

Regionenabhängige Vergrößerungsfaktoren von Panoramiaschichtaufnahme in Abhängigkeit von der Patientenpositionierung und ihre Bedeutung für die Implantologie

Teil 2:

Unsymmetrischen Patientenfehlpositionierungen

G. Gómez Román*, D. Lukas**, R. Beniashvili***, W. Schulte****

- * Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Propädeutik (Ärztlicher Direktor: Univ.-Prof. Dr. med dent. H. Weber),
- ** früher Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, (Ärztlicher Direktor: Univ.-Prof. Dr. med., Dr. med. dent. S. Reinert),
e-mail: drmed_lukas@web.de, <http://www.periotest.de/lukas/>
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universitätsklinikum Tübingen
- *** Zahnarzt für Oralchirurgie, Schorndorf
- **** Ehem. Ärztlicher Direktor der Poliklinik für Zahnärztliche Chirurgie und Parodontologie, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Tübingen

Zusammenfassung

Einleitung: In dieser Arbeit wird das Verhalten der vertikalen und horizontalen Vergrößerungsfaktoren auf Panoramiaschichtaufnahmen bei unsymmetrischen Patientenfehlpositionierungen untersucht. Für die optimale Positionierung wurde das bereits im Teil 1 veröffentlicht. Die Untersuchung bei symmetrischen Patientenfehlpositionierungen folgt als Teil 3. **Material und Methoden:** Verschiedene Grade von Fehlpotionierung eines mazerierten Schädels werden mit einer Verschiebe- und Neigeeinrichtung an der Halterung des Schädels eingestellt.

Ergebnisse: Eine Fehlpotionierung des Schädels beeinflusst die vertikalen und die horizontalen Vergrößerungsfaktoren unterschiedlich stark. Die stärksten Auswirkungen auf den vertikalen Vergrößerungsfaktor wurden bei der Drehung um die cranio-caudale Achse beobachtet. Hierbei veränderte sich der Vergrößerungsfaktor gegenüber der orthograden Aufnahme von 1,27 auf 1,19. Dabei wird ein zur Implantation zur Verfügung stehendes Knochenangebot in allen Kieferregionen um höchstens ca. 1 mm überschätzt. Deutlich stärker wurde der horizontale Vergrößerungsfaktor durch die Fehlpotionierung beeinflusst. Der Vergrößerungsfaktor veränderte sich gegenüber

der orthograden Aufnahme um bis zu $-0,24$. Dadurch wird das Implantatbett um bis zu 1 mm verschmälert dargestellt. **Diskussion:** Wenn diese Ergebnisse berücksichtigt werden, stellt die Panoramaschichttechnik ein geeignetes Verfahren sowohl für die präimplantologische Diagnostik als auch für die Verlaufs- und Erfolgskontrollen dar. Für weitere Schlußfolgerungen sind jedoch die Ergebnisse auch der symmetrischen Fehlpositionen erforderlich.

Einleitung

Die Bedeutung der Panoramaschichtaufnahme für die präimplantologische Diagnostik wurde im [ersten Teil](#) dieser Arbeit für die orthograde Positionierung ausführlich dargestellt¹ (mit 24 Literaturzitaten). In diesem zweiten Teil und dem folgendem [dritten Teil](#) wird die Vergrößerung und Verzerrung durch fehlerhafte Patientenpositionierung behandelt.

Die korrekte Lagerung des Kopfes als wichtige Voraussetzung für eine metrische Auswertung wird auch von Schopf beschrieben². Ist der Patient nicht korrekt positioniert, wird die Vergleichsmöglichkeit zweier, in bestimmten zeitlichen Abständen aufgenommenen Röntgenbildern des gleichen Patienten erschwert. Die Beurteilung der periimplantären Situation ist problematisch bei nicht exakter Patientenrepositionierung zwischen den einzelnen Kontrollaufnahmen im Rahmen der Verlaufskontrolle eines Implantatpatienten. Bei kieferorthopädischen Untersuchungen untersuchte Schopf² die auf der Panoramaschichtaufnahme imponierende Achsenstellung der Zähne. Seine Ergebnisse zeigten, daß die Zahnachsenwinkel dabei vorwiegend im Front-, z.T. auch im Prämolarengebiet verfälscht werden, während Molarenmeßwerte auch bei mäßiger Abweichung der Kopfeinstellung diagnostisch verwendet werden können.

Das Ausmaß verschiedener Fehlerquellen auf den Vergrößerungsfaktor untersuchten Ramstad et al.³ an Messungen der Höhe des Alveolarkammes zahnloser Patienten. Dabei wurden bemerkenswert große Meßvarianzen ermittelt, die durch wiederholten Aufnahmen desselben Patienten und bei der Interaktion zwischen Zahnarzt, Patient und Röntgengerät entstehen. Dieses Ergebnis unterstreicht die Notwendigkeit einer Hilfe zur exakten Patientenpositionierung in Form von geeigneten Stützelementen.

Die Auswertbarkeit der Aufnahmen bei Fehlpositionierungen des Patienten, die asymmetrische Bilder ergeben, wird in der Literatur selten angesprochen. Im folgenden wird die Frage untersucht, ob verschiedene Fehlpositionierungen die vertikalen Vergrößerungsfaktoren und die horizontalen Vergrößerungsfaktoren am koronalen Implantatende in den verschiedenen Regionen in für die Implantologie bedeutendem Ausmaß beeinflussen. Röntgenaufnahmen bei symmetrischen Fehlpositionierungen werden im folgendem [dritten Teil](#) behandelt werden, alle Ergebnisse am apikalen Implantatende [im Anhang](#).

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden an einem durchschnittlich geformten, zahnlosen, mazerierten Schädel unbekanntes Geschlechts, Alters und Rasse durchgeführt. Dieser Schädel wurde mit Frialit™-2-Stufenzylinder-Implantaten bestückt, Länge 11 mm, Durchmesser 3,8 mm. Das gesamte Vorgehen einschließlich Röntgentechnik in der orthograden Optimalposition wurde im [ersten Teil](#) dieser Arbeit¹ ausführlich beschrieben.

Zur Untersuchung des Einflusses der Fehlpositionierungen auf den Verzerrungs- und Vergrößerungsfaktor wurde der mazerierte Schädel in einer Ebene oder Achse von seiner orthograden Optimalposition abweichend fixiert und geröntgt. Folgende fehlerhafte, in Bezug auf die Mediansagittalebene asymmetrische Einstellungen wurden gewählt (vergleiche auch die schematischen Darstellungen, die in den Diagrammen oben links eingefügt sind):

Verschiebungen bezüglich der transversalen Raumebene nach links:

Hierzu wurde der Schädel nach Einstellung der orthograden Optimalposition um 2 mm, 3 mm, 4 mm und 6 mm nach links entlang eines gefrästen Schlitzes auf seiner stählernen Unterlage verschoben. Es wurde darauf geachtet, daß der Schlitz exakt parallel zur Transversalebene des Schädels verlief und somit symmetrisch zur Umlaufbahn des Röntgengerätes ausgerichtet war.

Neigung bezüglich der dorso-ventrale Raumachse nach links:

Geneigt wurde am Kugelgelenk des Stativs um 1,5; 3; 4,5 und 6°. Dabei war die Stahlplattenfräsung ebenfalls parallel zur Transversalebene des Schädels ausgerichtet.

