995).

Herausnehmbare FKO-Apparaturen, wie z.B. die Vorschubdoppelplatte und der Twinblock, sind abhängig von der Mitarbeit des Patienten. Eine funktionskieferorthopädische Apparatur muss mindestens täglich 14 Stunden getragen werden, um das gewünschte Ergebnis zu erzielen (Kahl-Nieke 1995). Vorteil der herausnehmbaren FKO-Apparaturen im Gegensatz zu festsitzenden Geräten ist die verbesserte Mundhygiene und dementsprechend ein geringeres Kariesrisiko (Zachrisson und Zachrisson 1971).

1.4.2 Festsitzende funktionskieferorthopädische Apparaturen

Festsitzende intermaxilläre Apparaturen werden häufig auch unter dem Begriff „Non-Compliance-Apparaturen“ zusammengefasst. Der Behandler ist unabhängig von der Mitarbeit des Patienten, da das Gerät fest im Gebiss fixiert wird. Non-Compliance-Apparaturen sind daher 24 Stunden am Tag wirksam. Dies ist dahingehend entscheidend, da mangelnde Mitarbeit einer der häufigsten Gründe für einen Behandlungsmisserfolg der Klasse II Therapie darstellt (McSherry und Bradley 2000).

Festsitzende intermaxilläre Apparaturen lassen sich in drei Gruppen einteilen: I. Starre Apparaturen z.B. Herbst-Apparatur, II. Flexible Apparaturen z.B. Jasper Jumper, III. Hybridapparaturen z.B. Sabbagh Universal Spring (SUS) (Wichelhaus 2013).

1.4.2.1 Herbst-Apparatur

Die Herbstapparatur wurde von Emil Herbst erstmals 1904 vorgestellt (Wichelhaus 2013). Die Herbst Apparatur wird im Ober- und Unterkiefer kombiniert eingesetzt. Metallbänder werden im Unterkiefer an den ersten Prämolaren und im Oberkiefer an den ersten Molaren zementiert. Zusätzlich sind die Unterkieferbänder mittels lingual verlaufenden Bügel verbunden. Hier sind zahlreiche Modifikationen bekannt (Harzer 2021). Beidseitig an den Ober- und Unterkieferbändern ist ein Teleskopgeschiebe verankert, welches bei der Mundöffnung auseinandergezogen wird. Ein Teleskopgeschiebe besteht aus einem Stecksystem, mit einem äußeren Führungstube und einer Innenstange. Durch die Länge des Tubes lässt sich die gewünschte Behandlungsposition einstellen (Abbildung 2) (Weschler 2005).

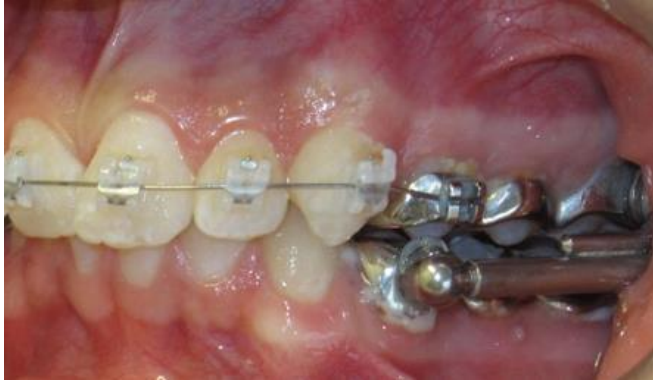


Abbildung 2 Herbst-Scharnier in situ

Insgesamt zählen zu den Therapieeffekten der Herbstapparatur die Stimulierung des mandibulären Wachstums, die Hemmung des maxillären Wachstums, die Distalisation der Seitenzähne im Oberkiefer, die Mesialisation der Seitenzähne im Unterkiefer und die Protrusion der Unterkieferfrontzähne (Pancherz 1985).

1.4.2.2 Jasper Jumper

James J. Jasper entwickelte 1987 die Jasper Jumper Apparatur. Bei dieser Apparatur handelt es sich um eine große, intermaxillär befestigte Druckfeder (250-300g), welche mit Kunststoff ummantelt ist. Im Oberkiefer ist hierfür ein Band mit Headgearröhrchen nötig. Im Unterkiefer wird die Apparatur am Vierkantbogen auf Höhe des Eckzahnes befestigt. Die Länge des Jasper Jumper wird individuell bestimmt. Der Kunststoffmantel dient dazu, die Feder vor Speiseresten zu schützen.

Insgesamt zählt zu den Therapieeffekten des Jasper Jumper eine geringe skelettale Wirkung (25%) (Covell et al. 1999). Diese begrenzen sich ausschließlich auf die hemmende Wirkung des Oberkieferwachstums. Zu den dentalen Therapieeffekten zählt die Distalisation und Intrusion der Oberkiefermolaren, die Mesialisierung der Unterkiefer Molaren sowie die Extrusion und Protrusion der Unterkiefer Frontzähne (Cope et al. 1994; Covell et al. 1999).

1.4.2.3 Sabbagh Universal Spring

Die SUS Apparatur baut auf dem Konzept der „progressiven Bissumstellung“ auf (Abbildung 3) (Sabbagh 1995). Aladin Sabbagh fusionierte die Herbst-Apparatur (Teleskop) mit dem Jasper Jumper (Feder) und bündelte so die Vorteile, wie einfaches Handling, einseitig einsetzbar, Kombination mit Multiband-Apparatur möglich, progressives Bitejumping und ausgewogene dentale und skelettale Effekte (Baxmann und Andelic 2012).



Abbildung 3 SUS-Apparatur

In diesem Teleskopsystem befindet sich eine stufenlos aktivierbare und deaktivierbare Feder. Sie erzeugt im geschlossenen Zustand hauptsächlich eine horizontale Kraft (Marchionni et al. 2016).

Die SUS-Apparatur wird im Oberkiefer am Headgearröhrchen mit einem sogenannten Knopfanker befestigt und im Unterkiefer an einen Vierkantbogen mit einer Mindeststärke von .016"×.022" Stahl zwischen Eckzahn und Prämolaren mittels Bogen-Adapter-Schraube angebracht. Zur optionalen Zusatzaktivierung stehen eine Edelstahlfeder (Turbofeder) und Distanzringe bereit.

Die Indikation der SUS-Apparatur besteht in der Korrektur der dentalen und skelettalen Klasse II Anomalie. Diese Korrektur gelingt am effektivsten vor dem Erreichen des pubertären Wachstumsgipfels, jedoch auch in geringerem Maße im späteren Lebensalter (Björk und Skieller 1972). Sie kann aber auch als Alternative zur dentalen Kompensation, z.B. bei Nichtanlagen, nach Extraktionen oder zum dentoalveolären Ausgleich der Okklusion dienen (O'Brien et al. 1995; Sabbagh 2012).

Zu den Therapieeffekten der SUS-Apparatur zählen die Hemmung des Oberkieferwachstums, eine Stimulation des Unterkieferwachstums sowie ein kondylärer Umbau (Hanandeh und El-Bialy 2010; Hemmatpour et al. 2017).

2 Fragestellung

Untersucht wurde in dieser retrospektiven röntgenkephalometrischen Doktorarbeit, der Einfluss der SUS-Apparatur mit unterschiedlichen Kraftapplikationen auf dentale und skelettale Strukturen behandelter Patienten, im Vergleich zu unbehandelten Patienten. Dabei sollen retrospektiv sowohl vor als auch nach der Behandlung kephalometrische Analysen in Millimeter und Grad ausgewertet werden und mit unbehandelten Kontrollgruppen verglichen werden.

Für diese Arbeit werden folgende Fragestellungen definiert:

- Welchen Einfluss hat die SUS-Apparatur auf das sagittale und vertikale Kieferwachstum, bezogen auf den Ober- und Unterkiefer?
→ Auswertung der skelettalen Effekte anhand kephalometrischer Referenzwerte.
- Welchen Effekt hat die SUS- Apparatur auf die Inklination der Zähne?
→ Auswertung der dentalen Effekte anhand kephalometrischer Referenzwerte.
- Wie groß ist der Effekt der Behandlung in Bezug auf das natürliche Wachstum?
→ Vergleich mit der Kontrollgruppe anhand kephalometrischer Referenzwerte.
- Welche Unterschiede bestehen zwischen der Standardaktivierung (SUS-Gruppe) und der zusätzlichen Aktivierung durch eine Edelstahl-Druckfeder (T-SUS-Gruppe)?
→ Vergleich beider Behandlungsgruppen anhand kephalometrischer Referenzwerte, Ermittlung des Therapieeffektes.

3 Patienten und Methoden

3.1 Daten Generierung

Das Patientengut umfasste zwei Behandlungsgruppen (SUS-, T-SUS-Gruppe) und zwei Kontrollgruppen (= KG), (KG-SUS, KG-T-TSUS). Die Patientendaten der SUS-Gruppe mit der Standardaktivierung und der T-SUS-Gruppe mit zusätzlicher Aktivierung durch eine Turbofeder stammten aus der kieferorthopädischen Gemeinschaftspraxis Dr. Sabbagh und Dr. Wirth (Erlangen, Deutschland). Das hierfür benötigte positive Ethikvotum der Ethikkommission der LMU-München liegt vor (Projektnummer 21-0113). Die retrospektive Auswahl beider Patientengruppen erfolgte mittels Durchsicht der Patientenakten anhand folgender Selektionskriterien:

1. Angle Klasse II
2. ANB > individueller ANB +1°
3. Behandlungsbeginn zwischen 11 und 15 Jahren
4. Europäische Abstammung der behandelten Patienten
5. Patienten ohne erfolgte Extraktion und/oder Nichtanlage
6. FRS vor der Behandlung (Zeitpunkt T0) und nach der Behandlung (Zeitpunkt T1)
7. Erfolgte Behandlung SUS-, T-SUS-Apparatur mit Multiband

Die unbehandelten Kontrollgruppen umfasste die SUS-KG und die T-SUS-KG und stammten aus der American Association of Orthodontists Foundation (AAOF) Craniofacial Growth Legacy Collection¹. Diese stellt ein digitales Verzeichnis von Datensätzen aus 9 Sammlungen zu kraniofazialen Wachstumsstudien in den Vereinigten Staaten und Kanada dar. Die Kontrollgruppen wurden anhand folgender Kriterien zu den jeweiligen Behandlungsgruppen (SUS-, T-SUS-Gruppe) angepasst:

1. Abgestimmtes Alter zur FRS-Aufnahme zur jeweiligen Behandlungsgruppe (± 6 Monate).
2. Gleiches Geschlecht
3. Angle Klasse II

¹ URL: https://www.aaoflegacycollection.org/aaof_home.html (17.02.2023)

4. ANB > individueller ANB +1°
5. Keine vorhergegangene kieferorthopädische Behandlung
6. Patienten ohne erfolgte Extraktion und/oder Nichtanlage

3.2 Patientenkollektiv

Zunächst wurden 110 Patienten, welche mit SUS- oder T-SUS-Apparaturen behandelt wurden, in die Studie eingeschlossen. Nach Ausschluss von 40 Patienten auf Grund der definierten Ausschlusskriterien, konnten 35 SUS-Patienten und 35 T-SUS Patienten in die Studie aufgenommen werden. Analog wurden 35 Patienten in die SUS-KG und 35 Patienten in die T-SUS-KG aus dem AAOF-Onlineregister entnommen.

Die SUS-Gruppe beinhaltete acht weibliche und 27 männliche Patienten (Tabelle 2). Die Behandlung mit der SUS-Apparatur wurde im Mittelwert von 13,7 [11,4 – 15,1] Jahren begonnen und endete mit 14,2 [11,9 – 15,7] Jahren. Das Alter der weiblichen (13,5 Jahre) und männlichen (13,7 Jahre) Patienten war vergleichbar. Das durchschnittliche FRS-Alter lag bei 12,7 Jahren zu Behandlungsbeginn (T0) und bei 14,9 Jahren bei Behandlungsende (T1). Die mittlere Verweildauer der SUS-Apparatur betrug 174 ± 44 [93 – 263] Tage.

Die T-SUS-Gruppe beinhaltete 16 weibliche und 19 männliche Patienten. Im Schnitt wurde die Behandlung mit 13,5 [11,3 – 15,0] Jahren begonnen und mit 13,9 [11,9 – 15,4] Jahren abgeschlossen. Das Alter der weiblichen (13,5 Jahre) und männlichen (13,6 Jahre) Patienten war vergleichbar. Zum Zeitpunkt der ersten FRS-Aufnahme waren die Patienten im Mittelwert 12,7 Jahre alt, die zweite FRS-Aufnahme erfolgte mit durchschnittlich 14,8 Jahren. Die durchschnittliche Verweildauer der T-SUS-Apparatur betrug 146 ± 81 [66 – 484] Tage.

Aufgrund des Matchings mit den Kontrollgruppen aus dem AAOF Onlineregister war die Geschlechterverteilung in den beiden KG mit den Studiengruppen identisch. Es ergaben sich lediglich Unterschiede im Zeitpunkt der FRS-Aufnahmen. In der SUS-KG betrug das Durchschnittsalter beim ersten FRS 12,7 Jahre und 14,9 Jahre bei der zweiten Aufnahme. In der T-SUS-KG waren die Patienten im Mittel 12,6 Jahre alt bei der ersten FRS-Aufnahme und 14,8 Jahre alt bei der zweiten FRS-Aufnahme.

Tabelle 2 Patientencharakteristika

	SUS	SUS-KG	T-SUS	T-SUS-KG
Patienten (n)	35	35	35	35
davon männlich (n/%)	27/77,1	27/77,1	19/54,3	19/54,3
Alter (Jahre \pm SD)				
FRS zu Beginn (T ₀)	12,7 \pm 1,2	12,7 \pm 1,2	12,7 \pm 1,2	12,6 \pm 1,3
FRS bei Abschluss (T ₁)	14,9 \pm 1,0	14,9 \pm 1,0	14,8 \pm 1,0	14,8 \pm 1,1
Behandlungsbeginn (T ₀)	13,7 \pm 1,0	-	13,5 \pm 1,0	-
Behandlungsende (T ₁)	14,2 \pm 1,1	-	13,9 \pm 1,0	-
Behandlungsdauer (Tage \pm SD)	174 \pm 44	-	146 \pm 81	-

SD – Standardabweichung

3.3 Methodik zur Auswertung der Fernröntgenseitenbilder

Alle Röntgenbilder eines Patienten wurden in einer Sitzung ausgewertet. Jeweilige Vergrößerungen wurden vor der Auswertung kalibriert. Bei auftretenden Doppelkonturen wurde eine gemittelte Konturlinie verwendet. Die Referenzpunkte der Fernröntgenseitenbilder beinhalteten sowohl anatomische Fixpunkte als auch konstruierte Punkte.

Es wurden zwei Fernröntgenseitenbilder-Analysen je Patient angewandt: Die Münchner Standardanalyse und die sagittale Okklusionsanalyse (SO) nach Pancherz (1982). Die Datenerhebung erfolgte für die Münchner Standardanalyse digital mit dem Programm „FR-Win“ (Firma Computer Konkret Dental Software, Falkenstein, Deutschland). Die Festsetzung der Fixpunkte wurde manuell per Cursor-Setzung festgelegt. Die konstruierten Punkte wurden sekundär über das Programm „FR-Win“ errechnet. Die SO-Analyse nach Pancherz (1982) erfolgte anhand Durchzeichnungen auf matten Acetatfolien, mit einem feinen Drehbleistift der Minengröße 0,2 mm. Die Streckenmessungen wurden mittels einer digitalen Schieblehre durchgeführt und die Daten wurden direkt in einer Exceltabelle erfasst.

3.4 Münchner Standardanalyse

Die Münchner Standardanalyse ermöglicht die Beurteilung des Schädelaufbaues mittels FRS, die Erfassung der vertikalen und sagittalen Kieferbeziehung, die Differenzierung zwischen dentaler und skelettaler Anomalie und die Beurteilung der Weichgewebe. Abbildung 4 und Tabelle 3 zeigen die Referenzpunkte, Strecken und Winkel der Münchner Standard-FRS-Analyse.



Abbildung Fehler! Unbekanntes Schalterargument. Kennzeichnung aller Punkte der Münchner Standardanalyse

Tabelle 3 Referenzpunkte, Strecken und Winkel der FRS-Analyse (Definitionen nach Segner und Hasund 1998; Definition des individuellen ANB-Winkels nach Panagiotidis und Witt 1977).

Referenzpunkte	Definition
A-Punkt	Tiefster Punkt der anterioren Kontur des Processus Alveolaris im Oberkiefer
B-Punkt	Tiefster Punkt der anterioren Kontur des Proccus Alveolaris im Unterkiefer
N (Nasion)	Übergang des Os frontale in das Os nasale der Sutura nasofrontalis
Me (Menton)	Am weitesten kaudal gelegener Punkt der Unterkiefersymphyse
Ct (Corpustangentenpunkt)	Posteriorer Tangentenpunkt am Unterrand der Mandibula
Pg (Pogonion)	Am weitesten anterior liegende Punkt des knöchernen Kinns
S (Sella)	Zentrum der knöchernen Krypte der Sella turcica
ANS	Anteriore Begrenzung des knöchernen Nasenbodens an der Spitze der Spina nasalis anterior

Referenzpunkte	Definition
PNS	Dorsale Begrenzung des knöchernen Nasenbodens an der Spitze der Spina nasalis posterior
Ii (Incision inferior)	Schneidekante des am weitesten proklinierten unteren mittleren Incisivus
Ii-a (Incision Inferior-Apex)	Apex des am meisten extrudierten unteren Incisivus
Is (Incision superior)	Schneidekante des am meisten extrudierten oberen Incisivus
Is-a (Incision inferior)	Apex des am meisten extrudierten oberen Incisivus
Mi (Molar inferior)	Distale Höckerspitze des unteren ersten Molaren
Ms (Molar superior)	Distale Höckerspitze des oberen ersten Molaren
Kephalometrische Strecken	Definition
NSL (Nasion-Sella-Linie)	Verbindungsline zwischen den Punkten N und S
NL (Nasal-Linie)	Verbindungsline zwischen den Punkten Sp und Pm
OL (Okklusionslinie)	Verbindungsline zwischen der distobukkalen Höckerspitze des ersten oberen bleibenden Molaren und dem Punkt is
ML (Mandibular-Linie)	Verbindungsline zwischen den Punkten Gn und Go
Wits (in mm)	Sagittale Kieferbasisrelation, Abstand der senkrechten Projektionen der Punkte A und B auf Okklusionsebene.
Winkel	Definition
SNA (Grad)	Sagittale Position der Maxilla (in Bezug zum A-Punkt)
SNB (Grad)	Sagittale Position der Mandibula (in Bezug zum B-Punkt)
SNPg (°)	Sagittale Position der Mandibula (in Bezug zum Pg-Punkt)
ANPg (°)	Sagittale Kieferbasisrelation (in Bezug zum Pg-Punkt)
ANB (°)	Sagittale Kieferbasisrelation (Winkel zwischen den Linien NA und NB)
Individueller ANB (°)	Ermittlung der sagittalen skelettalen Kieferrelation $-35,16 + 0,4(SNA) + 0,2(ML-NSL)$
ML-NSL (°)	Beschreibt die vertikale Relation der Mandibula, in Relation zur anterioren Schädelbasis
ML-NL (°)	Beschreibt die Neigung der Mandibula relativ zur Oberkieferbasis in der Vertikalen; somit die Relation der beiden Kiefer zueinander
NL-NSL (°)	Drückt die Neigung des Oberkiefers in der Vertikalen in Bezug auf die anteriore Schädelbasis aus
ML-NSL (°)	Beschreibt die vertikale Relation der Mandibula, in Relation zur anterioren Schädelbasis
Occ-NSL (°)	Winkel zwischen Occ und NSL: Neigung der Okklusionsebene
OK1-NSL (°)	Winkel zwischen OK1 und NSL: Neigung der oberen mittleren Incisivi
UK1-ML (°)	Winkel zwischen UK1 und ML: Neigung der unteren mittleren Incisivi
OK1-NA (°)	Winkel zwischen OK1 und NA: Neigung der oberen mittleren Incisivi
UK1-NB (°)	Winkel zwischen UK1 und der Linie NB: Neigung der unteren mittleren Incisivi

3.5 Sagittale Okklusionsanalyse nach Pancherz

Die hier verwendete Sagittale Okklusionsanalyse (SO-Analyse) wurde erstmals von Pancherz (1982) vorgestellt. Die Auswertung der FRS-Bilder erfolgte auf matten Acetatfolien. Sie ermöglicht die Beurteilung der dentalen und skelettalen Effekte auf die Oberkiefer- und Unterkieferbasis. Für die linearen Messungen wurde die Okklusionslinie (OL) und die dazu rechtwinklig verlaufende Okklusionslinie perpendicularare (Olp), die durch den Punkt Sella (Mittelpunkt der Sella turcica) verläuft, verwendet (Pancherz 1982). Beide Linien wurden als Referenzkreuz von dem ersten FRS-Bild (T0) auf das zweite FRS-Bild (T1) nach Superpositionierung auf die Nasion-Sella-Linie überlagert. Die Referenzlinie Nasion-Sella-Linie (NSL) wurde bei beiden FRS-Bildern bei Behandlungsbeginn (T0) und bei Behandlungsende (T1) neu definiert. Alle Streckenmessungen erfolgten senkrecht zur Okklusionslinie perpendicularare (Olp). Abbildung 5 und Tabelle 4 zeigen die Referenzpunkte, Linien und Variablen der SO-Analyse nach Pancherz (1982).

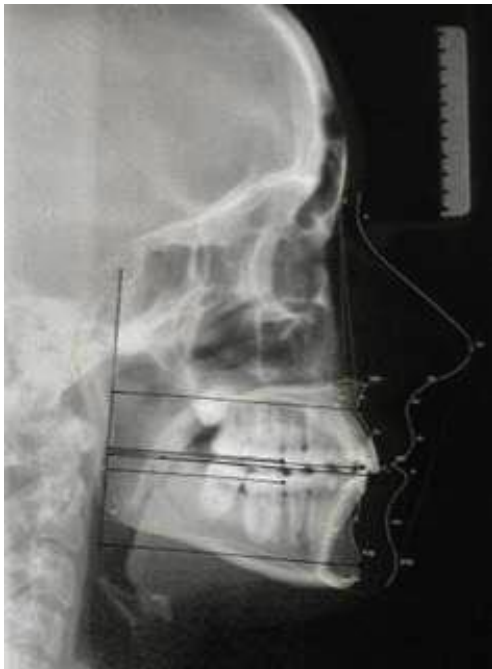


Abbildung 5 Kennzeichnung aller Punkte der SO-Analyse

Tabelle 4 Referenzpunkte, Linien und Variablen der SO-Analyse nach Pancherz (1982)

Referenzpunkte	Definition
S (Sella)	Zentrum der knöchernen Krypte der Sella turcica
AA (A-Punkt)	Tiefster Punkt der anterioren Kontur des Processus Alveolaris im Oberkiefer
Pog (Pogonion)	Am weitesten anterior liegender Punkt des knöchernen Kinns
IsOK	Inzisivus superior (oberer mittlerer Schneidezahn)
IsUK	Inzisivus inferior (unterer mittlerer Schneidezahn)
Mp6OK	Mesialer Kontaktpunkt des oberen ersten Molaren
Mp6UK	Mesialer Kontaktpunkt des unteren ersten Molaren
Referenzlinien	Definition
OL (Okklusionslinie)	Verbindungsline zwischen der distobukkalen Höckerspitze der Sechsjahremolaren und der Schneidekante der anterioren OK-Inzisivi
OLp (perpendicular)	Senkrechte auf OL durch die Sella turcica (S)
Skelettale Variablen	Definition
AA_OLp	Maxilla-Länge
Pog_OLp	Mandibula-Länge
Dentale Variablen	Definition
IsOK/OLp minus AA/OLp	Lage der oberen Inzisivi innerhalb der Maxilla
IsUK/OLp minus Pog/OLp	Lage der unteren Inzisivi innerhalb der Mandibula
Mp6OK/OLp minus AA/OLp	Lage des oberen ersten Molaren
Mp6OK/OLp minus Pog/OLp	Lage des unteren ersten Molaren
Skelettale und dentale Variablen	Definition
IsOK_OLp	Lage des mittleren Incisivus im Oberkiefer
IsUK_OLp	Lage des mittleren Incisivus im Unterkiefer
Mp6OK_OLp	Lage des ersten Molaren im Oberkiefer
Mp6UK_OLp	Lage des ersten Molaren im Unterkiefer
IsOK_OLp minus IsUK_OLp	Overjet
Mp6OK_OLp minus Mp6UK_OLp	Molarenbeziehung

3.6 Statistische Auswertung:

3.6.1 Fallzahlabeschätzung

Die Fallzahl wurde anhand vergleichbarer klinischer Studien abgeschätzt (Tabelle 5).

Tabelle 5 Vergleichbare Studien zur Fallzahlabeschätzung

Quelle	Messwert	Änderung Post-/ Prätreatment MW (SD)	Signifikanz- niveau	G*Power Sample Size (total)
Tomblyn et al. (2016) (n = 30)	Olp-A-pt [mm]	1,87 (2,87)	n.s.	32
	Olp-Ms [mm]	0,71 (3,05)	*	242
	Olp-Mi [mm]	7,0 (3,45)	***	6
	Olp-Is [mm]	-0,39 (3,84)	n.s.	1262
	Olp-Ii [mm]	7,2 (4,47)	***	8
	Olp-Pg [mm]	5,5 (4,68)	**	12
	SNA [°]	0,37 (2,32)	n.s.	513
	SNB [°]	3,15 (2,09)	**	8
	ANB [°]	-2,78 (1,61)	***	7
Hanandeh und El- Bialy (2010) (n = 13)	Olp-A-pt [mm]	0,2 (0,63)	n.s.	131
	Olp-Ms [mm]	0,2 (0,42)	n.s.	60
	Olp-Mi [mm]	2,5 (1,43)	***	7
	Olp-Is [mm]	1,45 (1,67)	*	20
	Olp-Ii [mm]	4,0 (1,94)	***	6
	Olp-Pg [mm]	1,95 (1,34)	**	9
	SNA [°]	0,4 (0,45)	*	19
	SNB [°]	0,85 (0,66)	**	10
	ANB [°]	1,25 (0,63)	***	6
Baysal A und Uysal (2013) (n = 20)	SNA [°]	-1,35 (1,11)	***	11
	SNB [°]	0,92 (1,18)	**	24
	ANB [°]	-2,37 (1,51)	***	8
Baysal und Uysal (2014) (n = 23)	Olp-A-pt [mm]	0,7 (1,34)	*	50
	Olp-Pg [mm]	3,05 (2,25)	***	10

3.7 Statistische Methode

Alle ermittelten Daten wurden mittels Excel gesammelt (Microsoft, Redmond, WA, USA) und anschließend im Statistikprogramm SPSS (Version 26, IBM Corb., Armonk; NY, USA) importiert.

Eine deskriptive Statistik (Mittelwert [MW] und Standardabweichung [SD]) wurde für alle Variablen zum Zeitpunkt T0 und T1 durchgeführt. Unterschiede zwischen T0 und T1 der verschiedenen Variablen wurde sowohl absolut als auch auf einer ein Jahr-Basis ermittelt.

Um statistisch signifikante Unterschiede im chronologischen Verlauf in einer Gruppe zu ermitteln, wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test genutzt. Mittels Mann-Whitney-U-Test wurden signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen analysiert. Ein p-Wert $<0,05$ wurde als signifikant erachtet.

Um den reinen Therapieeffekt zu ermitteln, wurde von dem Mittelwert der einzelnen Variablen der Behandlungsgruppen (SUS, T-SUS-Gruppe) der Mittelwert der jeweiligen Kontrollgruppen (SUS-KG, T-SUS-KG) subtrahiert. Somit konnte dem Wachstum Rechnung getragen werden und der alleinige Therapieeffekt dargestellt werden.

