

Diplomarbeit

**DER UNTERSCHIED ZWISCHEN
ANATOMISCHEN UND RADIOLOGISCHEN
GONIONWINKELN**

eingereicht von

Vladana Pavić

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der gesamten Zahnheilkunde

(Dr.ⁱⁿ med.dent.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an

**der klinischen Abteilung für Orale Chirurgie und Kieferorthopädie
Universitätsklinik für Zahnmedizin und Mundgesundheit**

und

Institut für makroskopische und klinische Anatomie Graz

unter der Anleitung von

Ass.Prof.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿ med.univ. et med.dent. Margit Pichelmayer

Ao.Univ.Prof. Dr.med.univ. Andreas Weiglein

Dr.ⁱⁿ med.univ. Angelika Schwarz

Graz, 04.07.2017

Eidstattliche Erklärung

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

Vladana Pavić eh

Graz, 04.07.2017

Danksagungen

Ich möchte mich besonders bei Frau Ass.Prof.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿ Margit Pichelmayer für die gemeinsame Auswahl der Thematik, für die großartige Betreuung und engagierte Unterstützung und die konstruktiven Beratungen beim Schreiben dieser Arbeit bedanken.

Ich möchte mich bei Ao.Univ.-Prof. Dr. Weiglein für die Zweitbetreuung und Ermöglichung der Durchführung der Vermessungen am Institut für makroskopische und klinische Anatomie in Graz bedanken.

Ebenfalls möchte ich mich herzlich bedanken bei Frau Dr.ⁱⁿ Angelika Schwarz für das Bemühen und die Zusammenarbeit bei der Durchführung der Vermessungen am Institut für klinische und makroskopische Anatomie.

Weiters vielen herzlichen Dank Frau DIⁱⁿ Irene Mischak für die Übernahme der statistischen Auswertung.

Vielen Dank meiner Mutter, meiner Schwester Dr.ⁱⁿ Mirna Pavić und meinen Freunden, die immer an mich geglaubt haben und mich unterstützt haben.

Dieser Arbeit widme ich meinem Vater Prof. Dr.sci. Vladimir Pavić, dass er immer für mich da ist, für seine Grosszügigkeit, seine Ratschläge und Sicherheitsgefühl durch das Leben.

Zusammenfassung

Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit war der Unterschied zwischen antropologischen-anatomischen Gonionwinkeln und radiologischen Gonionwinkeln in Bezug auf unterschiedliche Vermessungsmethoden. Zusätzlich wurde der Zusammenhang zwischen Gonionwinkel und Malokklusion erarbeitet.

Methode

Die Untersuchungsgruppe rekrutierte sich aus der Schädelammlung (100-150 Jahre alt) des Institutes für makroskopische und klinische Anatomie der Medizinischen Universität Graz. Es wurden ausschließlich erwachsene mazerierte Schädel (n=69) aus dieser Gruppe ausgewählt, um etwaige Wachstumseinflüsse auszuschalten.

- 1) Der Gonionwinkel wurde mittels eines Goniometers, welches an den zwei Knochentangenten angelegt wurde, direkt an den mazerierten Schädeln gemessen.
- 2) Der röntgenologische Gonionwinkel wurde an den Fernröntgenaufnahmen desselben Untersuchungsgutes ermittelt. Die Aufnahmen wurden mittels eines digitalen C-Bogen-Röntgens am Institut für makroskopische und klinische Anatomie angefertigt.

Es wurden fünf Gonionwinkel jeweils am Originalröntgenbild und in der Invertansicht der einzelnen Originalbilder gezeichnet. Die Messungsvarianten wurden farbkodiert.

Beide Untersuchungen wurden jeweils von zwei Untersuchern unabhängig voneinander durchgeführt.

Ergebnisse

Die statistische Auswertung ergab, dass die Übereinstimmung zwischen den Untersuchern bei allen Varianten sehr hoch war. Weiters zeigte sich, dass es zwischen den Originalröntgen- und Invers-Röntgen-Gonionwinkeln keinen signifikanten Unterschied gab. Außerdem war zu sehen, dass es zwischen den

rechten und linken Gonionschädelwerten und den Röntgengonionwerten keinen statistisch relevanten Unterschied gab.

In weiteren Untersuchung wurden an den Schädeln die Angle-Syndromklassen ermittelt (KI.III-43,3%, KI.II/1-28,4%, KI.I-20,9% und KI.II/2-7,5%).

Es zeigte sich, dass bei der Klasse II/2 die Übereinstimmung zwischen der Gonionschädelmessung und jener FR-Messungen am höchsten war, die in der Österr.Ges.für Kieferorthopädie bevorzugt wird - gefolgt von den KI.I, KI. II/1 und KI.III - jedoch mit Vorbehalt, da die Deckbisse zahlenmäßig stark unterlegen waren.

Konklusion

In dieser Arbeit zeigte sich, dass die Gonionwinkelwerte bei verschiedenen Messmethoden keinen signifikanten Unterschied aufwiesen.

Abstract

Objective

This work was aimed to determine the difference between anthropological and anatomical gonion angle as related to various measuring methods. Additionally, the correlation between gonion angle and malocclusion was also discussed.

Methods

The test group was recruited from the collection of skulls (100-150 years old) from the Department of Macroscopic and Clinical Anatomy at the Medical University of Graz. Only macerated adult skulls (n=69) were selected from this group in order to eliminate possible influences of growth.

1) The gonion angle was measured directly on the macerated skulls with a gonionmeter that was set up on two bone tangents.

2) The radiographical gonion angle was obtained on the remote radiogram of the same test specimen. The photographs were made at the department for macroscopic and clinical Anatomy by means of a digital C-arc x-ray device. There were five gonion angles at a time on original x-ray image and in inverse view drawn. The measuring variants were colour-coded.

Both tests were made in each case by two independent examiners.

Results

The results of the statistical evaluation showed that the agreement was very high between the examiners in both variants. It was further indicated that there was no difference between gonion angles on original x-ray images and on inverse-x-ray images. It could also be seen that there was no statistically relevant difference between the right and left skull gonion angle values and the values of x-ray gonion angle.

Further tests on the skulls concerning the Angle-Syndrome classes were carried out (KI.III-43,3%, KI.II/1-28,4%, KI.I-20,9% and KI.II/2-7,5%).

It was indicated that the agreement was the highest in class II div.2 between the skull gonion measurement and the cephalometric measurement that is preferred in the Austrian Society for Orthodontics – followed by class I, class II div.1 and class III – taking into account, that the class II / 2 sample group was statistically too small.

Conclusion

This work has indicated that the values of gonion angles indicate no significant difference in various measuring methods.

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	ii
Zusammenfassung.....	iii
Abstract.....	v
Glossar und Abkürzungen.....	viii
Abbildungsverzeichnis	ix
Tabellenverzeichnis	xii
1. Einleitung	1
1.1 Gonionpunkt	1
1.2 Gonionwinkel	7
1.3 Die gonionwinkelrelevante Anatomie des Unterkieferknochens	8
1.4 Der Gonionwinkel und Wachstum.....	10
1.5 Der Gonionwinkel und die Rotation	12
1.6 Der Gonionwinkel und das Sexualdimorphismus, Alter und Dentition	13
1.7 Der Gonionwinkel im Bezug auf die Malokklusion, die Wachstumstendenz und die Gesichtsmorphologie.....	15
1.8 Zielsetzung	21
2. Material und Methoden	22
3. Ergebnisse – Resultate	32
3.1 Röntgenausmessungen: Untersucher 1 vs Untersucher 2 (Interrater-Reabilität).....	32
3.2 Übereinstimmung zwischen Original und Invers	34
3.3 Vergleich der Schädelmessungen mit den Röntgenmessungen (nur Untersucher 2/ nur Inversbilder)	38
3.4 Zusammenhang der Zahnmorphologie mit der Schädelmessung und der Röntgenmessung (nur Invers rot / Untersucher 2).....	41
3.5 Schädelmessung U1 vs U2.....	42
4. Diskussion.....	43
5. Konklusion.....	47
6. Literaturverzeichnis	47

Glossar und Abkürzungen

FR	Fernröntgen
KI.	Klasse
KFO	Kieferorthopädie
Go	Gonionwinkel
Ar	Artikulare
Me	Menton
N	Nasion
U1	Untersucher 1
U2	Untersucher 2
Org.	Original
Inv.Rö	Invers Röntgenbild
Österr. Ges. für Kieferorthopädie	Österreichische Gesellschaft für Kieferorthopädie

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1:** Kunststoffschädel in der Sicht von caudal
- Abbildung 2:** Kunststoffschädel in der Sicht von caudal (vergrößerter Ausschnitt)
- Abbildung 3a:** Rechter anthropologischer Gonionpunkt lt. Saller (1930)
- Abbildung 3b:** Linker anthropologischer Gonionpunkt lt. Saller (1930)
- Abbildung 4:** Gonionpunkt lt. Graber (1952)
- Abbildung 5:** Gonionpunkt im Fernröntgen
- Abbildung 5a:** Röntgenologischer Gonionwinkel der Kieferorthopädie
- Abbildung 6:** Henry Gray-Anatomy of the human body, 1918, Fig 176
- Abbildung 7:** Henry Gray-Anatomy of the human body, 1918, Fig 177
- Abbildung 8:** Durch die Verbindungslinie Nasion-Gonion (Nasion = vorderster Punkt der Sutura naso-frontalis) (Gonion = entsprechend der Definition Unterteilung des Gonionwinkels in einen „oberen“ und „unteren“ Gonionwinkel (Muretić Ž., Rak D. 1991)
- Abbildung 9:** Gonionwinkel und Wachstumstendenz vertikal vs. horizontal (Kahl-Nieke B. 2009)
- Abbildung 10:** Gonionwinkelveränderung durch Alter (Shaw R.B. et al., Department of Surgery, University of Rochester Medical Center, Rochester, New York, 2010)
- Abbildung 11:** Unterteilung des Gonionwinkels in einen oberen und einen unteren Winkel (Siriwat, Jarabak 1985)
- Abbildung 12a:** Angle Klasse I (Blens T. 2004) mit Gonionwinkel in der Norm von 125 Grad (Harzer, 2011)

- Abbildung 12b:** Angle Klasse II/1 (Blens T. 2004) mit Gonionwinkel in der Norm von <123 Grad (Harzer, 2011)
- Abbildung 12c:** Angle Klasse III (Blens T. 2004) mit Gonionwinkel in der Norm von >123 Grad (Harzer, 2011)
- Abbildung 13a:** Malokklusion im Bezug auf Gesichtsmorphologie (Siriwat P.P., Jarabak J.R. 1985) (gesamtes Untersuchungsgut-nicht nach Geschlecht getrennt)
- Abbildung 13b:** Malokklusion im Bezug auf Gesichtsmorphologie (Siriwat P.P., Jarabak J.R. 1985) (nur die weiblichen Patienten)
- Abbildung 14a:** Gesichtsmorphologie mit posteriorer Wachstumsrotation (hyperdivergent) (Sirwat P.P., Jarabak J.R. 1985)
- Abbildung 14b:** Gesichtsmorphologie mit normalem Wachstum (Sirwat P.P., Jarabak J.R. 1985)
- Abbildung 14c:** Gesichtsmorphologie bei anteriorer Wachstumsrotation (hypodivergent) (Sirwat P.P., Jarabak J.R. 1985)
- Abbildung 15:** Goniometer
- Abbildung 16:** Anlegen des Messgerätes an den Kieferwinkel entsprechend der Meßvorgabe (der gezeigte mazerierte Erwachsenenschädel war einer der Untersuchungsschädel)
- Abbildung 17:** Original-Röntgen der Anatomie
- Abbildung 18:** Inverses Bild errechnet mittels Photofiltre 7
- Abbildung 19:** Artikulare am Schnittpunkt der Mittelkontur mit der Schädelbasis
- Abbildung 20:** Caudalster Symphysenpunkt
- Abbildung 21:** Tangenten an die Mittelkontur
- Abbildung 22:** Schnittpunkt der Symphyse mit der Mittelkontur

- Abbildung 23:** Tangenten an die Mittelkontur
- Abbildung 24:** Tangenten an die äußerste Kontur
- Abbildung 25:** Schnittpunkt der äußeren Kontur mit der Schädelbasis
- Abbildung 26:** Tangenten an die äußeren Konturen
- Abbildung 27:** Die zwei Möglichkeiten der Tangenten (jeweils an der Mittelkontur dargestellt)
- Abbildung 28:** Reine Tangentenlegungen an die äußeren Konturen
- Abbildung 29:** Vergleich U1 vs.U2 an den Originalbildern
- Abbildung 30:** Vergleich U1 vs.U2 an den Inversbildern
- Abbildung 31:** Box-plots der fünf Durchzeichnungsvarianten aufgelistet nach Farben
- Abbildung 32:** Graphische Darstellung des Cronbach-Alpha (Originalbild vs. Inversbild)
- Abbildung 33:** Vergleich der Werte der einzelnen Varianten (Invers/U2)

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1:** Goniondefinitionen (Nötzel F., Schultz C., Hartung M., 2007)
- Tabelle 2:** Definitionen/Einteilung der Angle- Klassen (Ehmer U, 2000)
- Tabelle 3:** Cronbach-Alpha- → Übereinstimmung von U1 und U2 bei den fünf Varianten und den jeweiligen Röntgenbildern
- Tabelle 4:** Deskriptive Statistik der ersten fünf Varianten (U1 = Untersucher 1) (U2=Untersucher 2)
- Tabelle 5:** Cronbach-Alpha-→ Übereinstimmung von Originalbildern (=Orig.)- und Inversbildern (=Inv.) bei der zwei Untersuchern
- Tabelle 6:** Gonionwinkelmessungen am Schädel
- Tabelle 7:** Gonionwinkelmessungen des Zweitzeichners an den Inversbildern
- Tabelle 8:** Schädel vs. Invers/U2
- Tabelle 9:** Syndromklassen der anatomischen Schädel
- Tabelle 10:** Verteilung der Schädelmessungen und die Inversendurchzeichnungen von U2
- Tabelle 11:** Angleklassenübereinstimmung mit der Schädelmessung und der (Invers U2 rot) Röntgenmessung mittels Pearson Korrelationskoeffizient
- Tabelle 12:** Schädelmessung U1 vs U2

In der vorliegenden Arbeit geht es um den Kieferwinkelbereich des menschlichen Unterkiefers, welcher mit Hilfe zweier unterschiedlicher Untersuchungsmethoden ausgemessen wurde. Zum besseren Verständnis soll in den folgenden Absätzen eine genauere Betrachtung dieses Bereiches vorgenommen werden.

1. Einleitung

1.1 Gonionpunkt

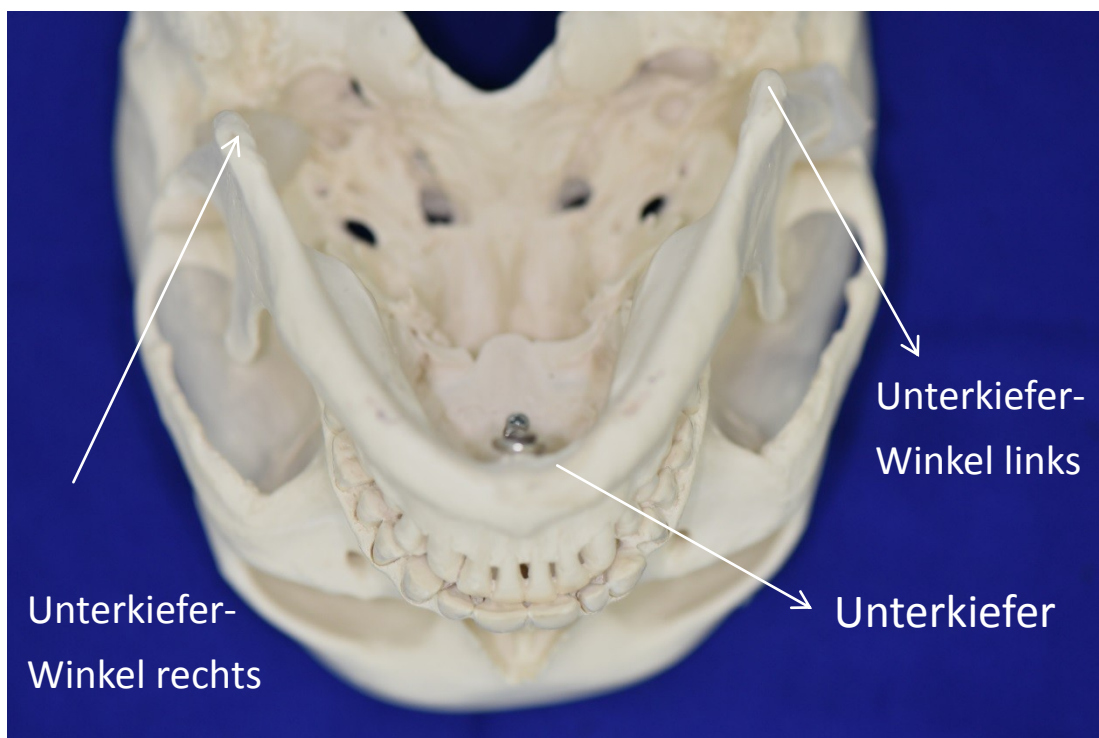


Abbildung 1: Kunststoffschädel in der Sicht von caudal

Der hufeisenförmige Unterkiefer (lat. Mandibula) ist der grösste Gesichtschädelknochen und einige bewegliche Knochen des Schädels. Auf ihm befindet sich im Kieferwinkelbereich der „**anthropologische Gonionpunkt**“. Dieser ist lt. dem „Anthropologischen Leitfaden“ noch Karl Saller (Saller 1930) folgendermaßen definiert : „... Punkt des Unterkiefers, an dem der Basalrand des Körpers und der Hinterrand des Ramus zusammentreffen, bzw. der Punkt des Unterkieferwinkels, welcher am weitesten nach unten, hinten und außen

gerichtet ist...“. Bei dieser Definition ist zu berücksichtigen, dass der anthropologische Kieferwinkel direkt an der Kontur des Knochens gelegen ist - wobei Saller weiter ausführt, dass sich der Winkel nur dann bestimmen läßt, wenn man den Unterkiefer so hält, dass der Kieferwinkel nach oben schaut. „... Der höchste Punkt wird dann als *Gonion* bezeichnet...“.

