

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

Teil 3:

Symmetrischen Patientenfehlpositionierungen

([English Version](#))

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), Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universitätsklinikum Tübingen
e-mail: drmed_lukas@web.de, <http://www.periotest.de/lukas/>
- *** 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 symmetrischen Patientenfehlpositionierungen untersucht. Für die optimale Positionierung und symmetrische Fehlpositionierungen wurde das bereits veröffentlicht ([Teil 1](#) und [Teil 2](#)). **Material und Methoden:** Verschiedene Grade von symmetrischer Fehlpositionierung eines mazerierten Schädels werden mit einer Verschiebe- und Neigeeinrichtung an der Halterung des Schädels eingestellt. **Ergebnisse:** Eine Fehlpositionierung des Schädels beeinflusst die vertikalen und die horizontalen Vergrößerungsfaktoren unterschiedlich stark. Die stärksten Auswirkungen auf den vertikalen Vergrößerungsfaktor wurden bei der Verschiebung in der sagittalen Ebene nach hinten beobachtet. Hierbei veränderte sich der Vergrößerungsfaktor gegenüber der orthograden Aufnahme von 1,25 auf 1,34. Dabei wird ein zur Implantation zur Verfügung stehendes Knochenangebot in allen Kieferregionen um höchstens ca. 0.9 mm unterschätzt. Deutlich stärker wurde der horizontale Vergrößerungsfaktor durch die Fehlpositionierung beeinflusst. Der Vergrößerungsfaktor veränderte sich gegenüber der orthograden Aufnahme um bis zu 0,42. Dadurch wird das Implantatbett um bis zu 1,6 mm verbreitert dargestellt. **Diskussion:** Wenn diese Ergebnisse für symmetrischen und die Ergebnisse für asymmetrischen Patientenfehlpositionierungen berücksichtigt werden, stellt die Panoramiaschichttechnik ein geeignetes Verfahren sowohl für die präimplantologische Diagnostik als auch für die Verlaufs- und Erfolgskontrollen dar. Da in der horizontalen Dimension die Patientenpositionierung einen großen Einfluß auf die Vergrößerungsfaktoren vor allem in der Interforaminalregion nimmt, kann die Aufnahme metalldichter Strukturen bekannter Abmessungen, wie z.B. von 5 mm Kugeln, auch weiterhin empfohlen werden. **Key words:** area-dependent; fehlpositionierte Aufnahmetechnik; Frialit2; enlargement, dental implantology; panoramic tomography; radiographic measuring

Einleitung

Die Bedeutung der Panoramaschichtaufnahme für die präimplantologische Diagnostik wurde im [ersten Teil](#) dieser Arbeit für die orthograde Positionierung ausführlich dargestellt ¹. Im [zweiten Teil](#) unserer Arbeit wurde die Vergrößerung und Verzerrung durch fehlerhafte Patientenpositionierung behandelt und unsere Ergebnisse für unsymmetrische Fehlpositionierung vorgestellt. In diesem 3. Teil folgen die symmetrischen Fehlpositionierungen.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden an einem zahnlosen, mazerierten Schädel durchgeführt, der mit Frialit™-2-Stufenzylinder-Implantaten bestückt war. Das gesamte Vorgehen einschließlich Röntgentechnik in der orthograden Optimaleinstellung wurde im [ersten Teil](#) dieser Arbeit ¹ ausführlich beschrieben.

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

Verschiebungen in der mediansagittalen Raumebene nach anterior und nach posterior: Dazu wurde die gesamte Verankerung des Schädels am Stativ um 90 Grad gedreht, und dann der Schädel entlang eines Schlitzes in der Schädelhalterung um 2 mm, 3 mm, 4 mm und 6 mm nach anterior bzw. posterior verschoben. Dabei wurde auf den exakten Verlauf der Schlitzfräsung parallel zur Mediansagittalebene des Schädels und bezüglich des Strahlenganges geachtet.

Kippung um die transversale Raumachse nach oben bzw. nach unten: Gekippt wurde am Gelenk des Stativs um 1,5; 3,0; 4,5 und 6,0 Grad. Der Stahlplattenschlitz war wieder parallel zur Mediansagittalebene des Schädels ausgerichtet. Um den zu großen Abstand der Schädelcondylen zum Gelenk des Stativs zu kompensieren, wurde der nach oben gekippte Schädel nach posterior verschoben, bzw. nach anterior bei Kippung nach unten und die Höheneinstellung des Röntgengerätes der Schädelposition angepaßt, wie [im Teil 2](#) ausführlich beschrieben.

Insgesamt wurden also vier verschiedene symmetrische Fehlpositionierungen untersucht und innerhalb der einzelnen Fehlpositionierungen je vier Unterklassen nach dem Grad der Fehleinstellung gebildet. Von jeder Unterklasse wurden sechs Aufnahmen angefertigt, zusammen mit den asymmetrischen Fehlpositionierungen nach [Teil 2](#) insgesamt also 168 fehlpositionierte Panoramaschichtaufnahmen.

Kephalometrische Analyse, Vermessung der Implantate und die benutzten statistische Methoden wurden ausführlich im [ersten Teil](#) dieser Arbeit ¹ 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 ². Alle Vergrößerungsfaktoren bei Fehlposition wurden aus sechs Einzelwerten für jeden der vier Grade, bei orthograder Position aus 18 Einzelwerten gemittelt. Die horizontale Vergrößerung wird an der koronalen Implantatstufe bestimmt. Über die Vergrößerungsfaktoren an

der apikalen Implantatstufe, also 11 mm ausserhalb der Bißebene, wird im [Anhang](#) berichtet. Die Vergrößerungsfaktoren, welche am stärksten von den bei orthograde Position gefundenen abweichen, sind in [Tabelle 1 und 2](#) zusammengestellt.

Verschiebung in der sagittalen Ebene nach vorne. Beide Kiefer zeigen eine teilweise schwach ausgeprägte Tendenz zu verminderter Vergrößerung, die sich mit zunehmender Fehlpositionierung verstärkt ([Abb 1](#)). Im Oberkiefer ist diese Verminderung signifikant ab einer Vorverschiebung um 8mm, teilweise schon ab 6mm, im Unterkiefer lediglich im Frontbereich und erst bei 8mm.

Der *horizontale* Vergrößerungsfaktor an der koronalen Implantatstufe verkleinert sich in allen Implantatregionen ([Abb 2](#)). Diese Änderung verstärkt sich mit zunehmender Fehlpositionierung. Besonders ausgeprägt ist dieser Effekt in den anterioren Kieferabschnitten. Mit Ausnahme der dritten Molaren rechts ist die Verkleinerung signifikant. Teilweise werden nur Vergrößerungsfaktoren von 0,96 erreicht, die für Panoramaschichtaufnahmen typisch vergrößerte Darstellung verkehrt sich also in eine Verkleinerung. Beim Vergleich mit den vertikalen Vergrößerungsfaktoren wird ein deutlich stärkerer Einfluß der Fehlpositionierung auf den horizontalen Vergrößerungsfaktor an der koronalen Implantatstufe sichtbar, auch bei allen folgenden Fehlpositionierungen.

Verschiebung in der sagittalen Ebene nach hinten. Die Veränderungen der *vertikalen* Vergrößerungsfaktoren sind in [Abb 3](#) dargestellt. Bei dieser Fehlpositionierung wird in beiden Kiefern das Ansteigen des Vergrößerungsfaktors mit zunehmenden Grad der Fehlpositionierung deutlich. Im Oberkiefer ist diese Veränderung im Vergleich zur orthograden Positionierung signifikant ab 6mm Verschiebung, bei linken Molaren schon ab 4mm und bei beiden dritten Molaren ab 2mm. Im Unterkiefer bei den Prämolaren ab 2mm, sonst ab 4mm.

Die *horizontalen* Vergrößerungsfaktoren steigen in beiden Kiefern mit zunehmender Fehlpositionierung deutlich an ([Abb 4](#)). Diese Tendenz wird besonders in den anterioren Kieferabschnitten beobachtet wo die Vergrößerung mit bis zu 1,7 die bei orthograde Einstellung erheblich übersteigt, während die Veränderung in den posterioren Kieferabschnitten nicht signifikant ist.

Kippung um die transversale Achse nach oben. Die Veränderungen der *vertikalen* Vergrößerungsfaktoren sind in [Abb 5](#) dargestellt. Der Vergrößerungsfaktor sinkt einheitlich in allen Regionen. Im Vergleich zur orthograden Positionierung werden alle Implantatregionen verkleinert dargestellt, mit Bezug auf die Reproduzierbarkeit signifikant im Oberkiefer schon ab $1,5^\circ$, im Unterkiefer ab $3,0^\circ$ teilweise ab $4,5^\circ$.

In *horizontaler* Richtung werden koronal alle vier Quadranten verkleinert abgebildet ([Abb 6](#)). Die horizontale Vergrößerungsfaktoren sinken absinken mit zunehmender Kippung. Diese Veränderungen sind signifikant.

