

# **Beurteilung der Größe des frontalen Engstandes**

## **Vergleich zwischen der „Visuellen-Methode“ und der „Schieblehre-Methode“**

Inauguraldissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin  
des Fachbereichs Medizin  
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Sandra Hirzel  
geb. in Gedern

Gießen 2006

Aus dem Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
Poliklinik für Kieferorthopädie

Direktorin: Prof. Dr. Ruf  
des Universitätsklinikums Gießen

Gutachter: Prof. Dr. Pancherz

Gutachter: Prof. Dr. Dr. Howaldt

Gutachter: Prof. Dr. Miethke

Tag der Disputation: 21. Juni 2006

Ich erkläre: „Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.“

Meinen Eltern

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Ziel der Studie</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Material</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Methoden</b>	<b>11</b>
4.1	„Visuelle-Methode“: Abschätzung des frontalen Engstandes	11
4.2	„Schieblehre-Methode“: Messung und Berechnung des frontalen Engstandes	12
4.2.1	Bestimmung des frontalen Platzangebotes	12
4.2.2	Bestimmung des frontalen Platzbedarfs	15
4.2.3	Berechnung des frontalen Engstandes	15
4.3	Statistische Methoden	18
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>22</b>
5.1	Mittlere Methodenfehler	22
5.2	Stetige Differenzen zwischen dem geschätzten frontalen Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten frontalen Engstand („Schieblehre-Methode“)	23
5.2.1	„Schieblehre-Methoden A, B und C“	24
5.2.2	Ausbildungsstand der Untersucher	32
5.3	Differenzen zwischen dem geschätzten frontalen Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten frontalen Engstand („Schieblehre-Methode“) unter Berücksichtigung der klinischen Relevanz	40
5.3.1	Kieferorthopäden	40
5.3.2	Weiterbildungsassistenten der Fachrichtung Kieferorthopädie	53
5.3.3	Studenten der Zahnmedizin	66
5.4	Kategorisierte Werte mit Angabe des 95 % Konfidenzintervalls für richtig bewertete frontale Engstände	79

<b>6 Diskussion</b>	<b>88</b>
6.1 Material und Methoden	88
6.2 Ergebnisse	96
<b>7 Schlussfolgerung</b>	<b>105</b>
<b>8 Zusammenfassung</b>	<b>106</b>
<b>9 Summary (Zusammenfassung in englischer Sprache)</b>	<b>108</b>
<b>10 Literaturverzeichnis</b>	<b>110</b>
<b>11 Anhang</b>	<b>122</b>
<b>12 Danksagung</b>	<b>135</b>
<b>13 Lebenslauf</b>	<b>136</b>

## 1 Einleitung

Ein wichtiger Befund der Modellanalyse bei kieferorthopädischen Patienten ist die Erfassung der Engstände der bleibenden Zähne [45]. Der Grad des Engstandes kann in Millimetern [63, 73] oder mittels eines Index [60, 77] angegeben werden. Die Analysemethoden lassen sich nach der Verfahrensweise unterscheiden:

### Differenz zwischen Platzbedarf und Platzangebot

Zur Analyse der Platzverhältnisse sind in jedem Kiefer die Bestimmung des Platzbedarfs und des Platzangebotes durchzuführen.

Der **Platzbedarf** ergibt sich durch die Summe der Zahnbreiten, gemessen am größten mesiodistalen Kronendurchmesser [71]. Folgende Instrumente werden zur Erfassung der Zahnbreiten verwendet:

- Stechzirkel und Lineal [13, 16, 73, 104],
- Schieblehren sowie Schieblehren mit digitalen Ausgängen und Additionsschieblehren [12, 26, 37, 38, 48, 49, 56, 70, 71, 74, 78, 96, 98],
- Mikroskope [10, 44, 64, 81, 82],
- Reflexmetrografen [84, 100].

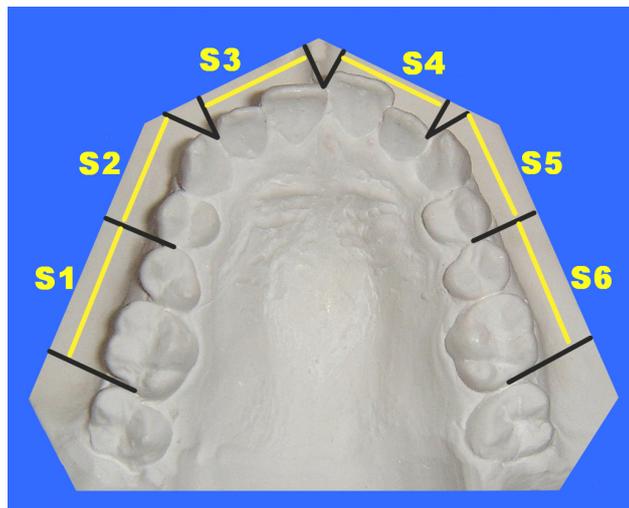
Das **Platzangebot** für die Zähne innerhalb des Zahnbogens wird meistens zwischen den mesialen oder eher selten zwischen den distalen Kontaktpunkten der Sechsjahrmolaren gemessen. Folgende Methoden werden zur Bestimmung des Platzangebotes verwendet:

- Segmenteinteilung des Zahnbogens [2, 11, 59, 63]

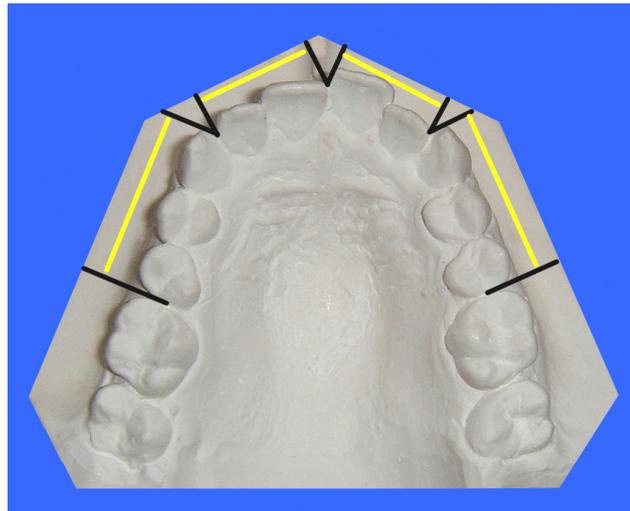
Bei der Segmentanalyse nach LUNDSTRÖM [63] wird der Zahnbogen in sechs Segmente (S1-S6) eingeteilt, wobei jedes Segment aus jeweils zwei Zähnen besteht (Abb. 1). Die Weite eines jeden Segmentes wird zwischen den Kontaktpunkten der benachbarten Zähne mit einer Schiebellehre gemessen.

In Abbildung 2 ist die Aufteilung des Zahnbogens in vier Segmente nach BJERREGARD et al. [11] und LINDSTEN et al. [59] dargestellt. Sie wählen die Stützzone als Segment, bestehend aus drei Zähnen und zwei benachbarte Schneidezähne als Frontzahnsegment pro Kieferhälfte.

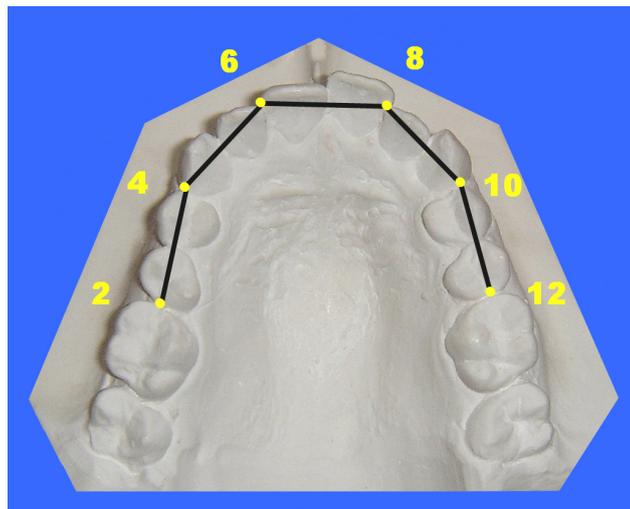
ADKINS et al. [2] teilen den Zahnbogen in fünf Segmentstrecken ein (Abb. 3). Die Summe der Verbindungen der Punkte 2, 4, 6, 8, 10 und 12 ergibt das Platzangebot.



**Abb. 1:** Segmenteinteilung (S1-S6) des Oberkieferzahnbogens zur Bestimmung des Platzangebotes im bleibenden Gebiss nach LUNDSTRÖM [63].



**Abb. 2:** Segmenteinteilung des Oberkieferzahnbogens zur Bestimmung des Platzangebotes im bleibenden Gebiss nach BJERREGARD et al. [11] und LINDSTEN et al. [59].



**Abb. 3:** Segmenteinteilung des Oberkieferzahnbogens durch Verbindung der Punkte 2, 4, 6, 8, 10 und 12 zur Bestimmung des Platzangebotes im bleibenden Gebiss nach ADKINS et al. [2].

- Konturieren des Zahnbogens [9, 38, 72, 73, 88]

Bei der Analyse des Platzangebotes nach NANCE [73] wird die Zahnbo-  
genlänge mit Hilfe eines weichen, biegbaren Drahtes gemessen, welcher  
entsprechend der Zahnbogenform konturiert wird (Abb. 4). Der Draht ver-  
läuft im Seitenzahnbereich über die Kontaktpunkte benachbarter Zähne  
und im Frontzahnbereich über die Schneidekanten.



**Abb. 4:** Verlauf des Drahtes entsprechend dem Oberkieferzahnbogen zur Bestimmung  
des Platzangebotes im bleibenden Gebiss nach NANCE [73].

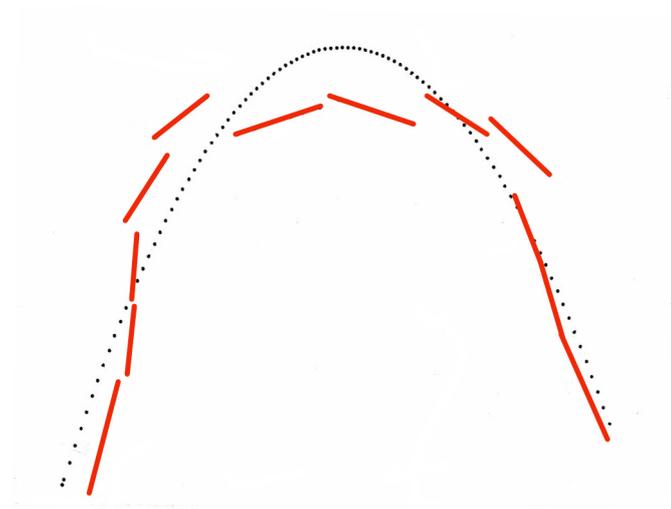
BETTERIDGE [9] und HARRIS et al. [38] verwenden ein biegbares Lineal,  
um das Platzangebot direkt zu messen, indem die Skala in der ge-  
wünschten Zahnbogenform gehalten wird.

MUSICH und ACKERMAN [72] und RUDGE et al. [88] benutzen ein Ka-  
tenometer, bestehend aus einer Schieblehre, bei welcher die Baken  
durch eine Kette miteinander verbunden sind, die sich in variabler Länge  
einhängen lässt. Zur Messung werden die Baken mesial der ersten Mola-  
ren appliziert, dann die Schieblehre und das Gebissmodell senkrecht  
gehalten, so dass die Kette frei hängt und der Zahnbogenform entspricht.  
Durch Spannen der Kette kann das Platzangebot in Millimetern abgele-  
sen werden.

- Berechnung der Zahnbogenlänge [27, 41, 42, 53, 76, 80, 84]

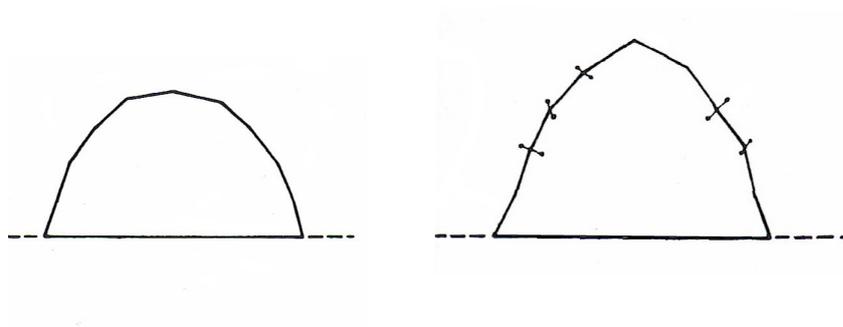
Mathematische Formeln wie die der Parabel oder der Ellipse [27, 53, 76, 80] werden zur Analyse des Platzangebotes verwendet.

RICHMOND [84] gestaltet mit Hilfe eines Reflexmetrografen und angeschlossenem Computerprogramm unter Berücksichtigung der mesiodistalen Kontaktpunkte der Zähne individuelle Parabeln (Abb. 5). Bei dem Reflexmetrografen wird ein kieferorthopädisches Modell in einem halbdurchlässigen Spiegel betrachtet, hinter dem sich ein Lichtpunkt befindet und im Raum bewegt werden kann. Der Lichtpunkt kann so verschoben werden, dass er mit dem zu bestimmenden Messpunkt im Spiegelbild des Modells zusammenfällt. Die dabei ermittelten Koordinatenwerte werden einem Rechner übertragen, von diesem ausgewertet und können zur individuellen Parabelgestaltung genutzt werden [90].



**Abb. 5:** Konstruktion des Oberkieferzahnbogens mit einem Reflexmetrografen und angeschlossenem Rechner zur Bestimmung des Platzangebotes im bleibenden Gebiss nach RICHMOND [84]. Die individuell konstruierte Parabel berücksichtigt die Kontaktpunkte der Zähne.

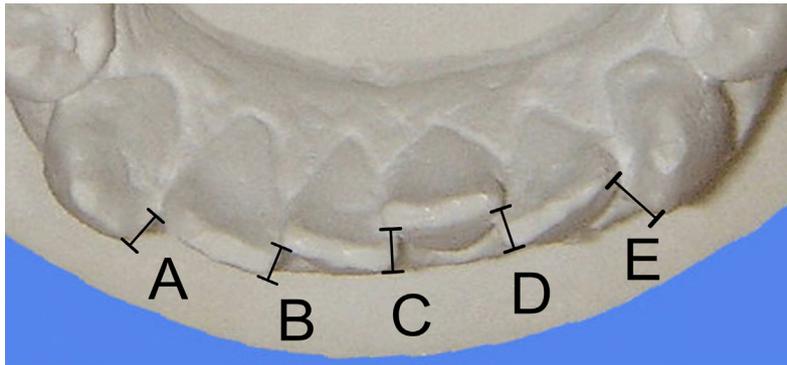
Die von HERREN [41, 42] entwickelte Arkogrammetrietechnik verwendet ein Messmikroskop zur genauen Feststellung der mesialen und distalen Kontaktpunkte der Zähne. Das Arkogramm, ein polygonaler Grundriss des Zahnbogens, entsteht durch Mittelung der Kontaktpunkte benachbarter Zähne (Abb. 6). Mit einem Arkogrammaufsatz und dem Mikroskop als Visierinstrument ist es möglich, Arkogramme auf Azetatfolien zu stechen. GEBAUER [32, 33] beschreibt die Verwendung einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage zur Auswertung dieser Arkogramme [90].



**Abb. 6:** Arkogramme des Oberkieferzahnbogens zur Bestimmung des Platzangebotes im bleibenden Gebiss nach HERREN [41]. Links ist ein Idealfall dargestellt, bei dem die mesiodistalen Kontaktpunkte benachbarter Zähne in je einem „Normalkontaktpunkt“ zusammenfallen. Rechts ist ein Mittelwertbogen mit „gebrochenen“ Kontaktpunkten, verursacht durch multiplen Engstand, dargestellt.

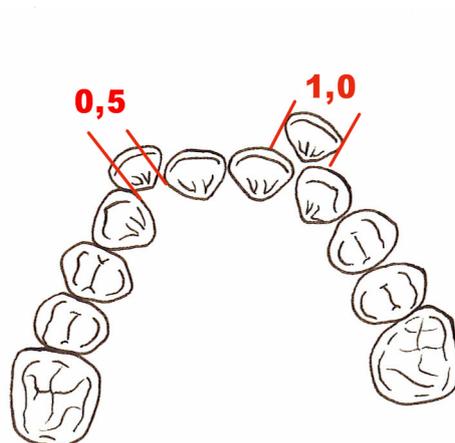
### **Bestimmung der Kontaktpunktverschiebung von Zähnen**

Bei dem Irregularitätsindex von LITTLE [60] wird mit einer Schieblehre parallel zur Okklusalebene die lineare labiolinguale Abweichung der Kontaktpunkte benachbarter Zähne gemessen (Abb. 7). LITTLE [60] setzt die Methode nur für die Unterkieferfrontzähne ein. MEW [68] beschreibt die Verwendung für den Oberkiefer.



**Abb. 7:** Messung der sagittalen Distanz zwischen den benachbarten Kontaktpunkten der Unterkieferfrontzähne zur Ermittlung der Frontzahnirregularität nach LITTLE [60]. Die Summe der fünf Messwerte ergibt den Irregularitätsindex ( $\Sigma ABCDE$ ).

MILLS [69] bewertet die Engstände entsprechend dem Grad der Verschiebung einzelner Zähne. Jedem Zahn wird ein Wert (0; 0,13; 0,25; 0,5; 0,75 oder 1,0) zugeteilt, der der relativen Verschiebung des Zahnes entspricht. Beispielsweise zeigt der Wert 0,5 für einen oberen seitlichen Schneidezahn mit einem mesiodistalen Kronendurchmesser von 6,4 mm [93], dass dieser Zahn 3,2 mm mit den Nachbarzähnen überlappt (Abb. 8).



**Abb. 8:** Ermittlung der Engstände entsprechend dem Grad der Verschiebung einzelner Zähne nach MILLS [69]. Die Werte 0,5 und 1,0 entsprechen dem Bruchteil der jeweiligen Zähne, der sich außerhalb des harmonischen Zahnbogens befindet.

Nun stellt sich das Problem, aus der Vielzahl der Analysemethoden zur Bestimmung der Platzverhältnisse eine geeignete auszuwählen. Zur Verringerung der Messfehler wurden im Laufe der Zeit unterschiedliche Hilfsmittel zur Vermessung von Zahnbreiten und Segmentgrößen des Zahnbogens entwickelt. Dies umfasst das Abtasten der Referenzpunkte mit Zirkeln [13, 16, 73, 104] und Schieblehren [8, 12, 26, 38, 48, 49, 56, 70, 71, 74, 78, 96, 98], sowie heute vermehrt die Anwendung der Hilfsmittel der digitalen Datenverarbeitung [5, 6, 15, 48, 52, 86, 87]. Das Messen mit Geräten kann jedoch auch zu falschen Ergebnissen führen, beispielsweise durch fehlerhaftes Ablesen der Skala oder durch ungenaues Anlegen des Messinstrumentes am Modell [81]. Weiterhin sind zur Beurteilung des Engstandes Berechnungen wie die Addition mehrerer Werte und die anschließende Differenzbildung nötig. Hierbei können Rechenfehler auftreten, welche das Ergebnis verfälschen und somit womöglich nicht zur richtigen Therapiewahl führen würden: Denn je nach Größe des ermittelten Engstandes kann eine Zahnbogendehnung [20, 30, 31, 36, 43, 47, 99], eine Reduktion der Zahnbreiten [106], eine Extraktion von Zähnen [8, 21, 30, 99, 101] oder auch eine Kombination dieser Möglichkeiten in Frage kommen, um im Zahnbogen Platz zu schaffen.

Ein Verfahren zur Bestimmung des Engstandes sollte ein hohes Maß an Genauigkeit aufweisen, reproduzierbar sein und auch für den täglichen Gebrauch praktikabel sein. Wünschenswert für den klinischen Alltag wäre eine Analyse mit Verzicht auf Messgeräte und Berechnungen, was eine Reduzierung des Zeit- und Materialaufwandes bedeuten würde. Eventuell ist das Schätzen eines frontalen Engstandes („Visuelle-Methode“) solch eine Alternative. Nach einer Studie von MERGATI et al. [67] ist die „Visuelle-Methode“ für die Bestimmung des Unterkieferengstandes zuverlässig.

## **2 Ziel der Studie**

Anhand von Gebissmodellen kieferorthopädischer Patienten wurde der frontale Engstand sowohl visuell abgeschätzt („Visuelle-Methode“) als auch gemessen und berechnet („Schieblehre-Methode“). Die „Schieblehre-Methode“ wurde in die Methoden A, B und C unterteilt, welche durch unterschiedliche Messpunkte bei der Bestimmung des Platzangebotes gekennzeichnet waren.

Folgende Frage sollte beantwortet werden: Wie groß ist die Zuverlässigkeit der „Visuellen-Methode“ gegenüber der „Schieblehre-Methode“? Dabei wurden die Methoden A, B und C der „Schieblehre-Methode“ und der Ausbildungsstand der Untersucher, die die „Visuelle-Methode“ anwendeten, in Bezug auf Ober- und Unterkiefer berücksichtigt.

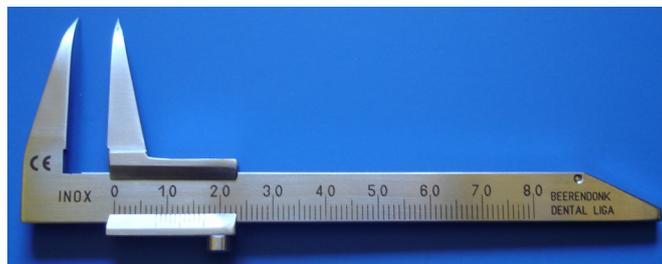
### 3 Material

Als Untersuchungsgut dienen 100 **Gebissmodelle** (50 Ober- und 50 Unterkiefermodelle) von Patienten der Poliklinik für Kieferorthopädie des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Justus-Liebig-Universität Gießen.

Die Modelle mussten folgende Anforderungen erfüllen:

- frontale Engstände unterschiedlichen Ausmaßes,
- einwandfreier Zustand,
- permanente Gebisse mit abgeschlossenem Durchbruch der Schneide- und Eckzähne, um ein problemloses Anlegen der Schieblehre am größten mesiodistalen Zahndurchmesser sicherzustellen,
- weder sichtbare Abnutzungen der Zähne, wie interstitielle Attritionen, noch Approximalkaries oder proximale Füllungen, die zu einer veränderten mesiodistalen Zahnbreite führen konnten.

Als **Messinstrument** (Abb. 9) diente eine Schieblehre mit Noniusanzeige nach Beerendonk [28]. Das Gerät erlaubte eine Ablesegenauigkeit von 0,1 mm. Die Breite der Messbaken wurde durch Beschleifen auf 0,2 mm reduziert, wodurch ein problemloses Anlegen des Messinstrumentes in den Interdentalräumen möglich war.



**Abb. 9:** Schieblehre nach Beerendonk [28], modifiziert durch Beschleifen der Messbaken.

## 4 Methoden

### 4.1 „Visuelle-Methode“: Abschätzung des frontalen Engstandes

Jeweils drei Kieferorthopäden (K1, K2, K3), Weiterbildungsassistenten der Fachrichtung Kieferorthopädie (W1, W2, W3) und Studenten des ersten klinischen Semesters der Zahnmedizin (S1, S2, S3) der Justus-Liebig-Universität Gießen schätzten den frontalen Engstand der bleibenden Schneidezähne an den ausgewählten 50 Ober- und 50 Unterkiefermodellen. Die Angaben des geschätzten Engstandes erfolgten in Millimetern mit einer Dezimalstelle. Die Aufgabe der Untersucher war es, den vorhandenen frontalen Engstand zu schätzen, ohne Berücksichtigung anderer für die Therapieentscheidung relevanter Parameter, wie beispielsweise die Neigung der Frontzähne oder die Größe der apikalen Basis.

An der Justus-Liebig-Universität Gießen gilt als Lehrmeinung, dass der Frontzahnbereich distal des seitlichen Schneidezahnes beginnt und im kontralateralen Quadranten desselben Kiefers distal des seitlichen Schneidezahnes endet.

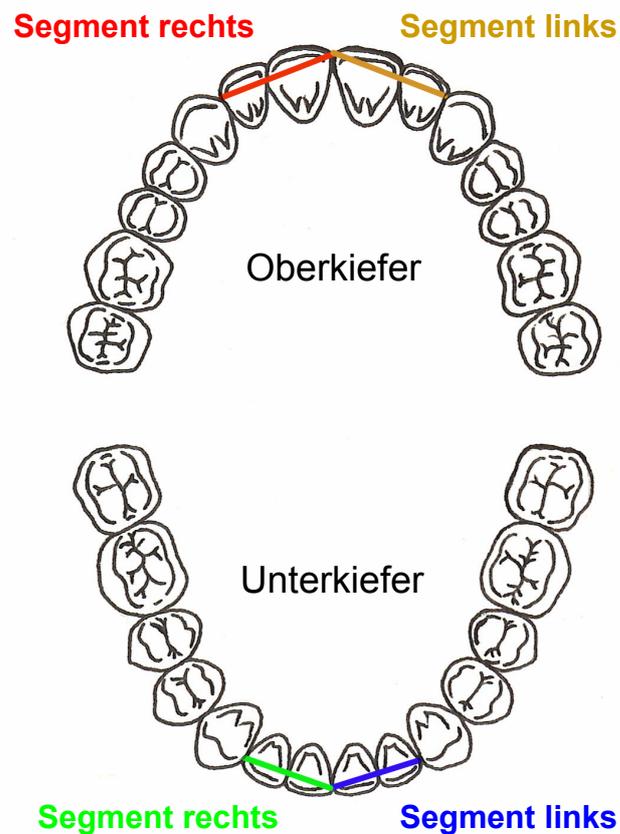
Die Schätzungen des frontalen Engstandes erfolgten zweimal mit einem zeitlichen Abstand von 14 Tagen. Die Werte aus erster und zweiter Schätzung wurden gemittelt. Die Mittelwerte der Schätzungen des frontalen Engstandes durch die Kieferorthopäden, Weiterbildungsassistenten der Fachrichtung Kieferorthopädie und Studenten der Zahnmedizin sind für Ober- und Unterkiefer den Tabellen 5 und 6 im Kapitel 11 auf den Seiten 124 und 125 zu entnehmen.

## 4.2 „Schieblehre-Methode“: Messung und Berechnung des frontalen Engstandes

Die Messungen von Zahnbreiten und Segmentgrößen mittels Schieblehre und die Berechnungen des frontalen Engstandes wurden von der Verfasserin dieser Arbeit durchgeführt und die Ergebnisse als Referenzwerte verwendet.

### 4.2.1 Bestimmung des frontalen Platzangebotes

Der Frontzahnbereich im Ober- bzw. Unterkiefer wurde in jeweils zwei Segmente (Segment rechts und Segment links) zu je zwei Zähnen unterteilt (Abb. 10). Die Abmessung des vorhandenen mesiodistalen Raumes erfolgte getrennt für beide Segmente.



**Abb. 10:** Einteilung der Ober- und Unterkieferschneidezähne in Segmente zur Messung des frontalen Platzangebotes.

Die frontalen Segmentgrößen des Zahnbogens wurden nach folgenden drei Methoden vermessen:

### **Methode A:**

1. Messpunkt: distaler Kontaktpunkt des seitlichen Schneidezahnes
2. Messpunkt: Kontaktpunkt der mittleren Schneidezähne

Zur Messung der frontalen Segmentgrößen wurde die Schieblehre am distalen Kontaktpunkt des seitlichen Schneidezahnes und am weitesten inzisal liegenden Kontaktpunkt der mittleren Schneidezähne angelegt. Der Kontaktpunkt wurde als die erhabenste Stelle einer Approximalfläche definiert [93].