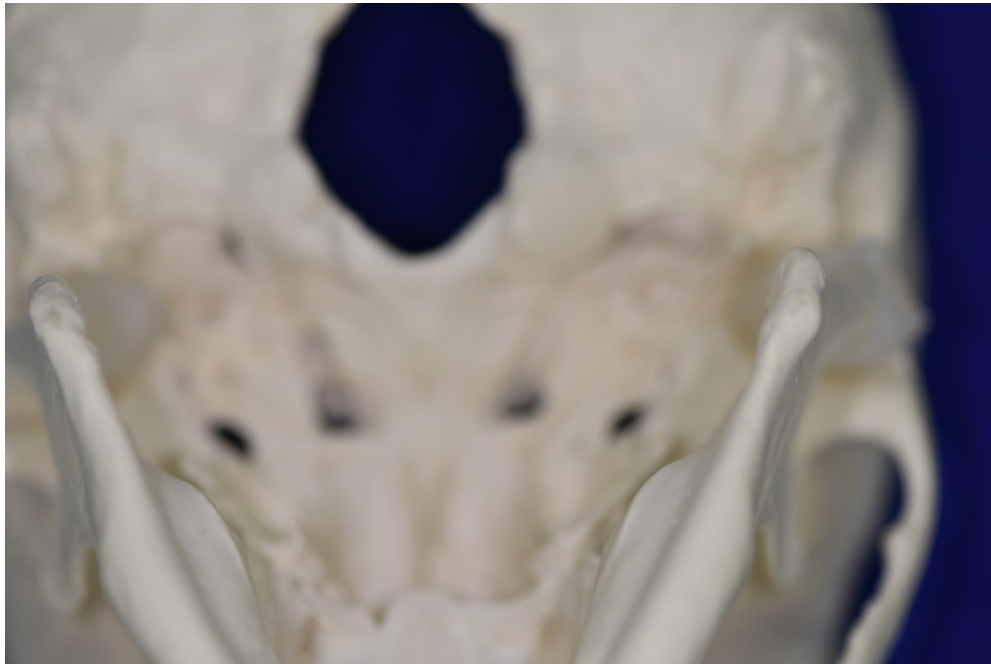


Abbildung 2: Kunststoffschädel in der Sicht von caudal. Vergrößerter Ausschnitt



Abbildung 3a: Rechter anthropologischer Gonionpunkt lt.Saller (1930)



Abbildung 3b: Linker anthropologischer Gonionpunkt lt.Saller (1930)

Diese Definition ist bewusst wortwörtlich gewählt, da es noch andere Definitionen für diesen Punkt gibt, wie z.B. „der dorsalste und caudalste Punkt am Angulus mandibulae“ lt Graber (1952) (Tabelle 1).



Abbildung 4: Gonionpunkt lt.Graber (1952)

Von diesen Definitionen unterschieden sich nun deutlich diejenigen des „**Röntgenologischen Gonionpunktes**“. Dieser wird in der Kieferorthopädie in der lateralen Schädelaufnahme (Fernröntgen) gezeichnet. Es handelt sich um einen konstruierten Punkt, der außerhalb des Kieferwinkels liegt und einen Schnittpunkt zweier Linien darstellt. Die erste Linie geht vom konstruierten Punkt Artikulare (= Schnittpunkt der kaudalen Kontur der hinterer Schädelbasis und der dorsalen Kontur des Ramus mandibulae) zum Berührungspunkt am Unterkieferhinterrand.

Die zweite Linie geht vom kaudalen Punkt der Unterkiefer-Symphyse (Menton Punkt) zum Berührungspunkt am Corpus mandibulae. Der Gonionpunkt bildet mit dem Sellapunkt (Mittelpunkt der Sella turcica-Nullpunkt) die hintere Gesichtshöhe (Bezeichnung im Björk'schen Polygon)(Riolo 1974) (Tab 1). Mit der Kenntnis von hinterer Gesichtshöhe und vorderer Gesichtshöhe (Nasionpunkt-Pogonionpunkt) kann man die skelettale Wachstumstendenz bestimmen, wenn man das Verhältnis von der hinteren Gesichtshöhe zur vorderen Gesichtshöhe in Prozent ausrechnet (Kahl-Nieke B., 2009).

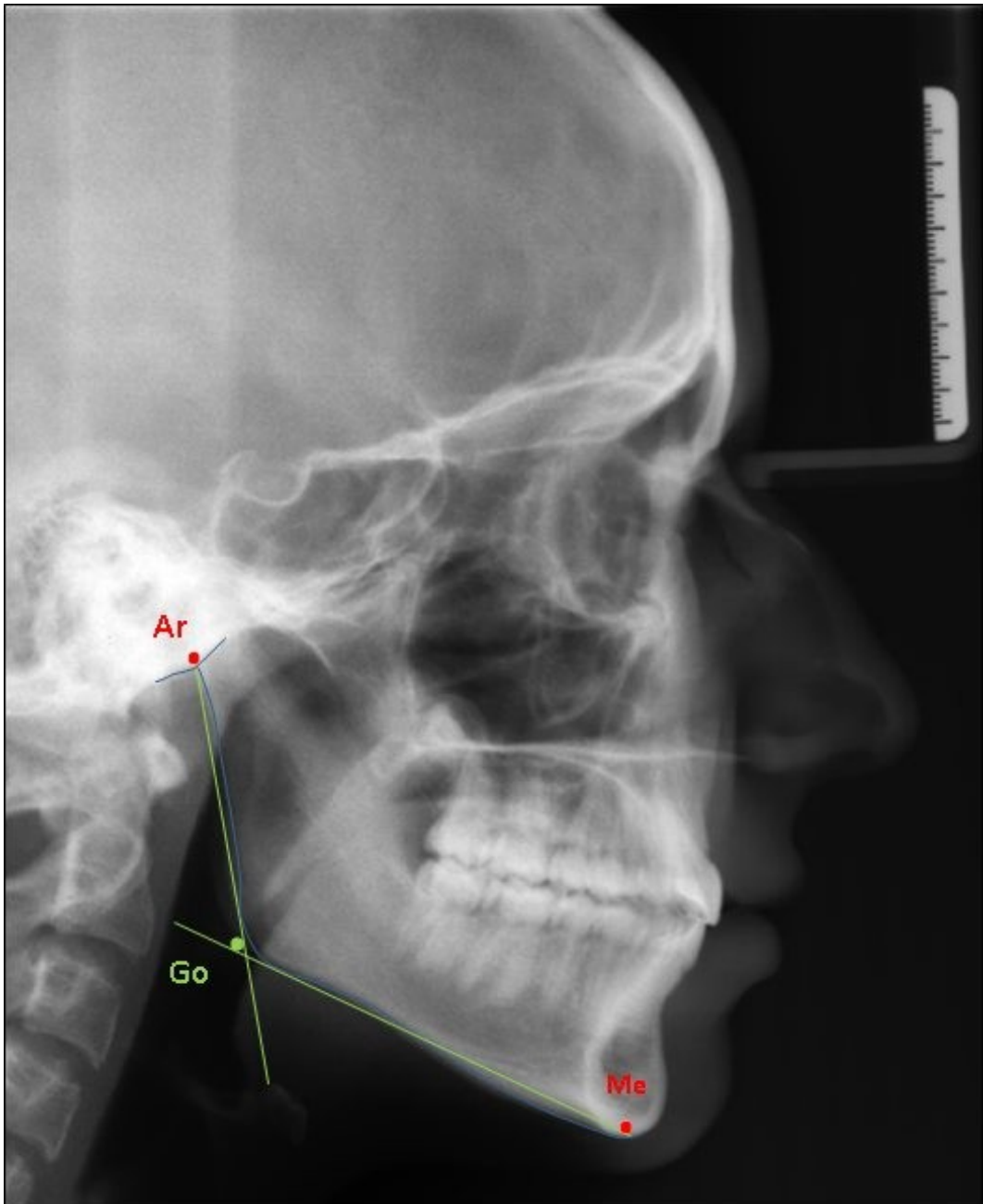


Abbildung 5: Gonionpunkt im Fernröntgen

In Tabelle 1 werden noch andere Definitionen bzgl. des Gonions wiedergegeben (Nötzel F., Schultz C., Hartung M., 2007)

Gonion (Go)	Posterior inferior Punkt am Ramus des Unterkiefer. Kephalemtrisch ist Gonion der Kreuzungspunkt vom Mandibular- und Ramusplanum.	Robert M. Ricketts	1989
Gonion (Go)	Untersten, hinter und aussen gelegener Punkt im posterior-inferioren Winkel zwischen Unterkieferkörper und aufsteigendem Ast.	T. M. Graber	1952
Gonion (Go)	Punkt an der knöchernen Kontur des Unterkieferwinkels. Es wird durch den Scheitelpunkt des Tangentenwinkels bestimmt.	Arne Björk	1960
Gonion (Go)	Der Punkt befindet sich im Scheitelpunkt des Winkels aus posteriorer Ramusebene und Mandibularplanum.	Viken Sassouni	1971
Gonion (Go)	Hinterster und tiefster Punkt am Unterkieferwinkel. Er kann durch Betrachtung oder Ableitung bestimmt werden (Schnittpunkt von Mandibularplanum und Ramustangente).	Robert E. Moyers	1973
Gonion (Go)	Scheitelpunkt des Unterkieferwinkels. Er liegt im Schnittpunkt der Mandibular-ebene und einer Linie ausgehend vom Artikulare am Hinterrand des aufsteigenden Astes nach unten.	Michael L. Riolo	1974
Gonion (Go)	Am äusseren Kieferwinkel; Scheitelpunkt des Winkels der Tangenten am hinteren Rand des aufsteigenden Astes und des Unterrandes des Unterkiefers.	Holly B. Broadbent	1975
Gonion (Go)	Lateraler Punkt am Unterkieferwinkel direkt am knöchernen Gonion. Er wird durch Palpation gefunden. Falls der Winkel sehr flach oder die Weichteile sehr stark ist, wird das Auffinden des Punktes erschwert.	Leslie G. Farkas	1981
Gonion (Go)	Ein Punkt an der Krümmung des Unterkieferwinkels. Er befindet sich im Scheitelpunkt des Winkels aus hinterer Ramustangente und Unterrandtangente der Mandibula.	Alex Jacobson, Page W. Caufield	1985

Tabelle 1: Goniondefinitionen (Nötzel F., Schultz C., Hartung M., 2007)

Es ist daher in Publikationen unbedingt notwendig, die „Gonion“-Definition genau anzugeben, die verwendet wurde.

1.2 Gonionwinkel

Auch beim Gonionwinkel wird zwischen dem anthropologisch-anatomischen und dem kieferorthopädischen unterschieden.

Unter dem **anthropologischen Gonionwinkel** versteht man lt. Martin R., Knußmann R.: „... den Winkel, den eine an die Hinterfläche des Caput und den Astwinkel angelegte Gerade (Ramustangente) mit der Unterfläche, auf der der Kiefer liegt, bildet.“

Den anatomischen Gonionwinkel kann man zwischen diesen zwei Knochentangenten auf dem mazerierten Schädel, welcher von Gewebe befreit ist, finden.

Der **röntgenologische Gonionwinkel**, den die Kieferorthopädie verwendet, ist jener Winkel, der von den bereits oben beschriebenen zwei Tangenten eingeschlossen wird.

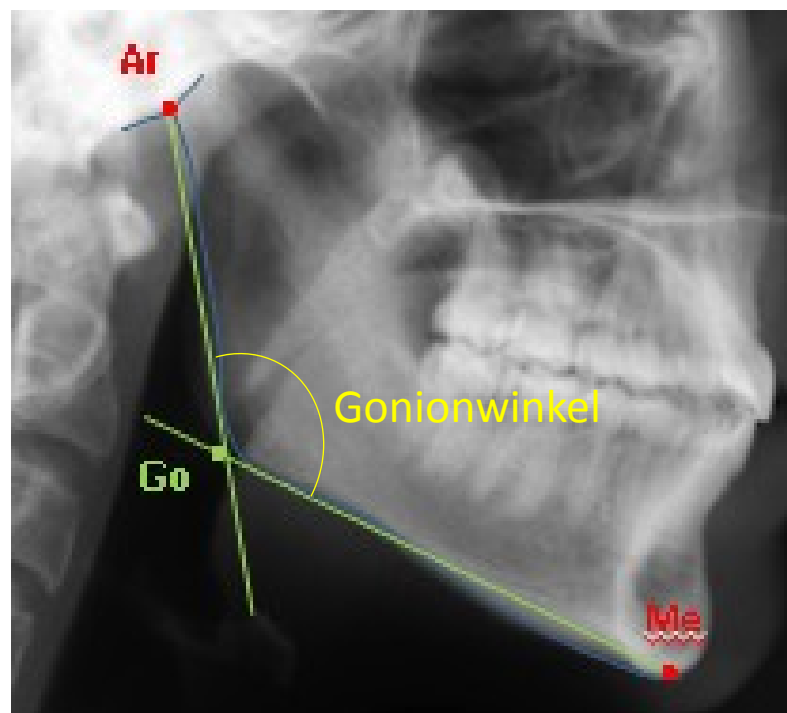


Abbildung 5a: Röntgenologischer Gonionwinkel der Kieferorthopädie

1.3 Die gonionwinkelrelevante Anatomie des Unterkieferknochens

Die Mandibula beinhaltet einen horizontalen Teil (Corpus mandibulae) und zwei senkrechte Teile (Rami mandibulae). Zwischen diesen zwei Strukturen befindet sich der Kieferwinkel, der sich bei der Sicht von lateral als L-förmige Struktur darstellt. Lt. Upadhyay ist der Gonionwinkel vom zahntragenden Alveolarfortsatz, der sich auf dem Corpus mandibulae befindet, insofern abhängig, als zahnlose Unterkiefer einen deutlich größeren Kieferwinkel zeigen.

Am Angulus mandibulae befindet sich die Tuberositas masseterica, die den Ansatz für den M.masseter bildet. (Krmpotić Nemanjić J. 2004, Marušić A. 2005, Fanghanel J., Pera F., Anderhuber F., Nitsch R. 2005).

Bei den Prämolaren befindet sich das Foramen mentale welcher den Ausgang des Canalis mandibularis darstellt, durch welchen der dritte Ast des N.trigeminus, der N.alveolaris inferior verläuft (Fanghanel J., Pera F., Anderhuber F., Nitsch R. 2005).

Die Wölbung am Kinn bildet die Protuberantia mentalis. Sie befindet sich unter der Symphysis mandibulae (lat.Symphysis menti). Diese hat eine dreieckige Form und besteht aus Knochengewebe.

Das obere Ende des Ramus mandibulae teilt sich in zwei Teile auf, in den vorderen (Processus coronoideus) und hinteren (Processus condylaris) Teil. Auf dem Processus coronoideus befindet sich der Ansatz des Musculus temporalis, welcher zu der Kaumuskulatur gehört. Der Processus condylaris trägt einen konvexen Gelenkskörper, welcher das Gelenk mit dem Schläfenknochen (Os temporale) verbindet. Der Processus condylaris besteht aus dem Collum mandibulae und Caput mandibulae (Krmpotić, Nemanjić J. 2004, Fanghanel J. Pera F., Nitsch R. 2005).

Im Molarenbereich befindet sich die sogenannte Linea obliqua, an welcher der M.buccinator und M.depressor anguli oris ansetzen. Betrachtet von dorsal, sehen wir die Linea mylohyoidea. An ihr befindet sich der proximale Ansatz vom

M.mylohyoideus welcher den Mundboden bildet (Fanghanel J., Pera F., Anderhuber F., Nitsch R. 2005).

Von vestibulär betrachtet erkennt man an den Angulus mandibulae, die Ansätze der Masseteren.

Die Muskulatur spielt als einer der funktionellen Reize mit in die Idee der Funktionellen Matrix nach Moss.

Jensen zeigte 1952, dass individuen mit starker Muskulatur kleinere Gonionwinkel aufwiesen als solche mit schwacher Muskulatur.

Solange die Muskelfunktion mit dem Alter aufrecht erhalten werden kann, wirkt der Zug am Insertionsort knochenfördernd. Die Struktur der Gonionregion wird vorallem durch die Insertion des M.Masserter aufrecht erhalten (Upadhyay 2012).

