

Diplomarbeit

Der Einfluss von Klasse II-Gummizügen auf die Okklusionsebene

eingereicht von

Erim Kosar

Mat.Nr.: 0433104

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der gesamten Zahnheilkunde

(Dr. med. dent)

unter der Anleitung von

Ass.Prof.Dr.Margit Pichelmayer

Eingereicht im August 2011

an der klinischen Abteilung für Kieferorthopädie an der
Universitätsklinik für Zahn-.Mund-und Kieferheilkunde Graz
Auenbruggerplatz 12,A-8036 Graz

Erim Kosar
Salzlaende 15/55
8700 Leoben

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

Unterschrift

Danksagungen

Ich möchte mich herzlichst bei Frau Ass.Prof.Dr.Margit Pichelmayer für ihr Engagement bei der Erstellung und Korrektur dieser Arbeit bedanken. Sie haben sehr viel Geduld und Zeit aufgebracht um mir zu helfen. Danke vielmals.

Ebenso danke ich Frau Univ.-Ass. Dr. Elma Kuljuh für ihre Bemühungen beim durchzeichnen der Fernröntgen als Zweitbetreuerin.

Ich danke auch Frau Dipl.Ing Mischak und Herrn Dipl.Ing Häupl für die rasche und sehr professionelle Hilfe bei der Statistikauswertung.

Ich widme diese Arbeit meinen Eltern, ohne deren mentale und finanzielle Unterstützung im Verlauf des gesamten Studiums meine Leistungen und diese Diplomarbeit nicht zustande gekommen wären.

Auch möchte ich meiner Schwester danken, da sie mich in jeder Lebenssituation liebevoll unterstützt hat.

Zuletzt möchte ich auch meinem Kollegen Mader Robert für seine Hilfe danken, der mir EDV technisch sehr geholfen hat.

Inhaltsverzeichnis

<u>Eidesstattliche Erklärung</u>	<u>2</u>
<u>Danksagungen</u>	<u>3</u>
<u>Zusammenfassung</u>	<u>5</u>
<u>Abstract</u>	<u>6</u>
<u>Abbildungsverzeichnis</u>	<u>7</u>
<u>Tabellenverzeichnis</u>	<u>10</u>
<u>1 Einleitung</u>	<u>11</u>
<u>1.1 Klasse II/1 Allgemeines</u>	<u>11</u>
<u>1.2 Klasse II Gummizüge</u>	<u>13</u>
<u>2 Material und Methoden</u>	<u>17</u>
<u>2.1 Patientengut</u>	<u>17</u>
<u>2.2 Patientenerhebungen mittels Suchlaufprogramm</u>	<u>17</u>
<u>2.3 Archivarbeiten</u>	<u>20</u>
<u>2.4 Nichtcodierte Daten</u>	<u>20</u>
<u>2.5 Fernröntgen</u>	<u>21</u>
<u>3 Ergebnisse</u>	<u>42</u>
<u>4 Diskussion</u>	<u>82</u>
<u>5 Konklusion</u>	<u>87</u>
<u>6 Literaturverzeichnis</u>	<u>88</u>
<u>Anhang</u>	<u>90</u>

Zusammenfassung

Ziel dieser Diplomarbeit war die Ermittlung des Einflusses langer Klasse II-Gummizüge auf verschiedene FR-Parameter einzelner Patienten, die sich wegen einer Distalbissskonstellation einer festsitzenden kieferorthopädischen Behandlung (Straight-Wire-Technik) unterziehen mussten. Der Einsatz derartiger elastischer Elemente steht im Verdacht, die Neigung der Oberkiefer- und Unterkieferokklusionsebene zu verändern. 30 ausgewählte fertig behandelte Klasse II/1 Fälle wurden für diese Studie herangezogen. 15 dieser Patienten waren weiblichen, 15 männlichen Geschlechts. Durchschnittsalter der weiblichen Patienten war 16,8, das der männlichen Patienten 17,2. Für die manuell durchgezeichneten und statistisch aufgearbeiteten Fernröntgenwerte (SNA, SNB, ANB, Winkelsumme, Interincisalwinkel, Winkel der Palatinalene (Spa-Spp) zur vorderen Schädelbasis (S-N), Inklination des oberen Schneidezahnes zur vorderen Schädelbasis (S-N), Zahnachsenwinkel oberer mittlerer Schneidezahn zur Oberkieferenebene, Inklination des unteren Schneidezahnes zur Unterkieferenebene (Go-Me), Abstand des Ramus-Mittelpunktes zur Okklusionsebene, Winkel der Okklusionsebene zur XiPm-Linie, Abstand der Lippenspalte von der Okklusionsebene, Abstand des Zentrums des oberen Schneidezahns von der vorderen Schädelbasis, Abstand des Zentrums des unteren Schneidezahns von der Unterkieferenebene (Go-Me), Winkel zwischen der vorderen Schädelbasis und der Unterkieferenebene, Winkel zwischen der Okklusionsebene und der Unterkieferenebene, Winkel zwischen der Unterkieferenebene und der unteren Okklusionslinie, Winkel zwischen der Oberkieferenebene und der oberen Okklusionslinie, Winkel zwischen der Oberkieferenebene und der Okklusionsebene, Abstand der Höckerspitzen des unteren ersten Molaren zur Unterkieferenebene, Abstand der Schneidekante des oberen mittleren Schneidezahnes zur Fazialebene, Abstand der Schneidekante des unteren mittleren Schneidezahnes zur Fazialebene, Wits appraisal) lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen:

- 1) Retrusion der Oberkieferfront
- 2) Vergrößerung des Abstandes der Schneidekante des oberen mittleren Schneidezahnes von der Fazialebene
- 3) Vergrößerung des Interinzisalwinkels
- 4) Extrusion der Oberkieferfront
- 5) Minimale Extrusion der Unterkiefermolaren
- 6) Clockwise Rotation der Okklusionsebene nach vorne und unten
- 7) Counterclockwise Rotation der Mandibula

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of long class II/1 elastics to several lateral cephalometric parameters of finished treated patients by tight orthopaedic equipments in straight wire technique. Those elastic mechanics have the suspicion to incline the maxillary and mandibular occlusal plane.

Thirty Angle-class II/1 subjects were included in the study. 15 of them were male, the other were female. The median age of the female subjects was 16,8 and of the male ones 17,2.

The results of the manual designed cephalometric parameters (SNA, SNB, ANB, sum of the angles S-Ar-Go, interincisal angle, angle of the palatinal plane and the cranial base, inclination of the upper central incisor, inclination of the axis of the upper central incisor to the cranial base, inclination of the lower central incisor to the mandibular plane, distance of the center of the ramus mandibulae to the occlusal plane, angle of the occlusal plane and the XiPm straight line, distance of the lip fissure to the occlusal plane, distance of the axis centre of the upper central incisor to the cranial base, distance of the axis centre of the lower central incisor to the mandibular plane, angle of the cranial base and the mandibular plane, angle of the occlusal plane and the mandibular plane, angle of the mandibular plane and the lower occlusal line, angle of the palatinal plane and the upper occlusal line, angle of the occlusal plane and the palatinal plane, distance of the cusp of the lower first molar to the mandibular plane, distance of the cutting edge of the upper central incisor to the facial axis, distance of the cutting edge of the lower central incisor to the facial axis, Wits appraisal) showed :

- 1) Retrusion of the upper incisors
- 2) Enlargement of the distance of the cutting edge of the upper central incisor to the facial axis
- 3) Enlargement of the interincisal angle
- 4) Extrusion of the upper incisors
- 5) Minimal extrusion of the lower first molars
- 6) Clockwise rotation of the occlusal plane
- 7) Counterclockwise rotation of the mandible forward and downward

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Manuell skizziertes Klasse II/1 Syndrom

Abbildung 2: Klasse II Elastics zur Korrektur einer Klasse II Verzahnung

Abbildung 3: Die in Graz für die Klasse II Korrektur verwendeten Gummizüge der Größe 3/16 “/ Stärke 5 oz.

Abbildung 4: Kräfteparallelogramm der Klasse II Elastics

Abbildung 5: Einhängpunkte der Klasse II Gummizüge

Abbildung 6: Bukko – Linguale Wirkung der Klasse II Gummizüge

Abbildung 7: KFO Filterkriterien für Gruppe 1

Abbildung 8: KFO Filterkriterien für Gruppe 2

Abbildung 9: KFO Filterkriterien für Gruppe 3

Abbildung 10: KFO Filterkriterien für Gruppe 4

Abbildung 11: Beispiel eines fertig durchgezeichneten Fernröntgenbildes mit allen Parametern.

Abbildung 12: Summenwinkel

Abbildung 13: Die Winkel SNA, SNB und ANB

Abbildung 14: Winkel zwischen der Palatinalene und der vorderen Schädelbasis

Abbildung 15: Obere Inklination

Abbildung 16: Untere Inklination

Abbildung 17: Zahnachsenwinkel oberer Schneidezahn

Abbildung 18: Interinzisalwinkel

Abbildung 19: Abstand des Xi Punktes zur Okklusionsebene

Abbildung 20: Winkel zwischen der Okklusionsebene und der XiPm Linie

Abbildung 21: Abstand der Lippenspalte zur Okklusionsebene

Abbildung 22: Abstand des Zentrums des oberen Schneidezahnes von der vorderen Schädelbasis

Abbildung 23: Abstand des Zentrums des unteren Schneidezahns von der Unterkieferebene (Go-Me)

Abbildung 24: Abstand der Höckerspitzen des unteren ersten Molaren von der Unterkieferebene

Abbildung 25: Wits appraisal

Abbildung 26: Die zur Auswertung definierte Okklusionsebene

Abbildung 27: Winkel zwischen der Mandibularebene, Okklusionsebene und vorderer Schädelbasis

Abbildung 28: Winkel zwischen der Oberkieferebene, der Okklusionsebene und der vorderen Schädelbasis

Abbildung 29: Winkel der oberen und unteren Okklusionslinien zu der Mandibularebene und der Oberkieferebene

Abbildung 30: Darstellung der Änderung des Summenwinkels

Abbildung 31: Darstellung der Änderung des SNA, SNB und ANB Winkels

Abbildung 32: Darstellung der Änderung des Abstandes des Zentrums des unteren Schneidezahnes von der Unterkieferebene

Abbildung 33: Darstellung der Änderung der Inklination des oberen Schneidezahnes

Abbildung 34: Darstellung der Änderung der Inklination des unteren Schneidezahnes zur Unterkieferebene

Abbildung 35: Darstellung der Änderung des Abstandes des Zentrums vom oberen Schneidezahn zur vorderen Schädelbasis

Abbildung 36: Darstellung der Änderung des Winkels zwischen der Okklusionsebene und der XiPm Linie

Abbildung 37: Darstellung der Änderung des Abstandes der Okklusionsebene zum Xi Punkt

Abbildung 38: Darstellung der Änderung des Interinzisalwinkels bei Vergrößerung

Abbildung 39: Darstellung der Änderung des Interinzisalwinkels bei Verkleinerung

Abbildung 40: Darstellung der Änderung des Abstandes der Lippenspalte von der Okklusionsebene

Abbildung 41: Darstellung der Änderung des Zahnachsenwinkels

Abbildung 42: Darstellung der Änderung des Winkels zwischen der Palatinalenebene und der vorderen Schädelbasis

Abbildung 43: Darstellung der Änderung des Winkels zwischen der Unterkieferebene und der vorderen Schädelbasis

Abbildung 44: Darstellung der Änderung des Winkels zwischen der Unterkieferebene und der Okklusionsebene

Abbildung 45: Darstellung der Änderung des Winkels zwischen der Oberkieferebene und der oberen Okklusionslinie

Abbildung 46: Darstellung der Änderung des Winkels zwischen der Unterkieferebene und der unteren Okklusionslinie

Abbildung 47: Darstellung der Änderung des Winkels zwischen der Oberkieferebene und der Okklusionsebene

Abbildung 48: Darstellung der Änderung des Abstandes der Höckerspitzen des unteren Molaren zur Okklusionsebene

Abbildung 49: Darstellung der Änderung der Wits appraisal

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Deskriptive Statistik

Tabelle 2. Intraclass Korrelationskoeffizient

Tabelle 3. Tragedauer

Tabelle 4. Signifikante Unterschiede und Pearson Korrelationskoeffizient

Tabelle 5. Auswertungen weibliche Probanden Untersucher 1

Tabelle 6. Auswertungen weibliche Probanden Untersucher 2

Tabelle 7. Intraclass Korrelationskoeffizient

Tabelle 8. Pearson Korrelationskoeffizient

Tabelle 9. Auswertungen männliche Probanden Untersucher 1

Tabelle 10. Auswertungen männliche Probanden Untersucher 2

Tabelle 11. Intraclass Korrelationskoeffizient

Tabelle 12. Pearson Korrelationskoeffizient

1 Einleitung

38,6% der steirischen Bevölkerung leidet an einer Kieferfehlstellung der Angle Klasse II/1. Dieser Fehlbiss ist somit die häufigste kombinierte (skelettal und dental) Malokklusion in dieser geographischen Region.

1.1 Klasse II/1 Allgemeines

Die Prozentsatzangabe von 38,6% geht auf eine Grundlagenstudie zurück, die in Österreich als Vergleichsnorm fungiert.

Die Repräsentanten dieser Fehlbildungsgruppe zeigen, wie von Angle 1893 beschrieben, verschiedene Symptomenkombinationen, die sowohl die skelettale Basis wie auch dentale Parameter betreffen (Angle E, 1893).

1) Skelettal

- a) Retrognathie der Mandibula = Rücklage des Unterkiefers = „Rückbiss“
- b) Prognathie der Maxilla = Vorlage des Oberkiefers
- c) Kombination aus beidem

2) Dental

- a) in der Regel Distalokklusion unterschiedlichen Ausmaßes
- b) Protrusion der oberen Front
- c) vergrößerte sagittale Stufe
- b) und c) stellen zusammen die Leitsymptome dar
- d) Tiefer Biss
- e) Schlaffe circumorale Muskulatur
- f) Eingezogene Mentolabialfalte
- g) Verstärkte Spee'sche Kurve

Bezüglich der Distalverzahnung (in der Regel an den ersten Molaren diagnostiziert) wurde die Formulierung „in der Regel“ verwendet, weil natürlich auch Klasse II/1 – Fälle mit anderen Verzahnungen kombiniert sein können, z.B. wenn es im Unterkiefer zu einem

Stützzonenverlust gekommen ist. Aber normalerweise ist mit der Unterkieferrücklage bzw. der Oberkiefervorlage eine Klasse II Verzahnung im Seitenzahnbereich zu erwarten.

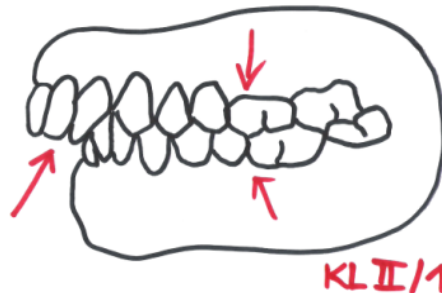


Abb.1 Manuell skizziertes Klasse II/1 Syndrom

Wenn hier von der Verzahnungsklassifikation die Rede ist, muss der Vollständigkeit halber erwähnt werden, dass die Zuordnung über die Angle Klassifikation und nicht über jene nach Andrews erfolgte: bei der Klasse I: Bei der Ansicht von der Seite projiziert sich der mesiobukkale Höcker des oberen ersten Molaren auf die Fossa des unteren ersten Molaren. Der mesiopalatinale Höcker des oberen ersten Molaren liegt dann genau in der zentralen Fossa des unteren ersten Molaren.

Von einer Klasse II Verzahnung spricht man bei dieser Klassifikation dann, wenn der untere Molar weiter distal im Vergleich zum oberen zu liegen kommt bzw. der obere weiter mesial zum unteren.

Das kann sich einerseits allein schon durch eine skelettale Verlagerung ergeben, wenn der dentoalveoläre Bereich „normal“ auf der Basis sitzt oder natürlich durch dentale Verschiebungen alleine.

(Schopf P, 2000; Droschl H, 1984)

Ätiologie der Klasse II/1 :

Mögliche Faktoren:

- Vererbung
- Lippenbeissen, - saugen
- Wachstumsstörungen des Unterkiefers
- Säuglingsernährung
- Eingeschränkte Nasenatmung, Mundatmung

Ziel der Behandlung dieser Malokklusion ist in erster Linie, die skelettale Diskrepanz auszugleichen, sofern therapeutisch möglich. Falls es dadurch zu keiner ausreichenden Korrektur der dentalen Verzahnung gekommen ist, muss diese noch zusätzlich korrigiert werden. Eine der Möglichkeiten diese Korrektur durchzuführen sind Klasse II Gummizüge.

1.2 Klasse II Gummizüge

Verlaufen von vorne oben nach hinten unten, z.B von 13 zu 46

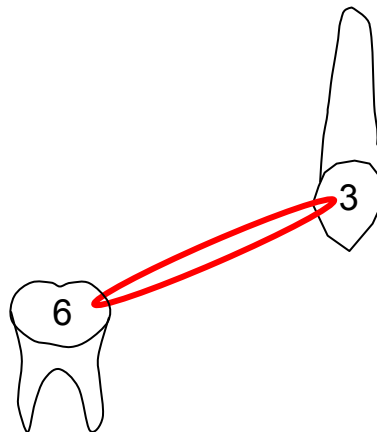


Abb.2 Klasse II Elastics zur Korrektur einer Klasse II Verzahnung

Die Gummizüge können an Häkchen, Knöpfchen an den Brackets oder Bändern eingehängt werden. Ebenso können auch Bracketflügel, Molarenröhrchen, Bogenenden, Schlaufen im Bogen, sowie spezielle verstärkte Ligaturen (z.B Kobayashi-Ligaturen) als Einhängpunkte verwendet werden.

(Philippe J, 1995; Schopf P, 2000)

Elastics (Gummiringe) werden in unterschiedlicher Größe und Stärke hergestellt.

Die Wahl der Stärke hängt von den gewählten Einhängpunkten ab, von der Mechanik und nicht zuletzt von der Vorliebe und Erfahrung des Behandlers.

Außerdem gestaltet sich die Wahl unterschiedlich, ob man ganze Zahngruppen oder nur Einzelzähne bewegen möchte.



Abb.3 Die in Graz für die Klasse II Korrektur verwendeten Gummizüge der Größe 3/16“/ Stärke 5 oz.

Die Kraftangaben der Firmen beziehen sich auf 2,5 cm definierte Aufspannlänge, das entspricht international ca. der Länge eines Klasse II Gummizuges zwischen dem Eckzahn und dem ersten Mahlzahn. Zusätzlich muss berücksichtigt werden, dass sich die Kraft der Elastics entsprechend ändert, wenn der Patient den Mund öffnet und schließt.

Mit zunehmender Tragedauer nimmt die Kraft der Gummizüge ab und zwar bereits 30 % nach ein bis zwei Stunden (Droschl H, 1984).

Nach 3 Stunden reduziert sich die Kraft um 40 %. Nach einem Monat nimmt die Elastizität der Gummizüge um 50 % ab. Um die Kraft auf möglichst hohem Niveau halten zu können, müssen sie deshalb mehrmals täglich vom Patienten gewechselt werden.

Bei dieser Ausspannlänge von 2,5 cm spricht man von „langen“ Klasse II Gummizügen.

Wählt man die Einhängpunkte in einem kürzeren Abstand voneinander, so spricht man von „kurzen“ Klasse II Gummizügen. Dies ist insofern wichtig, da sich das Kräfteparallelogramm dieser verschiedenen Ausspannungen voneinander unterscheidet.

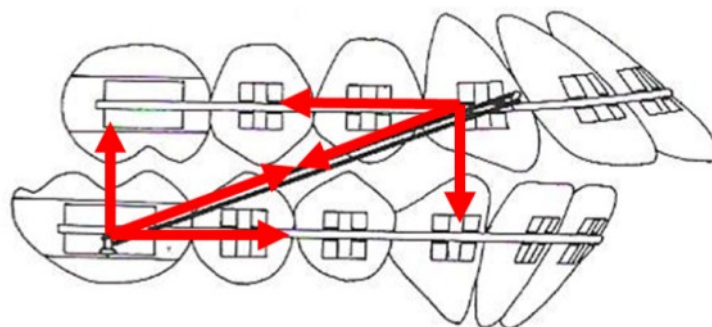


Abb.4 Kräfteparallelogramm der Klasse II Elastics

Es treten drei Kraftkomponenten auf, die bestimmte Bewegungen zur Folge haben:

- Horizontale
- Vertikale
- Bukkolinguale

Theoretisch lassen sich aufgrund des Kräfteparallelogrammes folgende Effekte auf den maxillären und mandibulären Zahnbogen erwarten:

- Distalisierende Kraft auf den oberen Zahn- bzw. Zahnreihe
- Mesialisierende Kraft auf den unteren Zahn- bzw. Zahnreihe
- Extrusion im oberen und unteren Einhängbereich
- Kippung im Oberkiefer nach distal und im Unterkiefer nach mesial
- Rotation an den Einhängpunkten
- Lingualkippung an denselben
- Rotation der Okklusionsebene in ClockWise Richtung durch die Extrusion im „vorderen oberen“ und im „hinteren unteren“ Bereich

Die zur Korrektur der Klasse II Verzahnung nötigen Kräfte sind die *horizontalen* Komponenten des Kräfteparallelogramms. Je weiter die Einhängpunkte zwischen Oberkiefer- und Unterkiefer auseinander liegen, desto flacher liegt der Gummizug und desto größer werden diese horizontalen Kraftkomponenten.

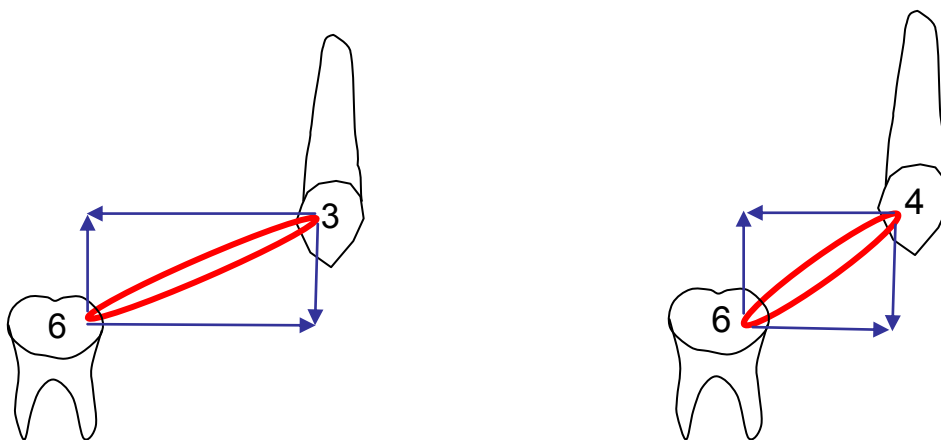


Abb.5 Einhängpunkte der Klasse II Gummizüge

Die *vertikalen* Vektoren sind in den meisten Fällen unerwünscht. Genauso die in Abbildung 6 aufgezeigten bukkal - linguale Vektoren. Da die Klasse II Gummizüge in der Regel bukkal eingehängt werden, und der Kraftansatzpunkt damit bukkal des Widerstandszentrums liegt, kommt es zur Lingualkippung beider Zähne. Diese Kippung ist umso größer, je kleiner die Drahtdimension in der vorgegebenen Slotgröße ist – bzw. wenn ein Runddraht verwendet wird - da dies freie Rotationen zulässt.

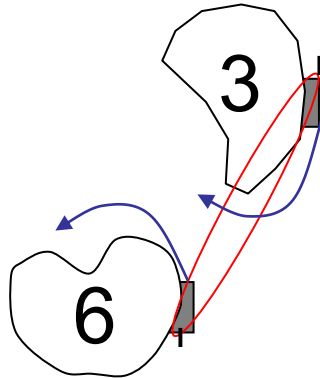


Abb.6 Bukko – linguale Wirkung der Klasse II Gummizüge

Werden Gummizüge während des Wachstums eingesetzt, kommt zu den dentalen Wirkungen noch eine skelettale hinzu. Dadurch und indirekt auch über die dentale Wirkung kommt es durch die Klasse II Elastics zu Veränderungen des Gesichtsmusters, wie z.B. zu einer Vorwärtsbewegung der Mandibula und damit des Kinnes. In der Literatur wird hier von einer Counter ClockWise Rotation gesprochen (Haralabakis N, 2004). Weiters wird von Veränderungen der Gesichtshöhe gesprochen in Abhängigkeit von Tragedauer und Kraftgröße (Nelson B et al., 2000; Bratu C et al., 2004).

Die aufgezeigten Wirkungen, die aufgrund des Einsatzes der Klasse II Gummizüge entstehen, führen also zu weitreichenden Veränderungen im gesamten dentofacialen Bereich.

Um das Klasse II/1 Probandengut der klinischen Abteilung für Kieferorthopädie in Graz auf diese beschriebenen Einflüsse hin zu untersuchen, wurde die vorliegende Studie durchgeführt.

2 Material und Methoden

2.1 Patientengut

Es wurden Fernröntgenbilder von 30 fertig behandelten Distalbissfällen der klinischen Abteilung für Kieferorthopädie an der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Graz untersucht. Der Behandlungszeitraum lag zwischen 1977 bis 2003.

Es kam ausschließlich die Straight - Wire Technik zur Anwendung.

15 der Patienten waren weiblichen ,15 männlichen Geschlechts.

Durchschnittsalter der weiblichen Patienten war 16,8, das der männlichen Patienten 17,2.

2.2 Patientenerhebungen mittels Suchlaufprogramm

Anhand einer speziellen Codierung, konnten durch das KFO-Suchprogramm der Kieferorthopädischen Abteilung die Patienten eruiert werden, für welche die folgenden Ausschlusskriterien zutrafen. Diese waren, der Codierung entsprechend, in 4 verschiedene Gruppen unterteilt worden:

Filterkriterien:

- Gruppe 1:
- (0) WK-Hauptgruppen:
 - Klasse II/1 (2)
 - (1) WK Altersgruppen:
 - Bleibendes Gebiss (D)
 - (24)WK Gummis:
 - Gummizüge Kl.II (C)
 - Lange Gummizüge (K)

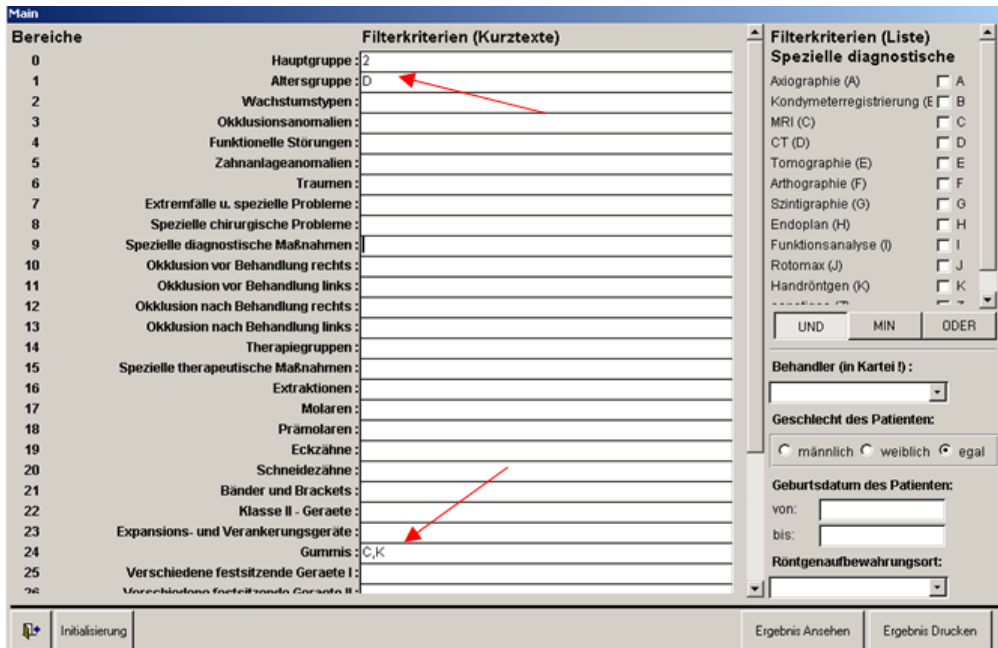


Abb.7 KFO Filterkriterien für Gruppe 1

- Gruppe 2:
- (0) WK-Hauptgruppen:
 - Klasse II/1 (2)
 - (1) WK Altersgruppen:
 - Bleibendes Gebiss (alle 2.Molaren in Okklusion) (E)
 - (24)WK Gummis:
 - Gummizüge Kl.II (C)
 - Lange Gummizüge (K)

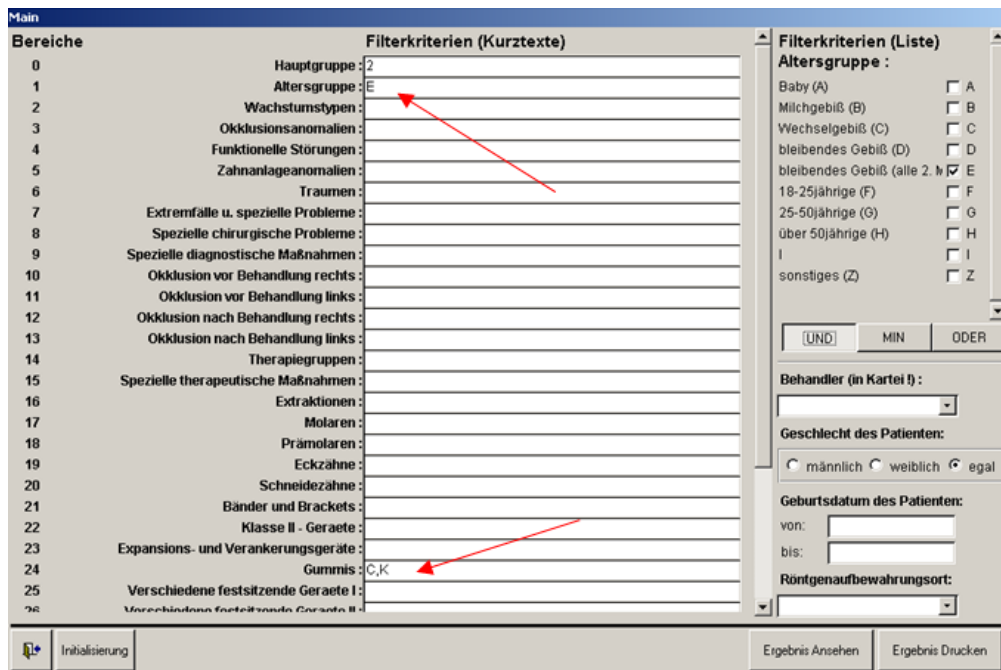


Abb.8 KFO Filterkriterien für Gruppe 2

- Gruppe 3:
- (0) WK-Hauptgruppen:
 - Klasse II/1 (2)
 - (1) WK Altersgruppen:
 - 25-50 jährige (G)
 - (24) WK Gummis:
 - Gummizüge Kl.II (C)
 - Lange Gummizüge (K)

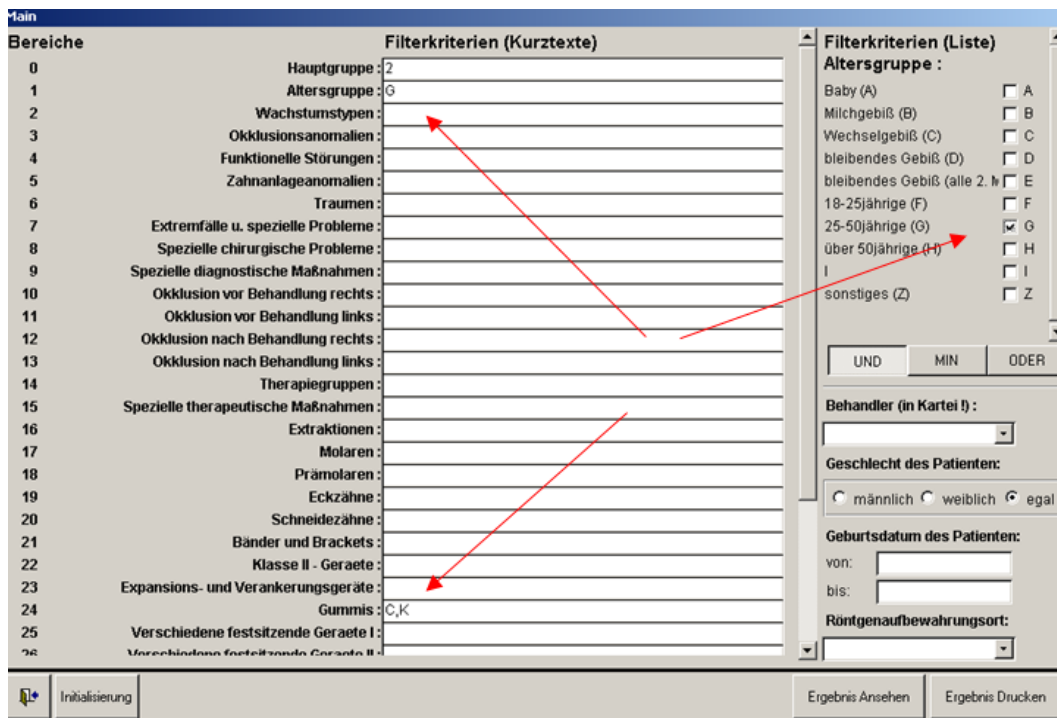


Abb.9 KFO Filterkriterien für Gruppe 3

- Gruppe 4:
- (0) WK-Hauptgruppen:
 - Klasse II/1 (2)
 - (1) WK Altersgruppen:
 - 18 bis 25 jährige (F)
 - (24) WK Gummis:
 - Gummizüge Kl.II (C)
 - Lange Gummizüge (K)

Abb.10 KFO Filterkriterien für Gruppe 4

2.3 Archivarbeiten

Anhand dieser Ergebnisse des KFO-Suchprogrammes wurden die Patientenkarteeien aus dem Abteilungsarchiv der Kieferorthopädie ausgehoben und auf das Vorhandensein der notwendigen Fernröntgenbilder geprüft. Waren keine vorhanden, wurden diese Fälle aus der Studie genommen. Dasselbe galt für diejenigen Patienten, deren Röntgenbilder von so schlechter Qualität waren, dass sie nicht ausgewertet werden konnten.