Entgegen den anatomischen Verhältnissen war der Abstand zwischen dem Gelenk des Stativs und der Condylus occipitalis des Schädels aus röntgentechnischen Gründen mit 30 cm deutlich zu groß, während physiologischerweise die Neigung des Schädels um die dorso-ventrale Körperachse am Atlasgelenk stattfindet. Deshalb wurde der Schädel nach dieser und der im folgenden beschriebenen Rotationen entlang des Schlitzes in der Stahlplatte soweit nach rechts verschoben, daß annähernd Verhältnisse erreicht wurden, die der anatomischen Bewegung entsprechen. Das Ausmaß der Verschiebung wurde mit folgender Gleichung errechnet: $x = r \cdot \tan \alpha$, wobei x die zu verschiebende Strecke, r den Abstand zwischen dem Kugelgelenk des Stativs und den Condylus occipitalis und α die verschiedenen Neigungswinkel kennzeichnen. Nach dieser Verschiebung wurde das Röntgengerät mit seiner Höheneinstellung korrigiert, um eine optimale Positionierung des mazerierten Schädels zu gewährleisten.

Drehung um die cranio-caudale Achse nach links:

die Drehung wurde ebenfalls am Kugelgelenk des Stativs um 1,5; 3; 4,5 und 6° eingestellt. Bei dieser Fehlposition war wieder die Fräsung der Stahlplatte entlang der Transversalebene des Schädels ausgerichtet. Der Schädel konnte nicht genau senkrecht über dem Kugelgelenk fixiert werden, sondern war etwas vor dem Rotationszentrum verankert. Zum Ausgleich wurde hier ebenfalls der Schädel um die wie oben errechneten Beträge entlang der Fräsung nach rechts verschoben und abschließend eine Höhenkorrektur des Röntgengerätes vorgenommen.

Insgesamt wurden also drei verschiedene Klassen von asymmetrischer Fehlpositionierung untersucht und innerhalb der einzelnen Fehlpositionierungen vier Unterklassen nach dem Grad der Fehleinstellung gebildet. Von jeder Unterklasse wurden sechs Panoramaschichtaufnahmen angefertigt.

Kephalometrische Analyse, Vermessung der Implantate und die benutzten statistische Methoden wurden ausführlich im ersten Teil dieser Arbeit¹ beschrieben.

Ergebnisse

Die Vergrößerungsfaktoren der fehlpositionierten Panoramaschichtaufnahmen werden bezogen auf die Ergebnisse bei orthograder Position und in Relation gesetzt zur Reproduzierbarkeit der Einstellungen am Röntgengerät (vergleiche [Teil 1](#) „Statistische

Methoden“ und „Reproduzierbarkeit Röntgeneinstellungen“¹⁾). Alle Vergrößerungsfaktoren bei Fehlposition wurden aus sechs Einzelwerten für jeden der vier Grade, bei orthograder Position aus 18 Einzelwerten gemittelt.

Verschiebung in der transversalen Ebene nach links. Die Vergrößerungsfaktoren, welche am stärksten von den bei orthograder Position gefundenen abweichen, sind in [Tabelle 1](#) und [Tabelle 2](#) zusammengestellt.

Die Veränderungen der *vertikale* Vergrößerung werden in [Abb 1](#) dargestellt. Bei dieser Fehlpositionierung nehmen in der rechten Kieferhälfte die vertikalen Vergrößerungsfaktoren mit dem Grad der Fehlpositionierung zu, dagegen fallen sie in der linken Kieferhälfte mit dem Grad der Verschiebung ab. Diese Veränderungen übersteigen jedoch nur teilweise das Maß der Reproduzierbarkeit der Einstellungen am Röntgengerät (senkrechte Fehlerbalken), wie auch [Tabelle 1](#) verdeutlicht.

Beim der *horizontale* Vergrößerung an der koronalen Implantatstufe wird in Vergleich mit den vertikalen Vergrößerungsfaktoren ein deutlich stärkerer Einfluß durch die Verschiebung des Kopfes sichtbar ([Abb 2](#)), ebenso wie bei den anderen Fehlpositionierungen. Rechts übersteigt die Vergrößerung diejenige der orthograden Positionierung, links sind die Vergrößerungsfaktoren jedoch kleiner. Im Bezug zur Reproduzierbarkeit der Einstellungen am Röntgengerät sind diese Veränderung signifikant. Während in der rechten Kieferhälfte die Vergrößerungsfaktoren mit dem Grad der Fehlpositionierung zunehmen, so fallen diese in der linken Kieferhälfte mit dem Grad der Verschiebung ab.

Neigung um die dorso-ventrale Achse nach links. Die Abhängigkeit des *vertikalen* Vergrößerungsfaktors vom Grad der Neigung und von der Zahnregion wird in [Abb 3](#) dargestellt. Bei dieser Fehlpositionierung kann im ersten und vierten Quadranten mit verstärkter Neigung des Schädels ein Absinken des vertikalen Vergrößerungsfaktors beobachtet werden, während dieser im zweiten und dritten Quadranten ansteigt. Bezogen auf die Reproduzierbarkeit sind die Vergrößerungsfaktoren in der rechten Oberkieferhälfte lediglich im Bereich der Incisivi, der Prämolaren und am Tuber kleiner als bei orthograder Positionierung. In der rechten Unterkieferhälfte unterliegen nur

die Regionen der Molaren und Prämolaren einer Verminderung des Vergrößerungsfaktors. Im zweiten Quadranten sind nur beim dritten Molaren deutlich ansteigende Vergrößerung sichtbar, im dritten Quadranten dagegen bei allen Regionen bei Neigung von $6,0^\circ$, im Seitenzahnggebiet schon ab $4,5^\circ$.

Die Veränderungen der *horizontalen* koronalen Vergrößerung werden in [Abb 4](#) dargestellt. Im ersten und vierten Quadranten sinkt mit zunehmender Fehlpositionierung der horizontalen Vergrößerungsfaktors ab. Im zweiten und dritten Quadranten steigt dagegen mit dem Grad der Fehlposition die Vergrößerung an. Die Änderungen sind überwiegend signifikant.

Drehung um die cranio-caudale Achse nach links. Die Veränderungen des *vertikalen* Vergrößerungsfaktors sind [Abb 5](#) zu entnehmen. Mit Zunahme des Drehwinkels steigt die Vergrößerung in allen Regionen der rechten Quadranten an, während sie in den linken Quadranten abfällt. Diese Veränderungen übersteigen das Maß der Reproduzierbarkeit in allen Regionen und teilweise schon bei Drehungen um $1,5^\circ$ und 3° .

Die *horizontale* Vergrößerung wird schon bei kleinen Drehwinkeln beeinflusst, wie [Abb 6](#) zu entnehmen ist. Die rechten Ober- und Unterkieferhälften sind auf fehlpositionierten Panoramaschichtaufnahmen größer dargestellt als orthograde, während sie in den linken Kieferhälften verkleinert sind. Im dritten Quadrant entfällt teilweise sogar die für Panoramaschichtaufnahmen typische vergrößerte Darstellung des Objekts (0,99).