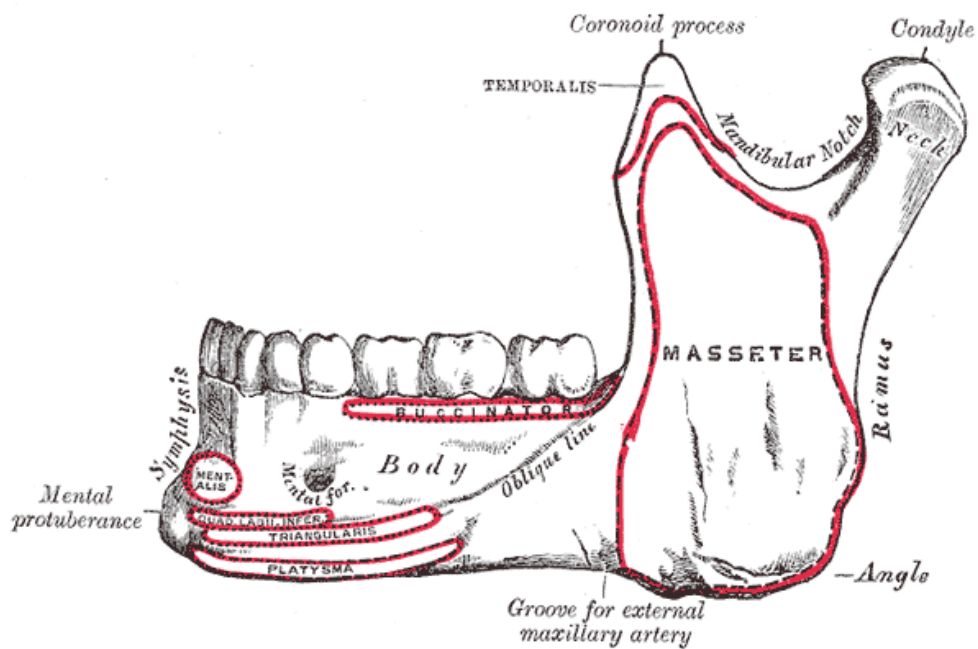


Abbildung 6: Henry Gray - Anatomy of the human body, 1918, Fig 176)

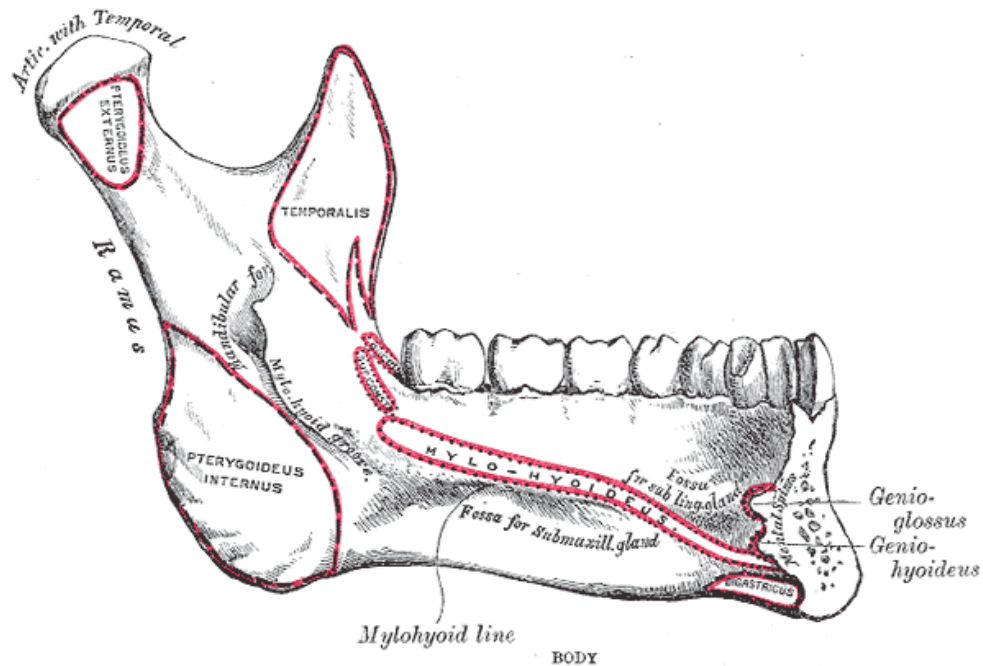


Abbildung 7: Henry Gray - Anatomy of the human body, 1918, Fig 177)

1.4 Der Gonionwinkel und Wachstum

Der Gonionwinkel ist ein wichtiger Parameter in der Kephalemtrie für die kieferorthopädische Diagnostik und Therapie. Der Gonionwinkel verändert sich während des Wachstums. Die Ergebnisse anhand 200 Fernröntgen von eugnathen Probanden (vom 10. Lebensjahr bis Erwachsenenalter) zeigten, dass sich der Gonionwinkel während des Wachstums in Adoleszenz und in der Postadoleszenz verkleinert. Die Hauptform der Mandibula sowie auch anteriore und posteriore Rotation sind durch das Kondylarwachstum determiniert (Björk A. 1963, 1966). Auf das Wachstum und die Entwicklung der Unterkiefer

Die Größe der Gonionwinkel ist einer der Hauptparameter bei Bestimmung der Art der Mandibularrotation. Die Bestimmung der Winkel Menton-Gonion-Artikulare (röntgenologische kephalometrische Bezeichnung der Mandibularwinkel) ist von entscheidender Bedeutung für die Diagnostik und die Therapie. Die Größe dieser Winkel weicht nach Untersuchungen verschiedener Autoren und verschiedener Methoden der Vermessung und die Definition der Unterkieferbasis voneinander ab. Nach Korkhaus beträgt der Mittelwert des Gonionwinkels 124 Grad (Korkhaus G. 1959), nach Schwarz 123

Grad (Schwarz A. 1959) und nach Solow 120,3 Grad (Solow B. 1966). Die Gonionwinkelgröße wird mit dem Alter kleiner (Pećina-Hrnčević A. 1978, Muretić Ž. 1982).

Nach Jarabak und Fizzel (Jarabak J.R., Fizzel J.A. 1963) ist anhand der Nasion-Gonion Linie der gesamte Mandibularwinkel auf ein oberes und ein unteres Segment aufgeteilt. Diese Untersuchung zeigt, wenn sich der obere Gonionwinkelteil vergrößert und sich der untere Gonionwinkel verkleinert oder indifferent bleibt, deutet dies auf eine posteriore Rotation hin. Umgekehrt wenn sich der obere Gonionwinkel verkleinert und der untere Gonionwinkel vergrößert ist dies ein Zeichen für eine anteriore Rotation. Diese Kieferwinkelanalyse findet sich in vielen radiologischen kephalometrischen Durchzeichnungen (Droschl H. 1984, Rak D. 1989, Franzerb O., Sergl H.G. 1979). Die Verkleinerung der Gonionwinkel ist durch dominantes vertikales Wachstum der Ramus mandibulae sowie durch die Richtung und Wachstumsintensität der Kondylen verursacht (Muretić Ž., Rak D. 1991).

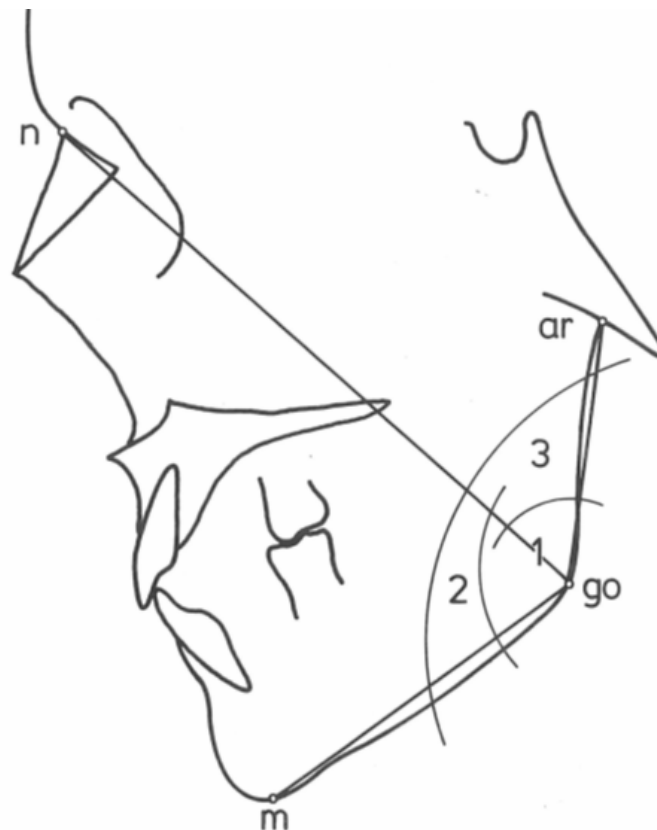


Abbildung 8: Durch die Verbindungslinie Nasion-Gonion (Nasion = vorderster Punkt der Sutura naso-frontalis) (Gonion = entsprechend der Definition → Unterteilung des Gonionwinkels in einen „oberen“ und „unteren“ Gonionwinkel (Muretić Ž., Rak D. 1991)

Der Gonionwinkel mit dem Artikularewinkel und dem Sellawinkel zählt zu den drei Gesichtswinkeln. Diese drei Winkel bilden die Björk'sche Polygonwinkelsumme, die für die Bestimmung der skelettalen Wachstumstendenz von Bedeutung ist. Bei vertikaler Wachstumstendenz ist die Polygonwinkelsumme grösser als 398 Grad und der obere Gonionwinkel ist kleiner als 52 Grad, während beim horizontalem Wachstum die Polygonwinkelsumme kleiner als 394 Grad ist und der obere Gonionwinkel grösser als 55 Grad. Der Normwert des oberen Winkels beträgt daher 52-55 Grad. Wenn sich der untere Gonionwinkel mehr als 75 Grad vergrössert, tendiert der Patient zu einem skelettal offenen Biss und wenn dieser kleiner als 75 Grad beträgt zu einem Tiefbiss (Kahl-Nieke B. 2009).



Abb. 15-14: FRS eines Erwachsenen mit horizontalem Schädelaufbau



Abb. 15-15: FRS eines erwachsenen Patienten mit vertikalem Schädelaufbau

Abbildung 9: Gonionwinkel und Wachstumstendenz vertikal vs. horizontal (Kahl-Nieke B. 2009)

1.5 Der Gonionwinkel und die Rotation

Die Grosse der Gonionwinkel beeinflusst den Grad der Rotation der Mandibula. Aus der Rotation der Mandibula in Richtung gegen den Uhrzeigersinn resultiert:

je kleiner der Gonionwinkel, desto grösser ist die Rotation der Mandibula. Je grösser der Gonionwinkel, desto mehr bewegt sich das Pogonion nach vorne und damit auch das Kinn. Umgekehrt, wenn der Gonionwinkel klein ist, liegt das Kinn dorsal.

Der richtige Gonionwinkel spielt eine wichtige Rolle beim Ausgleichen der Verhältnisse der Gesichtsdysharmonien. Es ist bekannt, wenn der Gonionwinkel stumpfer wird, dann wird die Mandibula steiler, während, wenn der Gonionwinkel spitzwinklig ist, wird die Mandibula flacher.

Die kieferorthopädische Behandlungen können Einfluss auf den Gonionwinkel nehmen. (Schudy F.F. 1965)

1.6 Der Gonionwinkel und das Sexualdimorphismus, Alter und Dentition

Der Gonionwinkel ist einer der wichtigen Parameter für den Sexualdimorphismus - abgesehen von der Naso-glabellaren Region, der Apertura piriformis, der subnasalen Region, des Clivus occipitalis, dem Processus mastoideus und der occipitalen Kurvatur.

Bei Männern ist der Gonionwinkel stärker ausgeprägt – wegen der antero-inferioren Gonionposition. Daraus resultiert, dass Männer eine kürzere Gonionlänge besitzen, während Frauen eine längere Gonionlänge haben. Dies wird von der antero-posterioren Lokalisation der präangulären Inzisur beeinflusst. (Rosas A. und Bastir M. 2002).

Ram Ballabh Upadhyay, Nirmala N Rao et al. haben gefunden, dass sich der Gonionwinkel mit der Entwicklung der Mandibula und ihrer Funktion verändert. Sie haben untersucht, wie sich die Mandibula mit Alter, Geschlecht und Zahnstatus verändert. Die Ergebnisse zeigen, dass sich der Gonionwinkel mit dem Alter verkleinert, und zwar unabhängig von Geschlecht. Bei vorhandener Zahnlosigkeit vergrößert sich interessanterweise der Gonionwinkel um 6 Grad, was beweist, dass Änderungen im Zahnstatus Einfluss auf die umliegende

skelettale Anatomie haben. In diesem Prozess spielt auch die physiologische Funktion der Mandibula eine wichtige Rolle.

Izard G (1927) beschreibt eine Veränderung der Gonionwinkel von der Geburt bis zum hohen Alter. Er fand Gonionwinkel in der Größe von 135 bis 150 Grad bei Geburt, 135-140 Grad wenn alle Milchzähne vorhanden waren, 120-130 Grad, wenn die Eruption der zweiten Molaren abgeschlossen war und im hohen Alter einen Gonionwinkel von 120-150 Grad.

Mit Änderung des Zahnstatus und mit der Alterung kommt es auch zu einem Remodelling der Kieferwinkel. Der Gonionwinkel, nachdem die Unterkieferentwicklung abgeschlossen ist, verkleinert sich bis 25-30 Lebensjahr und bleibt dann konstant. Der Winkel „vergrößert sich bei Zahnlosigkeit, besonders wenn keine Prothesen getragen wurden“ (Upadhyay 2012).



Abbildung 10: Gonionwinkelveränderung durch Alter (Shaw R.B. et al., Department of Surgery, University of Rochester Medical Center, Rochester, New York, 2010)

Der Gonionwinkel kann auch als ein zusätzlicher forensischer Parameter für die Bestimmung des Alters und des Unterkieferwachstums dienen.

1.7 Der Gonionwinkel im Bezug auf die Malokklusion, die Wachstumstendenz und die Gesichtsmorphologie

Laut Legović (1983) unterscheiden sich die Werte der Artikulare-Gonion-Menton-Winkel, Artikulare-Gonion-Nasion-Winkel (oberer Winkel) und Nasion-Gonion-Menton-Winkel (unterer Winkel) bei unterschiedlicher Angle Klasse und Wachstumsrichtung.

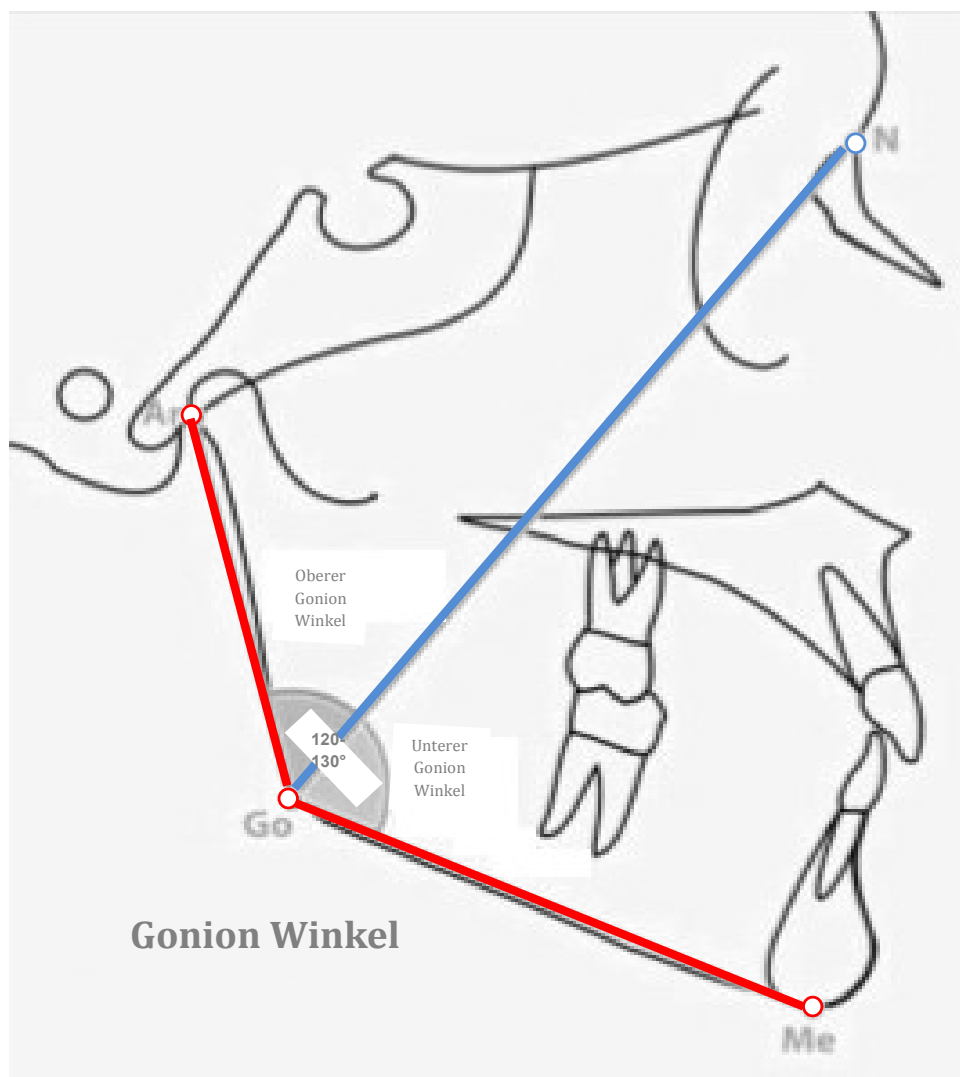


Abbildung 11: Unterteilung des Gonionwinkels in einen oberen und einen unteren Winkel (Siriwat, Jarabak 1985)

Laut dieser Studie (161 Fernröntgen von 69 Jungen und 93 Mädchen mit Wechselbiss, ohne orthodontische Therapie) war die horizontale

Wachstumstendenz am häufigsten bei Angle Klasse II zu finden. Der Gonionwinkel betrug 110-140 Grad. Im Bezug auf die Angle Klasse III war der Artikulare-Gonion-Menton-Winkel am grössten, während der Winkel Nasion-Gonion-Menton bei Angle Klasse II am grössten war.