### **Methode B:**

1. Messpunkt: mesialer Kontaktpunkt des Eckzahnes
2. Messpunkt: Kontaktpunkt der mittleren Schneidezähne

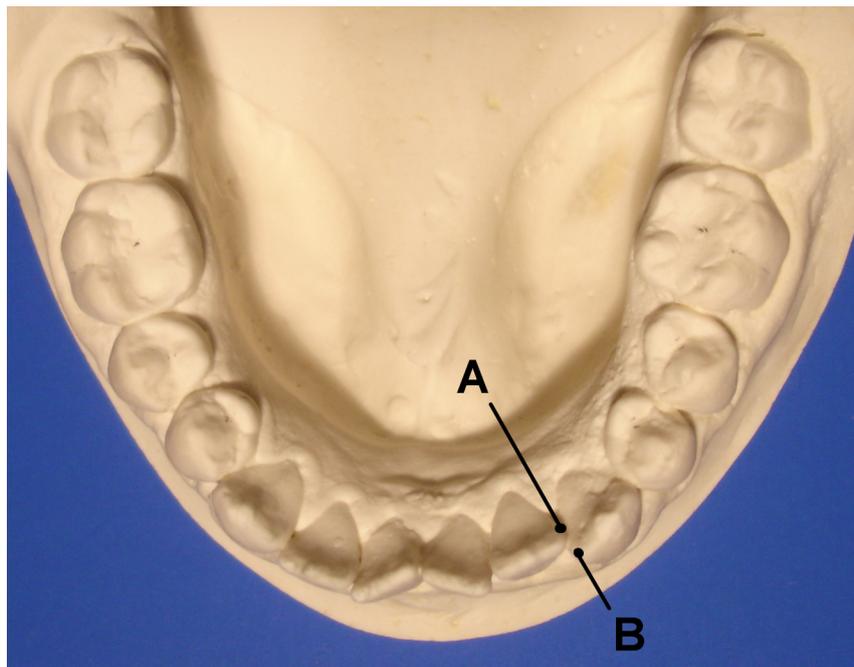
Zur Messung der frontalen Segmentgrößen wurde die Schieblehre am mesialen Kontaktpunkt des Eckzahnes und am weitesten inzisal liegenden Kontaktpunkt der mittleren Schneidezähne angelegt.

### **Methode C:**

1. Messpunkt: Kontaktpunkt des Eckzahnes mit dem seitlichen Schneidezahn entsprechend dem harmonischen Zahnbogenverlauf
2. Messpunkt: Kontaktpunkt der mittleren Schneidezähne

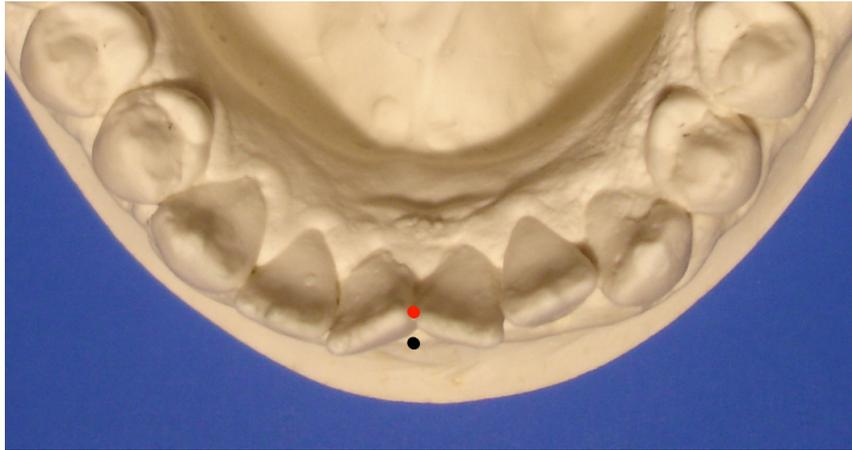
Ein Segment reichte vom Kontaktpunkt des Eckzahnes mit dem seitlichen Schneidezahn bis zu dem am weitesten inzisal liegenden Kontaktpunkt der mittleren Schneidezähne. Die erhabensten Stellen der Approximalflächen

(Kontaktpunkte) des Eckzahnes und des seitlichen Schneidezahnes berührten sich häufig durch Zahnfehlstellungen nicht (Abb. 11). Als Referenzpunkt zum Anlegen der Schieblehre wurde dann ein Punkt gewählt, der dem harmonischen Verlauf des Zahnbogens entsprach. Teilweise konnte der ausgewählte Messpunkt identisch sein mit dem Kontaktpunkt des Eckzahnes oder des seitlichen Schneidezahnes oder auch mit keinem dieser Punkte.



**Abb. 11:** Der Kontaktpunkt des seitlichen Schneidezahnes (A) und der Kontaktpunkt des Eckzahnes (B) berühren sich nicht.

Eine Ausnahme bei der Wahl der Messpunkte zur Bestimmung des frontalen Platzangebotes nach den „Schieblehre-Methoden A, B und C“ erfolgte bei einer mesiopalatalen bzw. mesiolingualen Rotation der mittleren Schneidezähne. Hier wurde als Referenzpunkt nicht der Kontaktpunkt der mittleren Schneidezähne verwendet, sondern ein Punkt, der weiter labial lag und dem Verlauf des harmonischen Zahnbogens entsprach (Abb. 12).



**Abb. 12:** Die mesialen Kontaktpunkte der Zähne 31 und 41 (rot) wurden nicht als Messpunkte zur Bestimmung des frontalen Platzangebotes verwendet. Es wurde ein Punkt (schwarz) gewählt, der weiter labial, innerhalb des harmonischen Zahnbogenverlaufs lag.

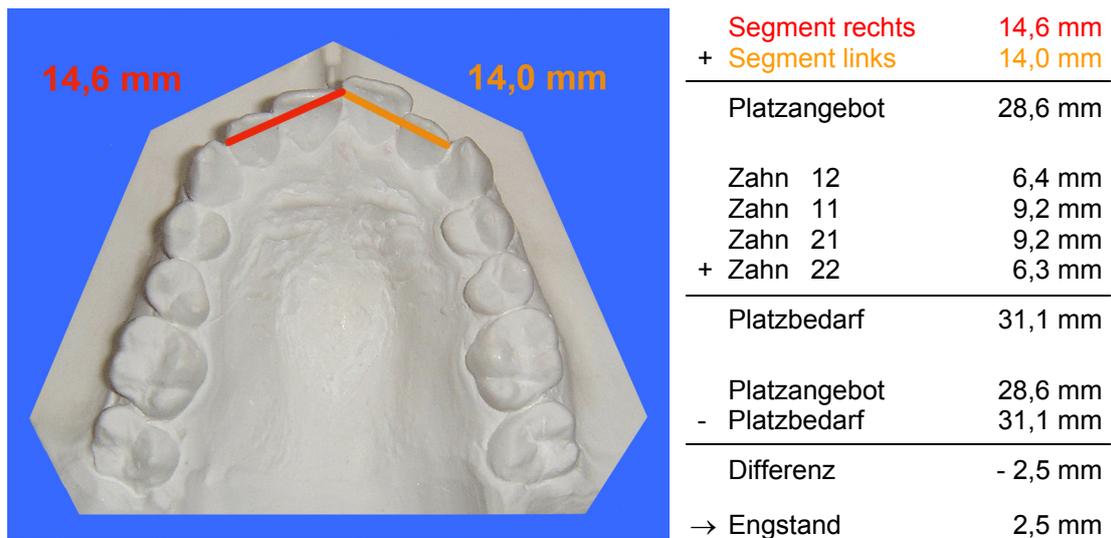
Für die drei „Schieblehre-Methoden A, B und C“ wurde das Platzangebot im Ober- bzw. Unterkieferfrontzahnbereich durch Addition der zwei Frontzahnsegmente (Segment rechts und Segment links) ermittelt.

### **4.2.2 Bestimmung des frontalen Platzbedarfes**

Der größte mesiodistale Durchmesser der Zahnkronen der Ober- bzw. Unterkieferschneidezähne wurde parallel zur Schneidekante gemessen. Die Summe der Schneidezahnbreiten im Ober- bzw. Unterkiefer ergab den Platzbedarf für die oberen bzw. unteren Schneidezähne.

### **4.2.3 Berechnung des frontalen Engstandes**

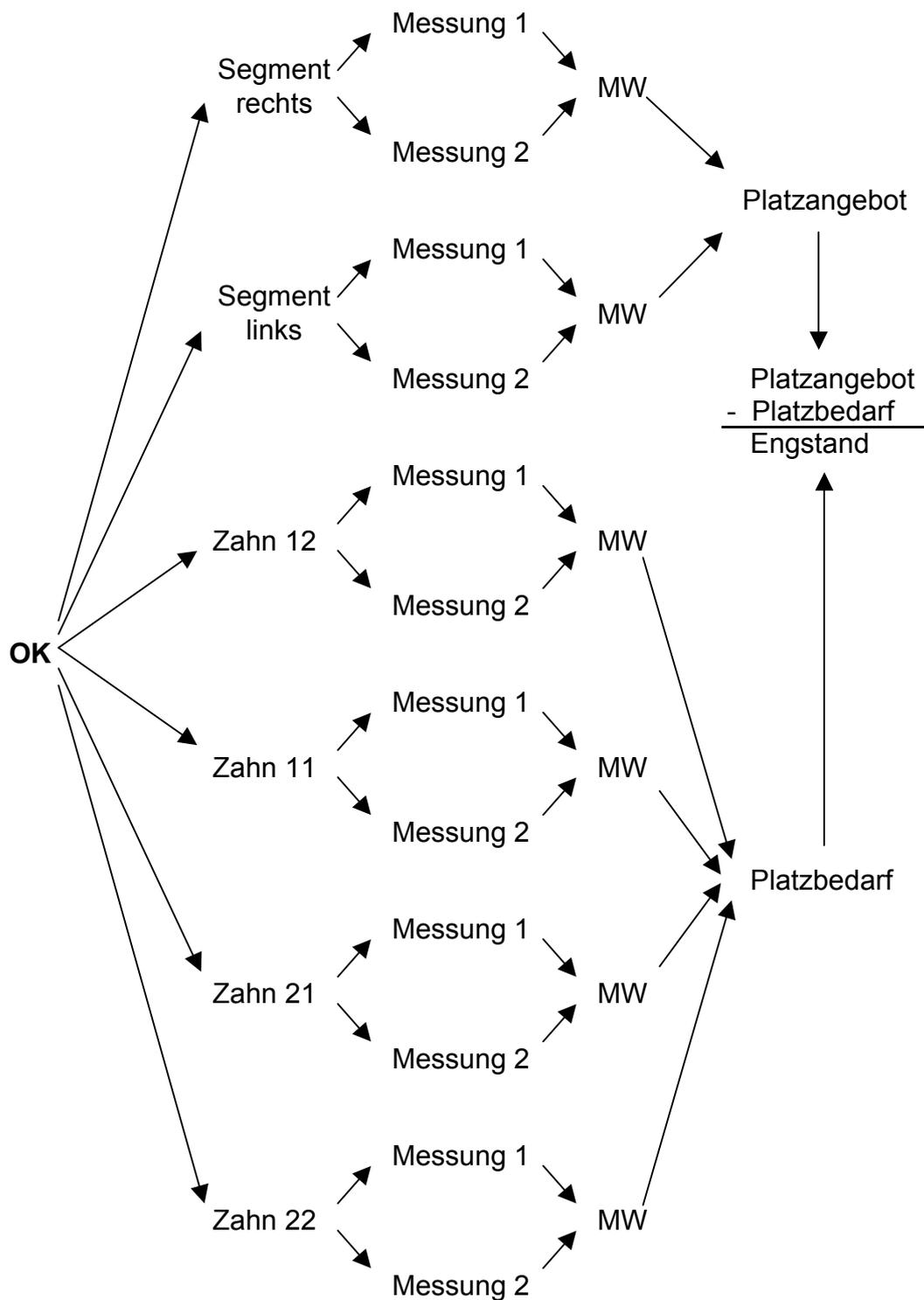
Die Differenz zwischen Platzangebot und Platzbedarf ergab den Engstand. Ein Beispiel zur Berechnung des frontalen Engstandes ist in Abbildung 13 dargestellt.



**Abb. 13:** Berechnung des Engstandes im Oberkieferfrontzahnbereich: Das Platzangebot wurde durch Addition der rechten und linken Segmentgrößen und der Platzbedarf durch Addition der Zahnbreiten der Zähne 12, 11, 21 und 22 berechnet. Die Differenz zwischen Platzangebot und Platzbedarf ergab den Engstand.

Die Messungen der Segmentgrößen und Zahnbreiten wurden jeweils zweimal mit einem zeitlichen Abstand von 14 Tagen durchgeführt. Die Werte aus erster und zweiter Messung wurden gemittelt und die frontalen Engstände für jedes Kiefermodell berechnet. Das Vorgehen bei der Vermessung der Modelle und bei der Bestimmung von Platzangebot, Platzbedarf und Engstand ist als Beispiel in Abbildung 14 für den Oberkiefer zusammengefasst.

Die Mittelwerte der Messungen der Segmentgrößen rechts und links, der Zahnbreiten der Zähne 12, 11, 21 und 22 für den Oberkiefer bzw. der Zahnbreiten der Zähne 32, 31, 41 und 42 für den Unterkiefer, sowie Platzangebot, Platzbedarf und Engstand nach den „Schieblehre-Methoden A, B und C“ sind den Tabellen 7 bis 12 im Kapitel 11 auf den Seiten 126 bis 131 zu entnehmen.



**Abb. 14:** Vorgehen zur Ermittlung des Platzangebotes, des Platzbedarfs und des Engstandes im Oberkiefer (OK). Alle Messungen wurden für jedes Kiefermodell zweimal durchgeführt und zu einem Mittelwert (MW) zusammengefasst. Die Addition der Mittelwerte der Segmente rechts und links ergab das Platzangebot und die Addition der Mittelwerte der Zahnbreiten der Zähne 12, 11, 21 und 22 den Platzbedarf. Die Differenz zwischen Platzangebot und Platzbedarf ergab den Engstand.

### 4.3 Statistische Methoden

Die Schätzungen des frontalen Engstandes bzw. Messungen der Zahnbreiten der Schneidezähne und der frontalen Segmentgrößen aller Ober- und Unterkiefermodelle wurden jeweils zweimal mit einem zeitlichen Abstand von 14 Tagen durchgeführt. Die Bearbeitung der ermittelten Schätz- und Messwerte erfolgte mit Hilfe der Computerprogramme Excel XP und SPSS 12.0. Die statistische Auswertung der Daten wurde am Institut für Medizinische Informatik der Justus-Liebig-Universität Gießen vorgenommen. Ungenauigkeiten in Abbildungen und Tabellen können durch Zwischenschritte wie Rundungen bei der Diagramm- bzw. Tabellenerstellung erklärt werden.

Zur Berechnung der mittleren Methodenfehler (MF) wurde folgende Formel verwendet [18, 46]:

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

d = Differenz aus erster und zweiter Schätzung des frontalen Engstandes bzw. Differenz aus erster und zweiter Messung und Berechnung des frontalen Engstandes

n = Anzahl der untersuchten Ober- bzw. Unterkiefermodelle

In Abbildung 15 ist an einem Beispiel das Vorgehen zur Berechnung des mittleren Methodenfehlers dargestellt. Die mittleren Methodenfehler für die Schätzungen des frontalen Engstandes („Visuelle-Methode“) durch die Kieferorthopäden, Weiterbildungsassistenten der Fachrichtung Kieferorthopädie und Studenten der Zahnmedizin, sowie für die Messungen und Berechnungen des frontalen Engstandes („Schieblehre-Methode“) nach den Methoden A, B und C sind in den Tabellen 1 und 2 im Kapitel 5.1 auf den Seiten 22 und 23 aufgeführt.

Messungen am i-ten Oberkiefermodell									
Zeitpunkt $t_1$			Zeitpunkt $t_2$ (14 Tage nach $t_1$ )						
+	Segment rechts	( $t_1$ )	15,4 mm	+	Segment rechts	( $t_2$ )	15,5 mm		
	Segment links	( $t_1$ )	14,0 mm	+	Segment links	( $t_2$ )	14,1 mm		
Platzangebot			( $t_1$ )	29,4 mm	Platzangebot			( $t_2$ )	29,6 mm
	Zahn 12	( $t_1$ )	6,8 mm		Zahn 12	( $t_2$ )	6,9 mm		
	Zahn 11	( $t_1$ )	8,5 mm		Zahn 11	( $t_2$ )	8,6 mm		
	Zahn 21	( $t_1$ )	8,5 mm		Zahn 21	( $t_2$ )	8,6 mm		
+	Zahn 22	( $t_1$ )	6,9 mm	+	Zahn 22	( $t_2$ )	7,0 mm		
Platzbedarf ( $t_1$ )			30,7 mm	Platzbedarf ( $t_2$ )			31,1 mm		
-	Platzangebot	( $t_1$ )	29,4 mm	-	Platzangebot	( $t_2$ )	29,6 mm		
	Platzbedarf	( $t_1$ )	30,7 mm		Platzbedarf	( $t_2$ )	31,1 mm		
Differenz			( $t_1$ )	-1,3 mm	Differenz			( $t_2$ )	-1,5 mm
→ Engstand ( $t_1$ ) = $x_{i1}$ =			1,3 mm	→ Engstand ( $t_2$ ) = $x_{i2}$ =			1,5 mm		
$MF = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \frac{(x_{i1} - x_{i2})^2}{2}}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{50} \frac{(1,3 - 1,5)^2}{2}}{50}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{50} \frac{(-0,2)^2}{2}}{50}}$									

**Abb. 15:** Vorgehen zur Ermittlung der mittleren Methodenfehler (MF) für die „Schieblehre-Methoden“ anhand eines Oberkiefermodells. Die Wiederholungsmessungen erfolgten am gleichen (i-ten) Objekt ( $x_{i1}$ ,  $x_{i2}$ ) zu unterschiedlichen Zeitpunkten ( $t_1$ ,  $t_2$ );  $d$  = Differenz aus erster und zweiter Messung und Berechnung des Engstandes;  $n$  = Anzahl der untersuchten Oberkiefermodelle.

Die Berechnung der frontalen Engstände aus den zu den einzelnen Zeitpunkten gemessenen Werten und die anschließende Mittelung der frontalen Engstände, die zu den beiden Zeitpunkten bestimmt wurden, führte zu dem gleichen Ergebnis wie die in Abbildung 14 auf Seite 17 beschriebene Vorgehensweise. Als Referenzwerte der Untersuchung dienten die frontalen Engstände, die durch die „Schieblehre-Methoden A, B und C“ ermittelt wurden.

Die in den Versuchen gewonnenen Daten wurden im deskriptiven Sinne ausgewertet: Zur Beschreibung der beobachteten Verteilungen wurden die Lageparameter Median und Mittelwert verwendet. Als Maße für die Streuung wurden das Intervall zwischen dem kleinsten und größten Wert (range), das Intervall zwischen dem ersten und dritten Quartil (Interquartilintervall) und das 2s-Intervall angegeben. Die Werte der Lageparameter und Streuungsmaße für die Methoden („Schieblehre-Methoden A, B und C“), den Ausbildungsstand (Kieferorthopäden, Weiterbildungsassistenten der Fachrichtung Kieferorthopädie und Studenten der Zahnmedizin) und die einzelnen Untersucher (in dem entsprechenden Ausbildungsstand) sind zusammenfassend den Tabellen 13 bis 22 im Kapitel 11 auf den Seiten 132 bis 134 zu entnehmen.

Die Überprüfung der Fragestellung, ob die Methode („Schieblehre-Methoden A, B und C“) und der Ausbildungsstand (Kieferorthopäden, Weiterbildungsassistenten der Fachrichtung Kieferorthopädie und Studenten der Zahnmedizin) einen Einfluss auf die Ergebnisse hatte, wurde mit Hilfe varianzanalytischer Methoden untersucht. Ein dreifaktorielles Design wurde gewählt, wobei die Wirkungen der Einflussgrößen Methode, Ausbildungsstand und Person (abhängig vom Ausbildungsstand) auf den Zielparameter (Differenz  $\text{Engstand „Visuell“} - \text{Engstand „Schieblehre“}$ ) getrennt für die jeweils 50 Ober- und Unterkiefermodelle überprüft wurden.

Im ersten Schritt wurden die Differenzen zwischen den geschätzten Engständen („Visuelle-Methode“) und den gemessenen und berechneten Engständen („Schieblehre-Methoden A, B oder C“) ermittelt (Zielparameter = Differenz  $\text{Engstand „Visuell“} - \text{Engstand „Schieblehre“}$ ). Der Einfluss der Faktoren Methode („Schieblehre-Methoden A, B und C“) und Ausbildungsstand (Kieferorthopäden, Weiterbildungsassistenten der Fachrichtung Kieferorthopädie und Studenten der Zahnmedizin) wurde untersucht. Als zufälliger Faktor ging in dieses Modell auch die Person in ihrem entsprechenden Ausbildungsstand ein.

Zur varianzanalytischen Untersuchung wurden folgende Hypothesen formuliert:

- Für die Fragestellung, ob die Methode einen Einfluss hat, lautete die Nullhypothese: Die Methode hat keinen Einfluss auf die mittleren Differenzen, d. h. die für die einzelnen Methoden im Mittel beobachteten Abweichungen zwischen geschätztem und gemessenem Engstand sind im Erwartungswert gleich ( $H_{0, \text{Methode}}: \mu_A = \mu_B = \mu_C$ ).
- Die Alternativhypothese besagte, dass die Methode einen Einfluss hat ( $H_{1, \text{Methode}}: \mu_A \neq \mu_B \vee \mu_B \neq \mu_C \vee \mu_A \neq \mu_C$ ). Die Faktoren Ausbildungsstand und Person wurden nicht berücksichtigt.
- Für die Fragestellung, ob der Ausbildungsstand einen Einfluss hat, lautete die Nullhypothese: Die im Mittel beobachteten Abweichungen vom Referenzwert sind bei den Untersuchern mit verschiedenem Ausbildungsstand im Erwartungswert gleich ( $H_{0, \text{Ausbildungsstand}}: \mu_K = \mu_W = \mu_S$ ).
- Die Alternativhypothese besagte, dass der Ausbildungsstand einen Einfluss hat ( $H_{1, \text{Ausbildungsstand}}: \mu_K \neq \mu_W \vee \mu_W \neq \mu_S \vee \mu_K \neq \mu_S$ ). Die Faktoren Methode und Person innerhalb des Ausbildungsstandes wurden nicht berücksichtigt.

Im zweiten Schritt wurden die Differenzen in einen dichotomen Parameter mit den Ausprägungen „klinisch nicht relevant“ und „klinisch relevant“ transformiert, da die beobachteten Unterschiede zwischen den geschätzten und gemessenen Engständen und auch die Effekte der zu untersuchenden Faktoren in einem „klinisch nicht relevanten Bereich“ liegen konnten. Der Einfluss der Faktoren Methode („Schieblehre-Methoden A, B und C“) und Ausbildungsstand (Kieferorthopäden, Weiterbildungsassistenten und Studenten) wurde mit Hilfe log-linearer-Modelle überprüft. „Klinisch nicht relevant“ waren Differenzen, die im Bereich von  $\pm 1,0$  mm lagen [75]. Als „klinisch relevant“ wurden Abweichungen gewertet, die kleiner als  $-1,0$  mm (Unterschätzungen) und größer als  $+1,0$  mm (Überschätzungen) waren.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Mittlere Methodenfehler

Die mittleren Methodenfehler der „Visuellen-Methode“ für die Schätzungen des frontalen Engstandes durch die jeweils drei Kieferorthopäden, Weiterbildungsassistenten der Fachrichtung Kieferorthopädie und Studenten der Zahnmedizin, unterteilt in Ober- und Unterkiefer, sind in Tabelle 1 dargestellt. Die mittleren Methodenfehler der „Schieblehre-Methoden A, B und C“ für die Messungen und Berechnungen des frontalen Engstandes sind in Tabelle 2 aufgeführt.

**Tab. 1:** Mittlere Methodenfehler (mm) der „Visuellen-Methode“ für die Schätzungen der frontalen Engstände (n = 50) durch die Kieferorthopäden (K1, K2, K3), Weiterbildungsassistenten der Fachrichtung Kieferorthopädie (W1, W2, W3) und Studenten der Zahnmedizin (S1, S2, S3) getrennt für Oberkiefer (OK) und Unterkiefer (UK).

„Visuelle-Methode“	Mittlere Methodenfehler	
	OK	UK
Kieferorthopäden		
K1 (n = 50)	0,32	0,35
K2 (n = 50)	0,55	0,72
K3 (n = 50)	0,68	0,39
Weiterbildungsassistenten		
W1 (n = 50)	0,43	0,38
W2 (n = 50)	0,48	0,34
W3 (n = 50)	0,40	0,31
Studenten		
S1 (n = 50)	1,05	0,52
S2 (n = 50)	0,52	0,39
S3 (n = 50)	0,48	0,40

**Tab. 2:** Mittlere Methodenfehler (mm) der „Schieblehre-Methoden“ für die Messungen und Berechnungen der frontalen Engstände (n = 50) nach den Methoden A, B und C getrennt für Oberkiefer (OK) und Unterkiefer (UK).

„Schieblehre-Methoden“	Mittlere Methodenfehler	
	OK	UK
Methoden		
A (n = 50)	0,32	0,20
B (n = 50)	0,27	0,21
C (n = 50)	0,28	0,22

## 5.2 Stetige Differenzen zwischen dem geschätzten frontalen Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten frontalen Engstand („Schieblehre-Methode“)

Die Differenzen zwischen dem geschätzten frontalen Engstand der „Visuellen-Methode“ und dem gemessenen und berechneten frontalen Engstand der „Schieblehre-Methode“ (Differenz Engstand „Visuell“ – Engstand „Schieblehre“) wurden ermittelt. Mit Hilfe varianzanalytischer Methoden in Form eines dreifaktoriellen Designs wurden die stetigen Differenzen ausgewertet. Die möglichen Einflüsse der Faktoren (Methode, Ausbildungsstand und Person [Ausbildungsstand]) auf den Zielparameter Differenz Engstand „Visuell“ – Engstand „Schieblehre“ wurden für die jeweils 50 Ober- und Unterkiefermodelle überprüft. Die Ergebnisse der deskriptiven statistischen Auswertung sind zusammenfassend in den Tabellen 13 bis 22 im Kapitel 11 auf den Seiten 132 bis 134 aufgeführt.

### 5.2.1 „Schieblehre-Methoden A, B und C“

Bei der Untersuchung der „Schieblehre-Methoden A, B und C“ ergab sich jeweils ein Stichprobenumfang von  $n = 450$ , da 50 Ober- bzw. Unterkiefermodelle von neun Untersuchern visuell beurteilt wurden, d. h. gemittelt wurde über die Faktoren Ausbildungsstand und Person. Da es aus klinischer Sicht wegen der Konsequenzen einer Fehlbeurteilung nicht so entscheidend ist, wie groß die Fehleinschätzung im Mittel ist, sondern in welchen Bereichen der Fehler schwanken kann, wurden in den folgenden Abbildungen 16a bis 17c insbesondere die Bereiche, mit deren Hilfe die Dispersion beschrieben werden kann, dargestellt.