Kippung um die transversale Achse nach unten. Die Abhängigkeit der *vertikalen* Vergrößerung ist [Abb 7](#) zu entnehmen. Alle Regionen erfahren tendenziell die gleiche Zunahme des Vergrößerungsfaktors mit zunehmender Abweichung von der orthograden Positionierung. Bei einer Kippung um $1,5^\circ$ ist die Vergrößerung reduziert im Vergleich zur orthograden Positionierung, im Oberkiefer signifikant. Dagegen übersteigt im Oberkiefer bei $6,0^\circ$ der Vergrößerungsfaktor den orthograden signifikant, im Unterkiefer schon ab $4,5^\circ$.

Auch bei der *horizontalen* Vergrößerung verhalten sich alle Quadranten gleichartig, mit zunehmender Fehlpositionierung nehmen die horizontalen Vergrößerungsfaktoren zu, jedoch nur in der Front signifikant ([Abb 8](#)).

Diskussion

Aus diesen Ergebnissen geht hervor, daß bei der *Verschiebung in der sagittalen Ebene* symmetrische Veränderungen in beiden Kieferhälften von Ober- und Unterkiefer auftreten, jedoch liegt die Abhängigkeit der horizontalen Vergrößerungsfaktoren von der Fehlpositionierung, vor allem im Bereich der Frontzähne und der ersten Prämolaren, wesentlich über derjenigen bei vertikaler Vergrößerung. Wenn der Objekt-Film-Abstand zwar in entgegengesetzte Richtung, jedoch um den gleichen Betrag verändert wird, so wäre eine Verkleinerung der Implantate bei der Verschiebung nach vorne im selben Ausmaß zu erwarten, wie die Vergrößerung, die bei der Verschiebung nach hinten auftritt. Dies trifft aber nicht zu. Während bei der Vorverschiebung erst bei stärkerer Fehlpositionierung eine Auswirkung auf die vertikale Dimension beobachtet wird, so ist bei der Verschiebung nach hinten bereits bei geringer Fehlpositionierung ein Einfluß auf den vertikalen Vergrößerungsfaktor sichtbar. Möglicherweise ist für dieses unterschiedliche Verhalten der Vergrößerungsfaktoren die oro-vestibuläre Implantatneigung verantwortlich, da sich durch den negativen Verlauf des Zentralstrahls ($6^\circ - 8^\circ$ caudal) der Projektionswinkel der Implantate in Abhängigkeit von deren Projektion bei den unterschiedlichen Verschiebungen verändert. Übereinstimmende Tendenzen, jedoch in ausgeprägterer Form, weist auch die Untersuchung der horizontalen Vergrößerungsfaktoren bei Verschiebung in der sagittalen Ebene auf. Die horizontalen Vergrößerungsfaktoren steigen bei der Verschiebung nach hinten viel stärker an, als sie bei der Verschiebung nach vorne abfallen. Das zeigen auch frühere Untersuchungsergebnisse, nach denen der horizontale Vergrößerungsfaktor derjenigen Objekte, die aus der scharf abgebildeten Schicht zum Rotationszentrum hin verschoben liegen, stärker verändert wird, als bei Verschiebung derselben Objekte um den gleichen Betrag in Richtung des Films^{3,4}. Daß die extremsten Schwankungen des horizontalen Vergrößerungsfaktors im anterioren Kieferbereich auftreten, belegt die Ergebnisse von Studien, in denen der Einfluß der geringen Breite der scharf abgebildeten Schicht in dieser Region auf den Vergrößerungsfaktor untersucht wurde^{5,6}.

Von implantologischer Bedeutung ist die bei Vorverschiebung im Vergleich zur orthograden Einstellung vertikal und horizontal verkleinerte und bei Rückverschiebung im gleichen Ausmaß vergrößerte Darstellung der Implantate. Bei einer in der sagittalen Ebene nach vorne, bzw. vor allem nach hinten fehlpositionierten Panoramaschichtaufnahme wird das Knochenangebot im gesamten Kiefer unter-, bzw. überschätzt, wenn keine Hilfsobjekte zur Bestimmung des Vergrößerungsfaktors benutzt werden. Vorallem eine Überschätzung in dieser Größenordnung würde schwerwiegende Komplikationen zur Folge haben.

Auch bei der *Kippung nach oben und nach unten* in vertikaler und horizontaler Dimension werden symmetrische Veränderungen in beiden Kieferhälften von Ober- und Unterkiefer beobachtet. Die Änderung der horizontalen Vergrößerungsfaktoren überschreitet die der vertikalen erheblich, was eine starke Verzerrung der Implantate auf der Panoramaschichtaufnahme nach sich zieht. Die Veränderung des

Abbildungsmaßstabs bei diesen Fehlpositionierungen kann übereinstimmend mit Tronje et al.⁷ und Hayakawa et al.³ mit einer Verschiebung aus der scharf abgebildeten Ebene in Richtung des Rotationszentrums, bzw. des Films erklärt werden. Sicherlich spielt aber auch die durch die Fehlpositionierung veränderte mesio-distale Implantatneigung eine Rolle. Bei zunehmender Kippung um die transversale Achse nach oben ergibt sich in allen Regionen des Oberkiefers eine Verkürzung gegenüber einer orthograden Aufnahme. Das vorhandene vertikale Knochenangebot wird entsprechend unterschätzt, besonders in der Interforaminalregion. Bei Kippung nach unten werden Implantate dagegen vergrößert dargestellt. Entsprechend wird das vertikale Knochenangebot überschätzt.

Für die *präimplantologische* Diagnostik kann sowohl für symmetrische als auch für unsymmetrische Fehlpositionierungen abschließend gesagt werden, daß auffällig große Veränderungen der implantologisch bedeutsamen vertikalen Vergrößerungsfaktoren vornehmlich bei der Drehung um die cranio-caudale Achse und der Verschiebung in der sagittalen Ebene nach hinten beobachtet werden. Die Identifikation der isolierten Fehlpositionierungen gelingt eindeutig mit Hilfe ausgewählter Beurteilungskriterien visuell und nach Vermessung der entsprechenden anatomischen Strecken bei der Verschiebung in der transversalen Ebene, der Neigung um die dorso-ventrale Achse und bei der Drehung um die cranio-caudale Achse. Also kann bei allen *asymmetrischen* Fehlpositionierungen⁸ im Rahmen der präimplantologischen Planung auf die im Abschnitt Ergebnisse ermittelten Vergrößerungsfaktoren zurückgegriffen werden. Die Ergebnisse für die vertikale Vergrößerung können ohne Einschränkung auch auf Implantate, die länger sind als die von uns verwendeten, übertragen werden, da die Objektgröße keine wesentliche Rolle spielt, wie von Hayakawa et al. gezeigt hat³.

Bei allen *symmetrischen* Fehlpositionierungen ist weiterhin ein Sicherheitsabstand von 1 mm zu gefährdeten anatomischen Strukturen unbedingt zu berücksichtigen. Auch zeigen die von uns ermittelten regionenabhängigen Vergrößerungsfaktoren, dass auf Vergleichskörper (siehe unten) nicht verzichtet werden kann, um den minimalen Implantatabstand nicht zu gefährden. In der zunehmend implantologisch genutzten Interforaminalregion im Unterkiefer hat diese Untersuchung bei allen untersuchten Fehlpositionierungen horizontal die maximalen Abweichungen festgestellt. Ihre Berücksichtigung kann somit die implantologische Planung verbessern.

Im klinischen Routinebetrieb werden Klarsichtschablonen mit Implantatumrißzeichnungen verwendet, die nur einen durchschnittlichen Vergrößerungsfaktor berücksichtigen. Bei fehlpositionierten Patienten muß früheren Studien zufolge dann von einer Überschätzung des vorhandenen Knochenangebotes von 2 - 6 % ausgegangen werden⁹. Die vorliegende Studie zeigt, daß bei es einer Fehlpositionierung nicht nur zu einer Überschätzung, sondern auch zu einer Unterschätzung des vorhandenen Knochenangebotes kommen kann. Daher sind alternative Verfahren zur verbesserten Bestimmung des Abbildungsmaßstabes zu fordern, zum Beispiel präimplantologisch angefertigte Kugelmeßaufnahmen mit einer ausreichenden Anzahl von Kugeln zur genaueren Berücksichtigung des regionenabhängigen Vergrößerungsfaktors und zur Bestimmung der Fehlpositionierung.

Wie im ersten Teil dieser Arbeit beschrieben, kann jedoch durch die Vermessung von Referenzstrecken an den Implantaten der tatsächliche vertikale und horizontale

Vergrößerungsfaktor am Implantatort berechnet werden und das Knochenangebot exakt bestimmt werden.

Festzuhalten bleibt, daß die Panoramaschichtaufnahme sehr gut für die präimplantologische Diagnostik vor allem in der vertikalen Dimension geeignet ist, da geringe Einstellungsfehler kaum einen Einfluß auf den regionenabhängigen vertikalen Vergrößerungsfaktor nehmen. Stärkere Einstellungsfehler führen zwar zur Veränderung der Vergrößerungsfaktoren, sie können jedoch durch eine sorgfältige Patientenpositionierung bei entsprechend geschulten Personal gering gehalten werden.