Der Nasion-Artikulare-Gonion Winkel ist für das sagittale Unterkieferwachstum und der Winkel Nasion-Gonion-Menton für das vertikale Unterkieferwachstum von Bedeutung (Legović M. 1983).

Die Klassifizierung der Okklusion nach Angle ist ein Goldstandard in der Beurteilung der Okklusion in der Kieferorthopädie.

Angle-Klasse I	Neutralbiss (Regelbiss mit Normokklusion)
Angle Klasse II/1	Distalbiss mit protrudierter OK-Front
Angle Klasse II/2	Distalbiss mit steilstehender OK-Front
Angle Klasse III	Mesialbiss

Tabelle 2: Definitionen/Einteilung der Angle-Klassen (Ehmer U., 2000)

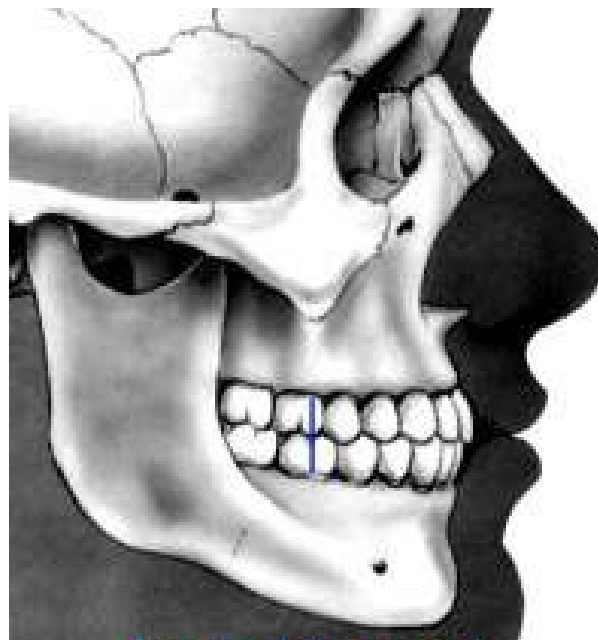


Abbildung 12a: Angle Klasse I (Blens T. 2004) mit Gonionwinkel in der Norm von 125 Grad (Harzer, 2011).

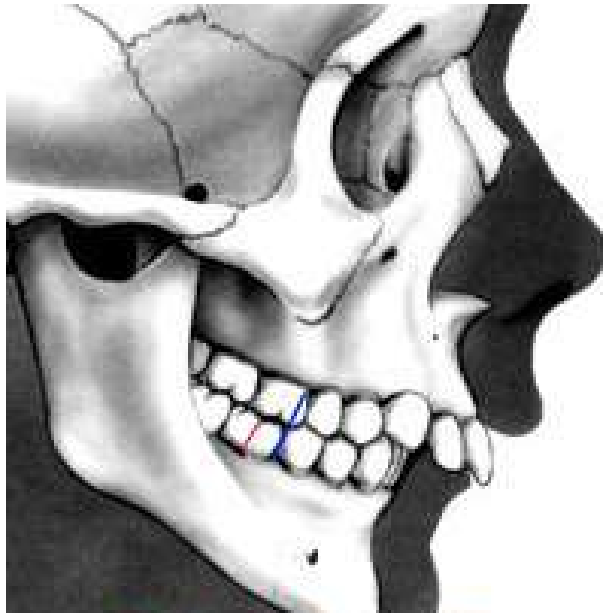


Abbildung 12b: Angle Klasse II/1 (Blens T. 2004) mit Gonionwinkel in der Norm < 123 Grad (Harzer, 2011)

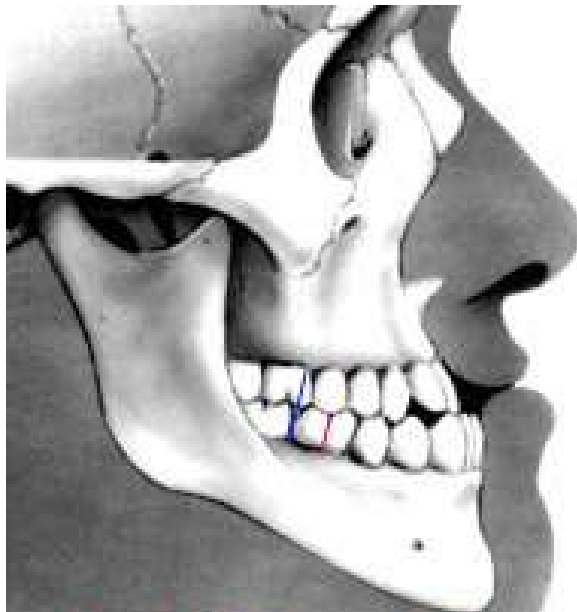


Abbildung 12c: Angle Klasse III (Blens T. 2004) mit Gonionwinkel in der Norm > 123 Grad (Harzer, 2011)

Nach Schudy (1964 und 1965) ist keine Verbindung zwischen der Malokklusion und morphologischen Parameter gefunden worden. Bei der Untersuchung von 400 Malokklusionspatienten zeigte sich, dass der Winkel zwischen Okklusionsebene und Mandibularebene und die vordere Schädelbasis, die

einzigsten wichtigen Parameter für die Bestimmung des Gesichtstyps sind. Diese Studie untersuchte die Korrelation zwischen der Angle Malokklusion und der Gesichtsmorphologie.

Nach dem Wachstum und der Rotation der Unterkiefer wird zwischen hyperdivergentem (posteriore Rotation), hypodivergentem (anteriore Rotation) und neutralem Gesichtswachstumsmuster unterschieden.

Das neutrale Wachstumsmuster ist charakterisiert durch gleichmässiges Wachstum entlang der Y-Achse bei keiner Veränderung der Winkelverhältnisse. Die Y-Achse verläuft lt. Jarabak durch Sella und durch das röntgenologische Gnathion. Das posteriore-anteriore Gesichtsverhältnis beträgt 59-63%.

Das hyperdivergente Wachstumsmuster ist assoziiert mit vertikal kurzem Ramus mandibulae, grossem Gonion- und Sella-Nasion-Winkel und kleinem ANB Winkel. Das posterior-anteriore Gesichtsverhältnis beträgt 54-58%.

Das hypodivergente Wachstumsmuster ist gekennzeichnet durch einen vertikal langen Ramus mandibulae, einen grossen ANB Winkel, kleinen Gonionwinkel. Das posteriore-anteriore Gesichtsverhältnis beträgt 64-80%.

Die Resultate dieser Studie zeigten, dass bei Klasse I und Klasse II/1 überwiegend eine normale Wachstumstendenz vorhanden war. Bei Klasse II/2 und Klasse III Malokklusion ist das hypodivergente Wachstumsmuster vorherrschend.

Bei Frauen war das neutrale Wachstumsmuster dominant, während bei den Männern das hypodivergierende Gesichtswachstumsmuster vorherrschte. Die Männer neigten zu Prognathie während die Frauen zu Orthognathie und Retrognathie tendierten. Den Geschlechtsdimorphismus konnte man am besten bei Klasse II/1 und Klasse III erkennen. Die Männer hatten grössere Werte in allen linearen Vermessungen, das gilt auch für den Gonionwinkel (Siriwat P.P., Jarabak J.R. 1985).

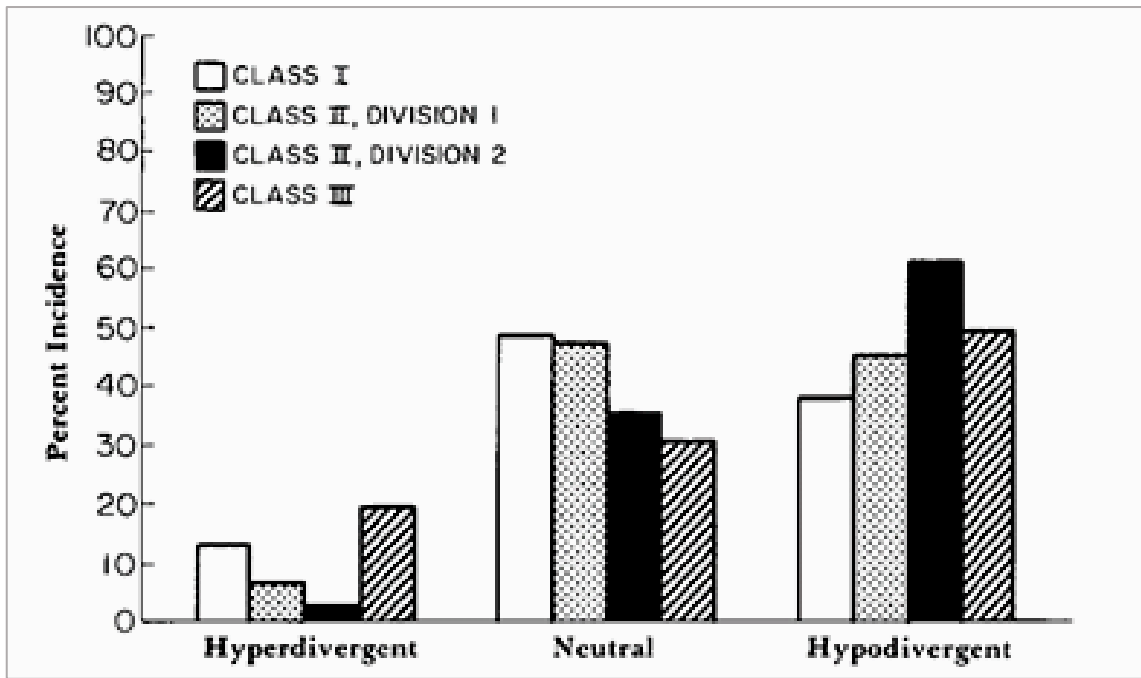


Abbildung 13a: Malokklusion im Bezug auf Gesichtsmorphologie (Siriwat P.P., Jarabak J.R. 1985) (gesamtes Untersuchungsgut – nicht nach Geschlecht getrennt)

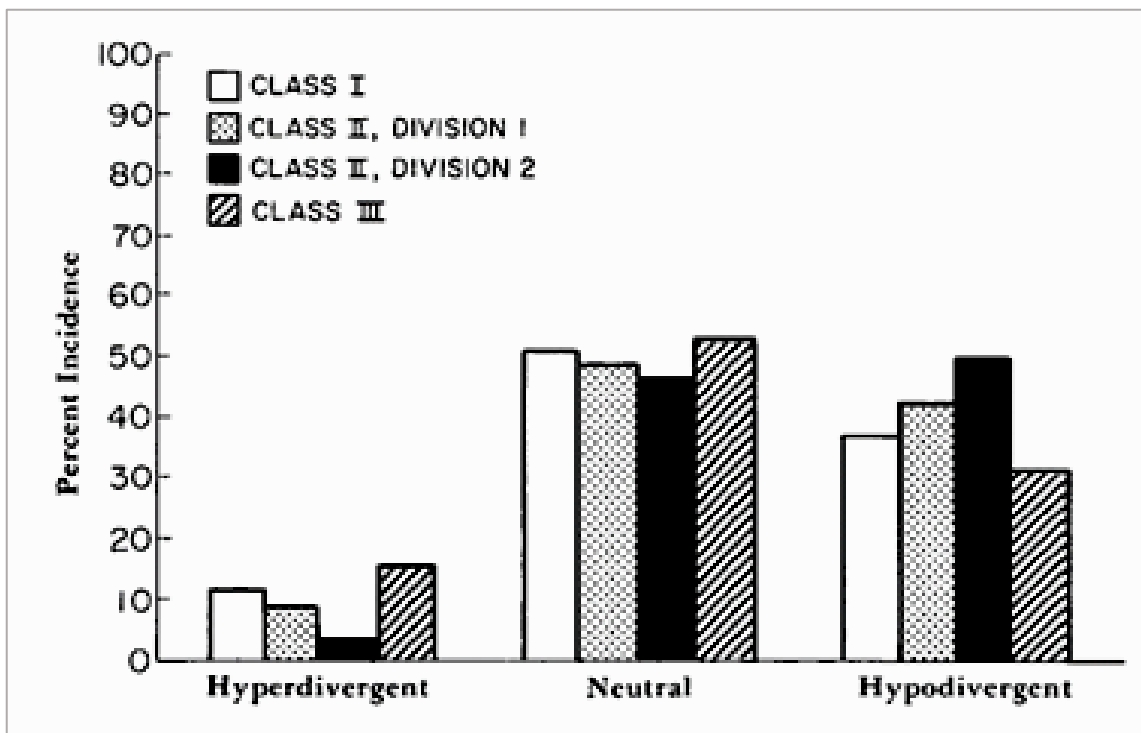


Abbildung 13b: Malokklusion im Bezug auf Gesichtsmorphologie (Siriwat P.P., Jarabak J.R. 1985) (nur die weiblichen Patienten)

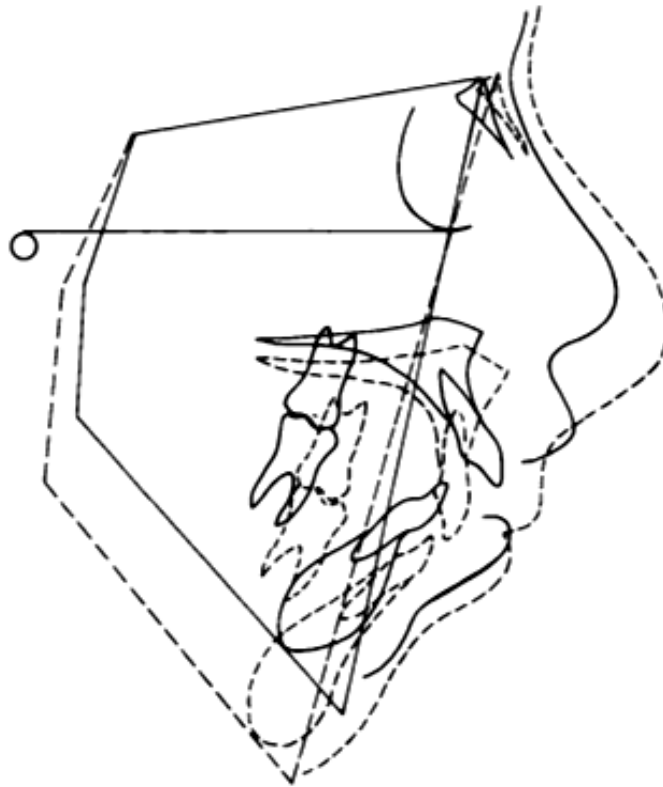


Abbildung 14a: Gesichtsmorphologie mit posteriorer Wachstumsrotation (hyperdivergent) (Siriwat P.P., Jarabak J.R. 1985). Beachte den offenen Gonionwinkel.

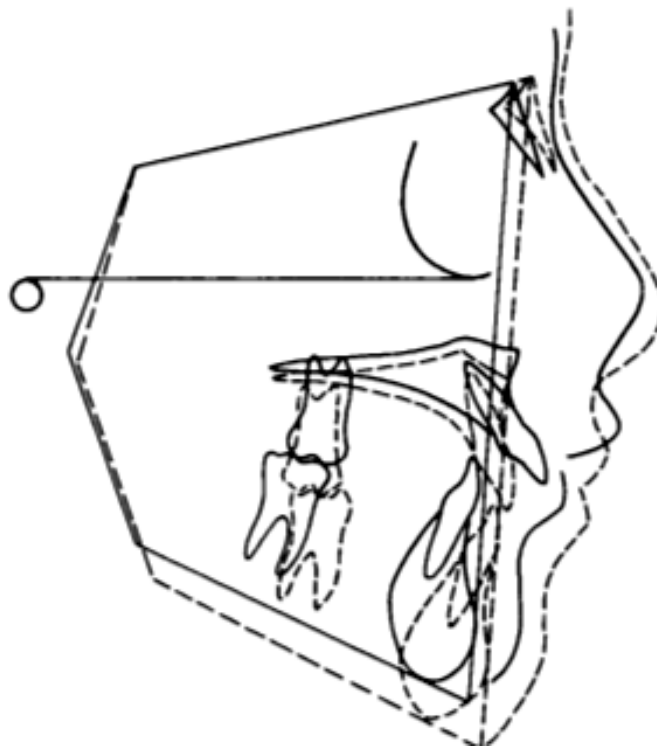


Abbildung 14b: Gesichtsmorphologie mit normalem Wachstum (Siriwat P.P., Jarabak J.R. 1985). Gonionwinkel in der Norm.