#### **Oberkiefer**

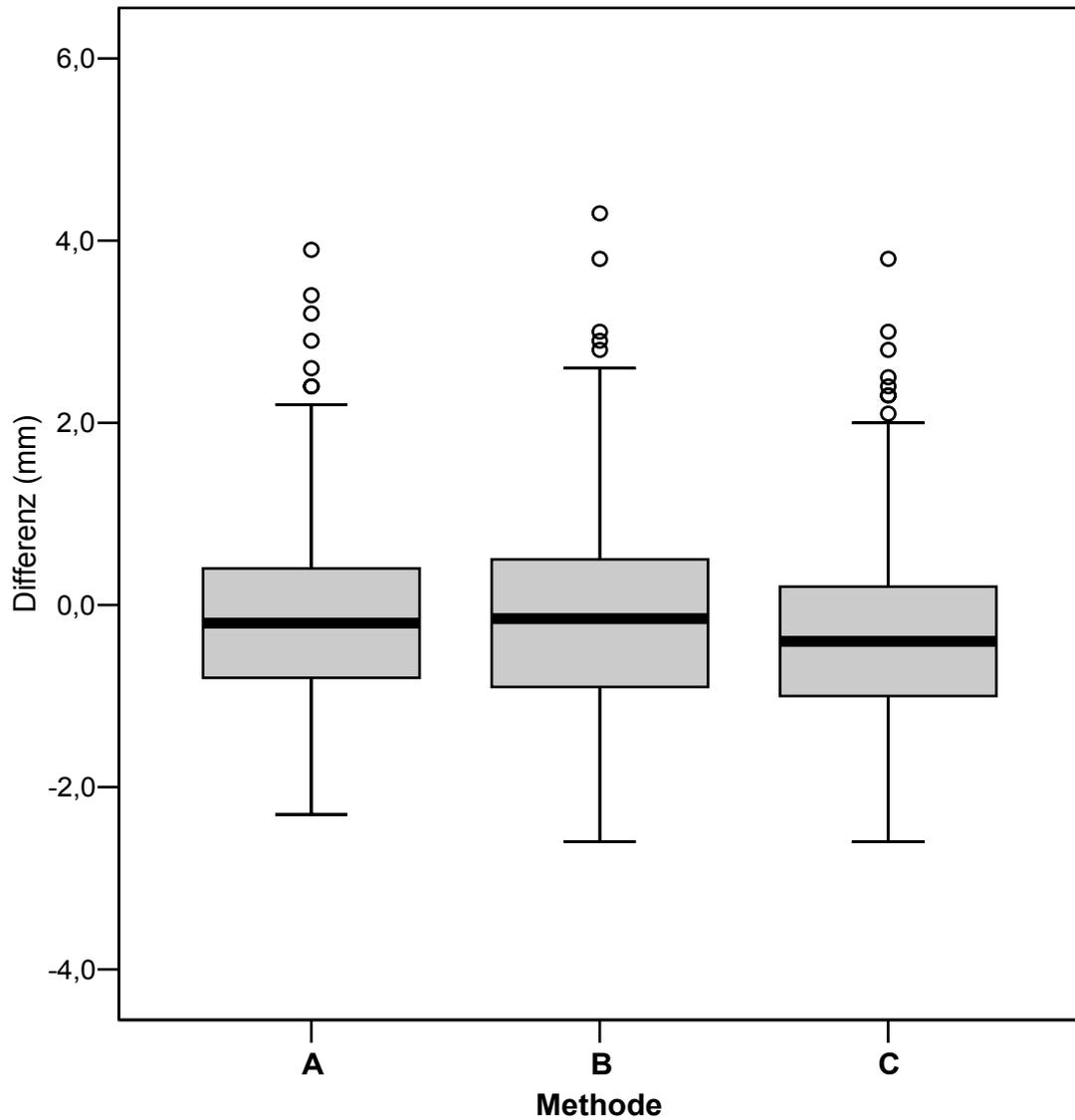
Nach **Methode A** betrug die Differenz zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unter Vernachlässigung des Ausbildungsstandes (Kieferorthopäden, Weiterbildungsassistenten, Studenten) im Mittel  $-0,15$  mm für die 50 Oberkiefermodelle, d. h. im Vergleich mit „Schieblehre-Methode A“ wurde der frontale Engstand durchschnittlich um  $0,15$  mm unterschätzt. Das erste Quartil lag bei  $-0,80$  mm, der Median bei  $-0,20$  mm und das dritte Quartil bei  $0,40$  mm. Die größte Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug  $2,3$  mm im Vergleich zur „Schieblehre-Methode A“. Die größte Überschätzung betrug  $3,9$  mm. Die Untergrenze des  $2s$ -Intervalls lag bei  $-2,11$  mm und die Obergrenze bei  $1,81$  mm. Das  $95\%$  Konfidenzintervall umfasste den Bereich von  $-0,24$  mm bis  $-0,06$  mm (Abb. 16a bis 16c)

Nach **Methode B** betrug die Differenz zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unter Vernachlässigung des Ausbildungsstandes (Kieferorthopäden, Weiterbildungsassistenten, Studenten) im Mittel  $-0,14$  mm

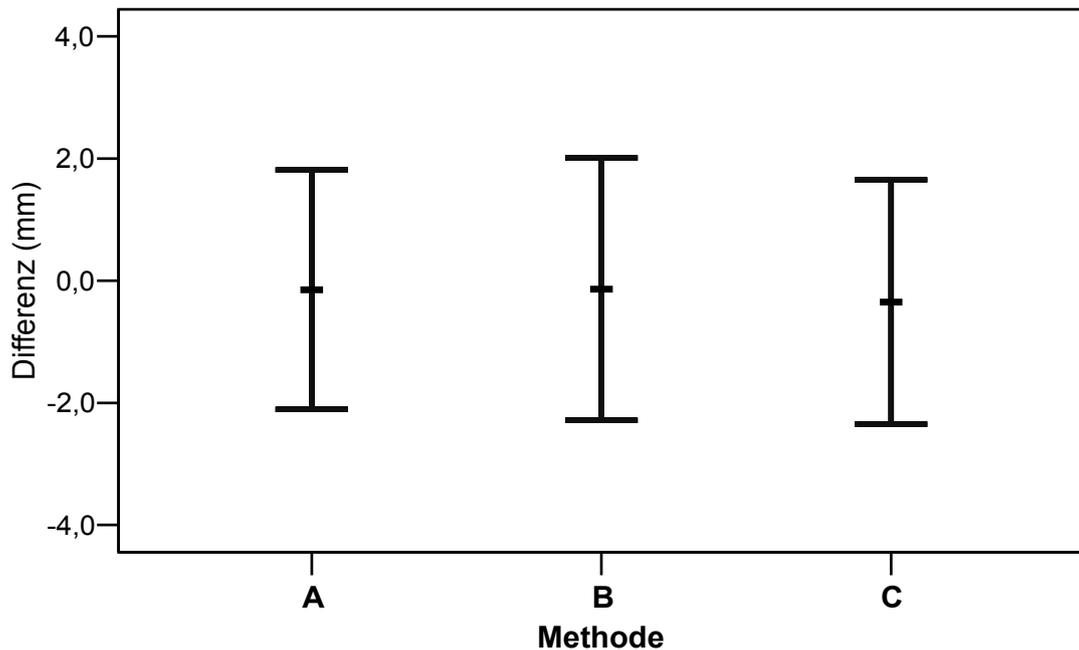
für die 50 Oberkiefermodelle, d. h. im Vergleich mit „Schieblehre-Methode B“ wurde der frontale Engstand durchschnittlich um 0,14 mm unterschätzt. Das erste Quartil lag bei -0,90 mm, der Median bei -0,15 mm und das dritte Quartil bei 0,50 mm. Die größte Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 2,6 mm im Vergleich zur „Schieblehre-Methode B“. Die größte Überschätzung betrug 4,3 mm. Die Untergrenze des 2s-Intervalls lag bei -2,29 mm und die Obergrenze bei 2,01 mm. Das 95 % Konfidenzintervall umfasste den Bereich von -0,24 mm bis -0,04 mm (Abb. 16a bis 16c).

Nach **Methode C** betrug die Differenz zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unter Vernachlässigung des Ausbildungsstandes (Kieferorthopäden, Weiterbildungsassistenten, Studenten) im Mittel -0,35 mm für die 50 Oberkiefermodelle, d. h. im Vergleich mit „Schieblehre-Methode C“ wurde der frontale Engstand durchschnittlich um 0,35 mm unterschätzt. Das erste Quartil lag bei -1,00 mm, der Median bei -0,40 mm und das dritte Quartil bei 0,20 mm. Die größte Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 2,6 mm im Vergleich zur „Schieblehre-Methode C“. Die größte Überschätzung betrug 3,8 mm. Die Untergrenze des 2s-Intervalls lag bei -2,35 mm und die Obergrenze bei 1,65 mm. Das 95 % Konfidenzintervall umfasste den Bereich von -0,44 mm bis -0,26 mm (Abb. 16a bis 16c).

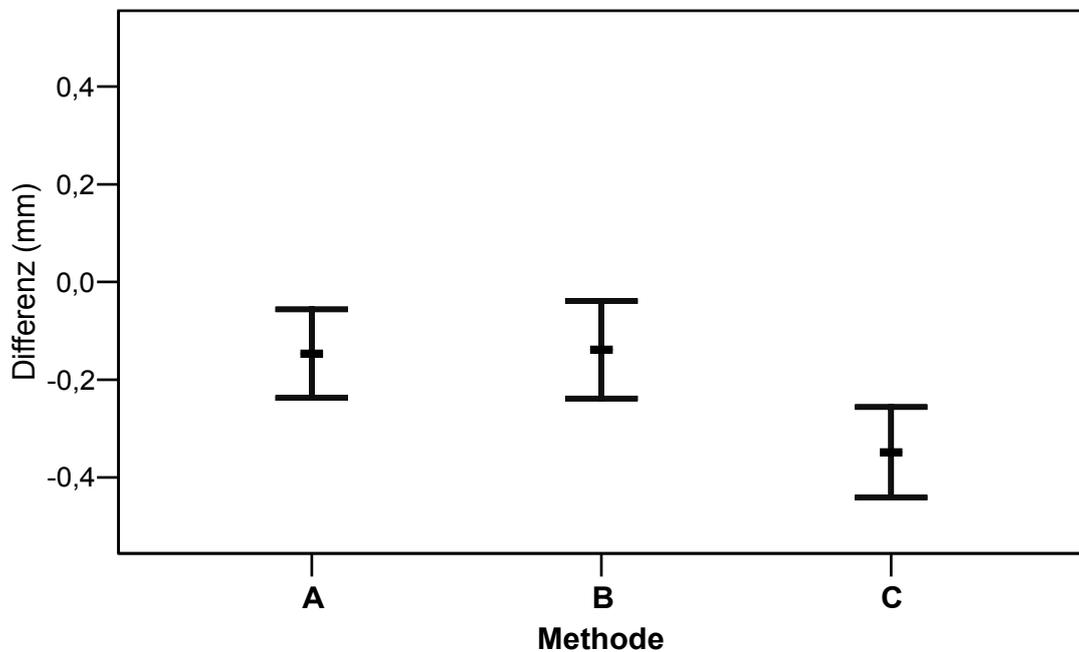
Im Oberkiefer war für die stetigen Werte ein deutlicher Einfluss der Methode aufzeigbar. Da unter der Nullhypothese ( $H_{0, \text{Methode}}: \mu_A = \mu_B = \mu_C$ ) die berechnete Wahrscheinlichkeit für das beobachtete oder ein extremeres Ereignis – noch größere Unterschiede zwischen den Methoden bezüglich der Fehleinschätzung des Engstandes – sehr klein war ( $p_{\text{Methode}} < 0,001$ ), wurde die Nullhypothese abgelehnt, d. h. es wird im Folgenden von einem Unterschied bezüglich der Fehleinschätzung des Engstandes zwischen den Methoden ausgegangen. Mit Hilfe eines Anschluss-tests konnte dann der Hinweis bezüglich eines Unterschieds zwischen den Methoden A und C bzw. B und C, nicht aber zwischen den Methoden A und B aufgezeigt werden (Abb. 16c).



**Abb. 16a:** Differenzen (mm) zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unterteilt in die **Methoden A, B und C** für den **Oberkiefer** (je n = 450) mit Angabe des Minimums, des ersten Quartils, des Medians, des dritten Quartils, des Maximums und der Ausreißer.



**Abb. 16b:** Differenzen (mm) zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unterteilt in die **Methoden A, B und C** für den **Oberkiefer** (je n = 450) mit Angabe des **Mittelwertes** und des zugehörigen **2s-Intervalls**.



**Abb. 16c:** Differenzen (mm) zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unterteilt in die **Methoden A, B und C** für den **Oberkiefer** (je n = 450) mit Angabe des **Mittelwertes** und des zugehörigen **95 % Konfidenzintervalls**.

### Unterkiefer

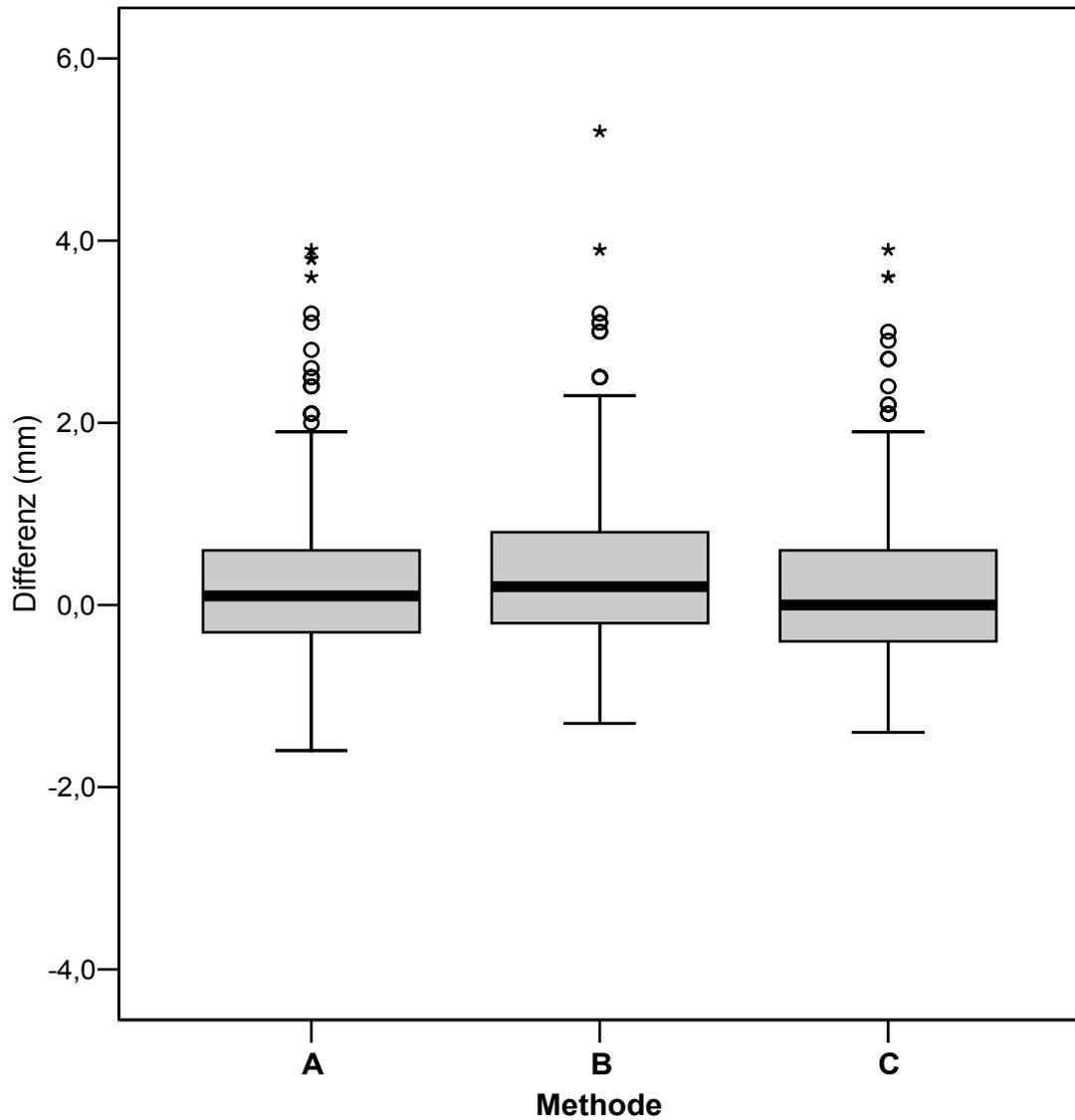
Nach **Methode A** betrug die Differenz zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unter Vernachlässigung des Ausbildungsstandes (Kieferorthopäden, Weiterbildungsassistenten, Studenten) im Mittel 0,22 mm für die 50 Unterkiefermodelle, d. h. im Vergleich mit „Schieblehre-Methode A“ wurde der frontale Engstand durchschnittlich um 0,22 mm überschätzt. Das erste Quartil lag bei -0,30 mm, der Median bei 0,10 mm und das dritte Quartil bei 0,60 mm. Die größte Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,6 mm im Vergleich zur „Schieblehre-Methode A“. Die größte Überschätzung betrug 3,9 mm. Die Untergrenze des 2s-Intervalls lag bei -1,41 mm und die Obergrenze bei 1,86 mm. Das 95 % Konfidenzintervall umfasste den Bereich von 0,15 mm bis 0,30 mm (Abb. 17a bis 17c).

Nach **Methode B** betrug die Differenz zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unter Vernachlässigung des Ausbildungsstandes (Kieferorthopäden, Weiterbildungsassistenten, Studenten) im Mittel 0,36 mm für die 50 Unterkiefermodelle, d. h. im Vergleich mit „Schieblehre-Methode B“ wurde der frontale Engstand durchschnittlich um 0,36 mm überschätzt. Das erste Quartil lag bei -0,20 mm, der Median bei 0,20 mm und das dritte Quartil bei 0,80 mm. Die größte Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,3 mm im Vergleich zur „Schieblehre-Methode B“. Die größte Überschätzung betrug 5,2 mm. Die Untergrenze des 2s-Intervalls lag bei -1,30 mm und die Obergrenze bei 2,02 mm. Das 95 % Konfidenzintervall umfasste den Bereich von 0,28 mm bis 0,44 mm (Abb. 17a bis 17c).

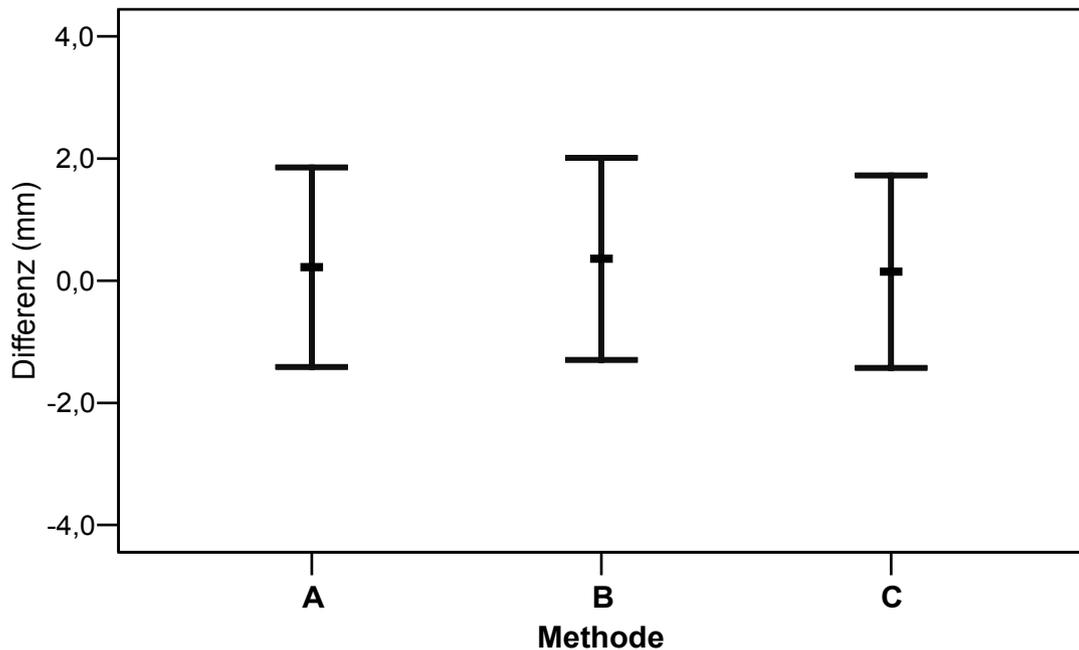
Nach **Methode C** betrug die Differenz zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unter Vernachlässigung des Ausbildungsstandes (Kieferorthopäden, Weiterbildungsassistenten, Studenten) im Mittel 0,15 mm

für die 50 Unterkiefermodelle, d. h. im Vergleich mit „Schieblehre-Methode C“ wurde der frontale Engstand durchschnittlich um 0,15 mm überschätzt. Das erste Quartil lag bei -0,40 mm, der Median bei 0,00 mm und das dritte Quartil bei 0,60 mm. Die größte Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,4 mm im Vergleich zur „Schieblehre-Methode C“. Die größte Überschätzung betrug 3,9 mm. Die Untergrenze des 2s-Intervalls lag bei -1,43 mm und die Obergrenze bei 1,73 mm. Das 95 % Konfidenzintervall umfasste den Bereich von 0,08 mm bis 0,22 mm (Abb. 17a bis 17c).

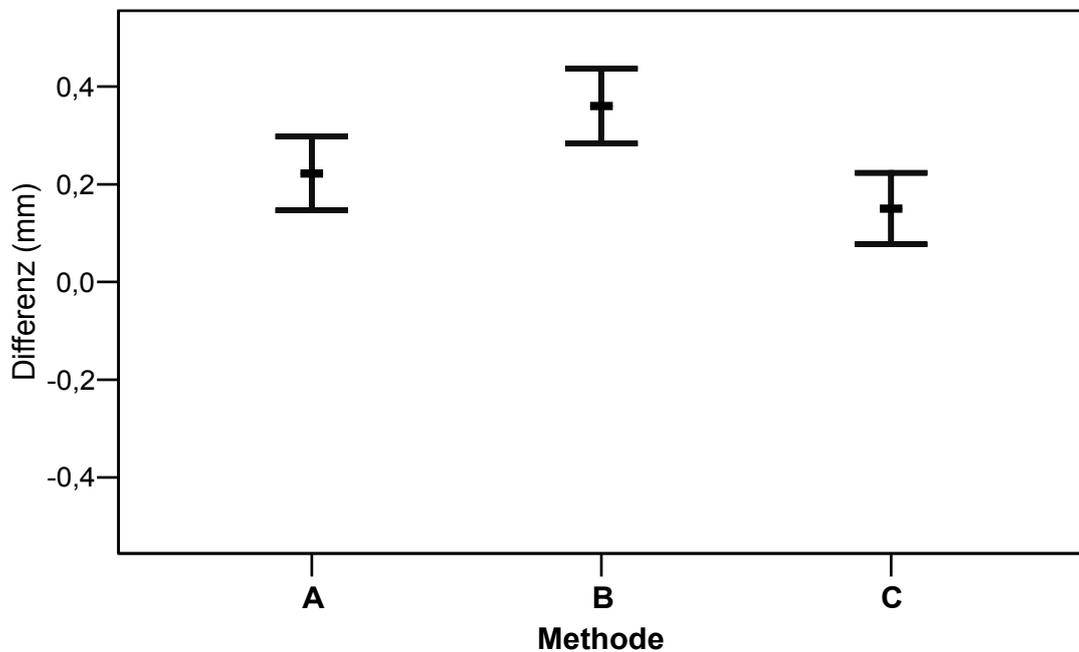
Im Unterkiefer war für die stetigen Werte ein deutlicher Einfluss der Methode aufzeigbar. Da unter der Nullhypothese ( $H_{0, \text{Methode}}: \mu_A = \mu_B = \mu_C$ ) die berechnete Wahrscheinlichkeit für das beobachtete oder ein extremeres Ereignis – noch größere Unterschiede zwischen den Methoden bezüglich der Fehleinschätzung des Engstandes – sehr klein war ( $p_{\text{Methode}} < 0,001$ ), wurde die Nullhypothese abgelehnt, d. h. es wird im Folgenden von einem Unterschied bezüglich der Fehleinschätzung des Engstandes zwischen den Methoden ausgegangen. Mit Hilfe eines Anschluss-tests konnte dann der Hinweis bezüglich eines Unterschieds zwischen den Methoden A und B bzw. B und C, nicht aber zwischen den Methoden A und C aufgezeigt werden (Abb. 17c).



**Abb. 17a:** Differenzen (mm) zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unterteilt in die **Methoden A, B und C** für den **Unterkiefer** (je  $n = 450$ ) mit Angabe des Minimums, des ersten Quartils, des Medians, des dritten Quartils, des Maximums, der Ausreißer und der Extremwerte.



**Abb. 17b:** Differenzen (mm) zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unterteilt in die **Methoden A, B und C** für den **Unterkiefer** (je n = 450) mit Angabe des **Mittelwertes** und des zugehörigen **2s-Intervalls**.



**Abb. 17c:** Differenzen (mm) zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unterteilt in die **Methoden A, B und C** für den **Unterkiefer** (je n = 450) mit Angabe des **Mittelwertes** und des zugehörigen **95 % Konfidenzintervalls**.

## 5.2.2 Ausbildungsstand der Untersucher

Bei der Untersuchung des Ausbildungsstandes (Kieferorthopäden, Weiterbildungsassistenten und Studenten) ergab sich jeweils ein Stichprobenumfang von  $n = 450$ , da 50 Ober- bzw. Unterkiefermodelle von drei Untersuchern gleichen Ausbildungsstandes visuell beurteilt wurden und mit den „Schieblehre-Methoden A, B und C“ verglichen wurden, d. h. gemittelt wurde über die Person innerhalb des Ausbildungsstandes und über die Methoden. Da es aus klinischer Sicht wegen der Konsequenzen einer Fehlbeurteilung nicht so entscheidend ist, wie groß die Fehleinschätzung im Mittel ist, sondern in welchen Bereichen der Fehler schwanken kann, wurden in den folgenden Abbildungen 18a bis 19c insbesondere die Bereiche mit deren Hilfe die Dispersion beschrieben werden kann, dargestellt.

### Oberkiefer

Für die **Kieferorthopäden** betrug die Differenz zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unter Vernachlässigung der verschiedenen Methoden A, B und C im Mittel 0,22 mm für die 50 Oberkiefermodelle, d. h. die Kieferorthopäden überschätzten den frontalen Engstand durchschnittlich um 0,22 mm. Das erste Quartil lag bei -0,40 mm, der Median bei 0,10 mm und das dritte Quartil bei 0,80 mm. Die größte Unterschätzung des frontalen Engstandes durch die Kieferorthopäden betrug 2,1 mm im Vergleich zu den „Schieblehre-Methoden A, B und C“. Die größte Überschätzung betrug 3,8 mm. Die Untergrenze des 2s-Intervalls lag bei -1,71 mm und die Obergrenze bei 2,15 mm. Das 95 % Konfidenzintervall umfasste den Bereich von 0,13 mm bis 0,31 mm (Abb. 18a bis 18c).