2.4 Nichtcodierte Daten

Aus den dann definitiv verbliebenen handschriftlich geführten Unterlagen wurden noch diejenigen Daten erhoben, die nicht computercodiert waren.

- 1) das Einsetzdatum der langen Gummizüge
- 2) das Datum zum Zeitpunkt der Entfernung der Elastics

Aus diesen zwei Daten wurden anschließend die durchschnittliche Tragedauer und die maximale und minimale Zeitspanne des Liegens der elastischen Elemente errechnet.

2.5 Fernröntgen

Es wurden diejenigen Fernröntgen der Patienten herangezogen, die am zeitnächsten zum Einhängen- bzw. Abnahmedatum durchgeführt worden waren. Das ergab pro Patient zwei Stück – ein „Anfangs“-Bild und ein „End“-Bild.

Diese beiden Röntgen wurden in der Folge von zwei Untersuchern manuell durchgezeichnet und folgende festgelegte Parameter ausgewertet:

- Winkel (S.N.A)
- Winkel (S.N.B)
- Winkel (A.N.B)
- Summe Sella-,Artikulare- und Gonion-Winkel
- Winkel der Palatinalene (Spa-Spp) zur vorderen Schädelbasis (S-N)
- Inklination des oberen Schneidezahnes zur vorderen Schädelbasis (S-N)
- Zahnachsenwinkel oberer mittlerer Schneidezahn zur Oberkieferenebene
- Inklination des unteren Schneidezahnes zur Unterkieferenebene (Go-Me)
- Interinzisalwinkel
- Abstand des Ramus-Mittelpunktes zur Okklusionsebene
- Winkel der Okklusionsebene zur XiPm-Linie
- Abstand der Lippenspalte von der Okklusionsebene
- Abstand des Zentrums des oberen Schneidezahns von der vorderen Schädelbasis
- Abstand des Zentrums des unteren Schneidezahns von der Unterkieferenebene (Go-Me)
- Abstand der Höckerspitzen des unteren ersten Molaren zur Unterkieferenebene
- Winkel zwischen der Unterkieferenebene und der vorderen Schädelbasis
- Winkel zwischen der Unterkieferenebene und der Okklusionsebene
- Winkel zwischen der Unterkieferenebene und der unteren Okklusionslinie
- Winkel zwischen der Oberkieferenebene und der oberen Okklusionslinie
- Winkel zwischen der Oberkieferenebene und der Okklusionsebene
- Wits appraisal

Um die Statistikauswertung übersichtlicher gestalten zu können, wurden den einzelnen Parametern jene Zahlen zugeordnet die aus der Vergleichsliteratur von Prof Droschl H. stammen.

- Winkel der Palatinalenebene (Spa-Spp) zur vorderen Schädelbasis (S-N)
= **Variable 23**
- Inklination des oberen Schneidezahnes zur vorderen Schädelbasis (S-N)
= **Variable 26**
- Inklination des unteren Schneidezahnes zur Unterkieferebene (Go-Me)
= **Variable 27**
- Abstand der oberen Schneidekante zur Fazialebene
= **Variable 26 a**
- Abstand der Schneidekante des unteren Incisivus zur Fazialebene.
= **Variable 27 a**
- Interinzisalwinkel
= **Variable 28**
- Zahnachsenwinkel oberer mittlerer Schneidezahn zur Oberkieferebene
= **Variable 85**
- Abstand des Ramus-Mittelpunktes zur Okklusionsebene
= **Variable 56**
- Winkel der Okklusionsebene zur XiPm-Linie
= **Variable 57**
- Abstand der Lippenspalte von der Okklusionsebene
= **Variable 59**
- Abstand des Zentrums des oberen Schneidezahns von der vorderen Schädelbasis
= **Variable 35**
- Abstand des Zentrums des unteren Schneidezahns von der Unterkieferebene (Go-Me)
= **Variable 36**
- Winkel zwischen der Unterkieferebene und der vorderen Schädelbasis
= **Variable A**
- Winkel zwischen der Unterkieferebene und der Okklusionsebene
= **Variable B**

- Winkel zwischen der Unterkieferebene und der unteren Okklusionslinie
= **Variable C**
- Winkel zwischen der Oberkieferebene und der oberen Okklusionslinie
= **Variable D**
- Winkel zwischen der Oberkieferebene und der Okklusionsebene
= **Variable E**
- Abstand der Höckerspitzen des unteren ersten Molaren zur Unterkieferebene
= **Variable F**
- Abstand zwischen den Schnittpunkten, von den, von den Punkten A und B aus im rechten Winkel zur Okklusionsebene gelegten, Geraden
= **Variable G**

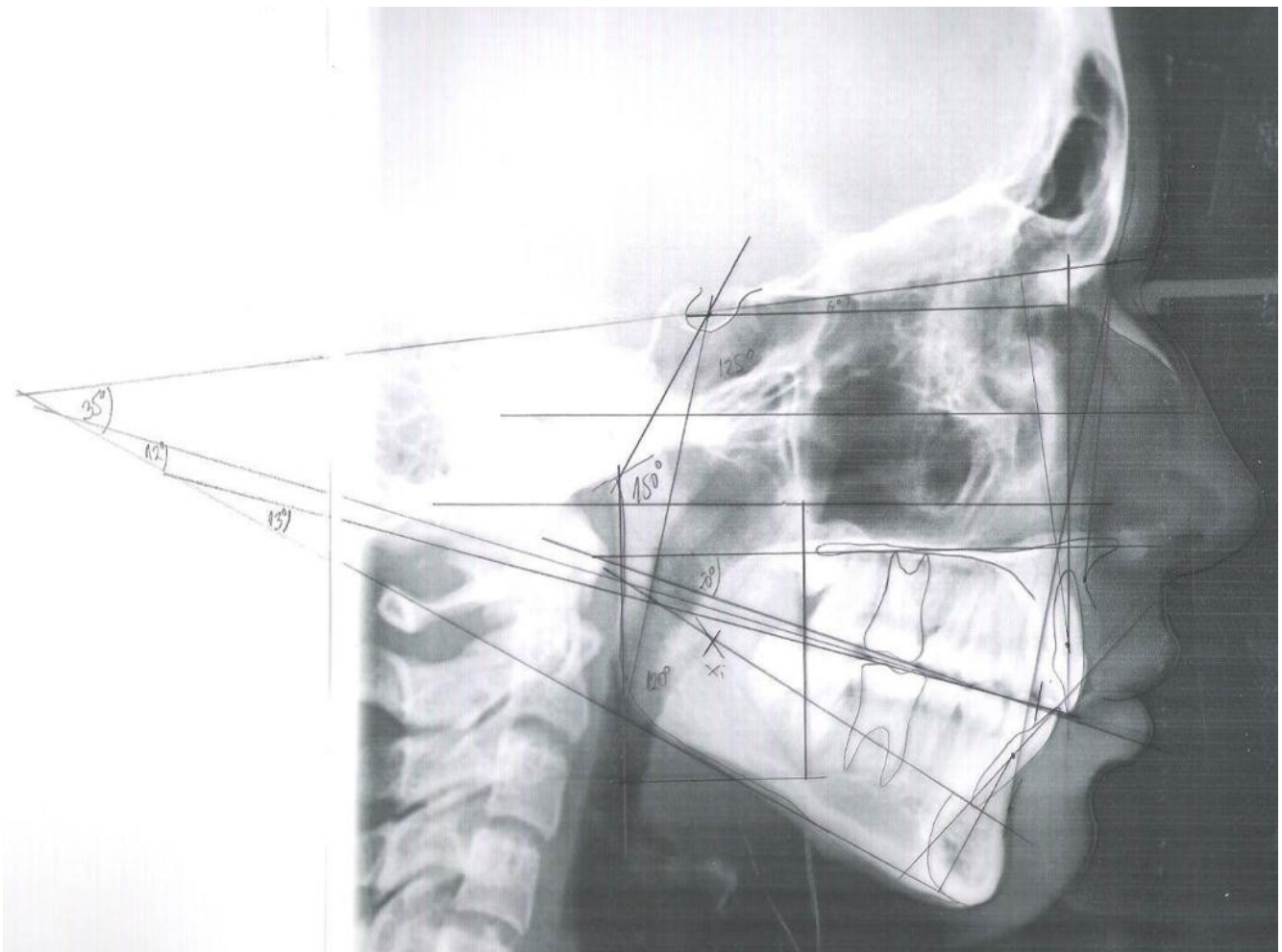


Abb.11 Beispiel eines fertig durchgezeichneten Fernröntgenbildes mit allen Parametern.

Alle Fernröntgen wurden mittels Acetat-Tracing-Folie und Bleistift durchgezeichnet, wobei ein Lichtkasten verwendet wurde. Die Winkel wurden mit einem Geodreieck und die Strecken mit dem Lineal gemessen.

1) Summe Sella-, Artikulare-und Gonionwinkel

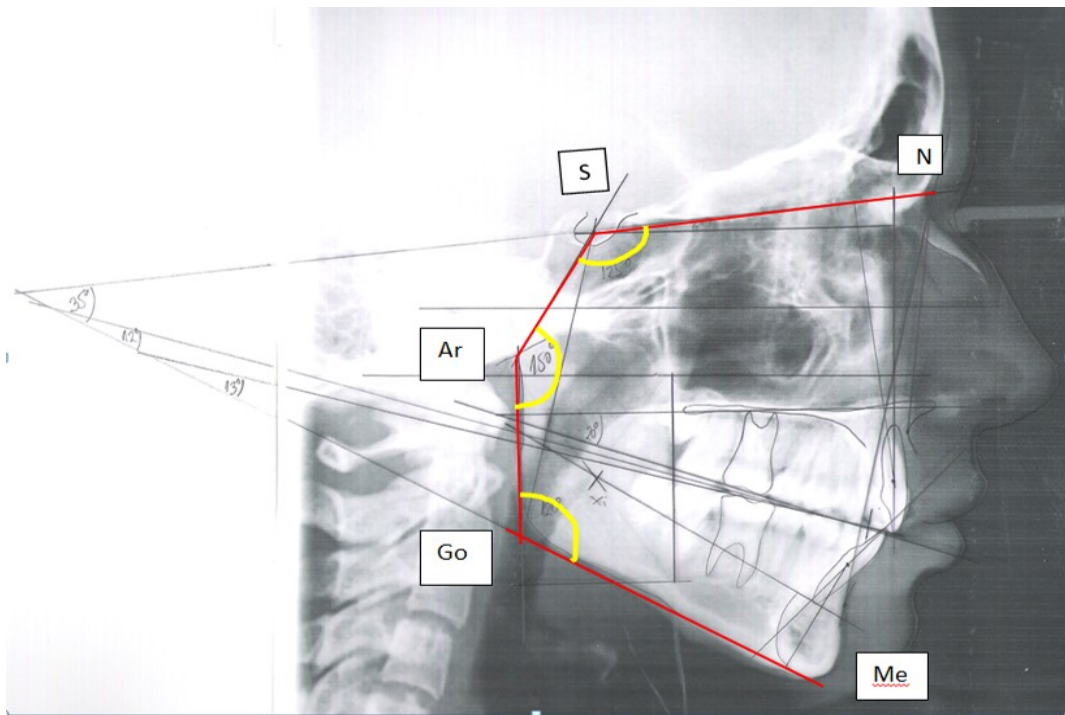


Abb.12 Summenwinkel

Punkt „S“= Mittelpunkt der Sella turcica

Punkt „N“= Nasion: ventralster Punkt der Sutura nasofrontalis

Punkt „Ar“= Articulare:

Ein konstruierter Punkt. Der Schnittpunkt der kaudalen Kontur der hinteren Schädelbasis mit der dorsalen Kontur des Ramus mandibulae

Punkt „Go“= Gonion:

Der am weitesten dorsal und kaudal gelegene Punkt am Kieferwinkel. Die Kieferorthopädie verwendet ein konstruiertes Gonion (nicht anatomisches), konstruiert durch den Schnittpunkt zweier Linien:

1.Linie: Vom Articulare zum Berührungspunkt am Hinterrand der Mandibula

2.Linie: Menton – Berührungspunkt am Corpus

Punkt „Me“= Menton: Tiefster Punkt der Unterkiefer Symphyse

Die 3 Gesichtswinkel :

- Sella Winkel
- Articulare Winkel
- Gonion Winkel

Es wurde von diesen 3 Winkeln die Winkelsumme gebildet. Nach Björk 396 ° ideal.

(Droschl H, 1984)

2) Winkel SNA,SNB und ANB

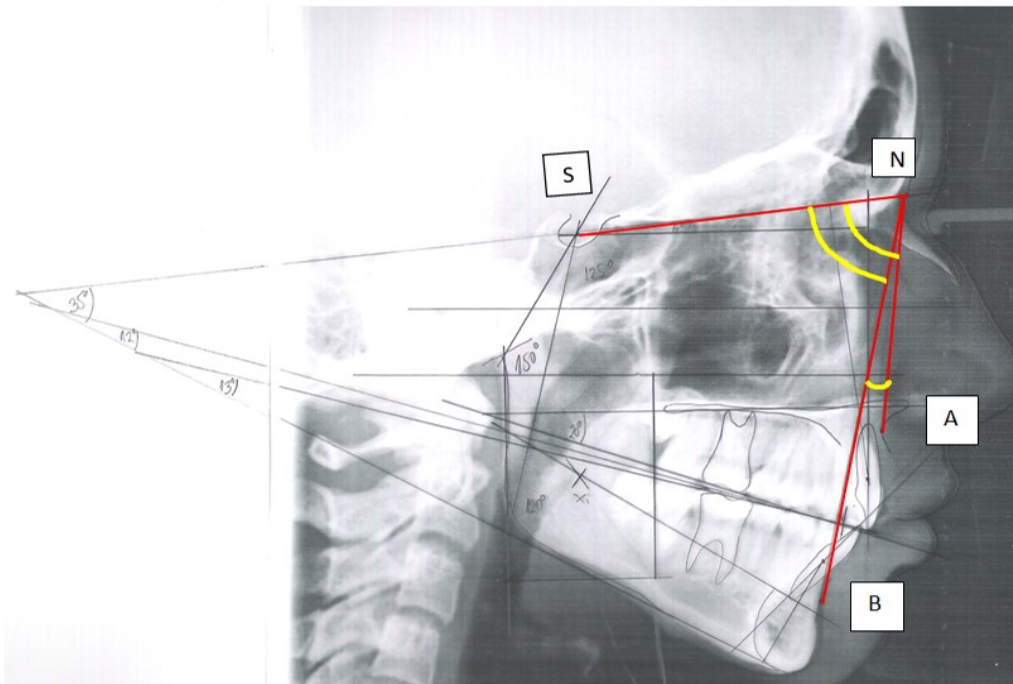


Abb.13 Die Winkel SNA, SNB und ANB

Punkt „A“= Der am weitesten dorsal liegende Punkt an der ventralen Kontur der Maxilla, das ist der tiefste Punkt der ventralen Einziehung

Punkt „B“= Der dorsalste Punkt an der ventralen Kontur der Mandibula

SNA-Winkel : Winkel zwischen den beiden Strecken S-N und N-A.

Normwert: 80°

SNB-Winkel : Winkel zwischen den beiden Strecken S-N und N-B.

Normwert: 78°

ANB-Winkel : Winkel zwischen den beiden Strecken A-N und N-B.

Normwert: 2°

(Droschl H, 1984)

3) Winkel der Palatinalebene (Spa-Spp) zur vorderen Schädelbasis (S-N)

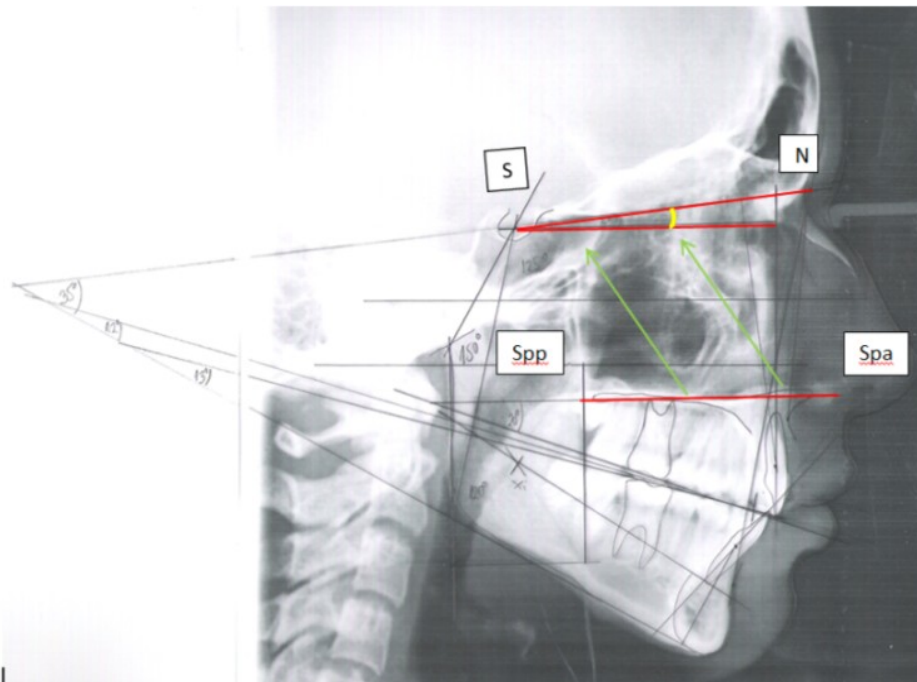


Abb.14 Winkel zwischen der Palatinalebene und der vorderen Schädelbasis

Punkt „Spp“= Spina nasalis posterior: konstruierter Punkt am Schnittpunkt der anterioren Wand der Fossa pterygopalatina mit dem Nasenboden, posteriore Begrenzung der Maxilla

Punkt „Spa“= Spina nasalis anterior: anteriorster Punkt der knöchernen spina nasalis in der Mediansagittalebene, anteriore Begrenzung der Maxilla

Der Winkel zwischen den beiden Strecken N-S und Spa - Spp. Der Schnittpunkt dieser beiden Linien ließ sich durch paralleles Verschieben der Strecke Spa - Spp in Richtung des Punktes Sella darstellen.

Nach Hasund 7° ideal. Nach Droschl bei Klasse II/1 Fällen bei 15 Jährigen ca. 6,8° bei Männern und 8,1° bei Frauen.

(Knak S et al., 2004; Droschl 1984)

4) Inklination des oberen Schneidezahnes zur vorderen Schädelbasis (S-N)

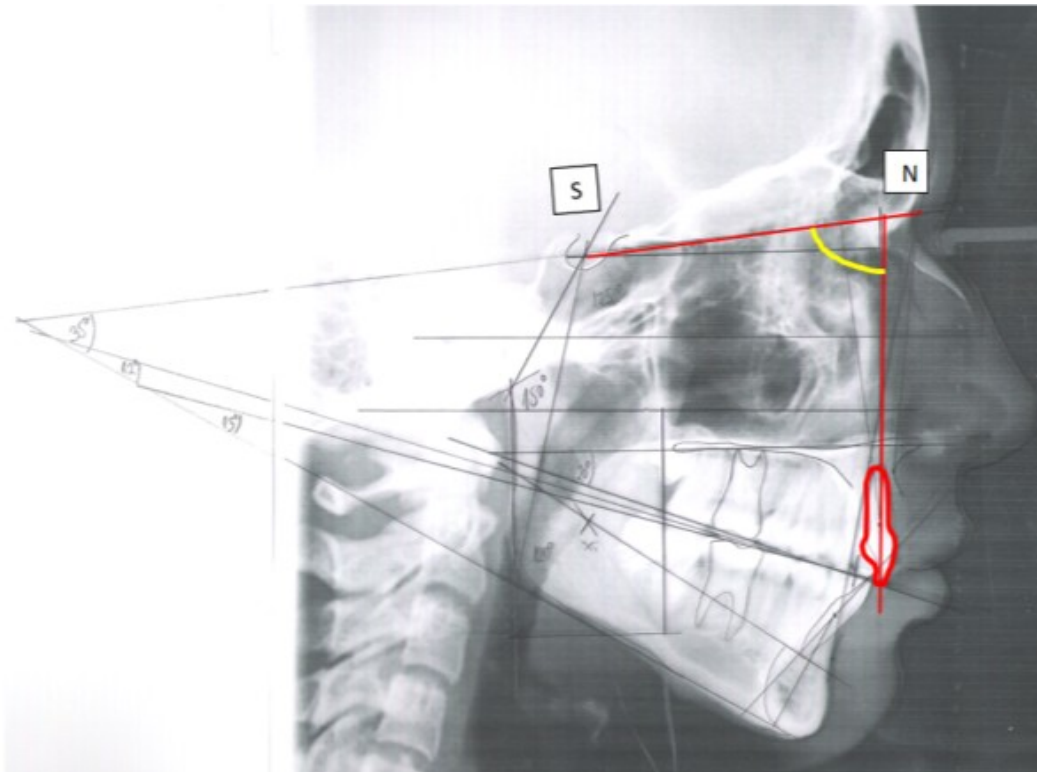


Abb.15 Obere Inklination

Zahnachse: Schneidezähne

Nach der Markierung der Schneidekante und des Punktes an der Wurzelspitze (Apex) wurde eine Linie durch beide Punkte gelegt, die bis zu S-N-Linie nach cranial gezogen wurde. Damit die Zahnkrone dargestellt werden konnte, wurde die Truebite Schablone der Fa.Unitec verwendet. Sie berücksichtigt zwar nicht die Zahnlänge, wohl aber die Inklination.

Obere Schneidezähne :

- 1) Winkel der Zahnachse des oberen Incisvus zur vorderen Schädelbasis.
Normwert: 103°
- 2) Abstand der oberen Schneidekante zur Fazialebene.
Normwert: 3mm vor dem Abstand der unteren Schneidekante zur Fazialebene

(Droschl H, 1984)

5) Inklination des unteren Schneidezahnes zur Unterkieferebene (Go-Me)

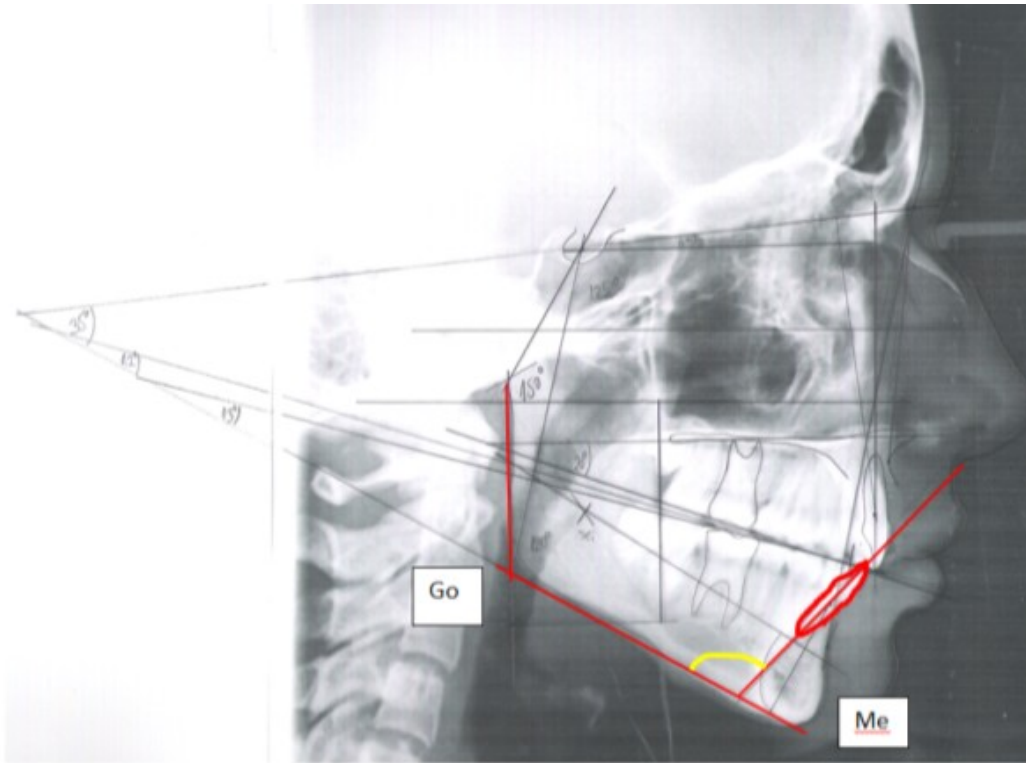


Abb.16 Untere Inklination

Für die Durchzeichnung des Unterkieferschneidezahnes galt dasselbe wie für den oberen.

Untere Schneidezähne :

1) Winkel der Zahnachse des unteren Schneidezahnes zur Unterkieferebene.
Normwert: 90°

2) Abstand der Schneidekante des unteren Incisivus zur Fazialebene.
Normwert: in Abhängigkeit von der Wachstumstendenz:

HWT (horizontale Wachstumstendenz) 0 bis +2 mm

MWT (mittlere Wachstumstendenz) 0 bis +3 mm

VWT (vertikale Wachstumstendenz) 0 bis +5 mm

(Droschl H, 1984)

6) Zahnachsenwinkel des oberen mittleren Schneidezahnes zur Oberkieferenebene

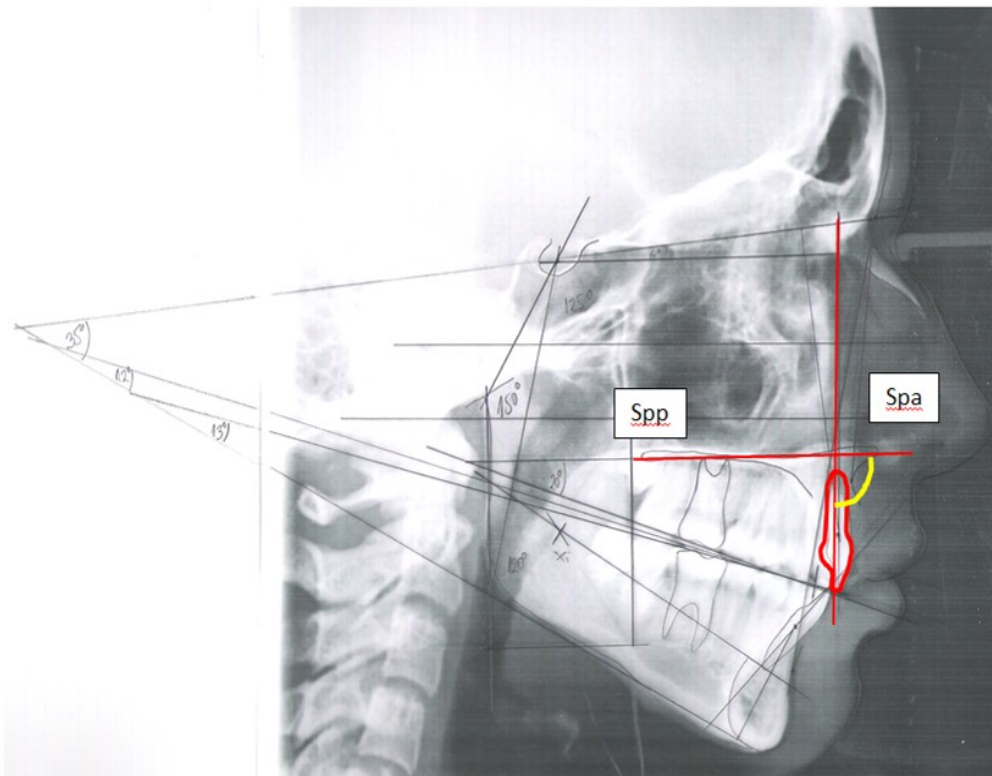


Abb.17 Zahnachsenwinkel oberer Schneidezahn

Punkt „Spp“= Spina nasalis posterior: konstruierter Punkt am Schnittpunkt der anterioren Wand der Fossa pterygopalatina mit dem Nasenboden, posteriore Begrenzung der Maxilla

Punkt „Spa“= Spina nasalis anterior: anteriorster Punkt der knöchernen spina nasalis in der Mediansagittalebene, anteriore Begrenzung der Maxilla

Die Verbindung dieser beiden Punkte ist als Oberkieferenebene definiert.

Laut Droschl bei 15 jährigen Klasse II/1 Fällen bei Frauen ca. 65,7° und bei Männern ca. 69,1°.