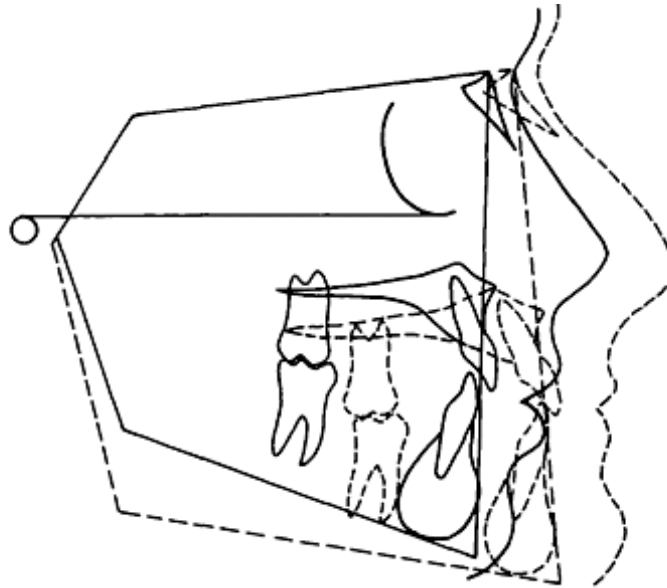


Abbildung 14c: Gesichtsmorphologie bei anteriorer Wachstumsrotation (hypodivergent)
 (Siriwat P.P., Jarabak J.R. 1985).

Dass der Gonionwinkelgröße von skelettalen Verhältnisse und Malokklusion abhängig sind bestätigen viele Untersucher. Jensen, Schendel, Opdebeeck, Sassouni et al., DeCoster, Swinehat, Hapak, Subtelny, Nahoum, Trouten, Cangialosi, Fields et al. und Siriwat. Fanden bei skelettal offenen Bissen stumpfere Gonionwinkel, während kleine Winkel beim Tiefbiß vorhanden ist. Bei fehlendem Entwicklung der posterioren Gesichtshöhe und vergrößerten anterioren unterem Gesichtshöhe kommt es zu abwärtig und rückwärtigen Mandibularrotation und so Zunahme der Gonionwinkel. (Mangla R. et al., 2011).

1.8 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit war der Unterschied zwischen antropologischen-anatomischen Gonionwinkeln und radiologischen Gonionwinkeln in Bezug auf unterschiedliche Vermessungsmethoden. Diese Gonionwinkelwerte wurden erhoben und verglichen. Weiters wurden die mögliche Veränderungen der Gonionwinkel im Bezug auf die Malokklusion erarbeitet.

2. Material und Methoden

TEIL 1

Untersuchungsgut:

Die erste Untersuchungsgruppe rekrutierte sich aus der Schädelammlung des Institutes für makroskopische und klinische Anatomie der Medizinischen Universität Graz. Es wurden ausschließlich erwachsene Schädel (n=69) aus dieser Gruppe ausgewählt, um etwaige Wachstumseinflüsse auszuschalten. Die mazerierten Schädel sind zwischen 100 und 150 Jahre alt. Da es sich um kein forensisches Untersuchungsgut handelt und die Knochen in einem hervorragenden Zustand sind, können Fehlerquellen eindeutig ausgeschlossen werden. Die Identität der Schädel ist zum Großteil unbekannt.

Untersuchungsmethode:

Der anatomische Gonionwinkel wurde mittels Goniometer (Stainless Steel, Protraktor Goniometer 360 Grad, 10cm Länge) gemessen. Das Goniometer wurde an zwei Knochentangenten angelegt und der anatomische Gonionwinkel abgelesen.



Abbildung 15: Goniometer



Abbildung 16: Anlegen des Messgerätes an den Kieferwinkel entsprechend der Meßvorgabe (der gezeigte mazerierte Erwachsenenschädel war einer der Untersuchungsschädel)

TEIL 2

Untersuchungsgut:

Die Gonionwinkelwerte entstammen entsprechenden seitlichen Röntgenbildern, durchgeführt mittels digitalen C-Bogen Röntgen, am Institut für makroskopische und klinische Anatomie der Medizinischen Universitätsklinik in Graz. Die Distanz zwischen Anode und Film betrug 17 cm. Das Röntgenbild ist dann um 23 cm größer als der natürliche Schädel (lt. Herstellerangaben). Es wurden die gleichen 69 Schädel geröntgt, welche auch der Goniometermessung unterzogen worden waren. Es wurden vier Gonionwinkel jeweils am Originalröntgenbild und dieselben fünf Gonionwinkel in der Invertansicht der einzelnen Originalbilder gezeichnet. Das entspricht 10 Zeichnungen pro Schädelröntgen.

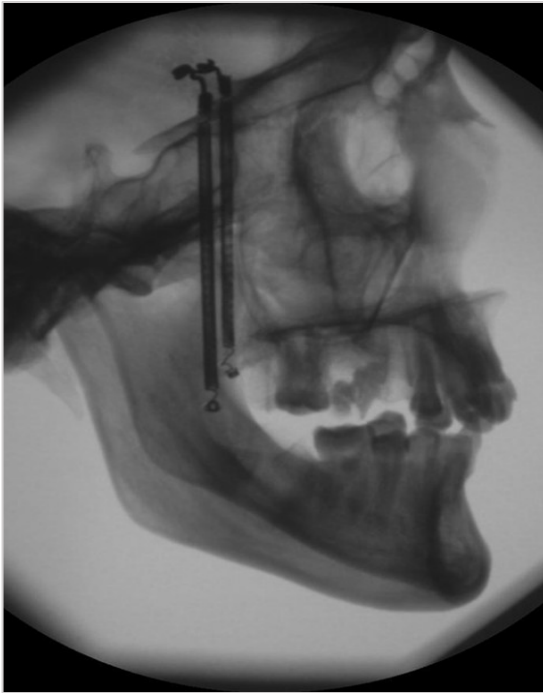


Abbildung 17: Original-Röntgen der Anatomie

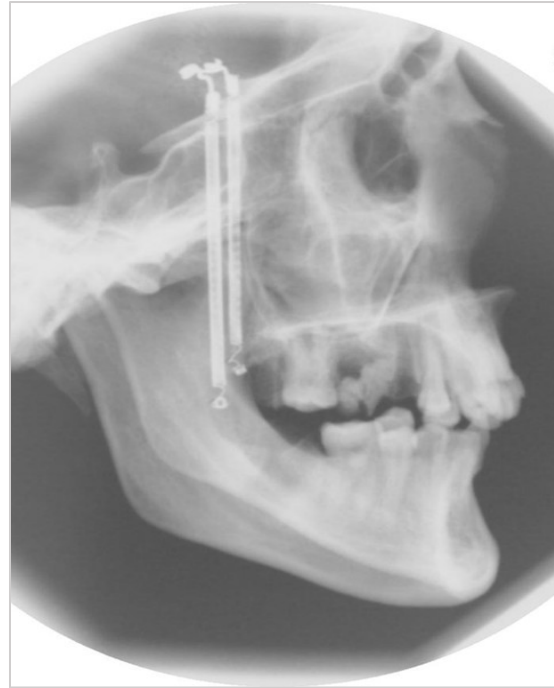


Abbildung 18: Inverses Bild errechnet mittels Photofiltre 7

Für alle Varianten gilt →

- 1) Der Gonionwinkel wurde zwischen den bei den einzelnen Varianten angegebenen Tangenten gemessen. Es handelt sich um eine Innenwinkelmessung.
- 2) Alle Röntgenbilder wurden von zwei Zeichnern unabhängig voneinander gezeichnet

Die einzelnen Vermessungswerte wurden in Excel-Tabellen erfaßt und einer statistischen Aufarbeitung zugeführt.

Es kamen folgende Tests zur Anwendung

- 1) Der Cronbach-Alpha Test misst die Stärke der Übereinstimmung zwischen zwei Messungen. Das Alpha sollte nahe bei 1 sein.
- 2) Der Pearson Korrelationskoeffizient zeigt den Zusammenhang zwischen zwei Messungen. Auch hier sollte der Koeffizient nahe bei 1 sein.

Variante 1 (rot)

Artikulare: Es wurde die Kontur des Unterkiefers vom Kieferköpfchen bis zur Symphyse durchgezeichnet.

Bei Vorliegen von asymmetrischen Unterkieferspangen oder bei Verkippungen während der Röntgenaufnahme kommt es zum Vorliegen von Doppelkonturen. Diese wurden einzeln durchgezeichnet und zwischen diesen beiden Linien anschließend eine Resultierende konstruiert, die genau eine Mittelung darstellt. Dort wo diese Mittelung den Unterrand der Schädelbasis schneidet wurde „Atrikulare“ (Ar) angenommen.

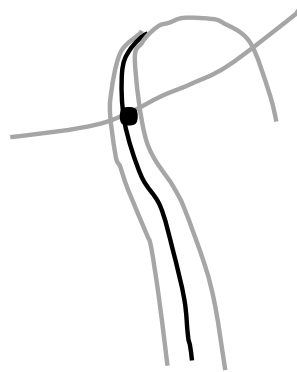


Abbildung 19: Artikulare am Schnittpunkt der Mittelkontur mit der Schädelbasis

Menton:

Nach der Umzeichnung der Unterkiefersymphyse wurde der caudalste Punkt dieser Kontur als Menton ermittelt.

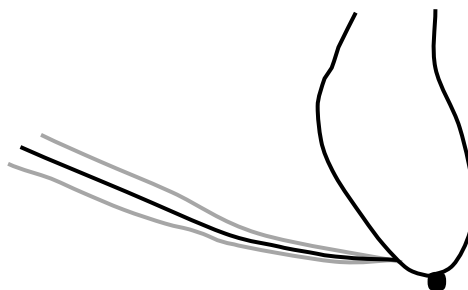


Abbildung 20 : Caudalster Symphysenpunkt

Von diesen beiden Punkten ausgehend wurden Tangenten an die erwähnte Mittelkontur gelegt. Der Schnittpunkt dieser beiden Tangenten ergibt den Punkt „Gonion“ (Go).

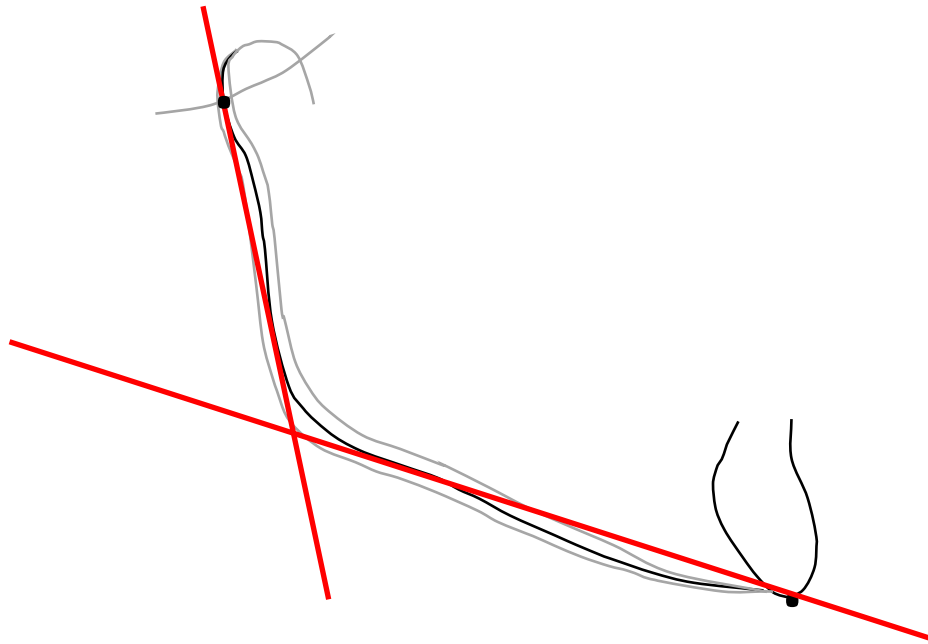


Abbildung 21: Tangenten an die Mittelkontur

Variante 2 (blau)

Artikulare:

In der Variante 2 wurde das Artikulare entsprechend der Definition der Variante 1 gezeichnet (siehe Abb. 17).

Menton:

Als Menton wurde bei dieser Durchzeichnungsvariante der Schnittpunkt
- der Mittelkontur mit dem aufsteigenden dorsalen Symphysenrand
- gewählt



Abbildung 22: Schnittpunkt der Symphyse mit der Mittelkontur

Die Tangenten wurden jeweils an die Mittelkontur gelegt.

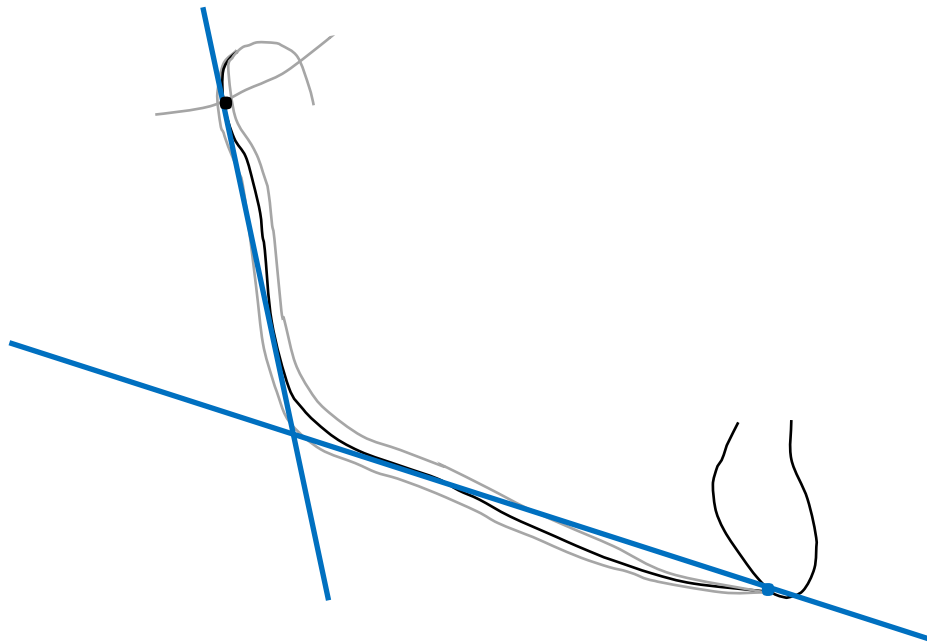


Abbildung 23 : Tangenten an die Mittelkontur

Variante 3 (grau)

Artikulare und Menton:

Sie wurden der Variante 1 entsprechend gezeichnet (siehe Abb.17 und 18).

Die Tangenten wurden jedoch nicht an die Mittelkontur gelegt, sondern an die äußerste der gezeichneten Konturen.

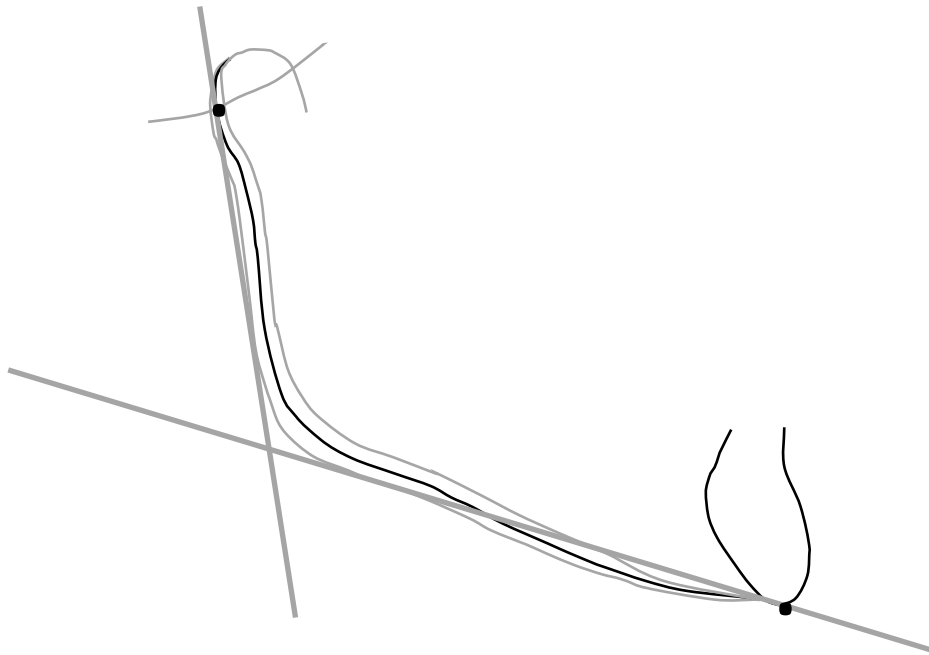


Abbildung 24: Tangenten an die äußerste Kontur

Variante 4 (grün)

Artikulare:

Bei dieser Durchzeichnungsvariante wurde das Artikulare durch den Schnittpunkt der äußeren Kieferkontur mit dem unteren Rand der hinteren Schädelbasis gebildet.

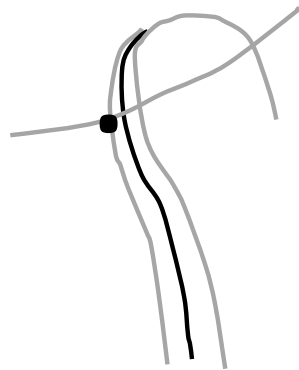


Abbildung 25: Schnittpunkt der äußeren Kontur mit der Schädelbasis

Menton:

Das Menton entsprach dem untersten Symphysenpunkt.

Die Tangenten wurden an die jeweils äußeren Konturen gelegt.