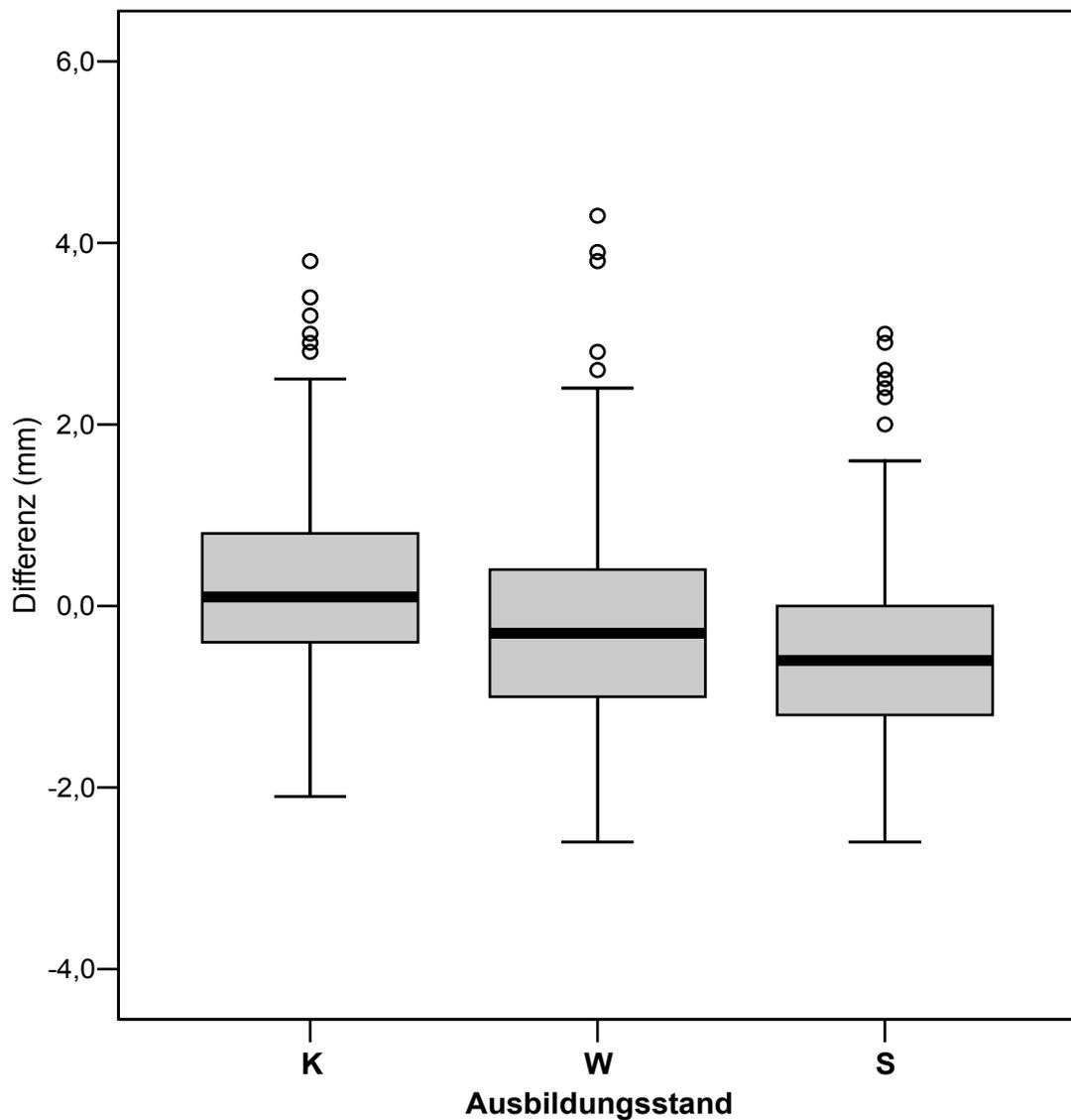
Für die **Weiterbildungsassistenten** betrug die Differenz zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und

berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unter Vernachlässigung der verschiedenen Methoden A, B und C im Mittel -0,26 mm für die 50 Oberkiefermodelle, d. h. die Weiterbildungsassistenten unterschätzten den frontalen Engstand durchschnittlich um 0,26 mm. Das erste Quartil lag bei -1,00 mm, der Median bei -0,30 mm und das dritte Quartil bei 0,40 mm. Die größte Unterschätzung des frontalen Engstandes durch die Weiterbildungsassistenten betrug 2,6 mm im Vergleich zu den „Schieblehre-Methoden A, B und C“. Die größte Überschätzung betrug 4,3 mm. Die Untergrenze des 2s-Intervalls lag bei -2,33 mm und die Obergrenze bei 1,80 mm. Das 95 % Konfidenzintervall umfasste den Bereich von -0,36 mm bis -0,17 mm (Abb. 18a bis 18c).

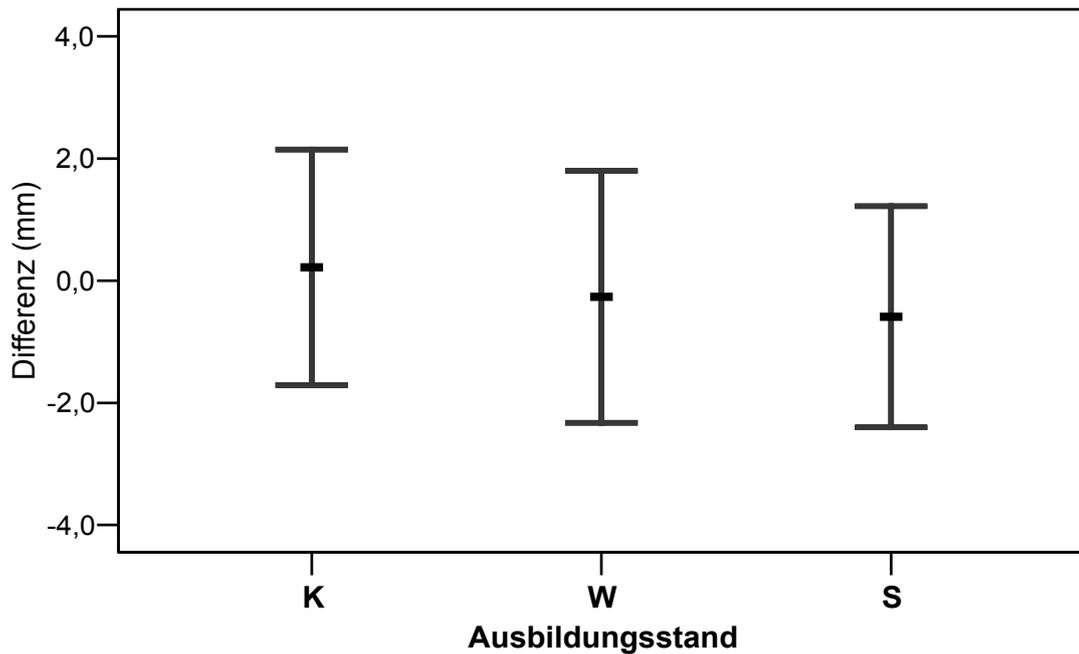
Für die **Studenten** betrug die Differenz zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unter Vernachlässigung der verschiedenen Methoden A, B und C im Mittel -0,59 mm für die 50 Oberkiefermodelle, d. h. die Studenten unterschätzten den frontalen Engstand durchschnittlich um 0,59 mm. Das erste Quartil lag bei -1,20 mm, der Median bei -0,60 mm und das dritte Quartil bei 0,00 mm. Die größte Unterschätzung des frontalen Engstandes durch die Studenten betrug 2,6 mm im Vergleich zu den „Schieblehre-Methoden A, B und C“. Die größte Überschätzung betrug 3,0 mm. Die Untergrenze des 2s-Intervalls lag bei -2,40 mm und die Obergrenze bei 1,22 mm. Das 95 % Konfidenzintervall umfasste den Bereich von -0,67 mm bis -0,51 mm (Abb. 18a bis 18c).

Im Oberkiefer war für die stetigen Werte ein deutlicher Einfluss des Ausbildungsstandes aufzeigbar. Da unter der Nullhypothese ( $H_0, \text{Ausbildungsstand: } \mu_K = \mu_W = \mu_S$ ) die berechnete Wahrscheinlichkeit für das beobachtete oder ein extremeres Ereignis sehr klein war ( $p_{\text{Ausbildungsstand}} < 0,001$ ), wurde die Nullhypothese abgelehnt, d. h. es wurde im Folgenden von einem Unterschied bezüglich der Fehleinschätzung des Engstandes zwischen den Untersuchern verschiedenen Ausbildungsstandes ausgegangen. Mit Hilfe eines Anschluss-tests konnte dann der Hinweis bezüglich eines Unterschieds

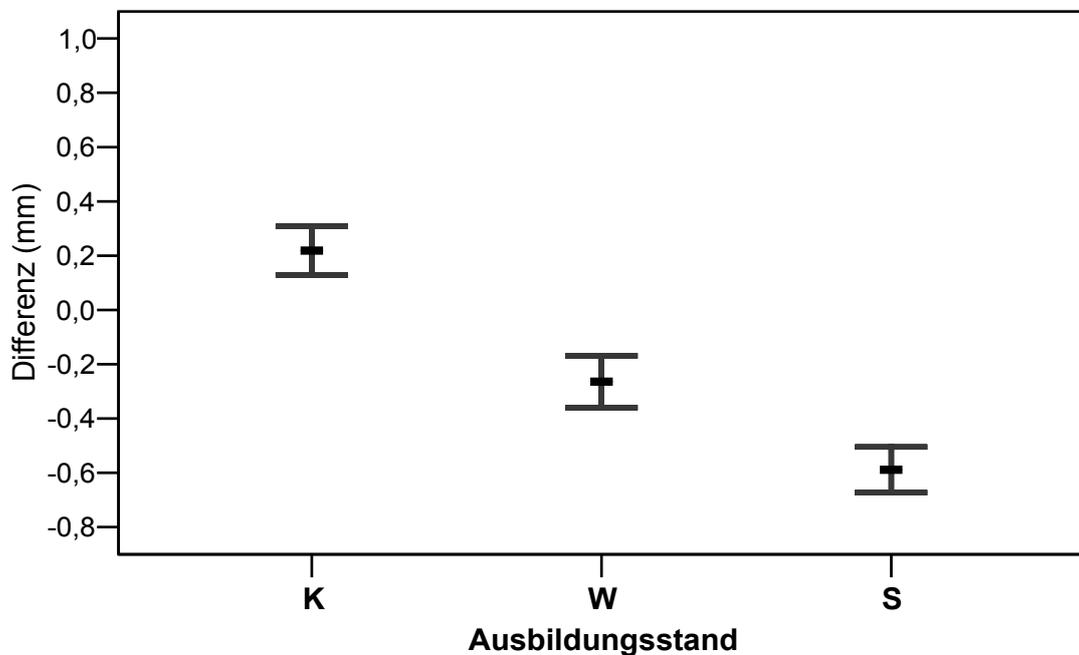
zwischen den einzelnen Untersuchergruppen immer noch aufgezeigt werden (Abb. 18c).



**Abb. 18a:** Differenzen (mm) zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unterteilt nach **Kieferorthopäden (K)**, **Weiterbildungsassistenten (W)** und **Studenten (S)** für den **Oberkiefer** (je n = 450) mit Angabe des Minimums, des ersten Quartils, des Medians, des dritten Quartils, des Maximums und der Ausreißer.



**Abb. 18b:** Differenzen (mm) zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unterteilt nach **Kieferorthopäden (K)**, **Weiterbildungsassistenten (W)** und **Studenten (S)** für den **Oberkiefer** (je n = 450) mit Angabe des **Mittelwertes** und des zugehörigen **2s-Intervalls**.



**Abb. 18c:** Differenzen (mm) zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unterteilt nach **Kieferorthopäden (K)**, **Weiterbildungsassistenten (W)** und **Studenten (S)** für den **Oberkiefer** (je n = 450) mit Angabe des **Mittelwertes** und des zugehörigen **95 % Konfidenzintervalls**.

### Unterkiefer

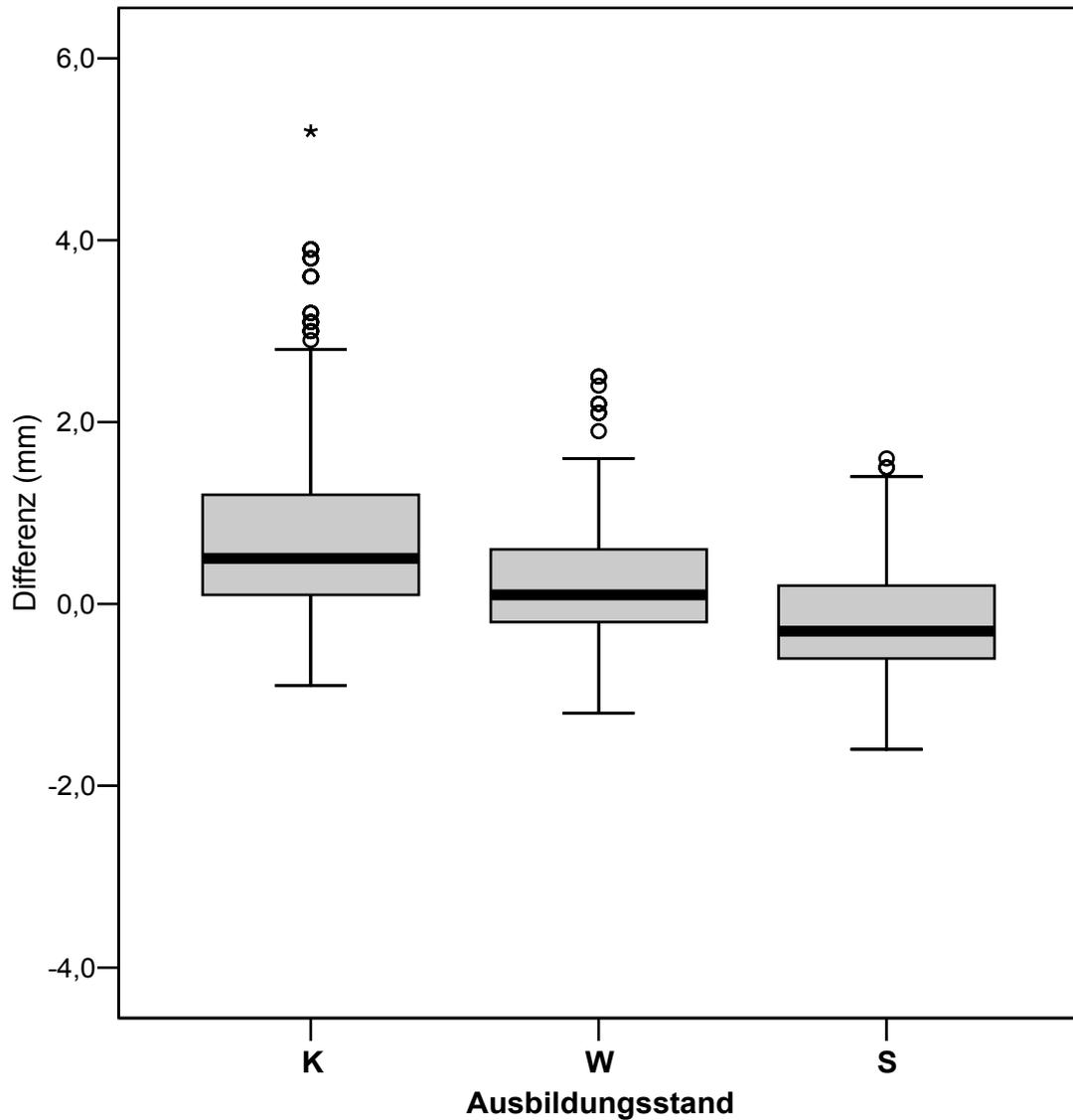
Für die **Kieferorthopäden** betrug die Differenz zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unter Vernachlässigung der verschiedenen Methoden A, B und C im Mittel 0,73 mm für die 50 Unterkiefermodelle, d. h. die Kieferorthopäden überschätzten den frontalen Engstand durchschnittlich um 0,73 mm. Das erste Quartil lag bei 0,10 mm, der Median bei 0,50 mm und das dritte Quartil bei 1,20 mm. Die größte Unterschätzung des frontalen Engstandes durch die Kieferorthopäden betrug 0,9 mm im Vergleich zu den „Schieblehre-Methoden A, B und C“. Die größte Überschätzung betrug 5,2 mm. Die Untergrenze des 2s-Intervalls lag bei -1,12 mm und die Obergrenze bei 2,58 mm. Das 95 % Konfidenzintervall umfasste den Bereich von 0,64 mm bis 0,81 mm (Abb. 19a bis 19c).

Für die **Weiterbildungsassistenten** betrug die Differenz zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unter Vernachlässigung der verschiedenen Methoden A, B und C im Mittel 0,19 mm für die 50 Unterkiefermodelle, d. h. die Weiterbildungsassistenten überschätzten den frontalen Engstand durchschnittlich um 0,19 mm. Das erste Quartil lag bei -0,20 mm, der Median bei 0,10 mm und das dritte Quartil bei 0,60 mm. Die größte Unterschätzung des frontalen Engstandes durch die Weiterbildungsassistenten betrug 1,2 mm im Vergleich zu den „Schieblehre-Methoden A, B und C“. Die größte Überschätzung betrug 2,5 mm. Die Untergrenze des 2s-Intervalls lag bei -1,03 mm und die Obergrenze bei 1,41 mm. Das 95 % Konfidenzintervall umfasste den Bereich von 0,13 mm bis 0,25 mm (Abb. 19a bis 19c).

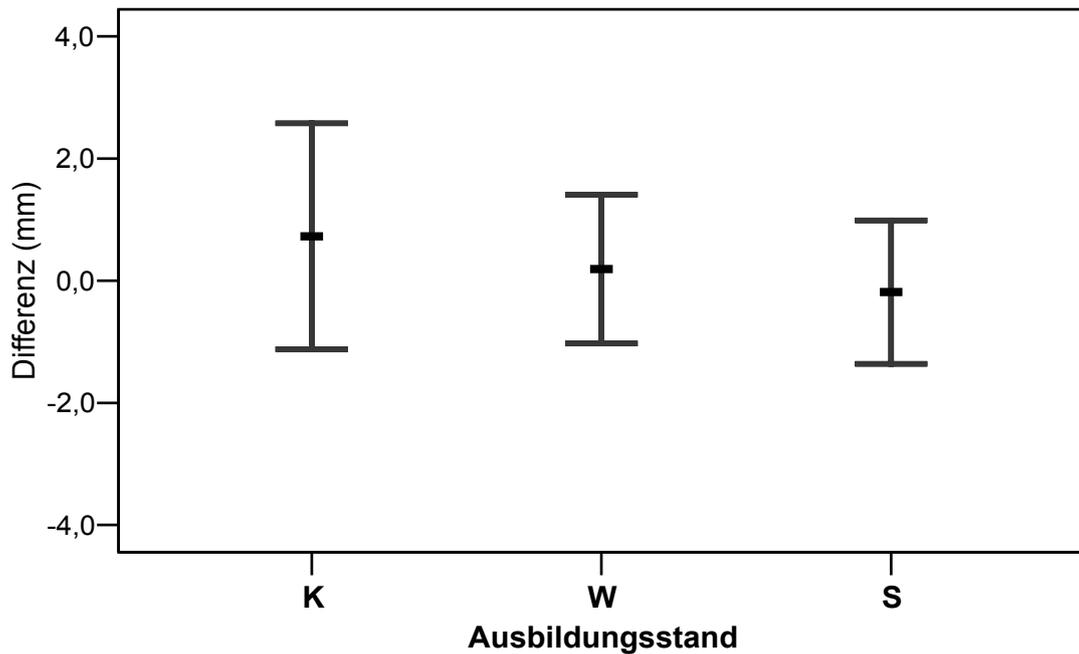
Für die **Studenten** betrug die Differenz zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unter Vernachlässigung der verschiedenen Methoden A, B und C im Mittel -0,19 mm für die 50 Unterkiefermodelle, d. h. die

Studenten unterschätzten den frontalen Engstand durchschnittlich um 0,19 mm. Das erste Quartil lag bei -0,60 mm, der Median bei -0,30 mm und das dritte Quartil bei 0,20 mm. Die größte Unterschätzung des frontalen Engstandes durch die Studenten betrug 1,6 mm im Vergleich zu den „Schieblehre-Methoden A, B und C“. Die größte Überschätzung betrug 1,6 mm. Die Untergrenze des 2s-Intervalls lag bei -1,36 mm und die Obergrenze bei 0,99 mm. Das 95 % Konfidenzintervall umfasste den von -0,24 mm bis -0,13 mm (Abb. 19 a bis 19c).

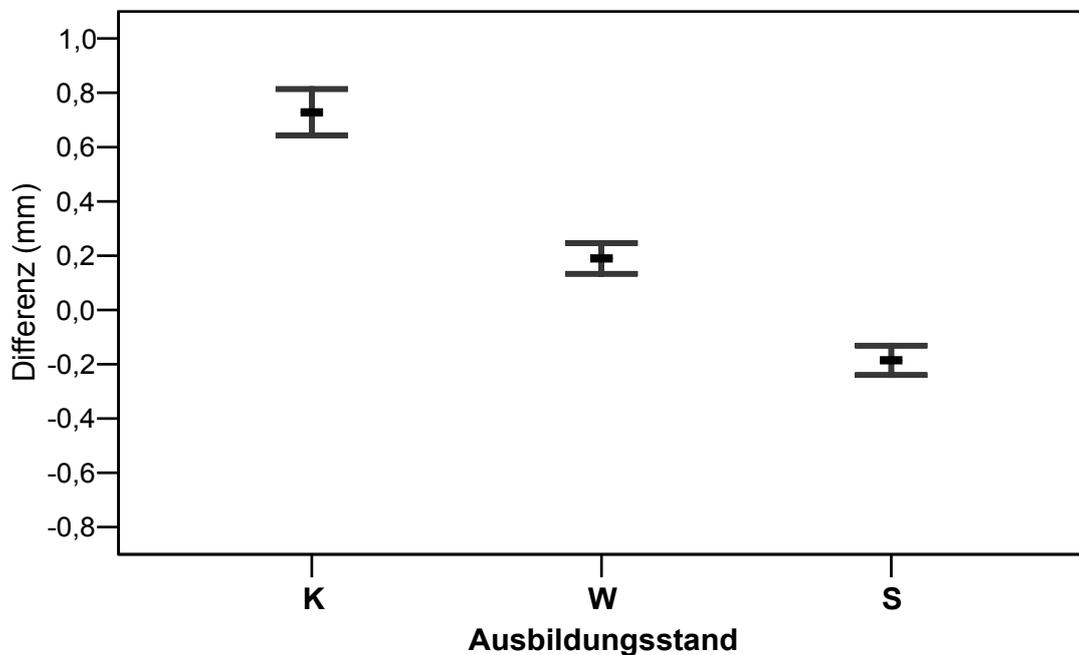
Im Unterkiefer war für die stetigen Werte ein deutlicher Einfluss des Ausbildungsstandes aufzeigbar. Da unter der Nullhypothese ( $H_{0, \text{Ausbildungsstand}}: \mu_K = \mu_W = \mu_S$ ) die berechnete Wahrscheinlichkeit für das beobachtete oder ein extremeres Ereignis sehr klein war ( $p_{\text{Ausbildungsstand}} < 0,001$ ), wurde die Nullhypothese abgelehnt, d. h. es wurde im Folgenden von einem Unterschied bezüglich der Fehleinschätzung des Engstandes zwischen den Untersuchern verschiedenen Ausbildungsstandes ausgegangen. Mit Hilfe eines Anschluss-tests konnte dann der Hinweis bezüglich eines Unterschieds zwischen den einzelnen Untersuchergruppen immer noch aufgezeigt werden (Abb. 19c).



**Abb. 19a:** Differenzen (mm) zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unterteilt nach **Kieferorthopäden (K)**, **Weiterbildungsassistenten (W)** und **Studenten (S)** für den **Unterkiefer** (je n = 450) mit Angabe des Minimums, des ersten Quartils, des Medians, des dritten Quartils, des Maximums, der Ausreißer und des Extremwertes.



**Abb. 19b:** Differenzen (mm) zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unterteilt nach **Kieferorthopäden (K)**, **Weiterbildungsassistenten (W)** und **Studenten (S)** für den **Unterkiefer** (je n = 450) mit Angabe des **Mittelwertes** und des zugehörigen **2s-Intervalls**.



**Abb. 19c:** Differenzen (mm) zwischen dem geschätzten Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten Engstand („Schieblehre-Methode“) unterteilt nach **Kieferorthopäden (K)**, **Weiterbildungsassistenten (W)** und **Studenten (S)** für den **Unterkiefer** (je n = 450) mit Angabe des **Mittelwertes** und des zugehörigen **95 % Konfidenzintervalls**.

### **5.3 Differenzen zwischen dem geschätzten frontalen Engstand („Visuelle-Methode“) und dem gemessenen und berechneten frontalen Engstand („Schieblehre-Methode“) unter Berücksichtigung der klinischen Relevanz**

Die Abweichungen des geschätzten frontalen Engstandes („Visuelle-Methode“) von den gemessenen und berechneten Werten („Schieblehre-Methoden“) nach den Methoden A, B und C (in den Grafiken als Nulllinie markiert) wurden für jeden Kieferorthopäden (K1, K2, K3), Weiterbildungsassistenten der Fachrichtung Kieferorthopädie (W1, W2, W3) und Studenten der Zahnmedizin (S1, S2, S3) getrennt nach Ober- und Unterkiefer dargestellt (Abb. 20a bis 37c). Die Parameter „klinisch nicht relevanter Bereich“ von  $\pm 1,0$  mm und „klinisch relevanter Bereich“ in Form von Unterschätzungen (kleiner als  $-1,0$  mm) und Überschätzungen (größer als  $+1,0$  mm) wurden aufgeführt. Die richtigen Bewertungen und Fehlbeurteilungen des frontalen Engstandes durch die einzelnen Untersucher, sowie die individuellen maximalen Abweichungen der Schätzergebnisse von den gemessenen und berechneten Werten wurden in den Diagrammen als Säulen abgebildet, wobei immer mit der maximalen Unterschätzung begonnen wurde. Die Reihenfolge der 50 Ober- bzw. Unterkiefermodelle ist deshalb in den Abbildungen nicht identisch.

#### **5.3.1 Kieferorthopäden**

In den Abbildungen 20a bis 22c werden die Differenzen zwischen den Abschätzungen des frontalen Engstandes durch die Kieferorthopäden (K1, K2, K3) und dem gemessenen und berechneten frontalen Engstand (Nulllinie) nach den Methoden A, B und C für die jeweils 50 Oberkiefermodelle ( $n = 50$ ) einzeln dargestellt. In den Abbildungen 23a bis 25c werden die Werte für den Unterkiefer dargestellt.

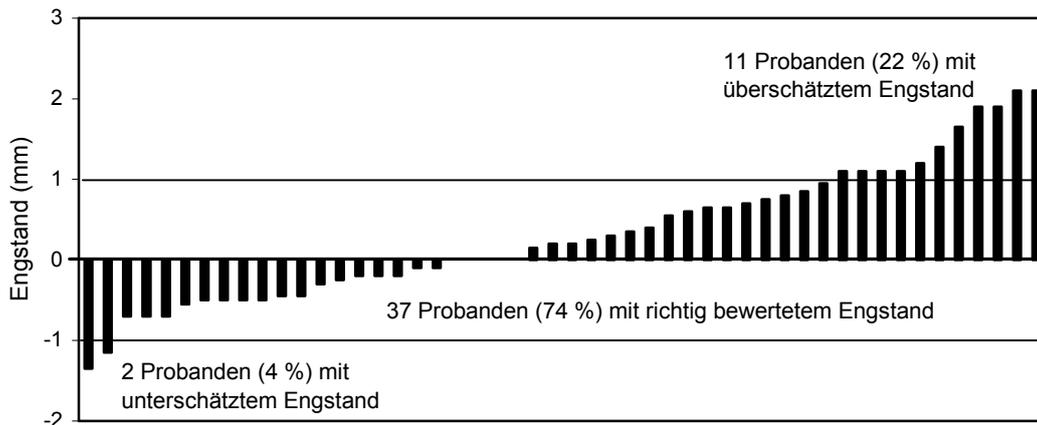
### **Kieferorthopäde 1 – Oberkiefer**

Nach **Methode A** war vom Kieferorthopäden 1 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei zwei Probanden (4 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 37 Probanden (74 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei elf Probanden (22 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,4 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 2,1 mm (Abb. 20a).