(Nötzel F et al., 2007, Droschl 1984)

7) Interinzisalwinkel

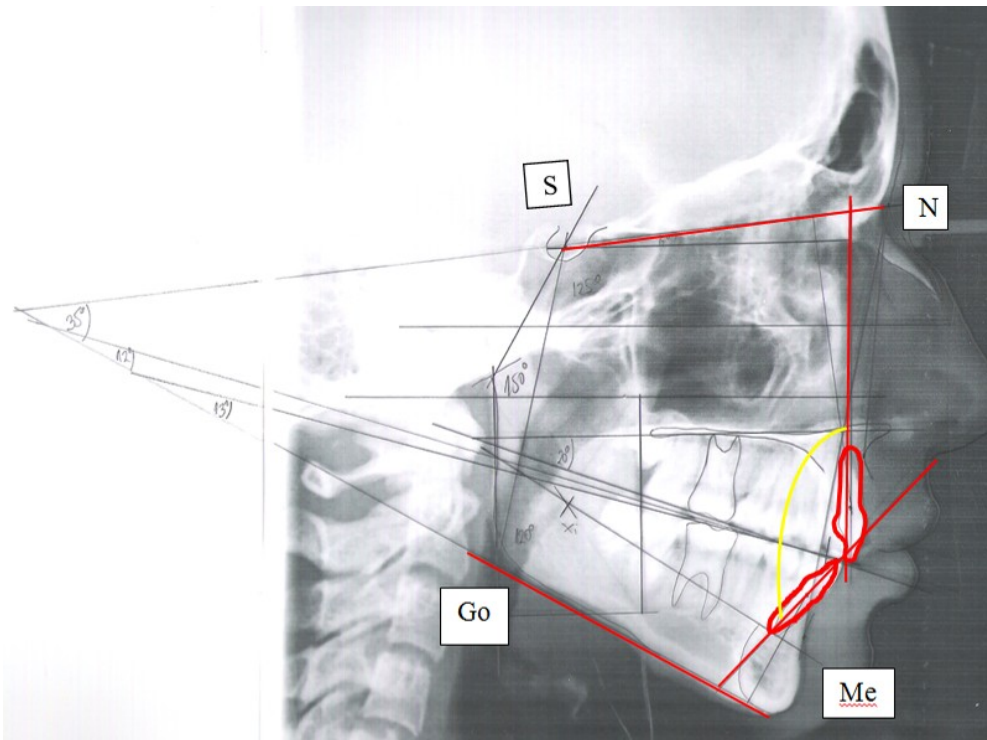


Abb.18 Interinzisalwinkel

Der Winkel zwischen den beiden Schneidezahnachsen (Verlängerung der Strecke zwischen Inzisalkante und Apex – im Oberkiefer bis zur S-N Ebene, im Unterkiefer bis zur Mandibularebene)

Normwert: 132°.

(Knak S et al., 2004)

(Schopf P, 2000)

8) Abstand des Ramus-Mittelpunktes zur Okklusionsebene

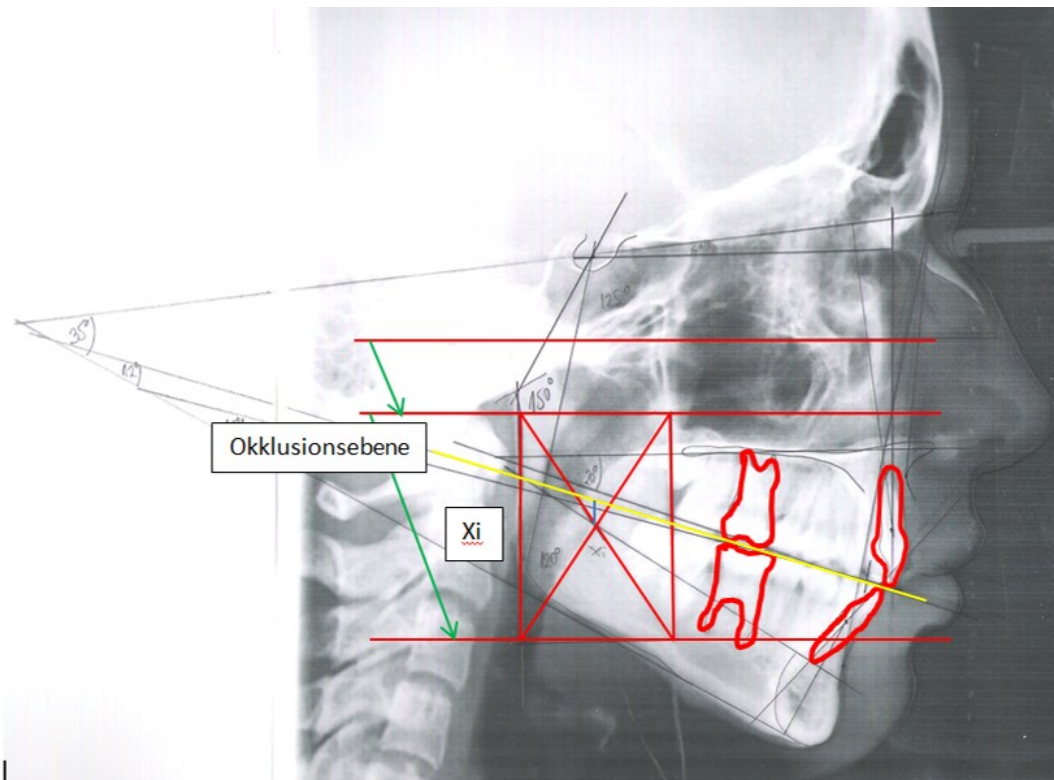


Abb.19 Abstand des Xi Punktes zur Okklusionsebene

Der Abstand des Ramus – Mittelpunktes zur Okklusionsebene ist ein konstruierter Punkt (Xi) mit folgenden Angaben:

Mittelpunkt eines Rechtecks, definiert durch 2 Linien parallel zum Porus acusticus Scheitel und zum Orbitale Or , durch die Incisura semilunaris und der Antigonialen Einziehung des Unterkiefers und 2 Linien durch den Ramus Vorderrand und den Ramus Hinterrand im rechten Winkel dazu.

Laut Droschl bei 15 Jährigen Frauen ca. 2,2 mm und bei Männern 3,0 mm.

(Droschl H, 1984)

9) Winkel der Okklusionsebene zur XiPm-Linie

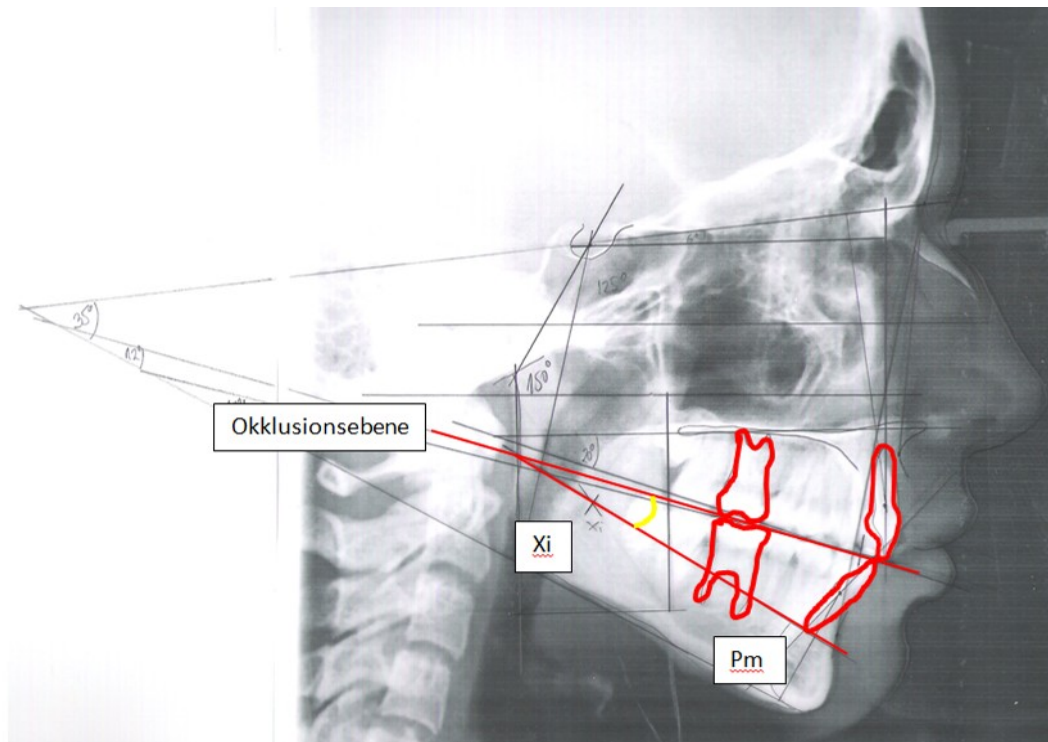


Abb.20 Winkel zwischen der Okklusionsebene und der XiPm Linie

= Occlusal Plane Inclination

Der Winkel zwischen der Strecke XiPm und der Okklusionsebene

Punkt „Pm“= Punkt auf der vorderen Kontur der Symphyse zwischen B-Punkt und Pogonion ,an dem der konkave Konturverlauf in den konvexen übergeht.

Punkt „Xi“= konstruierter Punkt

Mittelpunkt eines Rechtecks, definiert durch 2 Linien parallel zum Porus acusticus Scheitel und zum Orbitale Or , durch die Incisura semilunaris und der Antigonialen Einziehung des Unterkiefers und 2 Linien durch den Ramus Vorderrand und den Ramus Hinterrand im rechten Winkel dazu.

Laut Droschl bei 15 Jährigen Frauen ca. 19,3° und bei Männern 17,1°.

(Schopf P, 2000; Droschl 1984)

10) Abstand der Lippenspalte von der Okklusionsebene

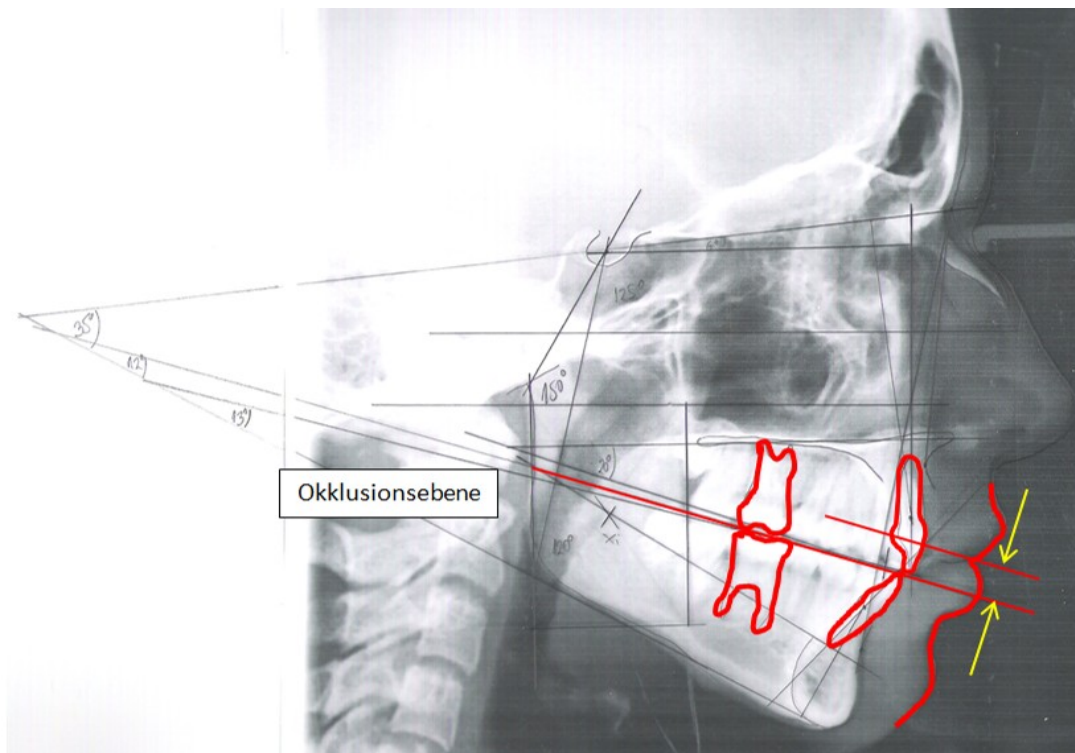


Abb.21 Abstand der Lippenspalte zur Okklusionsebene

Eine Parallele wurde von der Okklusionsebene in Richtung Lippenspalte gezogen und der Abstand dazwischen vermessen.

Laut Droschl bei 15 Jährigen Frauen ca.3 mm und bei Männern 3,6 mm.

(Droschl H, 1984)

11) Abstand des Zentrums des oberen Schneidezahnes von der vorderen Schädelbasis

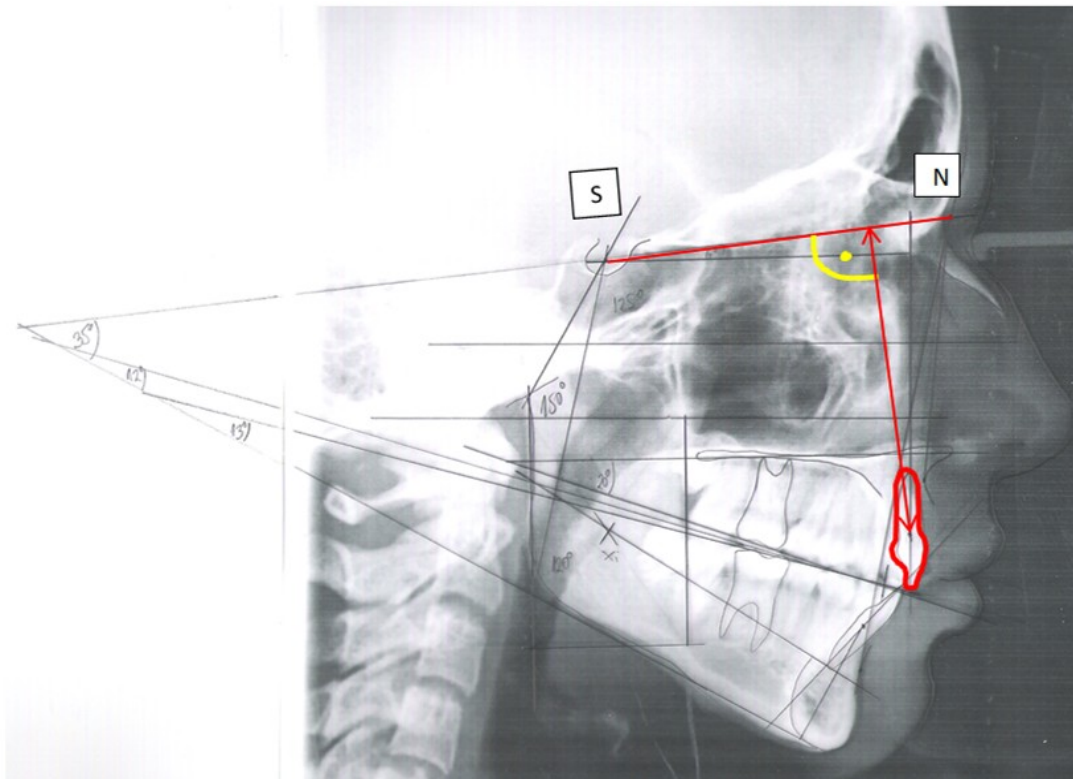


Abb.22 Abstand des Zentrums des oberen Schneidezahnes von der vorderen Schädelbasis

Der Abstand zwischen der Inzisalkante und des Apex des oberen mittleren Schneidezahnes wurde halbiert und eine Gerade aus dem Zentrum des Schneidezahnes im rechten Winkel auf die vordere Schädelbasis (S-N) gelegt, und dessen Länge ermittelt.

Laut Droschl bei 15 Jährigen Frauen ca. 69,3mm und bei Männern 71,8 mm.

(Droschl H, 1984)

12) Abstand des Zentrums des unteren Schneidezahns von der Unterkieferebene (Go-Me)

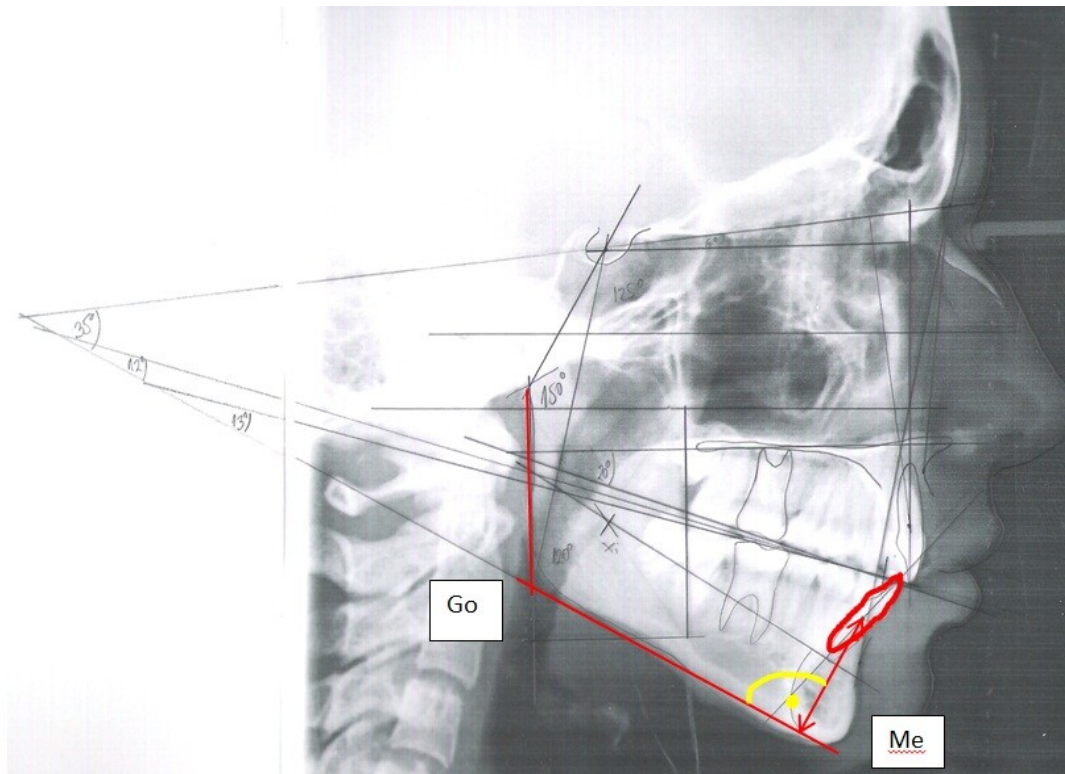


Abb.23 Abstand des Zentrums des unteren Schneidezahns von der Unterkieferebene (Go-Me)

Die Messung erfolgte in derselben Weise wie am oberen Incisivus von der errechneten Zahnmitte bis zum Schnittpunkt mit der Unterkieferebene (Go-Me), wobei diese Linie auch hier im rechten Winkel gelegt wurde.

Laut Droschl bei 15 Jährigen Frauen ca. 31,2 mm und bei Männern 31,7 mm.

(Droschl H, 1984)

13) Abstand der Höckerspitzen des unteren ersten Molaren von der Unterkieferebene (Go-Me)

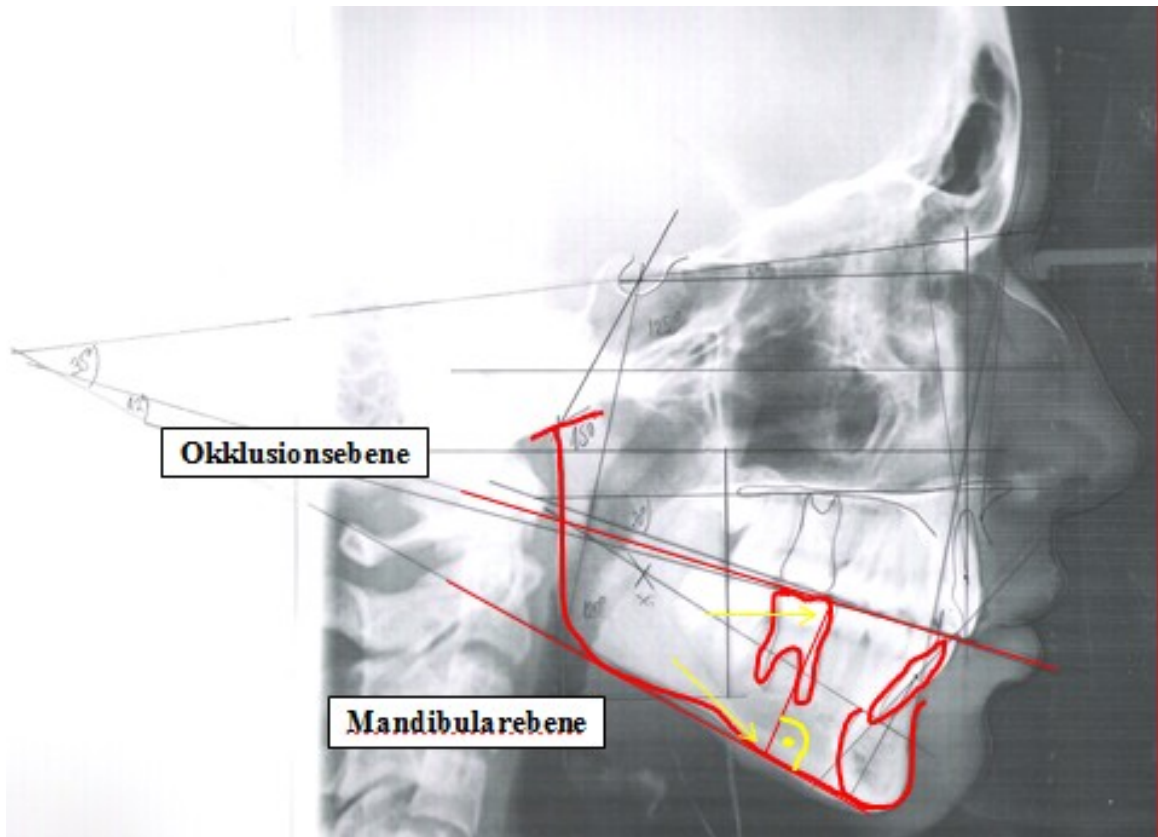


Abb.24 Abstand der Höckerspitzen des unteren ersten Molaren von der Unterkieferebene

Der Abstand der Höckerspitze des unteren ersten Molaren zur Unterkieferebene (Go-Me), wurde durch eine im rechten Winkel zur Unterkieferebene gelegten Geraden von dem Berührungspunkt des mesiobukkalen Höckers des unteren ersten Molaren mit der Okklusionsebene gemessen.

14) Wits appraisal

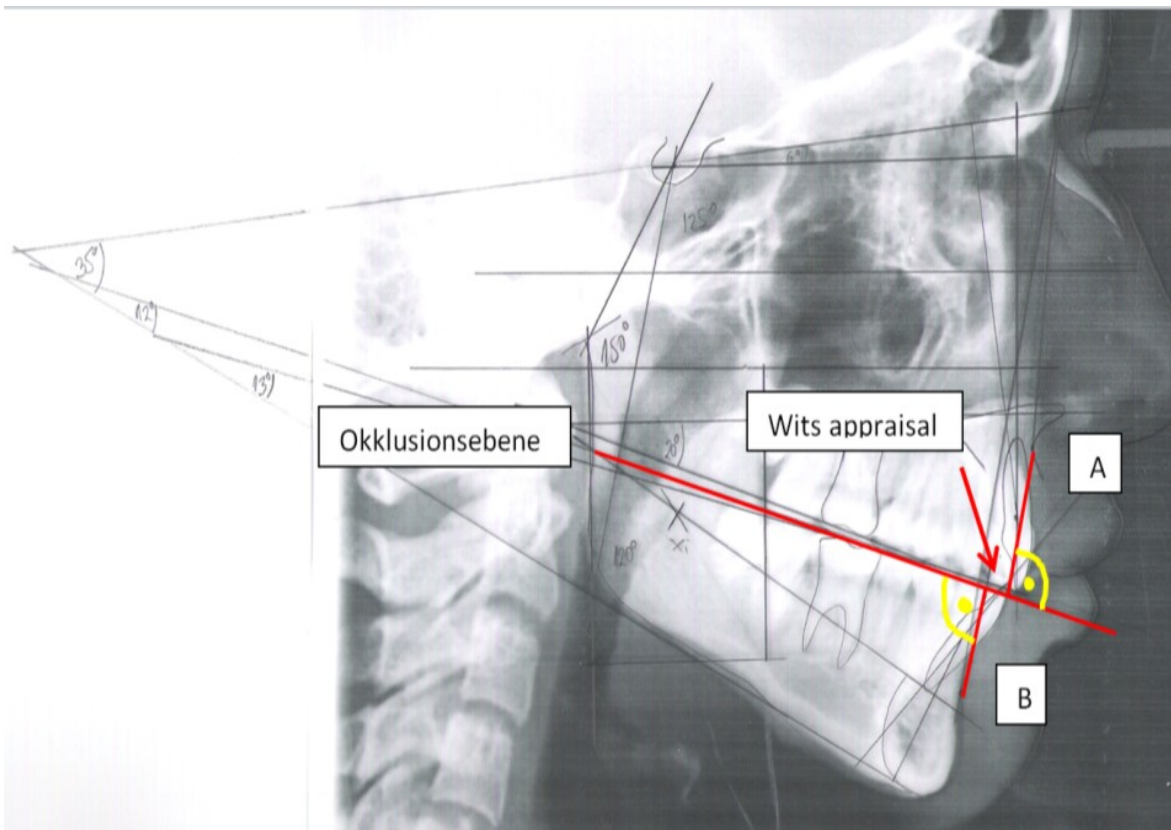


Abb.25 Wits appraisal

Abstand zwischen den Schnittpunkten, von den, von den Punkten A und B aus im rechten Winkel zur Okklusionsebene gelegten Geraden.

Normwert: 0 mm bei Frauen und -1 mm bei Männern (bei skelletaler Klasse I Relation),
bei skelletaler Klasse II > 2 mm

(Jacobson A, 1975; Nötzel 2007)

15) Messungen in Anlehnung an Sassouni:

Sassouni definierte unter anderem, dass sich die 4 Linien, welche die vordere Schädelbasis, die Oberkiefebene, die Okklusionsebene und die Unterkieferebene repräsentieren, im Idealfall in einem einzigen Punkt schneiden.

Die Definitionen der **Ober- und Unterkieferebene** sind unter Punkt 16 aufgezeigt, die **vordere Schädelbasis** unter Punkt 2.

Die **Okklusionsebene** wurde, wie folgt, angenommen:

Es wurde der Abstand zwischen den Schneidekanten der oberen und unteren Incisivi halbiert, und eine Gerade durch diesen Punkt zwischen den Höckerspitzen der ersten Molaren gezogen. Als Ersatz bei fehlenden ersten Molaren wurden die Prämolaren oder die zweiten Molaren zur Konstruktion herangezogen.

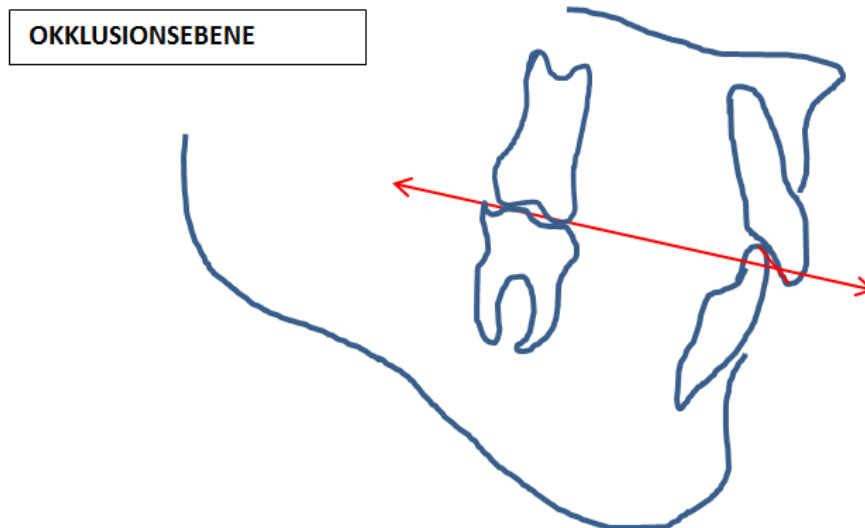


Abb.26 Die zur Auswertung definierte Okklusionsebene

Es wurde per ja/nein Antwort eruiert, ob nach Einstellung am Ende der Gummizugphase ein solcher Schnittpunkt erreicht werden konnte oder nicht.

16) Weitere Messungen

Weiters wurden folgende Winkel zur Beurteilung mit herangezogen:

Unterkiefer:

- Der Winkel zwischen der der Unterkieferebene (Definition siehe Punkt 16 weiter unten) und der vorderen Schädelbasis (Definition siehe Punkt 4)
- Der Winkel zwischen der Unterkieferebene und der Okklusionsebene (Definition siehe Punkt 15)

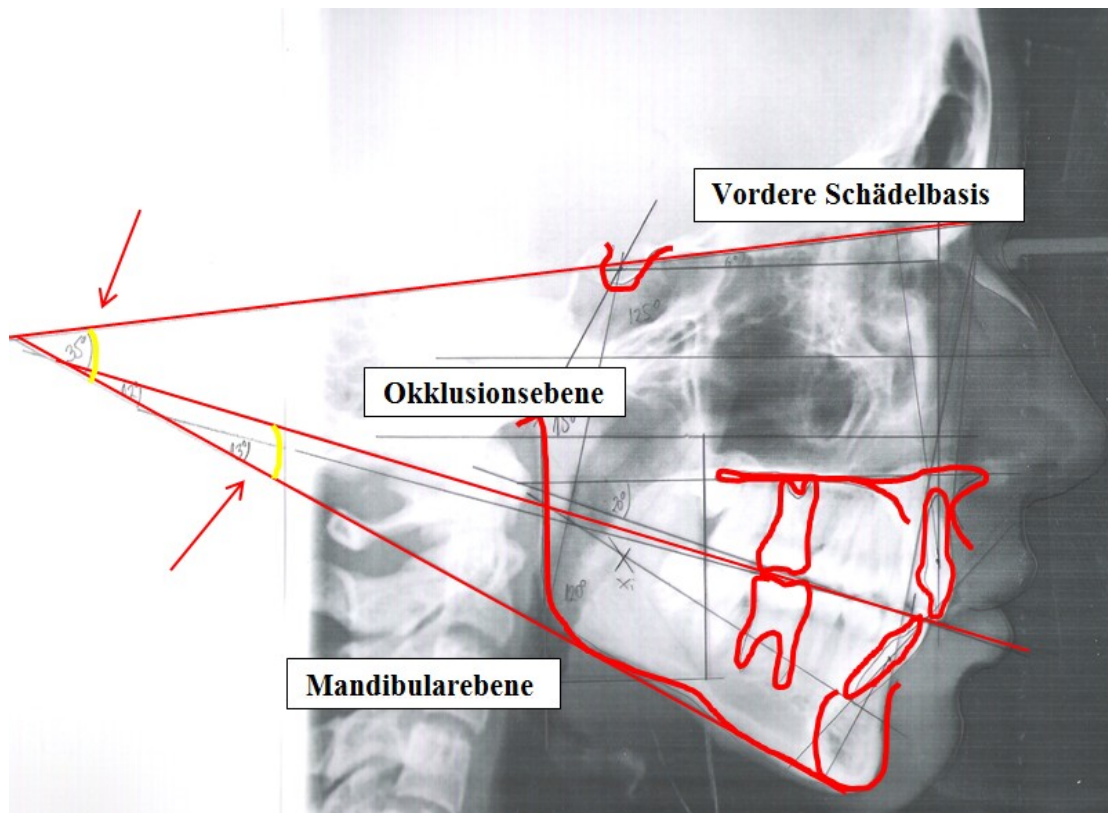


Abb.27 Winkel zwischen der Mandibularebene, Okklusionsebene und vorderer Schädelbasis

Oberkiefer:

- Der Winkel zwischen der der Oberkieferebene (Definition siehe Punkt 16 weiter unten) und der vorderen Schädelbasis (Definition siehe Punkt 2)
- Der Winkel zwischen der Oberkieferebene und der Okklusionsebene (Definition siehe Punkt 15)

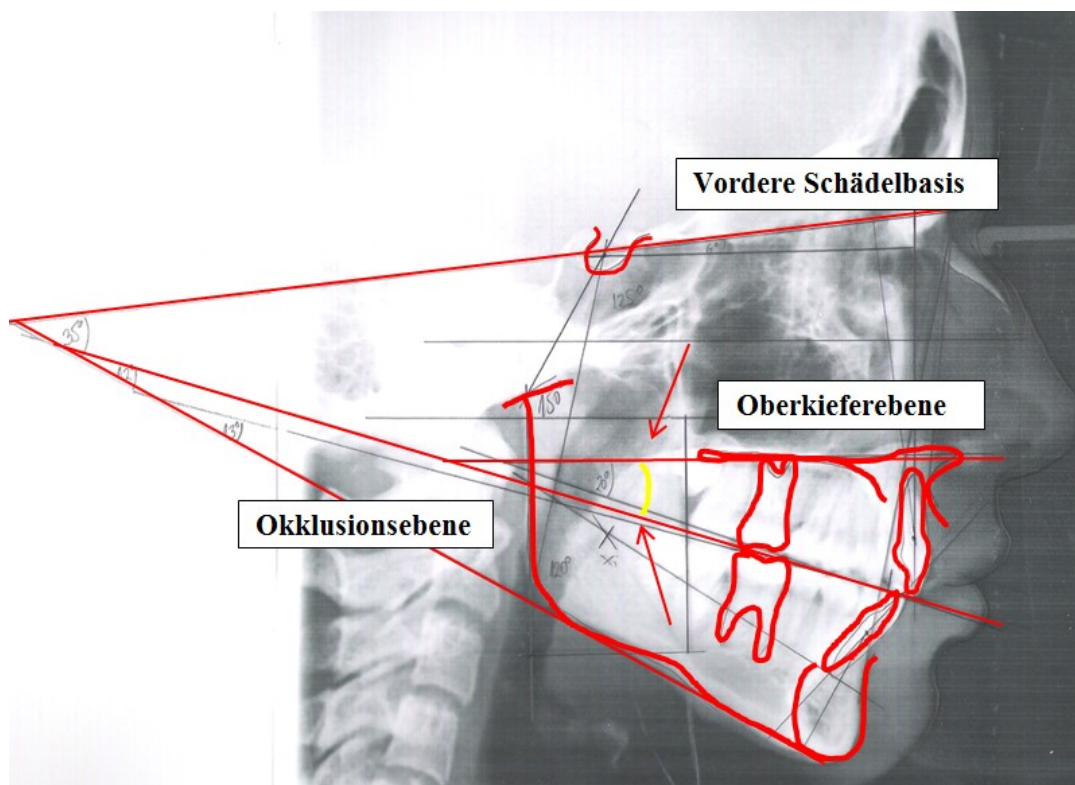


Abb.28 Winkel zwischen der Oberkieferebene, der Okklusionsebene und der vorderen Schädelbasis

Zur differenzierteren Beurteilung der dentoalveolären Veränderungen im Vergleich zu jener der skelettalen Basen wurden noch andere Winkel ausgemessen:

- Winkel zwischen der Oberkieferebene und der oberen Okklusionslinie
- Winkel zwischen der Unterkieferebene und der unteren Okklusionslinie

Oberkieferebene :

Strecke zwischen dem Punkt Spa und dem Punkt Spp mit Verlängerung nach dorsal.