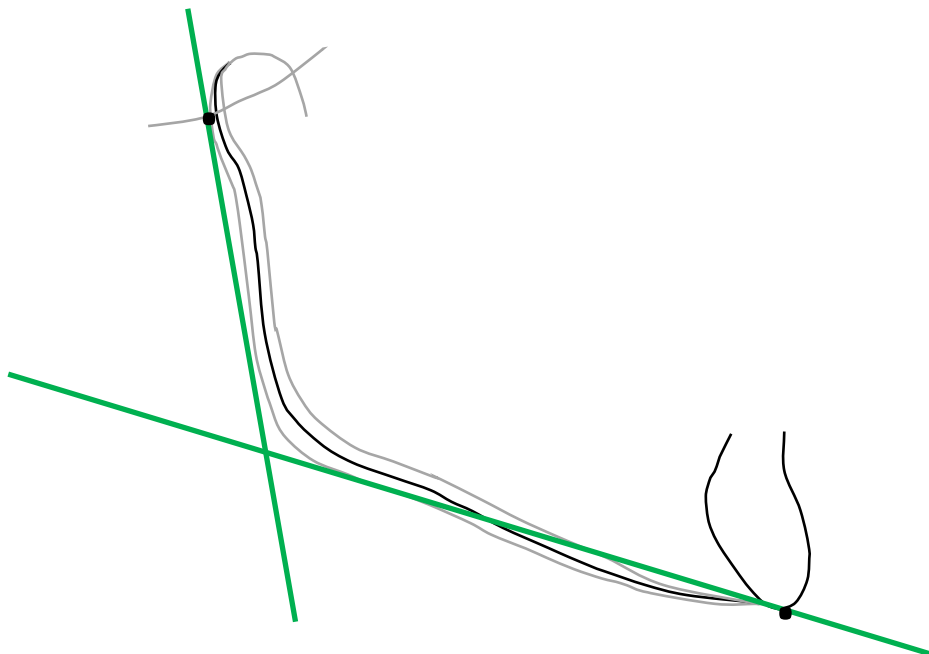


Abbildung 26 : Tangenten an die äußeren Konturen

Für diese vier Varianten gilt →

Am horizontalen Unterkieferast gibt es geometrisch gesehen zwei Möglichkeiten Tangenten zu legen.

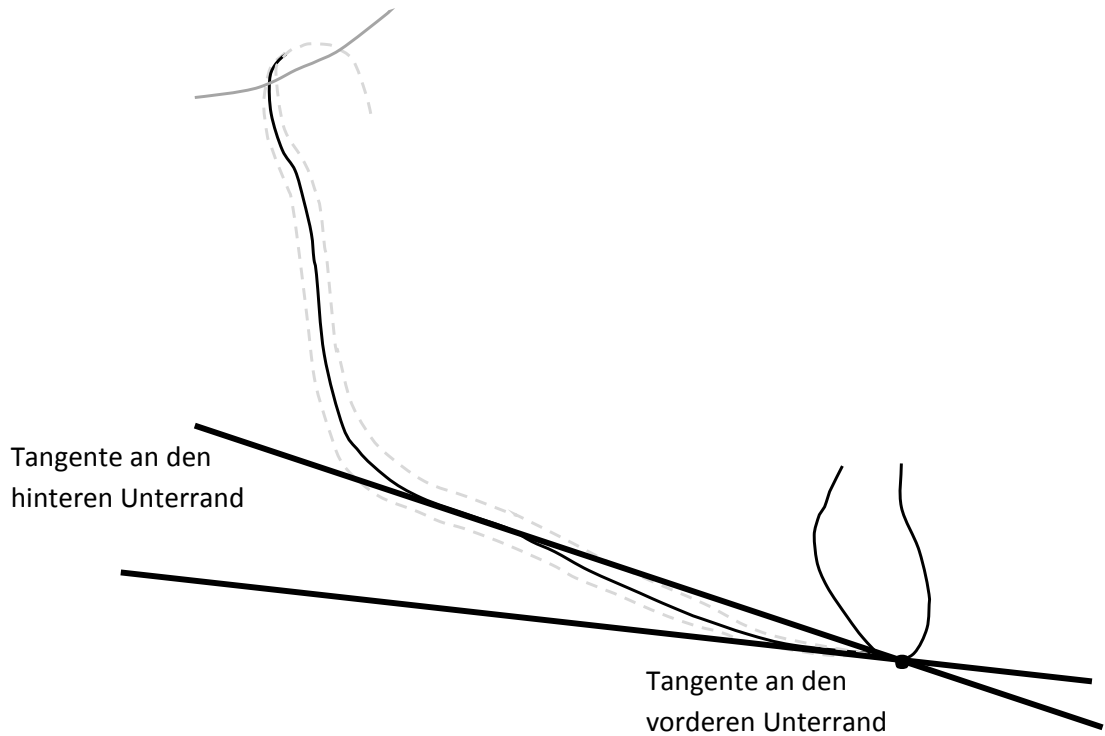


Abbildung 27: Die zwei Möglichkeiten der Tangenten (jeweils an der Mittelkontur dargestellt)

Zur Kieferwinkelbeurteilung wird immer jene Tangente gewählt, die diesem näher liegt d.h. die Tangente an den dorsalen Unterkieferast.

Variante 5 (violett)

Bei dieser Variante wurde die hintere Tangente so gewählt, dass sie der Goniometermessung entspricht.

Die untere Tangente wurde nicht im klassisch mathematischen Sinne an den einzelnen exponierten Unterkieferrandpunkt im dorsalen Teil des Horizontalastes gelegt sondern zusätzlich auch an den vorderen exponierten Kieferteil (siehe Abb.28)

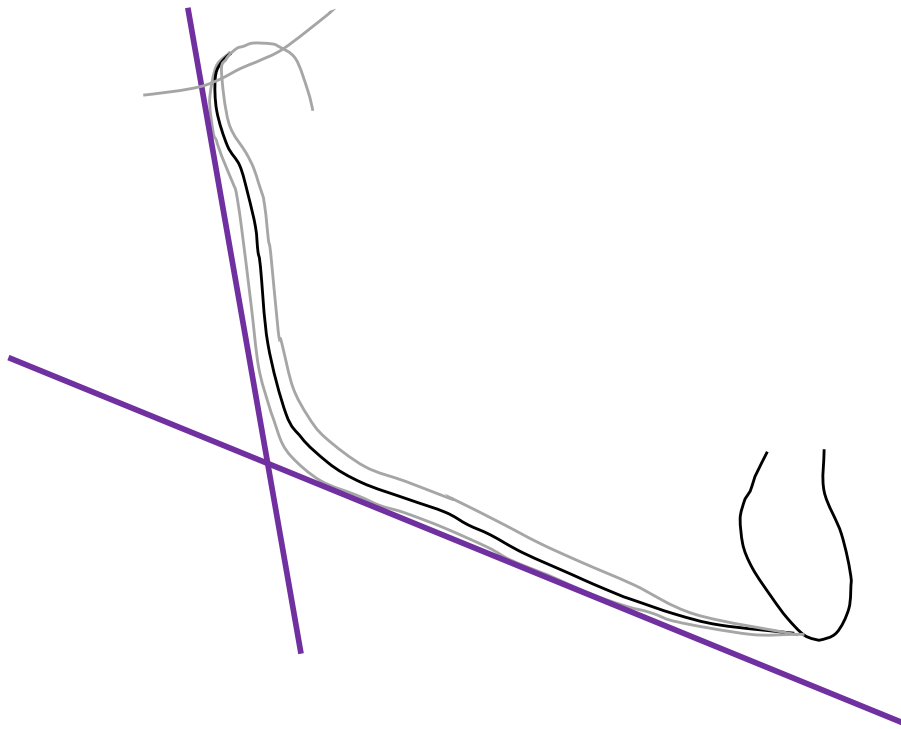


Abbildung 28: Reine Tangentenlegungen an die äußeren Konturen

3. Ergebnisse – Resultate

3.1 Röntgenausmessungen: Untersucher 1 vs Untersucher 2 (Interrater-Reabilität)

In dieser Auswertung wurden die Ergebnisse der beiden Durchzeichner in Hinblick auf die ersten fünf Methoden der Gonionwinkelvermessungen (rot, blau, grau, grün und violett) in den Originalbildern und den Inversbildern verglichen.

Zur Berechnung der Übereinstimmung wurde das **Cronbach Alpha** verwendet.

(Je näher der Wert bei 1 ist, desto höher ist dieses).

Methode	Cronbach Alpha			
	Original		Invers	
rot	U1 vs. U2	0,994	U1 vs. U2	0,994
blau	U1 vs. U2	0,990	U1 vs. U2	0,994
grau	U1 vs. U2	0,995	U1 vs. U2	0,993
grün	U1 vs. U2	0,994	U1 vs. U2	0,993
violett	U1 vs. U2	0,976	U1 vs. U2	0,983

Tabelle 3: Cronbach-Alpha-→ Übereinstimmung von U1 und U2 bei den fünf Varianten und den jeweiligen Röntgenbildern

Die graue Durchzeichnung zeigte mit 0.995 die höchste Übereinstimmung zwischen den beiden Untersuchern. Das Cronbach-Alpha war mit 0,994 bei der ersten und vierten Variante der Durchzeichnung in den Originalbildern und bei der ersten und zweiten Durchzeichnungen bei den Inversbildern nur

geringgradig niedriger. Die geringste Übereinstimmung bestand bei den grauen, grünen und violetten Durchzeichnungsvarianten der Inversbilder.

Diese Ergebnisse zeigen, dass die Übereinstimmung zwischen den Untersuchern bei allen Varianten sehr hoch ist. In den Streudiagrammen ist sichtbar, dass die beiden Messungen etwa gleich um die Anpassungslinie verteilt sind. Weiter sieht man, dass es zwischen den Originalröntgenbilder-Gonionwinkeln und Inversröntgenbilder-Gonionwinkelwerten keinen auffälligen Unterschiede gibt.

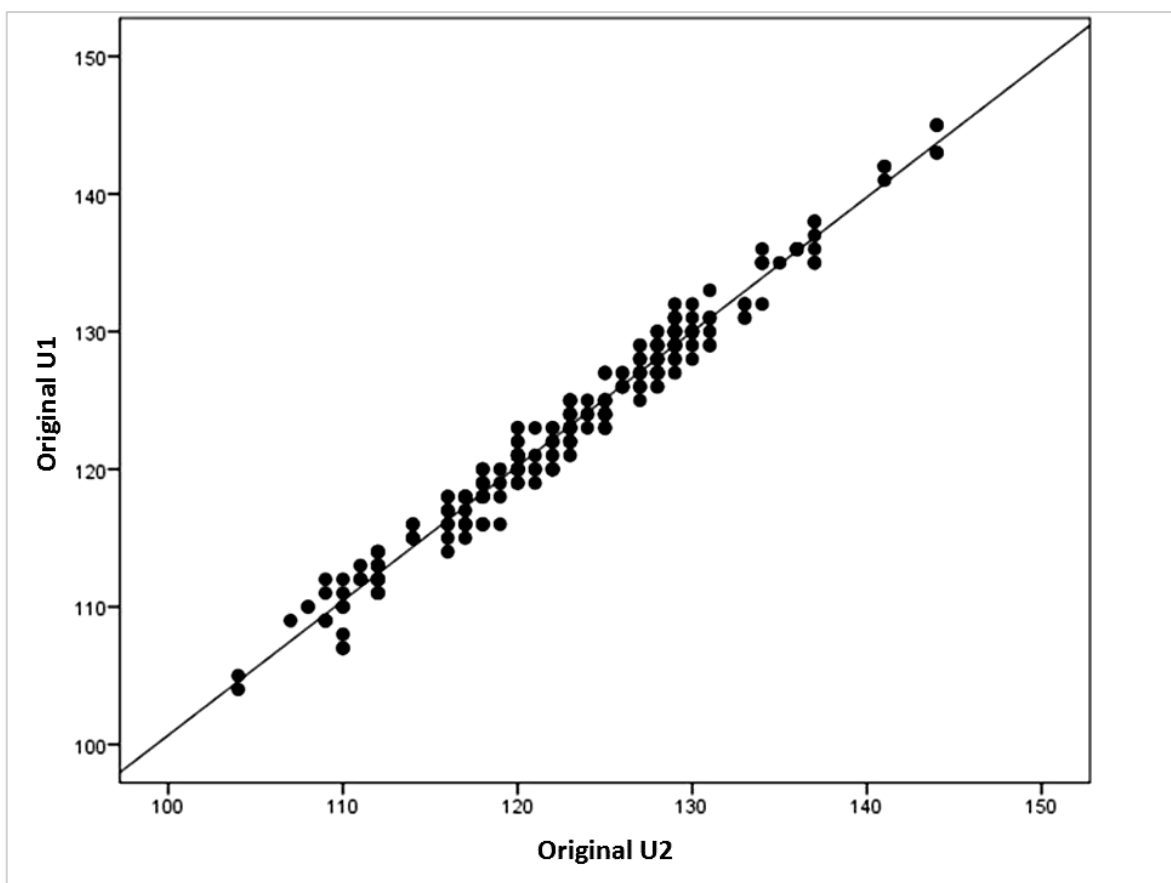


Abbildung 29: Vergleich U1 vs.U2 an den Originalbildern

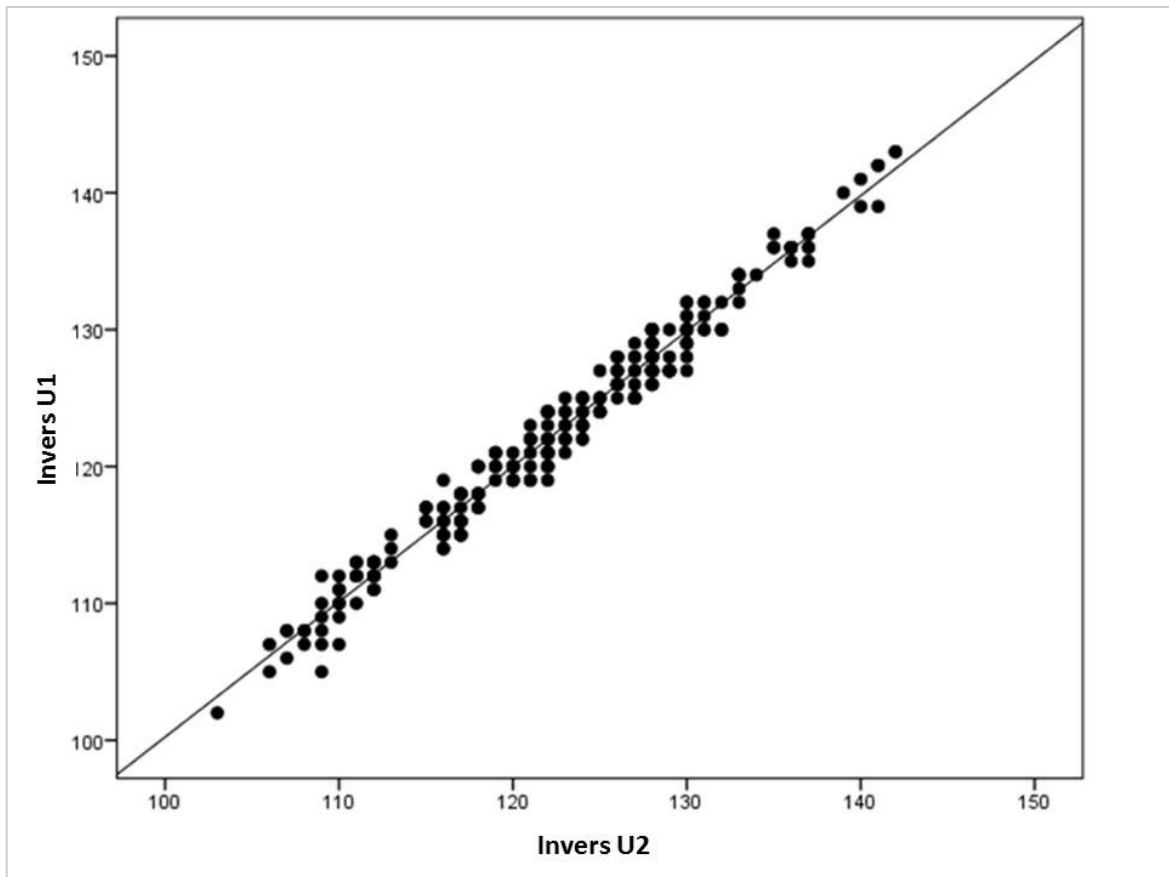


Abbildung 30: Vergleich U1 vs.U2 an den Inversbildern

3.2 Übereinstimmung zwischen Original und Invers

Hier wurde die deskriptive Statistik der Mittelwerte beider Messungen und anschließend die Übereinstimmung der Inversbilder mit den Originalbildern mittels *Cronbach Alpha Test* errechnet.

Diese Auswertung zeigt, dass die grauen Gonionwinkel etwas niedriger als die anderen sind sowie, dass zwischen der Gonionwinkelwerte der Originalröntgenbilder und der Inversröntgenbilder kein Unterschied zu erkennen ist.