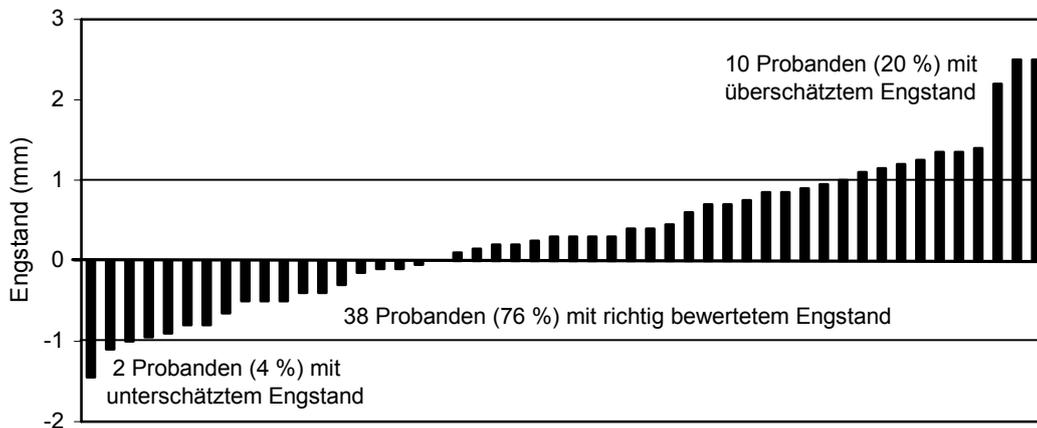
Nach **Methode B** war vom Kieferorthopäden 1 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei zwei Probanden (4 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 38 Probanden (76 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei zehn Probanden (20 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,5 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 2,5 mm (Abb. 20b).

Nach **Methode C** war vom Kieferorthopäden 1 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei zwei Probanden (4 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 44 Probanden (88 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei vier Probanden (8 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,7 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 2,0 mm (Abb. 20c).

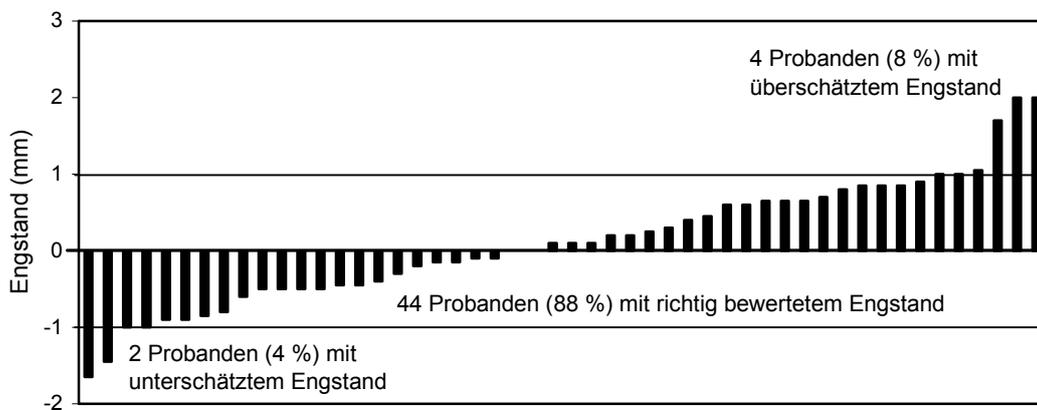
## Ergebnisse



**Abb. 20a: Kieferorthopäde 1, Methode A:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 20b: Kieferorthopäde 1, Methode B:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 20c: Kieferorthopäde 1, Methode C:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.

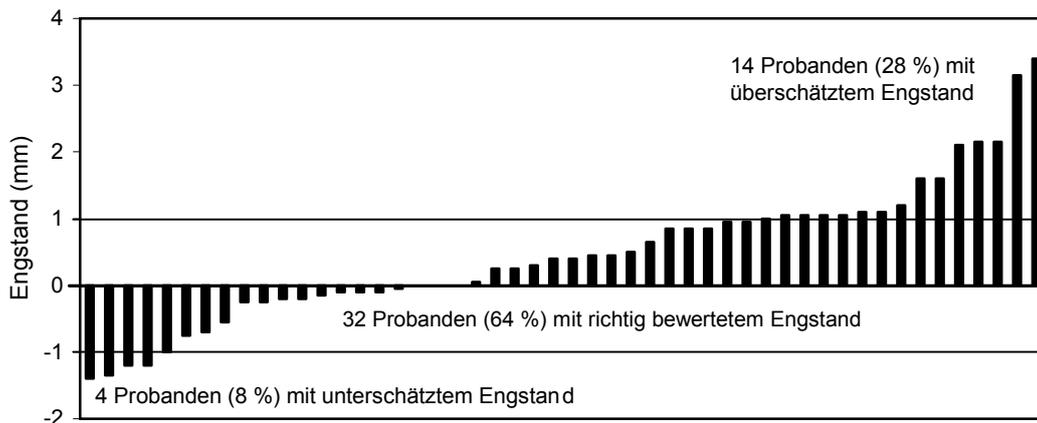
### **Kieferorthopäde 2 – Oberkiefer**

Nach **Methode A** war vom Kieferorthopäden 2 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei vier Probanden (8 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 32 Probanden (64 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei 14 Probanden (28 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,4 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 3,4 mm (Abb. 21a).

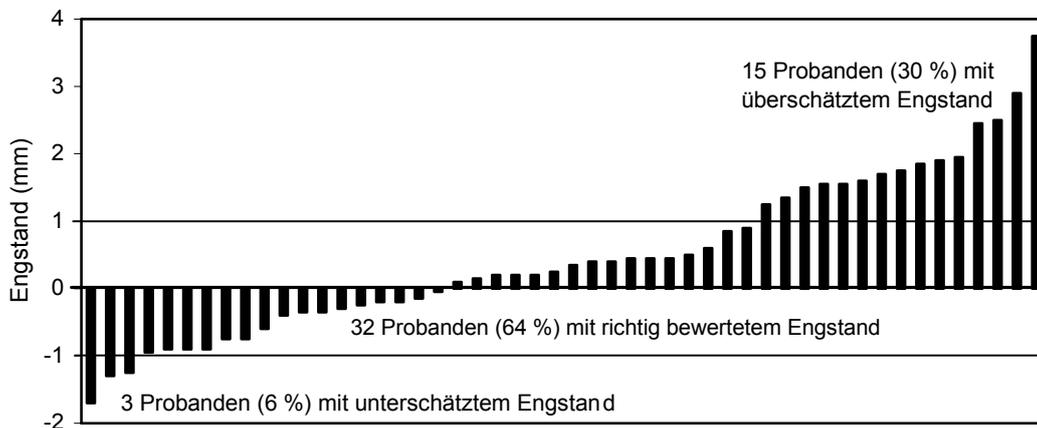
Nach **Methode B** war vom Kieferorthopäden 2 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei drei Probanden (6 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 32 Probanden (64 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei 15 Probanden (30 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,7 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 3,8 mm (Abb. 21b).

Nach **Methode C** war vom Kieferorthopäden 2 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei sechs Probanden (12 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 30 Probanden (60 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei 14 Probanden (28 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,9 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 3,0 mm (Abb. 21c).

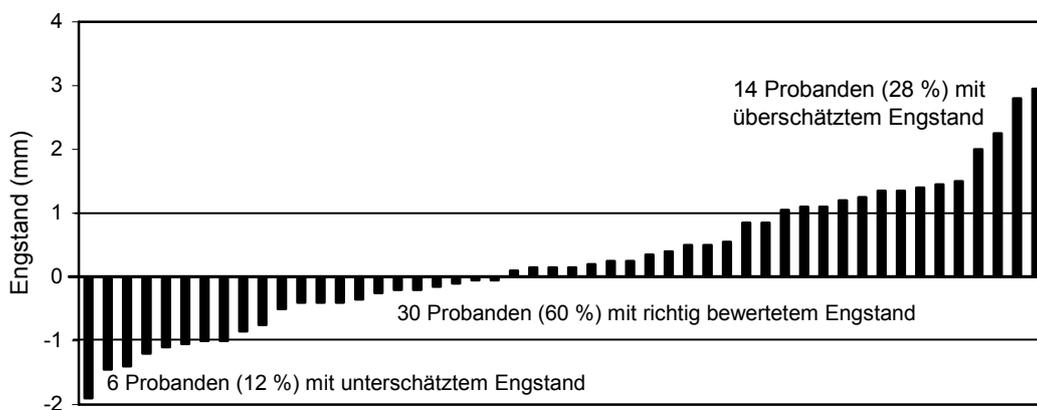
## Ergebnisse



**Abb. 21a: Kieferorthopäde 2, Methode A:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 21b: Kieferorthopäde 2, Methode B:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 21c: Kieferorthopäde 2, Methode C:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.

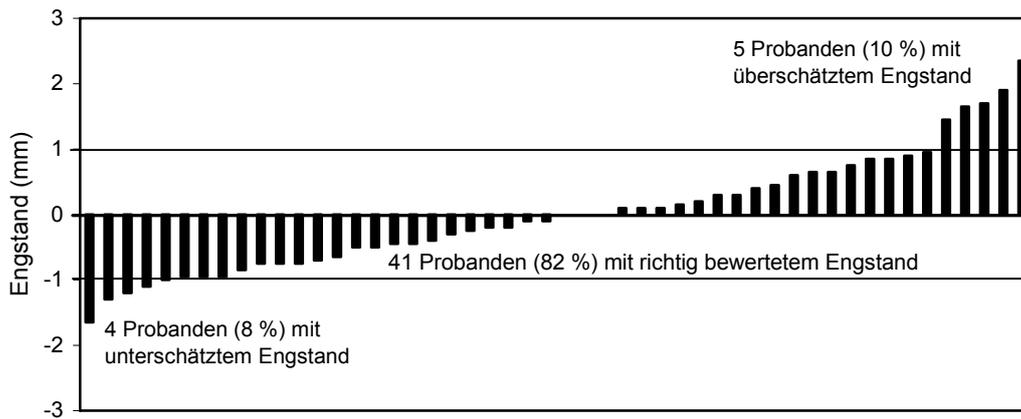
### **Kieferorthopäde 3 – Oberkiefer**

Nach **Methode A** war vom Kieferorthopäden 3 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei vier Probanden (8 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 41 Probanden (82 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei fünf Probanden (10 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,7 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 2,4 mm (Abb. 22a).

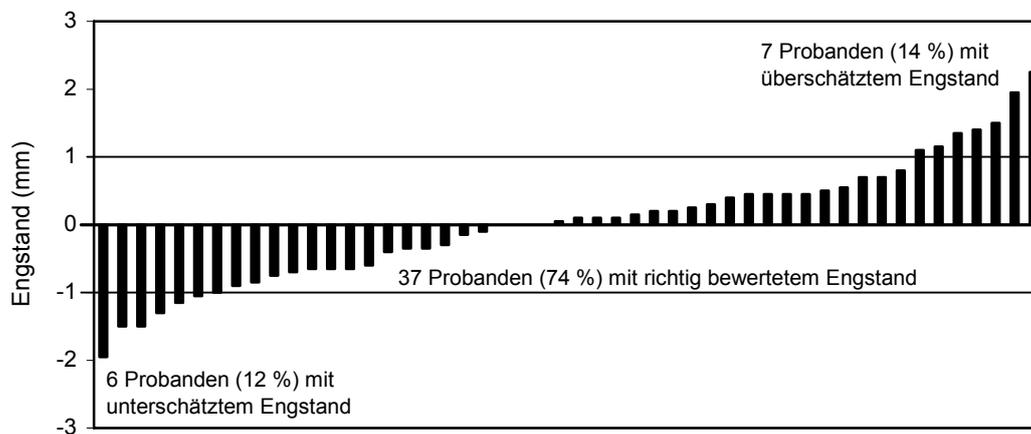
Nach **Methode B** war vom Kieferorthopäden 3 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei sechs Probanden (12 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 37 Probanden (74 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei sieben Probanden (14 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 2,0 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 2,3 mm (Abb. 22b).

Nach **Methode C** war vom Kieferorthopäden 3 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei acht Probanden (16 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 38 Probanden (76 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei vier Probanden (8 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 2,2 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,9 mm (Abb. 22c).

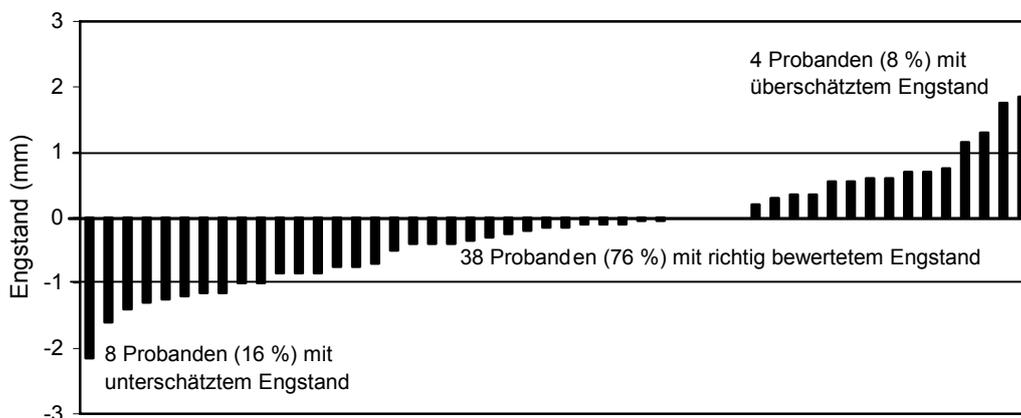
## Ergebnisse



**Abb. 22a: Kieferorthopäde 3, Methode A:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 22b: Kieferorthopäde 3, Methode B:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



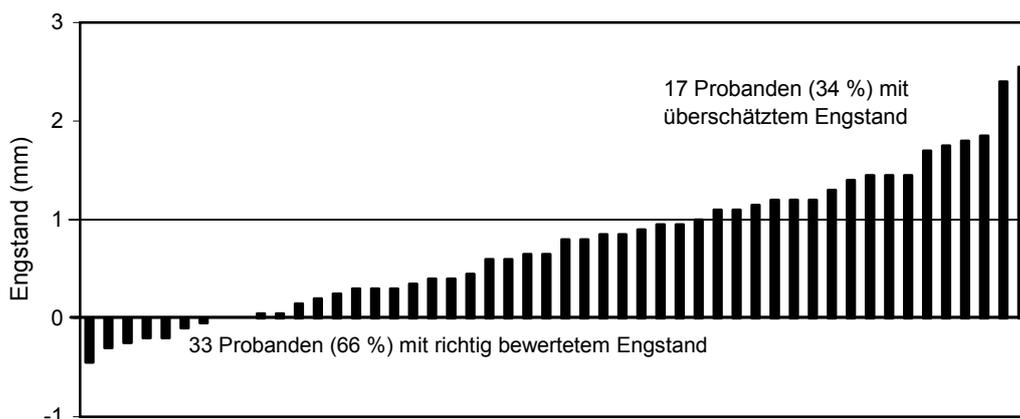
**Abb. 22c: Kieferorthopäde 3, Methode C:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.

### **Kieferorthopäde 1 – Unterkiefer**

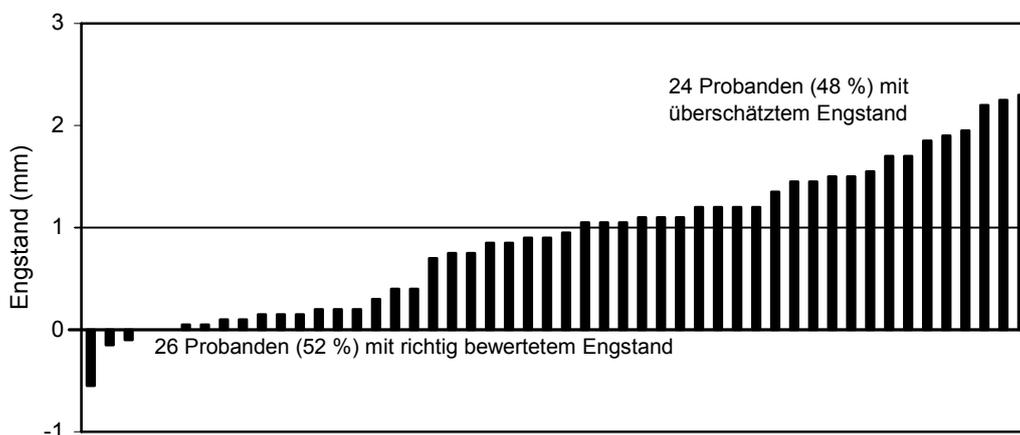
Nach **Methode A** war vom Kieferorthopäden 1 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei keinem Probanden (0 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 33 Probanden (66 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei 17 Probanden (34 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 0,5 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 2,6 mm (Abb. 23a).

Nach **Methode B** war vom Kieferorthopäden 1 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei keinem Probanden (0 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 26 Probanden (52 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei 24 Probanden (48 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 0,6 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 2,3 mm (Abb. 23b).

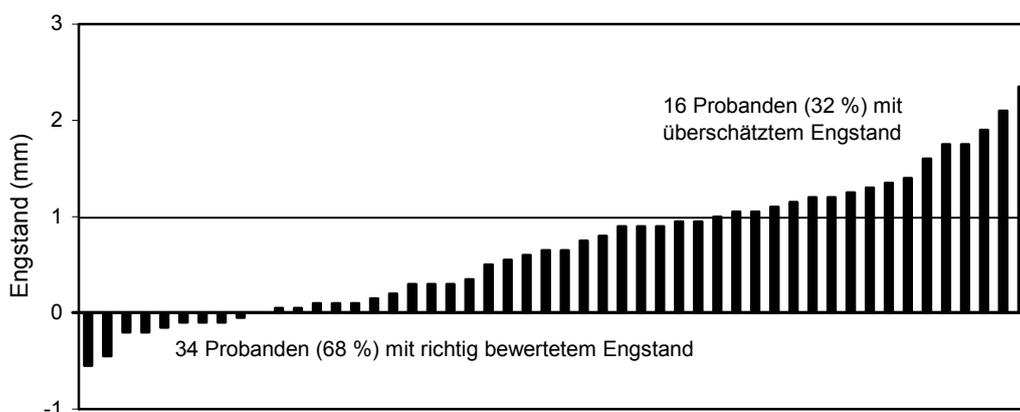
Nach **Methode C** war vom Kieferorthopäden 1 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei keinem Probanden (0 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 34 Probanden (68 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei 16 Probanden (32 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 0,6 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 2,4 mm (Abb. 23c).



**Abb. 23a: Kieferorthopäde 1, Methode A:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 23b: Kieferorthopäde 1, Methode B:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 23c: Kieferorthopäde 1, Methode C:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.

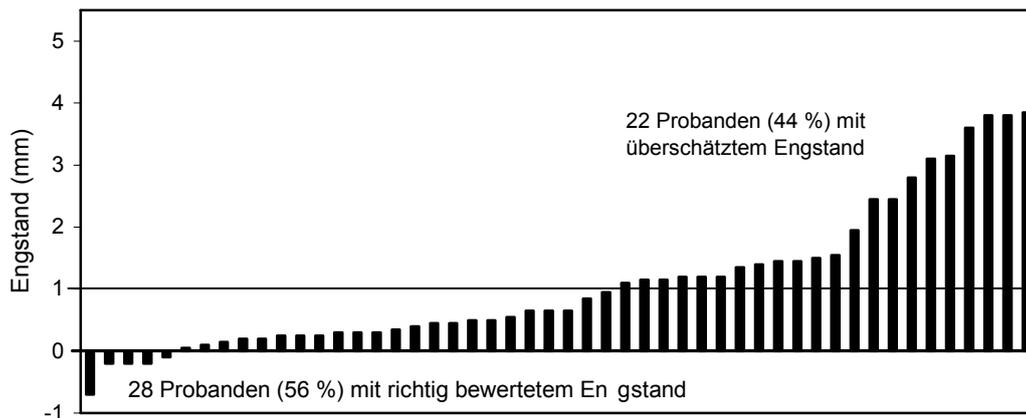
## **Kieferorthopäde 2 – Unterkiefer**

Nach **Methode A** war vom Kieferorthopäden 2 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei keinem Probanden (0 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 28 Probanden (56 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei 22 Probanden (44 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 0,7 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 3,9 mm (Abb. 24a).

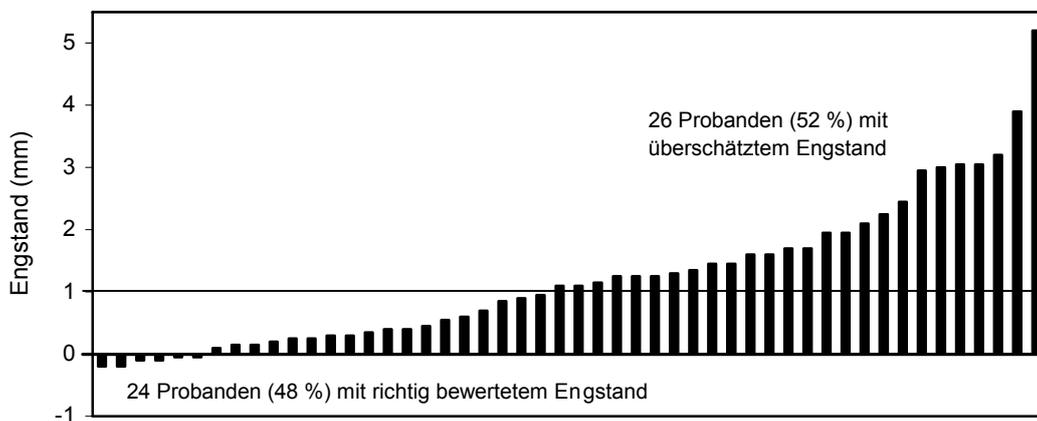
Nach **Methode B** war vom Kieferorthopäden 2 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei keinem Probanden (0 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 24 Probanden (48 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei 26 Probanden (52 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 0,2 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 5,2 mm (Abb. 24b).

Nach **Methode C** war vom Kieferorthopäden 2 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei keinem Probanden (0 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 27 Probanden (54 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei 23 Probanden (46 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 0,7 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 3,9 mm (Abb. 24c).

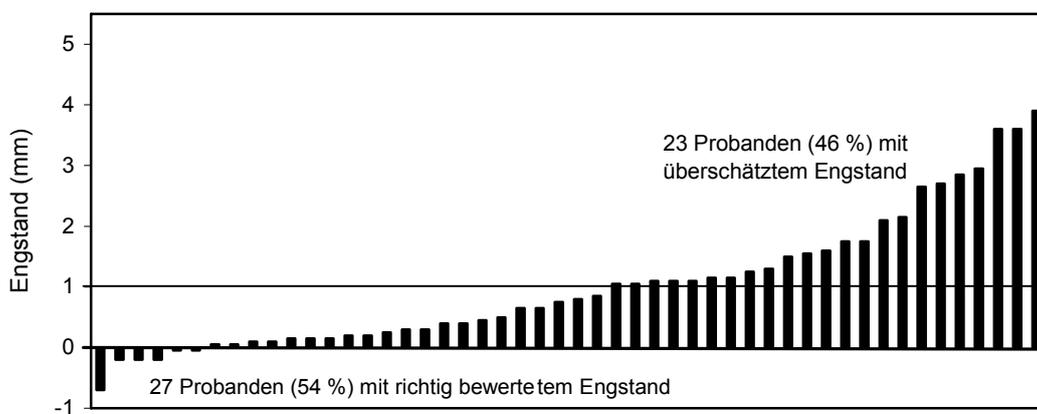
## Ergebnisse



**Abb. 24a: Kieferorthopäde 2, Methode A:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 24b: Kieferorthopäde 2, Methode B:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 24c: Kieferorthopäde 2, Methode C:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.

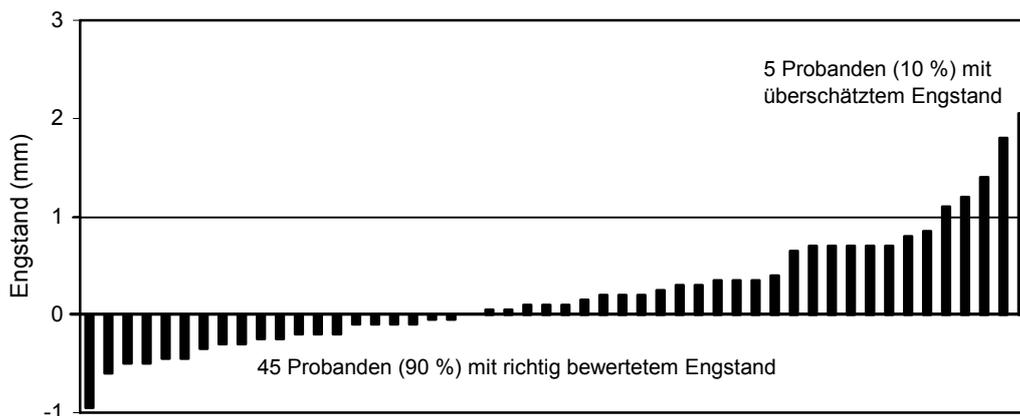
### **Kieferorthopäde 3 – Unterkiefer**

Nach **Methode A** war vom Kieferorthopäden 3 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei keinem Probanden (0 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 45 Probanden (90 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei fünf Probanden (10 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,0 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 2,1 mm (Abb. 25a).

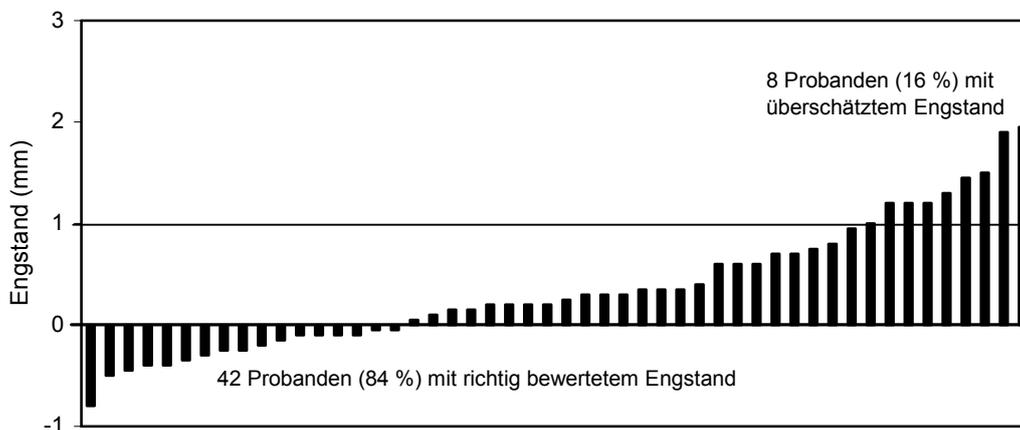
Nach **Methode B** war vom Kieferorthopäden 3 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei keinem Probanden (0 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 42 Probanden (84 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei acht Probanden (16 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 0,8 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 2,0 mm (Abb. 25b).