Diskussion

Die Studie von McIver et al.⁴ geht bei der Einteilung der Fehlpositionierungen ähnlich vor wie unserer Untersuchung, unterteilt jedoch nicht in verschiedene Schweregrade. Ein direkter Vergleich ist schwierig, da die Untersuchung an einem Kinderschädel im dentalen Alter von 5 Jahren durchgeführt wurde und die Änderung der Zahnbreiten in Abhängigkeit von der Fehlpositionierung in einem Panoramaröntgengerät einer anderen Firma (Panorex – Röntgengerät) durchgeführt wurde.

Die Auswertung unserer Ergebnisse bei den in der *transversalen Ebene nach links verschobenen* Aufnahmen hat gezeigt, daß die Implantate der rechten Kieferhälfte in horizontaler Richtung stärker vergrößert werden als in vertikaler. Diese Implantate wurden von der scharf abgebildeten Schicht in Richtung des Rotationszentrums verschoben, womit ihr Abstand zum Film anstieg. Demgegenüber nehmen die Vergrößerungsfaktoren der Implantate der linken Kieferregion, die gleichzeitig in Richtung des Films wanderten, in horizontaler Richtung stärker ab als in vertikaler. Dies stimmt mit den Beobachtungen von Zach et al.⁵ und Tronje et al.⁶ überein. Im anterioren Bereich der rechten Oberkieferhälfte muss in der horizontalen Dimension mit einer verbreiterten Implantatabbildung, in den linken Ober- und Unterkieferhälften dagegen mit einer verschmälerten Implantatdarstellung gerechnet werden. Entsprechend führt diese Fehlpositionierung zu einer vom Grad der Verschiebung abhängigen Vergrößerung der knöchernen Strukturen im Bereich der rechten und einer Verkleinerung im Bereich der linken Kieferhälfte. Das kann bei Panoramaschichtaufnahmen ohne Bezugsstrukturen bekannter Abmessungen zu einer rechtsseitigen Über-, bzw. linksseitigen Unterschätzung des zur Implantation zur Verfügung stehenden Knochenangebotes in der vertikalen und horizontalen Dimension führen.

Die Neigung um die *dorso-ventralen Achse* ist besonders beim zahnlosen Patienten eine nur schwer auszuschließende Fehlpositionierung, da der Patient nur mit einer Subnasalstütze im Röntgengerät positioniert wird und eine sichere Fixierung über die Okklusion nur bedingt möglich ist. Die Untersuchungsergebnisse für eine Neigung nach *links* zeigen, daß die Implantate der rechten Kieferhälfte im Vergleich mit der orthograden Einstellung sowohl in der vertikalen als auch verstärkt in der horizontalen Dimension verkleinert, die der linken Kieferhälfte dagegen vergrößert dargestellt werden. Außer der Veränderung des Film-Objekt Abstandes, dessen Einfluß bereits oben angesprochen wurde, ist auch die veränderte oro-vestibuläre Neigung der Implantate, sowie die Änderung der Objekttiefe durch die veränderte Kopfstellung wichtig für Vergrößerung. Die stärkste Veränderung des vertikalen Vergrößerungsfaktors gegenüber der orthograden Aufnahme bei maximaler Fehlpositionierung tritt im Weisheitszahnbereich auf, da in dieser Region der

Angulationswinkel bzw. der Inklinationswinkel der Implantate am steilsten ist. Das bedeutet in der Regio 47 gegenüber einer orthograd eingestellten Panoramaschichtaufnahme eine verkürzte Implantatdarstellung, in Regio 28 eine verlängerte Abbildung.

In der horizontalen Dimension wird ein Implantat in der Regio 44 verschmälert wiedergegeben und entsprechend im linken Unterkiefer die Regio 34 verbreitert dargestellt. Ohne zusätzliche Hilfsstrukturen zur Bestimmung des Vergrößerungsfaktors würde dies eine Unterschätzung des Knochenangebotes der rechten und eine Überschätzung desjenigen der linken Kieferhälfte nach sich ziehen.

Vergleicht man die vertikalen und horizontalen Vergrößerungsfaktoren bei der *Drehung um die cranio-caudale Achse nach links* miteinander, so fällt auf, daß die horizontale Vergrößerung, die tendenziell der vertikalen entspricht, wesentlich extremere Werte erreicht. Dies führt zu einer starken Verzerrung der Implantate auf den Panoramaschichtaufnahmen. Die Darstellung bei Fehlpositionierung ist gegenüber orthograden Einstellung verlängert, vornehmlich in der Prämolaren- und Molarenregion der rechten Kieferhälfte, und im Bereich der linken Prämolarenregion verkürzt. Dies entspricht rechts einer Über- und links Unterschätzung des vorhandenen Knochenangebotes.

Für die weitere Diskussion sind die Ergebnisse bei symmetrischen Fehlpositionen des Patienten notwendig. Diese werden im folgendem [dritten Teil](#) unserer Arbeit vorgestellt.

Literatur

1. Gómez-Román G, Lukas D, Beniashirili R, Schulte W. Area-dependent Enlargement Ratios of Panoramic Tomography on Orthograde Patient Positioning and Its Significance for Implant. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 1999; 14: 248-257.
2. Schopf P. Längen und Winkelmessungen am Orthopantomogramm. *Fortschr Kieferorthop*, 1966; 27: 107-114.
3. Ramstad T, Hensten-Pettersen O, Mohn E, Ibrahim SI. A methological study of errors in vertical measurements of edentulous ridge heigh on orthopantomographic radiograms. *J Oral Rehabil*, 1978; 5: 403-412.

4. McIver FT, Hill C, Brogan DR, Lyman GE. Effect of head positioning upon the width of mandibular tooth images on panoramic radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 1973; 35: 697-707.
5. Zach GA, Langland OE, Sippy FH. The use of the Orthopantomograph in Longitudinal Studies. *Angle Orthod*, 1969; 39, No.1: 42-49.
6. Tronje G, Eliasson S, Julin P, Welander U. Image distortion in rotational panoramic radiography. II. Vertical distances. *Acta Radiol Diagn Stockh*, 1981; 22: 449-455.

Tabellen

Tabelle 1

Extreme vertikale Vergrößerungsfaktoren für verschiedene Zahnorte. Die Vergrößerung ist fett gedruckt, wenn sie sich in der fehlpositionierten Einstellung und der orthograden Positionierung signifikant unterscheiden. Andernfalls sind die orthograden Vergrößerungsfaktoren in Kursivdruck angegeben. Als Signifikanzschwelle wurde die Reproduzierbarkeit der Einstellungen am Röntgengerät gewählt, durchschnittlich 3,5%. Die Zunahme der Vergrößerung mit dem Grad der Fehlpositionierung ist durch „/“ abgedeutet, die Abnahme durch „\“.

rechts	Oberkiefer	Seiten- zähne	Frontzähne	Front - zähne	Seiten - zähne	links
	Unterkiefer					
	transversale	1,33 /	1,32 /	1,19 \	1,22 \	
	Verschiebung	1,30 /	1,30 /	1,26 \	1,18 \	
	Kippen	1,21 \	1,20 \	<i>1,27/</i>	1,33 /	
	dorso-ventral	1,17 \	<i>1,27\</i>	1,30 /	1,29 /	
	Drehung	1,37 /	1,34 /	1,18 \	1,19 \	
	cranio-caudal	1,34 /	1,32 /	<i>1,26\</i>	1,16 \	