Obere Okklusionslinie :

Eine Linie durch die Schneidekante des am weitesten ventral stehenden oberen mittleren Schneidezahns und dem distalen Höcker des oberen ersten bleibenden Molaren.

Mandibularebene :

Strecke zwischen dem Punkt Me und dem Punkt Go mit Verlängerung nach dorsal.

Untere Okklusionslinie :

Eine Linie durch die Schneidekante des am weitesten ventral stehenden unteren mittleren Schneidezahns und dem distalen Höcker des unteren ersten bleibenden Molaren.

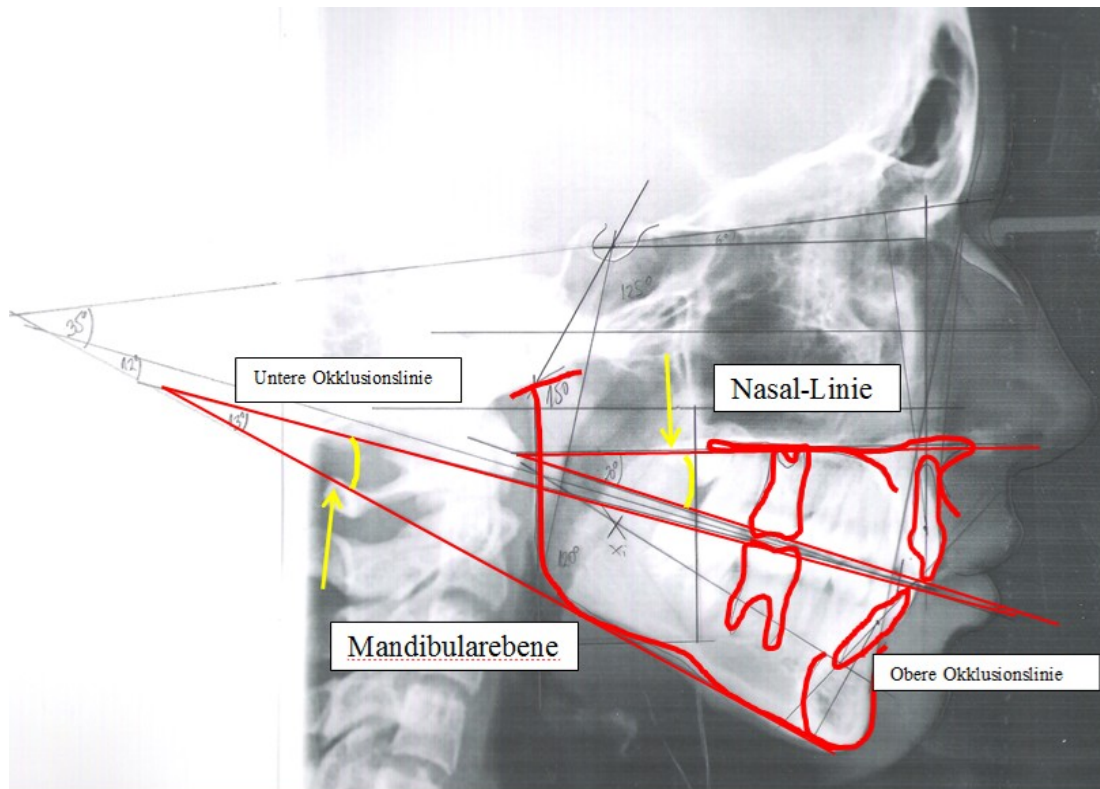


Abb.29 Winkel der oberen und unteren Okklusionslinien zu der Mandibularebene und der Palatinalenebene

3 Ergebnisse

a) Ergebnisse - Allgemeines

Die Ergebnisse sind in den Tabellen 1 bis 12 zusammengefasst. Um die Tabellen von den Parametern her möglichst übersichtlich gestalten zu können, wurden die numerischen Variablenangaben gewählt. Es empfiehlt sich, für das Lesen der Tabellen die im Anhang herausnehmbare Liste zu entnehmen, in der die Variablen aufgeschlüsselt sind.

b) Ergebnisse – im Detail

In den folgenden Tabellen sind die **Durchzeichnungsergebnisse der zwei Untersucher** aufgelistet.

Die Minimal – und Maximalwerte sind jeweils in Abhängigkeit vom Parameter in Grad oder Millimeter angegeben.

Untersucher 1	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
V23 vorher	0	15	7,60	3,81
V23 nachher	0	15	7,43	4,04
V85 vorher	54	85	69,70	7,05
V85 nachher	59	96	74,67	8,18
V56 vorher	1	12	2,83	2,29
V56 nachher	1	7	2,67	1,73
V57 vorher	12	32	21,60	3,96
V57 nachher	15	26	19,93	2,80
V59 vorher	0	5	2,48	1,37
V59 nachher	1	7	4,02	1,64
V28 vorher	109	150	128,23	9,69
V28 nachher	118	153	133,67	9,82
V35 vorher	59	80	69,13	4,79

V35 nachher	60	84	70,50	5,19
V36 vorher	22	38	29,13	3,87
V36 nachher	22	38	28,90	3,81
A vorher	14	50	34,73	7,32
A nachher	17	54	33,73	8,01
B vorher	8	32	18,77	5,15
B nachher	4	25	15,80	5,05
C vorher	4	35	12,30	6,27
C nachher	4	22	14,23	4,51
D vorher	13	29	21,13	4,61
D nachher	9	27	17,30	5,23
E vorher	2	15	9,30	3,77
E nachher	4	20	12,27	3,88
F vorher	21	38	30,23	3,10
F nachher	24	41	32,27	2,73
G vorher	1	5	2,03	0,999
G nachher	-1	3	1,23	0,971
SNA vorher	72	88	80,57	4,01
SNA nachher	72	88	79,93	3,95
SNB vorher	66	87	75,83	4,53
SNB nachher	63	84	76,30	4,51
ANB vorher	1	12	4,73	2,45
ANB nachher	-4	9	3,63	2,28
V26 vorher	80	115	102,93	7,37

V26 nachher	79	118	98,57	9,11
V26a vorher	-2	20	8,87	4,04
V26a nachher	-6	12	5,27	3,96
V27 vorher	80	108	94,70	7,03
V27 nachher	82	106	94,77	7,98
V27a vorher	-6	9	2,93	2,98
V27a nachher	-10	9	1,90	3,67
WS vorher	377	410	395,00	7,34
WS nachher	378	414	394,77	8,05
Untersucher 2	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
V23 vorher	0	17	7,63	4,06
V23 nachher	0	15	8,07	3,57
V85 vorher	56	87	70,63	7,30
V85 nachher	52	91	74,60	8,42
V56 vorher	1	13	3,28	2,35
V56 nachher	1	6	2,97	1,65
V57 vorher	11	33	19,57	4,40
V57 nachher	13	24	18,97	2,83
V59 vorher	1	6	3,27	1,39
V59 nachher	1	8	3,97	1,67
V28 vorher	112	146	128,63	8,13
V28 nachher	115	153	132,73	9,35
V35 vorher	60	82	70,80	5,01
V35 nachher	61	84	72,33	5,09

V36 vorher	24	41	32,07	3,89
V36 nachher	23	40	31,33	4,15
A vorher	18	52	35,30	7,15
A nachher	18	54	34,77	7,36
B vorher	8	28	16,80	5,23
B nachher	5	25	15,20	4,80
C vorher	5	19	13,43	4,06
C nachher	1	20	12,93	4,39
D vorher	7	29	17,80	5,89
D nachher	7	28	16,93	5,06
E vorher	2	15	9,37	3,50
E nachher	4	18	12,27	3,61
F vorher	20	38	30,10	3,08
F nachher	24	42	32,30	2,89
G vorher	1	3	1,77	0,817
G nachher	-1	3	1,20	1,126
SNA vorher	70	89	80,10	4,11
SNA nachher	70	86	78,67	4,31
SNB vorher	65	86	75,13	4,44
SNB nachher	63	83	75,50	4,37
ANB vorher	1	12	4,97	2,58
ANB nachher	-5	9	3,30	2,76
V26 vorher	76	114	101,73	8,00
V26 nachher	79	120	97,47	9,04

V26a vorher	-2	20	9,13	4,13
V26a nachher	-5	13	5,43	4,07
V27 vorher	78	106	94,17	6,78
V27 nachher	80	107	95,00	7,87
V27a vorher	-6	10	3,30	3,17
V27a nachher	-11	8	2,03	3,76
WS vorher	378	413	394,50	7,53
WS nachher	379	414	394,87	7,86

Tabelle 1.Deskriptive Statistik

Um die Stärke der **Übereinstimmung zwischen den Messungen** der zwei Untersucher zu bestimmen, wurde der *Intraclass-Korrelationskoeffizient (ICC)* berechnet.

Dieser ist zwischen 0 und 1. Je näher der Wert bei 1 ist, desto stärker ist die Übereinstimmung. (Muchitsch A.P et al, 1989 ; Carlsson 1967, Baumrind und Frantz 1971, Bergin et al.1978, Bondevik et al.1981, Droschl 1984, Konchak und Koeler 1985, Houston et al.1986)

In der Tabelle ist der ICC in der letzten Spalte angeführt.

Mittelwert Untersucher 1 und 2	Minimu m	Maximu m	Mittelwer t	SD	ICC
V23 vorher	0	16,0	7,617	3,84	0,901
V23 nachher	0	15	7,75	3,72	0,904
V85 vorher	55,0	86,0	70,167	6,97	0,884
V85 nachher	56	94	74,63	8,18	0,945
V56 vorher	1,0	12,5	3,058	2,20	0,804
V56 nachher	0,5	6,5	2,817	1,56	0,696

V57 vorher	14,0	32,5	20,583	3,85	0,711
V57 nachher	14	25	19,45	2,61	0,611
V59 vorher	0,5	5,0	2,875	1,24	0,750
V59 nachher	1	8	3,99	1,547	0,921
V28 vorher	110,5	146,5	128,433	8,77	0,949
V28 nachher	117	153	133,20	9,47	0,967
V35 vorher	59,5	81,0	69,967	4,86	0,953
V35 nachher	60,5	84,0	71,417	5,08	0,817
V36 vorher	23,0	39,5	30,600	3,69	0,890
V36 nachher	23	39	30,12	3,87	0,968
A vorher	16,0	51,0	35,017	7,18	0,975
A nachher	17,5	54,0	34,250	7,64	0,750
B vorher	8	30	17,78	4,94	0,807
B nachher	4,5	25,0	15,500	4,82	0,915
C vorher	4,5	24,5	12,867	4,67	0,915
C nachher	4,5	20,0	13,583	3,76	0,564
D vorher	11	29	19,47	4,79	0,890
D nachher	8	27	17,12	5,01	0,866
E vorher	2	15	9,13	3,52	0,979
E nachher	4	19	12,10	3,68	0,975
F vorher	20	38	30,10	3,08	0,958
F nachher	24	42	32,30	2,89	0,963
G vorher	0	5	2,25	1,15	0,904
G nachher	0	4	2,1	1,00	0,891

SNA vorher	71	88	80,33	3,99	0,934
SNA nachher	71	87	79,30	3,96	0,839
SNB vorher	65,5	86,5	75,483	4,43	0,950
SNB nachher	63	84	75,90	4,38	0,945
ANB vorher	1,5	12,0	4,850	2,43	0,871
ANB nachher	-5	9	3,47	2,40	0,793
V26 vorher	78,0	114,5	102,333	7,56	0,929
V26 nachher	79,0	119,0	98,017	9,02	0,974
V26a vorher	-2,0	20,0	9,000	4,04	0,959
V26a nachher	-5,5	12,5	5,350	3,99	0,974
V27 vorher	79	107	94,43	6,65	0,855
V27 nachher	81	107	94,88	7,87	0,971
V27a vorher	-6,0	9,0	3,117	3,01	0,911
V27a nachher	-11	9	1,97	3,70	0,978
WS vorher	378	412	394,75	7,29	0,920
WS nachher	379	414	394,82	7,87	0,955

Tabelle 2. Intraclass Korrelationskoeffizient

Sowohl bei den Anfangs- wie auch bei den „End“-Fernröntgen schwankten die ICC Werte zwischen 0,564 und 0,992. Das bedeutet, dass die Übereinstimmung zwischen den zwei Durchzeichnern sehr hoch war.

In der Tabelle 3 ist die **Tragedauer** aufgelistet, die sich aus dem Datum des Einsetzens und jenem der Entfernung der Gummizüge ergab.

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Tragedauer (Mo)	6,2	40,3	18,25	10,24

Tabelle 3. Tragedauer

Wie schon aus der Durchsicht der Unterlagen zu entnehmen war, variierte die Tragedauer je nach Mechanik relativ stark. Es waren Schwankungen zwischen einem halben Jahr und etwas mehr als 3 Jahren zu sehen.

Für den **Zusammenhang zwischen Tragedauer und Veränderungen** zwischen vorher und nachher wurde der Pearson Korrelationskoeffizient r berechnet. Dieses r ist zwischen -1 und +1, wobei der Zusammenhang stärker ist, je weiter r von 0 weg liegt.

Diese Ergebnisse für den „Pearson r “ befinden sich in der Tabelle 4 in der letzten Spalte.

Ist r negativ, so ist der Zusammenhang indirekt proportional.

Differenz: nachher - vorher	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD	Sign. p	Pearson r
V23	-3,0	4,5	0,133	1,61	0,654	-0,117
V85	-8,0	25,5	4,467	8,87	0,010	0,061
V56	-9	6	-0,24	2,631	0,619	-0,091
V57	-9,5	5,0	-1,133	3,42	0,080	0,183
V59	-1,0	5,5	1,117	1,66	0,001	-0,013
V28	-13,0	24,5	4,767	10,33	0,017	0,056
V35	-4	7	1,45	2,534	0,004	0,229
V36	-7,5	5,0	-0,483	2,33	0,266	0,034
A	-7	3	-0,77	2,413	0,092	-0,405 (p=0,026)
B	-8,0	2,5	-2,283	3,00	0,000	-0,260
C	-13	10	0,72	4,051	0,341	0,110
D	-15	5	-2,35	4,098	0,004	-0,379 (p=0,039)
E	-5	9,5	2,93	2,47	0,001	-0,026
F	0,0	4	2,12	1,12	0,000	0,047

G	1,0	4,0	1,9	0,824	0,000	-0,108
SNA	-4	1	-1,03	1,224	0,000	-0,231
SNB	-3,5	4,0	0,417	1,72	0,194	0,260
ANB	-6,0	2,5	-1,383	1,93	0,000	-0,352
V26	-26	11	-4,32	9,158	0,015	-0,044
V26a	-11	1	-3,65	2,874	0,000	-0,210
V27	-14	11	0,45	6,880	0,723	0,131
V27a	-5,5	3,5	-1,150	2,25	0,009	-0,330
WS	-7	4	0,07	2,582	0,889	-0,337

Tabelle 4. Signifikante Unterschiede und Pearson Korrelationskoeffizient

Für die gesamte Untersuchung zeigten sich hochsignifikante Korrelationen zwischen Tragedauer und Veränderung bei folgenden Variablen

- Variable A (Winkel zwischen der Unterkieferebene und der vorderen Schädelbasis) mit einem Pearson Korrelationskoeffizient r von -0,405.
Der Zusammenhang zwischen der Tragedauer und der Veränderung war indirekt proportional.
- Variable D (Winkel zwischen der Oberkieferebene und der oberen Okklusionslinie) mit einem Pearson Korrelationskoeffizienten r von -0,379.
Der Zusammenhang zwischen Tragedauer und Veränderung war ebenfalls indirekt proportional.

Da laut Droschl bei unbehandelten Kindern Unterschiede zwischen den Geschlechtern bei den Variablen 23 und 27 angegeben sind, wurden für diese Parameter geschlechter-spezifische Auswertungen vorgenommen. Da der als kritisch geltende Bereich der Unterkieferfront neben der Variable 27 auch noch durch den Parameter 27 a beschrieben wird, wurde dieser noch zusätzlich einbezogen.

Untersucher 1	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
V23 vorher	2	15	8,73	3,674
V23 nachher	2	15	8,76	3,867
V27 vorher	81	103	94,67	6,499
V27 nachher	82	106	94,27	8,430
V27a vorher	-2	9	3,60	3,089
V27a nachher	-3	9	2,73	2,939

Tabelle 5. Auswertungen weibliche Probanden Untersucher 1

Untersucher 2	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
V23 vorher	1	17	9,27	3,807
V23 nachher	5	15	9,27	3,150
V27 vorher	82	106	94,20	6,394
V27 nachher	80	106	93,53	8,331
V27a vorher	-1	10	4,33	2,992
V27a nachher	-3	8	2,73	2,963

Tabelle 6. Auswertungen weibliche Probanden Untersucher 2

Mittelwert Untersucher 1 – Untersucher 2	Minimum	Maximum	Mittelwert	ICC
V23 vorher	1,5	16,0	9,000	0,904
V23 nachher	4,0	15	8,967	0,840
V27 vorher	81,5	104,5	94,433	0,780
V27 nachher	81	106	93,90	0,980

V27a vorher	-1,0	9,0	3,967	0,881
V27a nachher	-3,0	8,5	2,733	0,967

Tabelle 7. Intraclass Korrelationskoeffizient

Differenz: nachher - vorher	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD	Sign. p	Pearson r
V23	-3,0	4,5	-0,033	1,685	0,000	-0,331
V27	-14,0	10,0	-0,533	7,619	0,072	-0,022
V27a	-5,5	3,5	-1,233	2,513	0,011	-0,629 (p=0,012)

Tabelle 8. Pearson Korrelationskoeffizient

Geschlechterspezifische Auswertungen der Variablen 23,27 & 27a für männliche Probanden

Untersucher 1	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
V23 vorher	0	17	7,63	4,06
V23 nachher	0	15	8,07	3,57
V27 vorher	56	87	70,63	7,30
V27 nachher	52	91	74,60	8,42
V27a vorher	1	13	3,28	2,35
V27a nachher	0	6	2,97	1,65

Tabelle 9. Auswertungen männliche Probanden Untersucher 1

Untersucher 2	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
V23 vorher	0	17	7,63	4,06

V23 nachher	0	15	8,07	3,57
V27 vorher	56	87	70,63	7,30
V27 nachher	52	91	74,60	8,42
V27a vorher	1	13	3,28	2,35
V27a nachher	0	6	2,97	1,65

Tabelle 10. Auswertungen männliche Probanden Untersucher 2

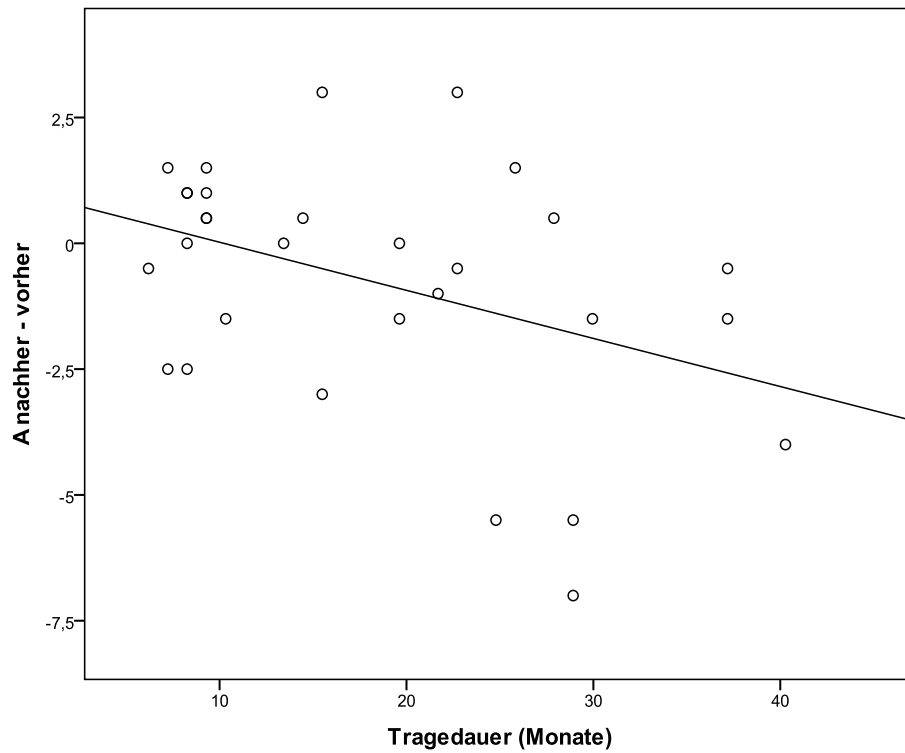
Mittelwert Untersucher 1 – Untersucher 2	Minimum	Maximum	Mittelwert	ICC
V23 vorher	0	13	6,233	0,888
V23 nachher	0	15	6,533	0,938
V27 vorher	79	106,5	94,433	0,909
V27 nachher	84	106,5	95,867	0,975
V27a vorher	-6,0	7,0	2,267	0,943
V27a nachher	-10,5	7,0	1,2	0,983

Tabelle 11. Intraclass Korrelationskoeffizient

Differenz: nachher - vorher	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD	Sign. p	Pearson r
V23	-3,0	2,5	,300	1,579	0,000	-0,020
V27	-10,5	10,5	1,433	6,158	0,007	0,207
V27a	-4,5	2,0	-1,067	2,034	0,000	-0,134

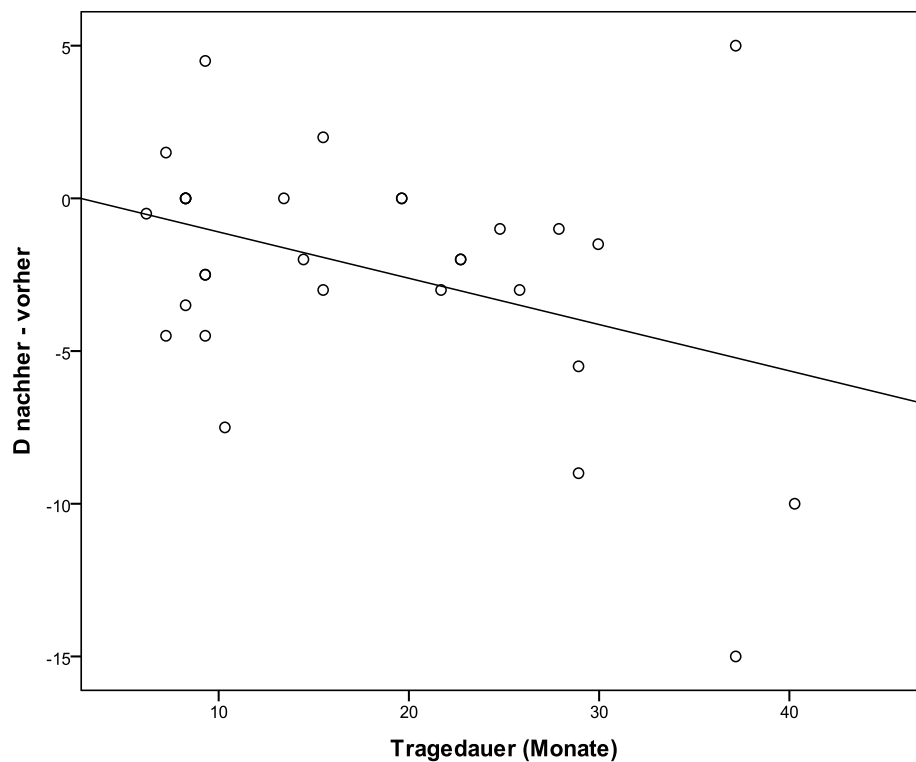
Tabelle 12. Pearson Korrelationskoeffizient

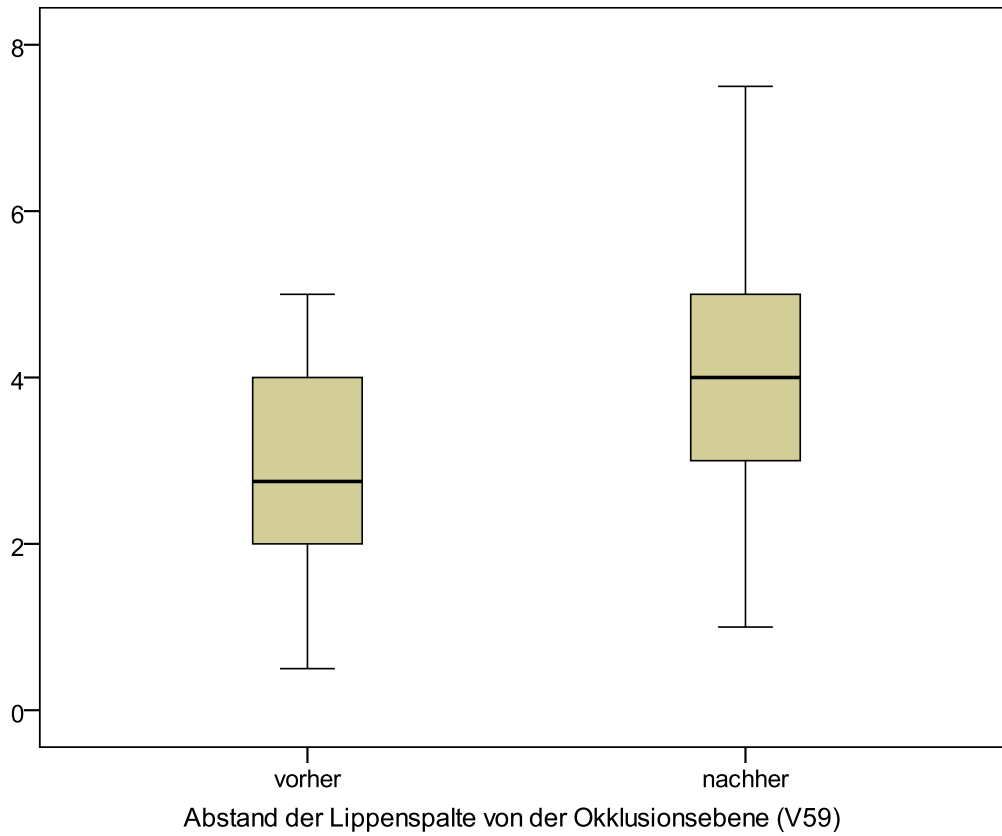
Die 4 Variablen, die einen Zusammenhang mit der Tragedauer zeigen, sind als Streudiagramm dargestellt:



Je länger die Tragedauer, desto weniger vergrößert sich der Winkel A (von vorher zu nachher).

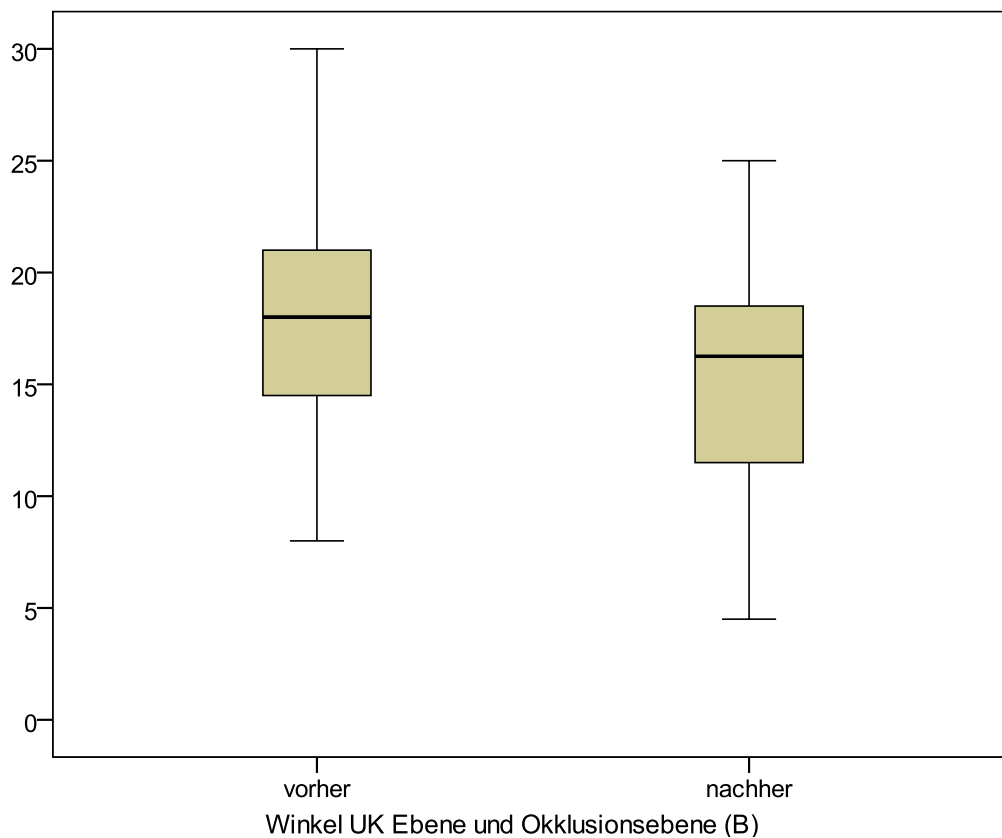
Je länger die Tragedauer, desto weniger vergrößert sich der Winkel D (von vorher zu nachher).