3.8 Messmethodenfehler

Zur Bestimmung des totalen Methodenfehlers (=MF), der bei der Durchzeichnung der Referenzpunkte aller FRS-Bilder passiert sein könnte, wurden zehn beliebige Fälle ausgewählt und mit einem Abstand von einem Monat nochmal ausgewertet. Der MF wurde nach der Dahlberg (1940) Methode ermittelt (Tabelle 6):

$$MF = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2 \cdot n}}$$

d = Differenz zwischen den Doppelmessungen

n = Anzahl der untersuchten Probanden

Tabelle 6 Ergebnisse des totalen Methodenfehlers (MF) nach Dahlberg (1940)

Messwert	TEM
Sagittalen Werte	0,19
SNA [°]	0,24
SNB [°]	0,21
ANB [°]	0,06
Ind. ANB [°]	0,08
Wits [mm]	0,26
Vertikale Werte	
ML-NL [°]	0,60
NL-NSL [°]	0,53
ML-NSL [°]	0,45
Occ-NSL [°]	0,50
Dentalen Werte	
OK1-NSL [°]	0,98
UK1-ML [°]	1,16
OK1-NA [mm]	0,46
OK1-NA [°]	0,86
UK1-NB [mm]	0,35
UK1-NB [°]	0,94
OK1-NL-Winkel [°]	0,86

4 Ergebnisse

4.1 Sagittale Kieferrelation

Tabelle 7 zeigt die analysierten sagittalen Werte aller untersuchten Gruppen zum Anfangs- (T0) und Endzeitpunkt (T1). Tabelle 8 fasst die Differenzen zwischen T0 und T1 im absoluten gesamten Behandlungszeitraum sowie auf jährlicher Basis zusammen.

Tabelle 7 Auswertung der Anfangswerte (T0) und Endwerte (T1) in der sagittalen Kieferrelation aller Gruppen mit Signifikanzen ($p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***) ; $p > 0,05$ = nicht signifikant (n.s.)), die sich aus dem Wilcoxon-Signed-Rank-Test ergeben.

Gruppe	Messwert	T0				T1				Signifikanz	
		MW	SD	Median	Min/Max	MW	SD	Median	Min/Max		
SUS	SNA [°]	80,37	3,38	80,20	72,3-89,1	79,71	3,28	80,10	70,7-87,5	0,016	*
	SNB [°]	75,01	3,42	75,80	66,0-80,9	76,50	3,47	77,80	66,5-81,0	<0,001	***
	ANB [°]	5,41	1,41	5,30	3,0-9,5	3,31	1,76	3,00	0,5-8,3	<0,001	***
	Ind. ANB [°]	2,93	1,17	2,90	0,9-6,0	2,50	1,19	2,60	0,1-5,4	<0,001	***
	Wits [mm]	4,25	2,13	4,80	-0,8-9,0	0,92	1,84	1,00	-3,2-4,2	<0,001	***
SUS-KG	SNA [°]	81,34	3,85	81,90	73,2-88,0	82,11	3,67	82,40	75,2-89,5	<0,001	***
	SNB [°]	75,65	2,78	76,50	69,5-81,4	76,84	2,57	77,30	70,8-82,1	<0,001	***
	ANB [°]	5,66	1,62	5,70	3,0-8,8	5,26	1,73	5,40	2,3-8,1	0,016	*
	Ind. ANB [°]	3,71	1,35	3,90	0,0-5,7	3,79	1,35	3,90	0,3-5,9	0,186	n.s.
	Wits [mm]	3,69	1,92	3,90	0,3-8,0	3,75	2,19	3,90	-0,8-8,6	0,805	n.s.
T-SUS	SNA [°]	81,42	3,95	81,70	69,5-88,7	80,32	4,20	80,00	67,8-89,0	<0,001	***
	SNB [°]	75,96	3,67	76,00	68,0-82,4	77,28	4,06	77,80	67,8-85,4	<0,001	***
	ANB [°]	5,46	1,60	5,40	1,5-8,6	3,10	1,85	3,50	-0,6-6,3	<0,001	***
	Ind. ANB [°]	3,15	1,28	3,30	0,2-5,5	2,53	1,51	2,90	-1,3-6,3	<0,001	***
	Wits [mm]	3,67	1,99	3,60	-0,2-7,8	0,02	2,46	0,80	-5,9-3,5	<0,001	***
T-SUS-KG	SNA [°]	82,44	3,05	82,70	75,5-89,6	83,48	3,03	84,00	77,1-89,8	<0,001	***
	SNB [°]	76,15	2,85	76,40	68,4-81,6	77,21	2,61	77,30	70,7-82,1	<0,001	***
	ANB [°]	6,29	1,23	6,20	4,0-9,5	6,27	1,39	6,20	3,6-9,7	0,993	n.s.
	Ind. ANB [°]	4,27	1,00	4,20	2,2-6,2	4,56	0,99	4,30	2,6-6,6	0,001	***
	Wits [mm]	3,82	2,05	3,60	0,6-9,0	4,14	2,03	3,60	0,6-8,4	0,240	n.s.

MW – Mittelwert, SD – Standardabweichung

Tabelle 8 Darstellung der Differenzwerte in der sagittalen Kieferrelation aller Gruppen über die komplette Behandlungszeit sowie jährlich mit Signifikanzen ($p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***) ; $p > 0,05$ = nicht signifikant (n.s.)), die sich aus dem Mann-Whitney-U-Test ergeben.

Messwert	SUS			SUS-KG			Signifikanz	
	MW	SD	Median	MW	SD	Median		
<i>Differenz über die komplette Beobachtungszeit</i>								
SNA [°]	-0,67	1,45	-0,40	0,77	0,96	0,60	<0,001	***
SNB [°]	1,49	1,10	1,50	1,18	0,97	1,20	0,176	n. s
ANB [°]	-2,10	0,97	-2,00	-0,40	0,85	-0,30	<0,001	***
Ind. ANB [°]	-1,72	1,87	-0,4	-2,23	4,22	0,10	<0,001	***
Wits [mm]	-3,33	1,89	-2,70	0,07	1,90	0,00	<0,001	***
<i>Jährliche Änderung</i>								
SNA [°]	-0,41	0,89	-0,30	0,39	0,48	0,30	<0,001	***
SNB [°]	0,80	0,71	0,60	0,60	0,52	0,60	0,340	n.s.
ANB [°]	-1,16	0,74	-1,00	-0,19	0,43	-0,10	<0,001	***
Ind. ANB [°]	-0,24	-0,38	-0,24	0,07	0,23	0,00	<0,001	***
Wits [mm]	-1,92	1,46	-1,50	0,01	1,09	0,00	<0,001	***

Messwert	T-SUS			T-SUS-KG			Signifikanz	
	MW	SD	Median	MW	SD	Median		
<i>Differenz über die komplette Beobachtungszeit</i>								
SNA [°]	-1,09	1,09	-1,00	1,04	1,10	1,00	<0,001	***
SNB [°]	1,33	1,30	1,33	1,06	0,96	1,10	0,421	n.s.
ANB [°]	-2,36	1,08	-2,00	-0,02	0,92	0,00	<0,001	***
Ind. ANB [°]	-0,62	0,48	-0,60	0,29	0,42	0,30	<0,001	***
Wits [mm]	-3,81	2,21	-3,40	0,31	1,44	0,60	<0,001	***
<i>Jährliche Änderung</i>								
SNA [°]	-0,65	0,68	-0,50	0,54	0,56	0,40	<0,001	***
SNB [°]	0,84	0,90	0,60	0,51	0,51	0,51	0,249	n.s.
ANB [°]	-1,44	0,95	-1,10	0,04	0,49	0,00	<0,001	***
Ind. ANB [°]	-0,35	0,38	-0,30	0,17	0,25	0,10	<0,001	***
Wits [mm]	-2,51	2,26	-1,60	0,19	0,96	0,10	<0,001	***

MW – Mittelwert, SD – Standardabweichung

4.1.1 SNA

Der SNA-Winkel lag in der SUS-Gruppe zu Beginn der Behandlung (T0) bei $80,37^\circ$ und in der SUS-KG bei $81,34^\circ$. Der SNA-Winkel verringerte sich in der SUS-Gruppe hoch signifikant um $-0,67^\circ$ ($p < 0,001$), wohingegen in der unbehandelten SUS-KG eine hoch signifikante Vergrößerung des SNA um $+0,96^\circ$ beobachtet wurde ($p < 0,001$) (Abbildung 6A).

Ein ähnliches Bild ergab sich für die T-SUS-Gruppe und die T-SUS-KG. Hier lag der SNA-Winkel zum Zeitpunkt T0 in der SUS-Gruppe bei $81,42^\circ$ und in der T-SUS-KG bei $82,44^\circ$. Der SNA-Winkel reduzierte sich in der T-SUS-Gruppe hoch signifikant um $-1,09^\circ$ ($p < 0,001$), wohingegen in der T-SUS-KG eine hoch signifikante Zunahme des SNA-Winkles um $1,04^\circ$ beobachtet wurde ($p < 0,001$) (Abbildung 6A).

Der Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) beider Behandlungsgruppen mit den jeweiligen Kontrollgruppen über die Beobachtungszeit sowie auf jährlicher Basis war hoch signifikant ($p < 0,001$) (Abbildung 6B und C).

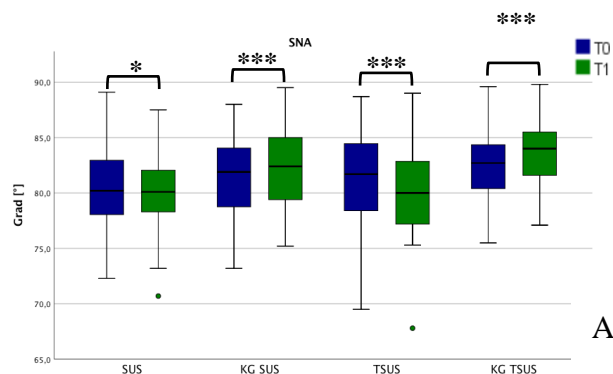
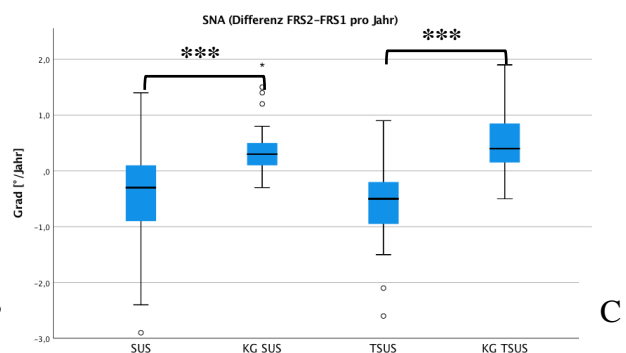
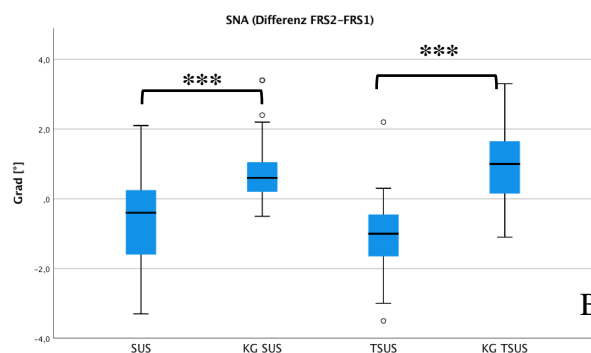


Abbildung 6 SNA-Winkel

A: Vergleich des SNA-Winkels in Grad zwischen T0 und T1 der jeweiligen Gruppen. B: Mittlere Veränderung des SNA-Winkels in Grad im gesamten Behandlungszeitraum der jeweiligen Gruppen. C: Mittlere Veränderung des SNA-Winkels in Grad pro Jahr der jeweiligen Gruppen. $p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***)

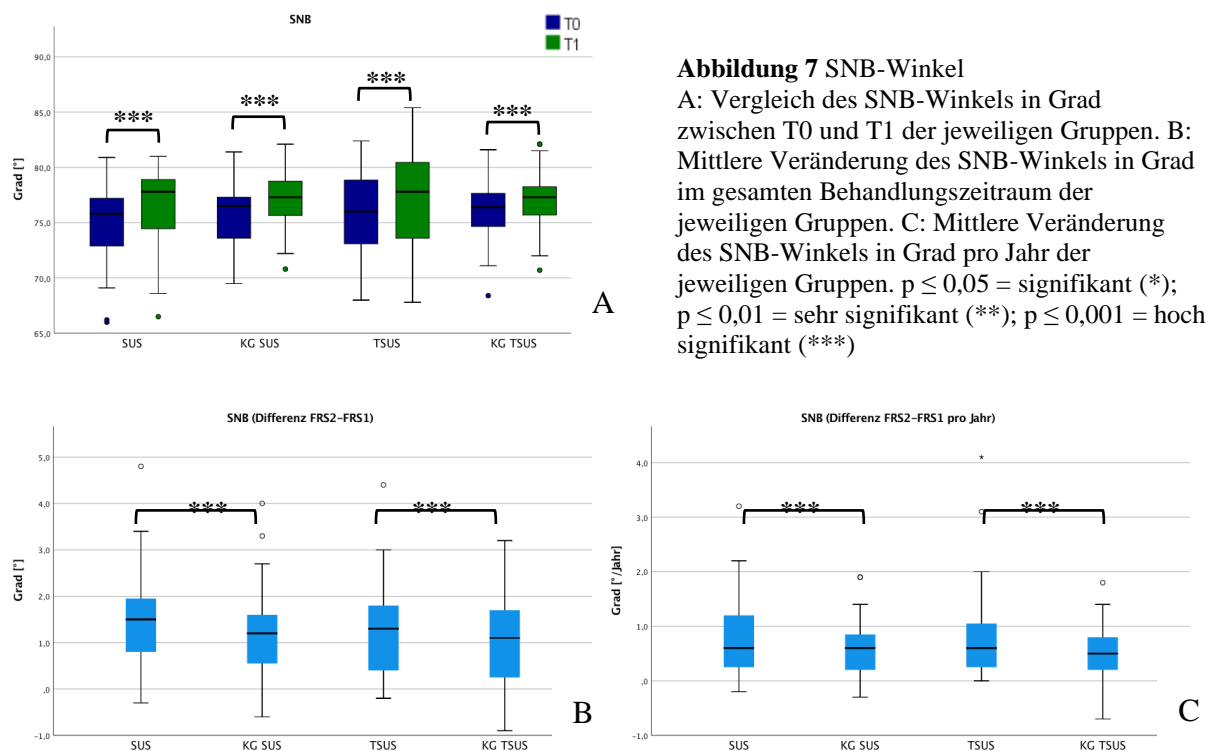


4.1.2 SNB

Zum Zeitpunkt T0 lag der durchschnittliche SNB-Winkel in der SUS-Gruppe bei $75,01^\circ$. Die SUS-KG zeigte einen durchschnittlichen SNB-Winkel von $75,65^\circ$. Im zeitlichen Verlauf wiesen beide Patientengruppen eine hoch signifikante Zunahme des SNB-Winkels auf ($+ 1,49^\circ$ in der SUS-Gruppe, $+ 1,18^\circ$ in der SUS-KG) (Abbildung 7 A).

In der T-SUS-Gruppe und T-SUS-KG lagen die SNB-Winkel zum Zeitpunkt T0 bei $75,96^\circ$ und $76,15^\circ$. Im zeitlichen Verlauf wiesen beide Patientengruppen eine hoch signifikante Zunahme des SNB-Winkels auf ($+ 1,33^\circ$ in der T-SUS-Gruppe, $+ 1,06^\circ$ in der T-SUS-KG) (Abbildung 7 A).

Der Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) (T1-T0) beider Behandlungsgruppen mit den jeweiligen Kontrollgruppen über die Beobachtungszeit sowie auf jährlicher Basis war hoch signifikant ($p < 0,001$) (Abbildung 7 B und C).

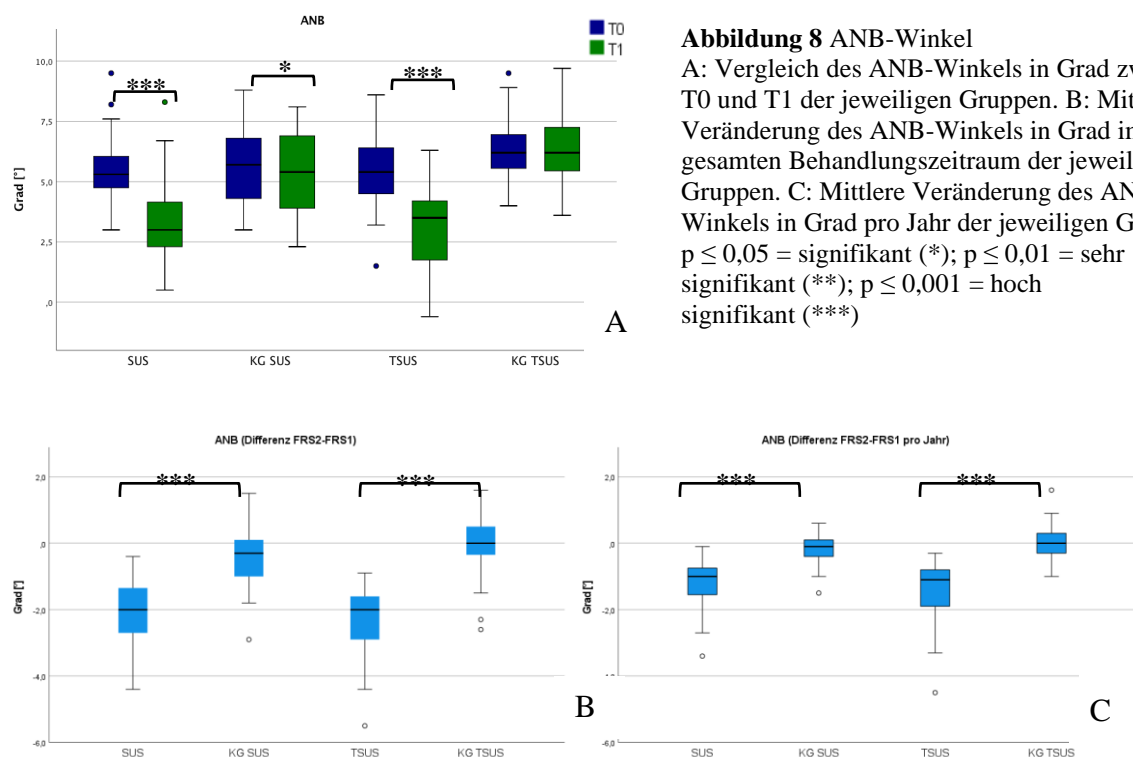


4.1.3 ANB

Zum Zeitpunkt T0 lag der ANB-Winkel in der SUS-Gruppe bei 5,41° und in der SUS-KG bei 5,66°. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich sowohl in der SUS-Gruppe (- 2,10°) als auch in der SUS-KG (- 0,40°) eine signifikante Abnahme des ANB Winkels (Abbildung 8A).

In der T-SUS-Gruppe und T-SUS-KG lag der ANB-Winkel zum Zeitpunkt T0 bei 5,46° und 6,29°. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der T-SUS-Gruppe eine hoch signifikante ($p < 0,001$) Reduktion des ANB Winkles um - 2,35°. In T-SUS-KG konnte man eine leichte nicht signifikante ($p = 0,993$) Reduktion des ANB-Winkels beobachten (- 0,02°) (Abbildung 8A).

Der Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) beider Behandlungsgruppen mit den jeweiligen Kontrollgruppen über die Beobachtungszeit sowie auf jährlicher Basis war hoch signifikant ($p < 0,001$) (Abbildung 8 B und C).

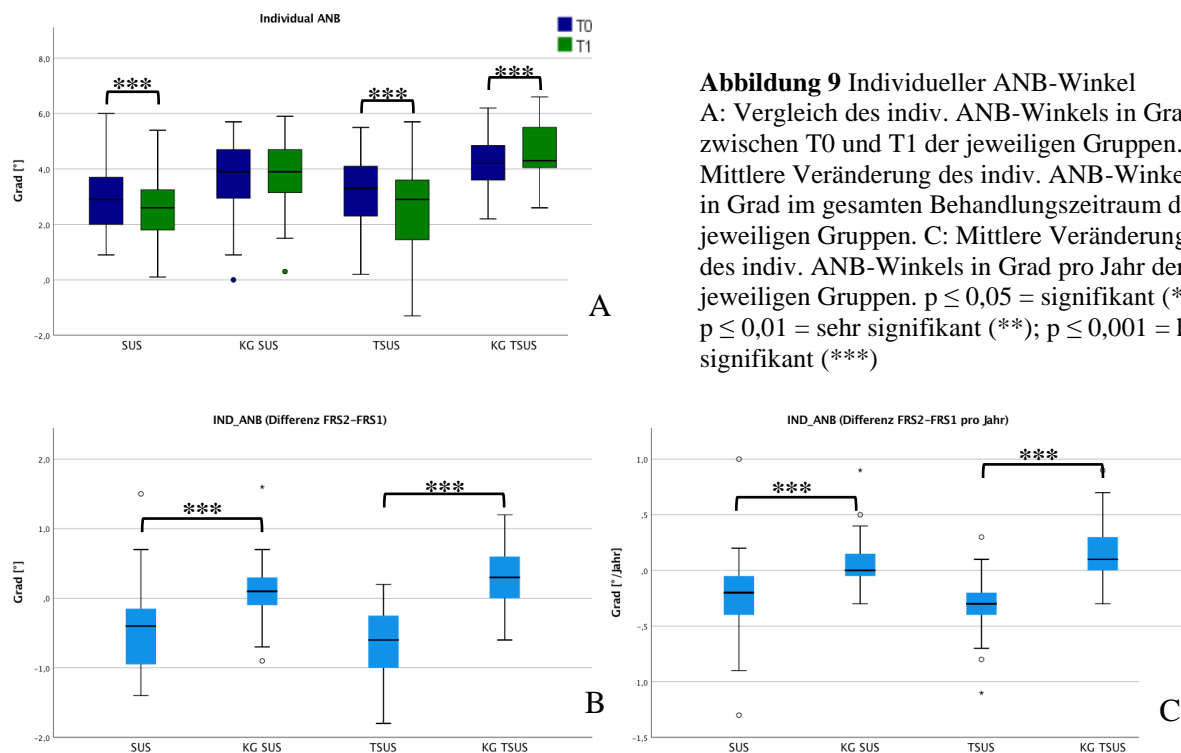


4.1.4 Individueller ANB

Zum Zeitpunkt T0 lag der individuelle ANB-Winkel in der SUS-Gruppe bei $2,93^\circ$ und in der SUS-KG bei $3,71^\circ$. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich sowohl in der SUS-Gruppe ($-1,72^\circ$) als auch in der SUS-KG ($-2,23^\circ$) eine hoch signifikante Abnahme des individuellen ANB Winkels (Abbildung 9 A).

In der T-SUS-Gruppe und T-SUS-KG lag der individuelle ANB-Winkel zum Zeitpunkt T0 bei $3,15^\circ$ und $4,27^\circ$. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der T-SUS-Gruppe eine signifikante Reduktion des individuellen ANB Winkels um $-0,62^\circ$. In T-SUS-KG konnte man eine leichte, aber signifikante Zunahme des ANB-Winkels beobachten ($+0,29^\circ$). (Abbildung 9 A).

Der Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) beider Behandlungsgruppen mit den jeweiligen Kontrollgruppen über die Beobachtungszeit sowie auf jährlicher Basis war hoch signifikant ($p < 0,001$) (Abbildung 9 B und C).

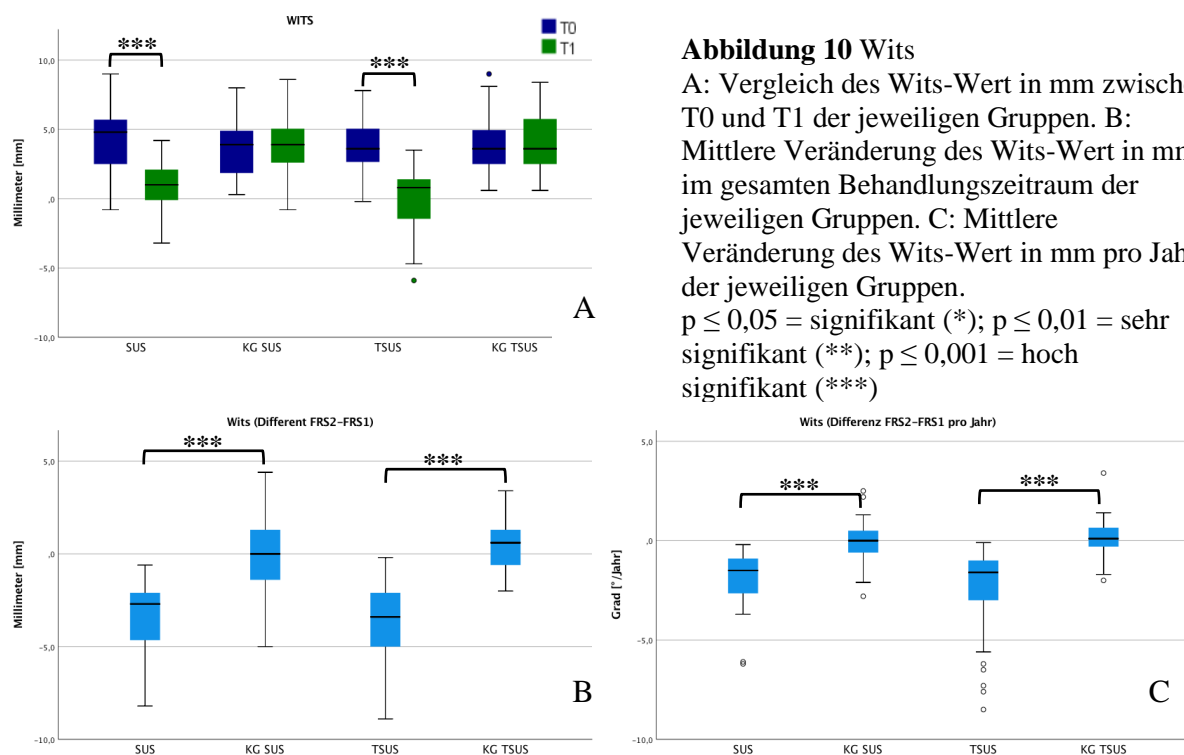


4.1.5 Wits

Zum Zeitpunkt T0 lag der Wits-Wert in der SUS-Gruppe bei 4,25 mm und in der SUS-KG bei 3,69 mm. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der SUS-Gruppe eine hoch signifikante Abnahme um 3,33 mm und in der SUS-KG eine hoch signifikante Zunahme um 0,07 mm. (Abbildung 10 A).

In der T-SUS-Gruppe und T-SUS-KG lag der Wits-Wert zum Zeitpunkt T0 bei 3,67 mm und 3,82 mm. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der T-SUS-Gruppe eine hoch signifikante Reduktion des Wits-Wert um - 3,81 mm. In der T-SUS-KG konnte eine nicht signifikante Zunahme des Wits-Wert beobachtet werden (+ 0,31 mm) (10 A).

Der Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) beider Behandlungsgruppen mit den jeweiligen Kontrollgruppen über die Beobachtungszeit sowie auf jährlicher Basis war hoch signifikant ($p < 0,001$) (Abbildung 10 B und C).



4.2 Vertikale Kieferrelation

Tabelle 9 zeigt die analysierten vertikalen Werte aller untersuchten Gruppen zum Anfangs- (T0) - und Endzeitpunkt (T1). Tabelle 10 fasst die Differenzen zwischen T0 und T1 im absoluten gesamten Behandlungszeitraum sowie auf jährlicher Basis zusammen.

Tabelle 10 Auswertung der Anfangswerte (T0) und Endwerte (T1) in der vertikalen Kieferrelation aller Gruppen mit Signifikanzen ($p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***); $p > 0,05$ = nicht signifikant (n.s.)), die sich aus dem Wilcoxon-Signed-Rank-Test ergeben.