Tabelle 2

Extreme horizontale Vergrößerungsfaktoren am coronalen Implantatende für verschiedene Zahnorte. Die Darstellung entspricht Tabelle 1. Die Signifikanzschwelle ist die Reproduzierbarkeit der Einstellungen am Röntgengerät, durchschnittlich 5%. Die Zunahme der Vergrößerung mit dem Grad der Fehlpositionierung ist durch „/“ abgedeutet, die Abnahme durch „\“. **Teilweise liegen die Vergrößerungsfaktoren unter 1,0, die charakteristischerweise vergrößerten Panoramaschichtaufnahmen werden also verkleinert.**

	rechts Oberkiefer Unterkiefer	Seiten- zähne	Frontzähne	Front - zähne	Seiten - zähne	links
transversale		1,42 /	1,36 /	1,07 \	1,06 \	
Verschiebung		1,41 /	1,43 /	1,11 \	1,04 \	
Kippen		1,07 \	1,07 \	1,32 /	1,34 /	
dorso-ventral		1,06 \	1,12 \	1,46 /	1,42 /	
Drehung		1,50 /	1,54 /	1,00 \	1,00 \	
cranio-caudal		1,61 /	1,52 /	1,04 \	0,99 \	

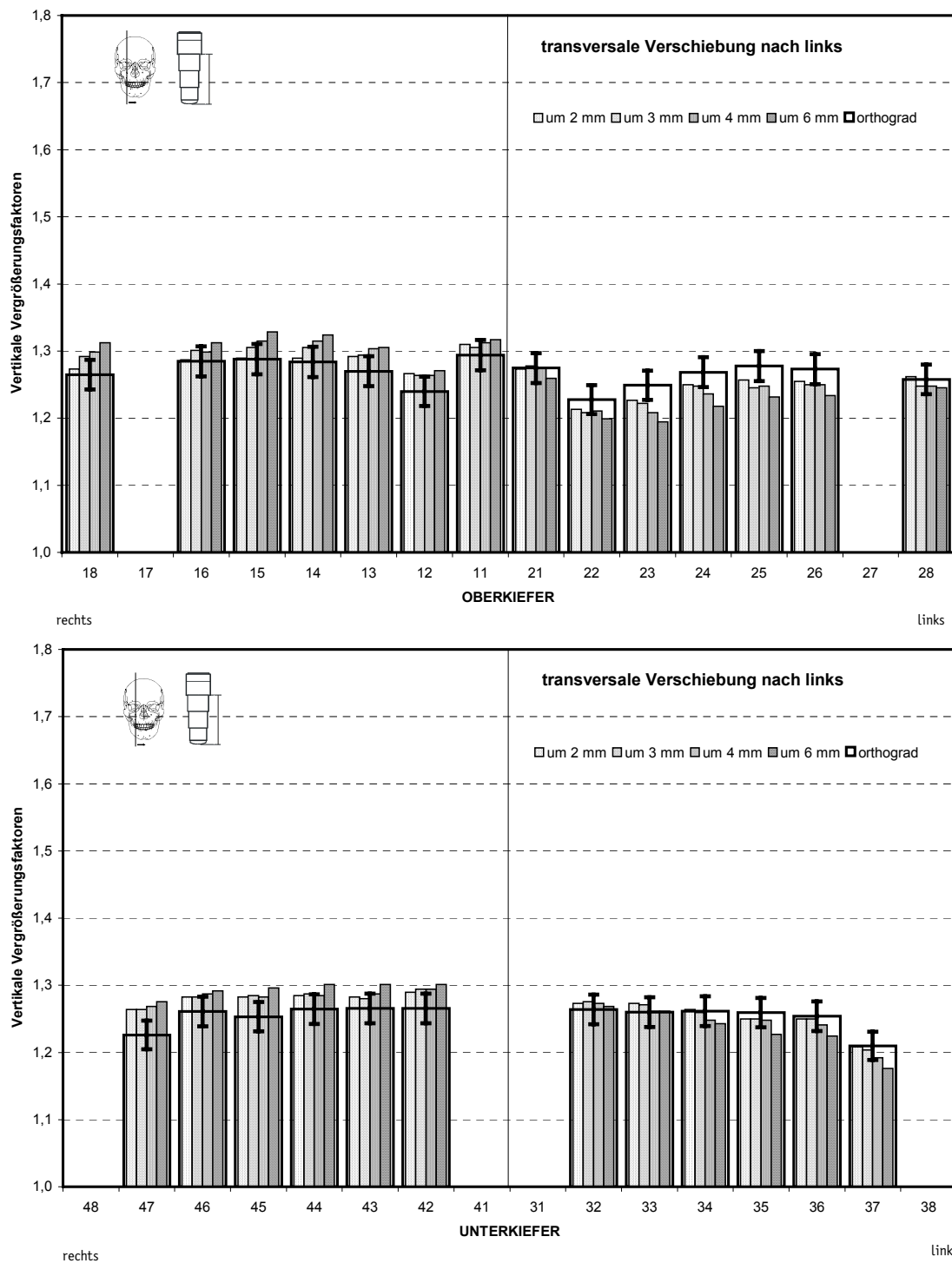


Abbildung 1 Mittlere vertikale Vergrößerung im Oberkiefer (oben) und im Unterkiefer (unten) bei *Verschiebung in transversaler Ebene nach links*. Die schmalen, zunehmend gefüllten Säulen zeigen die Ergebnisse bei Fehlposition, nach rechts mit zunehmendem Grad. Die Vergrößerungsfaktoren bei orthograde Einstellung sind durch die überlagerten breiten Rechtecke dargestellt, die Reproduzierbarkeit der Einstellungen am Röntgengerät (3,5%) als senkrechte Linien.