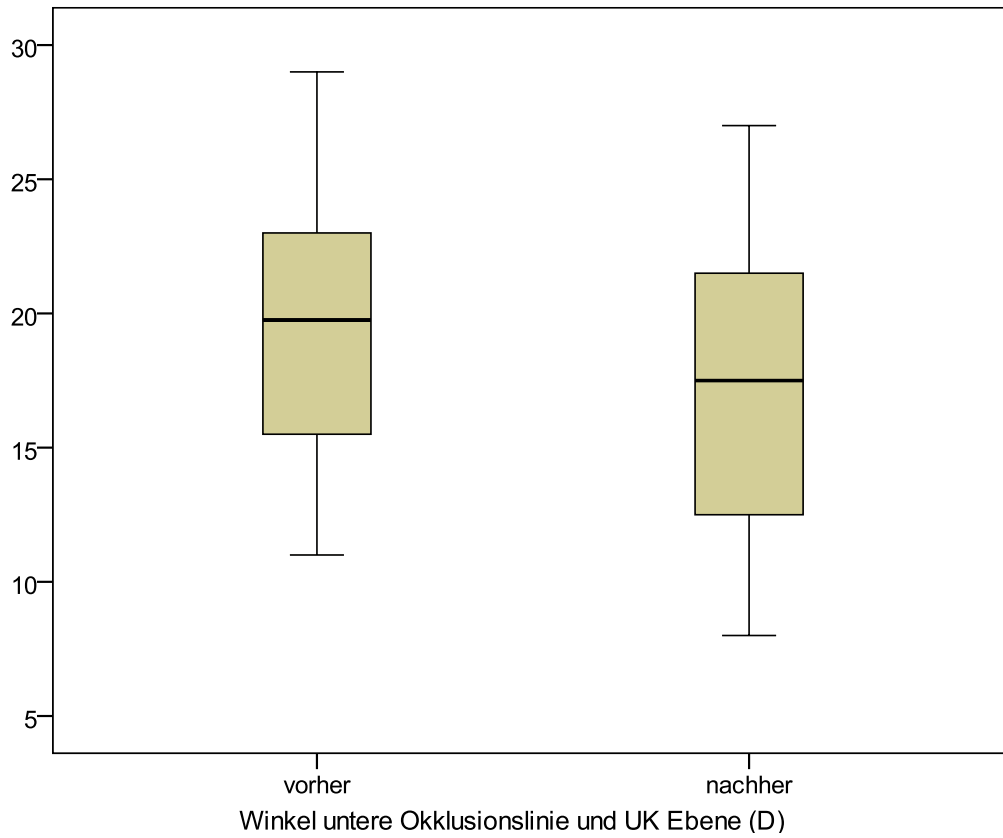




Box-and Whiskers Plot (kurz Boxplot): V59 ist nachher signifikant größer als vorher

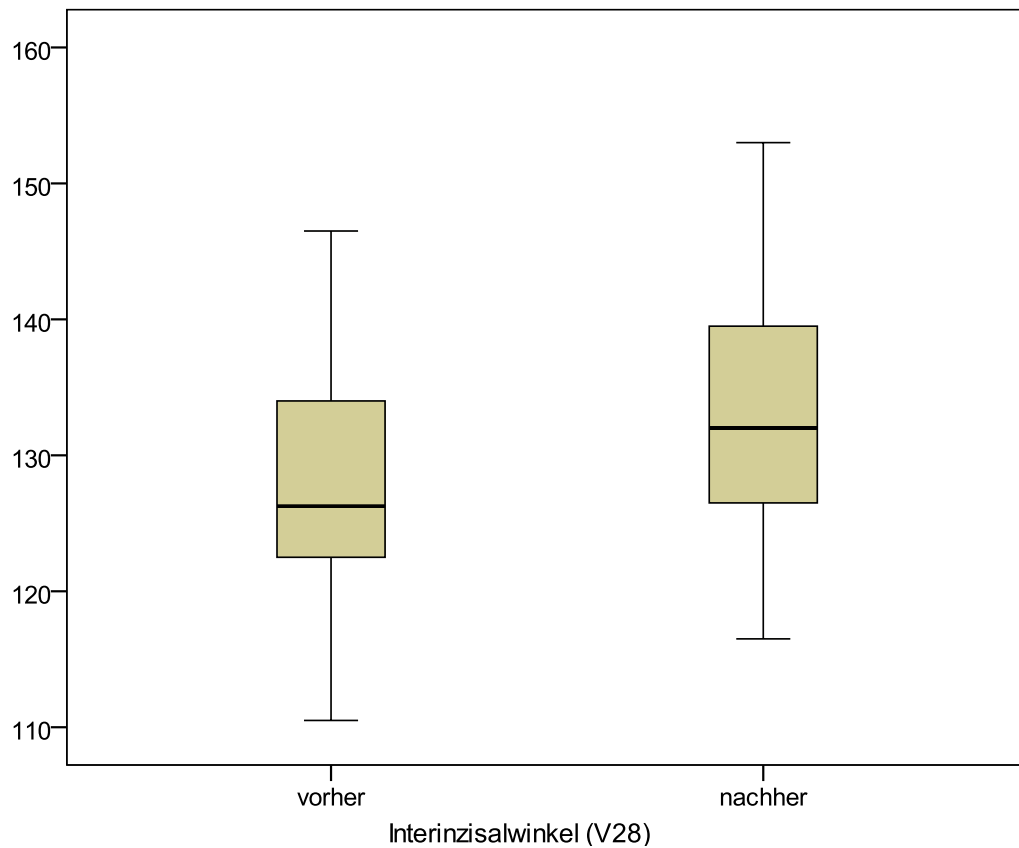
Box-and Whiskers Plot (kurz Boxplot): Winkel B ist nachher signifikant kleiner als vorher

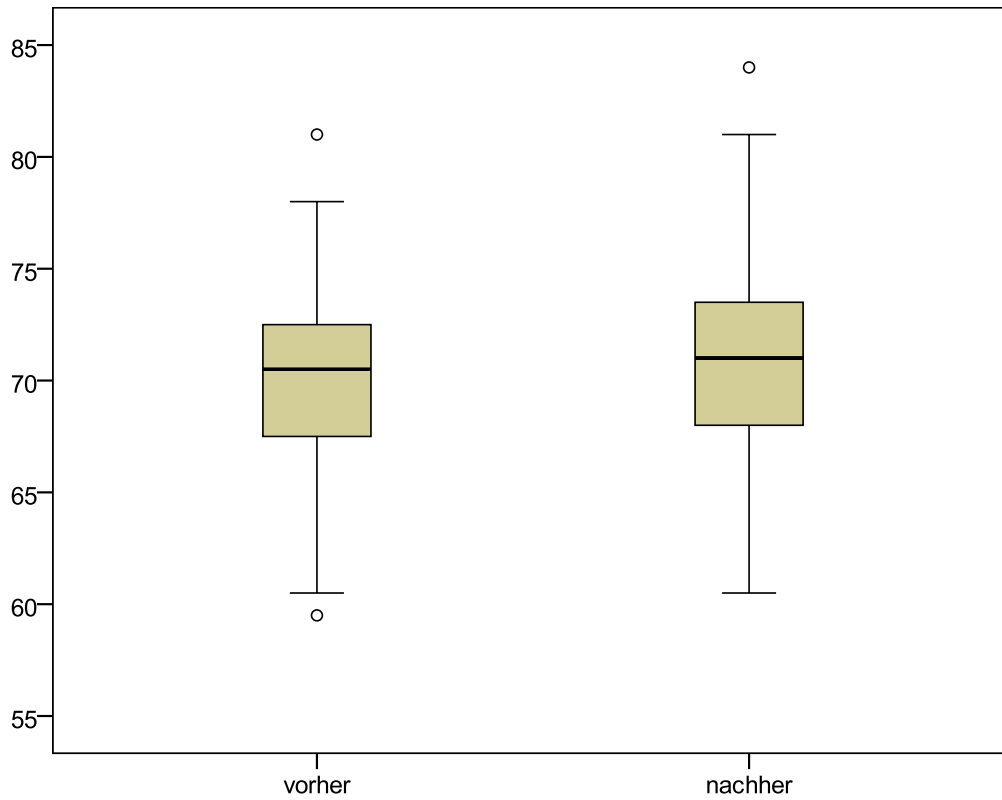




Box-and Whiskers Plot (kurz Boxplot): Winkel D ist nachher signifikant kleiner als vorher

Box-and Whiskers Plot (kurz Boxplot): V28 ist nachher signifikant größer als vorher

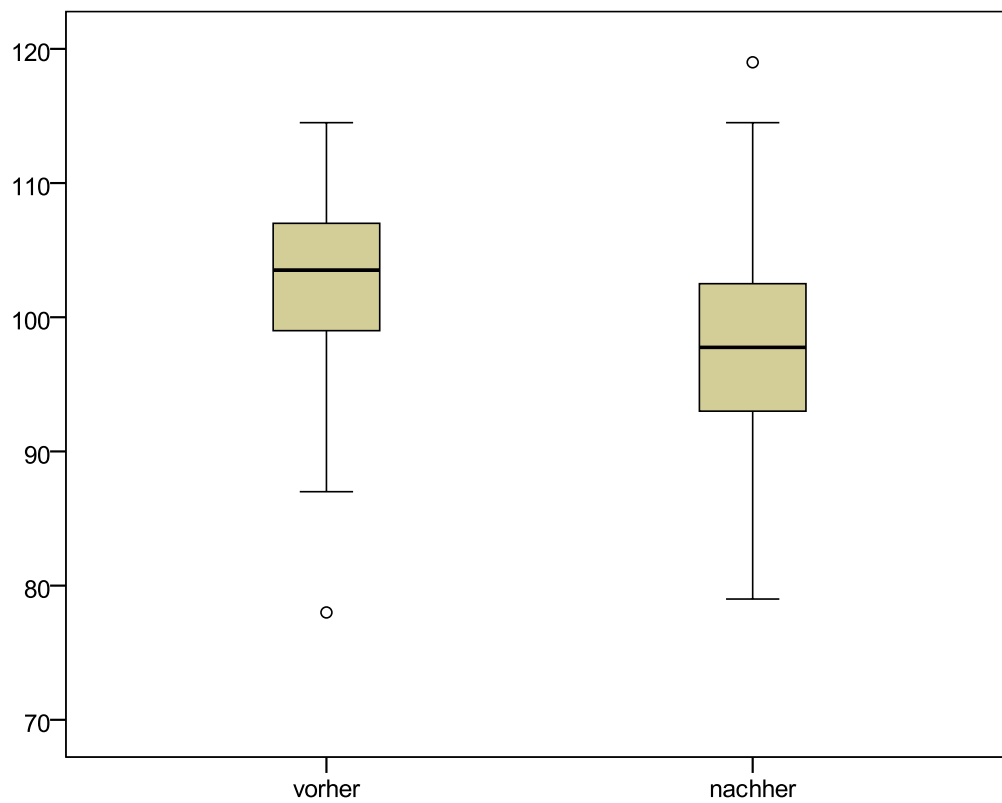




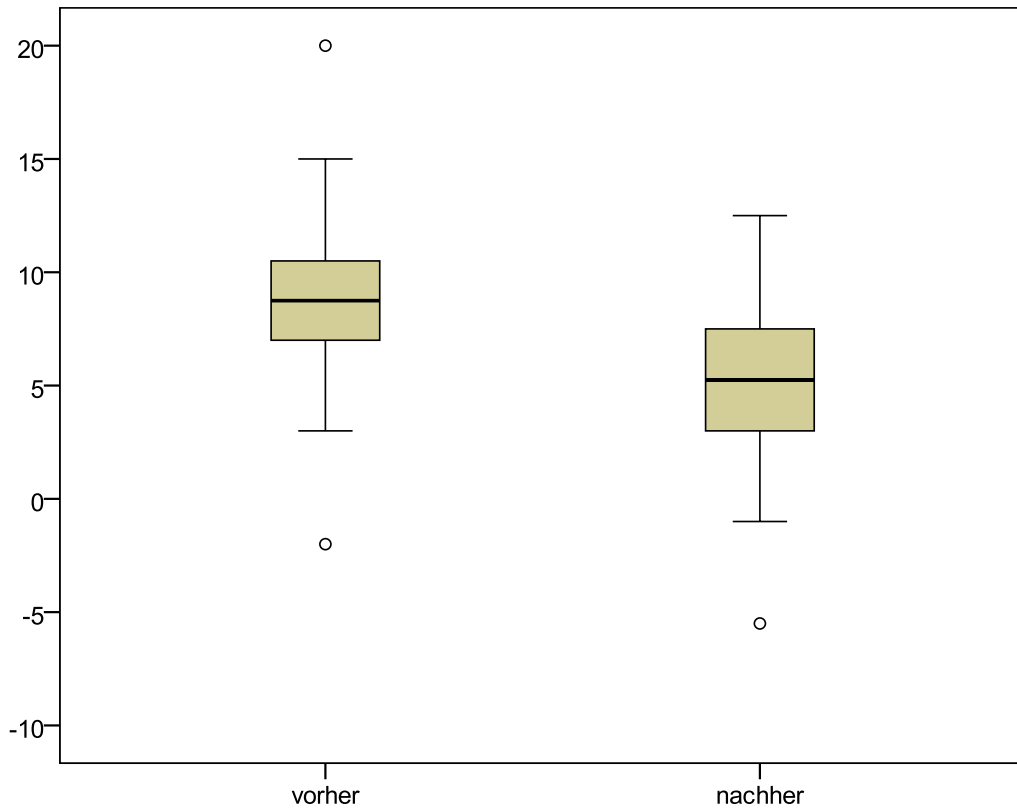
Abst. des Zentrums des oberen Schneidezahns von der vorderen Schädelbasis (V35)

Box-and Whiskers Plot (kurz Boxplot):V35 ist nachher signifikant größer als vorher

Box-and Whiskers Plot (kurz Boxplot):V26 ist nachher signifikant kleiner als vorher



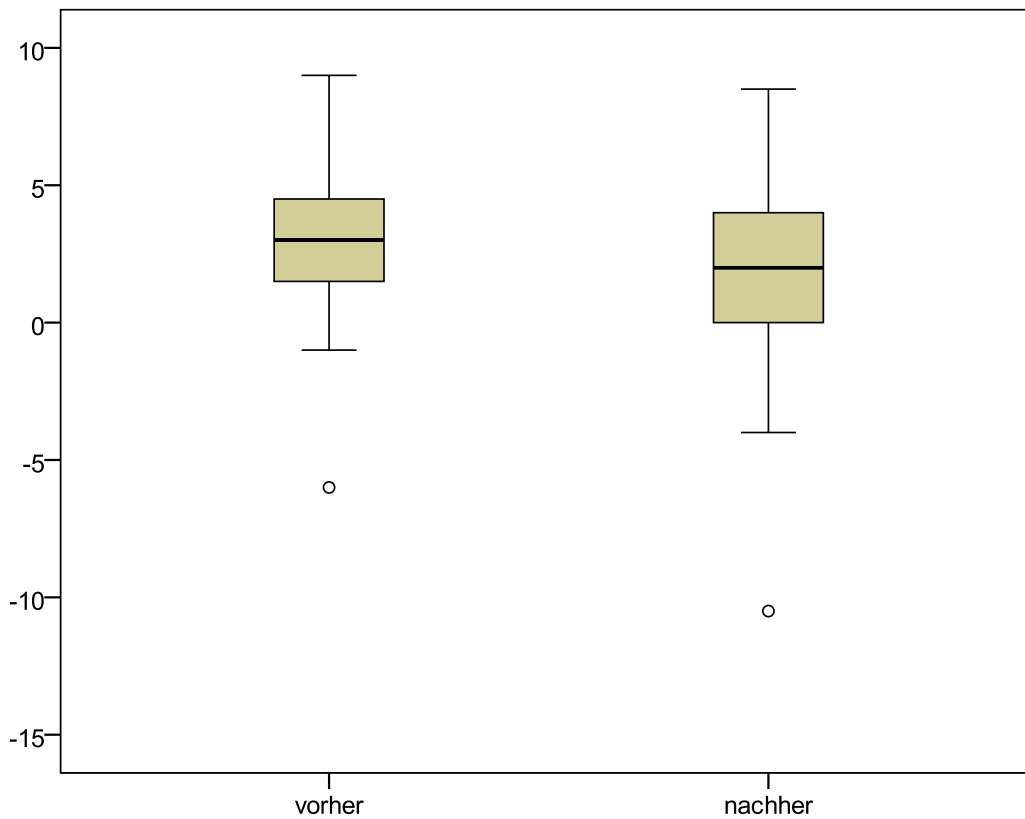
Inklination des oberen Schneidezahnes zur vorderen Schädelbasis (S-N) (V26)



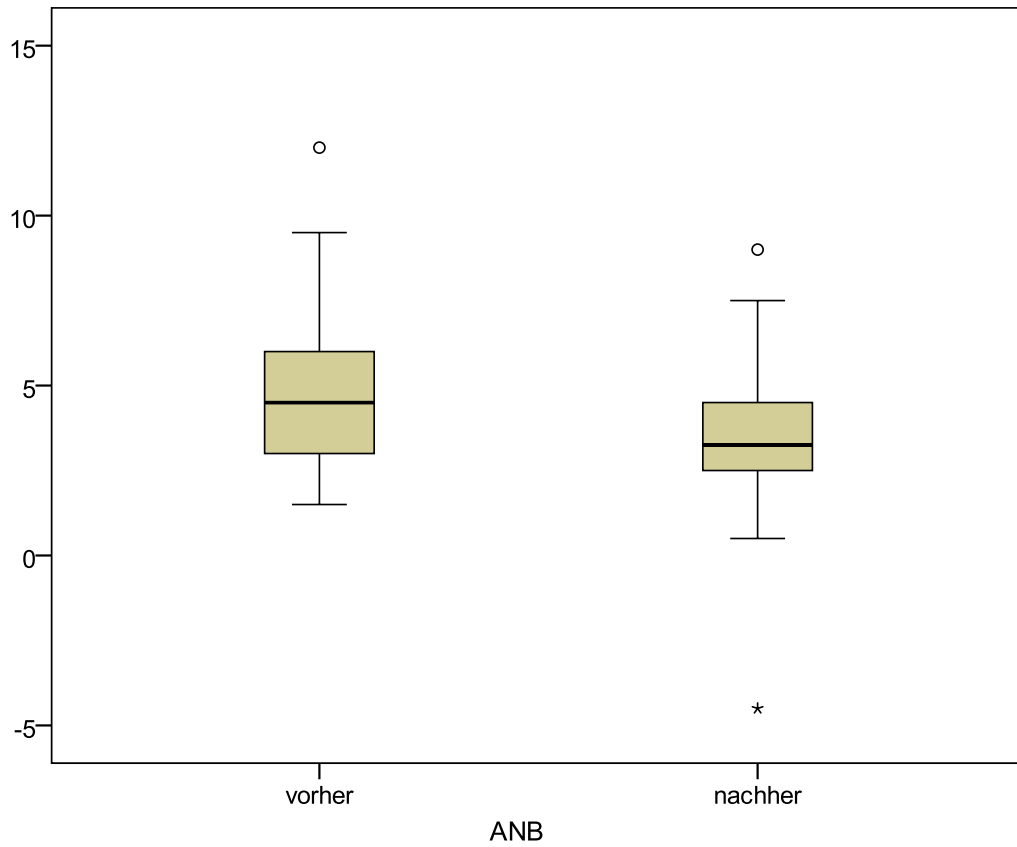
Inklination des oberen Schneidezahnes zur vorderen Schädelbasis (S-N) (V26)

Box-and Whiskers Plot (kurz Boxplot): V26 ist nachher signifikant kleiner als vorher

Box-and Whiskers Plot (kurz Boxplot): V27 ist nachher signifikant kleiner als vorher

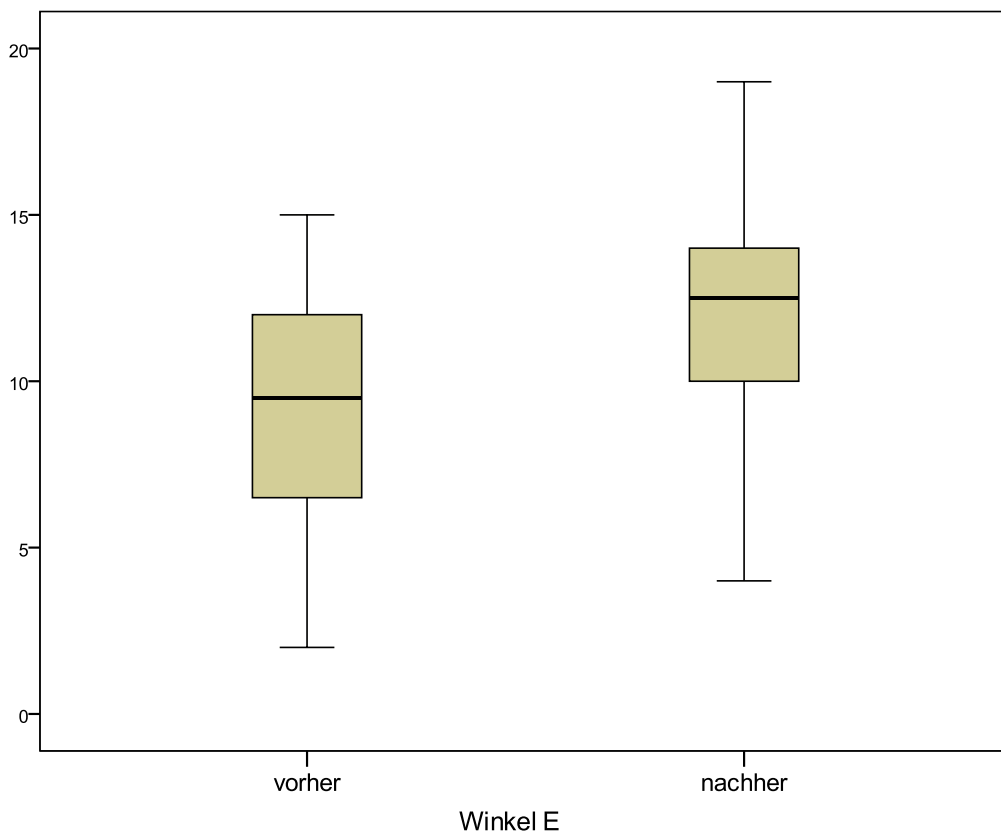


Inklination des unteren Schneidezahnes zur Unterkieferebene (Go-Me) (V27)



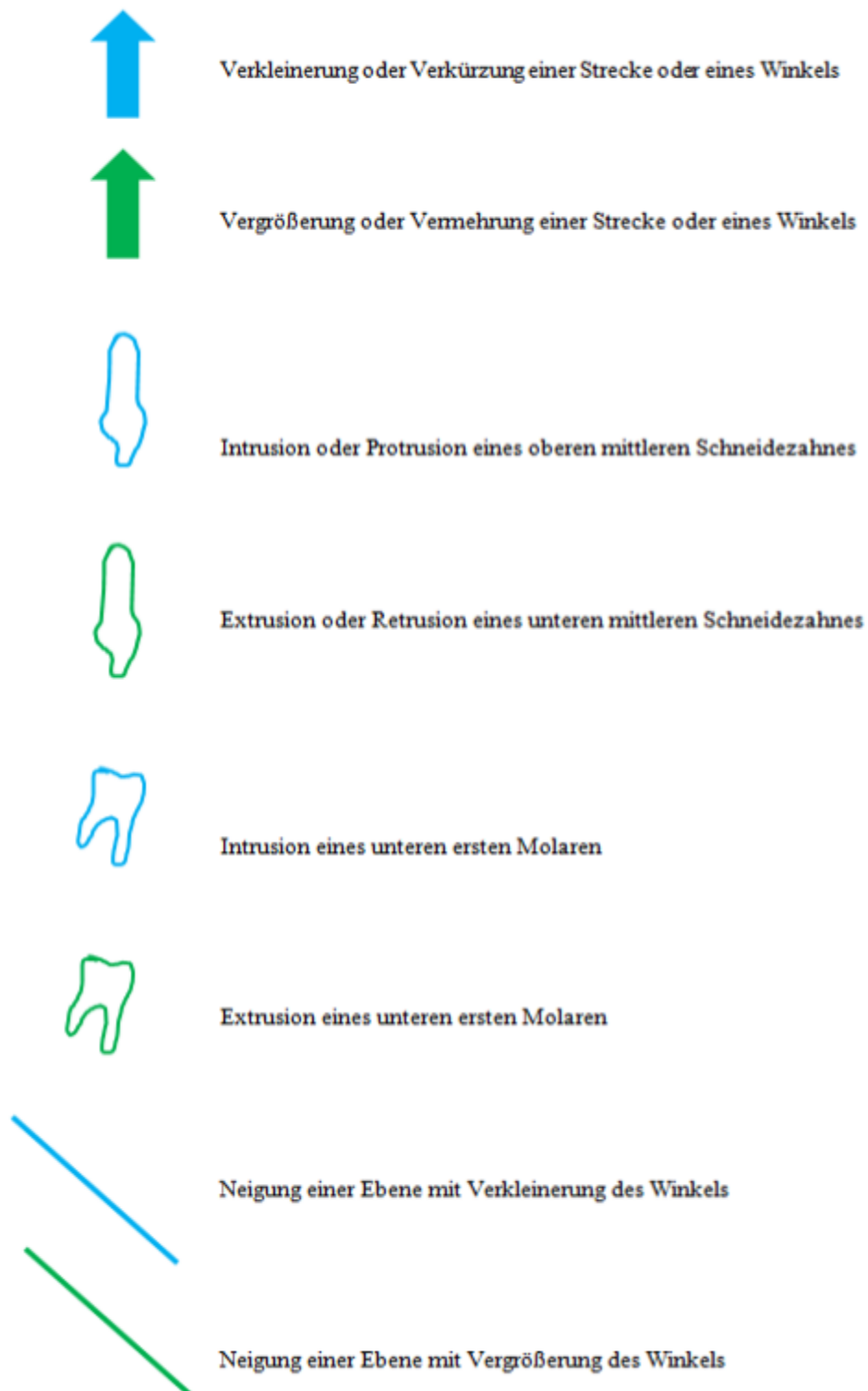
Box-and Whiskers Plot (kurz Boxplot): Winkel B ist nachher signifikant kleiner als vorher

Box-and Whiskers Plot (kurz Boxplot): Winkel E ist nachher signifikant größer als vorher



Um sich auch die Strecken oder Gradveränderungen der einzelnen Parameter vor und nach der Behandlungsphase mit den langen Klasse II/1 Gummizügen vorstellen zu können, wurden im folgenden alle Parameterveränderungen farblich codiert dargestellt.

Legende:



Winkelsumme

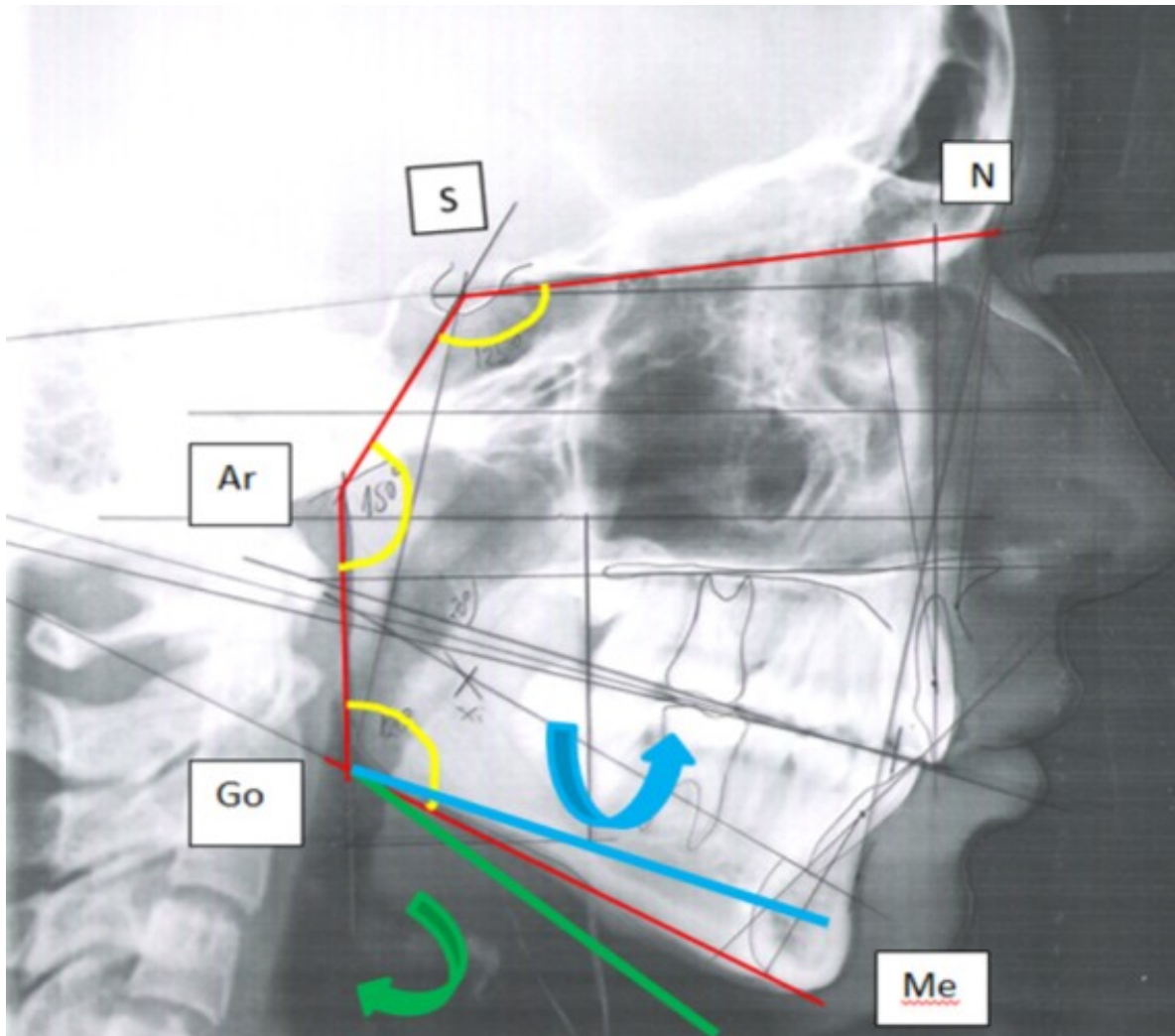


Abb.30 Darstellung der Änderung des Summenwinkels

Die Winkelsumme (Summe Sella-, Artikulare- und Gonion-Winkel) zeigte keine signifikanten Unterschiede.

Die Werte schwankten zwischen -7° und $+4^\circ$.