Gruppe	Messwert	T0				T1				Signifikanz	
		MW	SD	Median	Min/Max	MW	SD	Median	Min/Max		
SUS	ML-NL [°]	22,23	5,94	20,30	13,7-37,1	21,57	6,38	20,30	10,0-34,5	0,114	n. s
	NL-NSL [°]	7,34	3,87	7,80	-1,4-16,7	7,09	4,21	7,30	-3,2-18,7	0,694	n. s
	ML-NSL [°]	29,55	6,49	28,60	17,4-47,6	28,67	6,94	27,70	18,4-49,5	0,003	**
	Occ-NSL [°]	9,23	4,20	8,70	-0,6-17,0	10,27	4,73	10,40	-3,5-19,3	0,085	n. s
SUS-KG	ML-NL [°]	24,97	5,27	25,50	12,8-33,2	23,76	5,02	24,30	11,4-31,7	0,014	*
	NL-NSL [°]	6,98	3,35	7,30	-1,8-12,1	6,90	3,47	7,10	-0,6-13,6	0,752	n. s
	ML-NSL [°]	31,85	4,92	30,10	23,3-42,9	30,65	4,78	30,70	21,9-41,2	<0,001	***
	Occ-NSL [°]	10,39	3,62	10,90	3,2-16,7	9,04	3,64	9,90	-0,2-15,0	0,024	*
T-SUS	ML-NL [°]	23,12	7,07	21,10	11,7-37,5	21,91	7,96	21,20	6,4-38,7	0,005	**
	NL-NSL [°]	5,48	3,37	5,80	-1,1-11,3	5,43	3,76	5,80	-1,6-13,7	0,825	n. s
	ML-NSL [°]	28,62	6,23	27,70	18,2-39,7	27,33	6,88	27,40	15,2-40,4	0,001	***
	Occ-NSL [°]	10,93	3,72	10,40	2,2-19,3	12,02	4,36	11,80	1,0-21,5	0,054	n. s
T-SUS-KG	ML-NL [°]	24,31	4,34	23,10	18,0-34,6	24,34	4,67	24,80	14,0-33,8	0,762	n. s
	NL-NSL [°]	8,29	2,74	8,30	3,4-14,3	7,45	3,31	7,70	1,0-14,8	0,012	*
	ML-NSL [°]	32,53	4,93	32,60	23,5-44,9	31,82	4,67	31,30	21,2-42,3	0,030	*
	Occ-NSL [°]	9,59	3,41	10,00	1,9-17,8	8,77	3,82	9,30	-0,3-15,6	0,040	*

MW – Mittelwert, SD – Standardabweichung

Tabelle 11 Darstellung der Differenzwerte in der vertikalen Kieferrelation aller Gruppen über die komplette Behandlungszeit sowie jährlich mit Signifikanzen ($p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***) ; $p > 0,05$ = nicht signifikant (n.s.)), die sich aus dem Mann-Whitney-U-Test ergeben.

Messwert	SUS			SUS-KG			Signifikanz	
	MW	SD	Median	MW	SD	Median		
<i>Differenz über die komplette Beobachtungszeit</i>								
ML-NL [°]	-0,66	2,77	-0,90	-1,21	2,56	-1,00	0,549	n. s
NL-NSL [°]	-0,25	2,28	-0,20	-0,08	2,18	0,00	0,963	n. s
ML-NSL [°]	-0,88	1,64	-1,20	-1,19	1,69	-1,10	0,751	n. s
Occ-NSL [°]	1,05	3,17	0,80	-1,35	3,17	-1,70	0,004	**
<i>Jährliche Änderung</i>								
ML-NL [°]	-0,39	1,55	-0,40	-0,40	1,56	-0,40	0,906	n. s
NL-NSL [°]	-0,10	1,05	-0,10	-0,13	1,52	0,00	0,930	n. s
ML-NSL [°]	-0,48	0,95	-0,50	0,49	0,69	-0,60	0,764	n. s
Occ-NSL [°]	5,35	3,07	4,90	4,98	3,74	3,90	0,209	n. s

Messwert	T-SUS			T-SUS-KG			Signifikanz	
	MW	SD	Median	MW	SD	Median		
<i>Differenz über die komplette Beobachtungszeit</i>								
ML-NL [°]	-1,21	2,29	-1,30	0,04	2,61	-0,40	0,052	n. s
NL-NSL [°]	-0,06	1,80	0,30	-0,84	2,08	-0,90	0,057	n. s
ML-NSL [°]	-1,28	2,03	-1,00	-0,71	1,89	-0,60	0,220	n. s
Occ-NSL [°]	1,09	3,03	1,00	-0,82	2,34	-1,00	0,006	**
<i>Jährliche Änderung</i>								
ML-NL [°]	-0,61	1,87	-0,70	0,06	1,80	-0,20	0,137	n. s
NL-NSL [°]	-0,14	1,43	0,10	-0,42	1,66	-0,50	0,065	n. s
ML-NSL [°]	-0,77	1,64	-0,60	-0,31	1,05	-0,50	0,301	n. s
Occ-NSL [°]	8,09	6,42	5,60	5,24	3,62	4,50	0,063	n. s

MW – Mittelwert, SD – Standardabweichung

4.2.1 ML-NL

Zum Zeitpunkt T0 lag der ML-NL-Winkel in der SUS-Gruppe bei 22,23° und in der SUS-KG bei 24,97°. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der SUS-Gruppe (- 0,66°) eine nicht signifikante Abnahme des ML-NL Winkels. In der SUS-KG konnte eine signifikante Abnahme (- 1,21°) beobachtet werden (Abbildung 11 A).

In der T-SUS-Gruppe und T-SUS-KG lag der ML-NL-Winkel zum Zeitpunkt T0 bei 23,12° und 24,31°. Im Zeitlichen Verlauf zeigte sich in der T-SUS-Gruppe eine sehr signifikante Reduktion des ML-NL Winkels um - 1,21°. In T-SUS-KG konnte eine leichte nicht signifikante Zunahme des ML-NL-Winkels beobachtet werden (+ 0,04°) (Abbildung 11 A).

Der Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) beider Behandlungsgruppen mit den jeweiligen Kontrollgruppen über die Beobachtungszeit sowie auf jährlicher Basis war nicht signifikant ($p > 0,05$) (Abbildung 11 B und C).

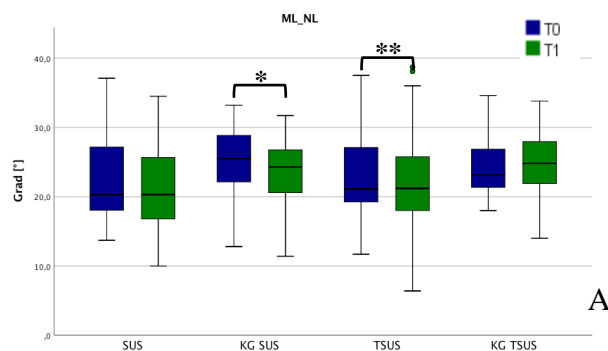
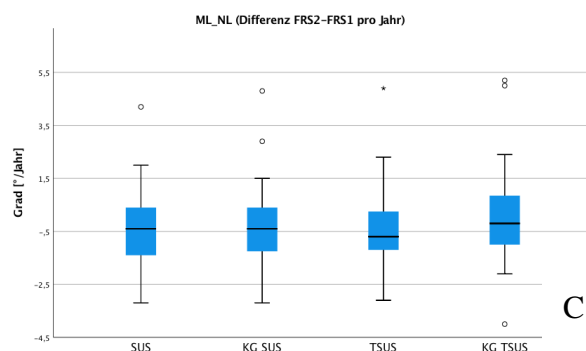
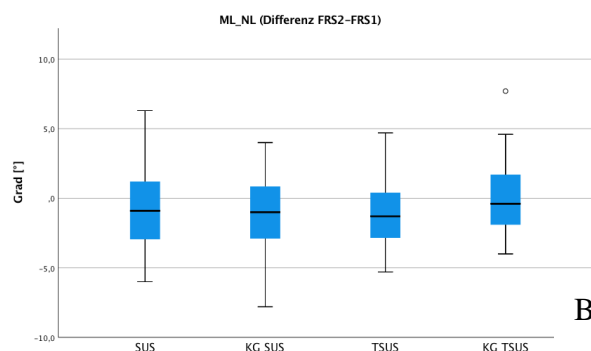


Abbildung 11 ML-NL-Winkel

A: Vergleich des ML-NL-Winkels in Grad zwischen T0 und T1 der jeweiligen Gruppen. B: Mittlere Veränderung des ML-NL-Winkels in Grad im gesamten Behandlungszeitraum der jeweiligen Gruppen. C: Mittlere Veränderung des ML-NL-Winkels in Grad pro Jahr der jeweiligen Gruppen.

$p \leq 0,05$ = signifikant (*);
 $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***)



4.2.2 NL-NSL

Zum Zeitpunkt T0 lag der NL-NSL-Winkel in der SUS-Gruppe bei $7,34^\circ$ und in der SUS-KG bei $6,98^\circ$. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich sowohl in der SUS-Gruppe ($-0,25^\circ$) als auch in der SUS-KG ($-0,08^\circ$) eine nicht signifikante Abnahme des NL-NSL Winkels (Abbildung 12 A).

In der T-SUS-Gruppe und T-SUS-KG lag der NL-NSL-Winkel zum Zeitpunkt T0 bei $5,48^\circ$ und $8,29^\circ$. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der T-SUS-Gruppe eine nicht signifikante Reduktion des NL-NSL Winkles um $-0,06^\circ$. In der T-SUS-KG konnte eine signifikante Reduktion des NL-NSL-Winkel um $-0,84^\circ$ beobachtet werden. (Abbildung 12 A).

Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) beider Behandlungsgruppen mit den jeweiligen Kontrollgruppen über die Beobachtungszeit sowie auf jährlicher Basis war nicht signifikant ($p > 0,05$) (Abbildung 12 B und C).

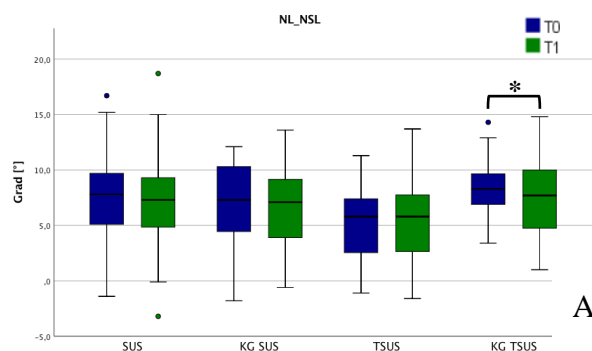
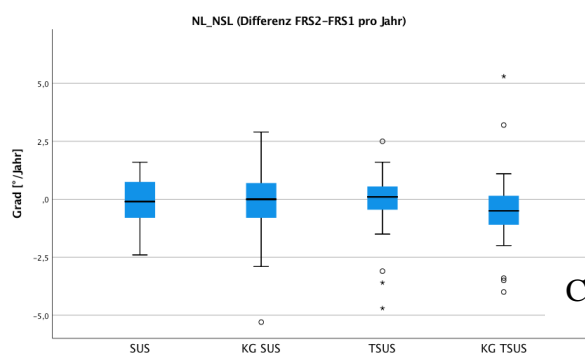
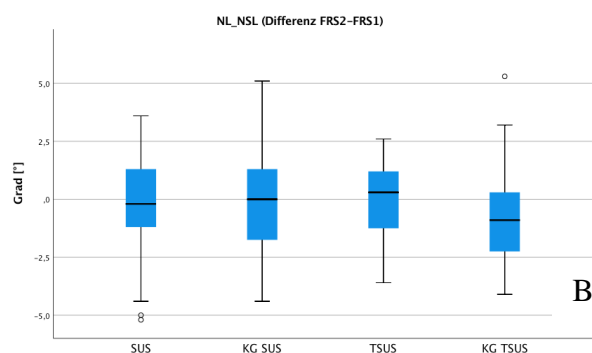


Abbildung 12 NL-NSL-Winkel

A: Vergleich des NL-NSL-Winkels in Grad zwischen T0 und T1 der jeweiligen Gruppen. B: Mittlere Veränderung des NL-NSL-Winkels in Grad im gesamten Behandlungszeitraum der jeweiligen Gruppen. C: Mittlere Veränderung des NL-NSL-Winkels in Grad pro Jahr der jeweiligen Gruppen.
 $p \leq 0,05$ = signifikant (*);
 $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***)



4.2.3 ML-NSL

Zum Zeitpunkt T0 lag der ML-NSL-Winkel in der SUS-Gruppe bei 29,55° und in der SUS-KG bei 31,85°. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich sowohl in der SUS-Gruppe (- 0,88°) als auch in der SUS-KG (- 1,19°) eine (hoch) signifikante Abnahme des ML-NSL Winkels (Abbildung 13 A).

In der T-SUS-Gruppe und T-SUS-KG lag der ML-NSL-Winkel zum Zeitpunkt T0 bei 28,62° und 32,53°. Im Zeitlichen Verlauf zeigte sich in der T-SUS-Gruppe eine hoch signifikante Reduktion des NL-NSL Winkles um - 1,28°, in der T-SUS-KG eine signifikante Reduktion des ML-NSL-Winkel um - 0,71° (Abbildung 13 A).

Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) beider Behandlungsgruppen mit den jeweiligen Kontrollgruppen über die Beobachtungszeit sowie auf jährlicher Basis war nicht signifikant ($p > 0,05$) (Abbildung 13 B und C).

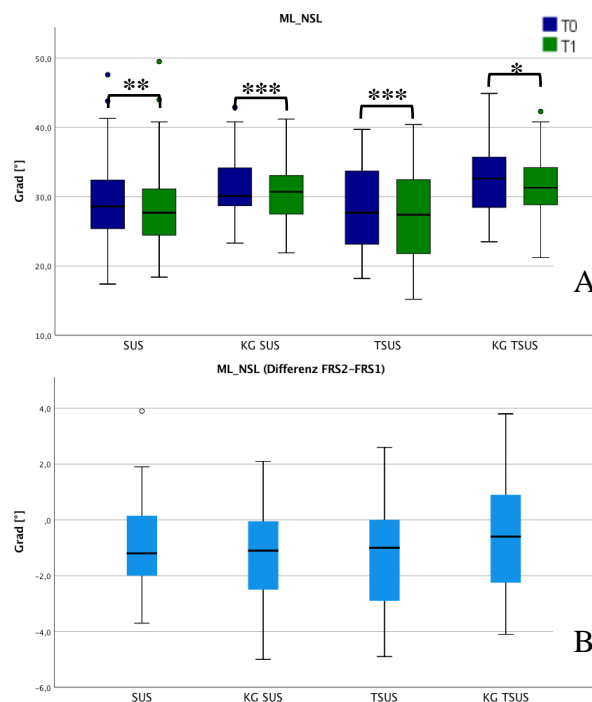


Abbildung 13 ML-NSL-Winkel

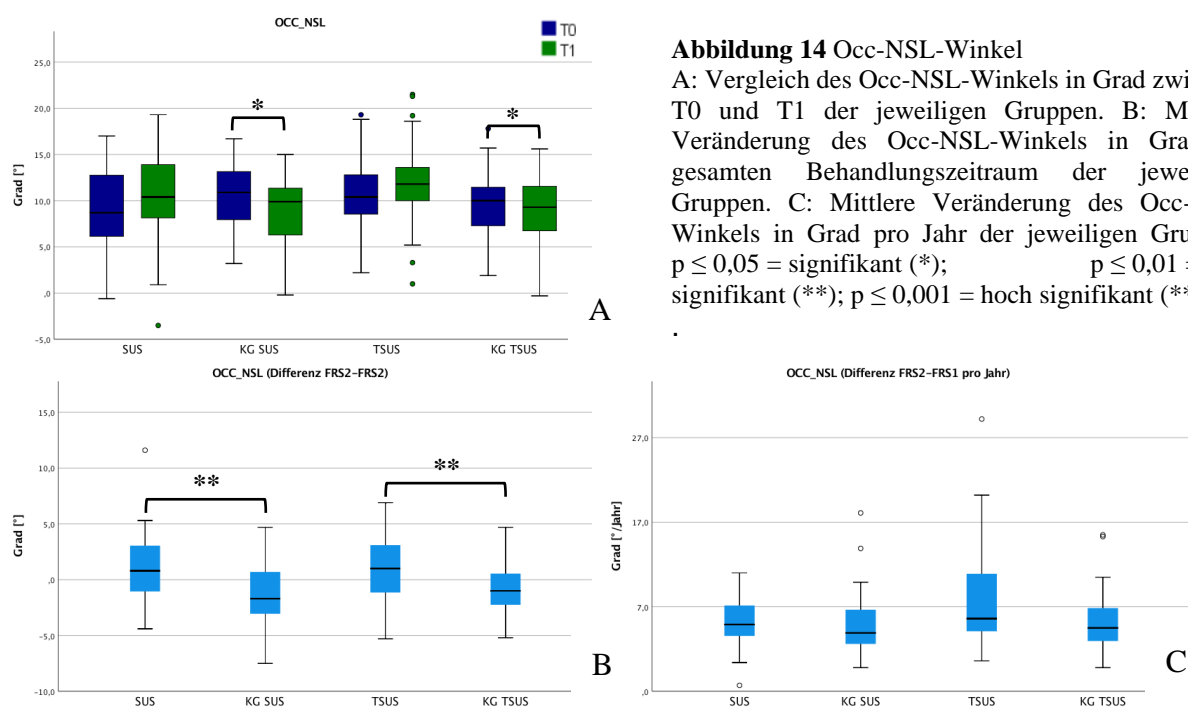
A: Vergleich des ML-NSL-Winkels in Grad zwischen T0 und T1 der jeweiligen Gruppen. B: Mittlere Veränderung des ML-NSL-Winkels in Grad im gesamten Behandlungszeitraum der jeweiligen Gruppen. C: Mittlere Veränderung des ML-NSL-Winkels in Grad pro Jahr der jeweiligen Gruppen. $p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***)

4.2.4 Occ-NSL

Zum Zeitpunkt T0 lag der Occ-NSL-Winkel in der SUS-Gruppe bei $9,23^\circ$ und in der SUS-KG bei $10,39^\circ$. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der SUS-Gruppe eine nicht signifikante Zunahme ($+ 1,05^\circ$) und in der SUS-KG ($- 1,39^\circ$) eine signifikante Abnahme des Occ-NSL Winkels (Abbildung 14 A).

In der T-SUS-Gruppe und T-SUS-KG lag der Occ-NSL-Winkel zum Zeitpunkt T0 bei $10,93^\circ$ und $9,59^\circ$. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der T-SUS-Gruppe eine nicht signifikante Zunahme des Occ-NSL Winkels um $+ 1,09^\circ$, in der T-SUS-KG eine signifikante Reduktion des Occ-NSL-Winkels um $- 0,82^\circ$ (Abbildung 14 A).

Der Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) beider Behandlungsgruppen mit den jeweiligen Kontrollgruppen über die Beobachtungszeit war sehr signifikant ($p \leq 0,01$), der Vergleich auf jährlicher Basis war nicht signifikant ($p > 0,01$) (Abbildung 14 B und C).



4.3 Dentale Lage und Inklination

Tabelle 11 zeigt die analysierten dentalen Werte aller untersuchten Gruppen zum Anfangs- (T0) und Endzeitpunkt (T1). Tabelle 12 fasst die Differenzen zwischen T0 und T1 im absoluten gesamten Behandlungszeitraum sowie auf jährlicher Basis zusammen.

Tabelle 12 Auswertung der Anfangswerte (T0) und Endwerte (T1) in der dentalen Kieferrelation aller Gruppen mit Signifikanzen ($p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***) ; $p > 0,05$ = nicht signifikant (n.s.)), die sich aus dem Wilcoxon-Signed-Rank-Test ergeben.

Gruppe	Messwert	T0				T1				Signifikanz	
		MW	SD	Median	Min./Max.	MW	SD	Median	Min./max.		
SUS	OK1-NSL [°]	102,02	10,14	102,60	69,4-121,1	101,21	8,70	101,40	77,8-119,2	0,534	n.s.
	UK1-ML [°]	100,24	5,86	100,00	80,3-113,0	104,58	7,88	102,70	91,4-127,6	<0,001	***
	OK1-NA [mm]	2,18	2,55	2,50	-5,8-8,1	2,44	2,30	2,30	-4,2-7,7	0,731	n.s.
	OK1-NA [°]	21,59	9,60	21,60	-6,0-43,3	21,44	7,91	19,70	0,9-38,8	0,654	n.s.
	UK1-NB [mm]	3,32	1,95	3,30	-0,5-7,0	4,23	2,31	3,90	0,3-9,2	0,016	*
	UK1-NB [°]	24,82	4,83	25,20	11,5-31,5	29,70	6,27	28,00	19,7-44,3	<0,001	***
	OK1-NL [°]	109,35	9,90	110,10	86,1-132,1	108,30	8,32	108,30	94,7-131,1	0,427	n.s.
SUS-KG	OK1-NSL [°]	103,95	5,28	104,00	88,7-115,1	104,78	5,67	103,50	94,9-118,2	0,235	n.s.
	UK1-ML [°]	101,15	5,66	101,70	90,5-114,1	101,58	5,52	100,90	91,0-112,0	0,417	n.s.
	OK1-NA [mm]	2,04	1,93	2,00	-2,5-6,1	2,42	1,89	2,50	-1,0-6,6	0,316	n.s.
	OK1-NA [°]	22,63	6,24	23,30	2,6-33,8	22,83	5,84	22,20	8,3-33,1	0,781	n.s.
	UK1-NB [mm]	3,90	1,25	3,90	1,5-6,4	4,04	1,39	3,90	1,5-7,0	0,539	n.s.
	UK1-NB [°]	28,79	4,32	28,20	19,8-37,2	29,01	4,32	28,90	20,0-38,1	0,641	n.s.
	OK1-NL [°]	110,95	5,82	111,10	92,5-123,2	111,70	6,2	110,9	97,5-130,5	0,527	n.s.
T-SUS	OK1-NSL [°]	100,29	11,55	100,40	72,3-123,6	100,59	7,72	99,90	89,4-122,1	0,902	n.s.
	UK1-ML [°]	99,61	8,44	99,00	87,4-121,3	105,00	8,98	106,80	88,9-118,9	<0,001	***
	OK1-NA [mm]	1,94	3,40	2,20	-6,6-12,4	2,65	3,29	2,00	-2,1-15,7	0,980	n.s.
	OK1-NA [°]	19,15	10,83	20,00	-9,3-38,7	20,22	7,01	19,00	9,4-37,1	0,793	n.s.
	UK1-NB [mm]	3,41	1,86	3,60	-0,9-7,3	3,80	2,20	3,60	0,2-8,4	0,293	n.s.
	UK1-NB [°]	24,07	6,89	24,50	6,0-40,1	29,66	6,20	29,80	15,1-41,0	<0,001	***
	OK1-NL [°]	105,72	10,71	107,90	82,3-130,3	106,02	8,34	88,9-125,0	88,9-125,0	0,853	n.s.
T-SUS-KG	OK1-NSL [°]	104,18	7,38	103,70	89,3-120,2	104,90	5,9	92,2-117,4	92,2-117,4	0,417	n.s.
	UK1-ML [°]	101,17	5,08	101,70	84,3-110,1	101,04	4,88	89,6-111,8	89,6-111,8	0,640	n.s.
	OK1-NA [mm]	1,93	2,23	2,00	-2,5-8,8	1,72	2,37	-2,2-7,6	-2,2-7,6	0,732	n.s.
	OK1-NA [°]	21,73	6,70	21,60	10,5-38,5	21,50	5,33	12,7-33,0	12,7-33,0	0,367	n.s.
	UK1-NB [mm]	4,45	1,38	4,50	1,1-7,8	4,51	1,53	2,2-8,3	2,2-8,3	0,837	n.s.
	UK1-NB [°]	29,83	4,44	30,00	18,8-38,4	30,05	4,31	21,4-37,5	21,4-37,5	0,629	n.s.
	OK1-NL [°]	112,41	5,92	112,90	100,7-126,8	112,20	5,36	102,0-126,0	102,0-126,0	0,276	n.s.

MW – Mittelwert, SD – Standardabweichung

Tabelle 13 Darstellung der Differenzwerte in der dentalen Kieferrelation aller Gruppen über die komplette Behandlungszeit sowie jährlich mit Signifikanzen ($p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***) ; $p > 0,05$ = nicht signifikant (n.s.)), die sich aus dem Mann-Whitney-U-Test ergeben.

Messwert	SUS			SUS-KG			Signifikanz	
	MW	SD	Median	MW	SD	Median		
<i>Differenz über die komplette Beobachtungszeit</i>								
OK1-NSL [°]	-0,81	10,33	-2,40	0,83	3,84	1,00	0,148	n.s.
UK1-ML [°]	4,34	5,67	4,00	0,43	3,49	0,20	0,002	**
OK1-NA [mm]	2,44	2,19	2,30	0,38	1,42	0,50	0,963	n.s.
OK1-NA [°]	-0,15	10,40	-1,20	0,21	3,75	0,30	0,499	n.s.
UK1-NB [mm]	0,90	1,85	0,90	0,15	1,01	0,30	0,111	n.s.
UK1-NB [°]	4,87	5,14	4,40	0,22	3,73	0,80	0,001	***
OK1-NL [°]	-1,05	10,50	-3,50	0,71	4,24	0,00	0,162	n.s.
<i>Jährliche Änderung</i>								
OK1-NSL [°]	-0,53	5,64	-1,10	0,57	1,83	0,60	0,133	n.s.
UK1-ML [°]	2,33	3,52	2,10	0,23	1,74	0,20	0,002	**
OK1-NA [mm]	0,05	1,22	0,30	0,13	0,62	0,30	0,869	n.s.
OK1-NA [°]	-0,14	5,88	-0,50	0,16	1,88	0,20	0,601	n.s.
UK1-NB [mm]	0,53	1,08	0,30	0,04	0,51	0,10	0,061	n.s.
UK1-NB [°]	2,63	3,27	1,90	0,24	1,90	0,30	0,001	***
OK1-NL [°]	-0,53	5,64	-1,10	0,44	2,38	0,00	0,198	n.s.
Messwert	T-SUS			T-SUS-KG			Signifikanz	
	MW	SD	Median	MW	SD	Median		
<i>Differenz über die komplette Beobachtungszeit</i>								
OK1-NSL [°]	0,30	11,82	-1,70	0,72	3,94	0,50	0,363	n.s.
UK1-ML [°]	5,38	7,31	5,10	-0,13	2,74	0,10	0,001	***
OK1-NA [mm]	0,71	0,71	1,00	-0,20	1,64	-0,30	0,321	n.s.
OK1-NA [°]	1,07	11,84	-0,70	-0,23	3,95	-0,50	0,738	n.s.
UK1-NB [mm]	0,39	2,16	0,30	0,05	1,09	0,00	0,341	n.s.
UK1-NB [°]	5,59	6,90	6,60	0,23	2,90	0,20	<0,001	***
OK1-NL [°]	0,29	11,58	-2,60	-0,21	3,57	-0,80	0,411	n.s.
<i>Jährliche Änderung</i>								
OK1-NSL [°]	0,26	7,82	-0,90	0,19	2,24	0,10	0,530	n.s.
UK1-ML [°]	3,36	5,83	2,60	0,11	1,81	0,00	0,002	**
OK1-NA [mm]	0,50	2,18	0,50	-0,23	0,92	-0,20	0,277	n.s.
OK1-NA [°]	0,73	7,71	-0,20	-0,38	2,18	-0,40	0,906	n.s.
UK1-NB [mm]	0,45	1,57	0,20	0,00	0,63	0,00	0,332	n.s.
UK1-NB [°]	3,50	5,44	2,40	0,32	1,99	0,30	0,001	***
OK1-NL [°]	0,16	7,74	-1,80	-0,31	1,96	-0,40	0,518	n.s.

MW – Mittelwert, SD – Standardabweichung, Z – Median

4.3.1 OK1-NSL

Zum Zeitpunkt T0 lag der OK1-NSL-Winkel in der SUS-Gruppe bei 102,02° und in der SUS-KG bei 103,95°. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der SUS-Gruppe eine nicht signifikante Abnahme (- 0,81°), in der SUS-KG eine nicht signifikante Zunahme (+ 0,83°) des OK1-NSL-Winkles (Abbildung 15 A).

In der T-SUS-Gruppe und T-SUS-KG lag der OK1-NSL-Winkel zum Zeitpunkt T0 bei 100,29° und 104,18°. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich sowohl in der T-SUS-Gruppe (+ 0,30°) als auch in der T-SUS-KG (+ 0,72°) eine nicht signifikante Zunahme des OK1-NSL- Winkles (Abbildung 15 A).

Der Vergleich der Differenzen beider Behandlungsgruppen mit den jeweiligen Kontrollgruppen über die Beobachtungszeit sowie auf jährlicher Basis war nicht signifikant ($p > 0,05$) (Abbildung 15 B und C).