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 Dentistry. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999; 14: 248-257.
2. Gómez-Román G, d'Hoedt B, Axmann-Krcmar D, Schulte W. Visual-metric measurement of periimplant bone defects on radiographs; A study of reproducibility. *Z Zahnärztl Implantol* 1996; 12: 104-109.
3. Hayakawa Y, Wakoh M, Fujimori H, Ohta Y, Kuroyanagi K. Morphometric analysis of image distortion with rotational panoramic radiography. *Bull Tokyo Dent Coll*, 1993; 34: 51-58.
4. Welander U. A mathematical model of narrow beam rotation methods. *Acta radiol Diagn* 1974; 15: 305-317.
5. Sjöblom A, Welander U. Position, form and thickness of the image layer in narrow beam rotation radiography. *Acta radiol Diagn* 1978; 19: 697-704.
6. Welander U. Layer formation in narrow beam rotation radiography. *Acta radiol Diagn* 1975; 16: 529-540.
7. Tronje G, Welander U, McDavid WD, Morris CR. Image distortion in rotational panoramic radiography: I. General considerations. *Acta radiol Diagn* 1981; 22: 295-299.
8. Windisch, S. Die visuelle Beurteilung von Panoramaschichtaufnahmen- Rückschlüsse auf Felpositionierung und ihre Bedeutung für die Implantologie. 1997. Med Diss Univ Tübingen.
9. Szabo G, Keck B, d'Hoedt B. Präimplantologische Diagnostik mit individuellen Röntgenschablonen im Orthopantomogramm. *Z Zahnärztl Implantol* 1991; VII: 33-36.

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 Unterkiefer	Seiten- zähne <small>18-14 47-44</small>	Frontzähne <small>13-11 43-41</small>	Front - zähne <small>21-23 31-33</small>	Seiten - zähne <small>24-28 34-37</small>	links
	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 \	
	Kippung	1,22 \	1,19 \	1,18 \	1,21 \	
	transversal nach oben	1,19 \	1,22 \	1,21	1,18	
	Kippung	1,32 /	1,33 /	1,31 /	1,31 /	
	transversal nach unten	1,30 /	1,31 /	1,31 /	1,30 /	
	Verschiebung	1,23 \	1,19 \	1,19 \	1,22 \	
	sagittal nach vorne	1,23 \	1,23 \	1,23 \	<i>1,26 \</i>	
	Verschiebung	1,35 /	1,35 /	1,33 /	1,34 /	
	sagittal nach hinten	1,34 /	1,36 /	1,35 /	1,33 /	

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	Seiten-	Frontzähne	Front -	Seiten -	links
	Unterkiefer	zähne		zähne	zähne	
		18-14 47-44	13-11 43-41	21-23 31-33	24-28 34-37	
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 \	
Kippung transversal		1,08 \	1,08 \	1,01 \	1,05 \	
nach oben		1,07 \	1,04 \	1,02 \	1,02 \	
Kippung transversa		1,38 /	1,41 /	1,36 /	1,14 /	
nach unten		1,36 /	1,50 /	1,47 /	1,27 /	
Verschiebung		0,97 \	0,97 \	0,96 \	1,01 \	
sagittal nach vorne		1,02 \	0,98 \	1,00 \	1,00 \	
Verschiebung		1,39 /	1,69 /	1,53 /	1,28 /	
sagittal nach hinten		1,37 /	1,70 /	1,53 /	1,29 /	

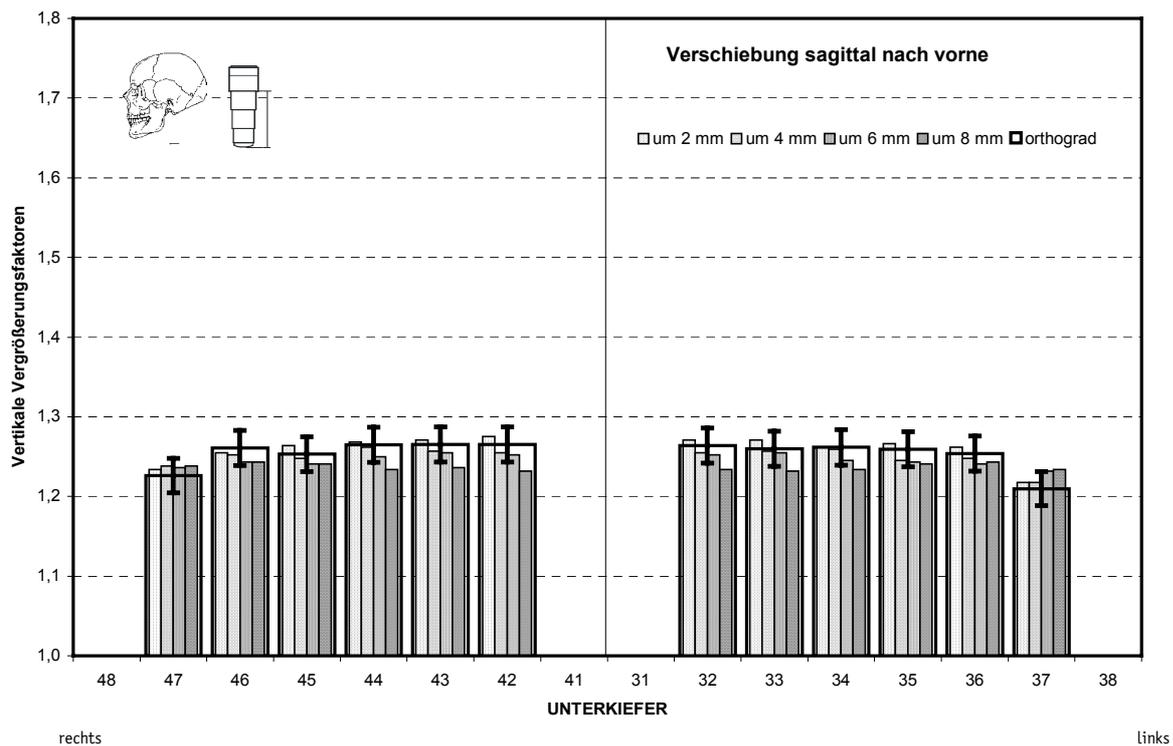
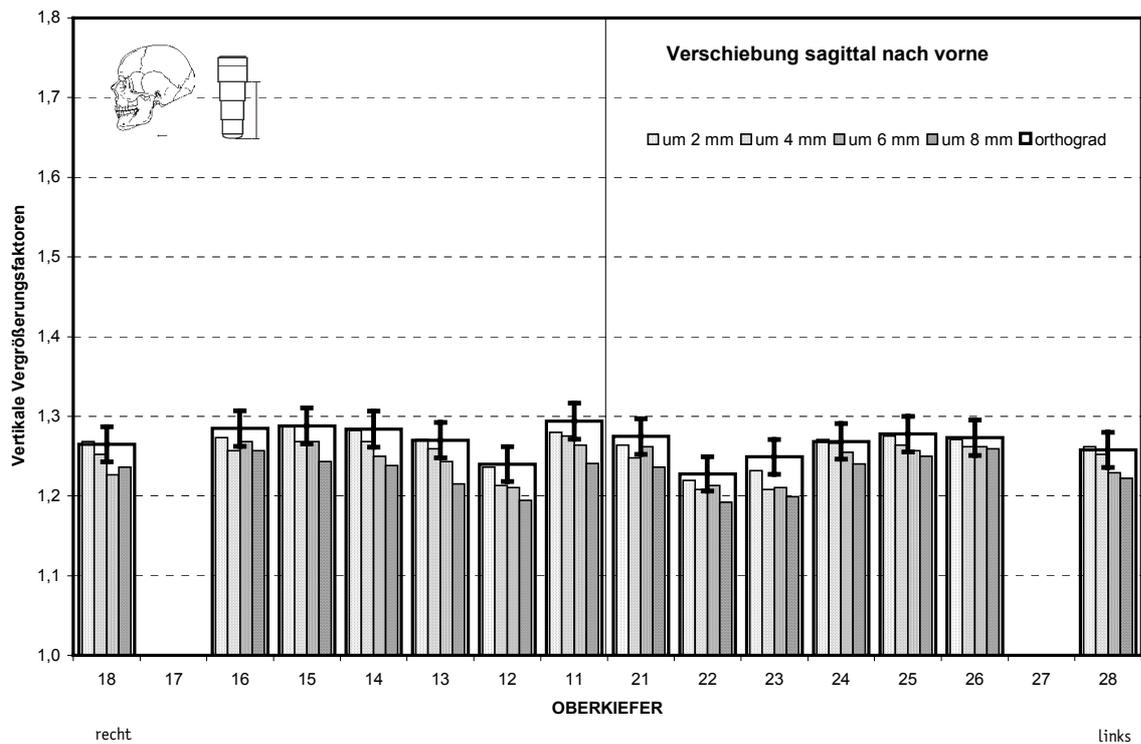


Abb 1 Mittlere vertikale Vergrößerung *bei Verschiebung in der sagittalen Ebene nach vorne*. Die schmalen, zunehmend gefüllten Säulen zeigen die Ergebnisse bei Fehlposition, nach rechts mit zunehmendem Grad. Die Vergrößerungsfaktoren bei orthograde Einstellung sind durch die überlagerten Rechtecke dargestellt, die Reproduzierbarkeit der Einstellungen am Röntgengerät (3,5%) als senkrechte Linien.