SNA, SNB, ANB

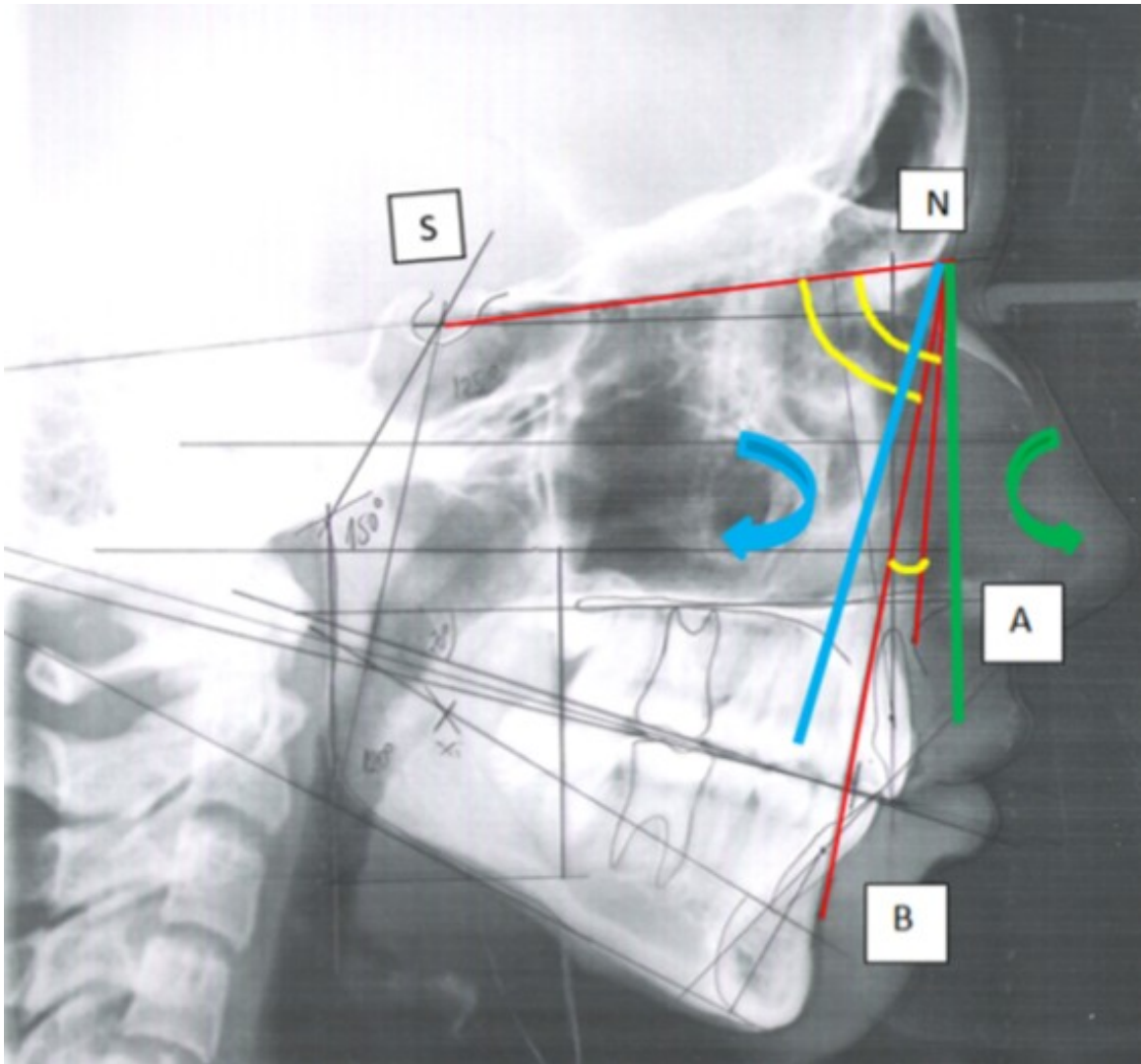


Abb.31 Darstellung der Änderung des SNA, SNB und ANB Winkels

Der SNA Winkel zeigte signifikante Unterschiede (Signifikanz p von 0,000) mit Werten von bis zu -4° Verkleinerung oder $+1^\circ$ Vergrößerung.

Der SNB Winkel zeigte keine signifikanten Unterschiede. Daher haben sich die Werte mit bis zu $-3,5^\circ$ bei Verkleinerung und mit bis zu $+4^\circ$ bei Vergrößerung des Winkels dargestellt.

Der ANB Winkel wies signifikante Unterschiede auf (Signifikanz p von 0,000). Werte zwischen -6° und $+2,5^\circ$ wurden ermittelt.

Variable 36

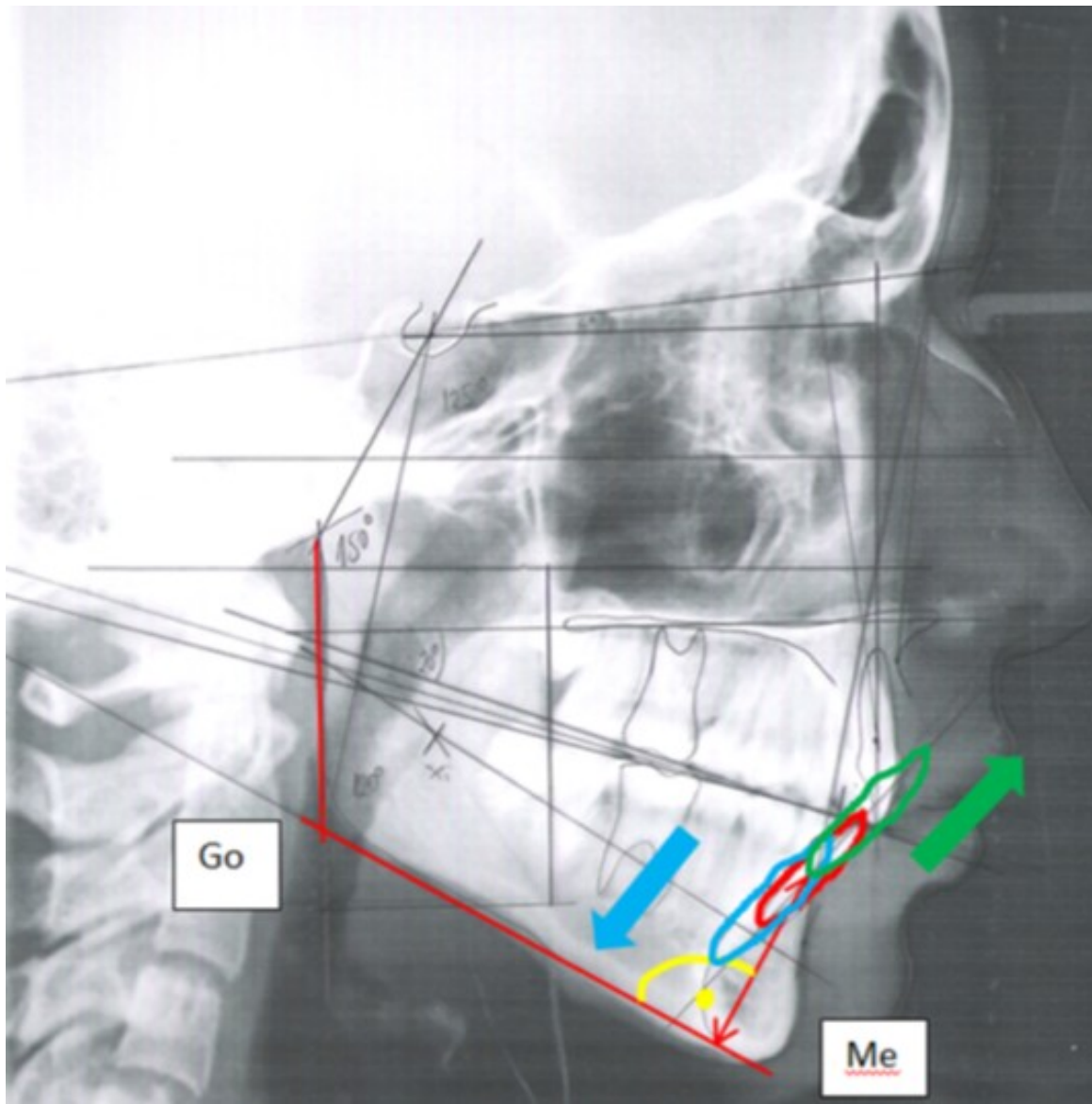


Abb.32 Darstellung der Änderung des Abstandes des Zentrums des unteren Schneidezahnes von der Unterkieferebene

Die Variable 36 (Abstand des Zentrums des unteren Schneidezahnes von der Unterkieferebene) zeigte keine signifikanten Unterschiede. Beobachtet wurde eine Intrusion der Unterkieferfront von einem Ausmaß von maximal $- 7,5$ mm oder einer Extrusion von maximal $+ 5$ mm.

Variable 26

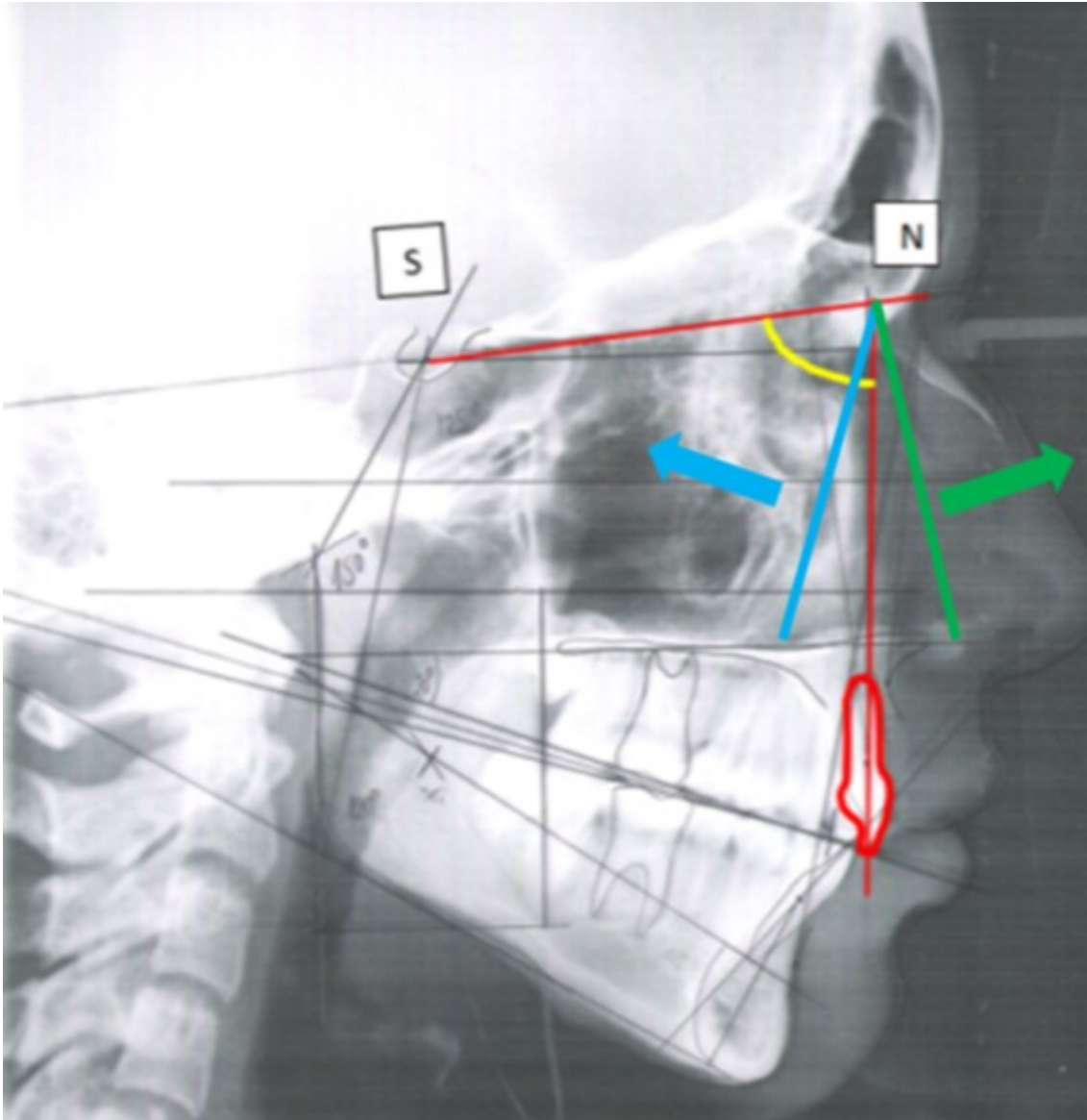


Abb.33 Darstellung der Änderung der Inklination des oberen Schneidezahnes

Die Variable 26 (Inklination des oberen Schneidezahnes zur vorderen Schädelbasis) zeigte signifikante Unterschiede (Signifikanz p von 0,015). Die Ausmessungen ergaben Werte von bis zu -26° und $+11^\circ$.

Variable 27

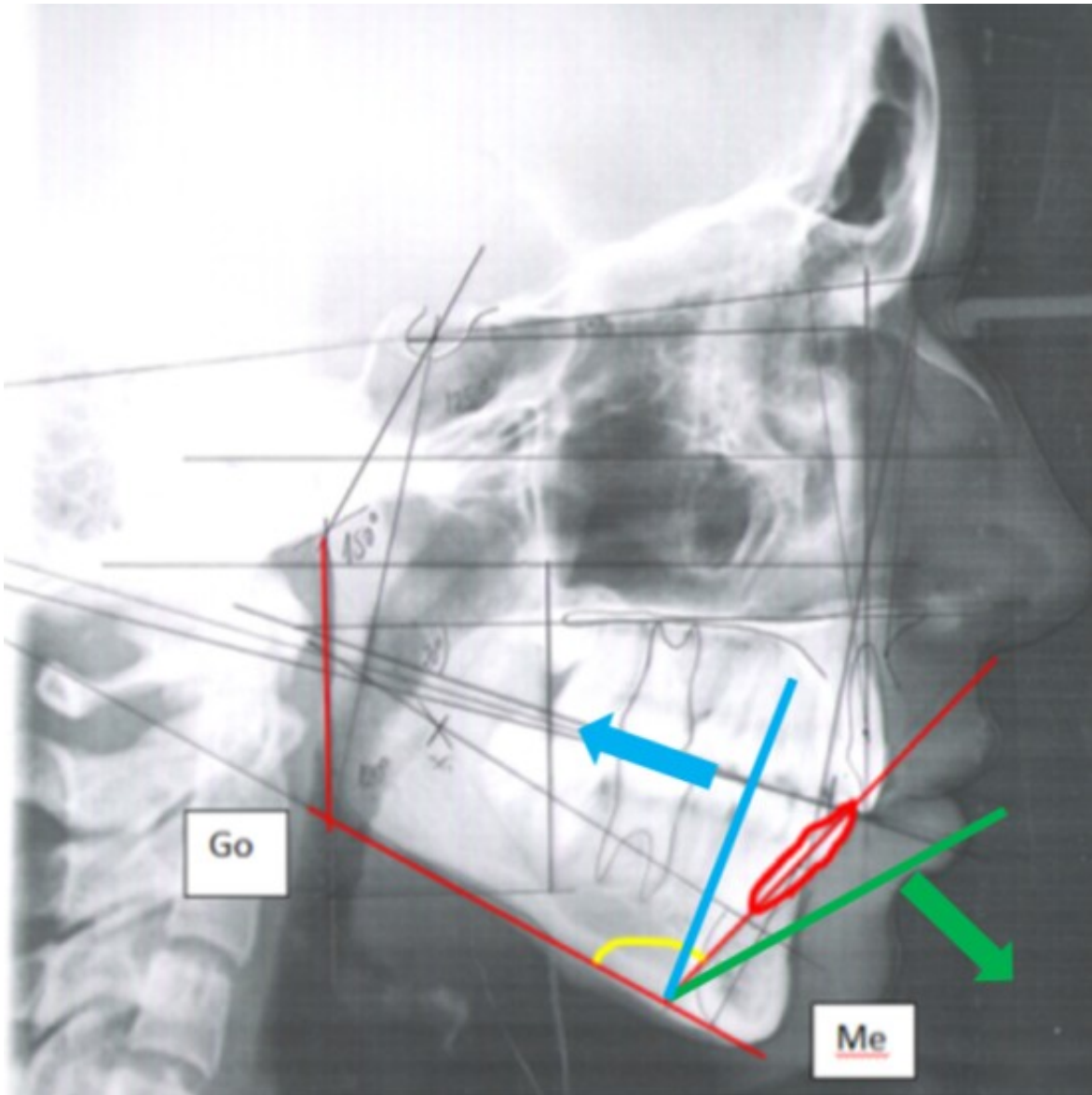


Abb.34 Darstellung der Änderung der Inklination des unteren Schneidezahnes zur Unterkieferebene

Die Variable 27 (Inklination des unteren Schneidezahnes zur Unterkieferebene) zeigte keine signifikanten Unterschiede.

Die Werte schwankten zwischen – 14 mm und + 11 mm.

Variable 35

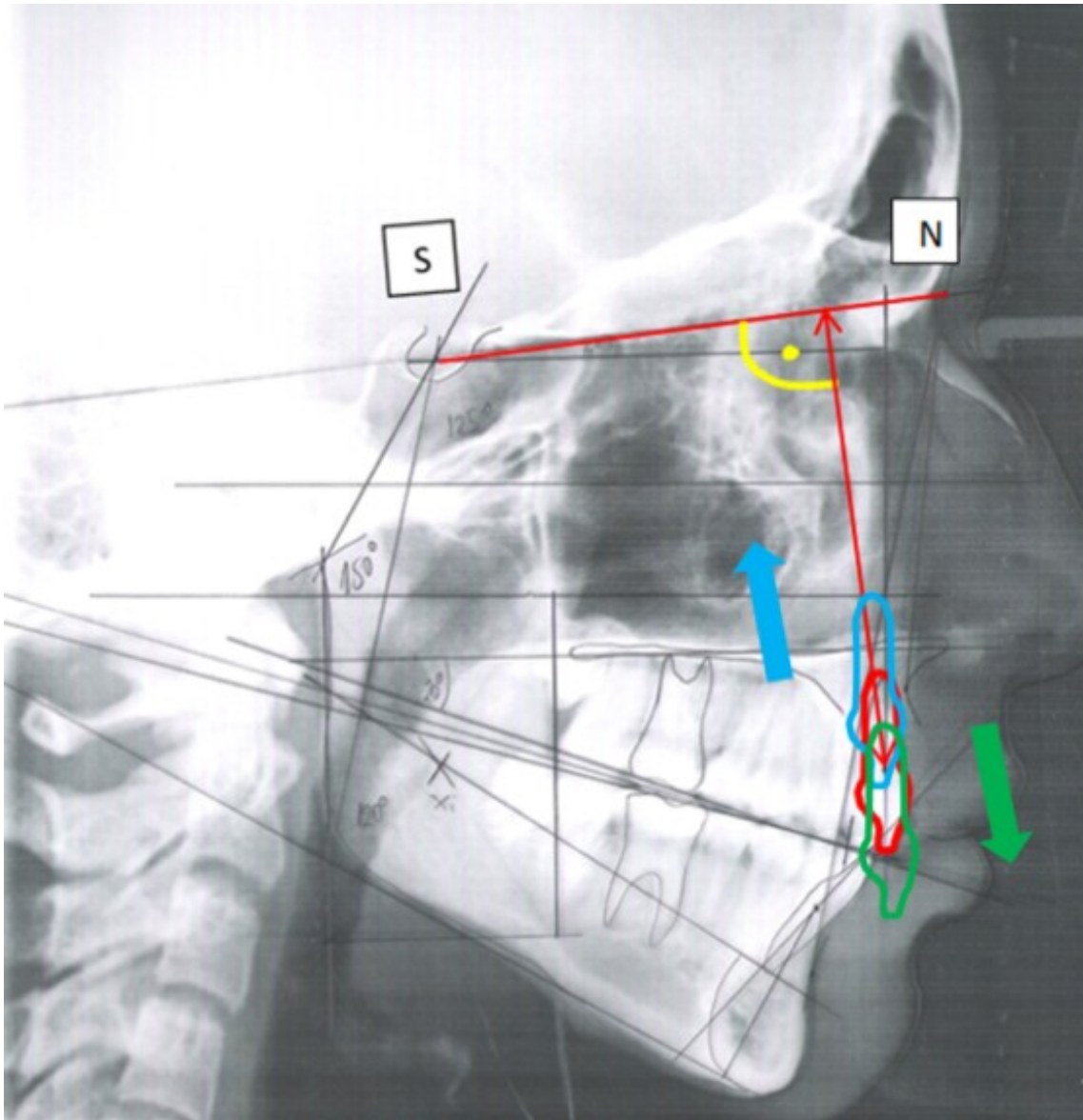


Abb.35 Darstellung der Änderung des Abstandes des Zentrums vom oberen Schneidezahn zur vorderen Schädelbasis

Die Variable 35 (Abstand des Zentrums des oberen Schneidezahnes von der vorderen Schädelbasis) zeigte signifikante Unterschiede (Signifikanz p von 0,004).

Werte zwischen -4 mm und $+7$ mm wurden gemessen.

Variable 57

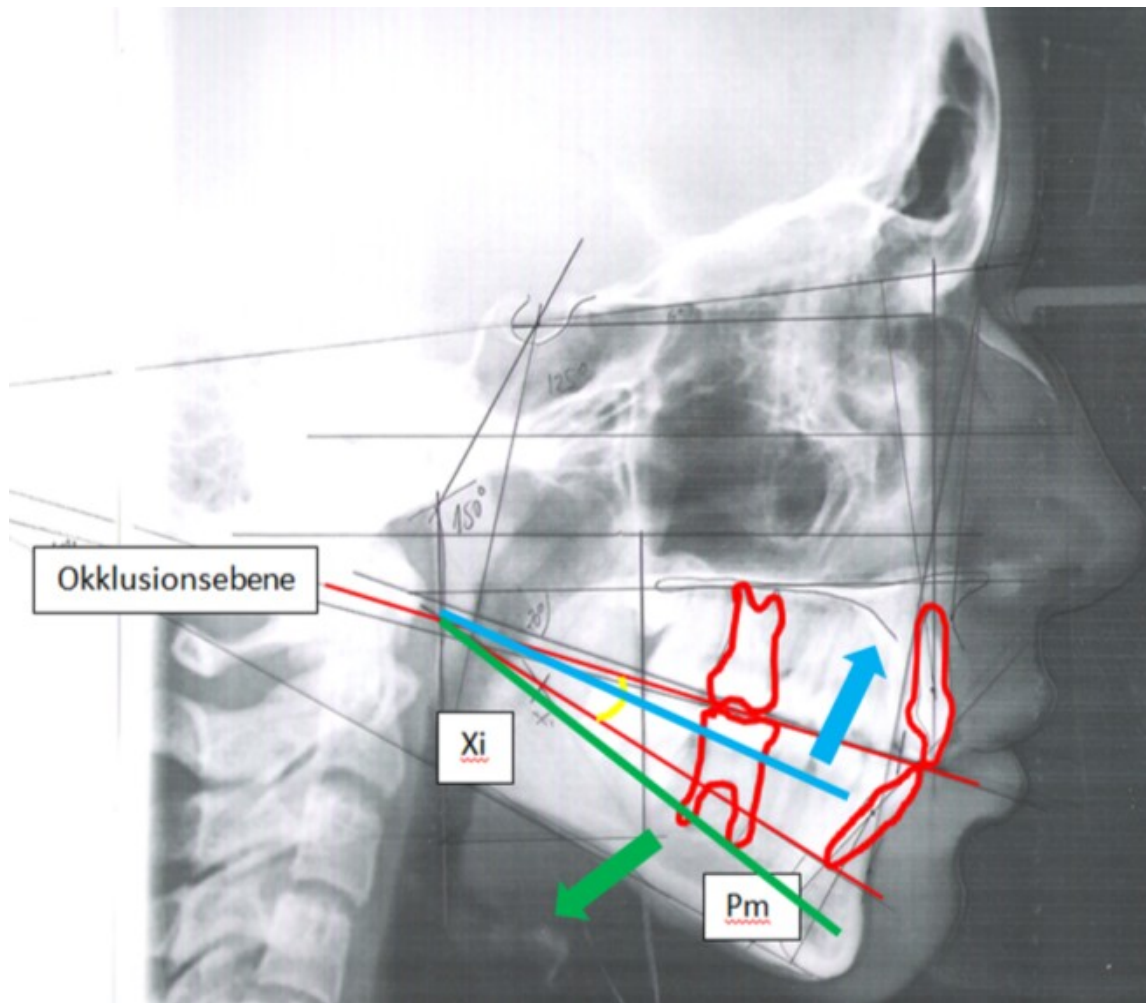


Abb.36 Darstellung der Änderung des Winkels zwischen der Okklusionsbene und der XiPm Linie

Die Variable 57 wies keine signifikanten Unterschiede auf.

Die Werte schwankten zwischen - 9,5 mm und + 5 mm.

Variable 56

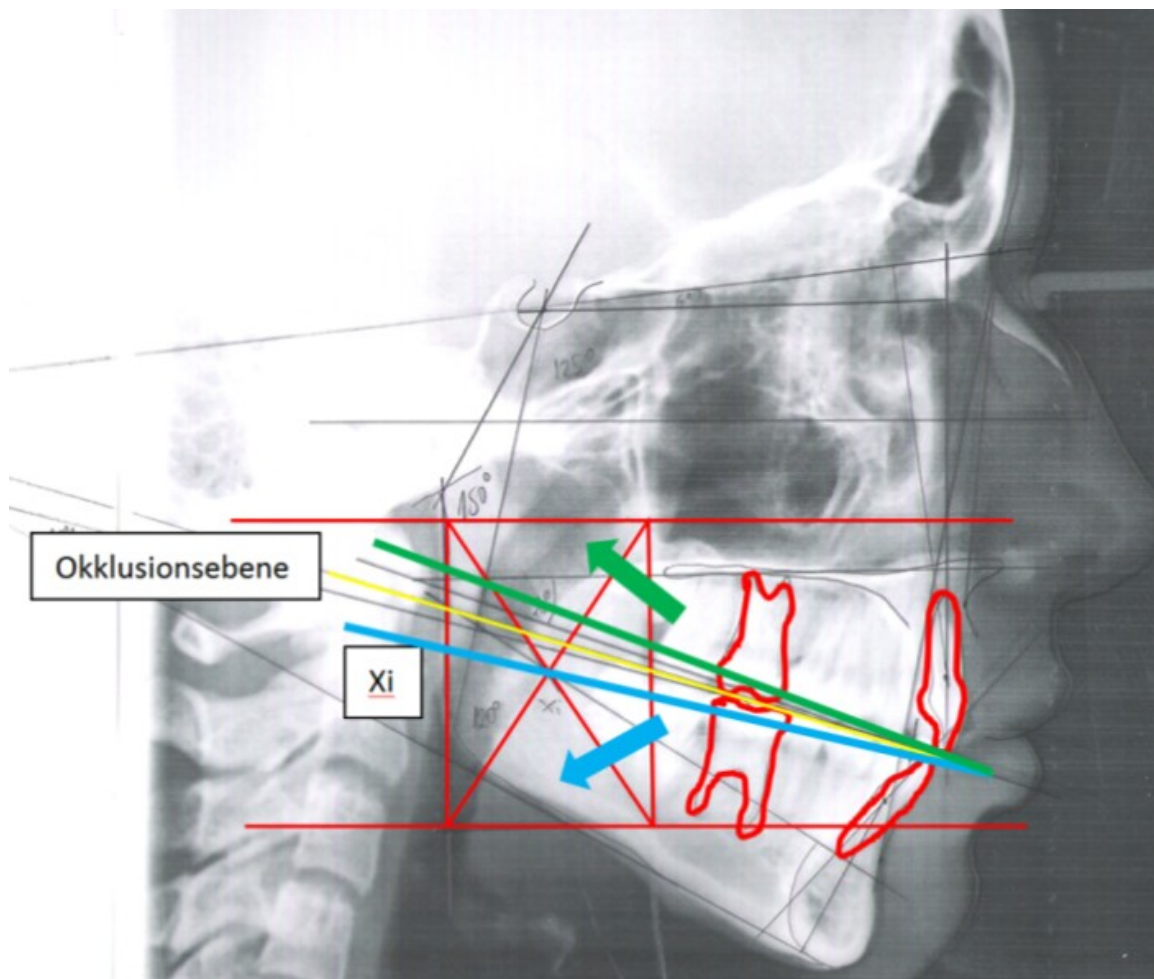


Abb.37 Darstellung der Änderung des Abstandes der Okklusionsebene zum Xi Punkt

Die Variable 56 (Der Abstand des Ramus Mittelpunktes zur Okklusionsebene) wies keine signifikanten Unterschiede auf.

Die Werte schwankten zwischen - 9 mm und + 6 mm.

Variable 28

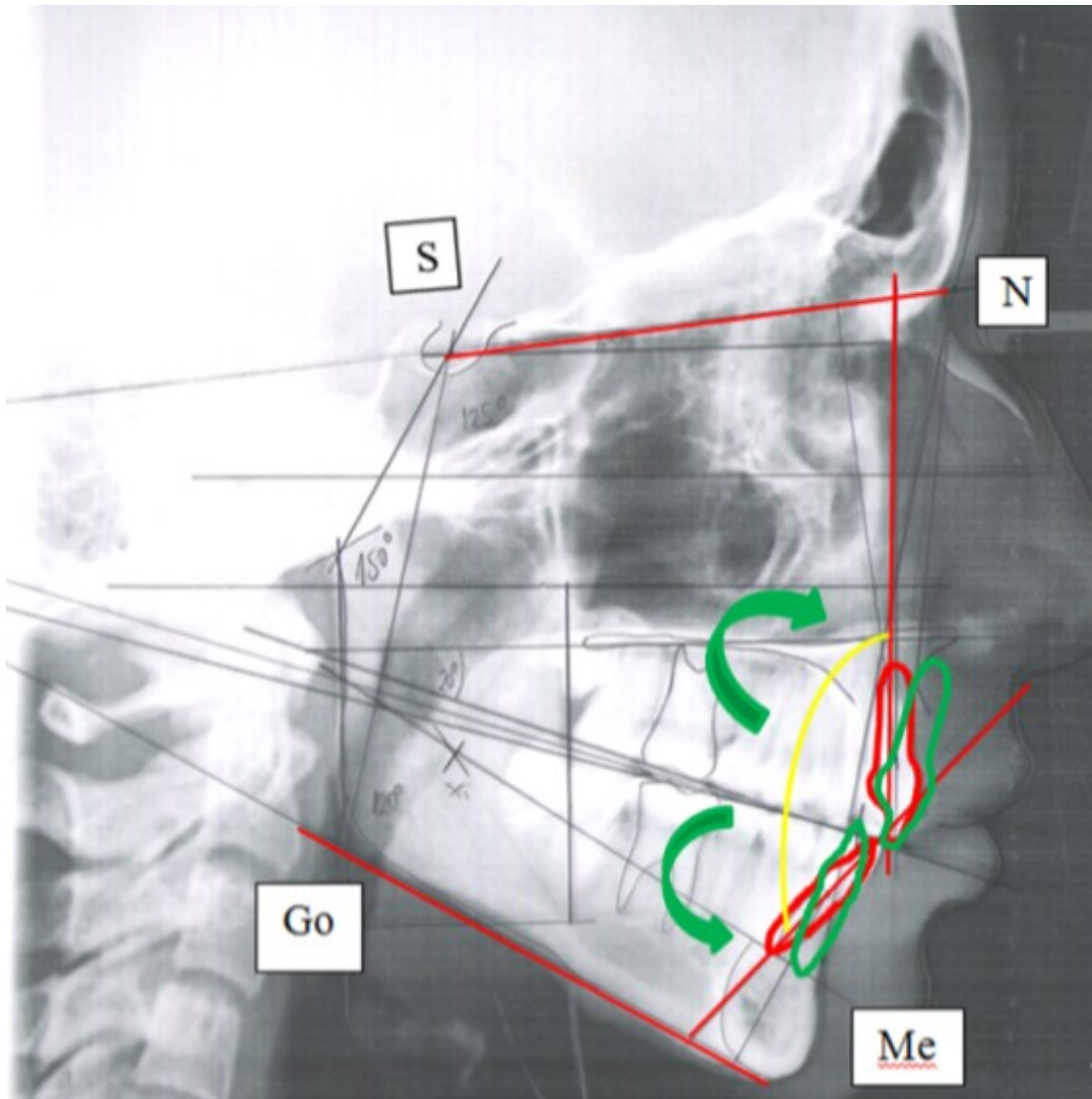


Abb.38 Darstellung der Änderung des Interinzisalwinkels bei Vergrößerung

Die Variable 28 (Interinzisalwinkel) zeigte signifikante Unterschiede (Signifikanz p von 0,017) die zwischen einer Abnahme des Winkels von bis zu -13° oder einer Zunahme des Winkels von bis zu $+24,5^\circ$ variierten.