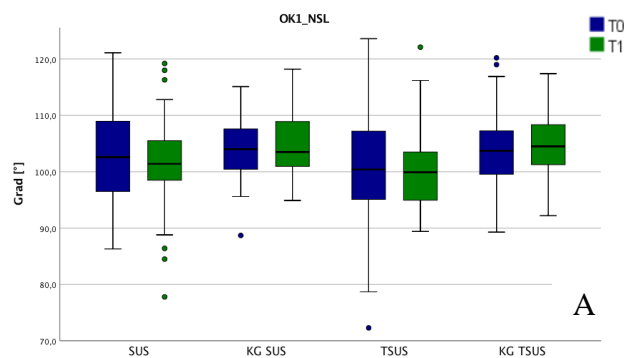
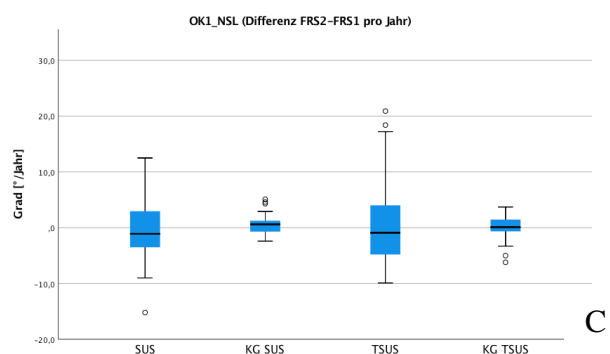
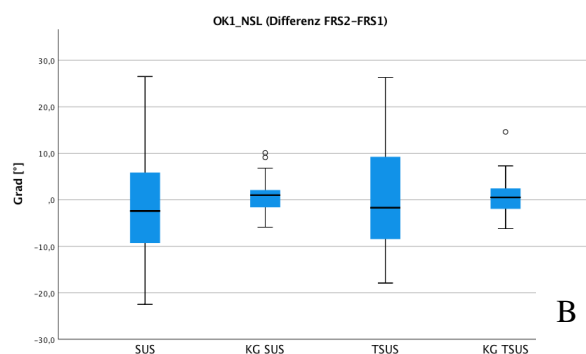


Abbildung 15 OK1-NSL-Winkel

A: Vergleich des OK1-NSL-Winkels in Grad zwischen T0 und T1 der jeweiligen Gruppen. B: Mittlere Veränderung des OK1-NSL-Winkels in Grad im gesamten Behandlungszeitraum der jeweiligen Gruppen. C: Mittlere Veränderung des Ok1-NSL-Winkels in Grad pro Jahr der jeweiligen Gruppen. $p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***)

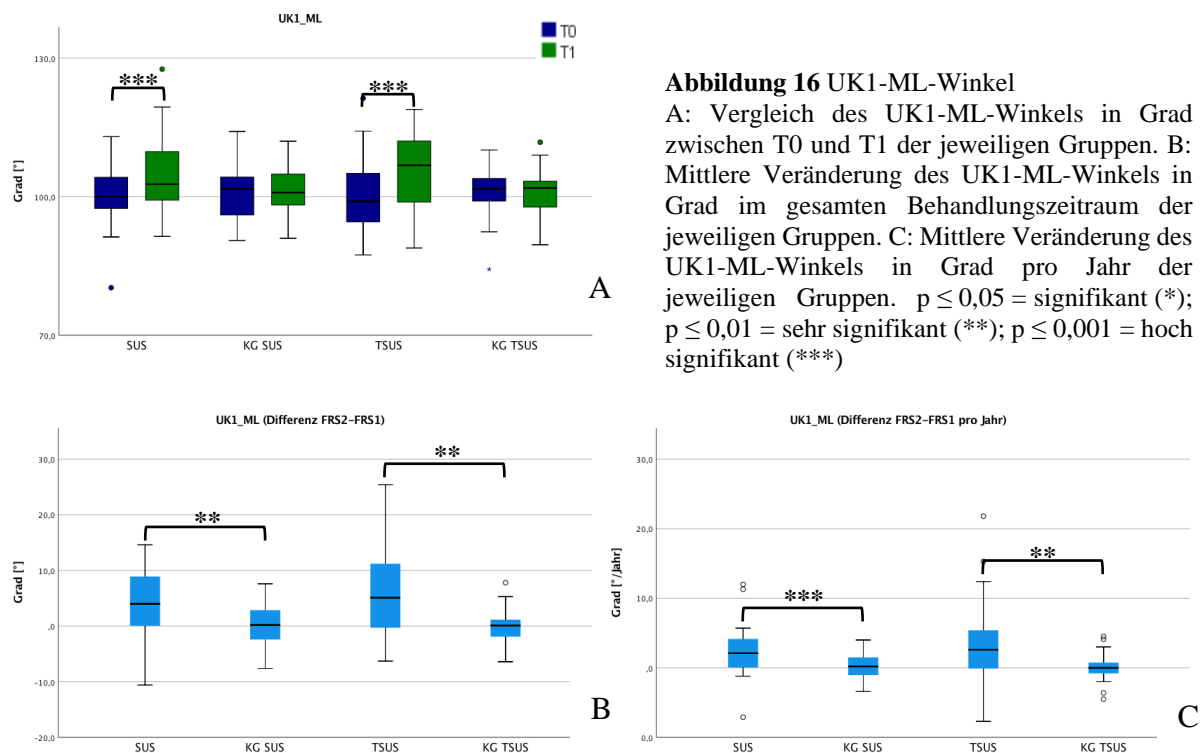


4.3.2 UK1-ML

Zum Zeitpunkt T0 lag der UK1-ML-Winkel in der SUS-Gruppe bei 100,24° und in der SUS-KG bei 101,15°. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der SUS-Gruppe eine hoch signifikante Zunahme (+ 4,34°) und in der SUS-KG keine nicht signifikante Zunahme (+ 0,43°) des UK1-ML-Winkels (Abbildung 16 A).

In der T-SUS-Gruppe und T-SUS-KG lag der UK1-ML-Winkel zum Zeitpunkt T0 bei 99,61° und 101,17°. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der T-SUS-Gruppe eine hoch signifikante Zunahme des UK1-ML-Winkels um + 5,38°, in der T-SUS-KG eine nicht signifikante Reduktion des UK1-ML-Winkels um - 0,13° (Abbildung 16 A).

Der Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) beider Behandlungsgruppen mit den jeweiligen Kontrollgruppen über die Beobachtungszeit sowie auf jährlicher Basis war sehr/hoch signifikant ($p < 0,01/0,001$) (Abbildung 16 B und C).



4.3.3 OK1-NA

Zum Zeitpunkt T0 lag der OK1_NA Winkel in der SUS-Gruppe bei 21,59° und in der SUS-KG bei 22,63°. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der SUS-Gruppe eine nicht signifikante Abnahme (- 0,15°), in der SUS-KG eine nicht signifikante Zunahme (+ 0,21°) (Abbildung 17 A).

In der T-SUS-Gruppe und T-SUS-KG lag der OK-1NA-Winkel zum Zeitpunkt T0 bei 19,15° und 21,73°. Im Zeitlichen Verlauf zeigte sich in der T-SUS-Gruppe eine nicht signifikante Zunahme des OK-1NA-Winkel um + 1,07°, in der T-SUS-KG eine nicht signifikante Reduktion des OK-1NA-Winkel um - 0,23° (Abbildung 17 A).

Der Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) beider Behandlungsgruppen mit den jeweiligen Kontrollgruppen über die Beobachtungszeit sowie auf jährlicher Basis war nicht signifikant (Abbildung 17 B und C).

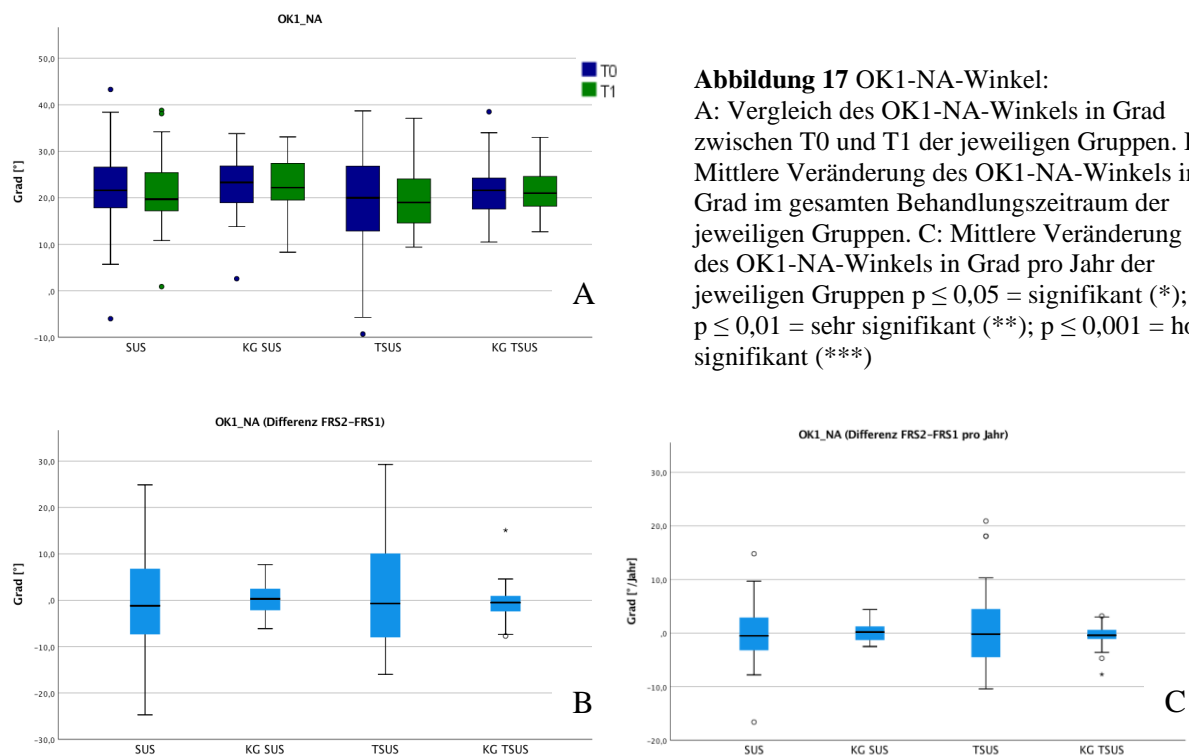


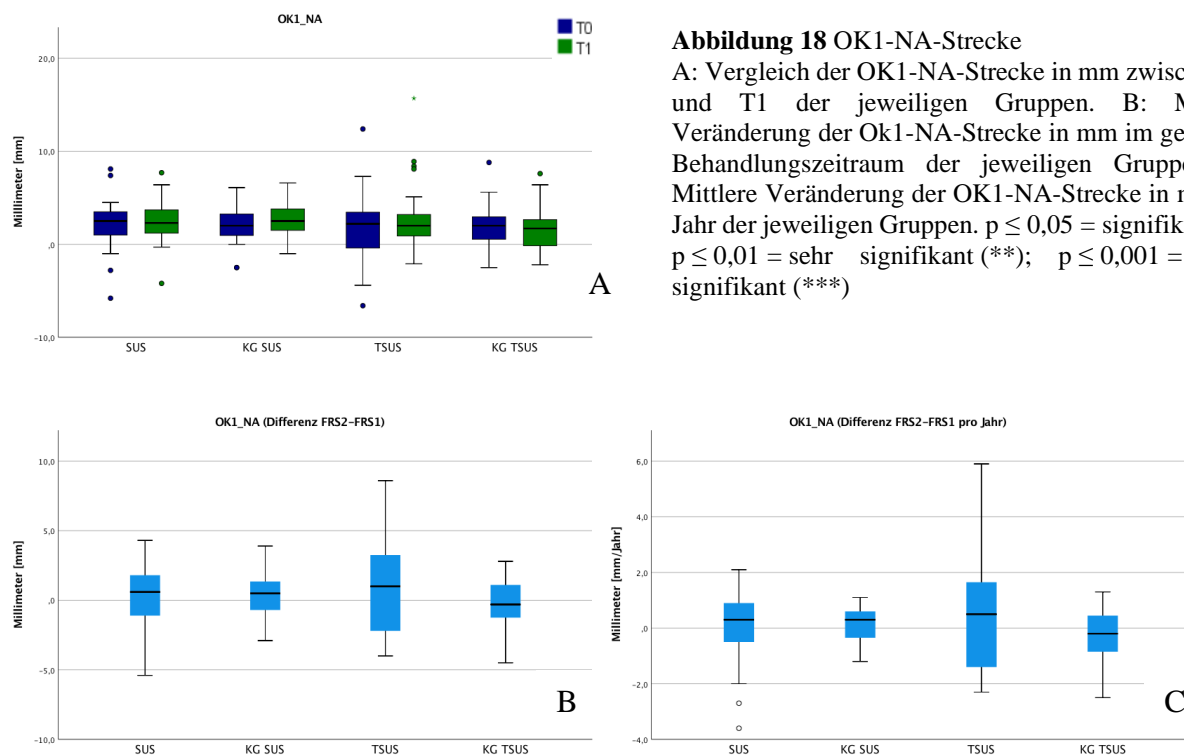
Abbildung 17 OK1-NA-Winkel:
 A: Vergleich des OK1-NA-Winkels in Grad zwischen T0 und T1 der jeweiligen Gruppen. B: Mittlere Veränderung des OK1-NA-Winkels in Grad im gesamten Behandlungszeitraum der jeweiligen Gruppen. C: Mittlere Veränderung des OK1-NA-Winkels in Grad pro Jahr der jeweiligen Gruppen $p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***)

4.3.4 OK1-NA (mm)

Zum Zeitpunkt T0 lag die OK-1NA-Strecke in der SUS-Gruppe bei 2,18 mm und in der SUS-KG bei 2,04 mm. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der SUS-Gruppe eine nicht signifikante Zunahme (+ 2,44 mm), in der SUS-KG eine nicht signifikante Abnahme (- 0,38 mm) (Abbildung 18 A).

In der T-SUS-Gruppe und T-SUS-KG lag die OK-1NA-Strecke zum Zeitpunkt T0 bei 1,94 mm und 1,93 mm. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der T-SUS-Gruppe eine nicht signifikante Zunahme der OK-1NA-Strecke um + 0,71 mm, in der T-SUS-KG eine nicht signifikante Reduktion der OK-1NA-Strecke um - 0,20 mm (Abbildung 18 A).

Der Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) beider Behandlungsgruppen mit den jeweiligen Kontrollgruppen über die Beobachtungszeit sowie auf jährlicher Basis war nicht signifikant (Abbildung 18 B und C).

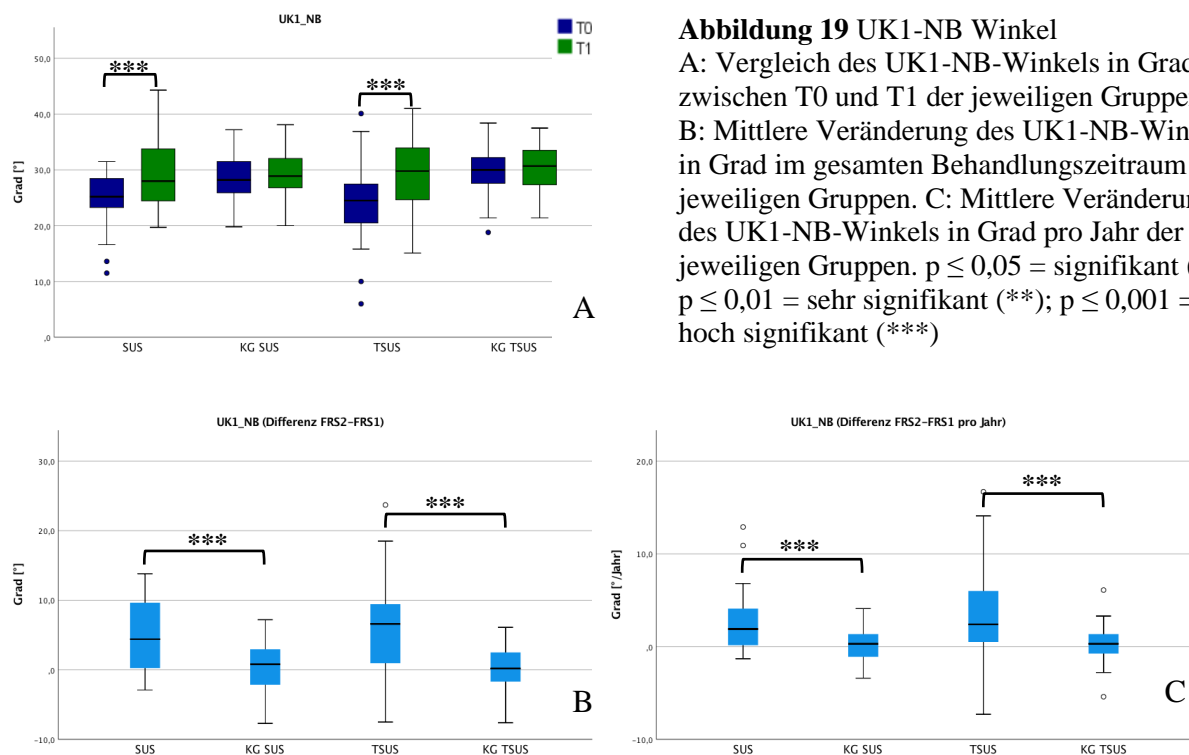


4.3.5 UK1-NB

Zum Zeitpunkt T0 lag der UK-1NB-Winkel in der SUS-Gruppe bei 24,82° und in der SUS-KG bei 28,79°. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der SUS-Gruppe eine hoch signifikante Zunahme (+ 4,87°), in der SUS-KG eine nicht signifikante Abnahme (- 0,22°) (Abbildung 19 A).

In der T-SUS-Gruppe und T-SUS-KG lag der UK-1NB-Winkel zum Zeitpunkt T0 bei 24,07° und 29,83°. Im Zeitlichen Verlauf zeigte sich in der T-SUS-Gruppe eine hoch signifikante Zunahme des UK-1NB-Winkel um + 5,59°, in der T-SUS-KG ebenfalls eine nicht signifikante Zunahme des UK-1NB-Winkel um + 0,23° (Abbildung 19 A).

Der Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) beider Behandlungsgruppen mit den jeweiligen Kontrollgruppen über die Beobachtungszeit sowie auf jährlicher Basis war hoch signifikant ($p < 0,001$) (Abbildung 19 B und C).

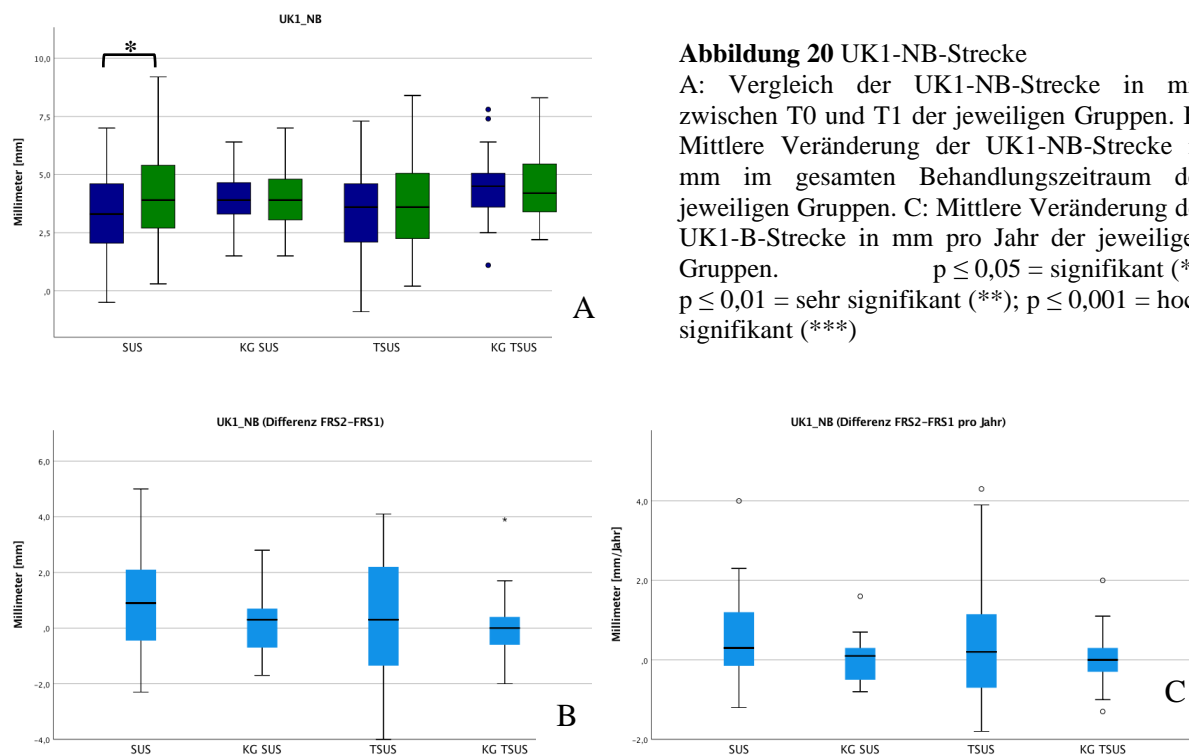


4.3.6 UK1-NB (mm)

Zum Zeitpunkt T0 lag die UK-1NB-Strecke in der SUS-Gruppe bei 3,32 mm und in der SUS-KG bei 3,90 mm. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der SUS-Gruppe eine signifikante Zunahme (+ 0,90 mm), in der SUS-KG eine nicht signifikante Zunahme (+ 0,15 mm) (Abbildung 20 A).

In der T-SUS-Gruppe und T-SUS-KG lag die UK-1NB-Strecke zum Zeitpunkt T0 bei 3,41 mm und 4,45 mm. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich sowohl in der in der T-SUS-Gruppe (+ 0,39) als auch in der T-SUS-KG eine (+ 0,05 mm) eine nicht signifikante Zunahme der UK-1NB-Strecke (Abbildung 20 A).

Der Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) beider Behandlungsgruppen mit den jeweiligen Kontrollgruppen über die Beobachtungszeit sowie auf jährlicher Basis war nicht signifikant ($p > 0,05$) (Abbildung 20 B und C).

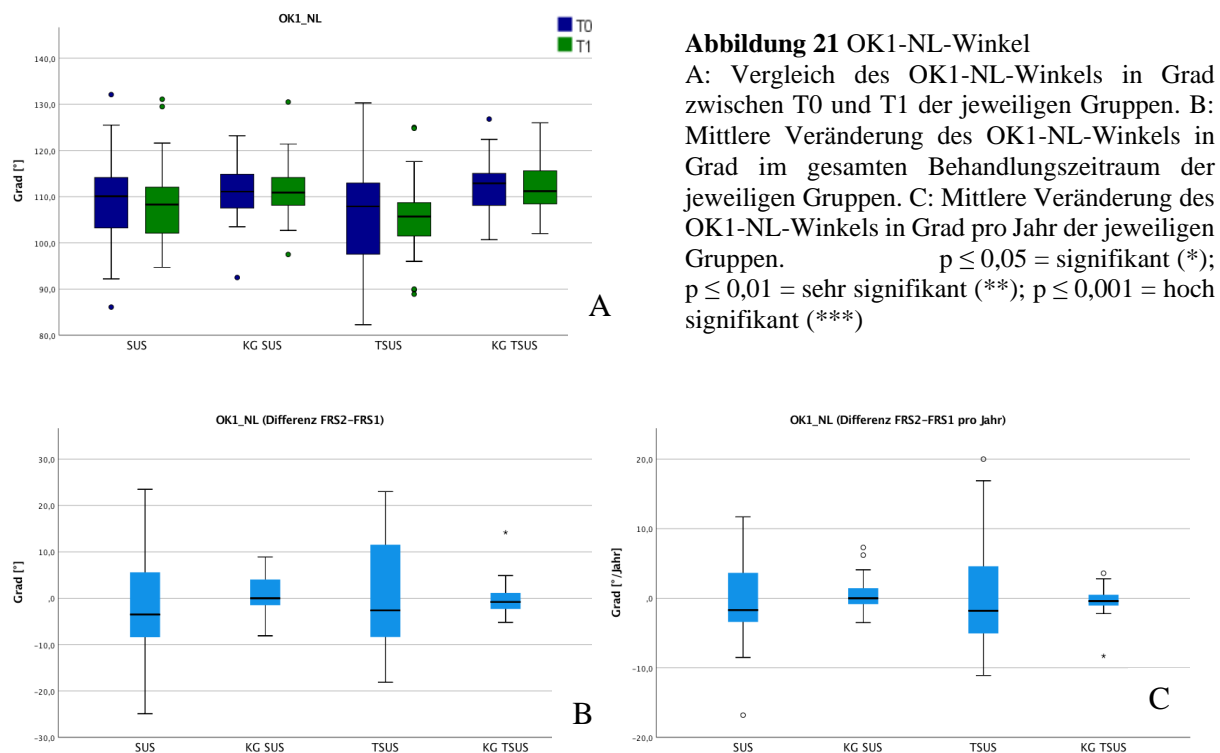


4.3.7 OK1-NL

Zum Zeitpunkt T0 lag der OK-1NL-Winkel in der SUS-Gruppe bei $109,35^\circ$ und in der SUS-KG bei $110,70^\circ$. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der SUS-Gruppe eine nicht signifikante Abnahme ($- 1,05^\circ$), in der SUS-KG eine nicht signifikante Zunahme ($+ 0,71^\circ$) des OK-1NL-Winkels (Abbildung 21)

In der T-SUS-Gruppe und T-SUS-KG lag der OK-1NL-Winkel zum Zeitpunkt T0 bei $105,72^\circ$ und $106,02^\circ$. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der T-SUS-Gruppe eine nicht signifikante Abnahme des OK-1NL-Winkel um $- 0,29^\circ$, in der T-SUS-KG eine nicht signifikante Zunahme des OK-1NB-Winkel um $+ 0,21^\circ$ (Abbildung 21 A).

Der Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) beider Behandlungsgruppen mit den jeweiligen Kontrollgruppen über die Beobachtungszeit sowie auf jährlicher Basis war nicht signifikant (Abbildung 21 B und C)



4.4 Sagittal Okklusionsanalyse

Tabelle 14 zeigt die analysierten Werte der sagittalen Okklusionsanalyse aller untersuchten Gruppen zum Anfangs- (T0) und Endzeitpunkt (T1). Tabelle 14 fasst die Differenzen zwischen T0 und T1 im absoluten gesamten Behandlungszeitraum sowie auf jährlicher Basis zusammen.

Tabelle 15 Auswertung der Anfangswerte (T0) und Endwerte (T1) in der sagittalen Okklusionsanalyse aller Gruppen mit Signifikanzen ($p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***) ; $p > 0,05$ = nicht signifikant (n.s.)), die sich aus dem Wilcoxon-Signed-Rank-Test ergeben.

Gruppe	Messwert	T0				T1				Signifikanz	
		MW	SD	Median	Min/Max	MW	SD	Media n	Min/Max		
SUS	IsOK_Olp [mm]	78,37	4,11	77,70	70,20- 88,20	78,32	3,99	78,80	69,30-86,30	0,84	n.s.
	IsUK_Olp [mm]	72,22	3,73	72,60	63,60-79,30	75,66	3,79	75,80	64,90-83,30	<0,001	***
	Pog_Olp [mm]	73,22	5,30	73,70	62,40-85,60	76,44	5,02	76,20	66,80-85,60	<0,001	***
	Mp6OK_Olp [mm]	50,31	3,90	50,70	44,20-60,00	50,91	4,09	51,20	42,00-59,50	0,18	n.s.
	Mp6UK_Olp [mm]	49,06	4,14	49,30	42,30-58,10	53,17	4,27	51,90	54,60-61,10	<0,001	***
	AA_Herbst [mm]	73,04	4,01	73,50	66,50-82,00	73,86	4,22	74,40	66,00-83,50	0,36	n.s.
SUS-KG	IsOK_Olp [mm]	78,98	4,63	79,30	64,99-86,08	80,70	4,10	81,00	70,56-87,36	<0,001	***
	IsUK_Olp [mm]	73,59	4,36	73,99	60,35-80,64	75,51	3,40	76,16	66,15-82,88	<0,001	***
	Pog_Olp [mm]	74,73	4,80	75,90	60,35-83,72	76,56	4,47	77,67	65,66-85,00	<0,001	***
	Mp6OK_Olp [mm]	50,70	3,58	51,07	38,82-57,20	52,59	2,72	52,43	46,60-58,52	<0,001	***
	Mp6UK_Olp [mm]	50,71	3,89	50,96	36,71-59,08	52,96	3,43	53,12	45,2-61,0	<0,001	***
	AA_Herbst [mm]	73,49	4,18	73,92	59,92-80,36	74,98	3,73	75,50	65,83-82,60	<0,001	***
T-SUS	IsOK_Olp [mm]	77,83	4,13	78,83	69,80-88,40	78,44	4,21	79,50	70,20-91,10	0,18	n.s.
	IsUK_Olp [mm]	72,21	4,49	73,30	64,20-81,70	75,88	4,29	75,50	68,40-89,00	<0,001	***
	Pog_Olp [mm]	74,04	5,15	74,60	62,30-84,20	77,08	5,23	76,70	67,10-90,90	<0,001	***
	Mp6OK_Olp [mm]	51,13	3,74	51,30	43,20-61,50	51,54	3,83	51,97	40,90-60,50	0,40	n.s.
	Mp6UK_Olp [mm]	49,54	3,85	50,70	39,1-56,70	53,11	4,51	53,00	40,90-64,60	<0,001	***
	AA_Herbst [mm]	72,58	2,30	72,60	67,40-80,40	73,43	2,90	73,00	68,10-83,10	0,008	*
T-SUS-KG	IsOK_Olp [mm]	77,21	4,48	77,56	67,20-86,52	78,76	4,43	79,00	70,84-89,00	<0,001	***
	IsUK_Olp [mm]	71,61	3,90	72,52	63,28-77,91	73,46	4,24	73,92	66,00-80,00	<0,001	***
	Pog_Olp [mm]	72,73	3,39	73,36	64,40-79,80	74,14	4,26	74,00	65,52-82,00	<0,001	***
	Mp6OK_Olp [mm]	49,85	3,80	50,40	40,60-57,12	51,86	3,32	52,08	45,00-58,50	<0,001	***
	Mp6UK_Olp [mm]	49,33	3,75	49,84	40,88-56,84	51,41	3,87	51,48	43,00-59,78	<0,001	***
	AA_Herbst [mm]	71,13	3,95	71,68	62,72-82,32	72,83	3,69	73,08	66,00-83,00	<0,001	***

MW – Mittelwert, SD – Standardabweichung,

Tabelle 16 Darstellung der Differenzwerte in der sagittalen Okklusionsanalyse aller Gruppen über die komplette Behandlungszeit sowie jährlich mit Signifikanzen ($p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***) ; $p > 0,05$ = nicht signifikant (n.s.)), die sich aus dem Mann-Whitney-U-Test ergeben.