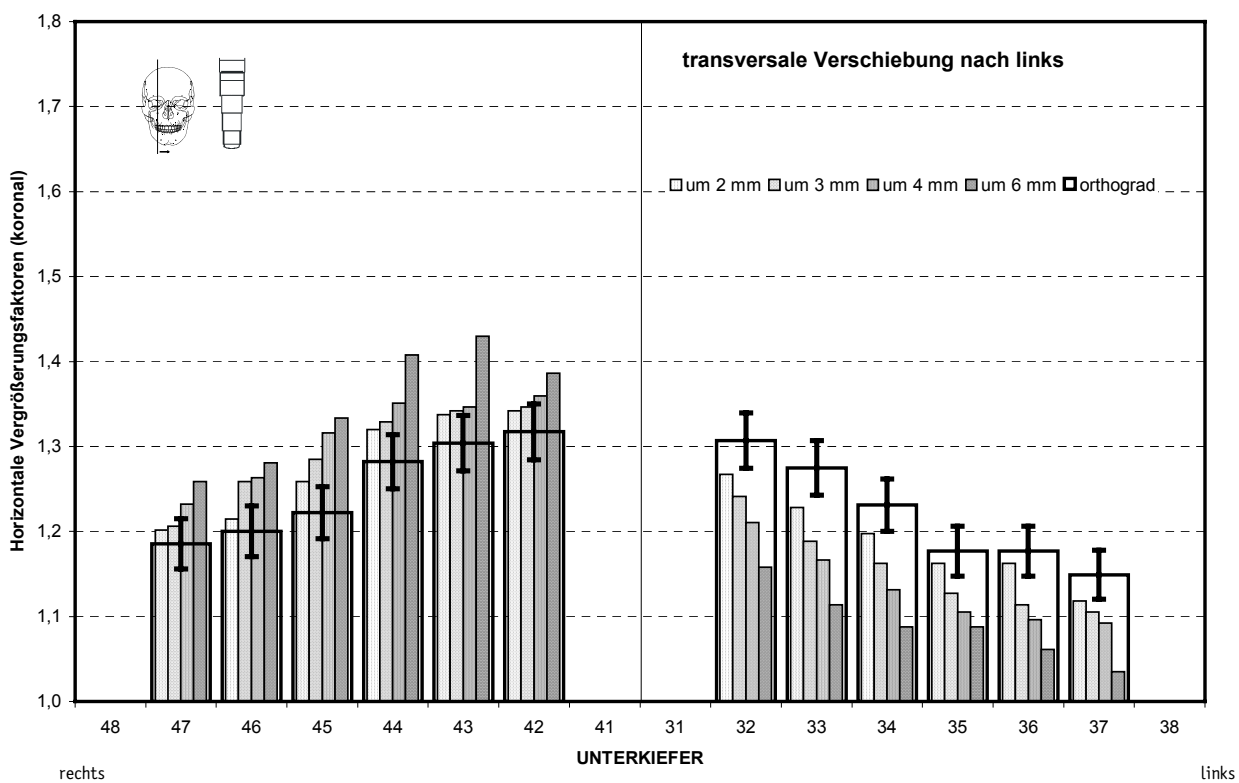
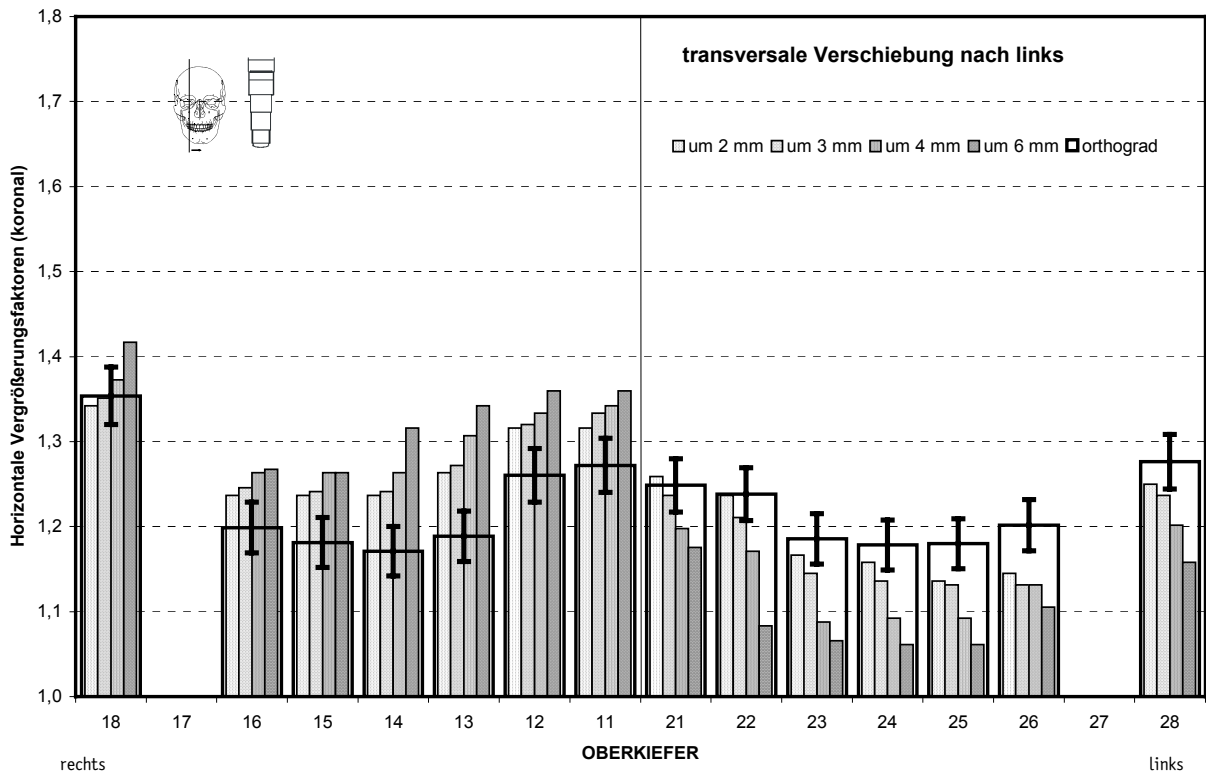


Abbildung 2 Mittlere horizontale Vergrößerung am koronalen Implantatende bei Verschiebung in der transversalen Ebene nach links. Die Darstellung entspricht Fig 1, die Reproduzierbarkeit der Einstellungen am Röntgengerät ist 5%.