Variable 28

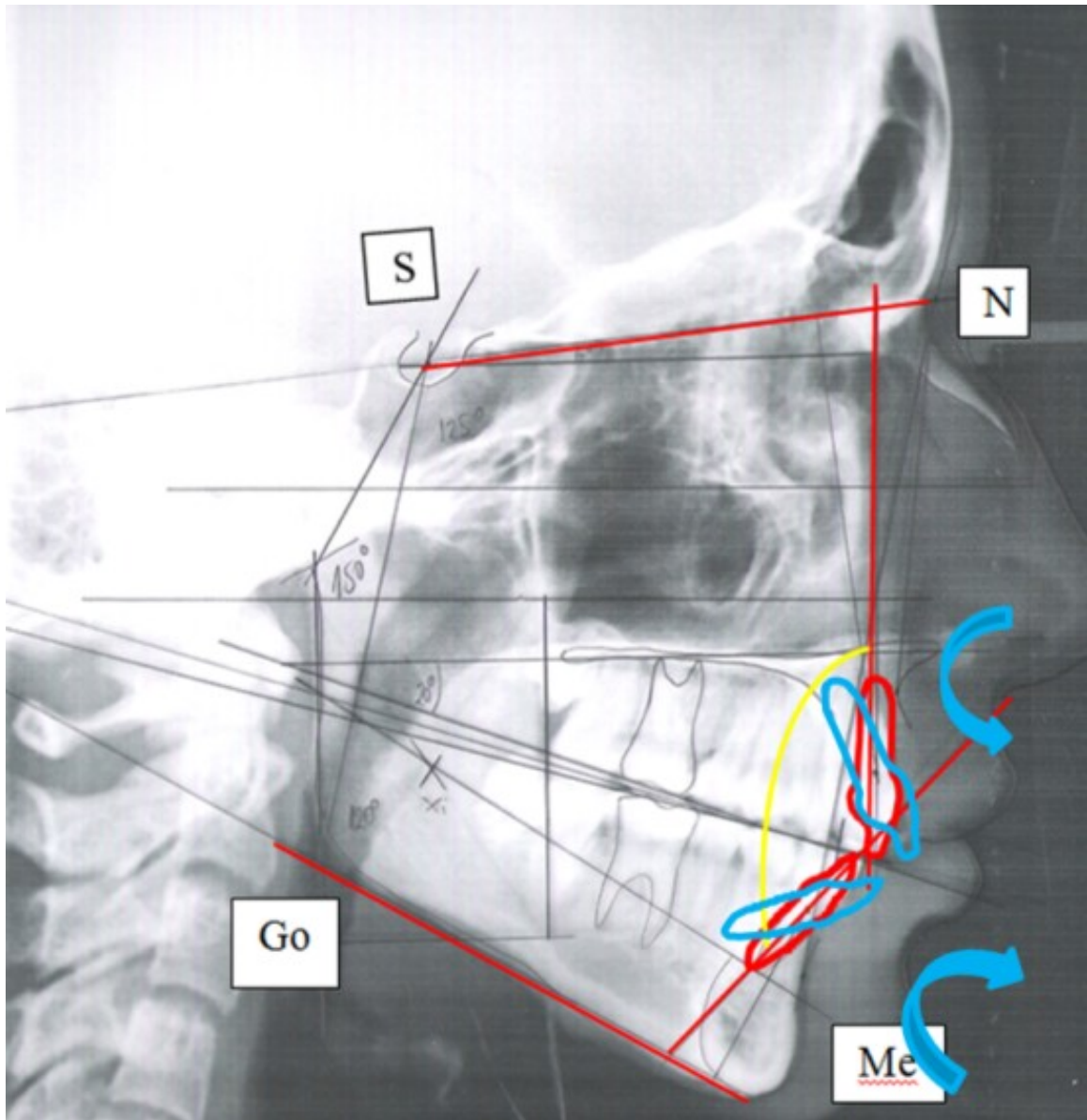


Abb 39. Darstellung der Änderung des Interinzisalwinkels bei Verkleinerung

Die Variable 28 (Interinzisalwinkel) zeigte signifikante Unterschiede (Signifikanz p von 0,017) die zwischen einer Abnahme des Winkels von bis zu -13° oder einer Zunahme des Winkels von bis zu $+24,5^\circ$ variierten.

Variable 59

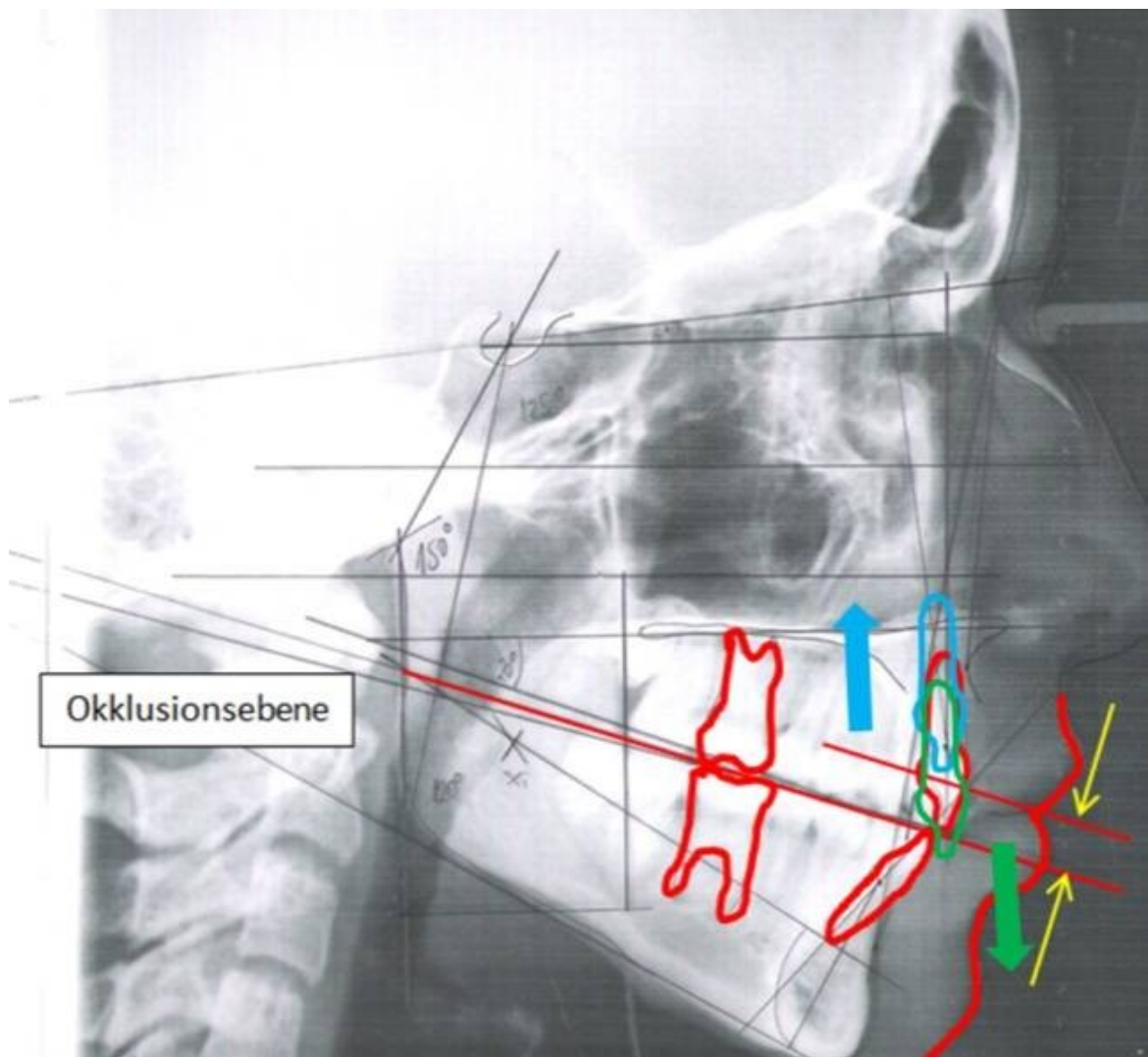


Abb.40 Darstellung der Änderung des Abstandes der Lippspalte von der Okklusionsebene

Die Variable 59 (Abstand der Lippspalte von der Okklusionsebene) zeigte signifikante Unterschiede (Signifikanz p von 0,001). Werte zwischen -1 mm und $+5,5$ mm wurden gemessen.

Variable 85

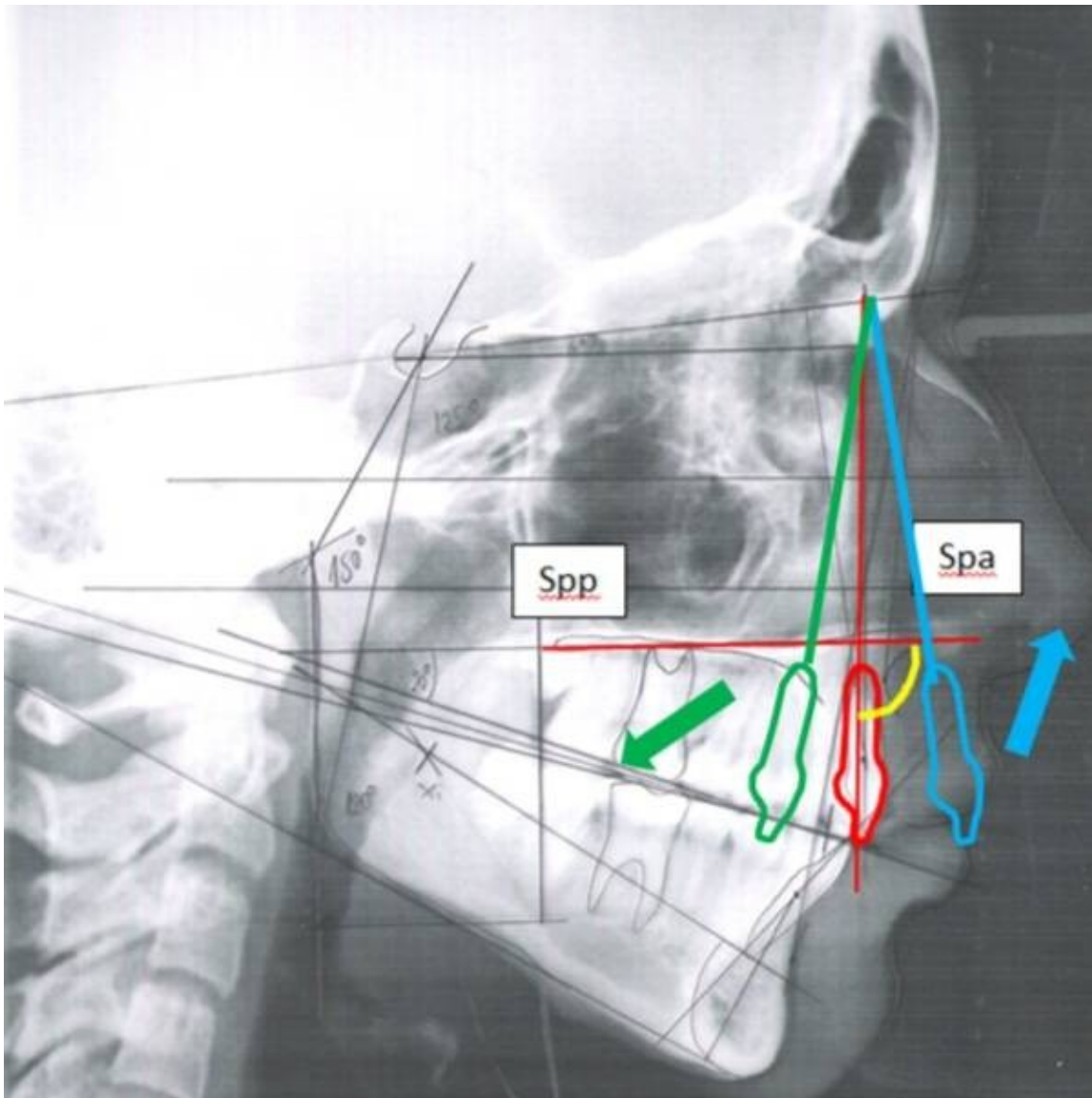


Abb.41 Darstellung der Änderung des Zahnachsenwinkels

Die Variable 85 (Zahnachsenwinkel oberer mittlerer Schneidezahn zur Oberkieferebene) zeigte signifikante Unterschiede (Signifikanz p von 0,010).

Werte von $- 8^{\circ}$ bis zu $+ 25,5^{\circ}$ wurden gemessen.

Variable 23

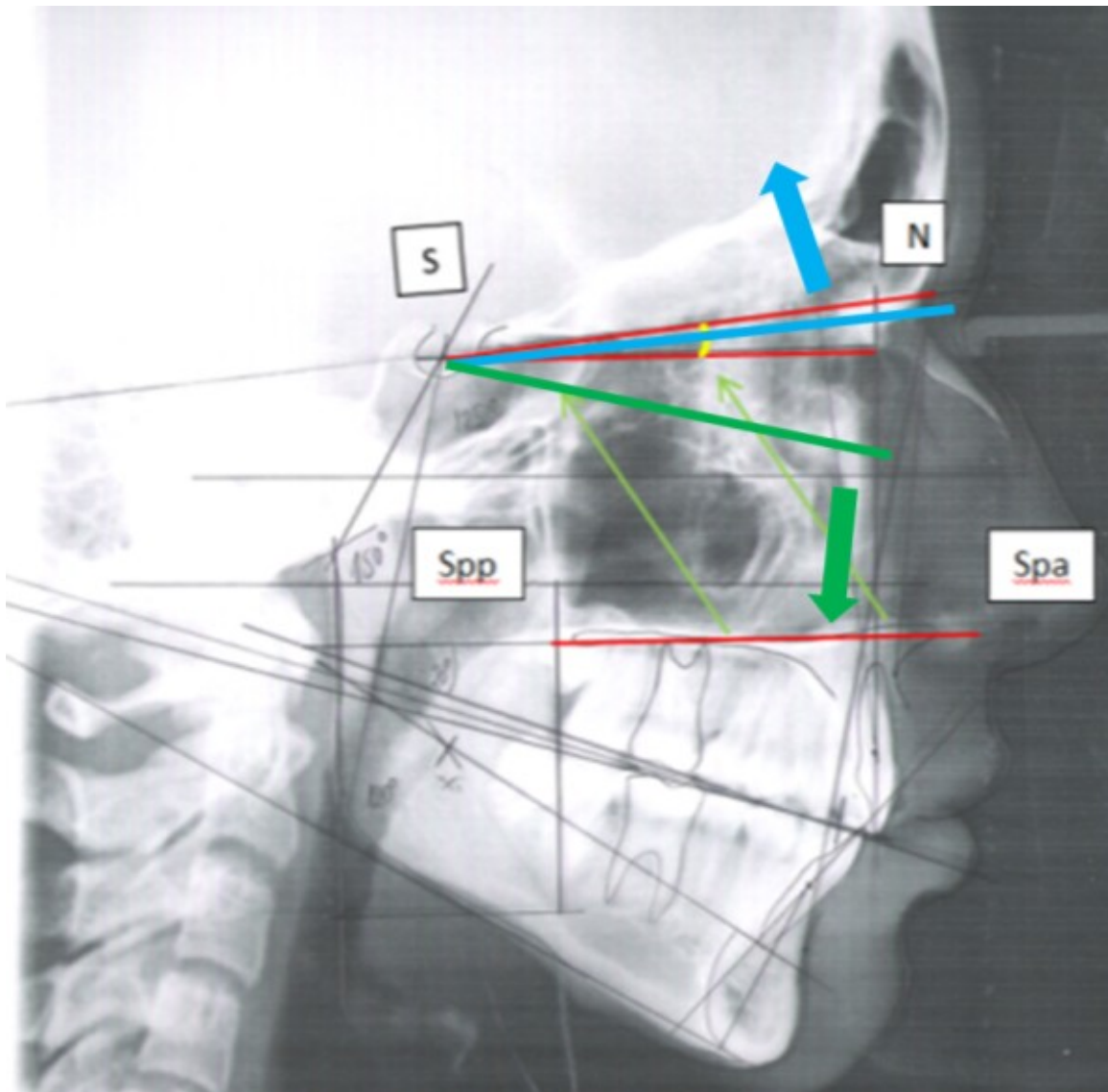


Abb.42 Darstellung der Änderung des Winkels zwischen der Palatinalene und der vorderen Schädelbasis

Die Variable 23 (Winkel der Palatinalene zur vorderen Schädelbasis) zeigte keine signifikanten Unterschiede. Es zeigten sich Werte von bis zu -3° bei Verkleinerung und Werte bis zu $+4,5^\circ$ bei Vergrößerung des Winkels.

Variable A

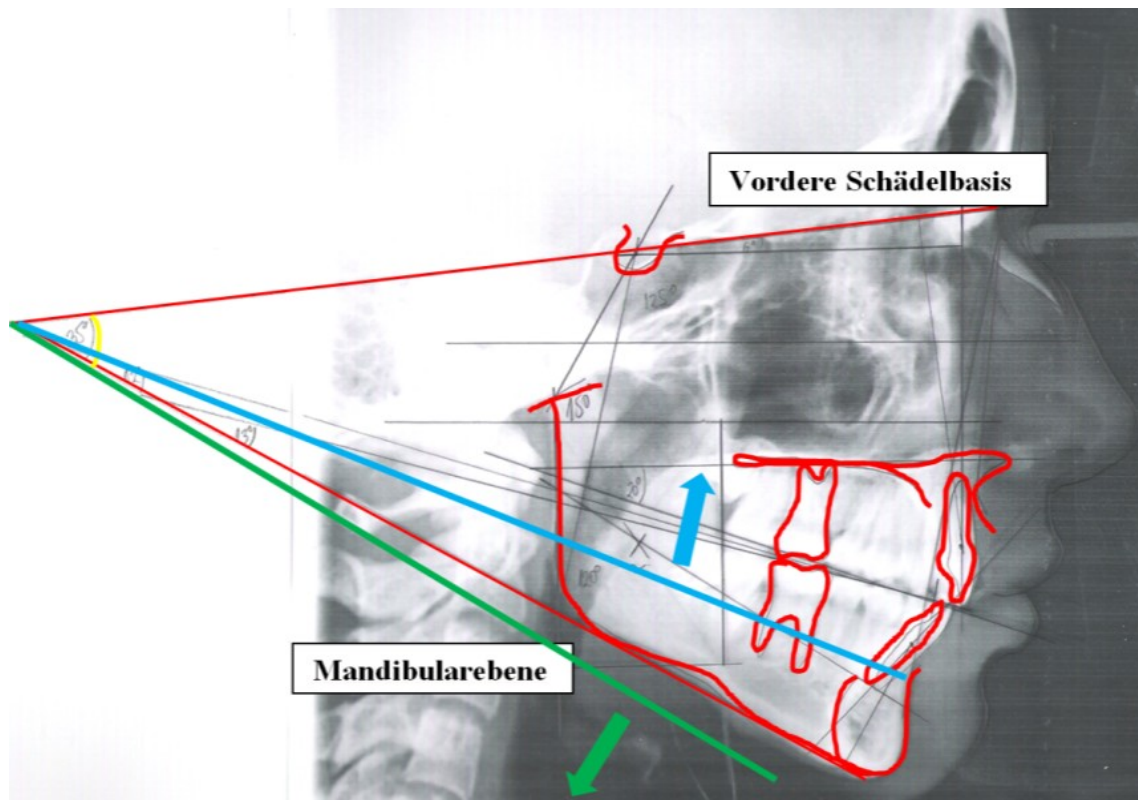


Abb.43 Darstellung der Änderung des Winkels zwischen der Unterkieferebene und der vorderen Schädelbasis

Die Variable A (Winkel zwischen der Unterkieferebene und der vorderen Schädelbasis) zeigte keine signifikanten Unterschiede.

Tendenziell zeigten sich in Falle der Verkleinerung des Winkels um bis zu -7° eine Counterclockwise Rotation der Mandibula.

Variable B

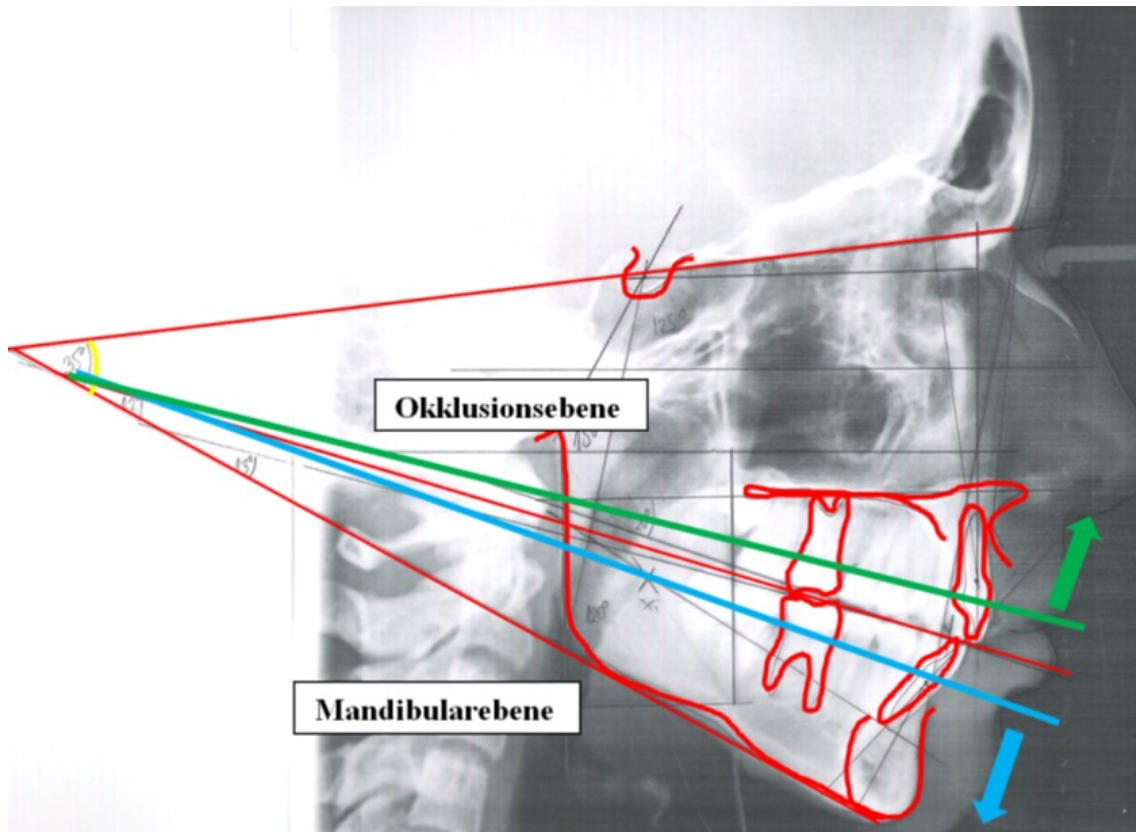


Abb.44 Darstellung der Änderung des Winkels zwischen der Unterkieferebene und der Okklusionsebene

Die Variable B (Winkel zwischen der Unterkieferebene und der Okklusionsebene) zeigte signifikante Unterschiede (Signifikanz p von 0,000) in Form einer Verkleinerung des Winkels bis zu -8° oder einer Vergrößerung von bis zu $+2,5^\circ$.

Variable C

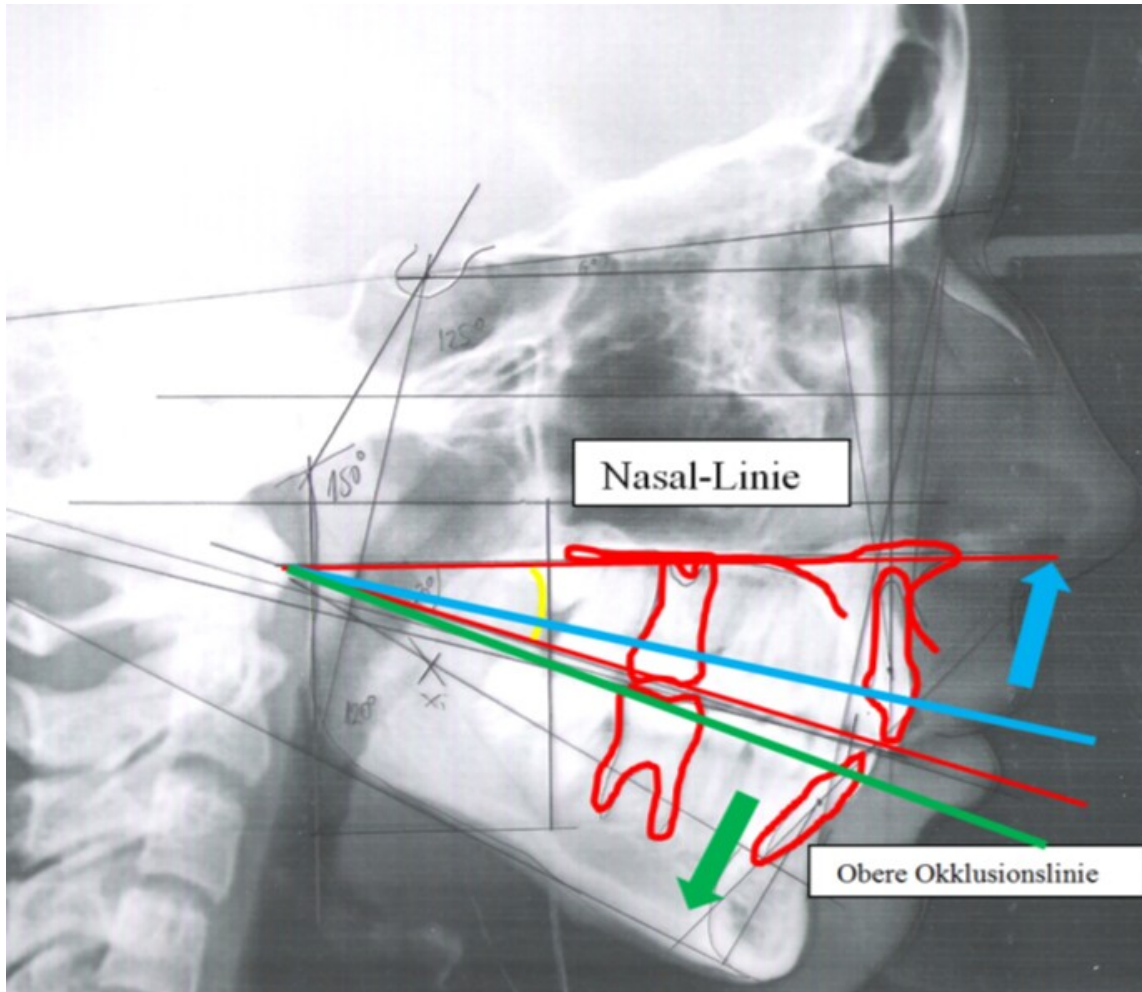


Abb.45 Darstellung der Änderung des Winkels zwischen der Oberkieferenebene und der oberen Okklusionslinie

Die Variable C (Winkel zwischen der Oberkieferenebene und der oberen Okklusionslinie) zeigte keine signifikanten Unterschiede.

Der Winkel hatte sich in gleichem Ausmaß mit Werten von bis zu -13° oder $+10^\circ$ verändert.

Variable D

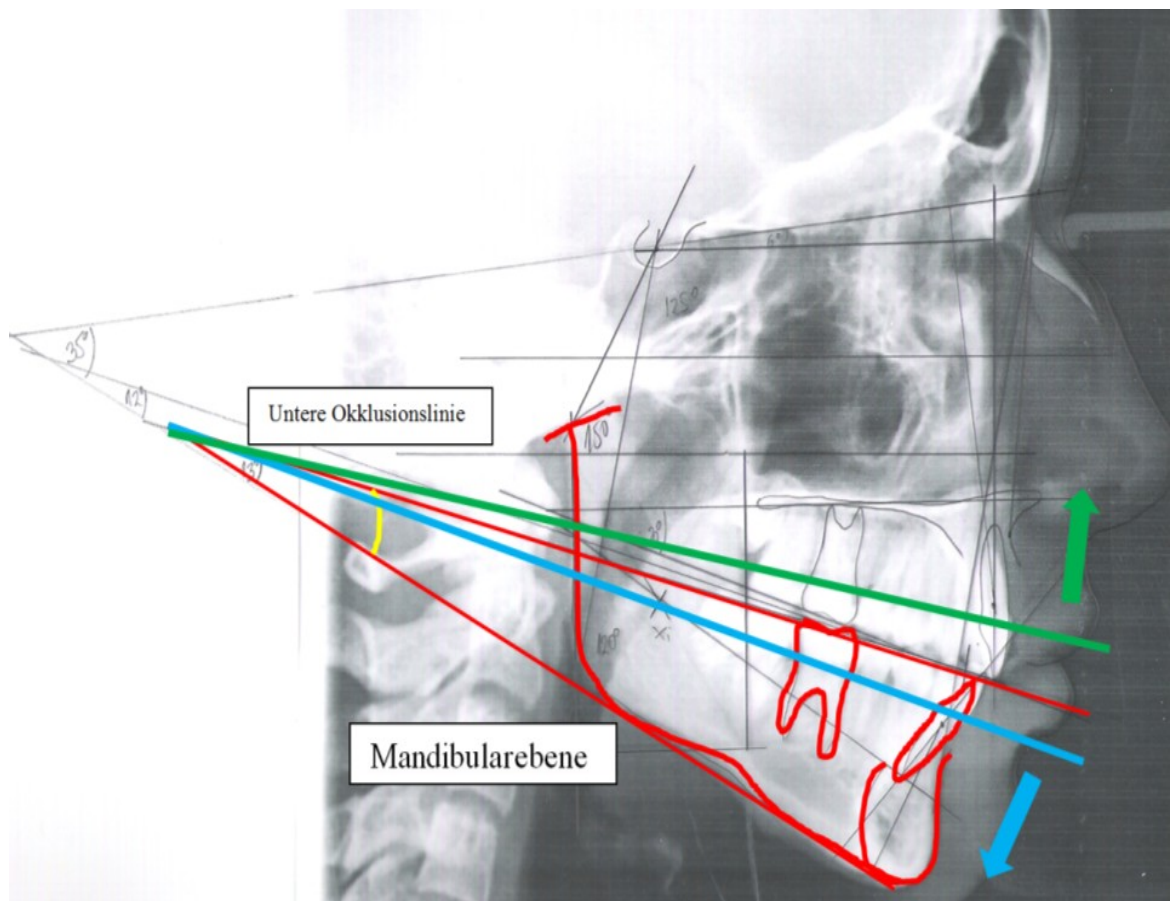


Abb.46 Darstellung der Änderung des Winkels zwischen der Unterkieferebene und der unteren Okklusionslinie

Die Variable D (Winkel zwischen der Unterkieferebene und der unteren Okklusionslinie) zeigt signifikante Unterschiede (Signifikanz p von 0,004) in Form von einer Verkleinerung des Winkels von bis zu -15° oder einer Vergrößerung des Winkels von bis zu $+5^\circ$.