Messwert	SUS			SUS-KG			Signifikanz	
	MW	SD	Median	MW	SD	Median		
<i>Differenz über die komplette Beobachtungszeit</i>								
IsOK_Olp [mm]	-0,05	2,73	-0,20	1,72	1,63	1,30	0,003	**
IsUK_Olp [mm]	3,44	2,40	3,50	1,92	1,98	1,68	0,002	**
Pog_Olp [mm]	3,22	2,64	2,70	1,82	1,85	1,68	0,018	*
Mp6OK_Olp [mm]	0,60	2,93	0,60	1,90	1,86	1,86	0,045	*
Mp6UK_Olp [mm]	4,10	2,85	3,70	2,25	2,07	2,00	0,006	**
AA_Herbst [mm]	0,83	2,08	0,70	1,49	1,59	1,48	0,180	n. s
<i>Jährliche Änderung</i>								
IsOK_Olp [mm]	0,00	1,56	-0,15	0,84	0,77	0,61	0,002	**
IsUK_Olp [mm]	2,00	1,94	1,63	0,94	0,85	0,89	0,005	**
Pog_Olp [mm]	1,97	2,15	1,25	0,90	0,83	0,84	0,029	*
Mp6OK_Olp [mm]	0,31	1,88	0,16	0,90	0,83	0,84	0,031	*
Mp6UK_Olp [mm]	2,43	2,57	1,70	1,05	0,90	0,99	0,004	**
AA_Herbst [mm]	0,60	1,55	0,35	0,74	0,78	0,54	0,229	n. s
Messwert	T-SUS			T-SUS-KG			Signifikanz	
	MW	SD	Median	MW	SD	Median		
<i>Differenz über die komplette Beobachtungszeit</i>								
IsOK_Olp [mm]	0,61	2,69	0,50	1,55	1,36	1,68	0,150	n.s.
IsUK_Olp [mm]	3,66	3,50	2,97	1,85	1,32	1,68	0,006	**
Pog_Olp [mm]	3,04	3,04	2,80	1,41	1,33	1,12	0,036	*
Mp6OK_Olp [mm]	0,41	2,81	0,40	2,01	1,66	1,94	0,008	**
Mp6UK_Olp [mm]	3,57	3,04	3,60	2,09	1,92	1,96	0,041	**
AA_Herbst [mm]	0,85	1,67	0,90	1,70	1,22	1,62	0,016	*
<i>Jährliche Änderung</i>								
IsOK_Olp [mm]	0,26	1,58	0,40	0,78	0,83	0,81	0,117	n.s.
IsUK_Olp [mm]	2,23	2,25	1,80	1,06	0,97	0,84	0,010	**
Pog_Olp [mm]	1,54	1,83	1,47	0,82	0,87	0,54	0,092	n.s.
Mp6OK_Olp [mm]	-0,11	1,74	0,17	1,01	1,04	0,99	0,005	**
Mp6UK_Olp [mm]	1,98	1,95	1,92	1,13	1,13	0,88	0,038	*
AA_Herbst [mm]	0,50	1,21	0,43	0,92	0,78	0,84	0,017	*

MW – Mittelwert, SD – Standardabweichung

4.4.1 IsOK_Olp (mm)

Zum Zeitpunkt T0 lag die IsOK_Olp -Strecke in der SUS-Gruppe bei 78,37 mm und in der SUS-KG bei 72,22 mm. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der SUS-Gruppe eine nicht signifikante Abnahme (-0,05 mm), in der SUS-KG signifikante eine Zunahme (+ 1,72 mm) der IsOK_Olp -Strecke (Abbildung 22 A).

In der T-SUS-Gruppe und T-SUS-KG lag die IsOK_Olp-Strecke zum Zeitpunkt T0 bei 77,83 mm und 77,21 mm. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der T-SUS-Gruppe eine nicht signifikante Zunahme der IsOK_Olp -Strecke um + 0,61 mm, in der T-SUS-KG eine signifikante Zunahme der IsOK_Olp -Strecke um + 1,55 mm (Abbildung 22 A).

Der Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) der SUS-Gruppe mit der SUS-KG war sowohl über die gesamte Beobachtungszeit wie auch auf jährlicher Basis sehr signifikant ($p \leq 0,01$). Der Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) der T-SUS-Gruppe mit der T-SUS-KG jeweils nicht signifikant (Abbildung 22 B und C).

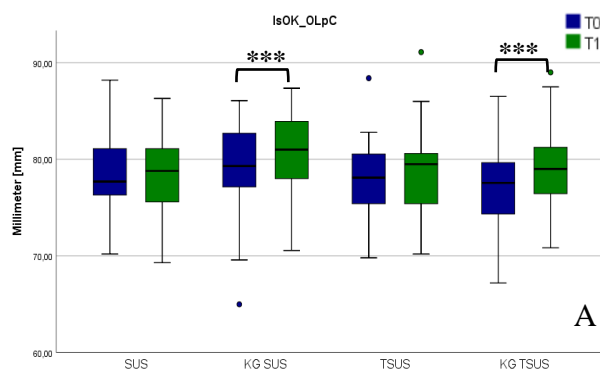
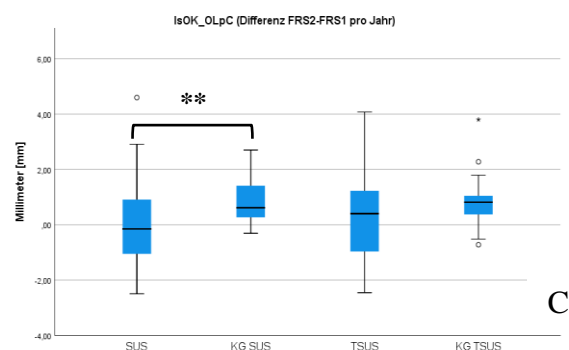
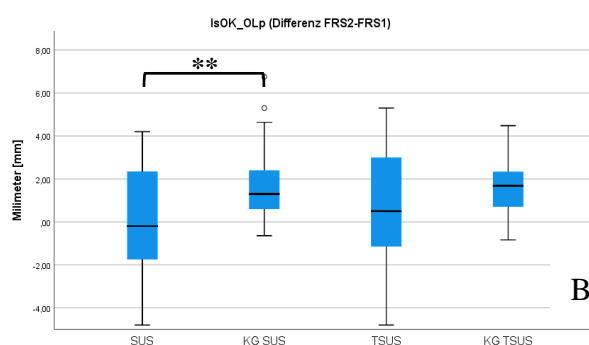


Abbildung 22 IsOK_Olp-Strecke:
 A: Vergleich der IsOK1_Olp-Strecke in mm zwischen T0 und T1 der jeweiligen Gruppen. B: Mittlere Veränderung der IsOK_Olp- Strecke in mm im gesamten Behandlungszeitraum der jeweiligen Gruppen. C: Mittlere Veränderung der IsOK_Olp- Strecke in mm pro Jahr der jeweiligen Gruppen. $p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***)

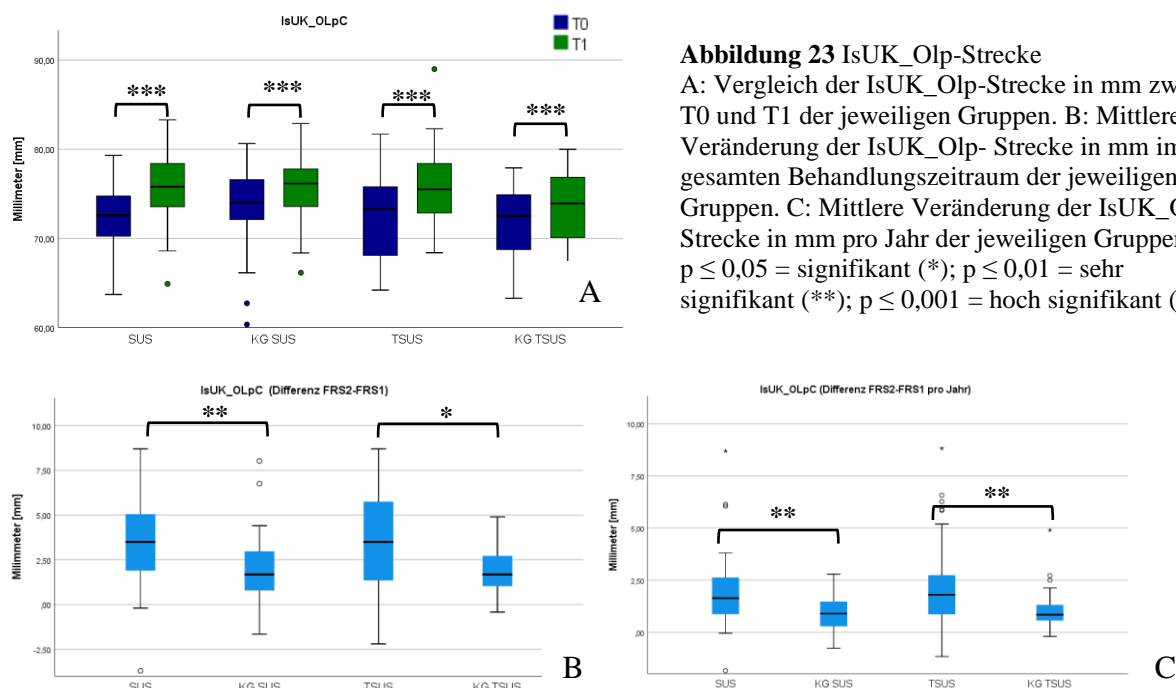


4.4.2 IsUK_Olp (mm)

Zum Zeitpunkt T0 lag die IsUK_Olp -Strecke in der SUS-Gruppe bei 72,22 mm und in der SUS-KG bei 73,59 mm. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der SUS-Gruppe als auch in der SUS-KG eine hoch signifikante Zunahme (+ 3,44 mm, + 1,92 mm) (Abbildung 23 A).

In der T-SUS-Gruppe und T-SUS-KG lag die IsUK_Olp-Strecke zum Zeitpunkt T0 bei 77,83 mm und 71,61 mm. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich sowohl in der T-SUS-Gruppe (+ 3,66 mm) als auch in der T-SUS-KG (+ 1,31 mm) eine hoch signifikante Zunahme der IsUK_Olp -Strecke (Abbildung 23 A).

Der Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) beider Behandlungsgruppen mit den jeweiligen Kontrollgruppen über die Beobachtungszeit sowie auf jährlicher Basis war (sehr) signifikant (Abbildung 23 B und C).



4.4.3 Pog_Olp (mm)

Zum Zeitpunkt T0 lag die Pog_Olp-Strecke in der SUS-Gruppe bei 73,22 mm und in der SUS-KG bei 74,73 mm. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich sowohl in der SUS-Gruppe (+ 3,22 mm) als auch in der SUS-KG (+ 1,82 mm) eine hoch signifikante Zunahme der Pog_Olp-Strecke (Abbildung 24 A).

In der T-SUS-Gruppe und T-SUS-KG lag die Pog_Olp-Strecke zum Zeitpunkt T0 bei 74,04 mm und 72,73 mm. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der T-SUS-Gruppe eine hoch signifikante Zunahme der IsUK_Olp -Strecke um + 3,04 mm, in der T-SUS-KG eine hoch signifikante Zunahme der Pog_Olp-Strecke um + 1,33 mm (Abbildung 24 A).

Der Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) beider Behandlungsgruppen mit den jeweiligen Kontrollgruppen über die Beobachtungszeit sowie auf jährlicher Basis war signifikant (Abbildung 24 B und C), mit Ausnahme von TSUS/ KG-TSUS auf jährlicher Basis.

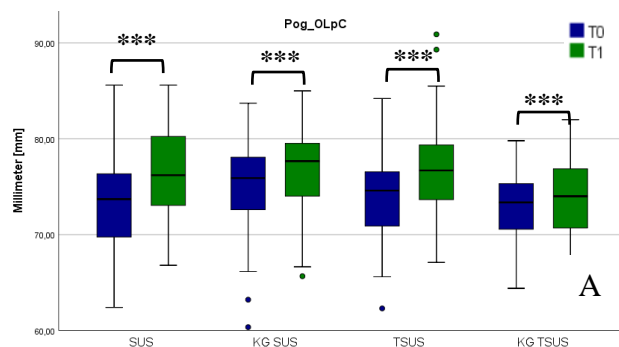
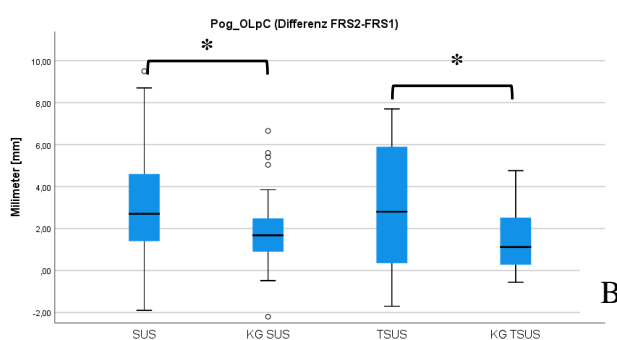
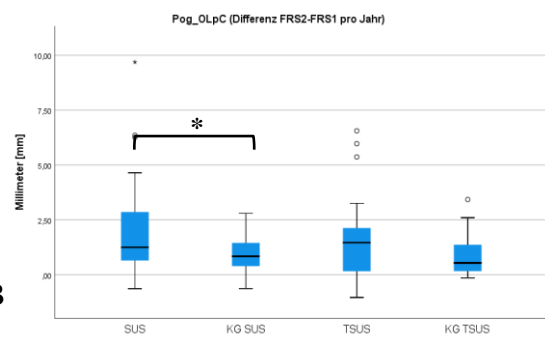


Abbildung 24 Pog_Olp-Strecke

A: Vergleich der Pog_Olp-Strecke in mm zwischen T0 und T1 der jeweiligen Gruppen. B: Mittlere Veränderung der Pog_Olp- Strecke in mm im gesamten Behandlungszeitraum der jeweiligen Gruppen. C: Mittlere Veränderung der Pog_Olp-Strecke in mm pro Jahr der jeweiligen Gruppen. $p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***)



B



C

4.4.4 Mp6OK_Olp (mm)

Zum Zeitpunkt T0 lag die Mp6OK_Olp -Strecke in der SUS-Gruppe bei 50,31 mm und in der SUS-KG bei 50,70 mm. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der SUS-Gruppe eine nicht signifikante Zunahme (+ 0,60 mm), in der SUS-KG eine hoch signifikante Zunahme (+ 1,86 mm) der Mp6OK_Olp -Strecke (Abbildung 25 A).

In der T-SUS-Gruppe und T-SUS-KG lag die Mp6OK_Olp -Strecke zum Zeitpunkt T0 bei 51,31 mm und 49,85 mm. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der T-SUS-Gruppe und die T-SUS-KG eine hoch signifikante Zunahme der Mp6OK_Olp -Strecke um + 0,41 mm und + 2,01 mm (Abbildung 25 A).

Der Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) beider Behandlungsgruppen mit den jeweiligen Kontrollgruppen über die Beobachtungszeit sowie auf jährlicher Basis war (sehr) signifikant (Abbildung 25 B und C).

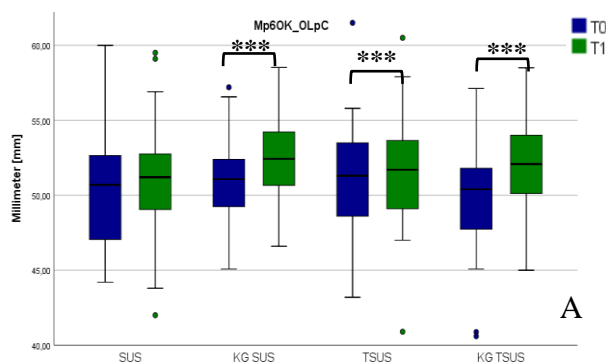
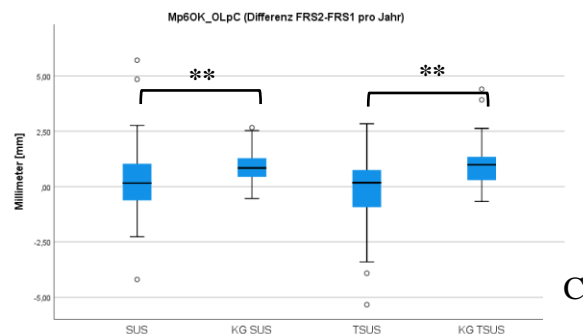
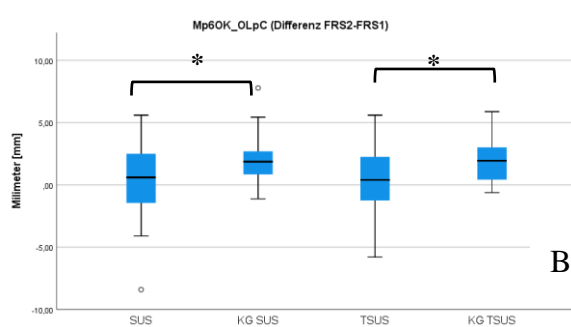


Abbildung 25 Mp6OK_Olp -Strecke:

A: Vergleich der Mp6OK_Olp -Strecke in mm zwischen T0 und T1 der jeweiligen Gruppen. B: Mittlere Veränderung der Mp6OK_Olp - Strecke in mm im gesamten Behandlungszeitraum der jeweiligen Gruppen. C: Mittlere Veränderung der Mp6OK_Olp - Strecke in mm pro Jahr der jeweiligen Gruppen. $p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***)



4.4.5 Mp6UK_Ulp (mm)

Zum Zeitpunkt T0 lag die Mp6UK_Ulp -Strecke in der SUS-Gruppe bei 49,06 mm und in der SUS-KG bei 50,71 mm. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der SUS-Gruppe (+ 4,10mm) wie auch in der SUS-KG (+ 2,07 mm) eine hoch signifikante Zunahme der Mp6UK_Ulp -Strecke (Abbildung 26 A).

In der T-SUS-Gruppe und T-SUS-KG lag die Mp6UK_Ulp -Strecke zum Zeitpunkt T0 bei 49,54 mm und 49,33 mm. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich sowohl in der T-SUS-Gruppe (+ 3,57 mm) als auch in der T-SUS-KG (+ 2,09 mm) eine hoch signifikante Zunahme der Mp6UK_Ulp -Strecke (Abbildung 26 A).

Der Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) beider Behandlungsgruppen mit den jeweiligen Kontrollgruppen über die Beobachtungszeit sowie auf jährlicher Basis war (sehr) signifikant (Abbildung 26 B und C).

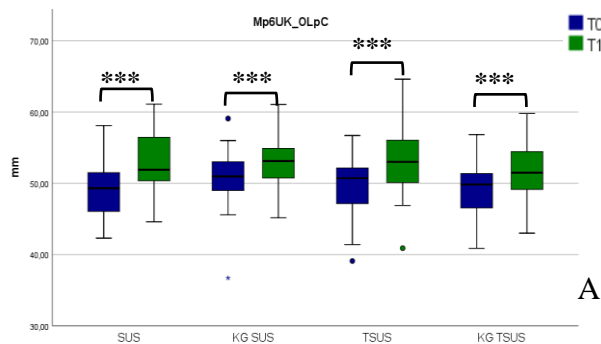
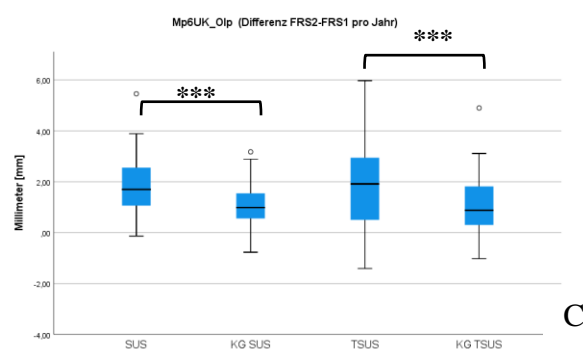
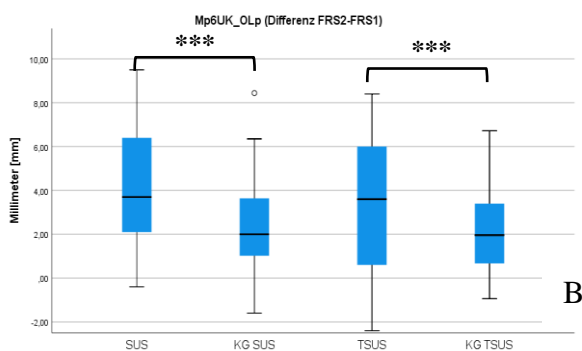


Abbildung 26 Mp6UK_Ulp-Strecke:

A: Vergleich der Mp6UK_Ulp -Strecke in mm zwischen T0 und T1 der jeweiligen Gruppen. B: Mittlere Veränderung der Mp6UK_Ulp - Strecke in mm im gesamten Behandlungszeitraum der jeweiligen Gruppen. C: Mittlere Veränderung der Mp6UK_Ulp - Strecke in mm pro Jahr der jeweiligen Gruppen. $p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***)



4.4.6 AA_Herbst (mm)

Zum Zeitpunkt T0 lag die AA_Herbst-Strecke in der SUS-Gruppe bei 74,04 mm und in der SUS-KG bei 73,49 mm. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der SUS-Gruppe eine nicht signifikante Zunahme (+ 0,83 mm) und in der SUS-KG (+ 1,49 mm) eine hoch signifikante Zunahme der AA_Herbst-Strecke (Abbildung 27 A).

In der T-SUS-Gruppe und T-SUS-Kontrollgruppe lag die AA_Herbst -Strecke zum Zeitpunkt T0 bei 72,58 mm und 71,13 mm. Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in der T-SUS-Gruppe eine signifikante Zunahme der AA_Herbst -Strecke um 0,85 mm und in der T-SUS-KG eine hoch signifikante Zunahme der AA_Herbst -Strecke um + 1,22 mm (Abbildung 27 A).

Der Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) der SUS-Gruppe mit der SUS-KG über die Beobachtungszeit sowie auf jährlicher Basis war nicht signifikant. Der Vergleich der mittleren Differenzen (T0-T1) der TSUS-Gruppe mit der TSUS-KG über die Beobachtungszeit sowie auf jährlicher Basis war signifikant (Abbildung 27 B und C).

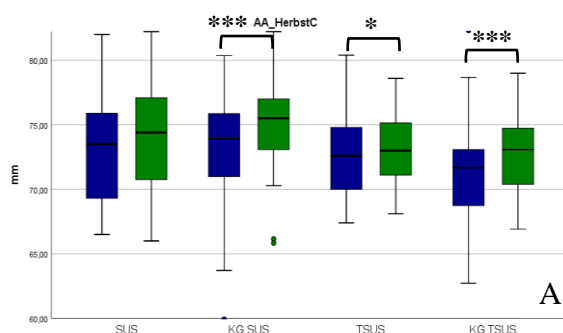
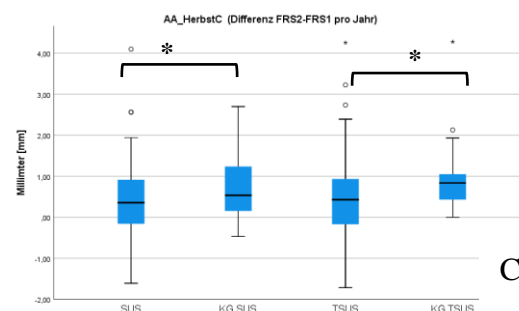
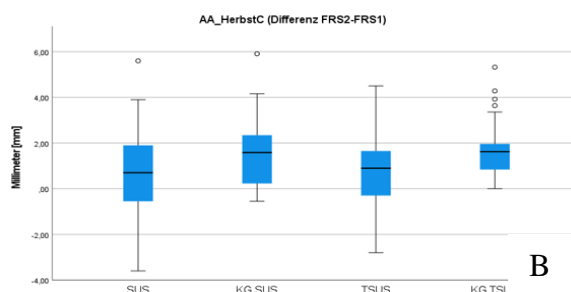


Abbildung 27 AA_Herbst-Strecke:

A: Vergleich der AA_Herbst -Strecke in mm zwischen T0 und T1 der jeweiligen Gruppen. B: Mittlere Veränderung der AA_Herbst- Strecke in mm im gesamten Behandlungszeitraum der jeweiligen Gruppen. C: Mittlere Veränderung der AA_Herbst-Strecke in mm pro Jahr der jeweiligen Gruppen.
 $p \leq 0,05$ = signifikant (*);
 $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***)



4.5 Therapieeffekt SUS-Apparatur versus T-SUS-Apparatur

Um den reinen Therapieeffekt zu ermitteln, wurde von dem Mittelwert (\bar{x}) der einzelnen Variablen der Behandlungsgruppen (SUS, T-SUS-Gruppe) der Mittelwert (\bar{x}') der jeweiligen Kontrollgruppen subtrahiert. Somit konnte dem Wachstum Rechnung getragen werden und der alleinige Therapieeffekt ($\bar{x}-\bar{x}'$) dargestellt werden (Tabelle 15).

Tabelle 17 Therapieeffekt der SUS und T-SUS Gruppen nach Abzug des Wachstums

	SUS (\bar{x})		SUS-KG (\bar{x}')		$\bar{x}-\bar{x}'$	TSUS (\bar{x})		TSUS-KG (\bar{x}')		$\bar{x}-\bar{x}'$
	MW	SD	MW	SD		MW	SD	MW	SD	
Sagittal										
SNA [°]	-0,7	1,5	0,8	1,0	-1,4	-1,1	-1,0	1,0	1,1	-2,1
SNB [°]	1,5	1,1	1,2	1,0	0,3	1,3	1,3	1,1	1,0	0,3
ANB [°]	-2,1	1,0	-0,4	0,9	-1,7	-2,4	1,1	0,0	0,9	-2,3
Wits [mm]	-3,3	1,9	0,1	1,9	-3,4	-3,8	2,2	0,3	1,4	-4,1
Ind. ANB [°]	-0,4	0,6	0,1	0,4	-0,5	-0,6	0,5	0,3	0,4	-0,9
Vertikal										
ML-NL [°]	-0,7	2,8	-1,2	2,6	0,6	-1,2	2,3	0,0	2,6	-1,3
NL-NSL [°]	-0,3	2,3	-0,1	2,2	-0,2	-0,1	1,8	-0,8	2,1	0,8
ML-NSL [°]	-0,9	1,6	-1,2	1,7	0,3	-1,3	2,0	-0,7	1,9	-0,6
Occ-NSL [°]	1,1	3,2	-1,4	3,2	2,4	1,1	3,0	-0,8	2,3	1,9
Dental										
OK1-NSL [°]	-0,8	10,3	0,8	3,8	-1,6	0,3	11,8	0,7	3,9	-0,4
UK1-ML [°]	4,3	5,7	0,4	3,5	3,9	5,4	7,3	-0,1	2,7	5,5
OK1-NA [mm]	2,4	2,2	0,4	1,4	2,1	0,7	0,7	-0,2	1,6	0,9
OK1-NA [°]	-0,2	10,4	0,2	3,8	-0,4	1,1	11,8	-0,2	4,0	1,3
UK1-NB [mm]	0,9	1,9	0,2	1,0	0,8	0,4	2,2	0,1	1,1	0,3
UK1-NB [°]	4,9	5,1	0,2	3,7	4,7	5,6	6,9	0,2	2,9	5,4
OK1-NL [°]	-1,1	10,5	0,7	4,2	-1,8	0,3	11,6	-0,2	3,6	0,5
Okklusal (Pancherz)										
IsOK_Olp [mm]	-0,1	2,7	1,7	1,6	1,8	0,6	1,6	1,6	1,4	-0,9
IsUK_Olp [mm]	3,4	2,4	1,9	2,0	1,5	3,7	1,9	1,9	1,3	1,8
Pog_OLp [mm]	3,2	2,6	1,8	1,9	1,4	3,0	1,4	1,4	1,3	1,6
Mp6OK_OLp [mm]	0,6	2,9	1,9	1,9	-1,3	0,4	2,0	2,0	1,7	-1,6
Mp6UK_OLp [mm]	4,1	2,9	2,3	2,1	1,9	3,6	2,1	2,1	1,9	1,5
AA_Herbst [mm]	0,8	2,1	1,5	1,6	-0,7	0,9	1,7	1,7	1,2	-0,9

\bar{x} = Mittelwert der einzelnen Variablen der Behandlungsgruppen (SUS, T-SUS-Gruppe), \bar{x}' =Mittelwert der einzelnen Variablen der Kontrollgruppen (SUS-KG, T-SUS-Gruppe-KG)

4.5.1 Sagittaler Therapieeffekt

Die T-SUS-Gruppe zeigt gegenüber der SUS-Gruppe in fast allen untersuchten sagittalen Werten (SNA, ANB, WITS, Individueller ANB) einen ausgeprägteren Therapieeffekt im Sinne einer größeren Reduktion der Winkel (Abbildung 28). Lediglich bei dem SNB Winkel zeigten beide Gruppen einen gleichen Therapieeffekt ($0,3^\circ$).