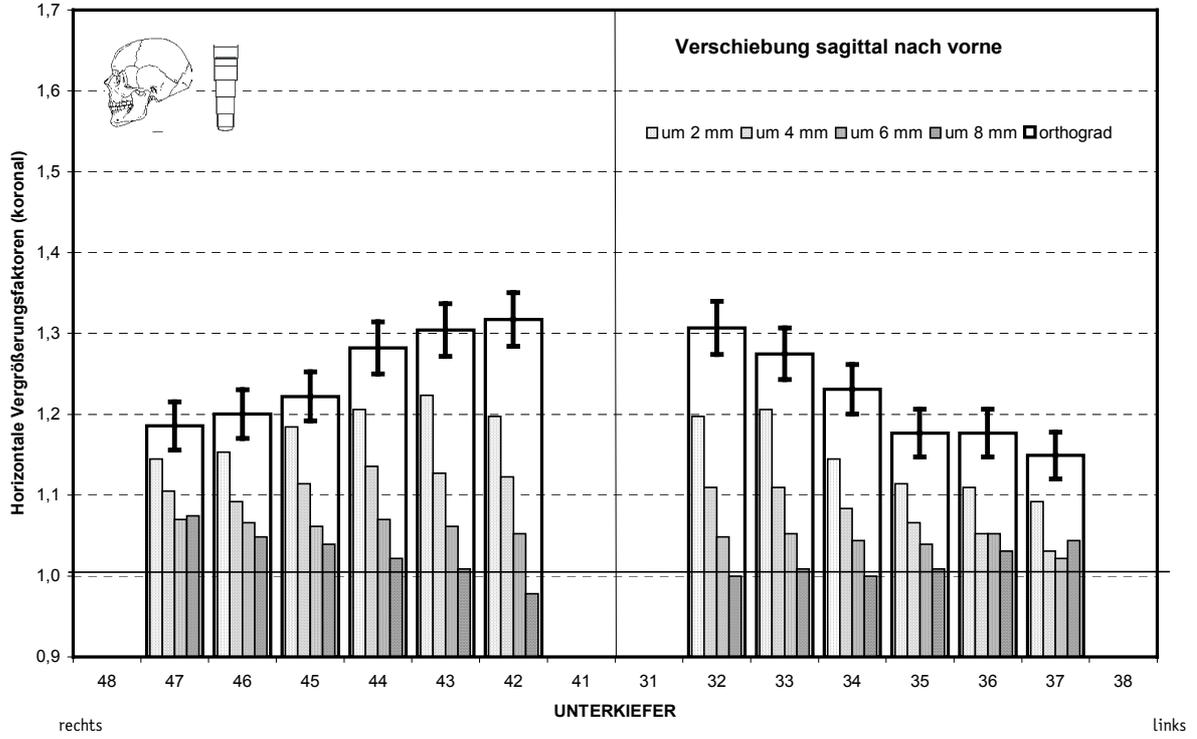
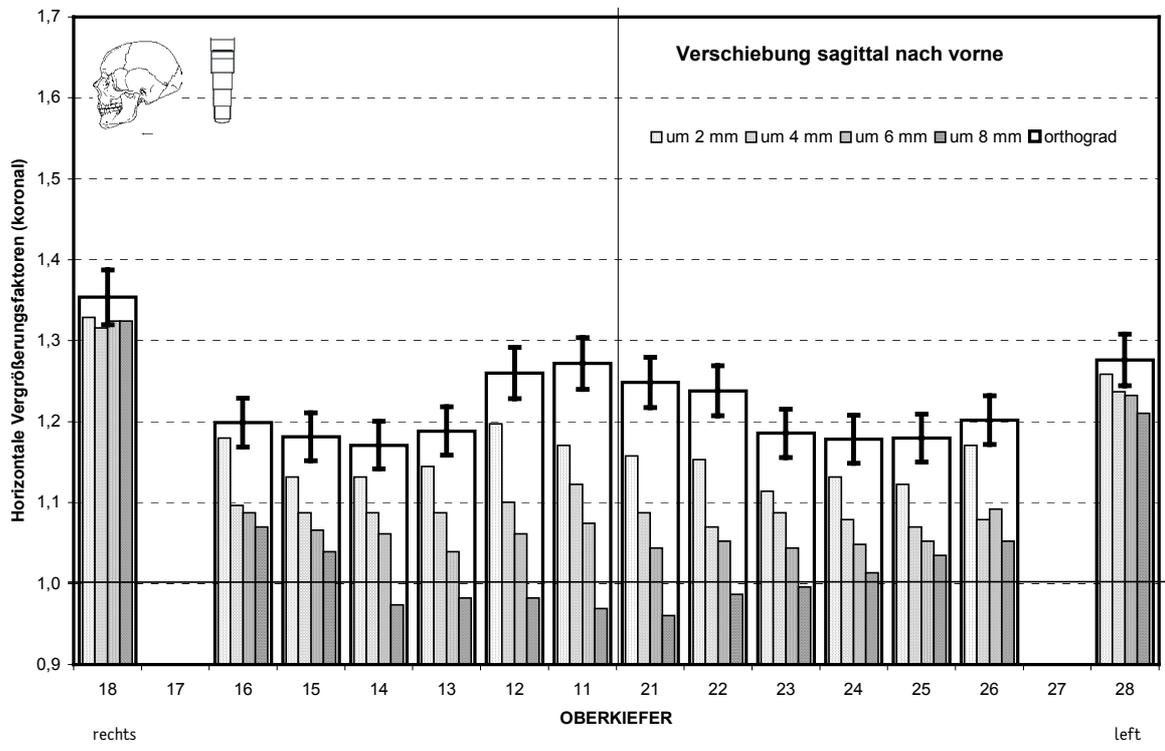


Abb 2 Mittlere horizontale Vergrößerung am koronalen Implantatende bei *Verschiebung in der sagittalen Ebene nach vorne*. Die Darstellung entspricht Abb 1. Die Reproduzierbarkeit der Einstellungen am Röntgengerät 5%. Teilweise schlägt die bei Panoramaschichtaufnahmen charakteristische Vergrößerung in eine Verkleinerung um (man beachte die 1,0-Linie).

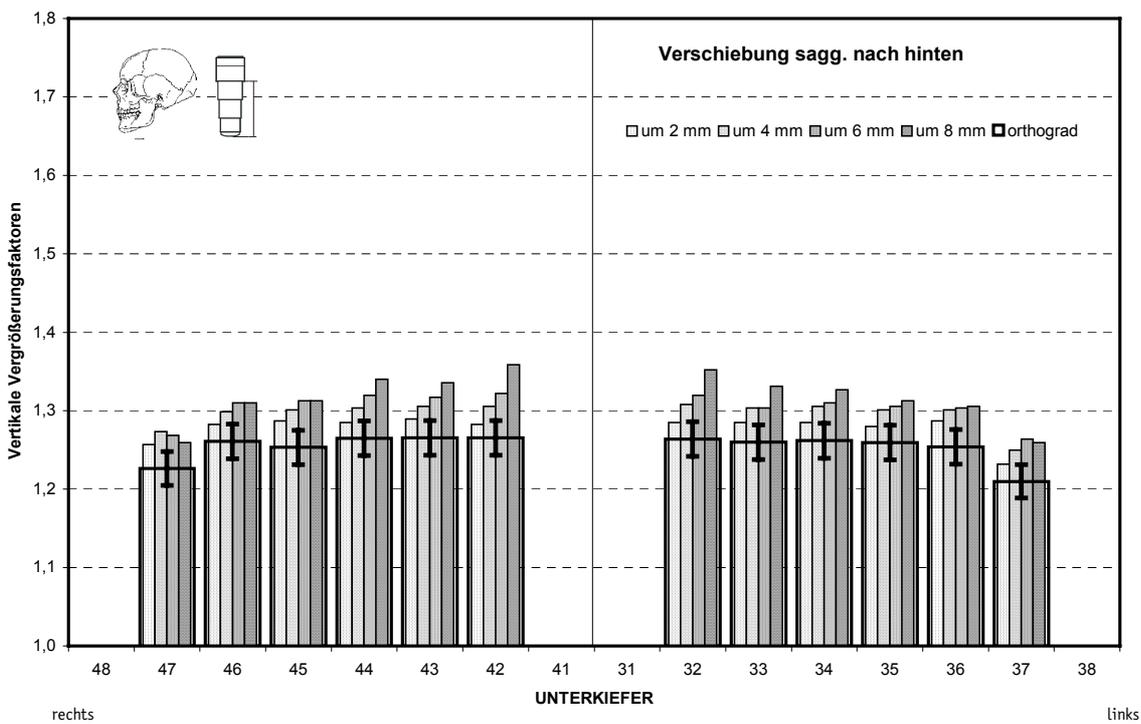
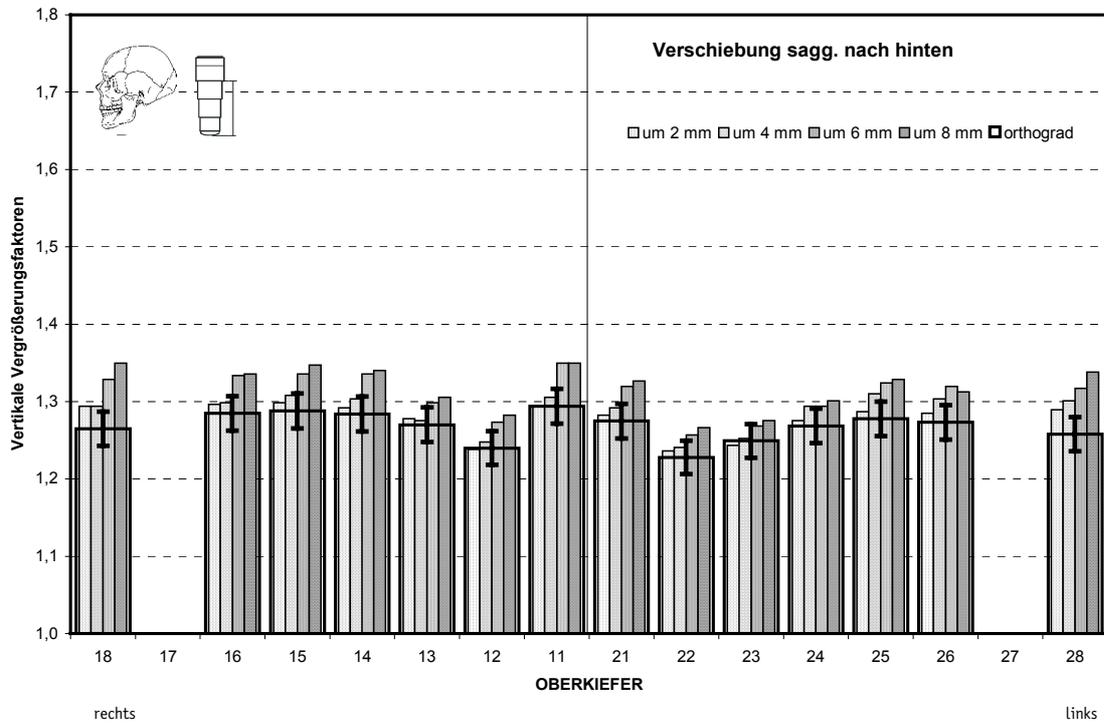