Variable E

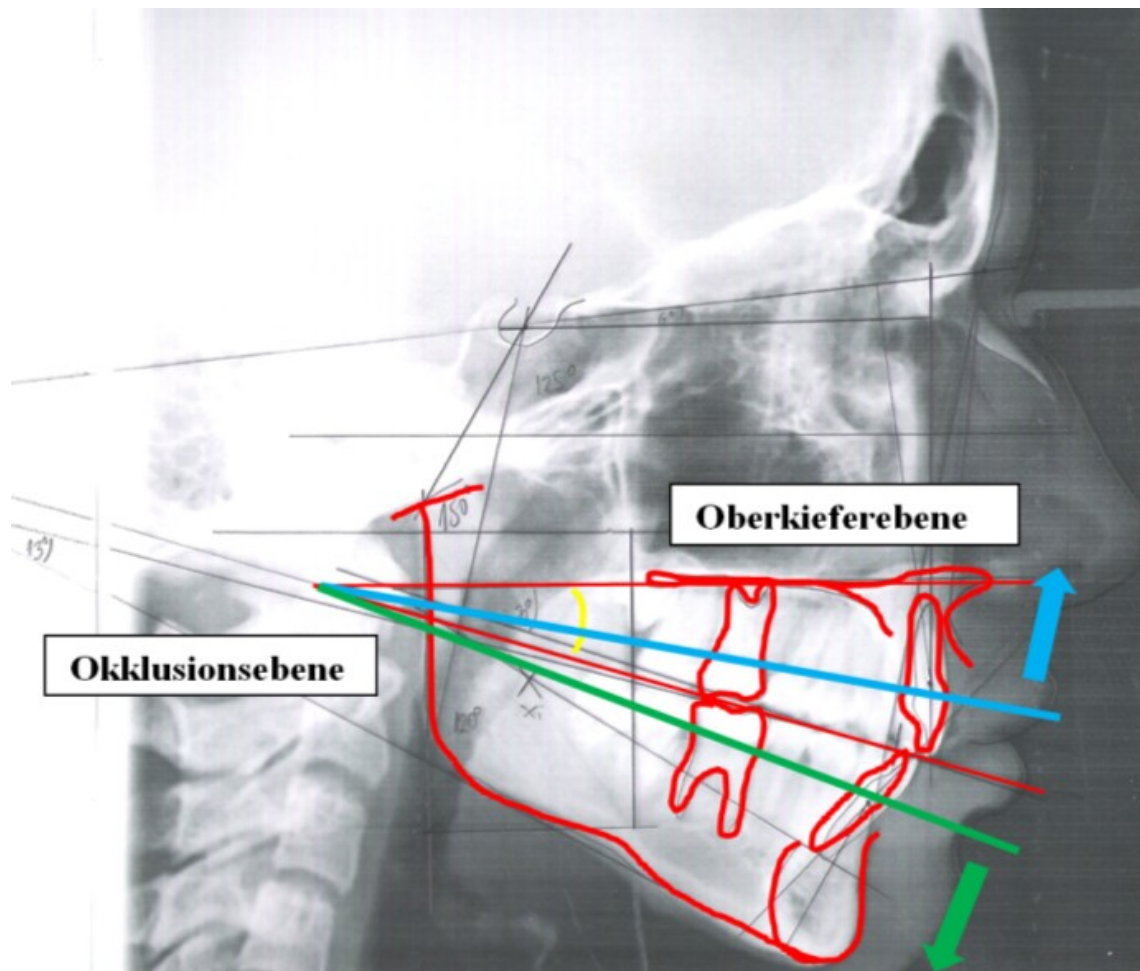


Abb.47 Darstellung der Änderung des Winkels zwischen der Oberkieferebene und der Okklusionsebene

Die Variable E (Winkel zwischen der Oberkieferebene und der Okklusionsebene) zeigte ebenfalls signifikante Unterschiede (Signifikanz p von 0,001) mit einem Wert zwischen -5° und $+9,5^\circ$.

Variable F

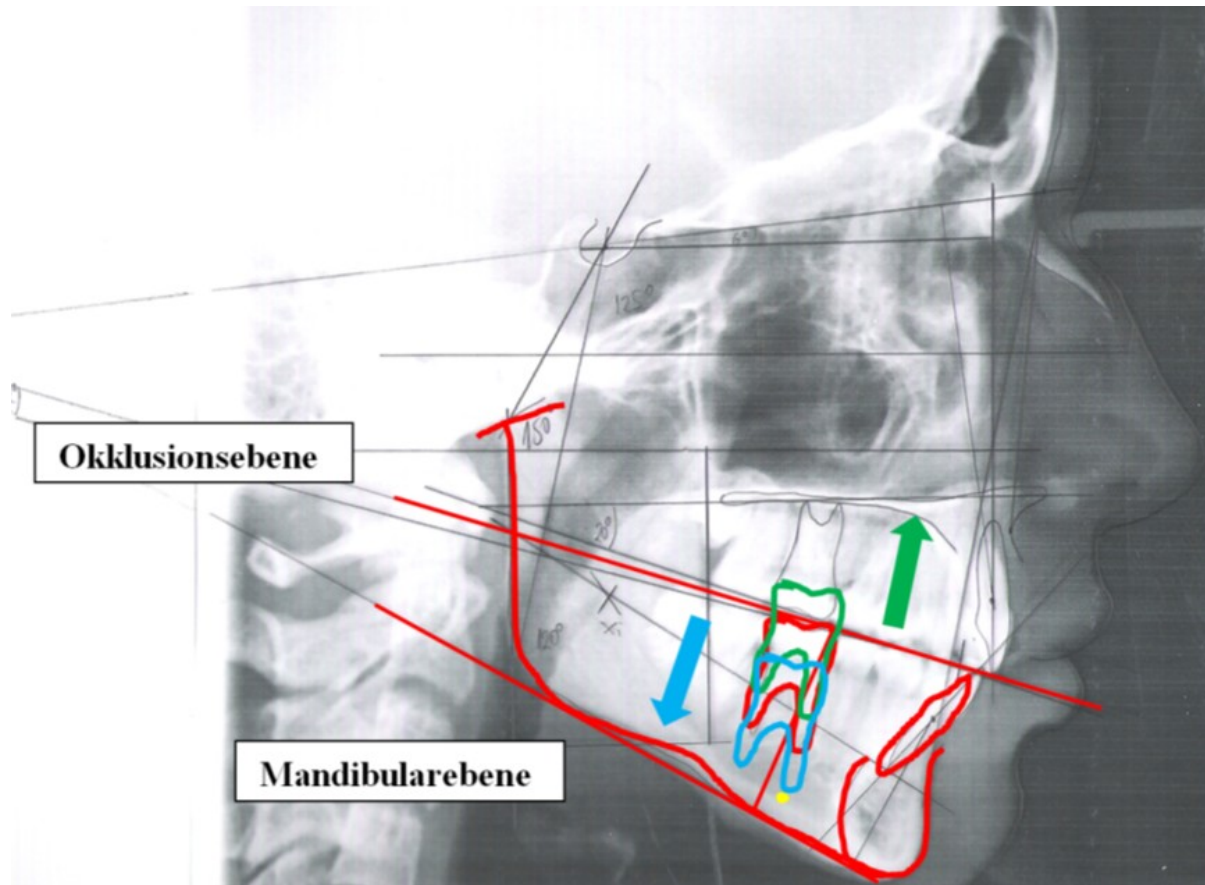


Abb.48 Darstellung der Änderung des Abstandes der Höckerspitzen des unteren Molaren zur Okklusionsebene

Die Variable F (Abstand der Höckerspitzen des unteren ersten Molaren zur Unterkieferebene) zeigte signifikante Unterschiede (Signifikanz p von 0,000) mit Werten zwischen 0 mm und + 4 mm.

Variable G

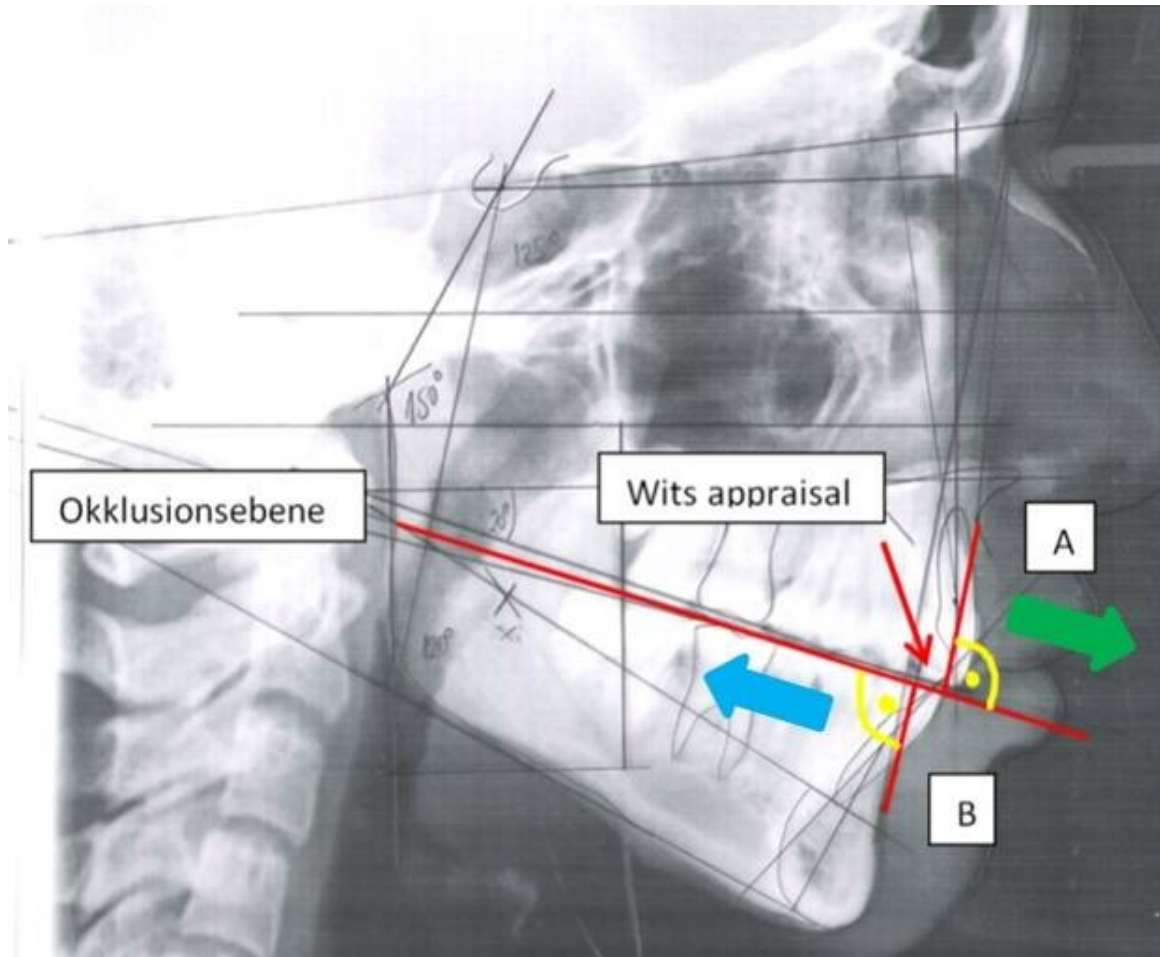


Abb.49 Darstellung der Änderung der Wits appraisal

Die Variable G (Abstand zwischen den Schnittpunkten, von den Punkten A und B aus im rechten Winkel zur Okklusionsebene gelegten Geraden) zeigte keine signifikanten Unterschiede. Die Werte waren zwischen + 1 mm und + 4 mm zu messen.

4 Diskussion

Dass elastische Elemente sowohl skelettale wie auch dentale Veränderungen nach sich ziehen liegt aufgrund der Mechanik auf der Hand. Wie stark diese mechanischen Einflüsse nach Abschluss des pubertären Wachstums in den einzelnen Parametern zu tragen kommen, ist immer noch Gegenstand von Diskussionen. Die Problematik der Klasse II/1 Therapie beim angehenden Erwachsenen (wie später natürlich auch) liegt in der bei solchen Fällen oft vor Behandlungsbeginn protrudierten Unterkieferfront. Vor allem dann, wenn der Unterkiefer nicht optimal im Wachstum nach vorne gekommen ist und die skelettale Basis im Vergleich zum Oberkiefer zu weit dorsal liegt. Die untere Front versucht diese Diskrepanz, wie groß sie auch immer ist, auszugleichen.

Setzt man in solchen Fällen anschließend Mechaniken ein, die diese Protrusion noch weiter verstärken, so befindet man sich in einem manchmal sehr kritischen Bereich. Von Seiten der Parodontologie ergibt sich immer wieder die Frage nach der labialen Schleimhautsituation. Vor allem das Risiko des Auftretens stärkerer Rezessionen ist immer gegeben. Selbst wenn man sich entschließt durch freie Schleimhauttransplantate, in vielen Fällen sogar vor der Regulierung, die gingivale Situation zu verbessern, so bleibt trotzdem die Frage, ob es sinnvoll ist sich in solche Grenzsituationen therapeutisch zu begeben.

Die Untersuchungen unter Leitung von Prof. Diedrich haben schön gezeigt, wie groß das Risiko ist, die Wurzeln der Unterkieferincisivi durch festsitzende Therapie labial aus dem Knochen zu bewegen. (Kinzinger G et al., 2008)

Zusätzlich ist eine protrudierte Front immer eine Sache der Statik. Wie weit bleibt die Situation stabil, vor allem in Hinblick auf die mögliche spätere altersbedingte Bissvertiefung. Und vor allem ab welcher Neigung kann man noch von einer akzeptablen Situation sprechen. Bevor man sich jedoch der Beantwortung dieser Fragen zuwendet, muss man sich überlegen, in wie weit die eigenen in solchen Fällen verwendeten Mechaniken Einfluß nehmen oder nicht, vor allem schon während der Behandlung.

Betrachtet man nun die Klasse II Gummizugmechanik, die Inhalt dieser Untersuchung war, so zählt diese klar zu den oben erwähnten Risikobehandlungen. Gleich wie bei den Klasse II-Push-Mechaniken (Jasper Jumper, Flexdeveloper, Herbstscharnier etc.) besteht auch beim Gummizug als Pull-Mechanik das erwähnte Unterkieferfrontrisiko. Obwohl das Ausmaß der Nebenwirkungen sehr von der Kraft und der Richtung des Vektors abhängig

ist, sollte man sich schon vor der Behandlung über vielleicht bereits vorherrschende Wurzel-Cortikalis-Relationen ein Bild machen, um nicht „böse Überraschungen“ zu erleben. Bei den Probanden der vorliegenden Untersuchung lagen die Ausgangswerte der Unterkieferfrontzahnneigung vor dem Einsetzen der 5 oz. schweren Gummizüge im Normbereich. In Extremfällen empfiehlt sich ein Ausschnitts DVT zur Beurteilung der Lage der Zahnwurzeln. In der axialen und in der sagittalen Schicht ist die Position in Relation zur labialen (und natürlich auch zu lingualen) Kortikalis gut zu sehen.

Was nun interessant war, war die nicht einheitliche Reaktion der Unterkieferfront bei den vorliegenden Probanden. Die Protrusion der unteren Incisivi war einerseits nicht so deutlich wie erwartet und andererseits nicht in allen Fällen vorhanden. Es waren sowohl Protrusionen, wie auch Retrusionen zu beobachten gewesen. Das Ausmaß der beiden schwankte außerdem in einem sehr großen Ausmaß (zwischen -14° und $+11^{\circ}$ bzw. zwischen $-5,5$ mm und $+3,5$ mm). Da sich dieses Ergebnis nicht ganz mit den Erwartungen gedeckt hat, wurden die Messungen nochmals durchgeführt - das Ergebnis war jedoch dasselbe. Aufgrund dessen ergab sich die Fragestellung nach der Ursache für dieses unterschiedliche Verhalten. Wären nur runde Drähte verwendet worden, wäre diese Diskrepanz kaum zu erklären gewesen, jedoch waren, wie aus den Unterlagen ersichtlich, auch Vierkantdrähte verwendet worden. Bei den Patienten, es waren in Summe 18, bei denen damals Vierkantstahldrähte während der Gummizugphase lagen, konnte keine Protrusion der Unterkieferfront festgestellt werden.

Bleibt man gedanklich bei der Auswirkung der horizontalen Vektoren der Klasse II Gummizüge, so muss die nächste Aufmerksamkeit der Oberkiefer-Front gelten. Nachdem der horizontale Vektor im Oberkiefer nach distal weist, war hier eine Retrusion der oberen Incisivi zu erwarten. Die Auswertung der Variable 85 (= Inklination der Oberkieferfront zur Oberkieferenebene) und Variable 26 (= Inklination der Oberkieferfront zur vorderen Schädelbasis) zeigte im Unterschied zur UK-Front sehr wohl das zu erwartende Ergebnis.

Auch vergrößerte sich der Abstand der Schneidekante des oberen Frontzahnes von der Fazialebene in Zusammenhang mit dessen Inklinationsänderung im Vergleich zur vorderen Schädelbasis und zur Oberkieferenebene.

Betrachtet man anschließend noch den durch beide Inklinationen bestimmten Interincisalwinkel, so zeigte dieser eine statistisch signifikante Vergrößerung. Die Größenzunahme eines Interincisalwinkels kann durch eine Oberkieferfrontretrusion und/oder eine Unterkieferfrontretrusion bedingt sein. Die Verkleinerung hätte vice versa bedeutet. Im vorliegenden Fall geht die Vergrößerung zu Lasten der Oberkieferretrusion. Auch Bondemark spricht bei seiner Klasse-II Arbeit von einer oberen Schneidezahnretrusion um $4,7^\circ$ - Seine Patienten hatten in der 2. Therapiephase (T1-T2) ebenfalls eine straight-wire Apparatur mit Klasse II Gummizügen im Mund. (Bondemark et al 1998)

Um das Kräfteparallelogramm zu vervollständigen, soll im Folgenden der Blick auf die vertikalen Kraftvektoren gerichtet werden. Die Mechanik des Klasse II Gummizuges lässt einerseits eine Unterkiefermolarenextrusion erwarten, andererseits eine Oberkieferfrontzahnextrusion.

Erstere zeigte sich in der Variable F (Abstand der Höckerspitze des unteren ersten Molaren zur Unterkieferebene). Diese zeigte Werte von 0 mm bis + 4 mm (= Molarenextrusion). Betrachtet man auch hier zum Vergleich die Bondemark Arbeit, so war dort eine Molarenextrusion um im Mittel 0,6 mm aufgetreten.

Die Oberkieferfrontextrusion zeigte sich in der vorliegenden Untersuchung in der Vergrößerung des Abstandes der Lippenspalte von der Okklusionsebene (Variable 59). Diese Frontextrusion wurde auch durch den Abstand des Zentrums des oberen Schneidezahnes von der vorderen Schädelbasis in Relation zu der als stabil geltenden Struktur der vorderen Schädelbasis bestätigt. Die Extrusion der oberen Front spiegelte sich auch als Teilaspekt der Veränderung des Winkels zwischen der Oberkieferebene und der Okklusionsebene wider.

Dabei muss festgehalten werden, dass sich der Winkel der Palatinalebene zur vorderen Schädelbasis (Variable 23) nicht signifikant änderte. Der Winkel zeigte sowohl eine Verkleinerung als auch eine Vergrößerung im Vergleich zum Normwert. Durch diese Ebene wird auch die Variable E (Winkel der Oberkiefer-Ebene und der Okklusionsebene) mitbestimmt. Sie zeigte in der Untersuchung signifikante Unterschiede in Form einer Vergrößerung des Winkels um bis zu $+9,5^\circ$. Was wiederum aussagt, dass die Front extrudiert worden war. Diese Angaben decken sich ebenfalls mit der schon erwähnten Bondemark-Vergleichsarbeit.

Der Winkel zwischen der Oberkieferebene und der oberen Okklusionslinie zeigte keine signifikanten Unterschiede. Der Winkel hatte sich in gleichem Ausmaß mit Werten von bis zu -13° oder $+10^\circ$ verändert.

Sowohl durch die Unterkiefermolarenextrusion wie durch auch die obere Frontextrusion erklärt sich das Kippen der Okklusionsebene nach vorne unten. Die Variable 57 (=der Winkel der Okklusionsebene zur XiPm-Linie = Occlusal Plane Inclination), die zur Abnahme neigte, bestätigte diese Erkenntnis bzgl. der Neigung der Okklusionsebene durch die Abnahme des Abstandes des Xi Punktes von selbiger.

Der Abstand des Ramus Mittelpunktes zur Okklusionsebene wies keine signifikanten Unterschiede auf. Da bei 19 Patienten der Xi Punkt cranial der Okklusionsebene lag und bei 11 Patienten caudal, konnten die Ergebnisse nur teilweise mit den Daten aus der Literatur von Herrn Prof. Droschl verglichen werden, da der Xi Punkt caudal der Okklusionsebene dargestellt ist und die Okklusionsebene selbst von Droschl anders definiert wurde.

Trotz allem ließ sich durch die Abnahme des Abstandes des Xi Punktes zur Okklusionsebene eine Clockwise Rotation der Okklusionsebene nach vorne und unten zeigen.

Die dentale Okklusion wird durch die Veränderung der Neigung der Okklusionsebene beeinflusst. Jack Dale hat die Okklusionsebene als „workbench of orthodontics“ bezeichnet und schon 1992 betont, dass die Kontrolle der Okklusionsebene während der Behandlung entscheidend für den klinischen Erfolg einer Therapie ist. (Dale J,1992; Lamarque S, 1995)

Laut Braun et al gilt als klinische Richtlinie, dass jede Gradveränderung in der Neigung und gleichzeitige Rotation der Okklusionsebene, als Resultat von 0,5 mm die dentale Okklusion beeinflusst. Die Okklusionsebene rotiert während der Entwicklung und der Wachstumsperiode um 6° nach vorne und oben. (Braun S. et al, 1997; Worms Fw,1973)

Da nach der hier verwendeten Definition der Okklusionsebene diese nicht nur durch die Position der oberen Front sondern auch jener der unteren bestimmt wird, war die Variable 36 mit zu berücksichtigen. Dieser Abstand des Zentrums des unteren Schneidezahnes von

der Unterkieferebene zeigte keine signifikanten Unterschiede. Jedoch waren mehr Intrusionen als Extrusionen zu beobachten gewesen. Die Verkleinerung des Winkels zwischen der Unterkieferebene und der unteren Okklusionslinie bestätigt die häufigere Intrusion im UK-Frontzahnbereich (Verkleinerung des Winkels von bis zu -15° oder einer Vergrößerung des Winkels von bis zu $+5^\circ$). Diese Veränderung war signifikant. Auch die Okklusionsebene in Relation zur Unterkieferebene wurde signifikant kleiner (bis zu -8°).

Der Winkel zwischen der Unterkieferebene und der vorderen Schädelbasis zeigte keine signifikanten Unterschiede. Tendenziell zeigten sich in Falle der Verkleinerung des Winkels um bis zu -7° eine Counterclockwise Rotation der Mandibula. Dies stimmt mit der Arbeit von Haralabakis 2004 überein.

Nach der Analyse nach Sassouni nähern sich die Inklinationen der 4 horizontalen anatomischen Ebenen (1.vordere Schädelbasis, 2.Oberkieferebene, 3.Okklusionsebene und 4.Unterkieferebene) bei einem gut proportionierten Gesicht und treffen sich im Idealfall in einem Punkt. Die Inklination dieser Ebenen zueinander spiegelt die Proportionalität des Gesichts wider (Nötzel F. et al, 2007). In der vorliegenden Arbeit wurde dieses Resultat nur bei 2 Probanden erreicht, man muss jedoch einräumen, dass der Zeitpunkt der Beurteilung das Ende der Gummizugphase war und nicht das endgültige Behandlungsergebnis nach der Feineinstellung.

Neben den bisher beschriebenen dentalen und dentoalveolären Veränderungen, waren trotz deren vordergründiger Beurteilungswichtigkeit, die skelettalen Parameter interessant. Bondemark beschreibt in seiner Arbeit eine Mesialbewegung der Maxilla. Im Vergleich dazu verhielt sich der SNA Winkel mit Werten von bis zu -4° Verkleinerung und $+1^\circ$ Vergrößerung eher in Form einer Distalbewegung. Die Veränderung war signifikant. Da Punkt A von der dentoalveolären Situation abhängig ist, also von der Lage der Wurzel im Oberkiefer, könnte die Veränderung des SNA-Wertes auf zwei Arten erfolgt sein:

1. Körperliche Retrusion der oberen Front
2. Unkontrollierte Kippung der oberen Front nach palatinal

Laut der Inklination des oberen Schneidezahnes zur vorderen Schädelbasis (S-N) hatten wir eine unkontrollierte Retrusion der Front, was aber offensichtlich nicht zu einer starken

Vorverlagerung der Wurzel führte, sodass sich dieser Umstand nicht auf den A Punkt hätte auswirken können.

Der SNB Winkel zeigte keine signifikanten Unterschiede, da auch die Neigung der Unterkieferfront unspezifisch war (siehe Inklination des unteren Schneidezahnes zur Unterkieferebene (Go-Me)). Es waren beim SNB-Winkel Werte bis zu $-3,5^\circ$ und $+4^\circ$ zu finden.

Der ANB Winkel wies signifikante Unterschiede auf (Signifikanz p von 0,000).

Der Wert -6° könnte rein theoretisch 3 Ursachen haben:

1. Punkt A ist therapeutisch nach dorsal gewandert
2. Punkt B ist therapeutisch nach ventral gewandert
3. Beides traf zu

Aus dem SNA Winkel sieht man aber, dass dies eher dem Punkt A anzulasten ist.

Da der ANB von der Ausdehnung und der Neigung der vorderen Schädelbasis, der Position von N und der vertikalen Situation abhängig ist, wurde sicherheitshalber, um Fehlinterpretationen auszuschalten, die Wits appraisal gezeichnet (Hussels, W. et al, 1984 ; Oktay H,1991). Sie zeigte, dass der Unterkiefer durch die Klasse II Gummizugmechanik nach vorne gewandert ist und zwar mit Werten bis zu $+4$ mm.

Die Winkelsumme (Summe Sella-, Artikulare- und Gonion-Winkel) zeigte keine signifikanten Unterschiede vor und nach der Gummizugphase. Aber es waren, gleich wie Variable A (=Winkel der UK-Ebene zur vorderen Schädelbasis), mehr Verkleinerungen zu finden.

5 Konklusio

Durch die Klasse II Gummzüge während der Straight wire Behandlung der untersuchten Patienten kam es zu folgenden Veränderungen:

1. Retrusion der Oberkieferfront
2. Vergrößerung des Abstandes der Schneidekante des oberen mittleren Schneidezahnes von der Fazialebene
3. Vergrößerung des Interinzisalwinkels
4. Extrusion der Oberkieferfront
5. Minimale Extrusion der Unterkiefermolaren
6. Clockwise Rotation der Okklusionsebene nach vorne und unten
7. Counterclockwise Rotation der Mandibula

6 Literaturverzeichnis

Baumrind S, Frantz RC (1971 a), *The reliability of head film measurements, 1 Landmark identification*. Am J Orthod 60: 111-127

Baumrind S, Frantz RC (1971 b), *The reliability of head film measurements, 2 Conventional angular and linear measures*. Am J Orthod 60: 111-127

Bergin R et al., *Computerized cephalometrics*, Acta Odontol Scand 36(6):349-357

Bondemark, L. et al, *Klasse-II-Korrektur mit Magneten und superelastischen Federn sowie anschließender Straight-wire-Therapie*, J Orofac. Orthop/Fortschr. Kieferorthop 1998; 59; 127-38 (Nr 3)

Bondevik O et al., *The digital read-out system CM-1; an instrument for rational measuring on radiographic headplates and dental models*, Eur.J.Orthod. 3 (1);1-8

Bratu, C. et al, *The Effect of Intermaxillary Elastics in Orthodontic Therapy*, Timisoara Medical Journal, Number 4, Year 2004

Braun, S. et al, *Changes in occlusion related to the cant of the occlusal plane*, Am J Orthod. Dentofacial. Orthop. Volume 111, No. 2

Carlsson GE , *Error in x-ray cephalometric. A method study and a longitudinal investigation of the skeleton on series with and without natural teeth over 5- year period*, Odontologisk Tidskrift Scand Dent J 75:99-129

Dale, J, *Paper presented at the Charles H. Tweed Foundation biennial meeting, 1992*

Del Santo Marinho, Jr, *Influence of occlusal plane inclination on ANB and Wits assessments of anteroposterior jaw relationship*, Am J Orthod. Dentofacial. Orthop. 2006 Aug;129 : 641-8

Droschl, H, *Die Fernröntgenwerte unbehandelter Kinder zwischen dem 6 und 15 Lebensjahr*, Quintessenz Bibliothek, 1984.

Edward H. Angle Orthodontics Papers 1893-1940, Archives Center, National Museum of American History.

Haralabakis, N, *The effect of cervical headgear on patients with high or low mandibular plane angles and the "myth" of posterior mandibular rotation*, Am J Orthod. Dentofacial. Orthop.; Volume 126, Number 3

Houston WJB et al., *Sources of error in measurements from cephalometric radiographs*, Eur J Orthod. 8:149-151

Hussels, W. et al, *Analysis of factors affecting angle ANB*, Am J Orthod. 1984; 85:411-23

Hussels, W. et al, *Clinical application of a method to correct angle ANB for geometric effects*, Am J Orthod. 1987; 92:506-10

Jacobson, A., *Application of „Wits“ appraisal*, Am J Orthod, 1976; 70:179-89

Kinzinger, G et al., *Distalbissbehandlung bei Adulten: Camouflage-Orthodontie versus dentofaziale Orthopädie versus Dysgnathiechirurgie. Eine kephalometrische Studie zur Evaluierung differentialtherapeutischer Effekte*, J Orofac. Orthop., 2008;69 :63-91

Knak, S., *Praxisleitfaden Kieferorthopädie*, 1.Auflage, Urban & Fischer Verlag, München 2004

Konchak PA et al., *A pascal computer program for digitizing lateral cephalometrics radiographs*, Am J Orthod 3:197-200

Lamarque, S, *The importance of occlusal plane control during orthodontic mechanotherapy*, Am J Orthod. Dentofac. Orthop. 1995; 107; 548-58.

Nelson, B. et al, *Class II correction in patients treated with class II elastics and with fixed functional appliances: a comparative study*, Am J Orthod. Dentofacial. Orthop. 2000 Aug; 118(2) : 142-9

Nötzel, F. et al, *Fernröntgenseitenbild-Analyse*, Deutscher Zahnärzte Verlag. 2007, 96

Oktay, H., *A comparison of ANB, WITS, AF-BF, and APDI measurements*, Am J Orthod. Dentofacial Orthop. 1991; 99:122-8

Philippe, J., *Mechanical Analysis of Class II Elastics*, JCO, 1995 Juni: 367-372

Schopf, P., *Curriculum Kieferorthopädie Band II*, 3.Auflage, Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin 2000.

Worms, FW. et al, *A concept and classification of rotation and external force systems*, Angle Orthod., 1973; 43:384-401

ANHANG

V23	Winkel der Palatinaebene zur vorderen Schädelbasis
V85	Zahnachsenwinkel oberer mittlerer Schneidezahn
V56	Abstand des Ramusmittelpunktes zur Okklusionsebene
V57	Winkel der Okklusionsebene zur XiPm Linie
V59	Abstand der Lippenspalte von der Okklusionsebene
V28	Interinzisalwinkel
V35	Abstand des Zentrums des oberen Schneidezahnes von der Unterkieferebene
V36	Abstand des Zentrums des unteren Schneidezahnes von der Unterkieferebene
A	Winkel zwischen der Unterkieferebene und der vorderen Schädelbasis
B	Winkel zwischen der Unterkieferebene und der Okklusionsebene
C	Winkel zwischen der Oberkieferebene und der oberen Okklusionslinie
D	Winkel zwischen der Unterkieferebene und der unteren Okklusionslinie
E	Winkel zwischen der Oberkieferebene und der Okklusionsebene
F	Abstand der Höckerspitze des unteren ersten Molaren zur Okklusionsebene
G	Wits appraisal
SNA	Winkel SNA
SNB	Winkel SNB
ANB	Winkel ANB
V26	Inklination des oberen Incisivus
V26 a	Abstand der Schneidekante des oberen Incisivus zur Fazialebene
V27	Inklination des unteren Incisivus
V27a	Abstand der Schneidekante des unteren Incisivus zur Fazialebene
WS	Winkelsumme