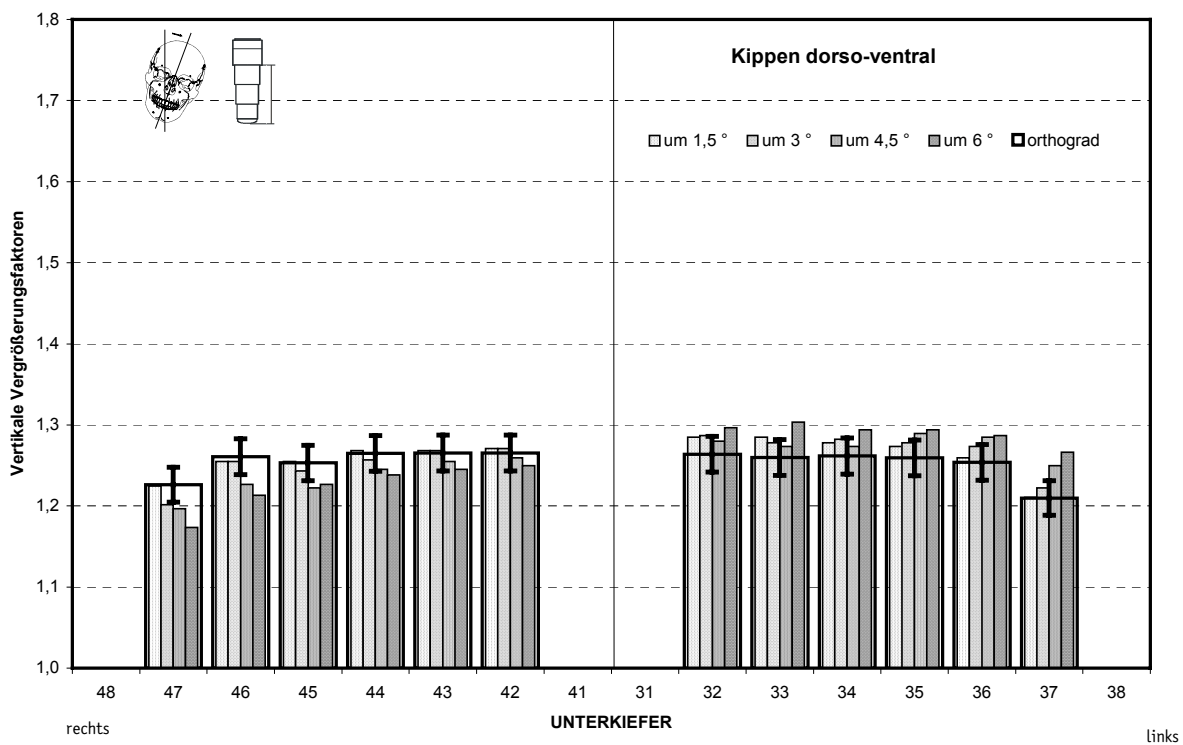
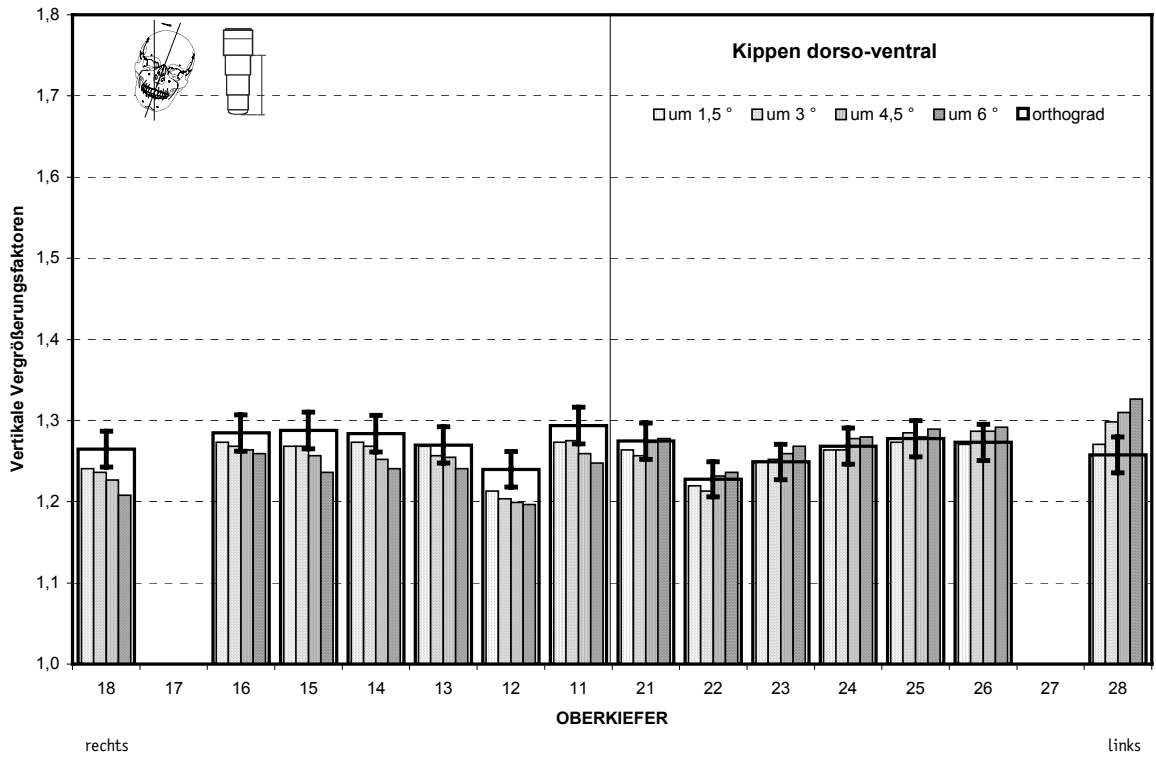


Abbildung 3 Mittlere vertikale Vergrößerung bei *Neigung um die dorso-ventrale Achse nach links*. Die schmalen, zunehmend gefüllten Säulen zeigen die Ergebnisse bei Fehlposition, nach rechts mit zunehmendem Grad. Die Vergrößerungsfaktoren bei orthograder Einstellung sind durch die überlagerten breiten Rechtecke dargestellt, die Reproduzierbarkeit der Einstellungen am Röntgengerät (3,5%) als senkrechte Linien.

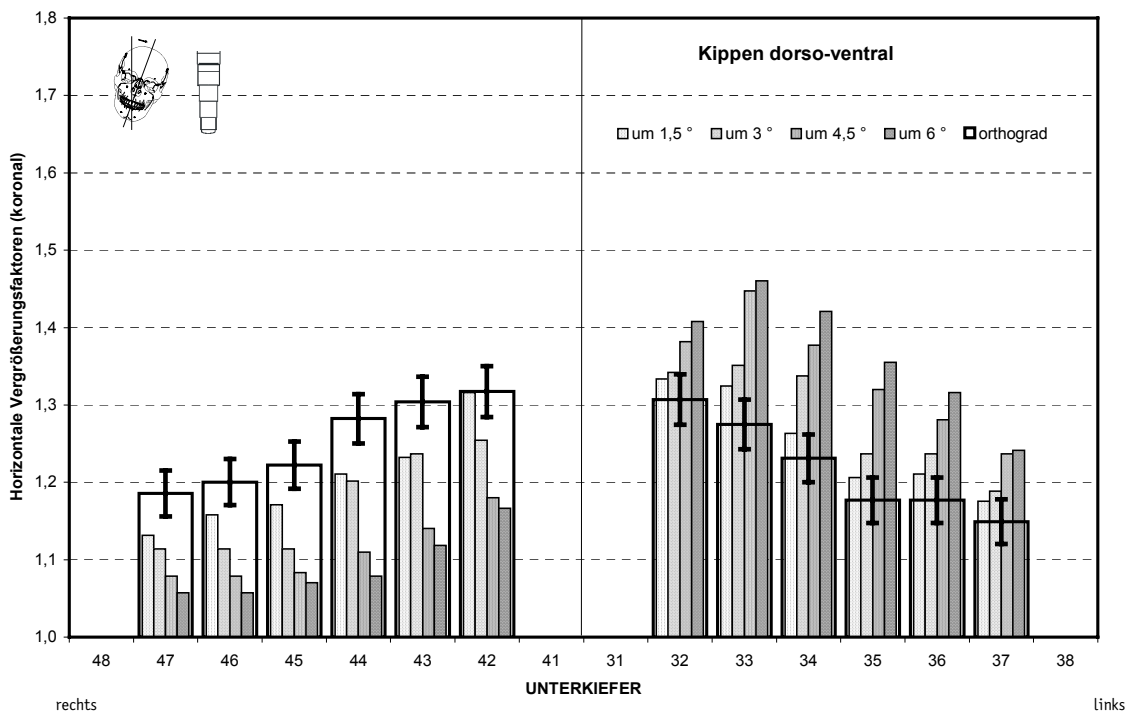
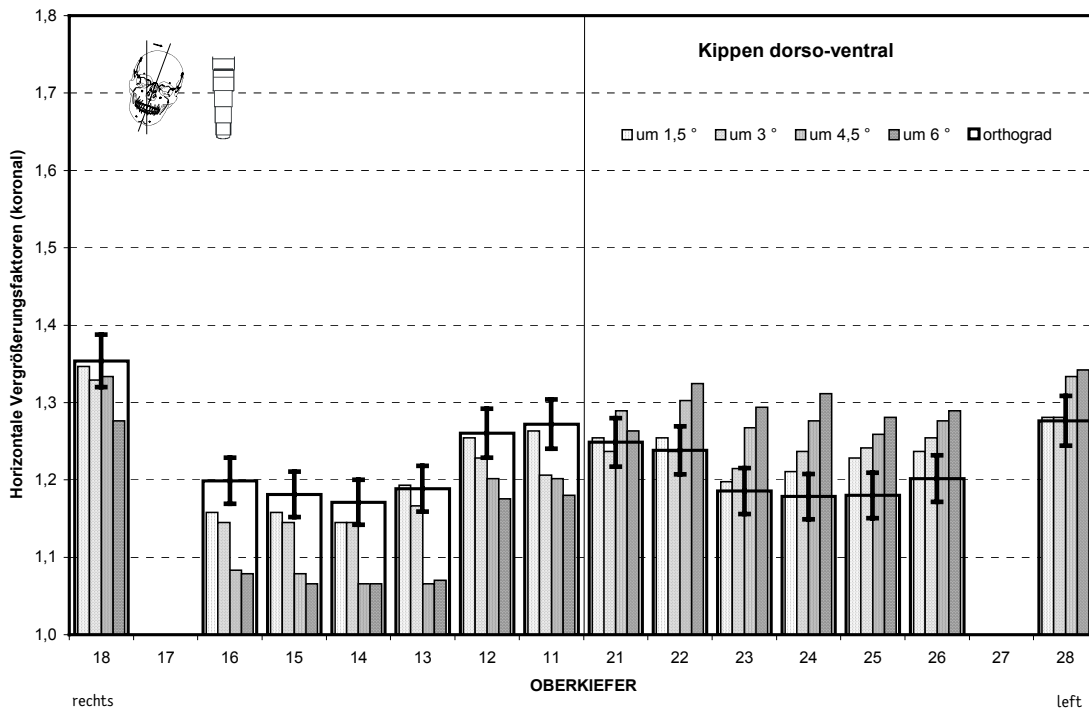