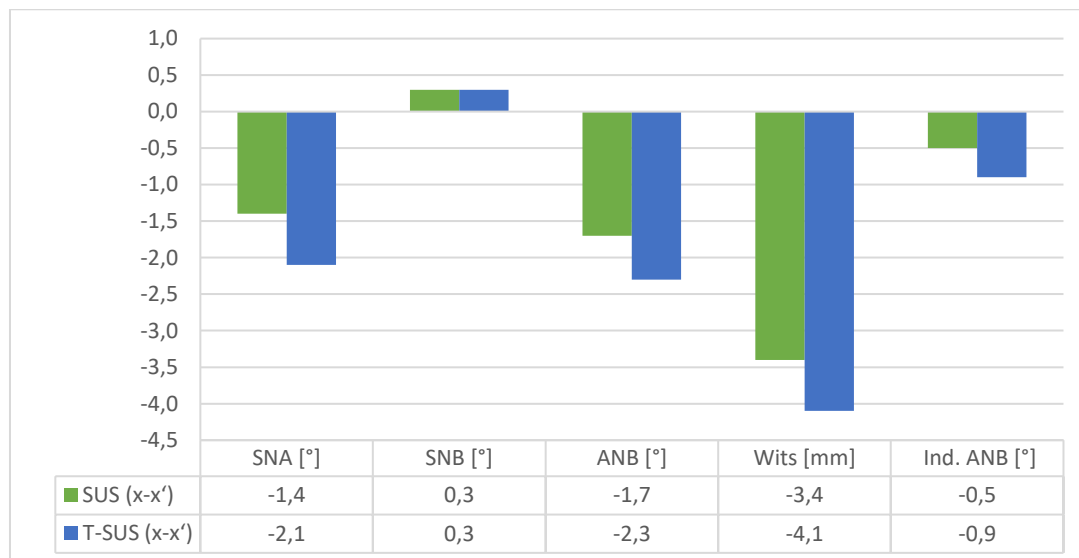


Abbildung 28 Sagittaler Therapieeffekt: x = Mittelwert der einzelnen Variablen der Behandlungsgruppen (SUS, T-SUS-Gruppe), x' = Mittelwert der einzelnen Variablen der Kontrollgruppen (SUS-KG, T-SUS-Gruppe-KG).

4.5.2 Vertikaler Therapieeffekt

Der vertikale Therapieeffekt zeigte in fast allen untersuchten Werten (ML-NL, NL-NSL, ML-NSL) einen geläufigen Verlauf in den beiden Therapiegruppen (Abbildung 29). Während die SUS-Gruppe eine Zunahme des ML-NL Winkels und eine Abnahme des NL-NSL und ML-NSL zeigte, konnte bei der T-SUS-Gruppe eine Abnahme des ML-NSL Winkels und eine Zunahme des NL-NSL und ML-NSL Winkels beobachtet werden. Occ-NSL zeigte in beiden Gruppen eine Zunahme, mit stärkerer Ausprägung des Therapieeffektes in der SUS-Gruppe.

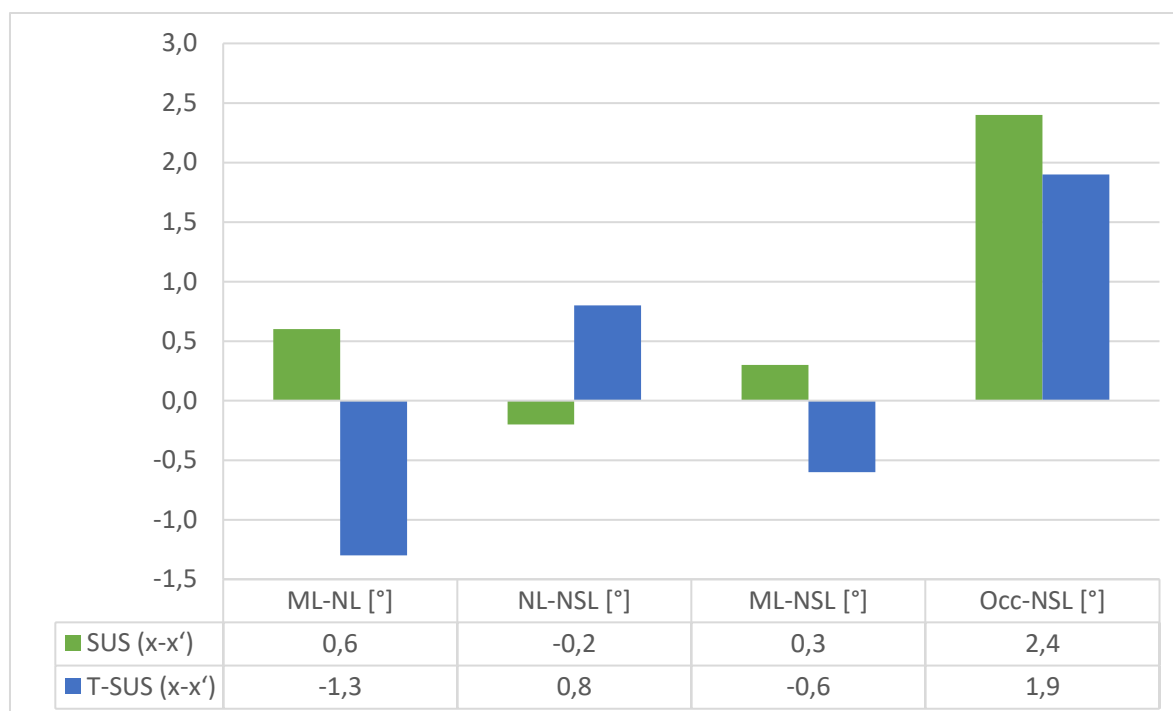


Abbildung 29 Vertikaler Therapieeffekt: x = Mittelwert der einzelnen Variablen der Behandlungsgruppen (SUS, T-SUS-Gruppe), x' = Mittelwert der einzelnen Variablen der Kontrollgruppen (SUS-KG, T-SUS-Gruppe-KG).

4.5.3 Dentaler Therapieeffekt

In der T-SUS Gruppe konnte ein stärkerer Effekt in der Inklination der Unterkieferfront im Vergleich zu der SUS-Gruppe beobachtet werden (UK1-ML, UK1-NB) (Abbildung 30). Hingegen zeigte die SUS-Gruppe im Vergleich zur T-SUS-Gruppe bei Betrachtung der Unterkieferfrontposition (UK1-NB [mm]) einen ausgeprägteren Therapieeffekt.

Die Oberkieferfrontinklination (OK1-NLS, OK1-NL, OK1-NA) zeigte einen geläufigen Verlauf in den beiden Therapiegruppen. Während es in der SUS-Gruppe zu einer Reduktion der genannten Winkel kam, kam es in der T-SUS-Gruppe zu einer Zunahme. Bei Betrachtung der Oberkieferfrontposition (OK1-NA [mm]) zeigen beide Gruppen eine Zunahme der Strecke mit einem ausgeprägteren Therapieeffekt in der SUS-Gruppe.

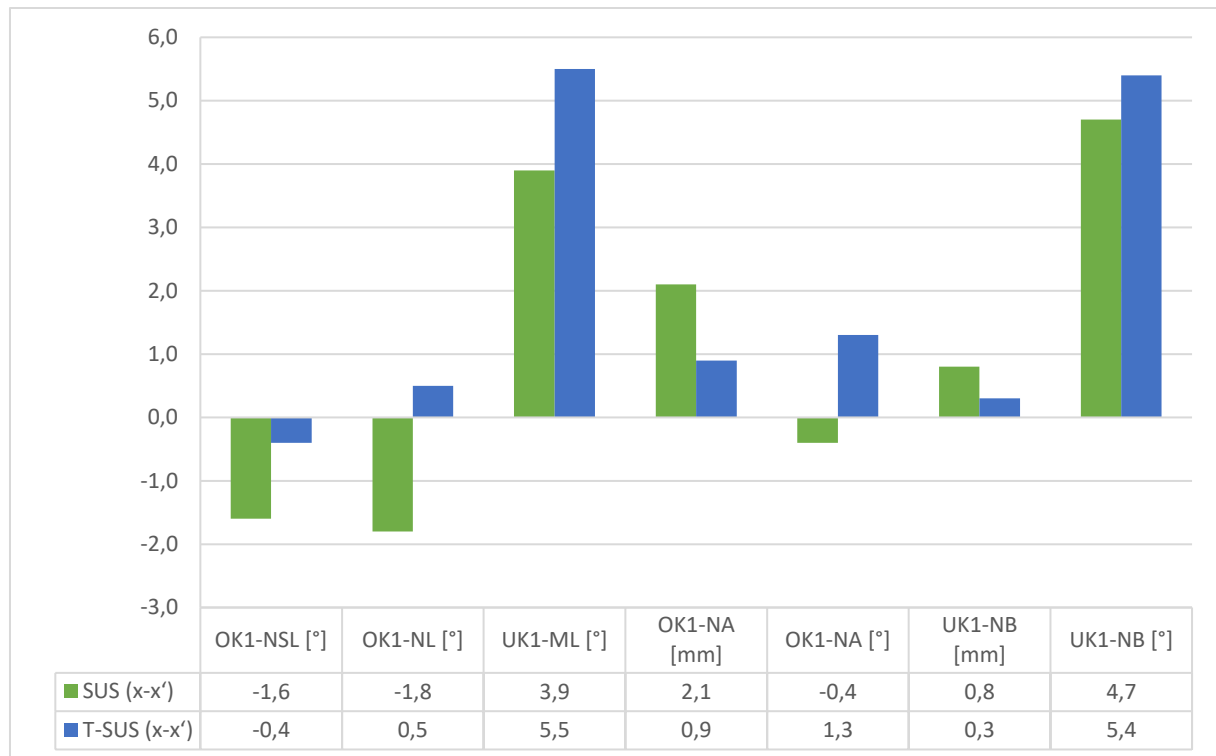


Abbildung 30 Dentaler Therapieeffekt, x = Mittelwert der einzelnen Variablen der Behandlungsgruppen (SUS, T-SUS-Gruppe), x' = Mittelwert der einzelnen Variablen der Kontrollgruppen (SUS-KG, T-SUS-Gruppe-KG).

4.5.4 Okklusaler Therapieeffekt

Die T-SUS-Gruppe zeigte im Vergleich zur SUS-Gruppe einen ausgeprägteren Therapieeffekt bei der Unterkieferlänge (POG_OLP), Unterkieferfrontposition (ISUK_OLP), Unterkiefermolarenposition (MP6UK_OPL), sowie Oberkieferlänge (AA_Herbst) (Abbildung 31). Ein ausgeprägterer Therapieeffekt in der SUS-Gruppe im Vergleich zur T-SUS Gruppe konnte man in der Oberkieferfrontposition (ISOK_OLP) und Oberkiefermolarenposition (MP6OK_OLP) beobachten werden.

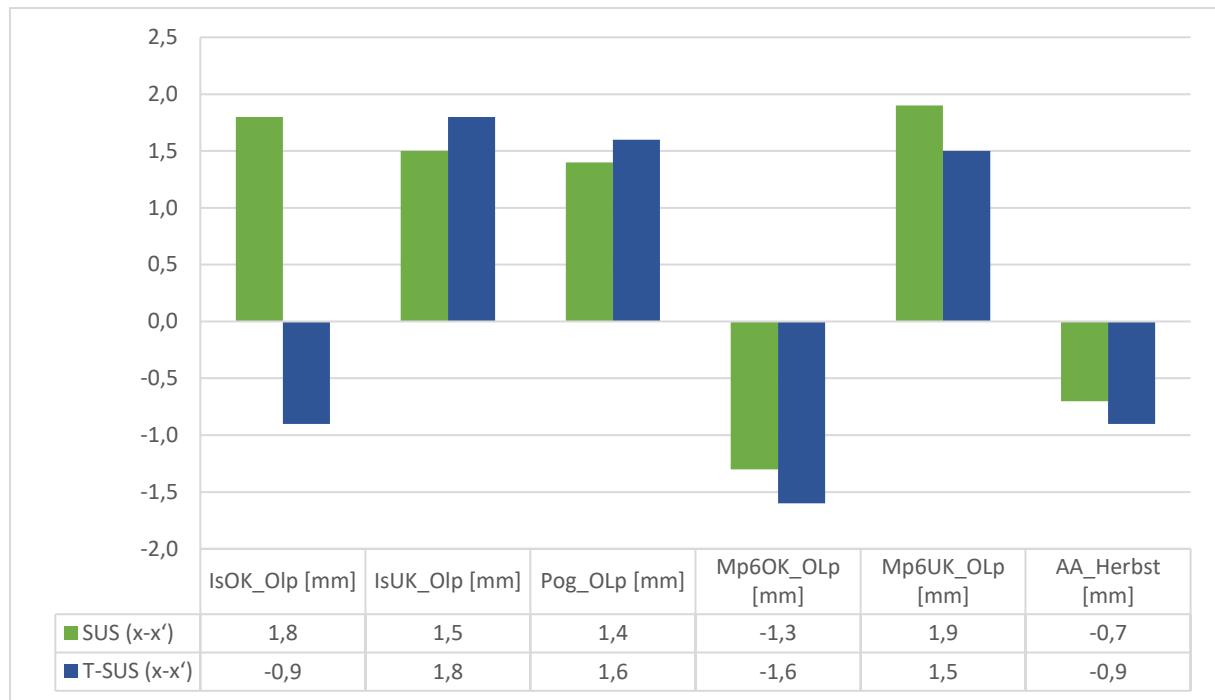


Abbildung 31 Okklusaler Therapieeffekt. x = Mittelwert der einzelnen Variablen der Behandlungsgruppen (SUS, T-SUS-Gruppe), x' = Mittelwert der einzelnen Variablen der Kontrollgruppen (SUS-KG, T-SUS-Gruppe-KG).

4.6 Korrektur des Overjet und der Molarenrelation

4.6.1 SUS und SUS-KG

In der SUS-Gruppe konnte eine Overjet-Korrektur von 3,5 mm erreicht werden (Abbildung 32). Diese war sowohl dentaler (31,4%) als auch skelettaler (68,6%) Natur. Der skelettale Effekt war größtenteils auf die Zunahme der Unterkieferlänge (91,41%) zurückzuführen. In der Kontrollgruppe konnte eine vernachlässigbare Overjet-Reduktion um 0,2 mm beobachtet werden.

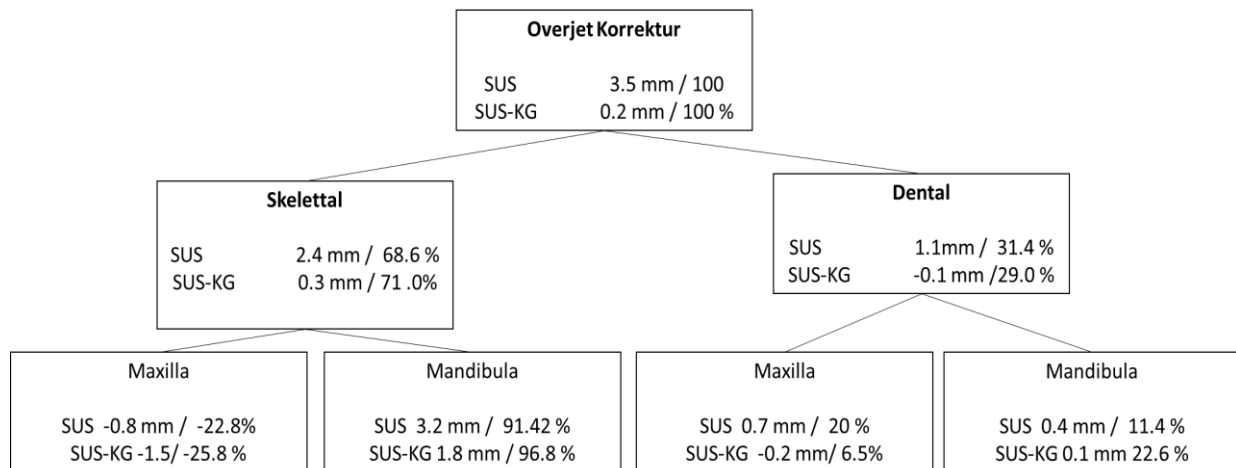


Abbildung 32 SO-Analyse. Overjet-Korrektur der SUS-Gruppe/SUS-KG im gesamten Behandlungszeitraumes (T1-T0). Plus (+) bedeutet eine Overjet-Korrektur in Richtung physiologischem Overjet; Minus (-) bedeutet eine Verstärkung in Richtung negativem Overjet.

Eine Okklusion Veränderung um 3,5 mm im Molarenbereich konnte in der SUS-Gruppe beobachtet werden (Abbildung 33). Diese war zu zweidrittel auf skelettale Veränderungen zurückzuführen. Die dentalen Veränderungen (31.4 %) kamen hauptsächlich durch die Distalisation der Molaren zustande (20%). In der Kontrollgruppe konnte eine vernachlässigbare Okklusionsveränderung um 0,2 mm beobachtet werden.

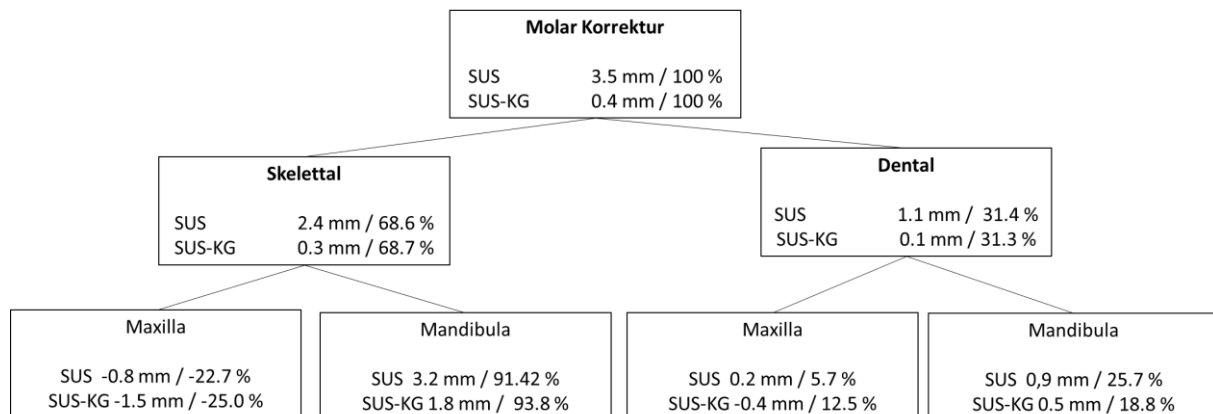


Abbildung 33 SO-Analyse. Molaren-Korrektur der SUS-Gruppe/SUS-KG im gesamten Behandlungszeitraumes (T1-T0). Plus (+) bedeutet Molaren-Korrektur in Richtung neutrale Molarenrelation; Minus (-) bedeutet Verstärkung in Richtung distale Molarenrelation.

4.6.2 TSUS und TSUS-KG

Ähnlich wie in der der SUS-Gruppe konnte, in der der TSUS-Gruppe eine Overjet-Korrektur von 3,1 mm erreicht werden (Abbildung 34). Diese war sowohl dentaler (29 %) als auch skelettaler (71 %) Natur. Der skelettaler Effekt war auch in dieser Behandlungsgruppe größtenteils auf die Zunahme der Unterkieferlänge (96,8 %) zurückzuführen. In der

Kontrollgruppe konnte eine vernachlässigbare Overjet-Reduktion um 0,3 mm beobachtet werden.

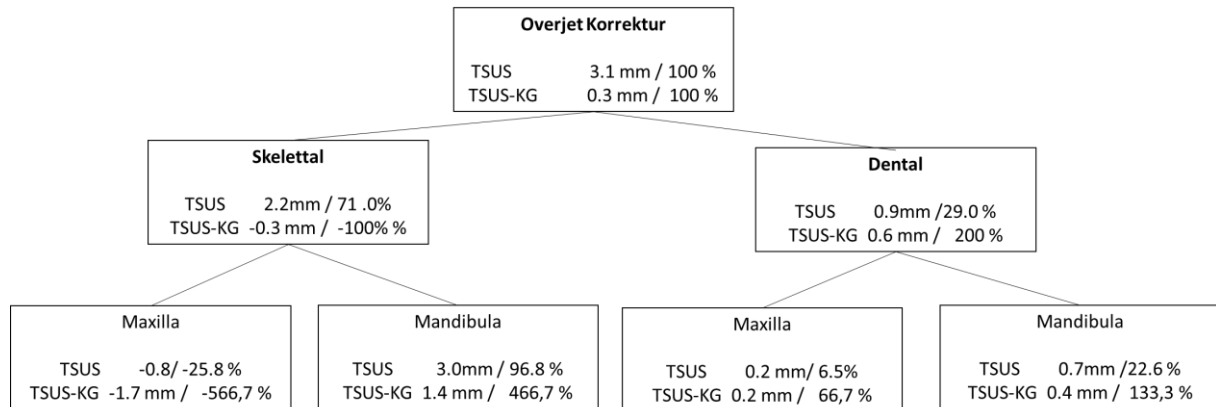


Abbildung 34 SO-Analyse. Overjet-Korrektur der TSUS-Gruppe/TSUS-KG im gesamten Behandlungszeitraum (T1-T0). Plus (+) bedeutet eine Overjet-Korrektur in Richtung physiologischem Overjet; Minus (-) bedeutet Verstärkung in Richtung negativem Overjet.

Eine Okklusion Veränderung um 3,2 mm im Molarenbereich konnte in der TSUS-Gruppe beobachtet werden (Abbildung 35). Diese war zu 68,7 % auf skelettale Veränderungen zurückzuführen. Im Gegensatz zu der SUS-Gruppe kamen in der TSUS-Gruppe die dentalen Veränderungen vermehrt durch eine Mesialwanderung der Unterkiefermolaren (18,8%) und vermindert durch eine Distalisation der Oberkiefermolaren (12,5 %) zustande. In der Kontrollgruppe konnte eine vernachlässigbare Okklusionsveränderung um 0,1 mm beobachtet werden.

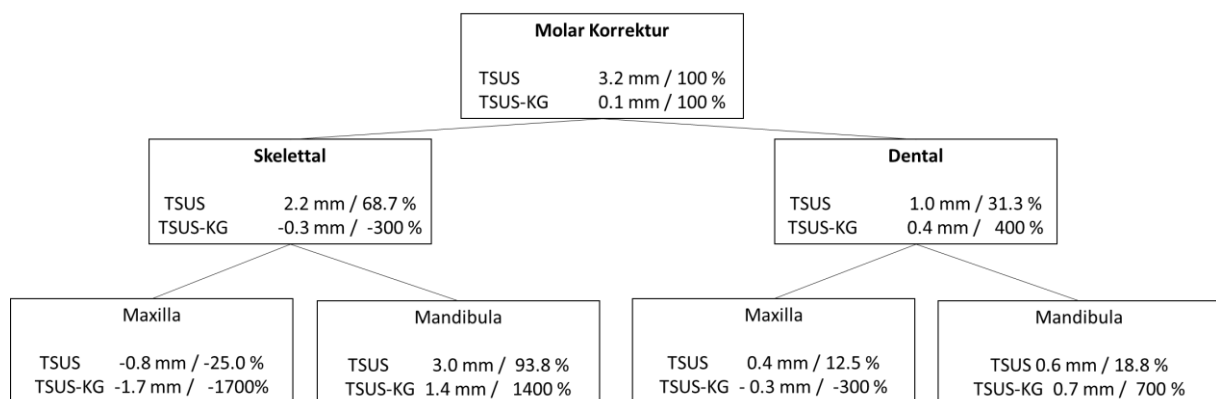


Abbildung 35 SO-Analyse. Molaren-Korrektur der TSUS-Gruppe/T-SUS-KG im gesamten Behandlungszeitraum (T1-T0). Plus (+) bedeutet Korrektur in Richtung neutrale Molarenrelation; Minus (-) bedeutet Verstärkung in Richtung distale Molarenrelation.

5 Diskussion

5.1 Patienten

Der korrekte Zeitpunkt für eine Behandlung von Klasse-II-Malokklusionen wurde bis heute häufig beschrieben und kontrovers diskutiert (Dolce et al. 2007; King et al. 1990; Sadowsky 1998; Tulloch et al. 2004; Wheeler et al. 2002; Yang und Kiyak 1998). Moorrees postulierte, eine präpubertäre kieferorthopädische Behandlung anzustreben (Moorrees 1959). Er begründete dieses damit, dass im Alter von 7-11 Jahren das Wachstum und die Entwicklung des Gesichtes schnell voranschreiten. Im Gegensatz zu Moorees, vertreten Sanduski, Pancherz und Malgren die These, zeitnah zum pubertären Wachstumsmaximum zu therapieren (Pancherz und Hägg 1985; Pancherz 2002). Von Bremen, Pancherz und Haak untersuchten skelettale und dentale Veränderungen im Zuge einer KFO Therapie mittels Herbst Apparatur im Bezug zu dem Wachstumsstadium (Pancherz und Hägg 1985; Pancherz 2002). Die skelettalen und dentalen Veränderungen zeigten ihre größten Ausprägungen im pubertären Maximum. Auf Basis dieser Untersuchungen stellt bis heute das Wachstumsmaximum den idealen Zeitpunkt für eine Klasse II Malokklusion dar, da es zu diesem Zeitpunkt ebenfalls zum größten Längenwachstum in der Mandibula kommt (Cozza et al. 2006). Beim Behandlungsbeginn vor oder nach diesem Zeitpunkt treten entweder deutlich geringere Effekte (Hägg und Pancherz 1988) oder keine Veränderungen auf (Hansen et al. 1991; LaHaye et al. 2006).

Ziel dieser Studie war es, die skelettalen und dentalen Behandlungseffekte der SUS-Apparatur mit und ohne zusätzlichen kraftgenerierenden Federn (SUS/TSUS) bei Patienten, welche bereits das pubertäre Wachstumsmaximum überschritten hatten, zu untersuchen. Eingeschlossen wurden Patienten, welche zwischen 11 und 15 Jahren alt waren. Es wird von einem Beginn des pubertären Wachstums von 10 Jahren bei Frauen, 12,1 Jahren bei Männern und einem Ende des Wachstums von 14,8 Jahren bei Frauen, 17,1 Jahren bei Männern ausgegangen (Hägg und Taranger 1982), würden die eingeschlossenen weiblichen Patienten in der hier aufgeführten Studie am Ende des pubertären Wachstumsmaximums und die eingeschlossenen männlichen Patienten in der Mitte des pubertären Wachstumsmaximums liegen (SUS Gruppe 13,7 Jahren, TSUS Gruppe 13,5 Jahren). Jedoch stimmt das Alter und die skelettale Entwicklung nicht immer überein. Um dem skelettalen Alter Rechnung zu tragen, musste bei jedem eingeschlossenen Patienten das CVM Stadium III bereits überschritten sein (siehe Einschlusskriterien) (Baccetti et al. 2002).