Abb 3 Mittlere vertikale Vergrößerung bei *Verschiebung in der sagittalen Ebene nach hinten*. Die schmalen, zunehmend gefüllten Säulen zeigen die Ergebnisse bei Fehlposition, nach rechts mit zunehmendem Grad. Die Vergrößerungsfaktoren bei orthograde Einstellung sind durch die überlagerten Rechtecke dargestellt, die Reproduzierbarkeit der Einstellungen am Röntgengerät (3,5%) als senkrechte Linien.

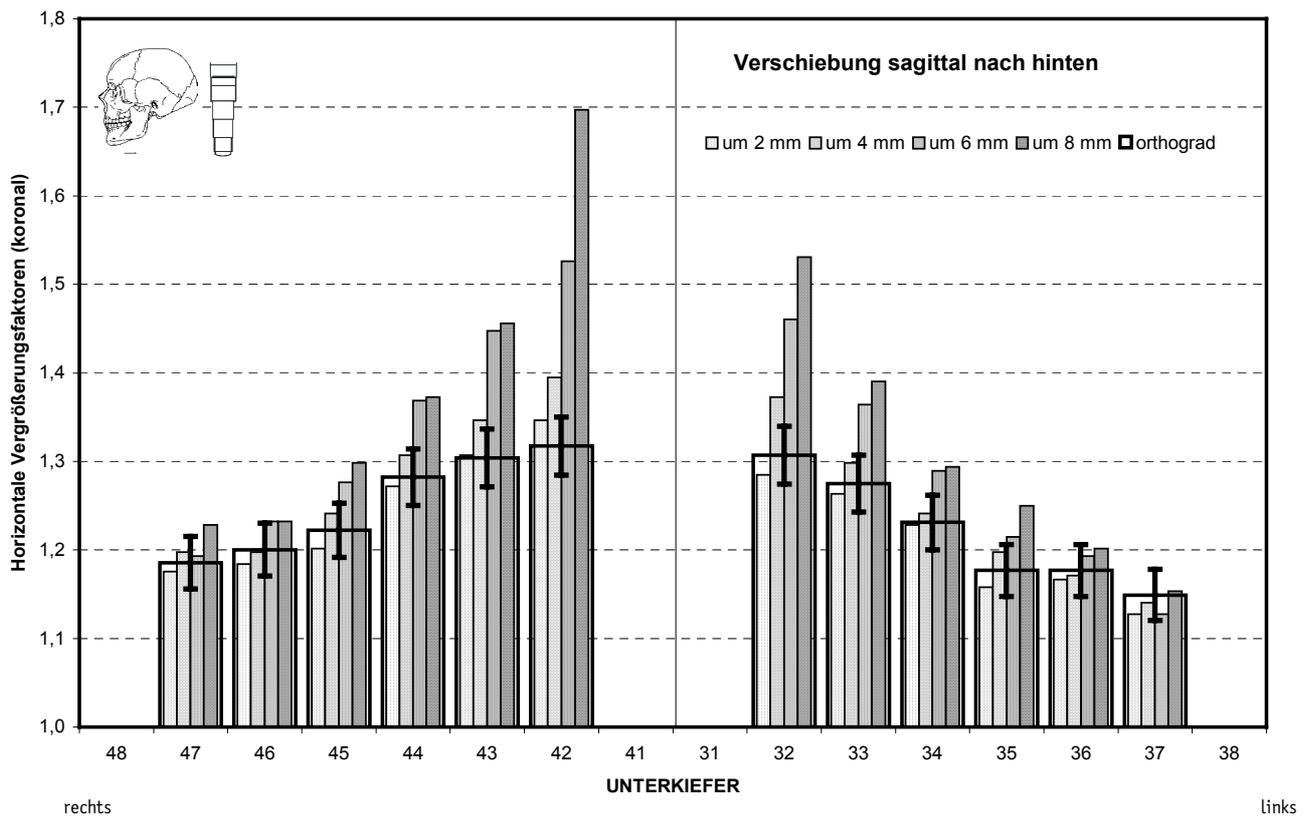
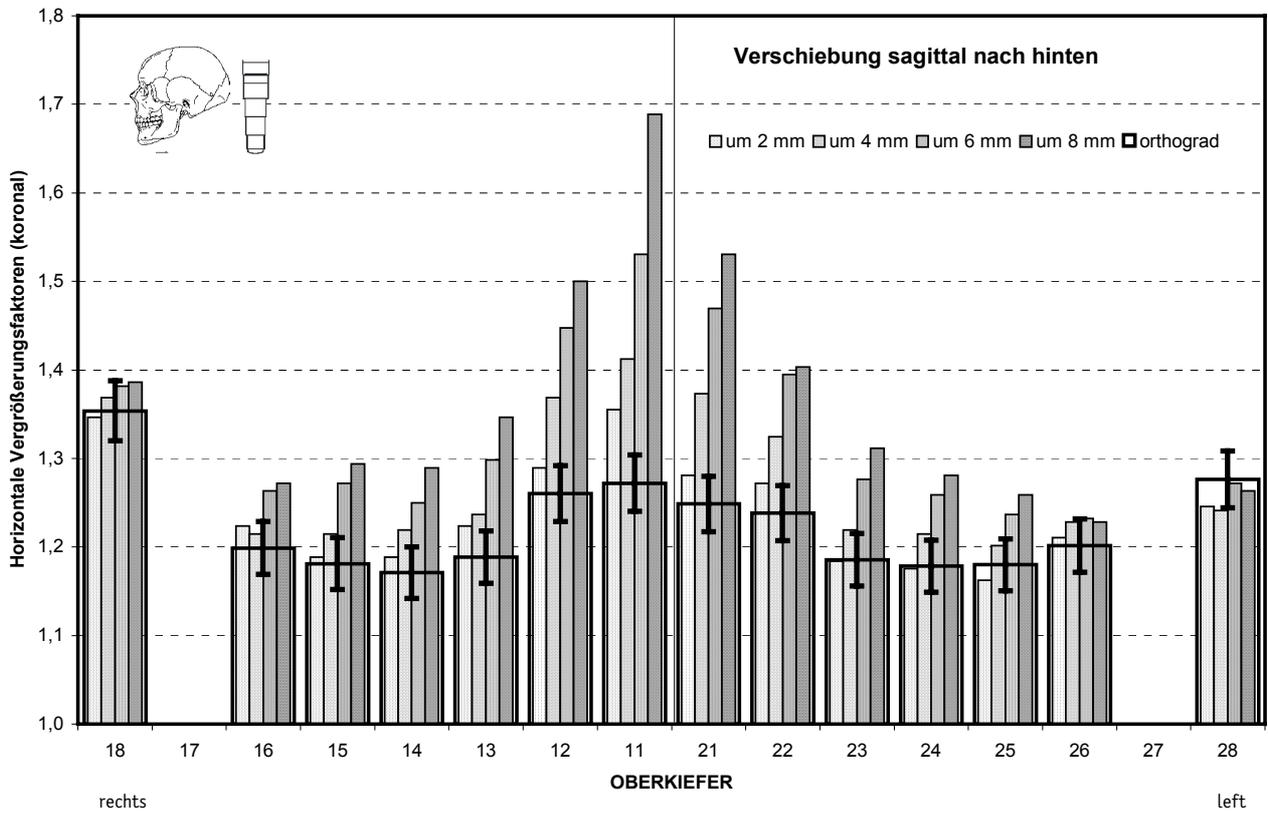


Abb 4 Mittlere horizontale Vergrößerung am koronalen Implantatende bei *Verschiebung in der sagittalen Ebene nach hinten*. Die Darstellung entspricht Abb 3. Die Reproduzierbarkeit der Einstellungen am Röntgengerät 5%.