Abbildung 4 Mittlere horizontale Vergrößerung am koronalen Implantatende bei Neigung um die dorso-ventrale Achse nach links. Die Darstellung entspricht Fig 3, die Reproduzierbarkeit der Einstellungen am Röntgengerät ist 5%.

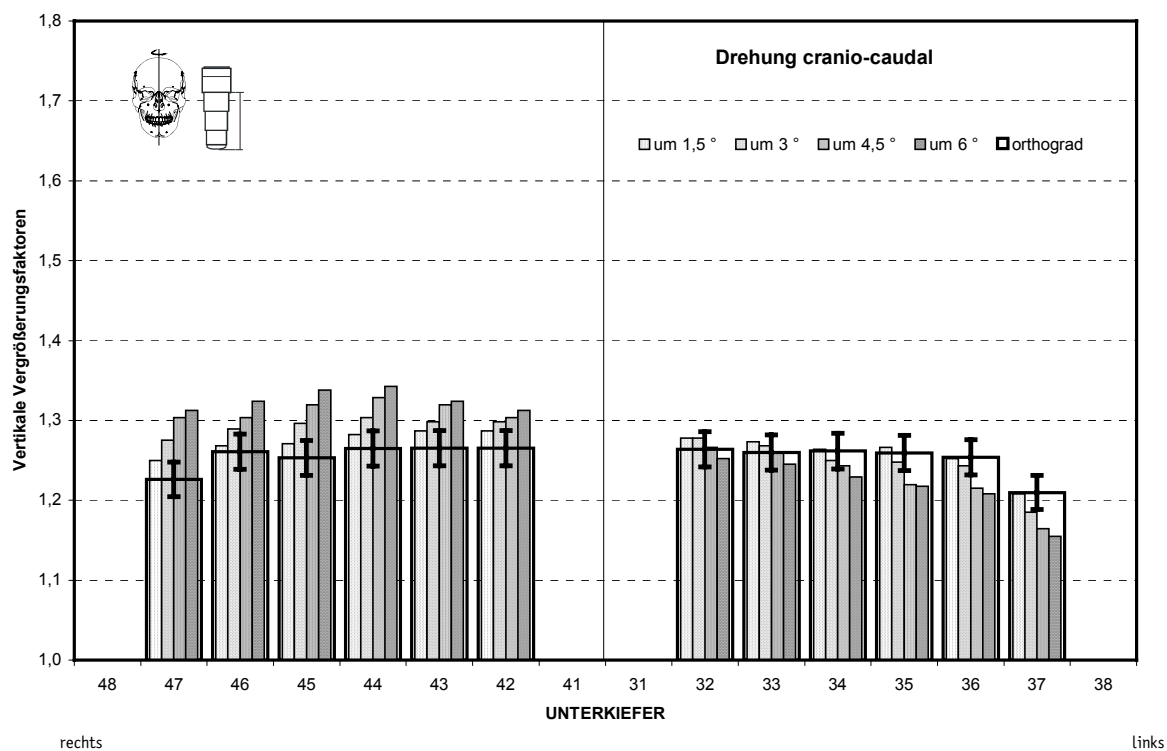
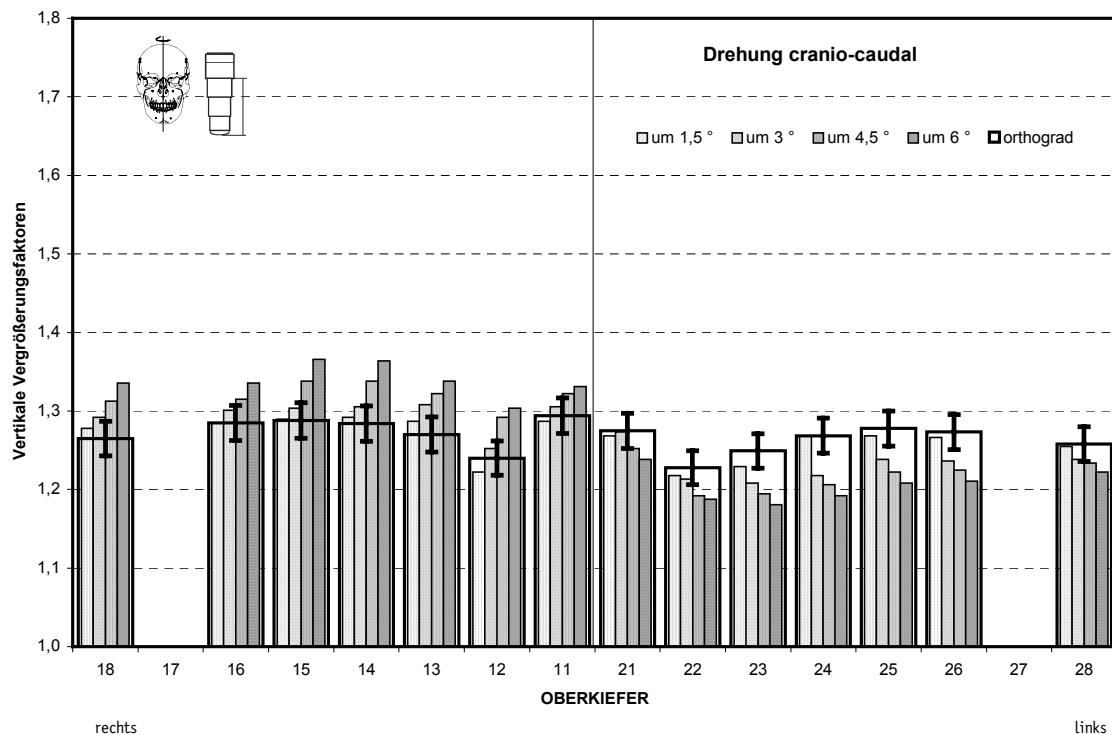


Abbildung 5 Mittlere vertikale Vergrößerung *bei Drehung um die cranio-caudale Achse nach links*. Die schmalen, zunehmend gefüllten Säulen zeigen die Ergebnisse bei Fehlposition, nach rechts mit zunehmendem Grad. Die Vergrößerungsfaktoren bei orthograder Einstellung sind durch die überlagerten Rechtecke dargestellt, die Reproduzierbarkeit der Einstellungen am Röntgengerät (3,5%) als senkrechte Linien.