Methode		Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabw.
rot	Original U1	107	143	123,87	7,75
	Original U2	108	144	123,60	7,90
	Invers U1	105	142	123,31	8,07
	Invers U2	106	141	123,43	7,96
blau	Original U1	107	145	123,82	7,71
	Original U2	110	144	123,95	7,38
	Invers U1	107	143	123,55	8,03
	Invers U2	106	142	123,67	8,13
grau	Original U1	105	143	122,67	7,98
	Original U2	104	144	122,36	8,25
	Invers U1	102	142	122,13	8,30
	Invers U2	103	141	122,13	8,23
grün	Original U1	104	145	122,90	8,12
	Original U2	104	144	122,79	8,23
	Invers U1	105	143	123,12	8,06
	Invers U2	107	142	122,97	8,05
violett	Original U1	111	143	126,63	7,65
	Original U2	111	145	126,04	8,05
	Invers U1	109	142	125,94	7,68
	Invers U2	110	143	125,96	8,22

**Tabelle 4: Deskriptive Statistik der ersten fünf Varianten (U1 = Untersucher 1)
(U2 = Untersucher 2)**

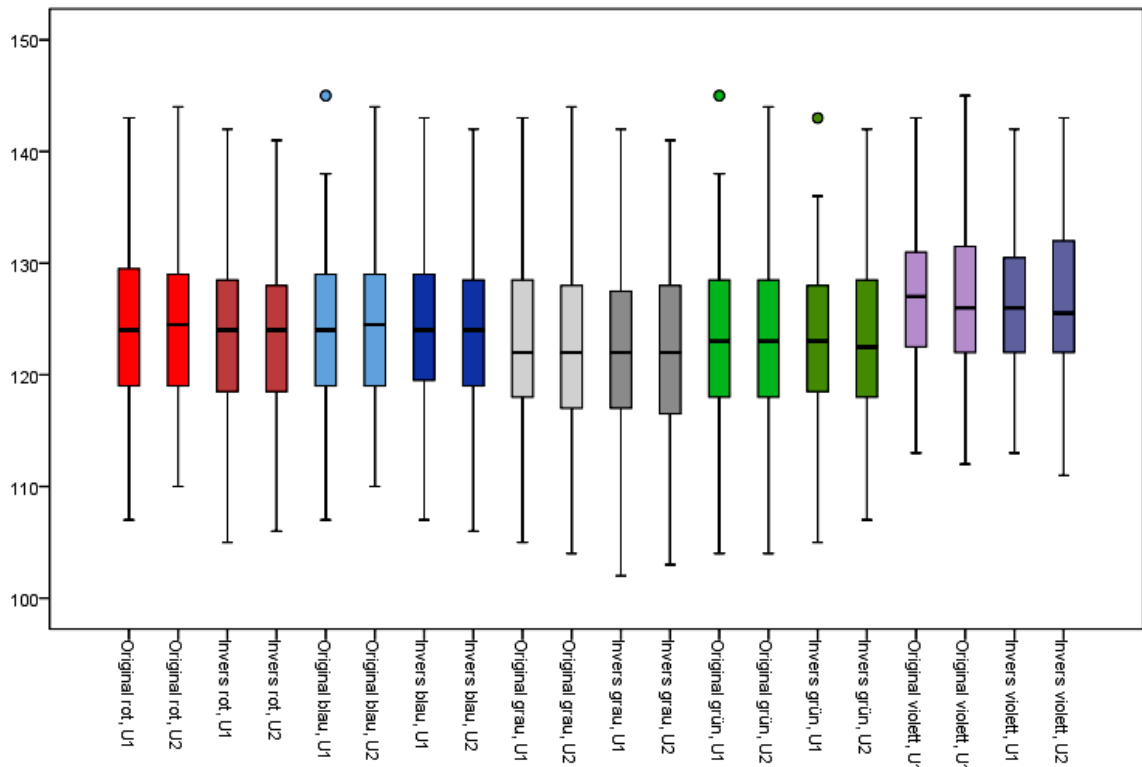


Abbildung 31: Box-plots der fünf Durchzeichnungsvarianten aufgelistet nach Farben

Methode	Cronbach Alpha			
	U1 (=Untersucher 1)		U2 (= Untersucher 2)	
rot	Orig vs. Inv.	0,989	Orig vs. Inv.	0,991
blau	Orig vs. Inv.	0,987	Orig vs. Inv.	0,989
grau	Orig vs. Inv.	0,989	Orig vs. Inv.	0,991
grün	Orig vs. Inv.	0,990	Orig vs. Inv.	0,990
violett	Orig vs. Inv.	0,979	Orig vs. Inv.	0,983

Tabelle 5: Cronbach-Alpha→ Übereinstimmung von Originalbildern (=Orig.)- und Inversbildern (=Inv.) bei der zwei Untersuchern

Bei den Durchzeichnungen der beiden unterschiedlichen Bilder zeigte die rote und graue Variante bei Untersucher 2 die größte Übereinstimmung, gefolgt von der grünen Variante. Die geringste Übereinstimmung hatte der Zweitzeichner bei der blauen und bei der violetten Variante.

Untersucher 1 zeigte bei der grünen Variante dasselbe Ergebnis. Die graue und rote Variante war geringfügig niedriger. Die blaue und die violette Variante zeigten den niedrigsten Cronbach-Alpha-Wert.

An der Graphik (Abb.32) ist dies optisch noch deutlicher zu sehen. Für die Darstellung wurden ausschließlich die Werte des zweiten Untersuchers gewählt, da dieser die höher Übereinstimmung gezeigt hatte.

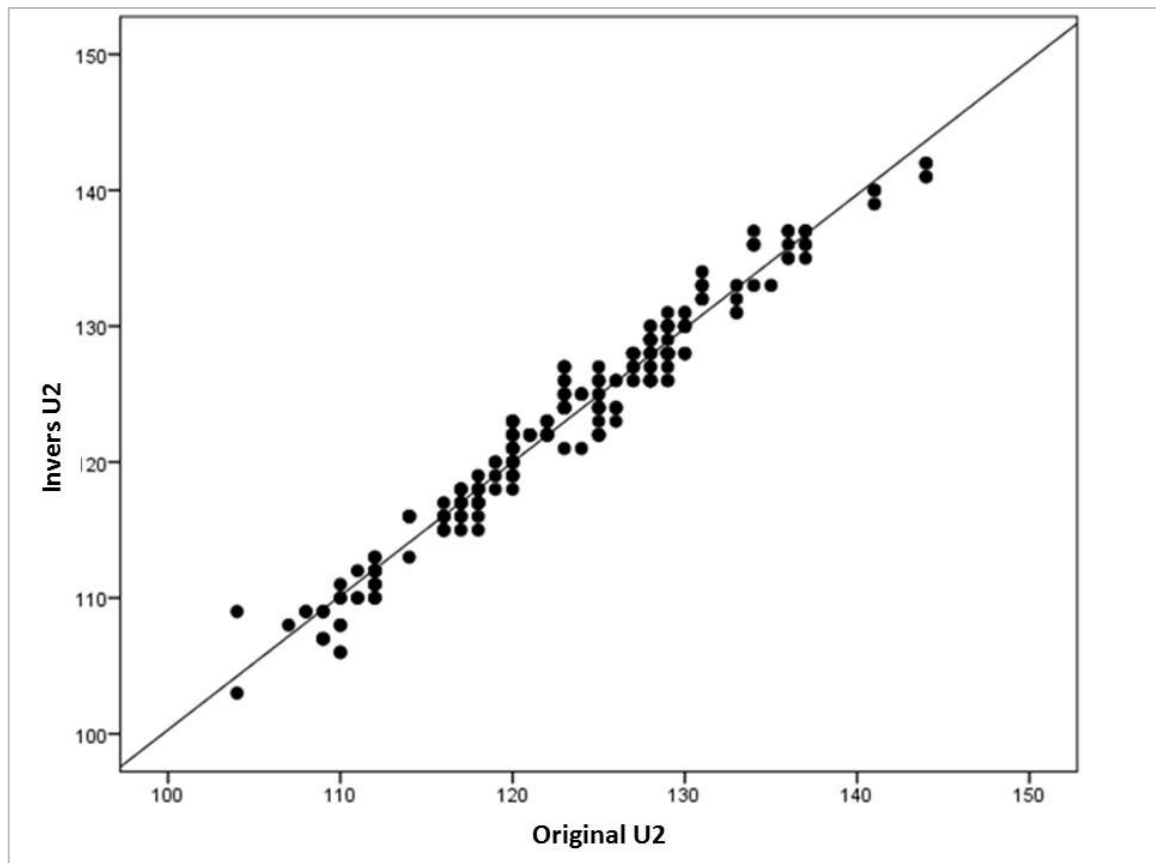


Abbildung 32: Graphische Darstellung des Cronbach-Alpha (Originalbild vs. Inversbild)

Die Ergebnisse, die unter Punkt 3.3 und 3.4 subsummiert sind, wurden aus demselben Grund nur für den Untersucher 2 errechnet und nur an den Inversbildern.

Diese Entscheidung gründet sich auf die Tradition der Fernröntgendurchzeichnungen in der Kieferorthopädie, die ausschließlich an Röntgenbildern erstellt werden, in denen sich der Knochen hell und der Hintergrund dunkel abzeichnet.

3.3 Vergleich der Schädelmessungen mit den Röntgenmessungen (nur Untersucher 2 / nur Inversbilder)

In dieser Auswertung wurden die rechten und linken Gonionwinkel, die mit dem Goniometer von den zwei Untersuchern an der menschlichen Schädel gemessen wurden, mit den Röntgenvermessungen an der Inversröntgenbilder, verglichen und der Mittelwert errechnet.

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabw.
rechts	110	135	123,58	5,96
links	112	139	123,07	5,56
Mittelwert	111	137	123,33	5,57

Tabelle 6: Gonionwinkelmessungen am Schädel

Der Mittelwert war beim rechten und linken Kieferwinkel im Mittel gleich groß. Die Standardabweichung war mit fast 6 ° doch relativ hoch. Die Gonionwinkel schwankten zwischen 110 und 139 °.

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabw.
rot	106	141	123,43	7,96
blau	106	142	123,67	8,13
grau	103	141	122,13	8,23
grün	107	142	122,97	8,05
violett	110	143	125,96	8,22

Tabelle 7: Gonionwinkelmessungen des Zweitzeichners an den Inversbildern

Die Röntgenwerte schwankten zwischen 103° und 143°. Die Standardabweichung belief sich zwischen 7,96 und 8,23, wobei erstere die rote Durchzeichnungvariante betraf und letztere die graue.

Für das Maß der Übereinstimmung zwischen den Schädelmessungen und den Rö-Messungen (Invers/Untersucher 2) wurde der Pearson *Korrelationskoeffizient* berechnet:

Methode	Pearson Korrelationskoeffizient
rot	0,756
blau	0,760
grau	0,728
grün	0,744
violett	0,820

Tabelle 8: Schädel vs. Invers/U2

Die Resultate zeigen, dass die größte Übereinstimmung die violetten Gonionwinkelwerte aufwies gefolgt von den blauen und roten. Am Schlechtesten war die Übereinstimmung bei der grauen Variante. Der Unterschied zwischen den Methoden ist mit Ausnahme der violetten Werte statistisch nicht sehr groß.

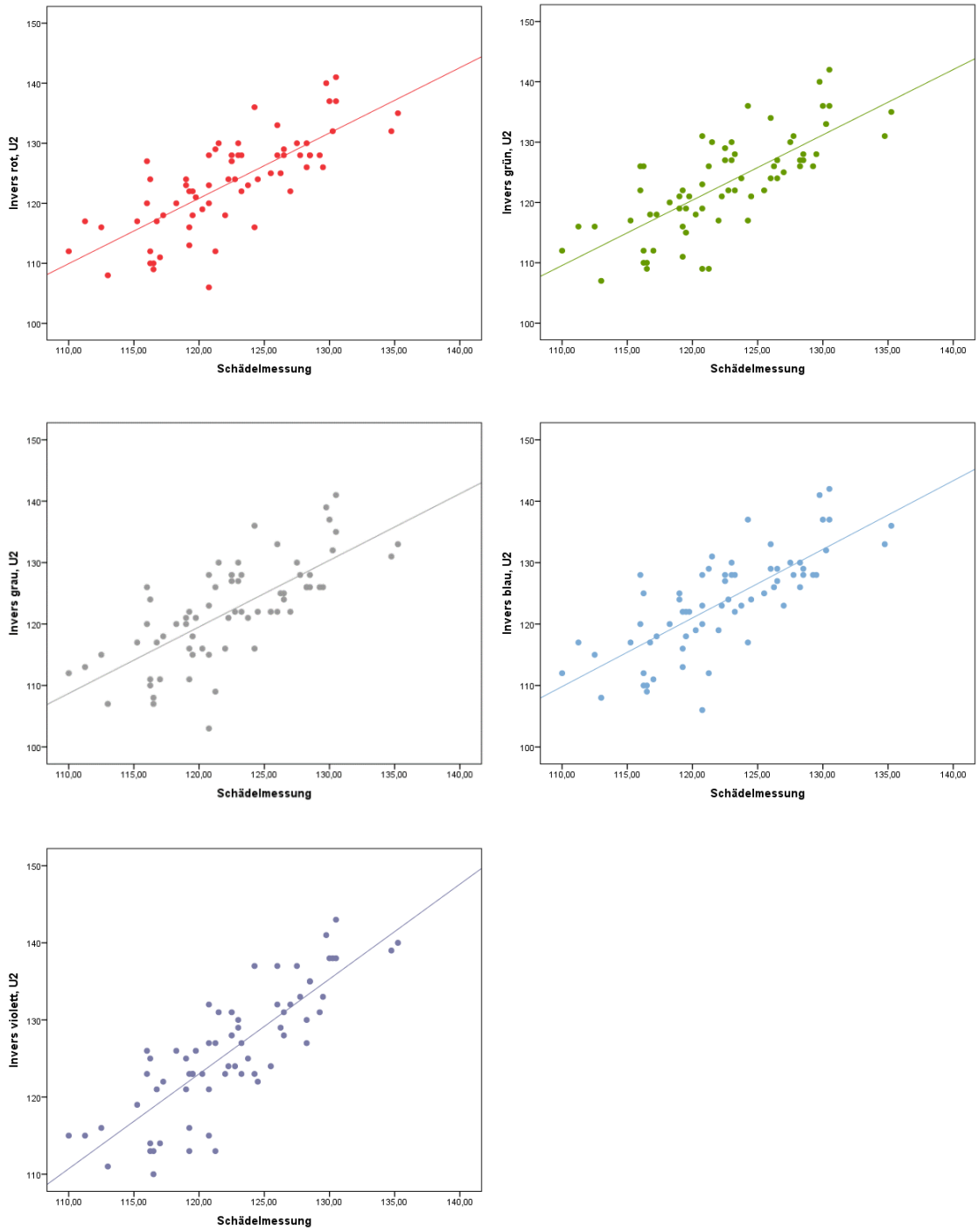


Abbildung 33: Vergleich der Werte der einzelnen Varianten (Invers / U2)

3.4 Zusammenhang der Zahnmorphologie mit der Schädelmessung und der Röntgenmessung (nur Invers rot / Untersucher 2)

In dieser Untersuchung wurden an den Schädeln die Angle-Syndromklassen ermittelt. Ihre prozentuelle Verteilung ist Tab.8 zu entnehmen.

Method	Anzahl	%
Klasse I	14	20,9
Klasse II/1	19	28,4
Klasse II/2	5	7,5
Klasse III	29	43,3

Tabelle 9: Syndromklassen der anatomischen Schädel

Die Klasse III überwiegt mit 43,3%, als zweite kommt die Klasse II/1 mit 28,4%, danach folgt die Klasse I mit 20,9% und als letzte die Klasse II/2.

		Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabw.
Klasse I	Schädelmessung	112,50	134,75	120,52	5,80
	Invers rot, U2	108	132	120,64	6,59
Klasse II/1	Schädelmessung	110,00	130,00	122,62	4,97
	Invers rot, U2	110	137	124,32	7,50
Klasse II/2	Schädelmessung	119,25	130,50	124,70	4,63
	Invers rot, U2	113	141	125,80	11,12
Klasse III	Schädelmessung	112,5	137,0	123,78	5,72
	Invers rot, U2	111,25	135,25	122,75	5,89

Tabelle 10: Verteilung der Schädelmessungen und die Inversendurchzeichnungen von U2

Vergleicht man die Schädelmessungen mit der roten Fernröntgenvariante, so zeigt sich dass die roten Gonionwinkel/Schädelgonionwinkelmittelwerte bei Klasse I am niedrigsten gefolgt von der Klasse III und der Klasse II/1. Die Klasse II/2 mit hatte die höchste Werte. In dieser Untersuchung muss beachtet werden, dass nur 5 Schädel eine Klasse II/2 aufwiesen.

Anschließend wurde pro Klasse noch einmal das Maß der Übereinstimmung zwischen der Schädelmessung und der Röntgenmessung (Invers U2 rot) mit dem Pearson *Korrelationskoeffizient* berechnet:

Methode	Pearson Korrelationskoeffizient
Klasse I	0,859
Klasse II/1	0,755
Klasse II/2	0,880
Klasse III	0,706

Tabelle 11: Angleklassenübereinstimmung mit der Schädelmessung und der (Invers U2 rot) Röntgenmessung mittels Pearson Korrelationskoeffizient

Es zeigte sich, dass bei der Klasse II/2 die Übereinstimmung am höchsten ist, danach folgt die Klasse I und die Klasse II/1 und als letzte die Klasse III.

3.5 Schädelmessung U1 vs U2

Bezüglich der Übereinstimmung der beiden Schädelmessenden kann festgehalten werden, dass die Übereinstimmung bei allen Seiten etwa gleich groß war. Das Chronbach Alpha war auf der rechten Seite 0,710, auf der linken Seite 0,672 und bei beiden Seiten gemeinsam ebenfalls 0,710.

Seite	Cronbach Alpha
rechts	0,710
links	0,672
rechts+links	0,710

Tabelle 12: Schädelmessung U1 vs U2

4. Diskussion

Die Zeichnung des Gonionwinkels in der Fernröntgenanalyse gilt neben jener der Schädelbasis als eine der Schlüsselpunkte in der kieferorthopädischen Diagnostik. Der Kieferwinkel ist einer der wichtigen Wachstumsparameter in Abhängigkeit von der sehr variablen Unterkieferrotation.