Nach **Methode C** war vom Kieferorthopäden 3 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei keinem Probanden (0 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 46 Probanden (92 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei vier Probanden (8 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,0 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,9 mm (Abb. 25c).

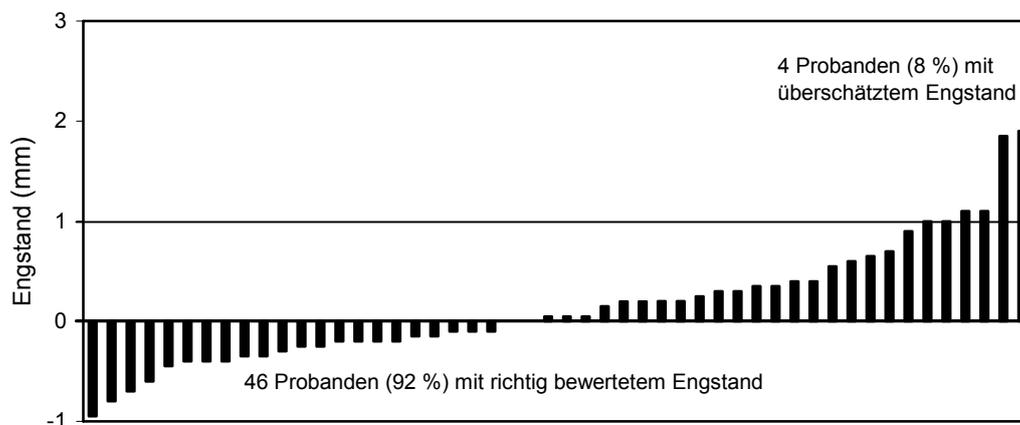
## Ergebnisse



**Abb. 25a: Kieferorthopäde 3, Methode A:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 25b: Kieferorthopäde 3, Methode B:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 25c: Kieferorthopäde 3, Methode C:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.

### 5.3.2 Weiterbildungsassistenten der Fachrichtung Kieferorthopädie

In den Abbildungen 26a bis 28c werden die Differenzen zwischen den Abschätzungen des frontalen Engstandes durch die Weiterbildungsassistenten der Fachrichtung Kieferorthopädie (W1, W2, W3) und dem gemessenen und berechneten frontalen Engstand (Nulllinie) nach den Methoden A, B und C, für die jeweils 50 Oberkiefermodelle ( $n = 50$ ) einzeln dargestellt. In den Abbildungen 29a bis 31c werden die Werte für den Unterkiefer dargestellt.

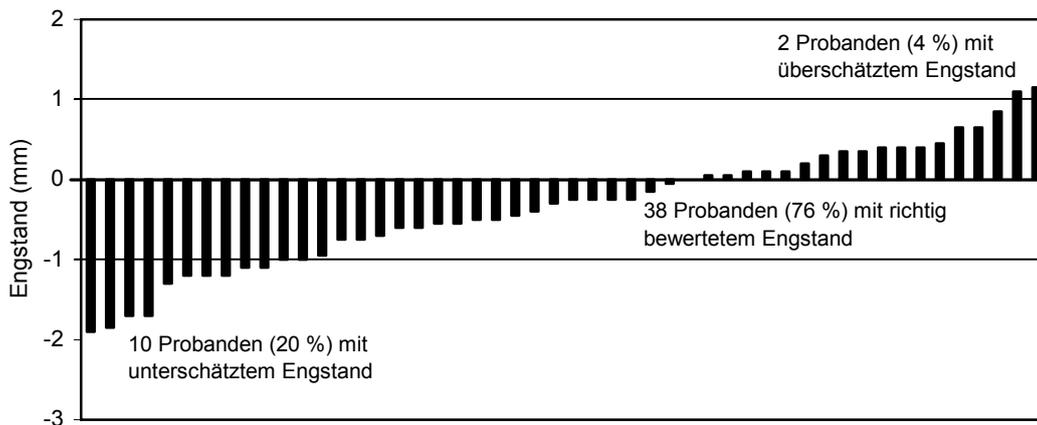
#### Weiterbildungsassistent 1 – Oberkiefer

Nach **Methode A** war vom Weiterbildungsassistenten 1 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei zehn Probanden (20 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 38 Probanden (76 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei zwei Probanden (4 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,9 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,2 mm (Abb. 26a).

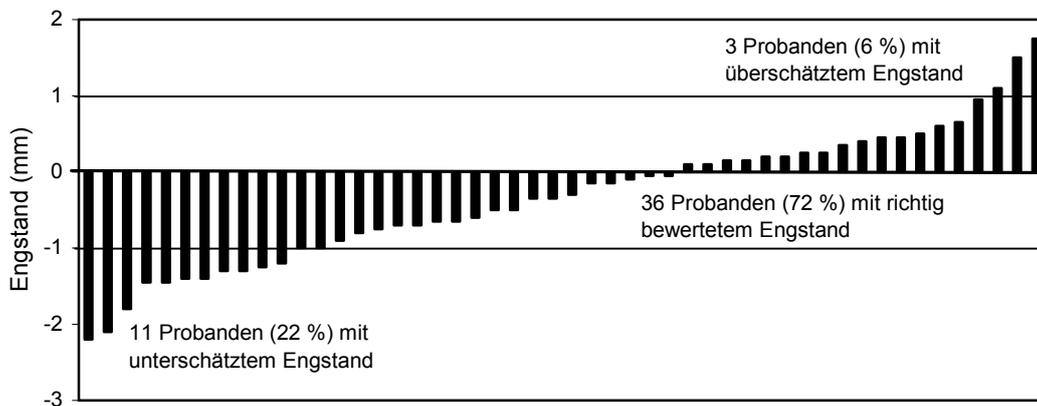
Nach **Methode B** war vom Weiterbildungsassistenten 1 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei elf Probanden (22 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 36 Probanden (72 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei drei Probanden (6 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 2,2 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,8 mm (Abb. 26b).

Nach **Methode C** war vom Weiterbildungsassistenten 1 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei 15 Probanden (30 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 35 Probanden (70 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei keinem Probanden (0 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 2,4 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,0 mm (Abb. 26c).

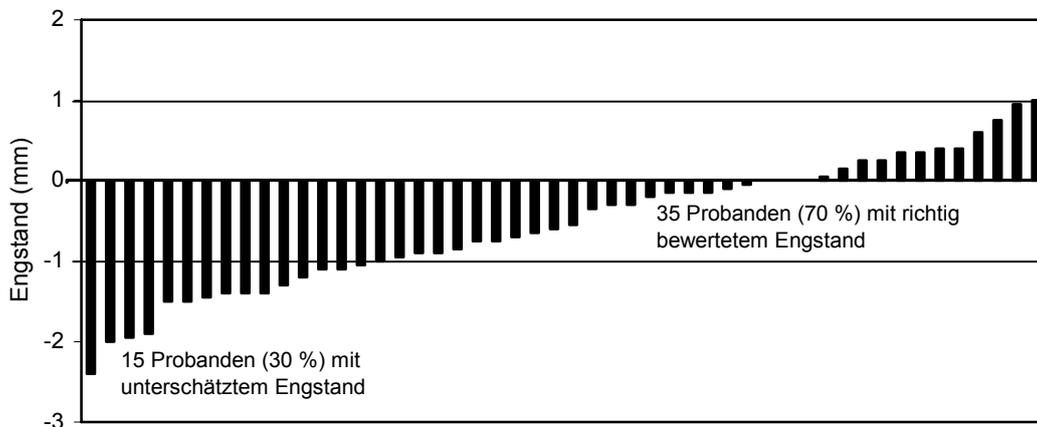
## Ergebnisse



**Abb. 26a: Weiterbildungsassistent 1, Methode A:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 26b: Weiterbildungsassistent 1, Methode B:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 26c: Weiterbildungsassistent 1, Methode C:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.

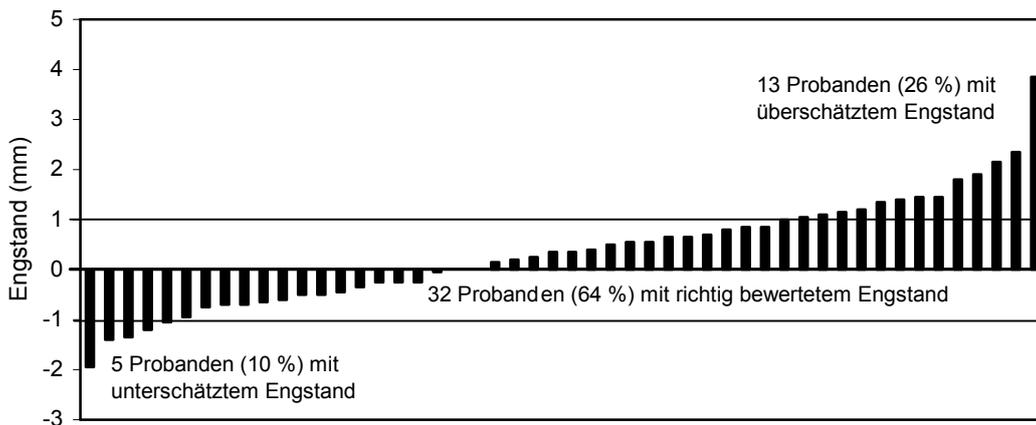
### **Weiterbildungsassistent 2 – Oberkiefer**

Nach **Methode A** war vom Weiterbildungsassistenten 2 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei fünf Probanden (10 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 32 Probanden (64 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei 13 Probanden (26 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 2,0 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 3,9 mm (Abb. 27a).

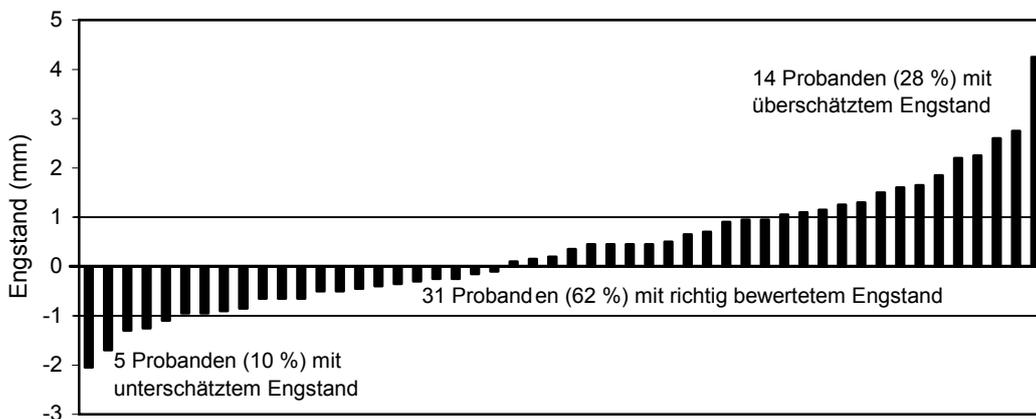
Nach **Methode B** war vom Weiterbildungsassistenten 2 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei fünf Probanden (10 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 31 Probanden (62 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei 14 Probanden (28 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 2,1 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 4,3 mm (Abb. 27b).

Nach **Methode C** war vom Weiterbildungsassistenten 2 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei sechs Probanden (12 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 34 Probanden (68 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei zehn Probanden (20 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 2,2 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 3,8 mm (Abb. 27c).

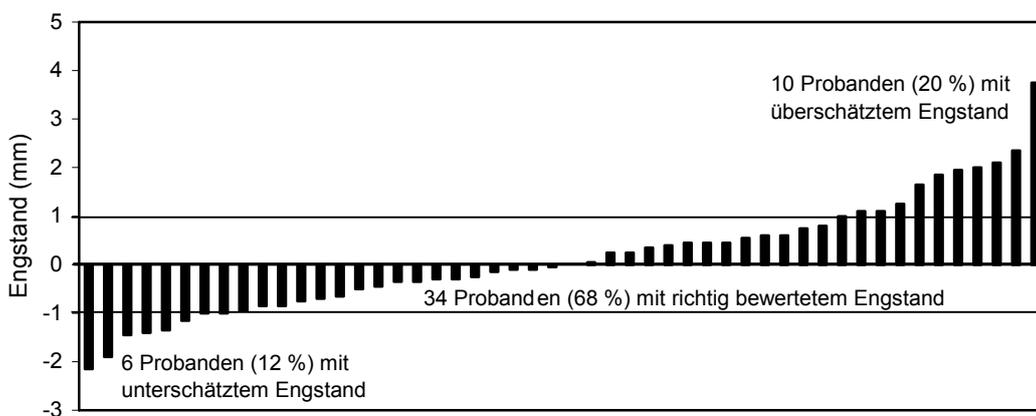
## Ergebnisse



**Abb. 27a: Weiterbildungsassistent 2, Methode A:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 27b: Weiterbildungsassistent 2, Methode B:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 27c: Weiterbildungsassistent 2, Methode C:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.

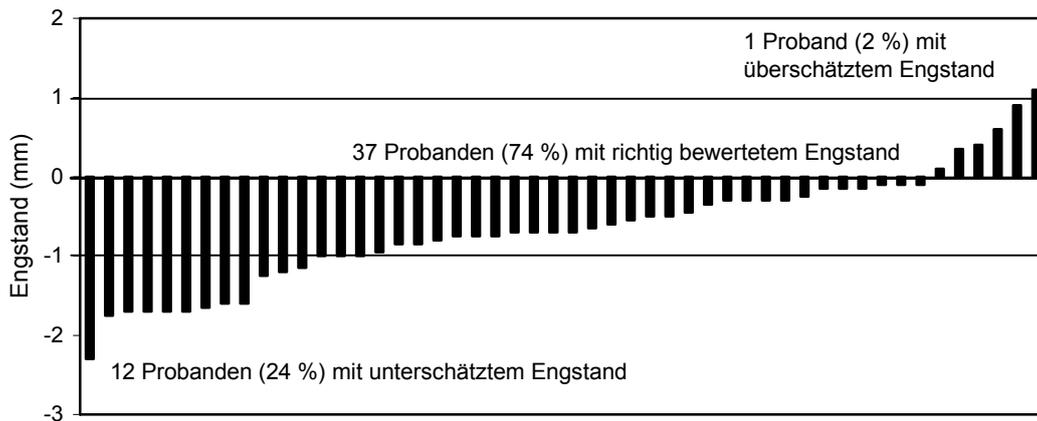
### **Weiterbildungsassistent 3 – Oberkiefer**

Nach **Methode A** war vom Weiterbildungsassistenten 3 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei zwölf Probanden (24 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 37 Probanden (74 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei einem Probanden (2 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 2,3 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,1 mm (Abb. 28a).

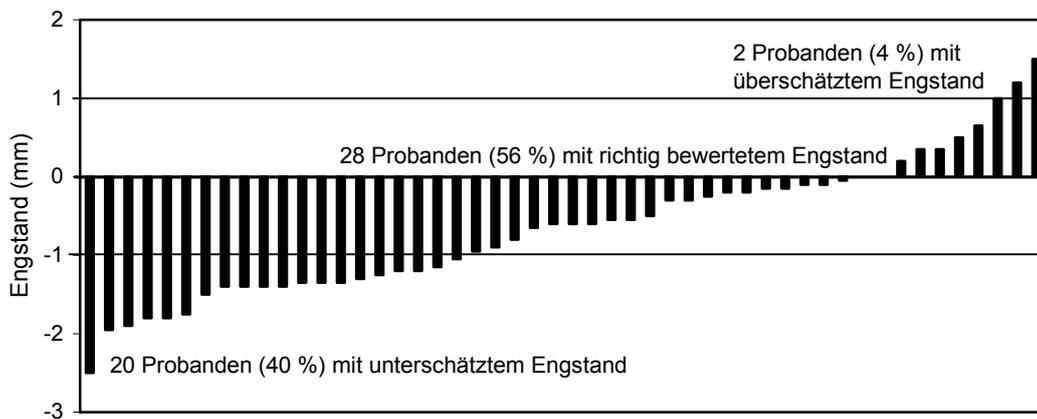
Nach **Methode B** war vom Weiterbildungsassistenten 3 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei 20 Probanden (40 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 28 Probanden (56 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei zwei Probanden (4 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 2,5 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,5 mm (Abb. 28b).

Nach **Methode C** war vom Weiterbildungsassistenten 3 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei 22 Probanden (44 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 28 Probanden (56 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei keinem Probanden (0 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 2,6 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,0 mm (Abb. 28c).

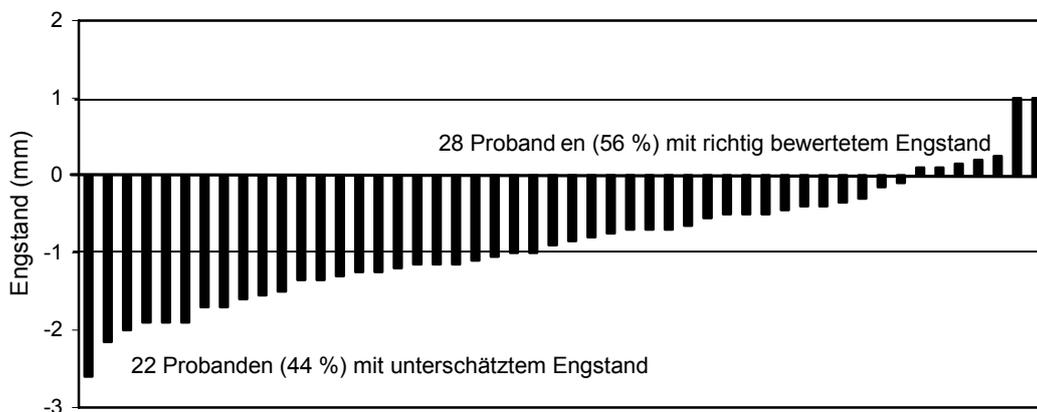
## Ergebnisse



**Abb. 28a: Weiterbildungsassistent 3, Methode A:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 28b: Weiterbildungsassistent 3, Methode B:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 28c: Weiterbildungsassistent 3, Methode C:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.

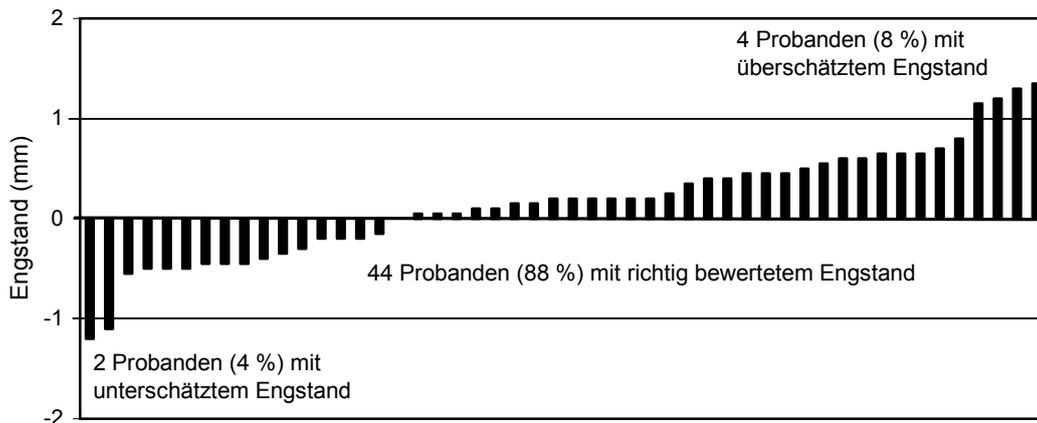
### **Weiterbildungsassistent 1 – Unterkiefer**

Nach **Methode A** war vom Weiterbildungsassistenten 1 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei zwei Probanden (4 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 44 Probanden (88 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei vier Probanden (8 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,2 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,4 mm (Abb. 29a).

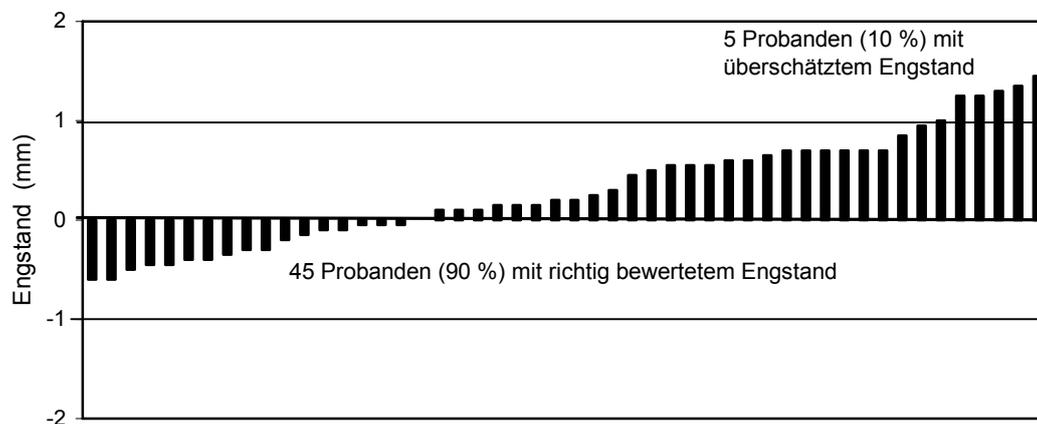
Nach **Methode B** war vom Weiterbildungsassistenten 1 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei keinem Probanden (0 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 45 Probanden (90 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei fünf Probanden (10 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 0,6 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,5 mm (Abb. 29b).

Nach **Methode C** war vom Weiterbildungsassistenten 1 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei einem Probanden (2 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 46 Probanden (92 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei drei Probanden (6 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,2 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,1 mm (Abb. 29c).

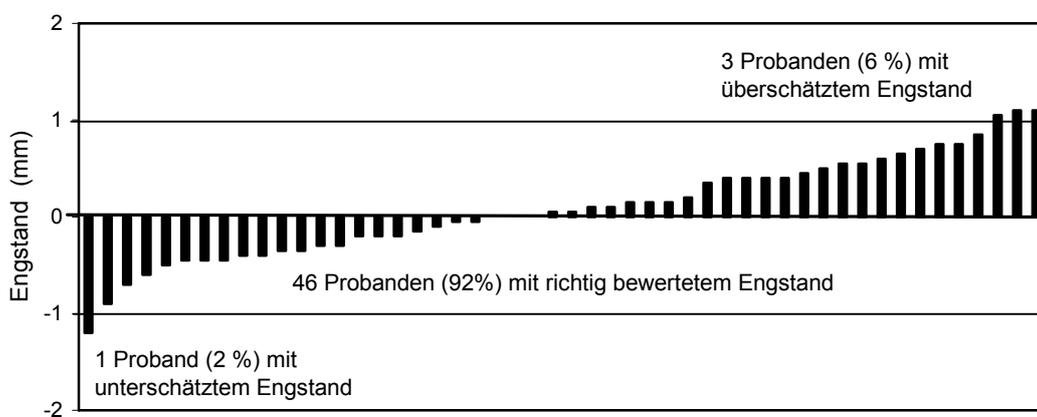
## Ergebnisse



**Abb. 29a: Weiterbildungsassistent 1, Methode A:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 29b: Weiterbildungsassistent 1, Methode B:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 29c: Weiterbildungsassistent 1, Methode C:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.

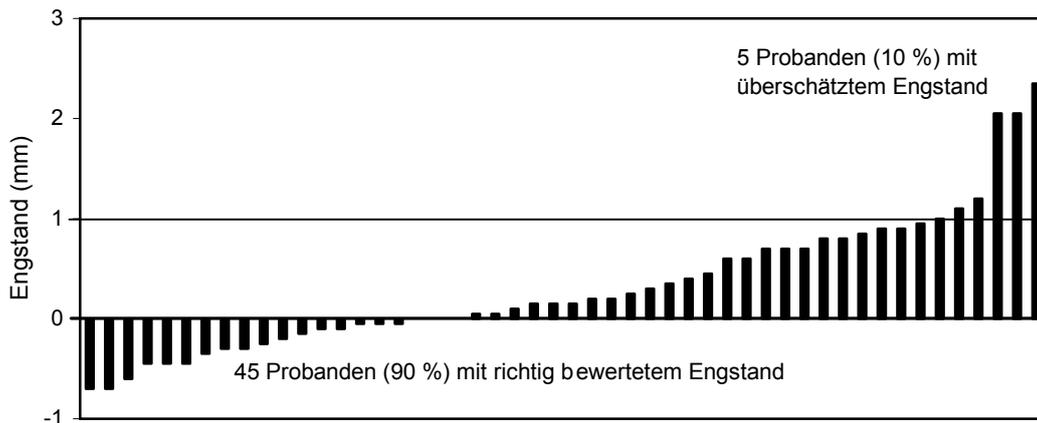
### **Weiterbildungsassistent 2 – Unterkiefer**

Nach **Methode A** war vom Weiterbildungsassistenten 2 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei keinem Probanden (0 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 45 Probanden (90 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei fünf Probanden (10 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 0,7 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 2,4 mm (Abb. 30a).

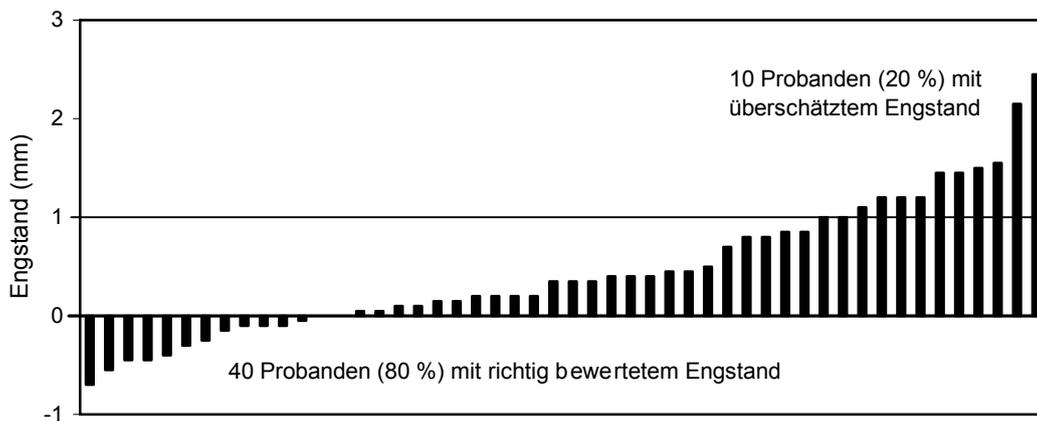
Nach **Methode B** war vom Weiterbildungsassistenten 2 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei keinem Probanden (0 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 40 Probanden (80 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei zehn Probanden (20 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 0,7 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 2,5 mm (Abb. 30b).

Nach **Methode C** war vom Weiterbildungsassistenten 2 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei keinem Probanden (0 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 46 Probanden (92 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei vier Probanden (8 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 0,8 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 2,2 mm (Abb. 30c).