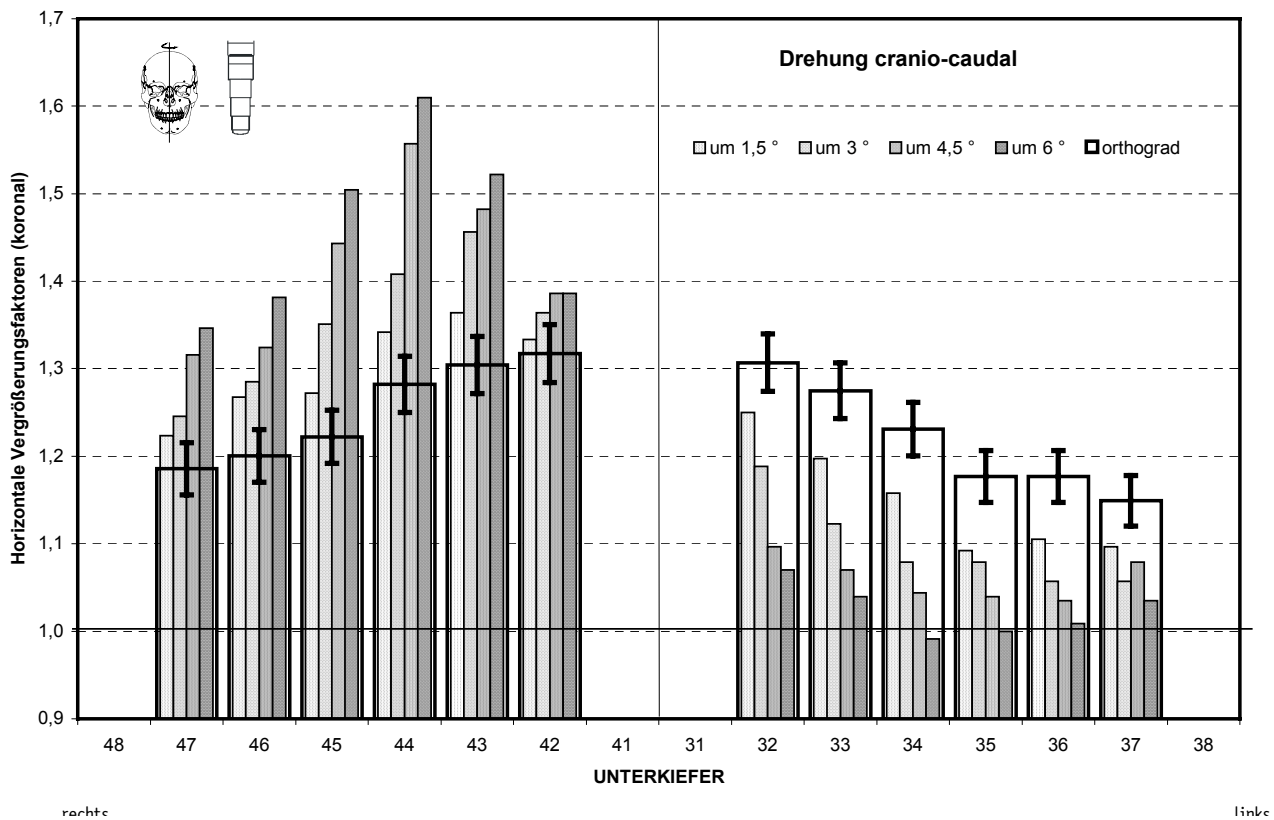
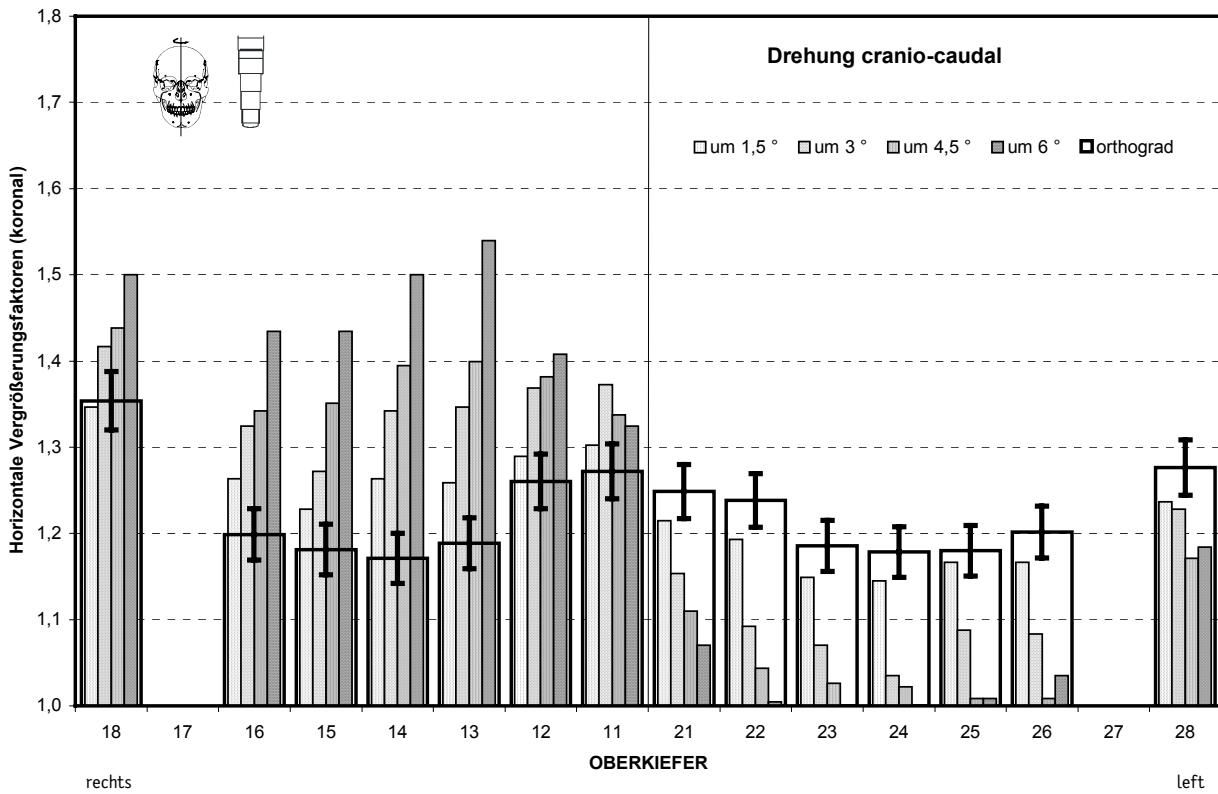


Abbildung 6 Mittlere horizontale Vergrößerung am koronalen Implantatende bei Drehung um die cranio-caudale Achse nach links. Die Darstellung entspricht Fig 5, die Reproduzierbarkeit der Einstellungen am Röntgengerät ist 5%.