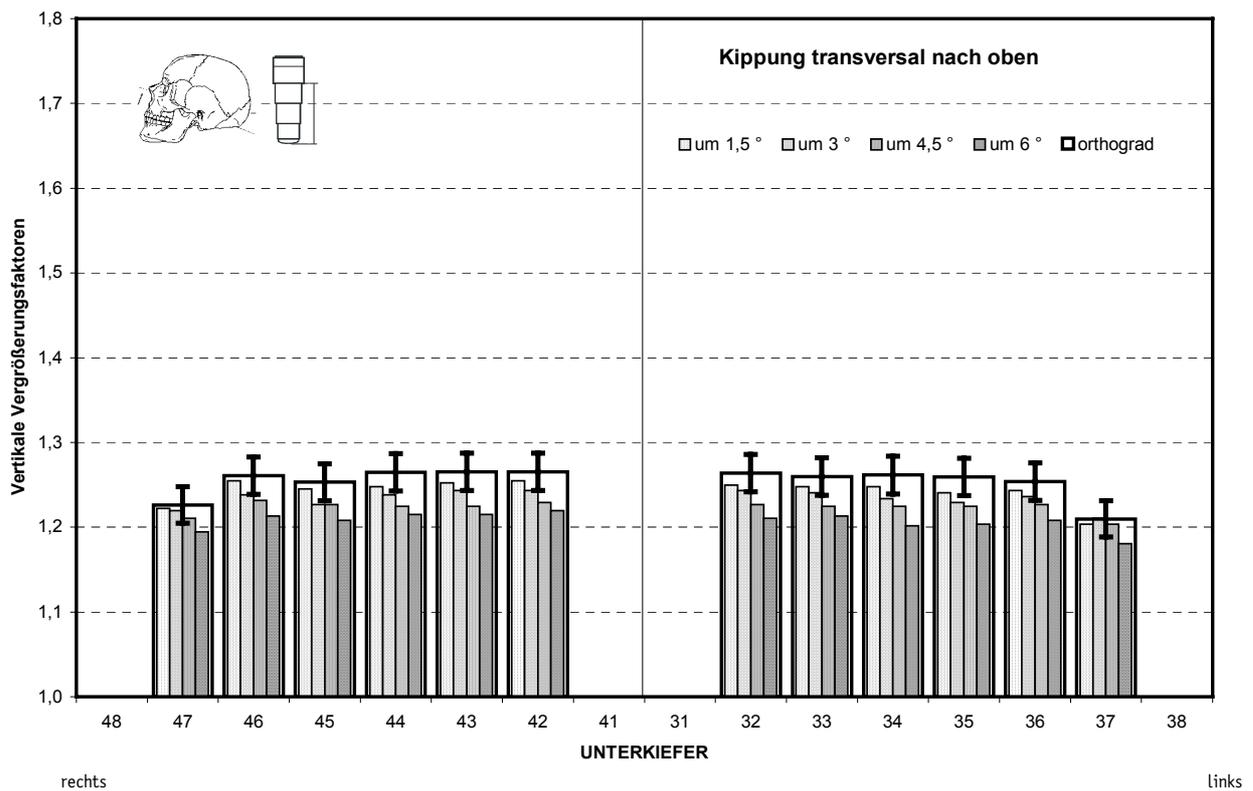
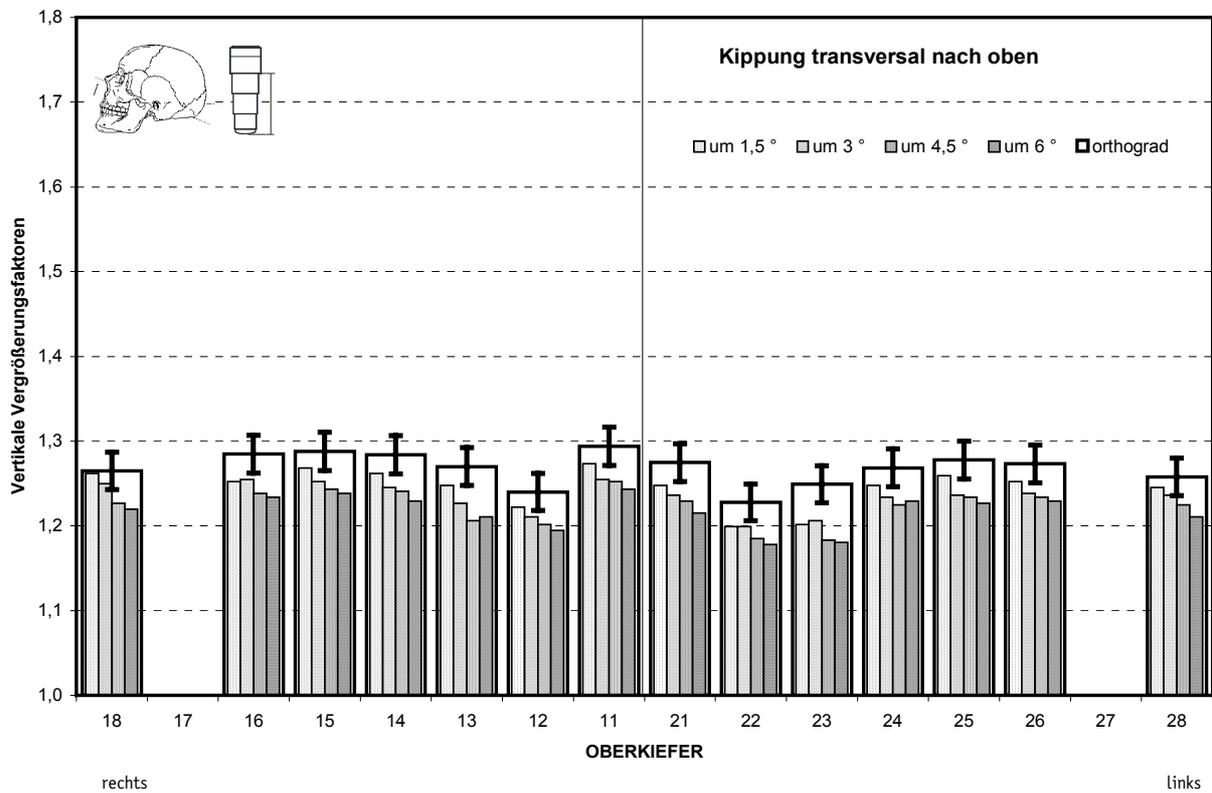


Abb 5 Mittlere vertikale Vergrößerung bei *Kippung um die transversale Achse nach oben*. Die schmalen, zunehmend gefüllten Säulen zeigen die Ergebnisse bei Fehlposition, nach rechts mit zunehmendem Grad. Die Vergrößerungsfaktoren bei orthograde Einstellung sind durch die überlagerten Rechtecke dargestellt, die Reproduzierbarkeit der Einstellungen am Röntgengerät (3,5%) als senkrechte Linien.