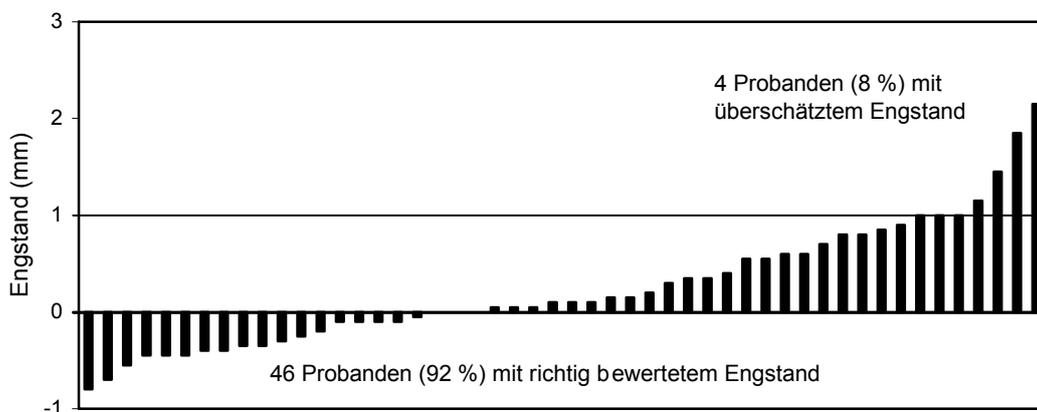
## Ergebnisse



**Abb. 30a: Weiterbildungsassistent 2, Methode A:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 30b: Weiterbildungsassistent 2, Methode B:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 30c: Weiterbildungsassistent 2, Methode C:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.

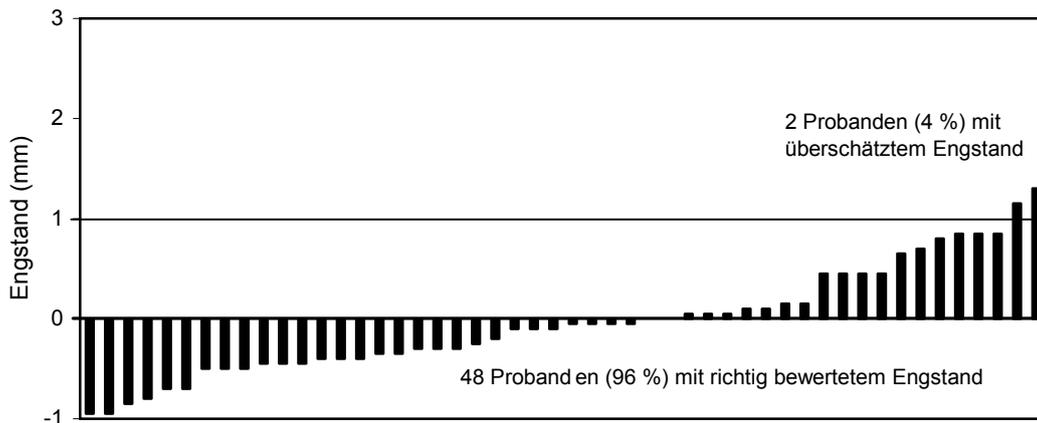
### **Weiterbildungsassistent 3 – Unterkiefer**

Nach **Methode A** war vom Weiterbildungsassistenten 3 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei keinem Probanden (0 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 48 Probanden (96 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei zwei Probanden (4 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,0 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,3 mm (Abb. 31a).

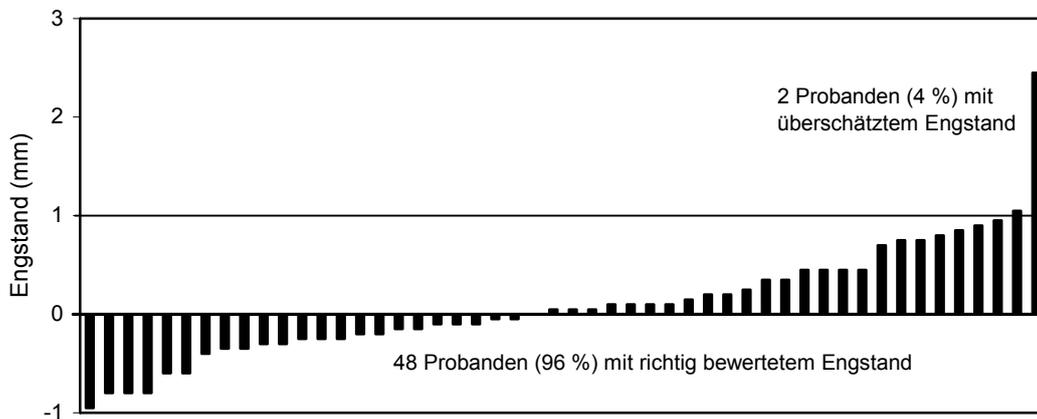
Nach **Methode B** war vom Weiterbildungsassistenten 3 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei keinem Probanden (0 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 48 Probanden (96 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei zwei Probanden (4 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,0 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 2,5 mm (Abb. 31b).

Nach **Methode C** war vom Weiterbildungsassistenten 3 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei keinem Probanden (0 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 49 Probanden (98 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei einem Probanden (2 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,0 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,1 mm (Abb. 31c).

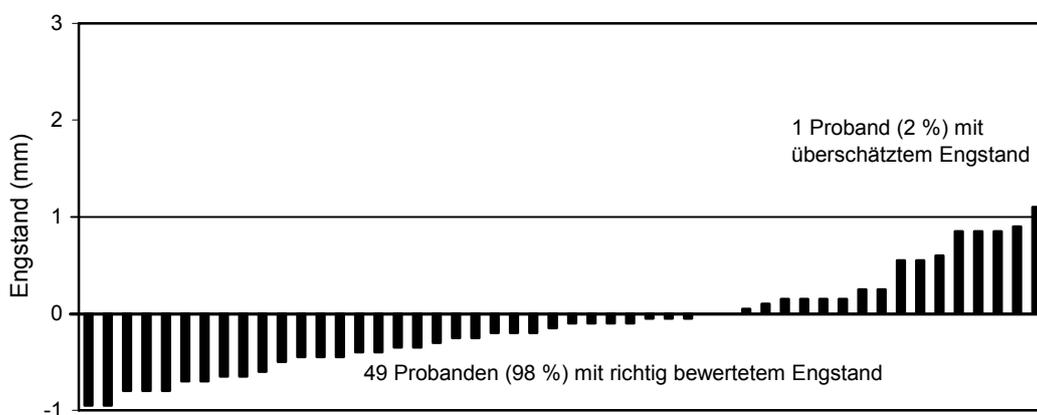
## Ergebnisse



**Abb. 31a: Weiterbildungsassistent 3, Methode A:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 31b: Weiterbildungsassistent 3, Methode B:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 31c: Weiterbildungsassistent 3, Methode C:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.

### 5.3.3 Studenten der Zahnmedizin

In den Abbildungen 32a bis 34c werden die Differenzen zwischen den Abschätzungen des frontalen Engstandes durch die Studenten der Zahnmedizin (S1, S2, S3) und dem gemessenen und berechneten frontalen Engstand (Nulllinie) nach den Methoden A, B und C, für die jeweils 50 Oberkiefermodelle ( $n = 50$ ) einzeln dargestellt. In den Abbildungen 35a bis 37c werden die Werte für den Unterkiefer dargestellt.

#### Student 1 – Oberkiefer

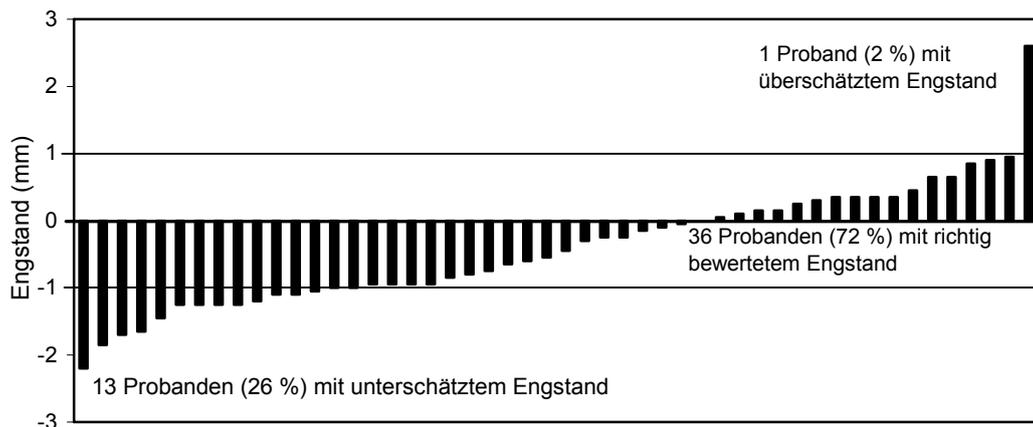
Nach **Methode A** war vom Studenten 1 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei 13 Probanden (26 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 36 Probanden (72 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei einem Probanden (2 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 2,2 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 2,6 mm (Abb. 32a).

Nach **Methode B** war vom Studenten 1 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei 16 Probanden (32 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 30 Probanden (60 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei vier Probanden (8 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 2,6 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 3,0 mm (Abb. 32b).

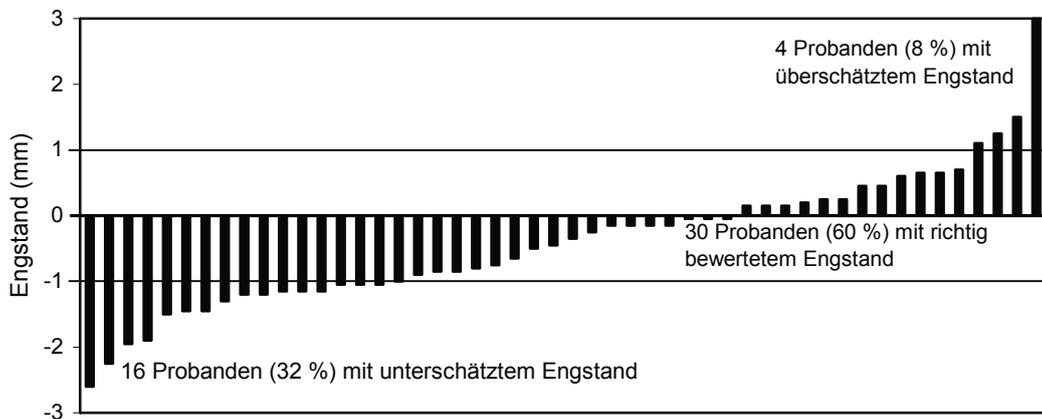
Nach **Methode C** war vom Studenten 1 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den

Oberkiefer (n = 50) bei 19 Probanden (38 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 30 Probanden (60 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei einem Probanden (2 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 2,5 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 2,5 mm (Abb. 32c).

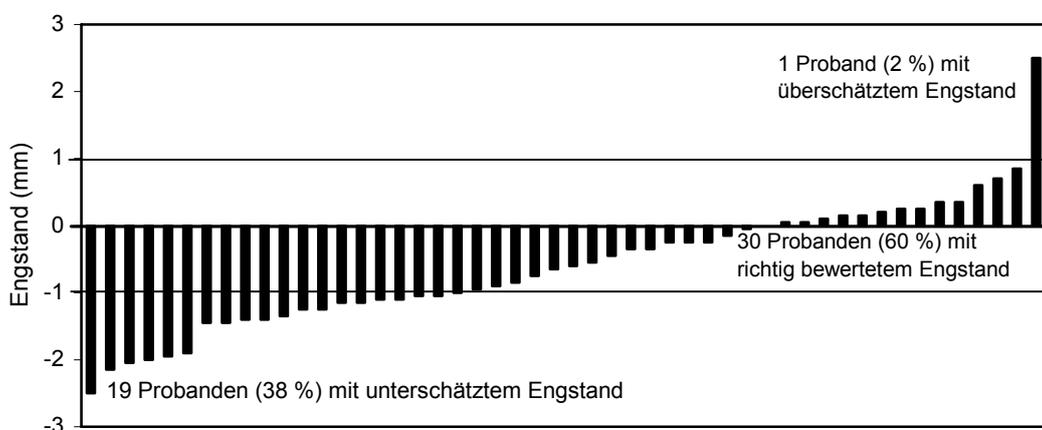
## Ergebnisse



**Abb. 32a: Student 1, Methode A:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 32b: Student 1, Methode B:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 32c: Student 1, Methode C:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.

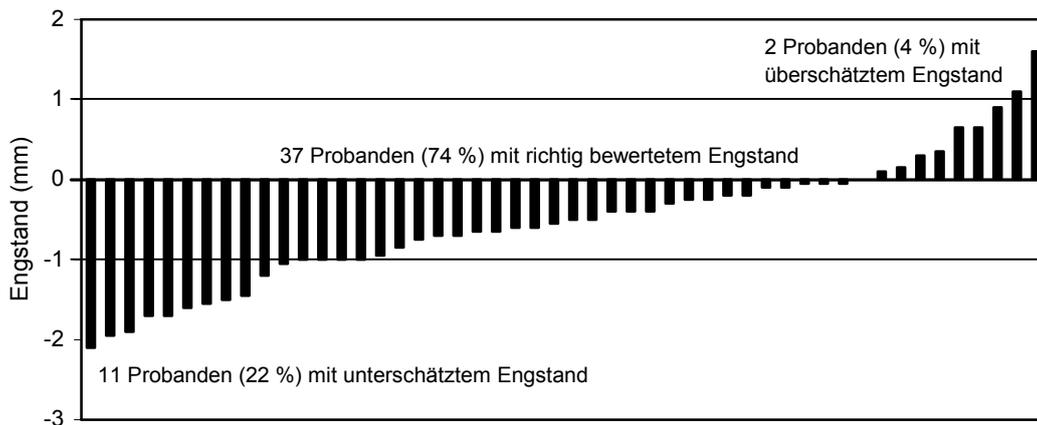
### Student 2 – Oberkiefer

Nach **Methode A** war vom Studenten 2 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei elf Probanden (22 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 37 Probanden (74 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei zwei Probanden (4 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 2,1 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,6 mm (Abb. 33a).

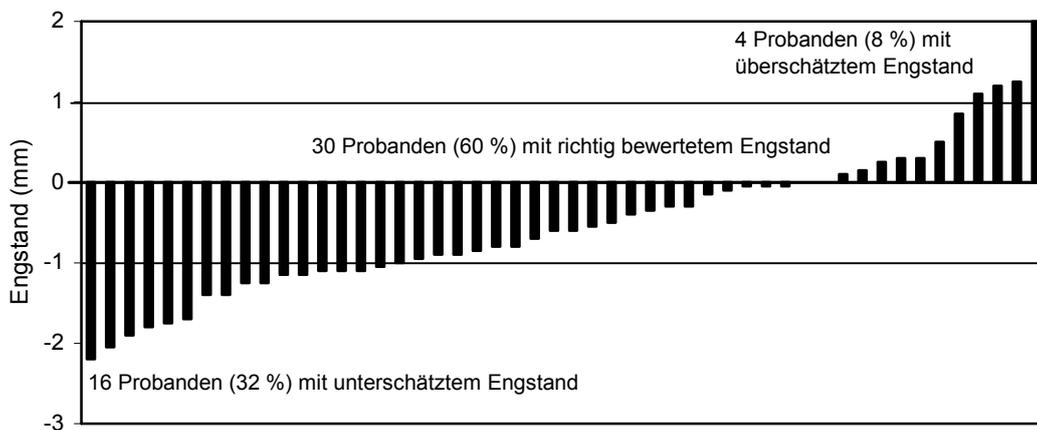
Nach **Methode B** war vom Studenten 2 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei 16 Probanden (32 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 30 Probanden (60 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei vier Probanden (8 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 2,2 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 2,0 mm (Abb. 33b).

Nach **Methode C** war vom Studenten 2 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei 15 Probanden (30 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 34 Probanden (68 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei einem Probanden (2 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 2,4 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,5 mm (Abb. 33c).

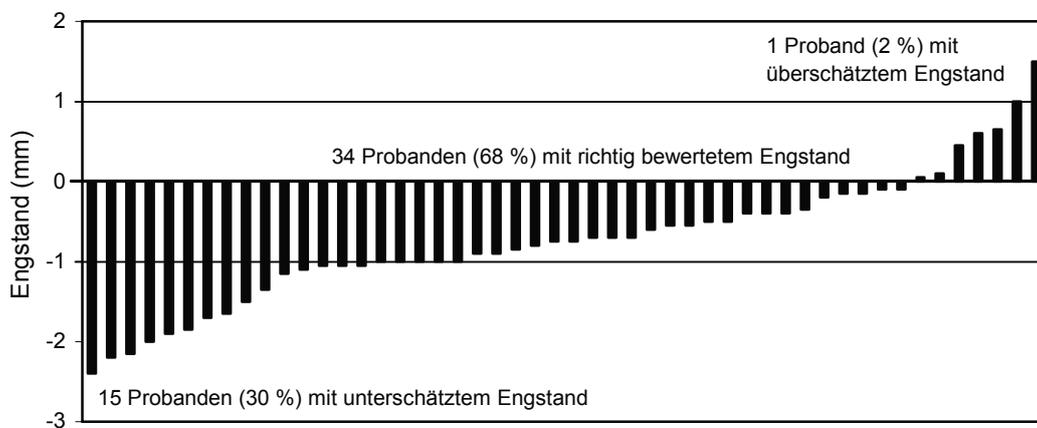
## Ergebnisse



**Abb. 33a: Student 2, Methode A:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 33b: Student 2, Methode B:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 33c: Student 2, Methode C:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.

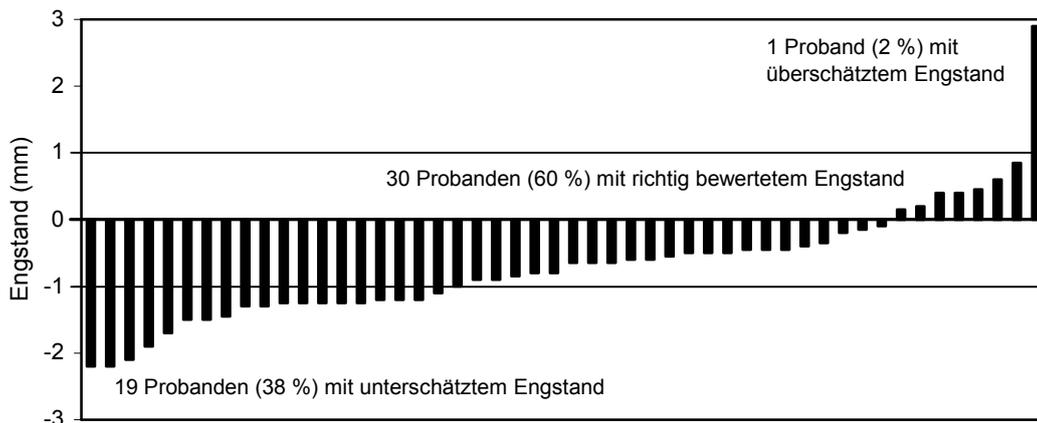
### **Student 3 – Oberkiefer**

Nach **Methode A** war vom Studenten 3 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei 19 Probanden (38 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 30 Probanden (60 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei einem Probanden (2 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 2,2 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 2,9 mm (Abb. 34a).

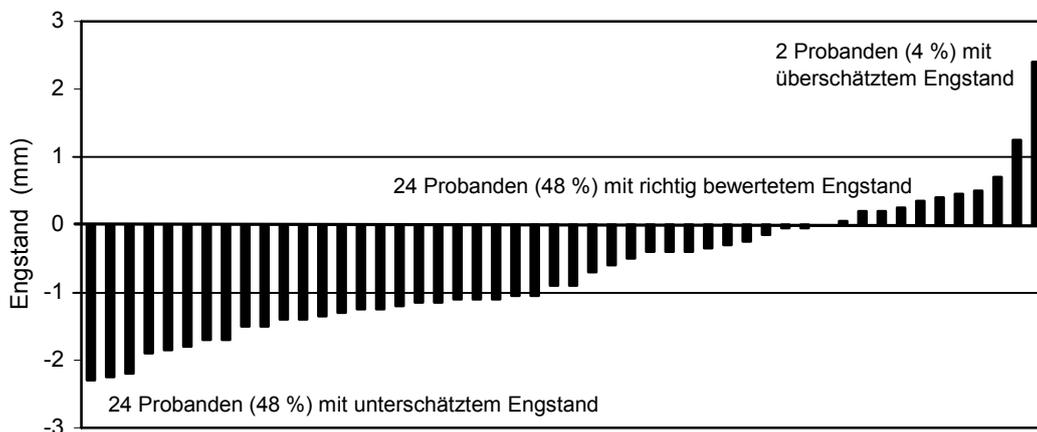
Nach **Methode B** war vom Studenten 3 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei 24 Probanden (48 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 24 Probanden (48 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei zwei Probanden (4 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 2,3 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 2,4 mm (Abb. 34b).

Nach **Methode C** war vom Studenten 3 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Oberkiefer ( $n = 50$ ) bei 24 Probanden (48 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 25 Probanden (50 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei einem Probanden (2 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 2,4 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 2,3 mm (Abb. 34c).

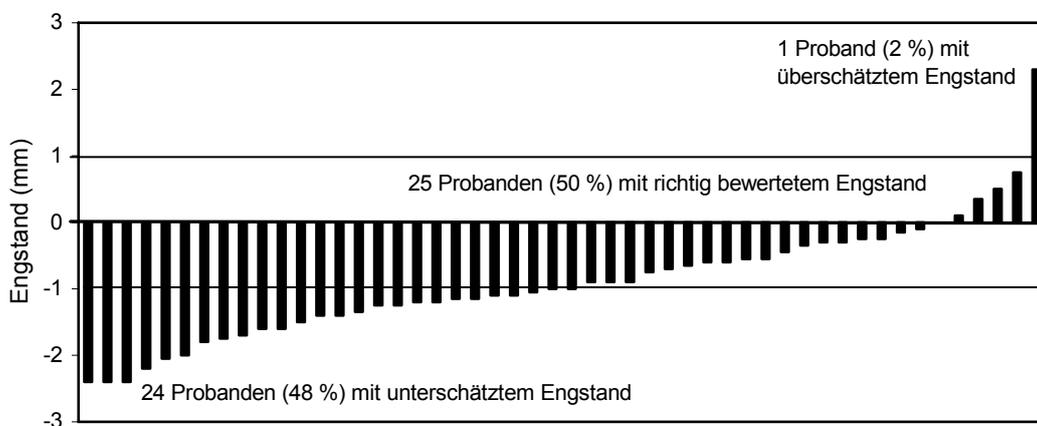
## Ergebnisse



**Abb. 34a: Student 3, Methode A:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 34b: Student 3, Methode B:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 34c: Student 3, Methode C:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Oberkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.

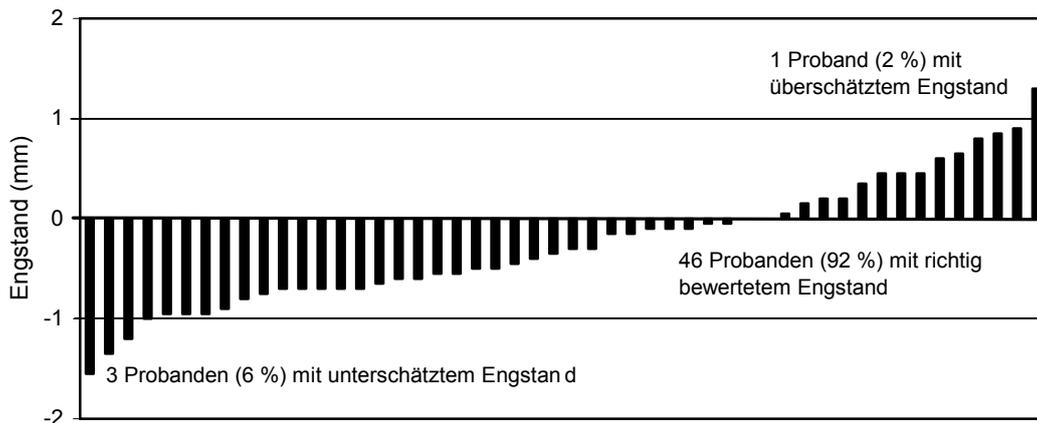
### **Student 1 – Unterkiefer**

Nach **Methode A** war vom Studenten 1 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei drei Probanden (6 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 46 Probanden (92 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei einem Probanden (2 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,6 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,3 mm (Abb. 35a).

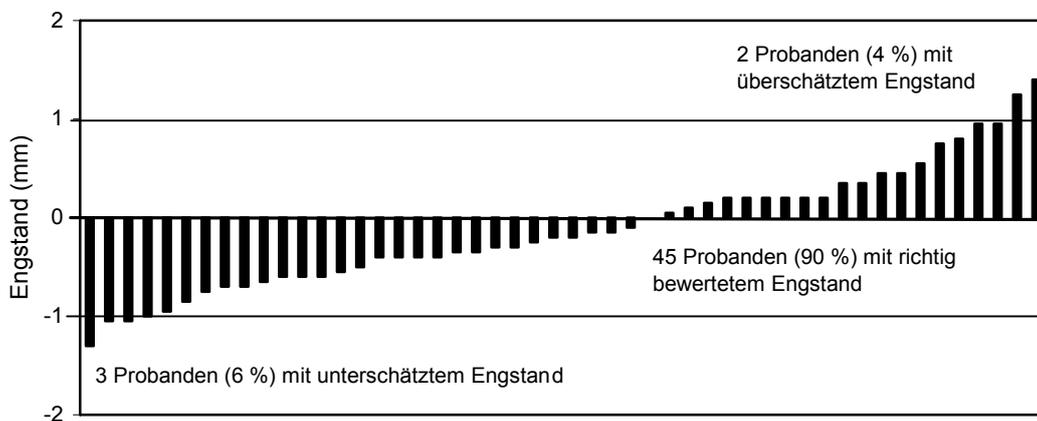
Nach **Methode B** war vom Studenten 1 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei drei Probanden (6 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 45 Probanden (90 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei zwei Probanden (4 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,3 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,4 mm (Abb. 35b).

Nach **Methode C** war vom Studenten 1 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei sechs Probanden (12 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 43 Probanden (86 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei einem Probanden (2 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,4 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,4 mm (Abb. 35c).

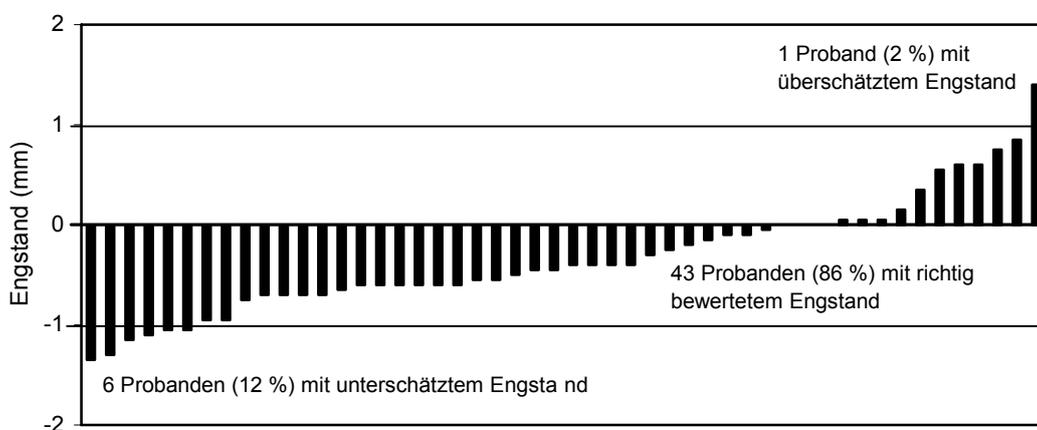
## Ergebnisse



**Abb. 35a: Student 1, Methode A:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 35b: Student 1, Methode B:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 35c: Student 1, Methode C:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.