Bei dem in die Studie eingeschlossenem Patientenkollektiv lag eine ungleiche Verteilung der Geschlechter in den jeweiligen Behandlungsgruppen vor. Insgesamt wurden von den insgesamt 35 Patienten pro Gruppe 27 männliche Patienten in die SUS-Gruppe und 19 männliche Patienten in die T-SUS Gruppe eingeschlossen. Malmgren et al. untersuchten skelettale und dentale Veränderungen im Bezug zur Wachstumsphase mittels herausnehmbarer FKO-Geräte (Malmgren et al. 1987). Die Autoren konnten zeigen, dass bei Jungen ein signifikanter skelettaler Effekt erzielt werden konnte, wobei die gleiche Behandlung bei Mädchen keine signifikanten skelettalen Effekte zeigte. Dies ist einerseits auf die unterschiedlichen Wachstumsmaxima der Geschlechter zurückzuführen, kann jedoch andererseits auch auf eine unterschiedliche Reaktion der Geschlechter bei gleicher Behandlung hindeuten. Somit ist ein Einfluss der Resultate durch die unterschiedliche Geschlechterverteilung in dieser Studie nicht auszuschließen.

Die Kontrollgruppen wurden entsprechend dem Geschlecht, Alter und kraniofazialer Morphologie passend zu den Behandlungsgruppen aus der Association of Orthodontists Foundation (AAOF) Craniofacial Growth Legacy Collection entnommen. Bei dieser Online-Kollektion handelt es sich um Patientendaten aus Kanada und den USA. Im Gegensatz zu Europa, weisen die USA und Kanada einen höheren Anteil an lateinamerikanischer und afroamerikanischer Bevölkerung auf. Phelan et al. (2004) konnte zeigen, dass die mexikanische Bevölkerung, im Gegensatz zu der europäischen, eine kleine Mandibula und Maxilla sowie insgesamt einen kleineren kraniofazialen Komplex aufweisen. Im Gegensatz dazu weisen sie jedoch größere und somit stärker proklinierte Frontzähne auf, sowohl im Oberkiefer als auch im Unterkiefer (Smith et al. 2000). Auch zeigte die afroamerikanische zur europäischen Bevölkerung große Unterschiede bezüglich der dentalen und kraniofazialen Charakteristiken, wie z.B. ein prognather Ober- und Unterkiefer (vergrößerter SNA und SNB Winkel), kürzere Schädelbasis (SN-Strecke) oder proklinierte Oberkiefer- und Unterkiefer-Frontzähne. Durch das Matching der Kontrollgruppen, bezogen auf die kraniofaziale Morphologie zu den jeweiligen Behandlungsgruppen (SUS/ TSUS), sollte ein Einfluss der unterschiedlichen kraniofazialen und dentalen Charakteristiken der verschiedenen Bevölkerungsgruppen minimiert werden, jedoch kann dieser nicht vollständig ausgeschlossen werden (Christie 1977).

5.2 Methoden

Kamoen et al. (2001) zeigten, dass das Setzen der Referenzpunkte im FRS ein limitierender Faktor der Kephalometrie darstellt und die Varianz der einzelnen Referenzpunkte von der Qualität des Fernröntgens abhängt. Um eine einheitliche Qualität der Röntgenbilder zu gewährleisten, wurde das gleiche Röntgengerät in der gesamten Studie genutzt. Zudem wurden die FRS-Aufnahmen einheitlich in habitueller Okklusion angefertigt. Bisherige Literatur zeigte, dass beim Setzen der FRS-Referenzpunkte zudem eine erhöhte Varianz zwischen verschiedenen Behandlern besteht (Broadway et al. 1962; Hixon 1956; O'Brien et al. 1995; Perillo et al. 2000). Somit wurden alle FRS-Analysen in dieser Studie von einer Person durchgeführt. Insgesamt ist die computergestützte FRS-Analyse mittels Ivoris gegenüber der manuellen Durchzeichnung als gleichwertig zu bewerten (Goracci und Ferrari 2014; Navarro et al. 2013).

Die Auswertung erfolgte mit der Münchner-Standardanalyse und der sagittalen Okklusionsanalyse. Bei der Münchner-Standardanalyse für die sagittale Kieferrelation (SNA, SNB, ANB) wurde die Nasion-Sella-Linie als Referenzlinie herangezogen, da diese Linie einfach nachzuvollziehen ist. Zu beachten ist jedoch, dass mehrere Studien darauf hinwiesen, dass die Nasion-Sella-Linie aufgrund der wachstumsbedingten Veränderungen nicht stabil sein kann (Pancherz und Hansen 1984; Pancherz und Sack 1990). Bei der sagittalen Okklusionsanalyse (Pancherz 1982; Pancherz et al. 2004) wird zwischen skelettalen und dentalen Komponenten im Ober- und Unterkiefer differenziert. Als Referenzlinie wurde die Olp-Senkrechte gewählt, da es im Bereich der Sella turcica im Wachstum zu Apposition- und Resorptionsvorgängen kommt. Zahlreiche Autoren haben die Aussagekräftigkeit dieser Linie hinreichend dargelegt (Pancherz und Hansen 1986; Weiland et al. 1997). Jedoch sind Messfehler aufgrund der Abhängigkeit der Neigung der Okklusionsebene nicht auszuschließen. In der SUS-Gruppe lag zwischen dem ersten (T0) und dem zweiten (T1) Röntgenbild durchschnittlich 2,2 Jahre, bei der TSUS-Gruppe 2,1 Jahre. Die mittlere Verweildauer der SUS-Apparatur betrug 174 Tage (0,5 Jahre), die der T-SUS-Apparatur betrug 146 Tage (0,4 Jahre) (Tabelle 6). Da keine Indikation zur Strahlenexposition direkt nach der Entfernung der Apparatur gestellt werden konnte, liegen die Zeitpunkte zwischen Behandlungsende und zweiter Röntgenaufnahme um ca. 1,5 Jahre auseinander. Somit sind die Resultate differenziert zu betrachten, da der Behandlungseffekt, wie auch die frühen und späten Nachbehandlungseffekte (Rezidive), sich in den Ergebnissen widerspiegeln (Aelbers und Dermaut 1996; Pancherz 1997).

5.3 Ergebnisse

5.3.1 Sagittal

In der hier aufgeführten Studie konnte durch die Behandlung mit SUS- oder T-SUS-Apparatur eine erfolgreiche Klasse II Therapie erreicht werden. Vergleicht man den ANB und individuellen ANB zum Zeitpunkt T0 und Zeitpunkt T1, konnte die skelettale Klasse II durch die Behandlung zu einer skelettale Klasse I beeinflusst werden (Tabelle 8). Die signifikante Verringerung des ANB Winkels zwischen T0 und T1 kam durch eine signifikante Abnahme des SNA-Winkels sowie einer signifikanten Zunahme des SNB-Winkels zustande. Somit ist die Klasse II Therapie mittels SUS und T-SUS auch auf eine Beeinflussung des Oberkiefers zurückzuführen. Gleiches zeigte sich auch bei der Oberkieferlänge AA_Herbst-Strecke der Pancherz-Analyse, die im Laufe der Behandlung in beiden Behandlungsgruppen nahezu konstant geblieben ist (SUS-Gruppe= 0,60 mm, T-SUS-gruppe = 0,85 mm) sowie die Unterkieferlänge hochsignifikant zugenommen hat (SUS-Gruppe= 1,97 mm, T-SUS-gruppe = 3,04 mm).

Vergleichbare Ergebnisse sind in der bisherigen Literatur beschrieben. Die Verringerung des SNA ist laut den Autoren auf einen sogenannten „Headgear-Effekt“ von Klasse II Geräten zurückzuführen, der das Oberkieferwachstum zurückhält (Creekmore und Radney 1983; Hotz und Rinderer 1970a; Rowlands et al. 2006; Valant und Sinclair 1989). Weitere mögliche Ursache für die Verringerung des SNA-Winkels ist die Remodellation des A-Punktes als Folge der Veränderung der Frontzahnneigung in Sinne einer Retrusion (Pancherz und Sack 1990). Zudem ist der SNA-Winkel abhängig vom Nasomaxillären-Komplex, da der Nasion-Bereich (N-Punkt) durch ein mögliches anteriores Wachstum eine Verringerung des SNA Winkels vortäuschen kann (Björk und Skieller 1983; Jacobson 1975).

Die skelettalen Veränderungen beider Behandlungsgruppen zeigten eine Vorverlagerung der Mandibula im Sinne einer Vorbewegung des B-Punktes und Zunahme der Unterkieferlänge (Pog_Olp-Strecke). Bei der Bewertung sollten immer beide Variablen berücksichtigt werden, da die Längenänderung durch eine Rotation der Mandibula im Uhrzeigersinn verfälscht werden kann (Collett 2000). In dieser Arbeit wird von einer Kombination aus physiologischen Unterkieferwachstum und stimulierten posterioren Kondyluswachstum ausgegangen (Pancherz 1985; Ruf und Pancherz 1999b). Dieser Effekt, mit Zunahme des SNB-Winkels und Pog_Olp-Strecke, konnte auch bei vergleichbaren Apparaturen wie der Herbst-Apparatur beobachtet (Bock und Pancherz 2006; Schaefer et al. 2004) und mittels Magnetresonanztomographie

bestätigt werden (Ruf und Pancherz 1999a, Ruf und Pancherz 1999b). Im Vergleich zu den Kontrollgruppen, zeigte der SNB-Winkel der Behandlungsgruppen keine signifikanten Veränderungen. Dies ist lediglich darauf zurückzuführen, dass im Alter von ca. 12 Jahren das natürliche Unterkieferwachstum sein Maximum hat (Jamison et al. 1982). Somit erreichte auch die Kontrollgruppen eine vergleichbare Zunahme des SNB-Winkels.

Der Wits-Wert zeigte in beiden Behandlungsgruppen eine signifikante Abnahme (SUS-Gruppe = -3,3 mm, T-SUS-Gruppe = -3,81 mm). Da der Wits-Wert eine senkrechte Projektion des A-Punktes und des B-Punktes auf die Okklusionsebene darstellt, ist dieser stark von der Neigung der Okklusionsebene abhängig (Del Santo 2006). In der vorliegenden Studie kam es während der Therapie zu einer geringfügigen Kippung der Okklusionsebene nach anterior mit entsprechenden Auswirkungen auf den Wits-Wert. Dieser Effekt ist unter anderem bereits bei der Herbst-Apparatur (Cançado et al. 2021), Bionator, Twin Block (Siara-Olds et al. 2010) und Jasper Jumper (Nalbantgil et al. 2005a) beschrieben worden.

5.3.2 Vertikal

Im Vergleich der vertikalen Variablen der Behandlungsgruppen mit den jeweiligen Kontrollgruppen auf jährlicher Basis zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Hinsichtlich der Winkel ML-NSL und NL-NSL konnte für beide SUS-Aktivierungsoptionen lediglich in der T-SUS-Gruppe eine signifikante Veränderung des ML-NSL-Winkels zwischen T0 und T1 beobachtet werden. Jedoch stellt die absolute Veränderung von $-1,2^\circ$ eine geringe Veränderung dar. Diese geringfügige Reduktion wurde bei vergleichbaren Apparaturen beobachtet und als vernachlässigbar beurteilt (Nelson et al. 2000; Pancherz 1982). Insgesamt scheint die SUS- bzw. T-SUS Apparatur einen geringen Effekt auf die vertikalen Parameter zu haben. Dies deckt sich auch mit der Literatur zu den Klasse II-Non-Compliance-Apparaturen, wobei sich die Mehrheit der Studien mit der Herbst-Apparatur befassten (Bock und Pancherz 2006; Covell et al. 1999; Nalbantgil et al. 2005b; Pancherz 1982, 1985; Ruf und Pancherz 1996).

5.3.3 Dentale Veränderungen

In der SUS- und T-SUS-Gruppe kam es zu einer signifikanten Zunahme des UK1_ML Winkels (SUS-Gruppe = $4,3^\circ$, T-SUS-gruppe = $5,4^\circ$), sowie einer vergrößerten Anteposition bzw. Proklination nach Pancherz (SUS-Gruppe = 3,44 mm, T-SUS-Gruppe = 3,66 mm) im Zuge der Behandlung. Die Proklination der Unterkieferfront gilt als Hauptnachteil festsitzender Klasse

II-Apparaturen und ist bereits mehrfach in der Literatur beschrieben (Konik et al. 1997; Valant und Sinclair 1989). Diese Proklination der Unterkieferfrontzähne ist auf den nach mesial gerichteten Kraftvektor der SUS- bzw. T-SUS-Apparatur im Unterkiefer zurückzuführen. Sabbagh (2012) empfiehlt in diesem Zusammenhang die Verwendung entsprechend stark dimensionierter Stahlbögen mit lingualem Kronentorque und straffer Elastik-Kette über die gesamten Unterkiefer-Brackets. Alternativ stehen Mini-Pins zur Verfügung, die eine knöcherne Verankerung bieten.

Die Veränderungen der Frontzahnachse im Oberkiefer waren sowohl in der SUS-Gruppe wie auch in der TSUS-Gruppe über die komplette Beobachtungszeit nicht signifikant. Die Achsenpositionen sind über die Behandlungsdauer stabil geblieben. Der Vergleich mit den jeweiligen Kontrollgruppen zeigte keine signifikanten Unterschiede. Grund hierfür ist, dass der Kraftvektor der festsitzenden Klasse II-Geräte im Oberkiefer an den Molaren ansetzt und die effektive Kraft, welche auf die Frontzähne wirkt, zu gering ist für eine Veränderung der Achsenposition (Pancherz 1985; Sabbagh 2012).

Im Oberkiefer kam es in der in beiden Behandlungsgruppen zu einer signifikanten Distalisation des 6-Jahres-Molaren um ca. 0,41 mm (SUS) bzw. 0,41 mm (T-SUS) über die gesamte Behandlungsdauer. Dies ist auf den nach distal gerichteten Kraftvektor der Stege im Oberkiefer zurückzuführen. Diese Komplikation wurde bereits in der bisherigen Literatur mehrfach beschrieben (Ruf und Pancherz 2004; Tomblyn et al. 2016; Uyanlar et al. 2014). Um den Nebeneffekt der Molarendistalisation so gering wie möglich zu halten, wurde in der hier aufgeführten Studie entsprechende Verankerungsmaßnahmen mittels Transpalatinalbogens im Molarenbereich, sowie Achterligatur über den gesamten Zahnbogen eingesetzt. Diese Therapiemaßnahme scheint eine effektive Maßnahme darzustellen, vergleicht man die Daten mit Ruf und Pancherz (2004), die eine Distalisationsstrecke von 1,8 mm postulierten.

In der SUS-Gruppe und in der T-SUS Gruppe wurde eine signifikante Mesialisation der ersten unteren Molaren verzeichnet, welche zudem im Vergleich mit den jeweiligen Kontrollgruppen signifikant stärker ausgeprägt waren. Primär kommt es zu einer Protrusion der Frontzähne im Unterkiefer, da diese Zähne nur einen geringen Widerstand gegen den mesialen Kraftvektor der Apparatur aufbringen können. Sekundär erfolgt durch den gewonnenen Platz distal der Frontzähne und durch den mesialen Zug der transseptalen Fasern im Zahnbogen eine Mesialisation der Seitenzähne.

5.4 Vergleich SUS- Gruppe versus T-SUS-Gruppe

5.4.1 Therapieeffekt

Um den reinen Therapieeffekt zu ermitteln, wurde von dem Mittelwert der einzelnen Variablen der Behandlungsgruppen (SUS, T-SUS-Gruppe) der Mittelwert der jeweiligen Kontrollgruppen subtrahiert. Somit konnte dem Wachstum Rechnung getragen werden und der alleinige Therapieeffekt der Behandlungsgruppen dargestellt werden.

Die T-SUS-Gruppe zeigt gegenüber der SUS-Gruppe in fast allen untersuchten sagittalen Werten (SNA, ANB, WITS, Individueller ANB) einen ausgeprägten Therapieeffekt im Sinne einer größeren Reduktion der Winkel (Tabelle 15). Lediglich bei dem SNB Winkel zeigten beide Gruppen einen gleichen Therapieeffekt ($0,3^\circ$). Zudem zeigte die T-SUS Gruppe auch einen stärkeren Effekt in der Inklination und Infraposition der Unterkieferfront im Vergleich zu der SUS-Gruppe (UK1-ML, UK1-NB, IsUK-Olp). Somit lässt sich erkennen, dass durch die zusätzliche Turbofeder eine stärkere Beeinflussung der sagittalen Werte möglich ist. Zudem bestätigt es, dass sowohl die SUS-Gruppe als auch die T-SUS Gruppe primär Einfluss auf den Oberkiefer nimmt und die Beeinflussung des Unterkiefers (SNB) auch trotz zusätzlicher Kraftapplikation gleichbleibend ist. Jedoch geht die zusätzliche Kraft mit einer deutlichen Nebenwirkung einher, dies führt zu einer starken Protrusion der Unterkieferfront. Durch die Verwendung einer Turbofeder (TSUS-Gruppe) wurde im Vergleich zur SUS-Gruppe eine noch stärkere Proklination festgestellt ($+1^\circ$ Zunahme UK1-ML). Wahrscheinlich ist diese weitere Zunahme des Wertes, durch die stärkere, nach mesial gerichteter Kraft zu begründen.

Es zeigten sich deutliche Unterschiede in der mittleren Behandlungsdauer mit den beiden Apparaturen. Die Standardaktivierung resultierte in einer durchschnittlichen Behandlungsdauer von 174 ± 44 Tagen ($\bar{\emptyset}$ 5,3 Monate, Spannweite 3 – 8 Monate), während die Turbofeder die Behandlungsdauer auf 146 ± 81 Tage ($\bar{\emptyset}$ 4,4 Monate, Spannweite 2 – 15 Monate) reduzierte. Die Interpretation wird jedoch durch die deutlich größere Spannweite von zwei bis 15 Monaten erschwert, welche damit viel länger als die drei bis acht Monate für die SUS-Apparatur ausfällt. Nachdem keine zusätzlichen Angaben zu weiteren kieferorthopädischen Nebendiagnosen vorlagen, ist durchaus denkbar, dass die komplexeren Patientenfälle, in denen eine höhere Krafteinwirkung als sinnvoll erachtet wurde, tendenziell häufiger mit der T-SUS-Apparatur behandelt wurden. Wahrscheinlich ist zudem, dass trotz fehlender Altersunterschiede zwischen den Gruppen, die Turbo-Aktivierung häufiger bei älteren Patienten beziehungsweise bei Patienten in der post-pubertären Wachstumsphase eingesetzt wurde. Hier sind in Zukunft

weitere Untersuchungen notwendig, vor allem im Hinblick auf die Erleichterung im klinischen Alltag durch evidenzbasiertes Wissen zu den genauen Indikationen beider Aktivierungsmöglichkeiten.

5.4.2 Overjet- und Molaren-Korrektur

In der SUS-Gruppe und T-SUS-Gruppe konnte eine Overjet-Korrektur von 3,5 mm und 3,1 mm erreicht werden, welche zu ca. 2/3 skelettaler Natur war und primär auf die Zunahme der Unterkieferlänge zurückzuführen war.

Auf dem ersten Blick erscheint die Overjet-Korrektur im Vergleich zur Literatur gering: Pancherz (1997) beschrieb eine Overjet-Korrektur mittels Herbstapparatur von 6,9 mm und Hansen (2003) sogar bis zu 13 mm. Wie bereits in der Diskussion der Methodik beschrieben, lagen die Zeitpunkte zwischen Behandlungsende und zweiter Röntgenaufnahme um ca. 1,5 Jahre in dieser Studie auseinander. Somit muss auch in diesem Falle das Rezidiv mit einberechnet werden. Im Laufe des Jahres nach Entfernung der Apparatur lässt sich von einem Rezidiv des Overjets von ca. 30% durch das Setzen der Okklusion und Retrusion der unteren Schneidezähne ausgehen (Pancherz 1997; Schindler 2003). Auf unseren Patientenkollektiv gerechnet, könnte man somit ausgehend von einer Overjet-Reduktion von 3,5 mm mit Rezidiv, von einer Overjet-Korrektur von ca. 5,0 mm nach Entfernung der SUS-/T-SUS-Apparatur ausgehen.

Eine Okklusionsveränderung im Molarenbereich konnte in der SUS-Gruppe um 3,5 mm, in der T-SUS-Gruppe um 3,2 mm beobachtet werden, welche zu 2/3 skelettaler Natur war und auf Distalisation der Molaren sowie Mesialwanderungen der Unterkiefermolaren zurückzuführen war. Beim Setzen der Okklusion kann man von einem Rezidiv von ca. 25-40% ausgehen. Somit wäre von einer Korrektur der Molarenrelation nach Entfernung der SUS-/T-SUS-Apparatur von bis zu 5,8 mm auszugehen.

Hervorzuheben ist, dass bei beiden Apparaturen im Vergleich zur Literatur die Overjet- und Molaren-Korrektur vor allem skelettaler Natur waren. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass das Unterkieferlängenwachstum zwischen CVM3 und CVM4 sein Maximum zu verzeichnen hat (Baccetti et al. 2005; Baccetti et al. 2007). Zudem scheint das dentale Rezidiv ausgeprägter zu sein als das skelettale (Schindler 2003).

5.5 Vergleich zu klinischen Klasse II-Studien mittels feststehenden Non-Compliance-Apparaturen

Im Allgemeinen finden sich eine begrenzte und inhomogene Datenlage, welche sich mit der Wirksamkeit der SUS-Apparatur beschäftigt (Tabelle 16). Die bislang einzige Publikation zur Anwendung der SUS Apparatur mit Turbofeder wurde von Aladin Sabbagh (Sabbagh 2012) selbst in Form eines Fallberichts veröffentlicht. Darin beschrieb er den Behandlungsverlauf einer 38-jährigen Patientin, unter Einsatz der T-SUS-Apparatur zur Korrektur einer unilateralen Klasse II/1 rechts. Es zeigten sich geringe Änderungen in der Sagittalen und im Gegensatz zu dieser Untersuchung deutlich größere Veränderungen in der Vertikalen.

Tabelle 16 Übersicht Studien zur SUS-Apparatur und Bewertung der skelettalen Veränderungen

Autor, Jahr	Studienland	Therapiegruppe				Angaben zur Kontrollgruppe	Skelettale Veränderungen
		Total (n)	Männl. ♂ (%)	Alter T ₀ (Jahre)	Therapiezeitraum (Monate)		
Hanandeh und El-Bialy (2010)	Ägypten	10	n.a.	12,22	7	---	geringe
Oztoprak et al. (2012)	Türkei	20	9 (45)	15,3 ± 1,2	5,2	n ₁ = 20 Forsus-Feder, n ₂ = 20 unbehandelt	nein
Sabbagh (2012)	Deutschland	1	0 (%)	38	ca. 6	---	geringe
Hemmatpour et al. (2014)	Iran	1	1 (100)	15	n.a.	---	n.a.
Tokarevich und Kolomiets (2014)	Ukraine	38	n.a.	n.a.	n.a.	---	geringe
Uyanlar et al. (2014)	Türkei	15	7 (46,7)	15,2 ± 1,1	5,2	n = 12 unbehandelt	nein
Marchionni et al. (2016)	Italien	1	0 (0)	12,7	7	---	geringe
Hemmatpour et al. (2017)	Iran	25	5 (20)	12,3 ± 0,4	ca. 6	---	geringe
Osman ElAbbasy (2019)	Ägypten	10	30 (100)	14,5 ± 1,0	8,2	n ₁ = Klasse II-Gummizüge, n ₂ = unbehandelt	geringe
Hemmatpour et al. (2021)	Iran	20	8 (40)	15,4 ± 1,0	ca. 5 - 7	n = 20, Extraktion der Prämolaren	geringe

Oztoprak et al. (2012) untersuchte in einer klinischen, prospektiven kephalometrischen Studie die dentofazialen Veränderungen durch die Sabbagh Universal Spring (SUS) und der Forsus FRD (Fatigue Resistance Device) -Apparatur bei spätadoleszenten Patienten mit Klasse-II-

Fehlstellungen. Eingeschlossen wurden lediglich Patienten nach der pubertären Hauptwuchsphase (CVMI 5 oder 6). Das mittlere Alter in der SUS-Gruppe lag bei $15,3 \pm 1,2$ Jahren und setzte sich aus neun Jungen und elf Mädchen zusammen. Zwanzig Patienten wurden mit der SUS-Apparatur behandelt, 20 mit FRD-Apparatur. Diese wurden mit 19 nicht behandelten Patienten als Kontrollgruppe verglichen. Die Ergebnisse zeigten, dass die Wirkung beider Apparaturen dentoalveolär waren und keine signifikanten vertikalen und sagittalen Effekte auf Ober- und Unterkiefer vorlagen.

Hannandeh et.al untersuchte die dentalen und skelettalen Effekte der SUS-Apparatur im Zuge einer kephalometrischen Studie bei Klasse II Patienten. Durch die Behandlung mittels SUS Apparatur konnte durch skelettale und dentale Veränderung eine suffiziente Klasse II Therapie erzielt werden, wobei die dentalen überwiegen (Hanandeh und El-Bialy 2010).

Tokarevich und Kolomiets befassten sich unter anderem mit den durch die SUS-Apparatur hervorgerufenen Veränderungen der skelettalen und dentalen Strukturen. Eingeschlossen wurden 38 Patienten mit kieferorthopädischer Behandlung mit der SUS-Apparatur. Das Alter der eingeschlossenen Patienten lag bei durchschnittlich 20,0 Jahren und somit auch wie in der vorliegenden Studie über dem puberalen Wachstumsmaximum. Im Behandlungsverlauf zeigte sich eine nicht signifikante Zunahme von SNA, eine hoch signifikante Abnahme von SNB und eine hoch signifikante Zunahme von ANB. Der Wits-Wert nahm im gleichen Zeitraum hoch signifikant zu. Ein Vergleich der Parameter der vertikalen Kieferrelation war aufgrund der fehlenden Vergleichbarkeit der verwendeten Referenzlinien nicht möglich. Aufgrund der Mängel im Artikel und den daraus resultierenden Verständnisschwierigkeiten, können Fehlinterpretationen nicht ausgeschlossen werden. Dementsprechend ist die Aussagekraft dieser Studie als einschränkt zu betrachten.

Der Fallbericht von Marchionni et al. (2016) beschreibt die siebenmonatige Anwendung der SUS-Apparatur zur Korrektur einer ausgeprägten Klasse II in Verbindung mit einer sagittalen Stufe von 14 mm bei einer Patientin im Alter von 12 Jahren und 8 Monaten. Das Erreichen des Behandlungsziels der neutralen Okklusion wurde von den Autoren in erster Linie auf die SUS-bedingte Wachstumshemmung im Oberkiefer zurückgeführt, bei gleichzeitigem mandibulärem Vorschub und bei Wachstumsförderung.

Eine weitere Studie der Arbeitsgruppe aus dem Jahr 2017 verglich die SUS-Therapie mit der Extraktionstherapie in Klasse II/1-Patienten nach dem pubertären Wachstumsschub (CVM-Stadium 4 – 6). In der SUS-Gruppe waren 20 Patienten (12 weiblich, 8 männlich) im Alter von

15,4 ± 1,0 Jahren (Hemmatpour et al. 2017). Die apparative Behandlung dauerte zwischen fünf und sieben Monaten an. Mit der SUS-Apparatur konnte eine Vielzahl von signifikanten skelettalen Veränderungen bewirkt werden, unter anderem eine signifikante Abnahme von SNA und ANB sowie eine signifikante Zunahme von SNB. Laut den Autoren wurden die skelettalen Effekte der SUS-Behandlung durch die Hemmung des Oberkieferwachstums, die Vorverlagerung der Mandibula sowie durch die Verringerung des Nasolabialwinkels erreicht.

Eine randomisiert kontrollierte Studie wurde 2019 publiziert (Osman ElAbbasy 2019). Insgesamt wurden 30 Patientinnen mit Klasse II/1 Malokklusionen gleichmäßig auf die drei Studienarme SUS, Klasse-II-Gummizüge und unbehandelt randomisiert. Mittels SUS-Apparatur wurden zehn Patientinnen im Alter von 14,5 ± 1,0 Jahren therapiert. Auch in dieser Studie konnte eine signifikante Veränderung von SNA, SNB und ANB beobachtet werden. Jedoch bewerteten die Autoren die skelettalen Veränderung im Vergleich zu den dentalen eher als gering.

6 Schlussfolgerung

Sowohl die SUS-Gruppe als auch die T-SUS Gruppe erzielten eine suffiziente Klasse II Therapie bei Patienten, welche bereits das pubertäre Wachstumsmaximum überschritten hatten.