Der Gonionwinkel dient ebenfalls als forensisch wichtiger Parameter für die Alterbestimmung in extremen Situationen wie Exhumierung und bei vermissten Personen (Rubika J. 2015).

Die meisten Studien, die sich mit der Wichtigkeit der Gonionwinkel in Relation zu seinen Veränderungen durch Alter, Bezahnung und Malokklusion befassen, gehen zurück bis in die erste Hälfte des vorigen Jahrhunderts. Die Problematik beim Vergleich der Studien aus der internationalen Literatur liegt in der z.T. unterschiedlichen Definition des Winkels und der fehlenden Untersuchungen an Echtschädeln im Vergleich zur Röntgenwiedergabe.

Die Schwierigkeit in der Beurteilung liegt in der Tatsache, dass es sich bei der lateralen Röntgenaufnahme um eine 2D Wiedergabe handelt, die eigentlich eine Überlagerung zweier anatomischer Gonionwinkel darstellt. Dies hat vor allem bei sehr asymmetrischen Unterkieferformationen die Problematik der stärker ausgeprägten Doppelkonturen zur Folge. Zum Teil hat man sich international darauf geeinigt eine Doppelkontur frei zu konstruieren und die Tangenten, die zur Bildung des Gonionwinkel verwendet werden an die Doppelkonturen anzulegen. Es muß einem dabei klar sein, dass es sich dabei eigentlich um ein Artefakt bzw. Konstrukt handelt – was bei symmetrischen Gegebenheiten vernachlässigbar ist, jedoch zu größeren Herausforderungen führt wenn die anatomische Formation stark seitendivergiert.

Aus diesem Grund wurde international immer wieder der Versuch gestartet, den Gonionwinkel im Orthopantomogramm zu zeichnen, da sich im hier im Vergleich zur seitlichen Schädelaufnahme der rechte und linke Gonionwinkel isoliert darstellen läßt.

Schon Mattila 1977 beschreibt dass die Gonionwinkelmessung im Orthopantomogramm genauer ist als im Cephalogramm (Mattila 1977). Interessant ist diese Arbeit auch deshalb, weil die Autoren ebenfalls zum Vergleich Messungen an menschlichen Schädeln durchgeführt haben, und festgestellt haben, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gonionwinkelmessungen dieser drei Untersuchungsformen gegeben hat. Dieses Erkenntnis ist umso bemerkenswerter, weil man schlussfolgern könnte, dass Messungen am mazerierten Schädel genauer sein dürften, da sie direkt am anatomischen Knochen erfolgen.

Doch auch durch die vorliegende Studie kann bestätigt werden, dass die Schädelmessungen nicht stark von den Fernröntgenmessungen abweichen.

Mikko Altonen hat 1977 ebenfalls Gonionwinkel am Orthopantomogramm gemessen.

Es fand zwar leichte Unterschiede zwischen der rechten und linken Kieferwinkelgröße (rechts > links) die Unterschiede waren jedoch nicht statistisch signifikant. Er beschreibt, dass die Gonionwinkel mit dem Alter kleiner werden und dass der Gonionwinkel hoch signifikant mit jenem Winkel korreliert, den die Längsachse der Unterkiefer-Siebener mit der Unterkieferebene einschließt, was wiederum Einfluß auf die Entwicklung des Weisheitszahnes hat (Altonen, 1977).

Auch bei der vorliegenden Untersuchung waren die rechten Gonionwerte größer als die linken.

Bei den Schädelmessungen muß beachtet werden, dass es für diese Messungen unterschiedliche Goniometer gibt. Milton Neger beschrieb 1951 das erste Mal ein faziales Goniometer aus Stahl mit einem Messumfang von 0-180°. Es mutet fast wie ein großer Winkelmesser an, der mit den beiden relativ langen Schenkeln so positioniert wird, dass die Arme vom äußeren Tragus an den Kieferwinkel und von caudal an den UK-Corpus angelegt werden (Neger 1951).

In der vorliegenden Arbeit wurde ein Protraktor-Goniometer ebenfalls aus Stahl verwendet - mit einem Umfang von 360° und einer Länge von 10 cm. Die Wahl

des Untersuchungsgerätes ergab sich aus dem Bestand der Messgeräte des Institutes für makroskopische und klinische Anatomie der Medizinischen Universität Graz.

In der Kieferorthopädie ist durch die zahlreichen Fernröntgenstudien gut bekannt, dass doch zum Teil erhebliche Abweichungen zwischen den Angle Malokklusionen bestehen. Was den Gonionwinkel betrifft so ist einerseits festzuhalten, dass es Unterschiede zwischen hyper-, normo- und hypodivergenten Morphologien gibt, aber auch Unterschiede in den Angle-Klasse selbst.

Droschl gibt in seiner Arbeit als Durchschnittswert bei männlichen Kl.I Personen $123,6^\circ$ und für weibliche $124,4^\circ$ an (15.Lj). Kl.II/1 Probanden zeigten $123,2$ bzw. $125,7^\circ$. Der Unterschied zwischen den Angle-Klasse war bei den männlichen Personen nicht signifikant, wie den weiblichen schon. Nur bei der Klasse II/1 war der Unterschied zwischen den Geschlechtern hoch signifikant. Droschl stellte fest, dass der Gonionwinkel bei beiden Geschlechtern bei der Klasse I abnimmt, während die bei der Klasse II/1 nur bei den männlichen Personen der Fall war.

Gilmore W. gibt's als durchschnittlichen Gonionwinkel bei erwachsenen Männern mit Kl.I $121,4^\circ$ und bei Frauen mit $122,6^\circ$ an. Klasse II/1 Patienten zeigten in seiner Untersuchung einen durchschnittlichen Winkel von $121,5$ (Männer) bzw. $122,0^\circ$ (Frauen). Dies war jedoch statistisch nicht signifikant unterschiedlich (Gilmore 1950).

Unsere Gonionwinkel lagen im Vergleich bei der Klasse I bei $120,64^\circ$ im Fernröntgen (Invers rot) und bei $120,52^\circ$ bei der Schädeldeluntersuchung und bei der Klasse II/1 $124,32$ im Röntgen und $122,62^\circ$ am Schädel. Diese Ergebnisse korrelieren gut mit jenen von Gilmore.

Young fand bei Kl.I größere Gonionwinkel als bei Kl.II/1 Fällen. (Young 1937)

Dies stimmt mit Blair überein, der bei Männern mit Kl.I auch größere Winkel als bei Kl.II/1 gemessen hatte. Außerdem fand Blair, dass der Gonionwinkel mit der Länge des UK-Corpus umgekehrt proportional korreliert (Blair 1954).

Blair fand bei Kl.II/2 um $5,84^\circ$ kleiner Gonionwinkel als bei Kl.I. Außerdem weist er darauf hin, dass kleinere Gonionwinkel beim Deckbiss eine horizontalere UK Ebene zur Folge haben (Blair 1954). Dies stimmt mit Hellmann überein (Hellman 1943).

Godiawala fand für den Deckbiss $116,3^\circ$ und für Kl.I $120,6^\circ$ bei Männern, bzw. $121,5$ und $124,1^\circ$ bei Frauen (Godiawala 1974). Vergleichbare Werte gibt Bratu für 15-18 jährige an ($121,52^\circ$) (Bratu 2014).

In der Studie Fischer-Brandies H. et al zeigten die Gonionwinkel erwachsener Personen der Kl.II/2 keine anderen Werte als jene der Kl.I.

Bezüglich des Deckbisses sind die Ergebnisse der vorliegenden Studie nur eingeschränkt beurteilbar, da nur fünf Kl.II/2 Schädel zur Verfügung standen.

Klasse III Patienten zeigen größere Gonionwinkel. Sanborn gibt $133,64^\circ$ im Vergleich zu $123,03^\circ$ bei Kl.I Patienten an. Dies kann mit der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden.

Da es viele Definitionen der Gonionwinkel und verschiedene Möglichkeiten der Gonionwinkelmessungen gibt, stellte sich die Frage wieviel diese variieren. Da sich bei dieser Untersuchung jedoch gezeigt hat, dass die einzelnen Varianten kaum voneinander abweichen, kann festgehalten werden, dass die Wahl der Durchzeichnung irrelevant ist. Außerdem zeigten sich zwischen den zwei Untersuchern nur vernachlässigbar kleine Unterschiede.

Vergleiche mit Verlaufsstudien, welche die Entwicklung des Gonionwinkel in den unterschiedlichen Lebensphasen untersucht haben, können mit unserem Kollektiv nicht angestellt werden.

Sanborn hat die Unterschiede der fazialen skelettalen Parameter der Klasse III Malokklusion mit der Normokklusion verglichen. Die Studie zeigte, dass der Gonionwinkel bei Klasse III-Fällen stumpfer ist als bei Normokklusion. Dies kann durch die vorliegende Studie bestätigt werden.

5. Konklusion

In dieser Arbeit zeigte sich, dass die Gonionwinkelwerte bei verschiedenen Messmethoden keinen signifikanten Unterschied aufwiesen.

6. Literaturverzeichnis

Altonen M., Kaavikko K., Mattila K. "Developmental Position of Lower Third Molar in Relation to Gonial Angle and Lower Second Molar." *The Angle Orthodontist*, Oktober 1977, Vol 47, Nr.4: 249-255.

Blair, E.S. "A cephalometric roentgenographic appraisal of Class I, Class II, Div. 1 and Class II, Div. 2 malocclusion." *Angle Orthod.* 24:106-119, 1954.

Blens T. Informationsforum Kieferorthopädie Glossar.

<http://www.zahnklammern.de.2004>.

Björk A. „Sutural oft he upper face studied by the implant method". *Acta Odontol Scand* 1966; 24:109-127.

Björk A. „Variations in the growth pattern of the human mandibule: Longitudinal radiographic study by implant method." *J Dent Res* 1963; 42:400-411.

Bratu Christina Dana, Balan Adriana-Raluca, Szuhaneck Camelia-Alexandrina, Pop Izabella-Silvia, Bratu Arian Emanuel, Popa G. "Craniofacial morphology in patients with Angle Class II division 2 malocclusion." *Rom J Morphol Embryol* 2014, 55(3):909-913.

Broadbent B.H.sr. Broadbent B.H.jr., Golden W.H. "Bolton standards of dentofacial developmental growth." Saint Louis: C V Mosby company, 1975.

Droschl H. "Die Fernröntgenwerte unbehandelter Kinder zwischen dem 6. und 15. Lebensjahr." Berlin: Quintessenz Verlag-GmbH, 1984.

Droschl H. In Skriptum Kieferorthopädie. Klinische Abteilung für Kieferorthopädie der Univ.Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Graz (1990).

Ehmer U. „Klassifikation der kieferorthopädische Befunde In Praxis der Zahnheilkunde.“ Bd 11/I Kieferorthopädie I.4. Aufl.München: Urban & Fischer.

Fanghanel J, Pera F, Anderhauber F, Nitsch R, editors. Waldeyers anatomija čovjeka, 17. njemačko izdanje, 1. hrvatsko izdanje. Zagreb: 2005

Fischer-Brandies H., Fischer-Brandies E., König A. “A cephalometric comparison between Angle Class II, division 2 malocclusion and normal occlusion in adults.“ Br J Orthod 1985 Ju;12(3): 158-62.

Franzreb O., Sergl H.G. “Untersuchungen kephalometrischer Variabler bei der echten Progenie.“ Fortschr Kieferorthop 1979; 40:197-209.

Gray Henry “Anatomy of human body“, 1918.

Gilmore A.W. “Morphology of The Adult Mandibule in Class II, Division 1 Malocclusion and in Excellent Occlusion.“ The Angle Orthodontist, July 1950, Vol XX, No. 3.

Godiawala N.R. “A Cephalometric Comparison between Class II, Division 2 Malocclusion and Normal Occlusion.“ Angle of Orthodontist, July 1974. Vol.44, No. 3.

Harzer Winfried. “Kieferorthopädie.“ Georg Thieme Verlag, 2011.

Hellman, M.: “The phase of development concerned with the erupting permanent teeth.“ Am. J. Orthod., 29:507, 1943.

Jarabak J.R., Fizzel J.A. “Technique and treatment with the light wire appliances.“ Saint Louis: C V Mosby company, 1963.

Kahl-Nieke B. “Einführung in die Kieferorthöpedie“ 2009, Deutsche Zahnärzterverlag

ISBN 978-3-7691-3419-3, zahnheilkunde.de.

Izard G. “The gonio-mandibular angle in dento-facial othopedia.“ Int J Orthodontia. 1927;13:578.

Korkhaus G. “Die Bedeutung des Fernröntgenbildes für die kieferorthopädische Praxis.“ Fortschr Kieferorthop 1959; 20:1—21.

Krmpotić Nemanjić J, Marušić A. “Anatomija čovjeka“ Zagreb: Medicinska naklada; 2004.

Legović M. "The Gonion angle and the growth of the craniofacial complex", 1983, Acta stomatologica croatica, Vol 17, No.3 YUISSN: 0001-7019.

Martin R., Knußmann R. "Anthropologie-Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen" – Gustav Fischer Verlag – Punkt 79 der Definitionen.

Mangla R., Singh N., Dua V., Padmanabhan P., Khanna M. "Evaluation of mandibular morphology in different facial types." Contemp Clin Dent, 2011 Jul-Sep; 2(3): 200-206.

Mattila K., Altonen M., Haavikko K. "Determination of Gonion Angle from the Orthopantomogram." Angle orthodontist 1977; Vol.47, Nr2: 107-110.

Moss M.L., Saletijn L. "The primary role of functional matrices in facial growth." Am J Orthod 1969; 55:566-577.

Moss M.L. "Vertical growth of the human face." Am J Orthod 1964; 50:359-376.

Muretić Ž., Rak D. "Changes in the Value of the Mandibular Angle and its Segments During Growth." Acta stomatologica croatica 1991; 25:219-224

Muretić Ž., Rak D. "Analiza linearnih rendgenke- cefalometrijskih varijabli izdvojenog uzorka eugrate populacije." Bilten UOJ 1990; 23:75-79. 224 Acta Stomatol. Croat., Vol. 25, br. 4, 1991.

Muretić Ž. "Standardizacija uzorka profila glave u ispitanika definirane populacije uz vlastiti prilog rend- genkefalometrijskoj analizi." Zagreb: Stomatološki fakultet, 1982. Disertacija.

Neger M. "The facial Goniometer: an Instrument for the Direct Measurement of the Frankfort-Mandibular Plane Angle and the Gonion Angle", The Angle Orthodontist October 1951, Vol.XXI, Nr.4:198-204.

Nötzel F., Schultz C., Hartung M. "Fernröntgenseitenanalyse" 2007, Dt. Zahnärzterverlag Kap 6 Seite 29.

Pećina-Hrnčević A. "Promjena kuta donje čeljusti tijekom postnatalnog rasta." U: Kraniofacijalni rast. Zagreb, ZLH, 1978. Acta Stomatol. Croat., Vol. 25, br. 4, 1991, IM 223

Rak D. "Rendgenkefalometrijska evaluacija sagitalnih i vertikalnih skeletnih relacija viscerokraniuma kod definiranih ortodontskih anomalija u usporedbi s eugnatim ispitanicima." Zagreb: Stomatološki fakultet, 1989. Disertacija.

Rosas A., Bastir M. "Thin-Plate Spline Analysis of Allometry and Sexual Dymorphysm in the Human Craniofacial Complex." *AJ of Physical Antropology* 117: 236-245 (2002).

Rubika J., Felicita Sumathi A., Sivambiga V. "Gonial Angle as an Indicator for the Prediction of Growth Pattern." *World Journal of Dentistry*, July-September 2015; 6(3):161-163.

Saller K. "Leifaden der Anthropologie", 1930 Springer Verlag, ISBN 13:978-3-642-90340-3, S. 61.

Sanborn T.R. "Differences Between the Facial Skeletal Patterns of Class III Malocclusion and Normal Occlusion." *The Angle Orthodontist*, October, 1955. Vol. 25, No.4.

Schudy F.F. "The rotation of the Mandible Resulting from Growth:Its Implications in Orthodontic Treatment", January 1965.

Schwarz A.M. "Die Bedeutung des Fernröntgenbildes für die kieferorthopädische Praxis." *Fortschr Kieferorthop* 1959; 20:22-28.

Shaw B.R., Katzel B.E., Koltz F.P., Kahn M.D., Giroto A.J. und Langstein N.H. "Facial aging is more than skin deep." Image courtesy of Department of Surgery, University of Rochester Medical Center, April 2010.

Siriwat P.P., Jarabak J.R. "Malocclusion and Facial Morphology, Is there a Relationship." *An Epidemiological Study*, *The Angle Orthodontist*, April 1985 127-138.

Solow B. "The pattern of craniofacial associations." *Acta Odontol Scand* 1966; 24 (suppl.46):11-163.

Upadhyay B. R., Upadhyay J., Agrawal P., Rao N.N. "Analysis of gonial angle in relation to age, gender, and dentition status by radiological and anthropometric methods." *J Forensic Dent Sci.* 2012 Jan-Jun; 4(1): 29-33.

Young M., Johnson E., Smyth C. and Still M. "Investigation into the nature and characteristic features of post-normal occlusion." *Med. Res. Coun. (Gr. Brit.) Special Report Series*, 225: 1-93, 1937.