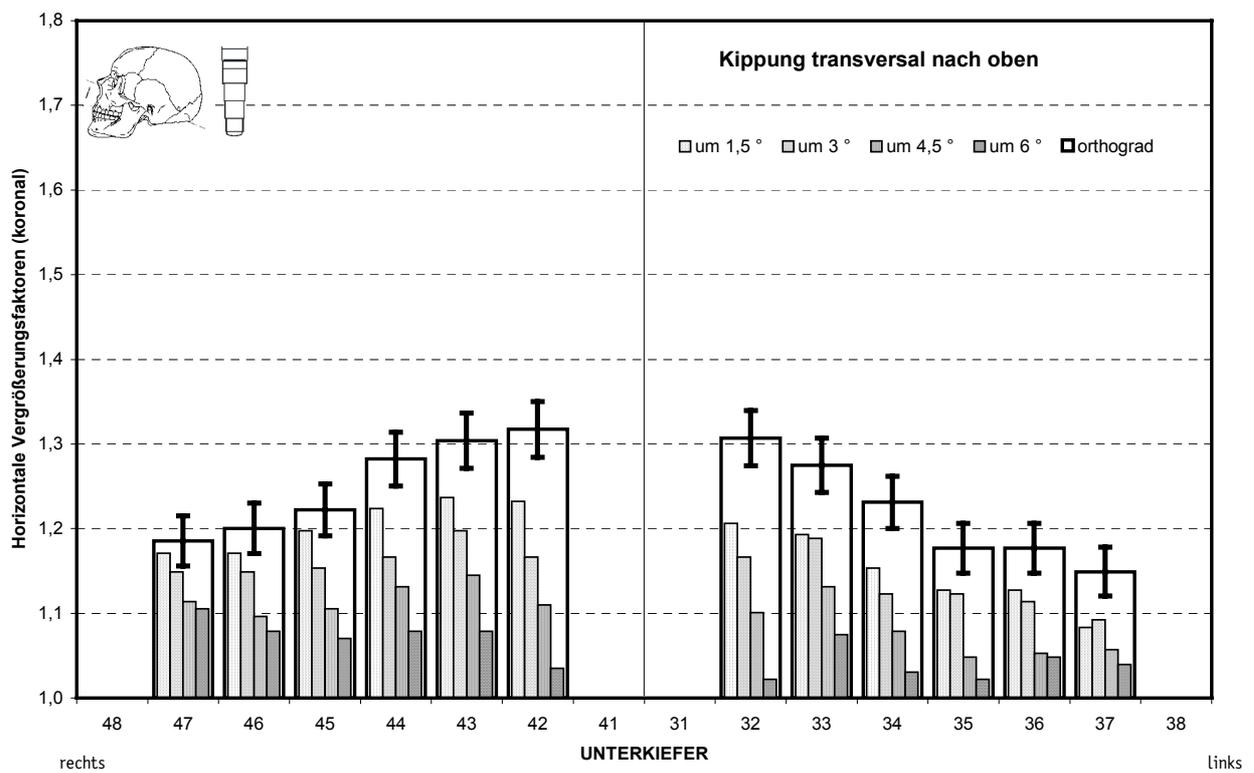
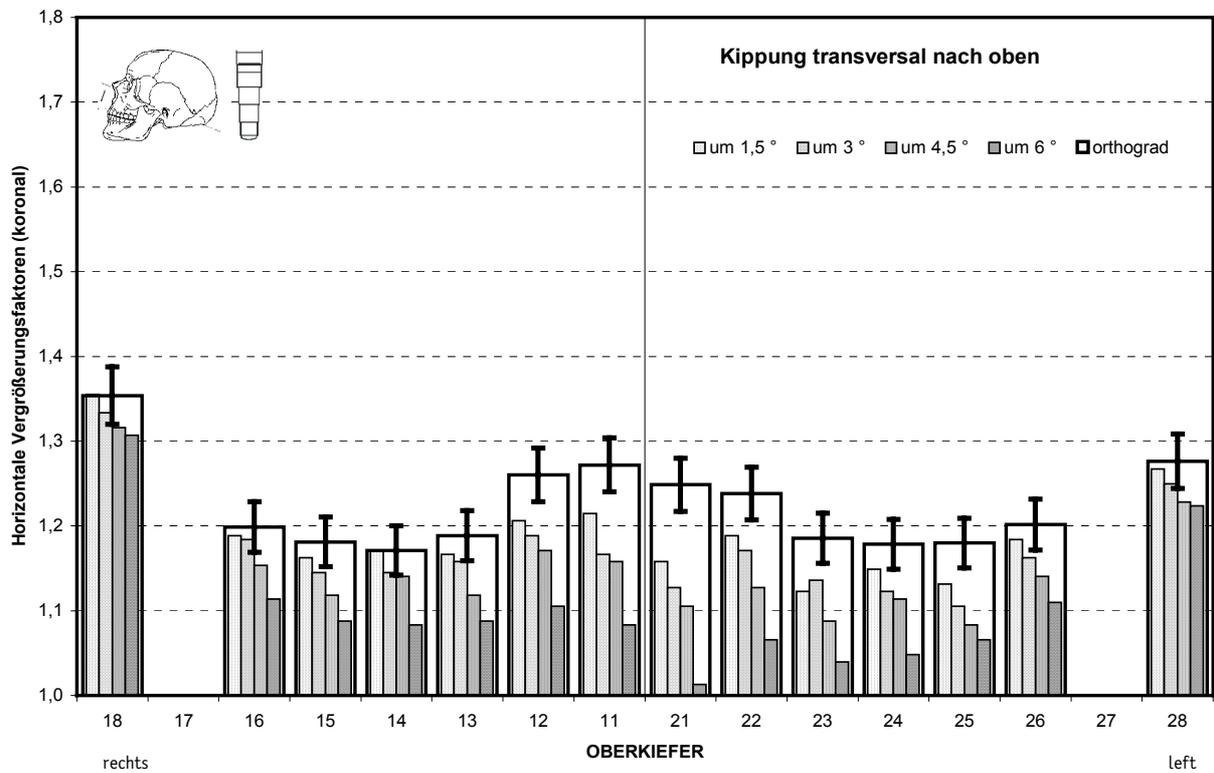


Abb 6 Mittlere horizontale Vergrößerung am koronalen Implantatende bei *Kippung um die transversale Achse nach oben*. Die Darstellung entspricht Abb 5. Die Reproduzierbarkeit der Einstellungen am Röntgengerät ist 5%.

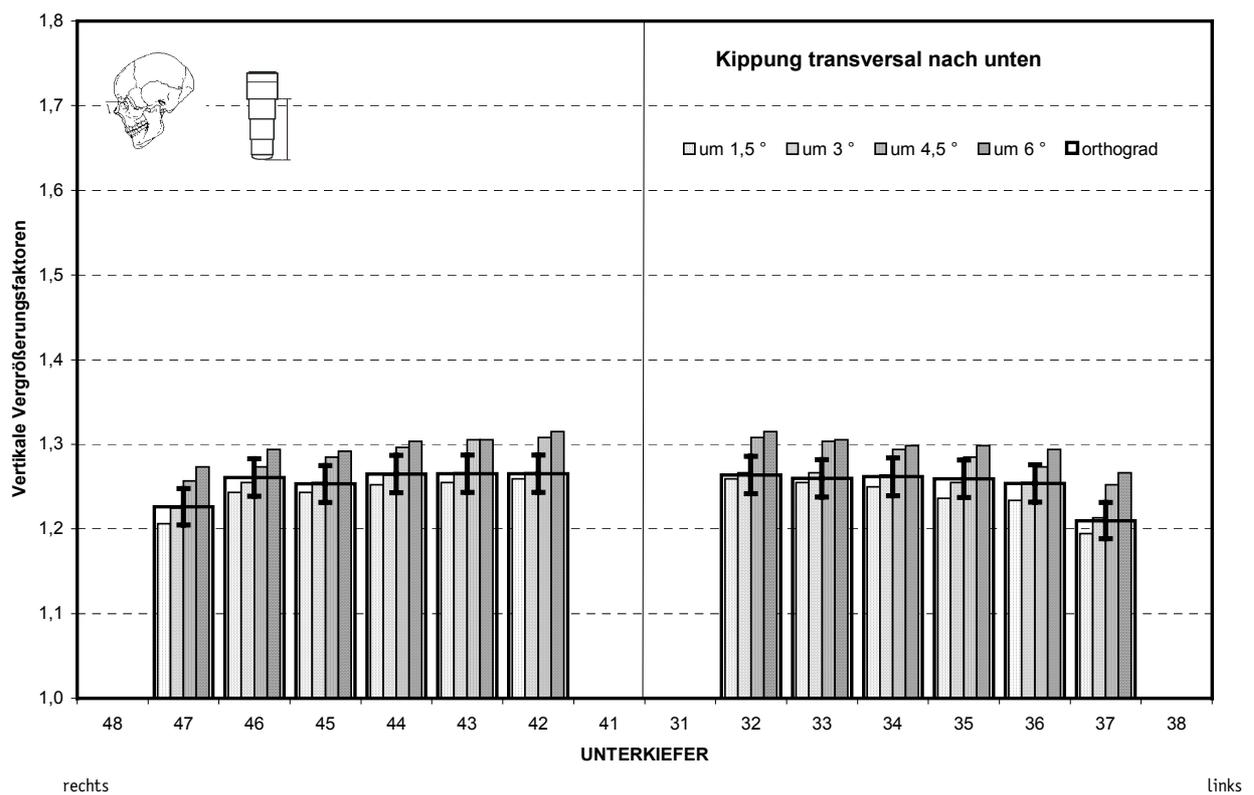
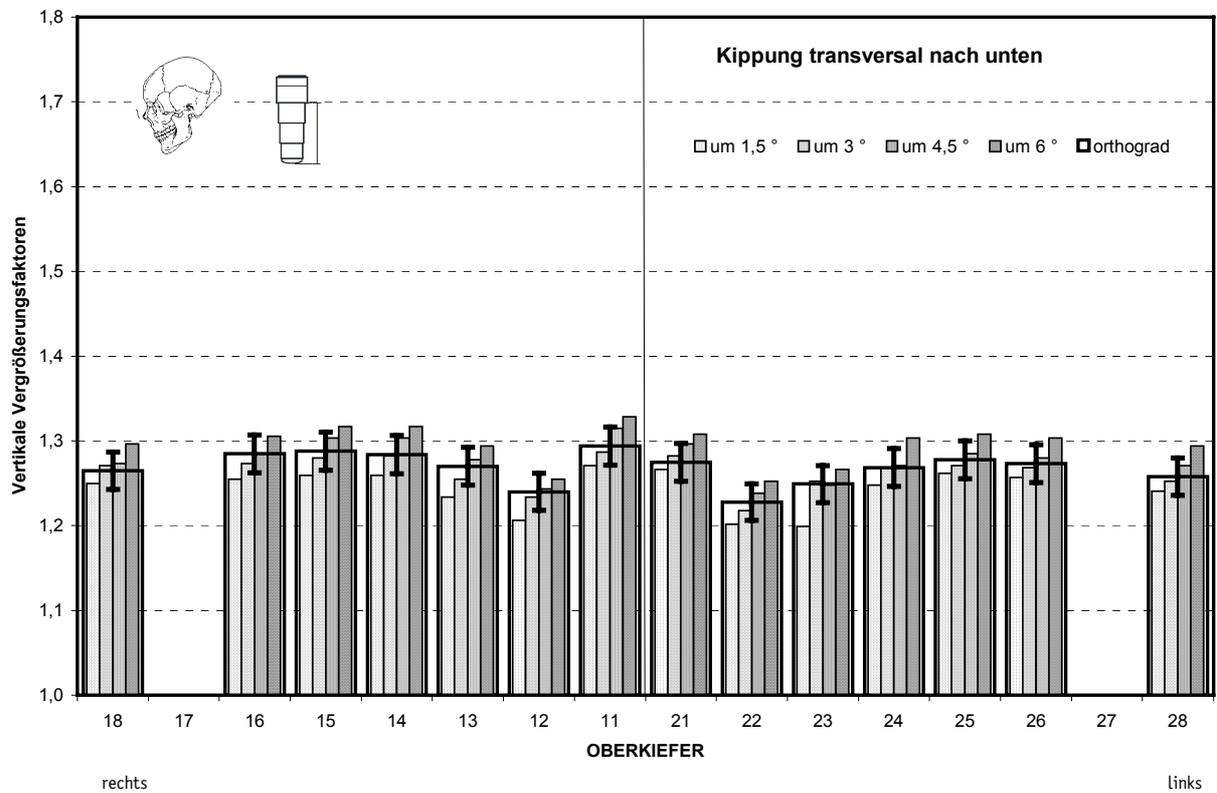