- Durch die Therapie mittels SUS/TSUS konnte eine skelettale Klasse I erreicht werden. Diese konnte primär durch eine Zunahme des Unterkieferwachstums erreicht werden.
- Eine Overjet-Reduktion von 3,5 mm (SUS) bzw. 3,1 mm (TSUS) konnte erreicht werden, welche zu ca. 2/3 skelettaler Natur war.
- Eine Molaren-Korrektur von 3,5 mm (SUS) bzw. 3,2 mm (TSUS) konnte erreicht werden, welche auch zu ca. 2/3 skelettaler Natur war.
- Im Vergleich zur Literatur, erreichte man einen größeren skelettalen als dentalen Effekt durch die SUS- und TSUS-Apparatur. Dies lässt sich auf das starke Unterkieferwachstum (postpubertär) und das stärkere dentale Rezidiv zurückführen.
- Durch die T-SUS-Apparatur können die Behandlungseffekte in der Sagittalen (SNA, ANB, WITS, Individueller ANB) verstärkt werden und eine verkürzte Behandlungszeit ermöglicht werden. Jedoch muss man im Zuge dessen auch mit einer Verstärkung der Nebenwirkungen im Sinne einer verstärkten Proklination der Unterkieferfront rechnen.

7 Zusammenfassung

Die SUS-Apparatur ist eine festsitzende Non-Compliance-Apparatur, die zur Korrektur der Klasse II Anomalie verwendet wird.

Untersucht wurde in dieser retrospektiven röntgenkephalometrischen Doktorarbeit, der Einfluss der SUS-Apparatur mit unterschiedlichen Kraftapplikationen auf dentale und skelettale Strukturen behandelter Patienten im Vergleich zu unbehandelten Patienten, welche bereits das postpubertäres Wachstumsmaximum überschritten haben.

Die in Studie eingeschlossenen Patienten wurden entweder mit einer SUS-Apparatur mit Standardaktivierung (SUS-Gruppe) oder einer SUS-Apparatur mit Zusatzaktivierung durch eine Turbofeder (T-SUS-Gruppe) behandelt. Die Kontrollgruppen (SUS-Kontrollgruppe, T-SUS-Kontrollgruppe) wurden entsprechend zu dem Geschlecht, Alter und kraniofazialer Morphologie passend zu den Behandlungsgruppen aus der Association of Orthodontists Foundation (AAOF) Craniofacial Growth Legacy Collection entnommen. Vor Behandlungsbeginn (Zeitpunkt T0) und nach Behandlungsende (Zeitpunkt T1) wurde ein Fernröntgenseitenbild angefertigt. Zur Analyse der skelettalen und dentalen Effekte der SUS-Apparatur mit unterschiedlicher Aktivierung gegenüber den unbehandelten Kontrollgruppen wurden die kephalometrischen Daten analysiert und verglichen.

Durch die Behandlung mit SUS- oder T-SUS-Apparatur konnte eine erfolgreiche Klasse II Therapie erreicht werden. Dabei kam es im Behandlungsverlauf zu einer signifikanten Abnahme von SNA, ANB, individuellem ANB und Wits-Wert. Der SNB-Winkel nahm in beiden Therapiegruppen signifikant zu. Sowohl die SUS- als auch die T-SUS Gruppe wies im Mittel nach der Behandlung eine skelettale Klasse I auf. In beiden Behandlungsgruppen konnten die typische Nebenwirkungen einer festsitzenden Klasse II Therapie beobachtet werden: Einerseits eine verstärkte Proklination der Unterkieferfront und andererseits eine Distalisation des 6-Jahres-Molaren im Oberkiefer.

Eine Overjet-Reduktion von 3,5 mm (SUS) bzw. 3,1 mm (TSUS) konnte erreicht werden, welche zu ca. 2/3 skelettaler Natur war. Eine Molaren-Korrektur von 3,5 mm (SUS) bzw. 3,2 mm (TSUS) konnte erreicht werden, welche auch zu ca. 2/3 skelettaler Natur war. Im Gegensatz zur Literatur, erreichte man einen größeren skelettalen als dentalen Effekt durch die SUS- und TSUS-Apparatur. Dies lässt sich auf das starke Unterkieferwachstum und das stärkere dentale Rezidiv zurückführen.

Die T-SUS-Gruppe zeigt gegenüber der SUS-Gruppe in fast allen untersuchten sagittalen Werten (SNA, ANB, WITS, Individueller ANB) einen ausgeprägteren Therapieeffekt im Sinne einer größeren Reduktion der Winkel. Jedoch konnten auch verstärkte Proklination der Unterkieferfront durch die Verwendung einer Turbofeder (TSUS-Gruppe) beobachtet werden. Es zeigte sich zudem eine verkürzte Behandlungszeit in der T-SUS Gruppe im Vergleich zu der SUS-Gruppe.

Die Studienlimitationen ergeben sich aus dem retrospektiv angelegtem Studiendesign. Zudem liegen zwischen dem ersten (T0) und dem zweiten (T1) Röntgenbild durchschnittlich 2,1 Jahre, da direkt nach der Entfernung der SUS/TSUS-Apparatur keine Indikation zur Strahlenexposition gestellt werden konnte. Auch erfolgte das Matching der Kontrollgruppen passend zu den Behandlungsgruppen aus der Association of Orthodontists Foundation (AAOF) Craniofacial Growth Legacy Collection. Dieses beinhaltet Patientendaten aus den USA und Kanada, welche möglicherweise Unterschiede zur europäischen Bevölkerung bezüglich der dentalen und kraniofazialen Charakteristika aufweisen.

Schlussfolgernd kann festgestellt werden, dass durch die SUS- und T-SUS-Apparatur eine erfolgreiche Klasse II Therapie durchgeführt werden kann, auch wenn die Patienten bereits das pubertäre Wachstumsmaximum überschritten haben. Ein ähnliche Overjet- und Molaren-Korrektur ist bei beiden Apparaturen zu erwarten. Wenn man dem natürlichen Wachstum Rechnung trägt, kann ein verstärkter Behandlungseffekt in der Sagittalen durch die T-SUS erreicht werden. Jedoch muss man im Zuge dessen auch mit einer Verstärkung der Nebenwirkungen im Sinne einer verstärkten Proklination der Unterkieferfront rechnen.

8 Literaturübersicht

- Aelbers CM, Dermaut LR (1996). Orthopedics in Orthodontics: Part I, Fiction or reality - a review of the literature. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 110(5):513–519.
- Angle EH (1899). Classification of malocclusion. *Dental Cosmos*; 41:248-264, 350-357.
- Angle EH (1907). Treatment of malocclusion of the teeth: Angle's system ; with six hundred and forty-one illustrations. 7.th ed., greatly enlarged and entirely rewritten. Philadelphia Pa.: White Dental Manufacturing Co.
- Baccetti T, Franchi L, McNamara JA (2002). An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod*; 72(4):316–323.
- Baccetti T, Franchi L, McNamara JA (2005). The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics. *Semin Orthod*; 11(3):119–129.
- Baccetti T, Reyes BC, McNamara JA (2007). Craniofacial changes in Class III malocclusion as related to skeletal and dental maturation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 132(2):171.e1–171.e12.
- Baxmann M, Andelic J (Hrsg.) (2012). Festsitzende Apparaturen zur Klasse-II-Therapie: Bewährte Methoden und neueste Entwicklungen. 1. Aufl. Berlin u. a.: Quintessenz.
- Baysal A, Uysal T (2014). Dentoskeletal effects of Twin Block and Herbst appliances in patients with Class II division 1 mandibular retrognathia. *Eur J Orthod*; 36 (2):164-72.
- Baysal A, Uysal T (2013). Soft tissue effects of Twin Block and Herbst appliances in patients with Class II division 1 mandibular retrognathia. *Eur J Orthod.*; 35 (1):71-81.
- Björk A, Skieller V (1972). Facial development and tooth eruption. *Am J Orthod*; 62(4):339–383.
- Björk A, Skieller V (1983). Normal and abnormal growth of the mandible. A synthesis of longitudinal cephalometric implant studies over a period of 25 years. *Eur J Orthod*; 5(1):1–46.
- Bock N, Pancherz H (2006). Herbst treatment of Class II division 1 malocclusions in retrognathic and prognathic facial types. *Angle Orthod*; 76(6):930–941.
- Broadway ES, Healy MJR, Payton HG (1962). The accuracy of tracings from cephalometric lateral skull radiographs. *Dent. Pract.*; 12:455.
- Cançado RH, Janson G, Tompson B, Alvares JCdC, Valarelli FP, Freitas KMS (2021). Treatment Effects of the Herbst Appliance in Class II Malocclusion Patients after the Growth Peak. *European Journal of Dentistry*; 15(1):39–46.
- Christie TE (1977). Cephalometric patterns of adults with normal occlusion. *Angle Orthodontist*; 47(2):128–135.

- Collett AR (2000). Current concepts on functional appliances and mandibular growth stimulation. *Aust Dent J*; 45(3):173–178.
- Cope JB, Buschang PH, Cope DD, Parker J, Blackwood HOr (1994). Quantitative evaluation of craniofacial changes with Jasper Jumper therapy. *Angle Orthod*; 64(2):113–122.
- Covell DA, Trammell DW, Boero RP, West R (1999). A cephalometric study of class II Division 1 malocclusions treated with the Jasper Jumper appliance. *Angle Orthod*; 69(4):311–320.
- Cozza P, Baccetti T, Franchi L, Toffol Ld, McNamara JA (2006). Mandibular changes produced by functional appliances in Class II malocclusion: a systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 129(5):599.e1-12.
- Creekmore TD, Radney LJ (1983). Fraänkel appliance therapy: Orthopedic or orthodontic? *American Journal of Orthodontics*; 83(2):89–108.
- Dahlberg G (1940). Statistical Methods for Medical and Biological Students. *Br Med J*; 2(4158):358–359.
- Del Santo M (2006). Influence of occlusal plane inclination on ANB and Wits assessments of anteroposterior jaw relationships. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 129(5):641–648.
- Dolce C, McGorray SP, Brazeau L, King GJ, Wheeler TT (2007). Timing of Class II treatment: skeletal changes comparing 1-phase and 2-phase treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 132(4):481–489.
- Frevert A (1956). Die Bedeutung besonderer Schlaflagen bei kieferorthopädischer Behandlung. *Dtsch Zahnärztl Z* 11.
- Gattinger B (2002). Chirurgische Kieferorthopädie und kraniofaziale Fehlbildungschirurgie. In: Schwenzer N, Austermann KH (Hrsg.). *Spezielle Chirurgie. [Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde; Lehrbuch zur Aus- und Weiterbildung / hrsg. von Norbert Schwenzer; Bd. 2] aktualisierte und erw. Aufl.* Stuttgart: Thieme.
- Goracci C, Ferrari M (2014). Reproducibility of measurements in tablet-assisted, PC-aided, and manual cephalometric analysis. *Angle Orthod*; 84(3):437–442.
- Hägg U, Taranger J (1982). Maturation indicators and the pubertal growth spurt. *Am J Orthod*; 82(4):299–309.
- Hägg U, Pancherz H (1988). Dentofacial orthopaedics in relation to chronological age, growth period and skeletal development. An analysis of 72 male patients with Class II division 1 malocclusion treated with the Herbst appliance. *Eur J Orthod*; 10(3):169–176.
- Hanandeh BA, El-Bialy AAK (2010). Evaluating the effect of Sabbagh Universal Spring during treatment of growing class II malocclusions. *International Journal of Orthodontics (Milwaukee, Wis.)*; 21(4):13–24.
- Hansen K, Pancherz H, Hägg U (1991). Long-term effects of the Herbst appliance in relation to the treatment growth period: a cephalometric study. *Eur J Orthod*; 13(6):471–481.

- Hansen K (2003). Treatment and Posttreatment Effects of the Herbst Appliance on the Dental Arches and Arch Relationships. *Seminars on Orthodontics*; Volume 9:67-73.
- Harkness EM (1969). The prevalence of malocclusion in a random sample of 12-year-old Cardiff schoolgirls. *Dent Pract Dent Rec*; 20(2):77.
- Harzer W (2021). *Kieferorthopädie [Checklisten der Zahnmedizin]. 2., unveränderte Auflage.* Stuttgart; New York: Thieme.
- Hausser E (1954). Aetiologie und Genese der Gebissanomalien. *Fortschr Kieferorthop*; 15(1):102–110.
- Helm S (1968). *Malocclusion in Danish children with adolescent dentition: An epidemiologic study.* United States: Elsevier Science.
- Hemmatpour S, Rahimi H, Mahmoudi F (2014). Treatment of a unilateral class II malocclusion with Sabbagh Universal Spring: a case report. *International Journal of Orthodontics (Milwaukee, Wis.)*; 25(2):9–12.
- Hemmatpour S, Mokhtar A, Rakhshan V (2017). Effects of Sabbagh Universal Spring 2 fixed functional appliance on class II/1 patients at their postpubertal-peak growth period compared with the extraction method : A randomized clinical trial. *J Orofac Orthop*; 78(1):41–51.
- Hemmatpour S, Molladavoodi P, Oliadarani FK, Bahrani H, Rakhshan V (2021). Effects of Sabbagh Universal Spring 2 appliance on cephalometric indices in patients with Class II division 1 versus division 2 malocclusions: A preliminary before-after clinical trial. *Dental Research Journal*; 18:38.
- Hixon EH (1956). The norm concept and cephalometrics. *Am J Orthod*; 42(12):898–906.
- Horowitz HS (1970). A study of occlusal relations in 10 to 12 year old Caucasian and Negro children--summary report. *Int Dent J*; 20(4):593–605.
- Hotz R, Rinderer LA (1970). *Orthodontie in der täglichen Praxis: Möglichkeiten und Grenzen im Rahmen der Kinderzahnheilkunde. 4., neubearb. und erw. Aufl.* Bern u.a.: Huber.
- Jacobson A (1975). The "Wits" appraisal of jaw disharmony. *Am J Orthod*; 67(2):125–138.
- Jamison JE, Bishara SE, Peterson LC, DeKock WH, Kremenak CR (1982). Longitudinal changes in the maxilla and the maxillary-mandibular relationship between 8 and 17 years of age. *Am J Orthod*; 82(3):217–230.
- Kahl-Nieke B (1995). *Einführung in die Kieferorthopädie.* München; Wien u.a.: Urban & Schwarzenberg.
- Kamoen A, Dermaut L, Verbeeck R (2001). The clinical significance of error measurement in the interpretation of treatment results. *Eur J Orthod*; 23(5):569–578.
- Kharat S, Kharat SS, Thakkar P, Shetty RS, VK P, Kaur RK (2003). Oral Habits and its Relationship to Malocclusion: A Review. *Journal of Advanced Medical and Dental Sciences Research*; 70(280):691–697.

- King GJ, Keeling SD, Hocevar RA, Wheeler TT (1990). The timing of treatment for Class II malocclusions in children: a literature review. *Angle Orthod*; 60(2):87–97.
- Konik M, Pancherz H, Hansen K (1997). The mechanism of Class II correction in late Herbst treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 112(1):87–91.
- Krüger E (Hrsg.) (1993). *Lehrbuch der chirurgischen Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde*. [Quintessenz-Bibliothek; 7. Auflage. Berlin: Quintessenz.
- LaHaye MB, Buschang PH, Alexander RGW, Boley JC (2006). Orthodontic treatment changes of chin position in Class II Division 1 patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 130(6):732–741.
- Lisson JA, Tränkemann J (2003). *Treatment Begin and Treatment Effect in Functional Orthopedics with Jumping-the-bite Appliances*. Munich: Urban & Vogel.
- Lundström A (1948). *Tooth Size and Occlusion in Twins*. Basel: S. Karger.
- Magnússon TE (1977). An epidemiologic study of dental space anomalies in Icelandic schoolchildren. *Community Dent Oral Epidemiol*; 5(6):292–300.
- Malmgren O, Omblus J, Hägg U, Pancherz H (1987). Treatment with an orthopedic appliance system in relation to treatment intensity and growth periods. A study of initial effects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 91(2):143–151.
- Mansbach M (1929). *Über den Einfluss von Schlafelage auf die Entstehung von Gebissanomalien*. *Community Dent Oral Epidemiol*.
- Marchionni P, Di-Bari R, Sferra S, Grippaudo C (2016). Skeletal, dental and profilometric effects of Sabbagh Universal Spring 2 (SUS2) in a patient at the end of growth: A case report. *South European Journal of Orthodontics and Dentofacial Research*; 3(1):18–23.
- McSherry PF, Bradley H (2000). Class II correction-reducing patient compliance: a review of the available techniques. *J Orthod*; 27(3):219–225.
- Moorrees CFA (1959). *The Dentition of the Growing Child*. Cambridge: Harvard University Press.
- Nalbantgil D, Arun T, Sayinsu K, Fulya I (2005). Skeletal, dental and soft-tissue changes induced by the Jasper Jumper appliance in late adolescence. *Angle Orthod*; 75(3):426–436.
- Navarro M, van der Kamp J, Ranvaud R, Savelsbergh GJP (2013). The mere presence of a goalkeeper affects the accuracy of penalty kicks. *J Sports Sci*; 31(9):921–929.
- Nelson B, Hansen K, Hägg U (2000). Class II correction in patients treated with class II elastics and with fixed functional appliances: a comparative study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 118(2):142–149.
- Nötzel F, Hartung M, Schutz C (2007). *Fernröntgenseitenbild-Analyse*. Deutscher Ärzteverlag.

- O'Brien K, Wright J, Conboy F, Chadwick S, Connolly I, Cook P, Birnie D, Hammond M, Harradine N, Lewis D, McDade C, Mitchell L, Murray A, O'Neill J, Read M, Robinson S, Roberts-Harry D, Sandler J, Shaw I, Berk NW (2003). Effectiveness of early orthodontic treatment with the Twin-block appliance: a multicenter, randomized, controlled trial. Part 2: Psychosocial effects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 124(5):488-94; discussion 494-5.
- O'Brien KD, Robbins R, Vig KWL, Vig PS, Shnorhokian H, Weyant R (1995). The effectiveness of Class II, Division 1 treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 107(3):329–334.
- Osman ElAbbasy D (2019). Evaluation of the therapeutic effects of Sabbagh Universal Spring compared to Class II elastics in the treatment of Class II division 1 patients. *Egypt Dent J*; 65(4):3053–3067.
- Oztoprak MO, Nalbantgil D, Uyanlar A, Arun T (2012). A cephalometric comparative study of class II correction with Sabbagh Universal Spring (SUS²) and Forsus FRD appliances. *European Journal of Dentistry*; 06(03):302–310.
- Panagiotidis G, Witt E (1977). Der individualisierte ANB-Winkei. *Fortschr, Kieferorthop.*; 38:408--416 (Nr. 4).
- Pancherz H (1982). The mechanism of Class II correction in Herbst appliance treatment. *American Journal of Orthodontics*; 82(2):104–113.
- Pancherz H, Hansen K (1984). The nasion-sella reference line in cephalometry: A methodologic study. *Am J Orthod*; 86(5):427–434.
- Pancherz H (1985). The Herbst appliance—Its biologic effects and clinical use. *Am J Orthod*; 87(1):1–20.
- Pancherz H, Hägg U (1985). Dentofacial orthopedics in relation to somatic maturation. An analysis of 70 consecutive cases treated with the Herbst appliance. *Am J Orthod*; 88(4):273–287.
- Pancherz H, Hansen K (1986). Occlusal changes during and after Herbst treatment: a cephalometric investigation. *Eur J Orthod*; 8(4):215–228.
- Pancherz H, Sack B (1990). Kritische Analyse der Winkel SNA, SNB und ANB bei der Auswertung von kieferorthopädischen Behandlungen. *Fortschr Kieferorthop*; 51(5):309–317.
- Pancherz H (1997). The Effects, Limitations, and Long-Term Dentofacial Adaptations to Treatment With the Herbst Apphance. *Semin Orthod*; 3(4):232–243.
- Pancherz H (2002). Treatment timing and outcome. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 121(6):559.
- Pancherz H, Ruf S, Erbe C, Hansen K (2004). The mechanism of Class II correction in surgical orthodontic treatment of adult Class II, division 1 malocclusions. *Angle Orthod*; 74(6):800–809.

- Perillo M, Beideman R, Shofer F, Jacobsson-Hunt U, Higgins-Barber K, Laster L, Ghafari J (2000). Effect of landmark identification on cephalometric measurements: guidelines for cephalometric analyses. *Clin Orthod Res*; 3(1):29–36.
- Phelan T, Buschang PH, Behrents RG, Wintergerst AM, Ceen RF, Hernandez A (2004). Variation in Class II malocclusion: comparison of Mexican mestizos and American whites. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 125(4):418–425.
- Rowlands P, Poling R, Slater D, Hobson R, Steen N (2006). Can crown-root ratio predict premolar eruption? *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*; 129(3):331–336.
- Ruf S, Pancherz H (1996). The effect of Herbst appliance treatment on the mandibular plane angle: a cephalometric roentgenographic study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 110(2):225–229.
- Ruf S, Pancherz H (1999a). Dentoskeletal effects and facial profile changes in young adults treated with the Herbst appliance. *Angle Orthod*; 69(3):239–246.
- Ruf S, Pancherz H (1999b). Temporomandibular joint remodeling in adolescents and young adults during Herbst treatment: A prospective longitudinal magnetic resonance imaging and cephalometric radiographic investigation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 115(6):607–618.
- Ruf S, Pancherz H (2004). Orthognathic surgery and dentofacial orthopedics in adult Class II Division 1 treatment: mandibular sagittal split osteotomy versus Herbst appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 126(2):140-52; quiz 254-5.
- Sabbagh A (1995). Gemeinsame Jahrestagung der DGZMK und DGKFO, Wiesbaden: Neue klinische Anwendungsmöglichkeit der Herbst- Apparatur.
- Sabbagh A (2012). Korrektur der unilateralen Distalbisslage ohne chirurgische Intervention. *Informationen aus Orthodontie & Kieferorthopädie*; 44(03):219–224.
- Sadowsky PL (1998). Craniofacial growth and the timing of treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 113(1):19–23.
- Sander FG (2011). Kieferorthopädische Diagnostik und Funktionskieferorthopädie. In: Sander FG, Schwenzer N, Ehrenfeld M (Hrsg.). *Kieferorthopädie. [Zahn-Mund-Kieferheilkunde]* Stuttgart: Thieme.
- Schaefer AT, McNamara JA, Franchi L, Baccetti T (2004). A cephalometric comparison of treatment with the Twin-block and stainless steel crown Herbst appliances followed by fixed appliance therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 126(1):7–15.
- Schamsawary S (2007). *Dysgnathien: Interdisziplinäre Therapiekonzepte von der Planung bis zur Operation ; [mit DVD. 1. Aufl. München: Elsevier Urban & Fischer.*
- Schindler S (2003). *Dentoskelettale und faziale Veränderungen bei der Distalbissbehandlung (Klasse II-1) von Erwachsenen mit der Herbst-/Multibracket-Apparatur. Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Abteilung Kieferorthopädie, Justus-Liebig-Universität Gießen.*

- Schmuth GPF, Vardimon AD (1994). Kieferorthopädie. [Flexibles Taschenbuch 3., neubearb. und erw. Aufl. Stuttgart u.a.: Thieme.
- Schwenzer N, Ehrenfeld M (Hrsg.) (2011). Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie. [Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde; 4., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart; New York: Georg Thieme Verlag.
- Segner D, Hasund A (1998). Individualisierte Kephalemetrie. 3. Aufl. Hamburg: Dietmer Segner, Verlag und Vertrieb.
- Siara-Olds NJ, Pangrazio-Kulbersh V, Berger J, Bayirli B (2010). Long-term dentoskeletal changes with the Bionator, Herbst, Twin Block, and MARA functional appliances. *Angle Orthod*; 80(1):18–29.
- Silva RG, Kang DS (2001). Prevalence of malocclusion among Latino adolescents. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 119(3):313–315.
- Smith SS, Buschang PH, Watanabe E (2000). Interarch tooth size relationships of 3 populations: “Does Bolton’s analysis apply?”. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 117(2):169–174.
- Tammoscheit U-G (1976). Klinisch-genetische Untersuchungen zur sogenannten Angle-Klasse II, 1. *Fortschr Kieferorthop*; 37(2):119–128.
- Tammoscheit U-G, Rassl RE (1979). Sippenuntersuchungen zur Genetik der Angle-Klasse II, 1. *Fortschr Kieferorthop*; 40(6):515–519.
- Thilander B, Myrberg N (1973). The prevalence of malocclusion in Swedish schoolchildren. *Scand J Dent Res*; 81(1):12–21.
- Tokarevich I, Kolomiets E (2014). Influence of the SUS appliance on the maxillo-facial system and TMJ in adult patients with skeletal class II malocclusion determined by the retroposition of the lower jaw. *Dental Science and Practice*; 5(5):14–19.
- Tomblyn T, Rogers M, Andrews L, 2nd, Martin C, Tremont T, Gunel E, Ngan P (2016). Cephalometric study of Class II Division 1 patients treated with an extended-duration, reinforced, banded Herbst appliance followed by fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 150(5):818–830.
- Tulloch JFC, Proffit WR, Phillips C (2004). Outcomes in a 2-phase randomized clinical trial of early Class II treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 125(6):657–667.
- Uyanlar A, Arun T, Nalbantgil D (2014). Evaluation Of Dentofacial Changes Caused With Sabbagh Universal Spring In Mandibular Retrognathic Patients: A Pilot Study. *Dentistry*; 04(06):1–6.
- Valant JR, Sinclair PM (1989). Treatment effects of the Herbst appliance. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 95(2):138–147.
- Wedler S, Tränkmann J, Lisson JA (2006). Treatment outcome in angle class II, division 1 patients in pre-puberty and puberty after jumping-the-bite appliance: Treatment outcome in angle class II, division 1 patients in pre-puberty and puberty after jumping-the-bite appliance. 67] Germany.

- Weiland FJ, Ingervall B, Bantleon H-P, Droschl H (1997). Initial effects of treatment of Class II malocclusion with the Herren activator, activator-headgear combination, and Jasper Jumper. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 112(1):19–27.
- Weschler D (2005). Vergleich der Effizienz dreier Verankerungsformen im Unterkiefer bei der Herbst-Behandlung von Klasse II:1 - und Klasse II:2 - Dysgnathien. Justus-Liebig-Universität Gießen.
- Wheeler TT, McGorray SP, Dolce C, Taylor MG, King GJ (2002). Effectiveness of early treatment of Class II malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 121(1):9–17.
- Wichelhaus A (2013). Kieferorthopädie: Therapie Band 1 ; Grundlegende Behandlungskonzepte ; Farbatlanten der Zahnmedizin. 1. Aufl. s.l.: Georg Thieme Verlag KG.
- Yang EY, Kiyak HA (1998). Orthodontic treatment timing: a survey of orthodontists. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 113(1):96–103.
- Yang X, Zhu Y, Long H, Zhou Y, Jian F, Ye N, Gao M, Lai W (2016). The effectiveness of the Herbst appliance for patients with Class II malocclusion: a meta-analysis. *Eur J Orthod*; 38(3):324-33.
- Zachrisson BU, Zachrisson S (1971). Caries incidence and oral hygiene during orthodontic treatment. *Scand J Dent Res*; 79(6):394–401.

9 Danksagung

Mein Dank gilt Frau Prof. Dr. med. dent. Andrea Wichelhaus für die freundliche Überlassung des Dissertationsthemas und die Möglichkeit, in Ihrer Abteilung für Kieferorthopädie an der Ludwig-Maximilian-Universität München zu promovieren.

Ich möchte mich insbesondere bei Herrn Dr. med. dent. Aladin Sabbagh bedanken, für die freundliche Bereitstellung der Fernröntgenseitenbilder sowie seine wertvollen Anregungen.

An dieser Stelle danke ich auch Frau Dr. med. dent. Lea Hoffmann, Herrn Dr. rer. Nat. Uwe Baumert und Herrn Dr. med. dent. Hisham Sabbagh für die tolle Betreuung und Hilfestellung bezüglich der statistischen Auswertung und der klinischen Fragestellungen.

Abschließend bin ich meinen Eltern, die mich auf meinem Lebensweg unermüdlich unterstützt und begleitet haben, zu Dankbarkeit verbunden. Vor allem während der Arbeit erhielt ich uneingeschränkte, liebevolle und vielseitige Unterstützung.

Eidesstattliche Versicherung

Name:

Huber, Christine Maria

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

Einfluss der Sabbagh Universal Spring Apparatur auf dentale und skelettale Strukturen behandelter Patienten

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, 18.10.2023

Christine Huber