Abb 7 Mittlere vertikale Vergrößerung bei *Kippung um die transversale Achse nach unten*. Die schmalen, zunehmend gefüllten Säulen zeigen die Ergebnisse bei Fehlposition, nach rechts mit zunehmendem Grad. Die Vergrößerungsfaktoren bei orthograde Einstellung sind durch die überlagerten Rechtecke dargestellt, die Reproduzierbarkeit der Einstellungen am Röntgengerät (3,5%) als senkrechte Linien.

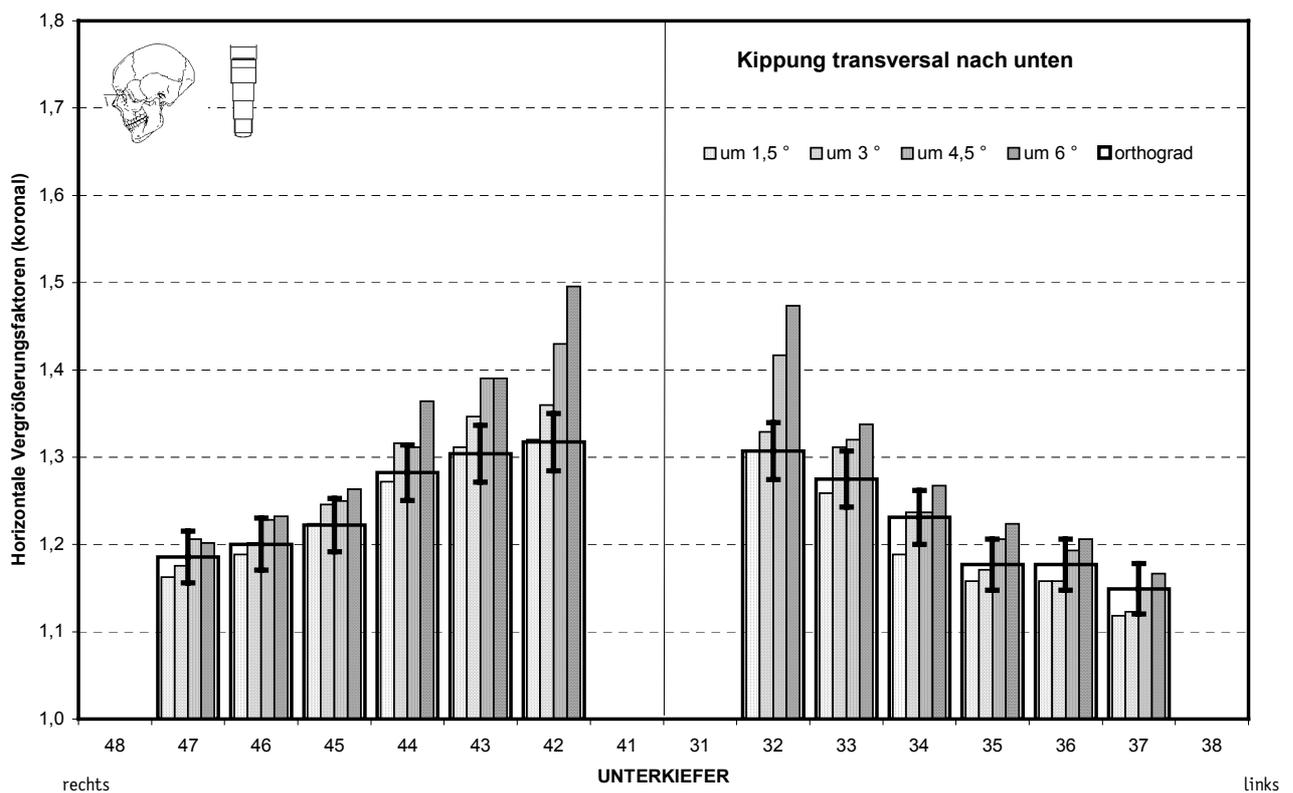
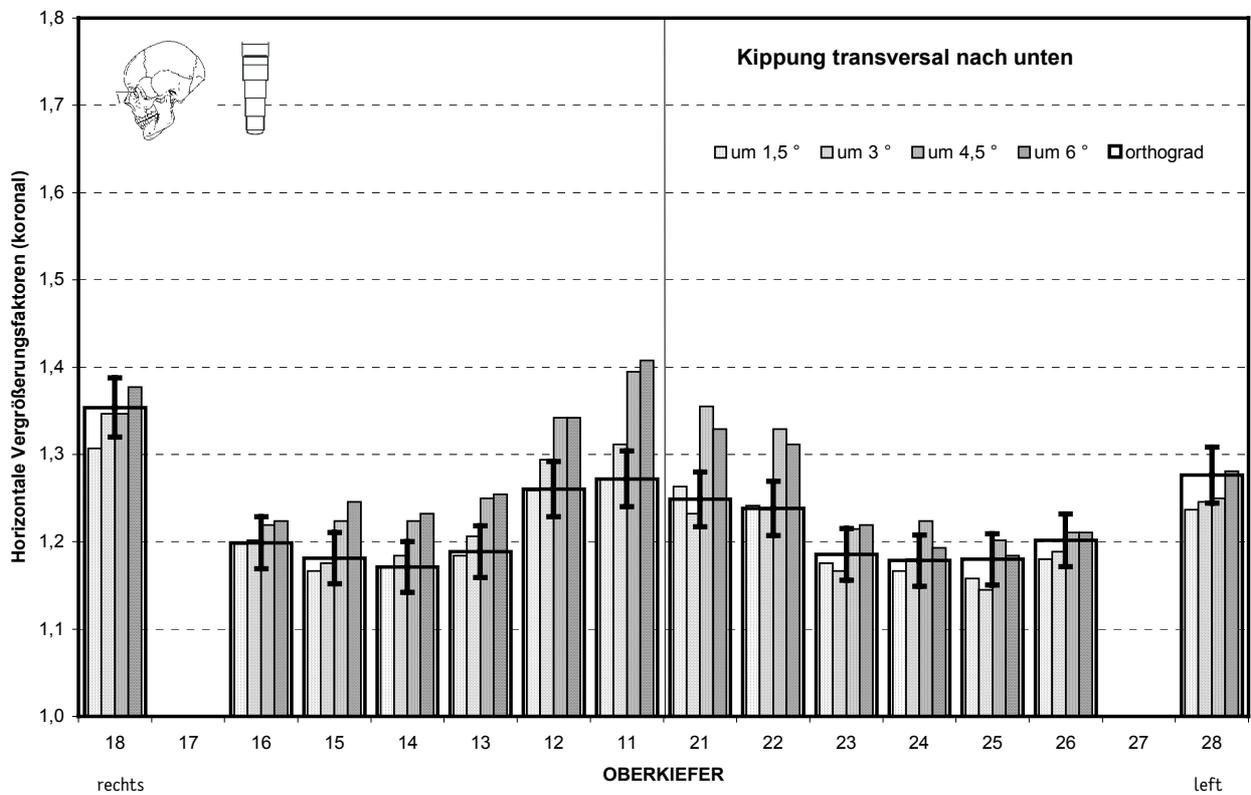


Abb 8 Mittlere horizontale Vergrößerung am koronalen Implantatende bei *Kippung um die transversale Achse nach unten*. Die Darstellung entspricht Abb 7. Die Reproduzierbarkeit der Einstellungen am Röntgengerät ist 5%.