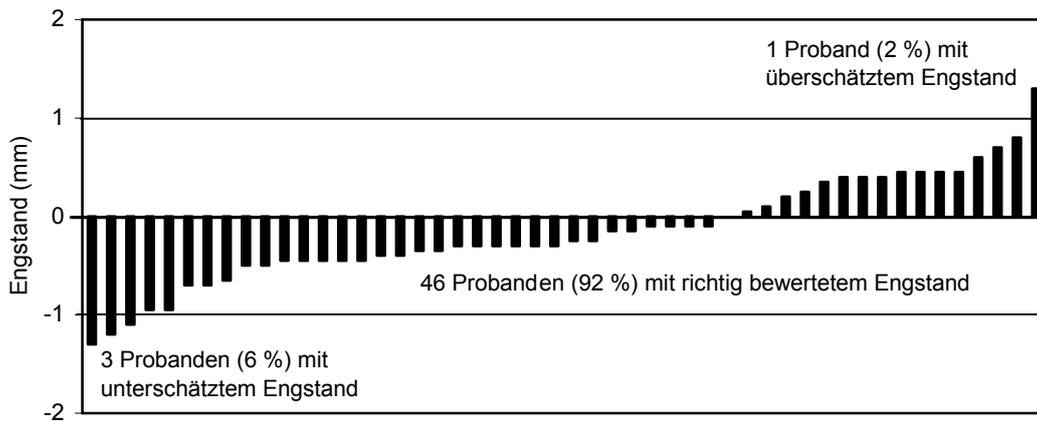
## Student 2 – Unterkiefer

Nach **Methode A** war vom Studenten 2 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei drei Probanden (6 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 46 Probanden (92 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei einem Probanden (2 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,3 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,3 mm (Abb. 36a).

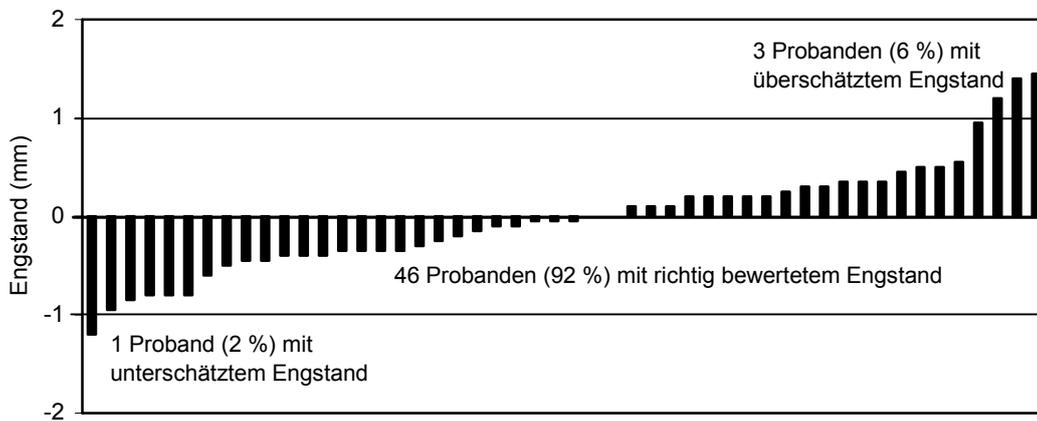
Nach **Methode B** war vom Studenten 2 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei einem Probanden (2 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 46 Probanden (92 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei drei Probanden (6 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,2 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,5 mm (Abb. 36b).

Nach **Methode C** war vom Studenten 2 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei zwei Probanden (4 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 47 Probanden (94 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei einem Probanden (2 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,2 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,4 mm (Abb. 36c).

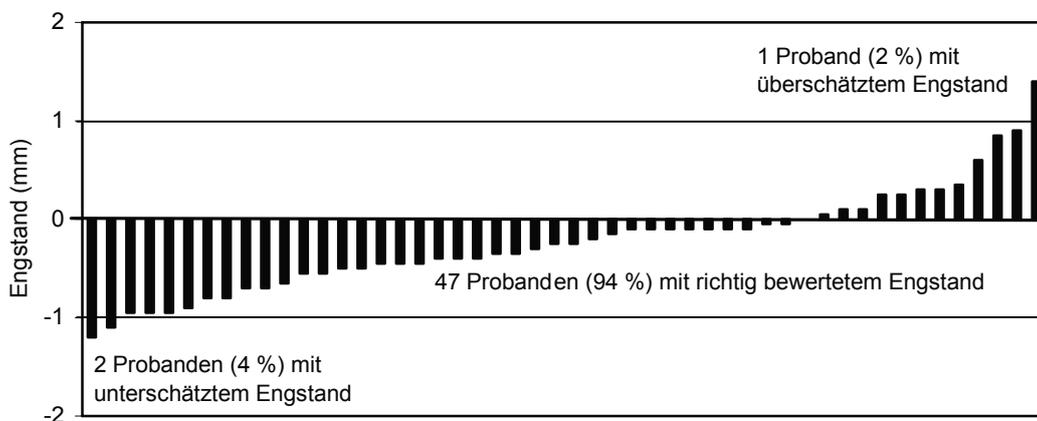
## Ergebnisse



**Abb. 36a: Student 2, Methode A:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 36b: Student 2, Methode B:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 36c: Student 2, Methode C:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.

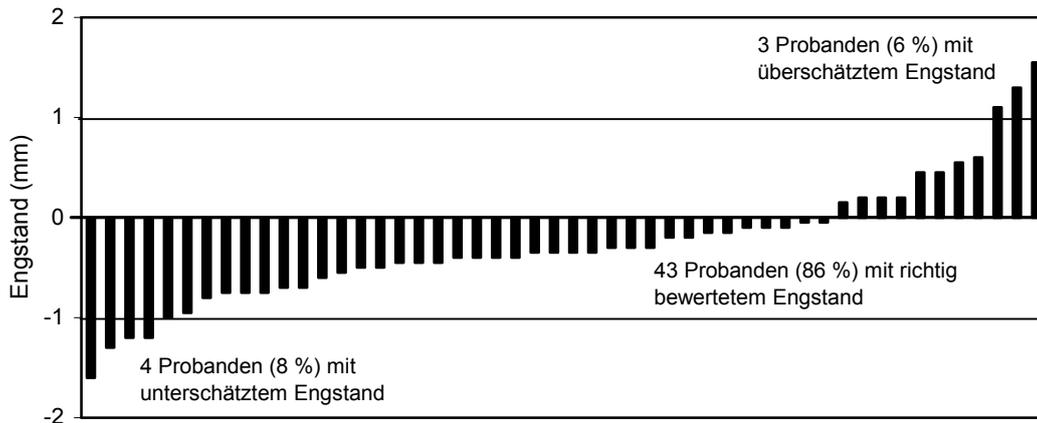
### Student 3 – Unterkiefer

Nach **Methode A** war vom Studenten 3 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei vier Probanden (8 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 43 Probanden (86 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei drei Probanden (6 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,6 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,6 mm (Abb. 37a).

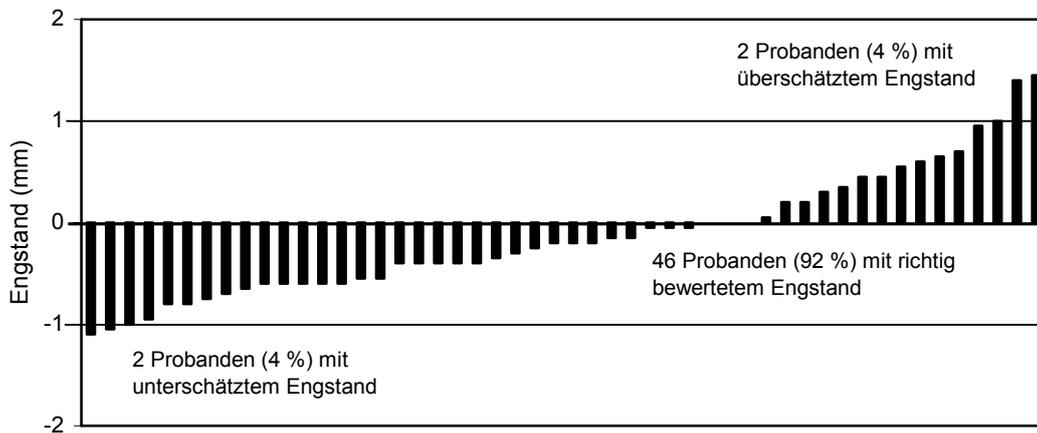
Nach **Methode B** war vom Studenten 3 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei zwei Probanden (4 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 46 Probanden (92 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei zwei Probanden (4 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,1 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,5 mm (Abb. 37b).

Nach **Methode C** war vom Studenten 3 unter Berücksichtigung des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm der geschätzte Engstand für den Unterkiefer ( $n = 50$ ) bei fünf Probanden (10 %) kleiner als der gemessene Wert (Unterschätzung). Bei 43 Probanden (86 %) entsprach der geschätzte Engstand dem gemessenen Wert. Bei zwei Probanden (4 %) war der geschätzte Engstand größer als der gemessene Wert (Überschätzung). Die größte individuelle Unterschätzung des frontalen Engstandes betrug 1,4 mm. Die größte individuelle Überschätzung betrug 1,4 mm (Abb. 37c).

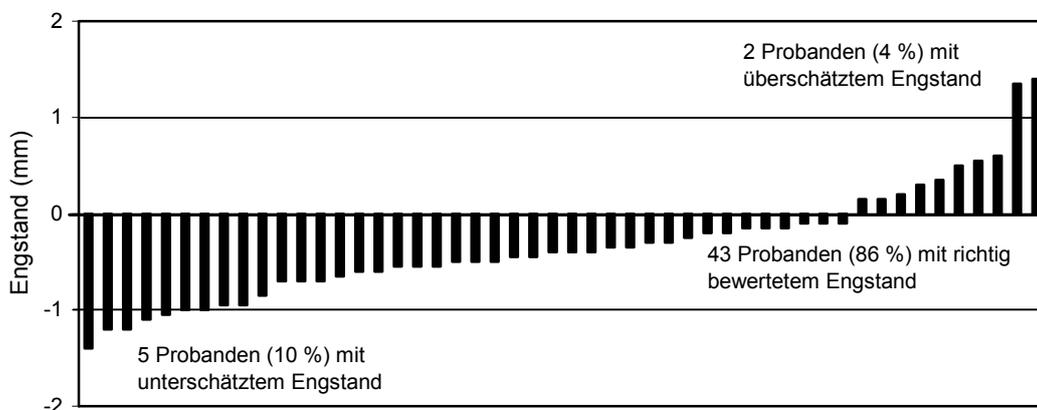
## Ergebnisse



**Abb. 37a: Student 3, Methode A:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 37b: Student 3, Methode B:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.



**Abb. 37c: Student 3, Methode C:** Differenz zwischen den Abschätzungen des Engstandes (mm) und den gemessenen Werten (Nulllinie) für den **Unterkiefer** bei 50 Probanden mit Angabe des klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm.

#### **5.4 Kategorisierte Werte mit Angabe des 95 % Konfidenzintervalls für richtig bewertete frontale Engstände**

Die stetigen Werte (Differenz Engstand „Visuell“ – Engstand „Schieblehre“) wurden transformiert in einen dichotomen Parameter mit den Ausprägungen „klinisch nicht relevant“ ( $\pm 1,0$  mm) und „klinisch relevant“ (kleiner als -1 mm und größer als +1 mm) [75]. Mit diesem dichotomen Parameter wurde so unter Berücksichtigung der klinischen Relevanz der Einfluss der Faktoren Methode und Ausbildungsstand nochmals überprüft. Durch die Anwendung log-linearer-Modelle konnte sowohl für den Ober- als auch für den Unterkiefer wieder ein deutlicher Effekt der Methode ( $p_{\text{Methode}} < 0,001$ ) und des Ausbildungsstandes ( $p_{\text{Ausbildungsstand}} < 0,001$ ) aufgezeigt werden.

Die prozentuale Verteilung des geschätzten frontalen Engstandes („Visuelle-Methode“) durch die Untersucherguppen verschiedenen Ausbildungsstandes (Kieferorthopäden, Weiterbildungsassistenten der Fachrichtung Kieferorthopädie und Studenten der Zahnmedizin) wurde getrennt nach den „Schieblehre-Methoden A, B und C“, in Bezug auf Unterschätzung, richtige Bewertung und Überschätzung des Engstandes in den Tabellen 3 und 4 dargestellt.

Tabelle 3 zeigt für jeden Kieferorthopäden (K1, K2, K3), Weiterbildungsassistenten der Fachrichtung Kieferorthopädie (W1, W2, W3) und Studenten der Zahnmedizin (S1, S2, S3) die prozentuale Verteilung des unterschätzten, richtig bewerteten und überschätzten frontalen Engstandes der 50 Oberkiefermodelle, getrennt nach den „Schieblehre-Methoden A, B und C“. Tabelle 4 zeigt die Werte für den Unterkieferfrontzahnbereich.

## Ergebnisse

**Tab. 3:** Anzahl (%) der 50 **Oberkiefermodelle** der Probanden mit unterschätztem (u.), richtig bewertetem (r. b.) und überschätztem (ü.) frontalem Engstand durch Kieferorthopäden (K1, K2, K3), Weiterbildungsassistenten (W1, W2, W3) und Studenten (S1, S2, S3) im Vergleich zu den gemessenen und berechneten Engständen nach den „Schieblehre-Methoden A, B und C“.  
 (\* Die Mittelwerte aus der Anzahl (%) der unterschätzten, richtig bewerteten und überschätzten Engstände wurden gebildet, um die beobachteten Effekte anschaulicher darstellen zu können.)

Untersucher	Frontaler Engstand im Oberkiefer (Probanden in %)								
	Methode A			Methode B			Methode C		
	u.	r. b.	ü.	u.	r. b.	ü.	u.	r. b.	ü.
K1	4	74	22	4	76	20	4	88	8
K2	8	64	28	6	64	30	12	60	28
K3	8	82	10	12	74	14	16	76	8
<b>Mittelwert (K1, K2, K3)*</b>	7*	73*	20*	7*	71*	22*	11*	75*	14*
W1	20	76	4	22	72	6	30	70	0
W2	10	64	26	10	62	28	12	68	20
W3	24	74	2	40	56	4	44	56	0
<b>Mittelwert (W1, W2, W3)*</b>	18*	71*	11*	24*	63*	13*	29*	65*	6*
S1	26	72	2	32	60	8	38	60	2
S2	22	74	4	32	60	8	30	68	2
S3	38	60	2	48	48	4	48	50	2
<b>Mittelwert (S1, S2, S3)*</b>	29*	69*	2*	37*	56*	7*	39*	59*	2*

## Ergebnisse

**Tab. 4:** Anzahl (%) der 50 **Unterkiefermodelle** der Probanden mit unterschätztem (u.), richtig bewertetem (r. b.) und überschätztem (ü.) frontalen Engstand durch Kieferorthopäden (K1, K2, K3), Weiterbildungsassistenten (W1, W2, W3) und Studenten (S1, S2, S3) im Vergleich zu den gemessenen und berechneten Engständen nach den „Schieblehre-Methoden A, B und C“.  
 (\* Die Mittelwerte aus der Anzahl (%) der unterschätzten, richtig bewerteten und überschätzten Engstände wurden gebildet, um die beobachteten Effekte anschaulicher darstellen zu können.)

Untersucher	Frontaler Engstand im Unterkiefer (Probanden in %)								
	Methode A			Methode B			Methode C		
	u.	r. b.	ü.	u.	r. b.	ü.	u.	r. b.	ü.
K1	0	66	34	0	52	48	0	68	32
K2	0	56	44	0	48	52	0	54	46
K3	0	90	10	0	84	16	0	92	8
<b>Mittelwert (K1, K2, K3)*</b>	0*	71*	29*	0*	61*	39*	0*	71*	29*
W1	4	88	8	0	90	10	2	92	6
W2	0	90	10	0	80	20	0	92	8
W3	0	96	4	0	96	4	0	98	2
<b>Mittelwert (W1, W2, W3)*</b>	1*	91*	8*	0*	89*	11*	1*	94*	5*
S1	6	92	2	6	90	4	12	86	2
S2	6	92	2	2	92	6	4	94	2
S3	8	86	6	4	92	4	10	86	4
<b>Mittelwert (S1, S2, S3)*</b>	7*	90*	3*	4*	91*	5*	9*	89*	2*

Zur Beurteilung des Anteils der unterschätzten, richtig bewerteten und überschätzten frontalen Engstände durch die Untersucherguppen verschiedenen Ausbildungsstandes war es nicht ausreichend, den prozentualen Anteil zu berechnen. Das berechnete Konfidenzintervall sagt aus, dass mit einer Vertrauenswahrscheinlichkeit von 95 % der wahre Wert für den Anteil der richtig eingeschätzten frontalen Engstände innerhalb dieses Intervalls liegt. Bei der Untersuchung der richtig bewerteten Engstände („klinisch nicht relevant“) der „Visuellen-Methode“ im Vergleich zu den „Schieblehre-Methoden A, B und C“ ergab sich jeweils ein Stichprobenumfang von  $n = 150$ , da 50 Ober- bzw. Unterkiefermodelle von drei Untersuchern gleichen Ausbildungsstandes visuell beurteilt wurden.

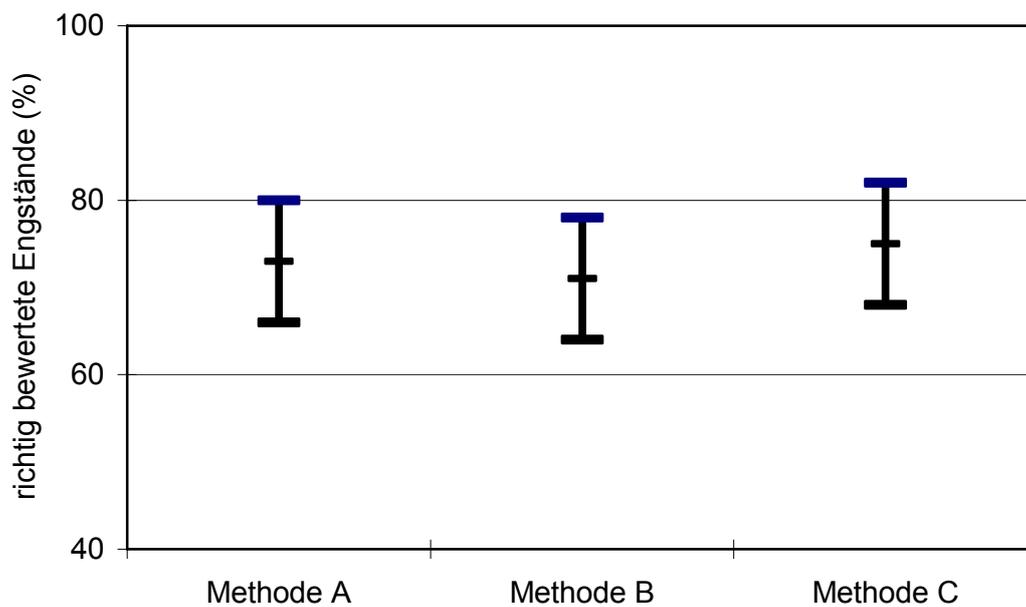
### **Oberkiefer**

Das 95 % Konfidenzintervall lag im Oberkiefer für den Anteil richtig bewerteter Engstände durch die **Kieferorthopäden** („Visuelle-Methode“) im Vergleich mit den gemessenen und berechneten Engständen („Schieblehre-Methode“) nach Methode A zwischen 66 % und 80 %, im Vergleich mit Methode B zwischen 64 % und 79 % und im Vergleich mit Methode C zwischen 68 % und 81 % (Abb. 38a).

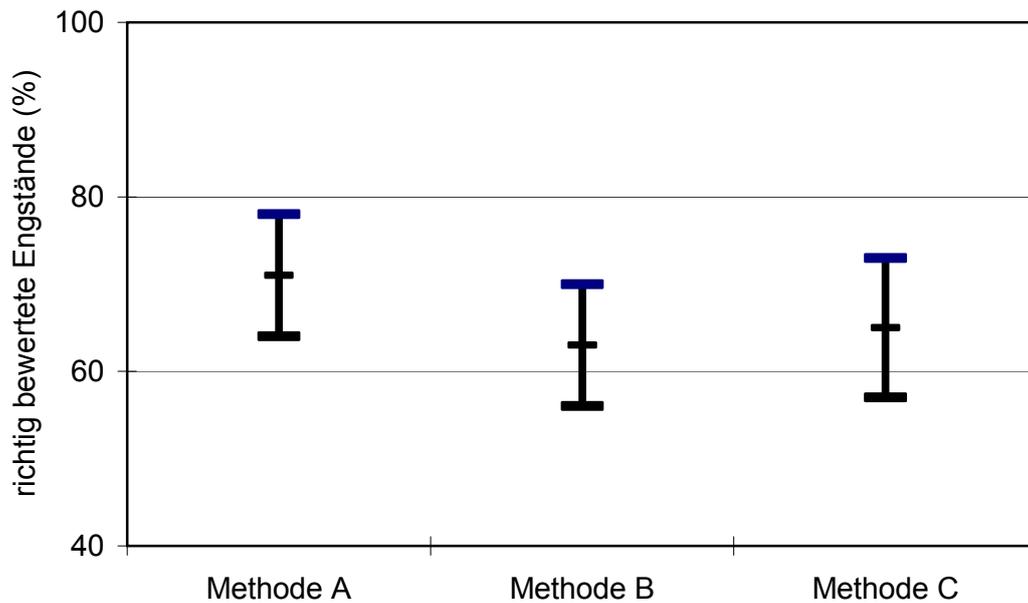
Das 95 % Konfidenzintervall lag im Oberkiefer für den Anteil richtig bewerteter Engstände durch die **Weiterbildungsassistenten** („Visuelle-Methode“) im Vergleich mit den gemessenen und berechneten Engständen („Schieblehre-Methode“) nach Methode A zwischen 64 % und 79 %, im Vergleich mit Methode B zwischen 56 % und 71 % und im Vergleich mit Methode C zwischen 57 % und 72 % (Abb. 38b).

Das 95 % Konfidenzintervall lag im Oberkiefer für den Anteil richtig bewerteter Engstände durch die **Studenten** („Visuelle-Methode“) im Vergleich mit den gemessenen und berechneten Engständen („Schieblehre-Methode“)

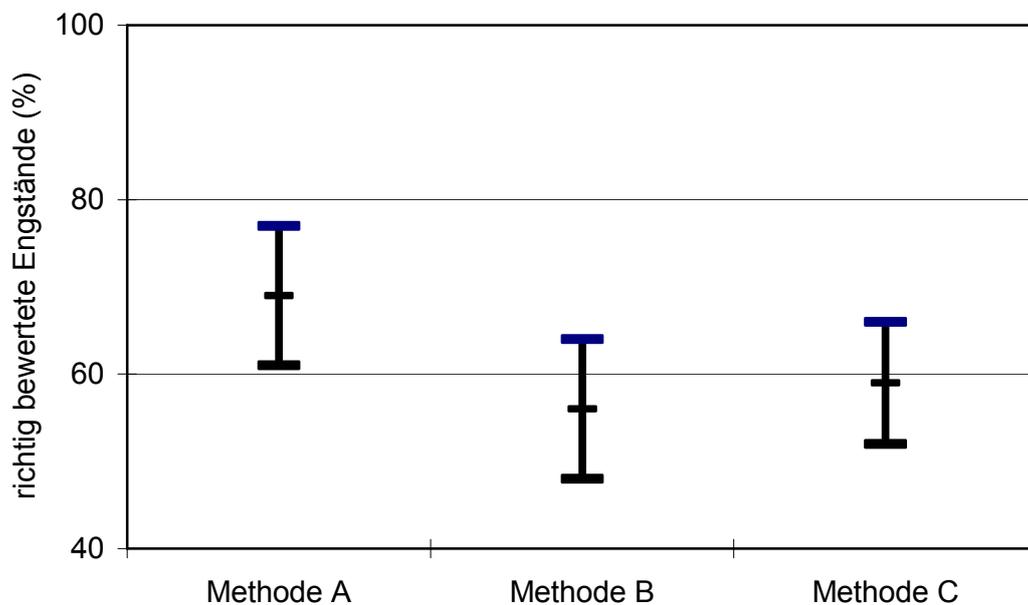
nach Methode A zwischen 61 % und 76 %, im Vergleich mit Methode B zwischen 48 % und 64 % und im Vergleich mit Methode C zwischen 52 % und 67 % (Abb. 38c).



**Abb. 38a: Kieferorthopäden:** Richtig bewertete Engstände der „Visuellen-Methode“ (%) im Vergleich zu den „Schieblehre-Methoden A, B und C“ für den **Oberkiefer** (je  $n = 150$ ) mit Angabe des **Mittelwertes** und des zugehörigen **95% Konfidenzintervalls**.



**Abb. 38b: Weiterbildungsassistenten:** Richtig bewertete Engstände der „Visuellen-Methode“ (%) im Vergleich zu den „Schieblehre-Methoden A, B und C“ für den **Oberkiefer** (je  $n = 150$ ) mit Angabe des **Mittelwertes** und des zugehörigen **95% Konfidenzintervalls**.



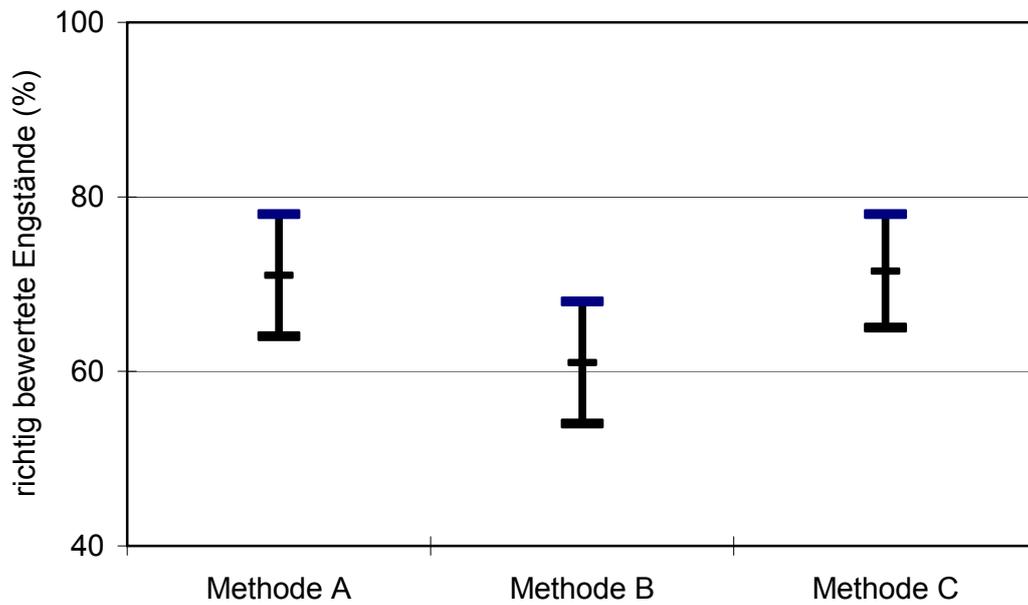
**Abb. 38c: Studenten:** Richtig bewertete Engstände der „Visuellen-Methode“ (%) im Vergleich zu den „Schieblehre-Methoden A, B und C“ für den **Oberkiefer** (je  $n = 150$ ) mit Angabe des **Mittelwertes** und des zugehörigen **95% Konfidenzintervalls**.

### Unterkiefer

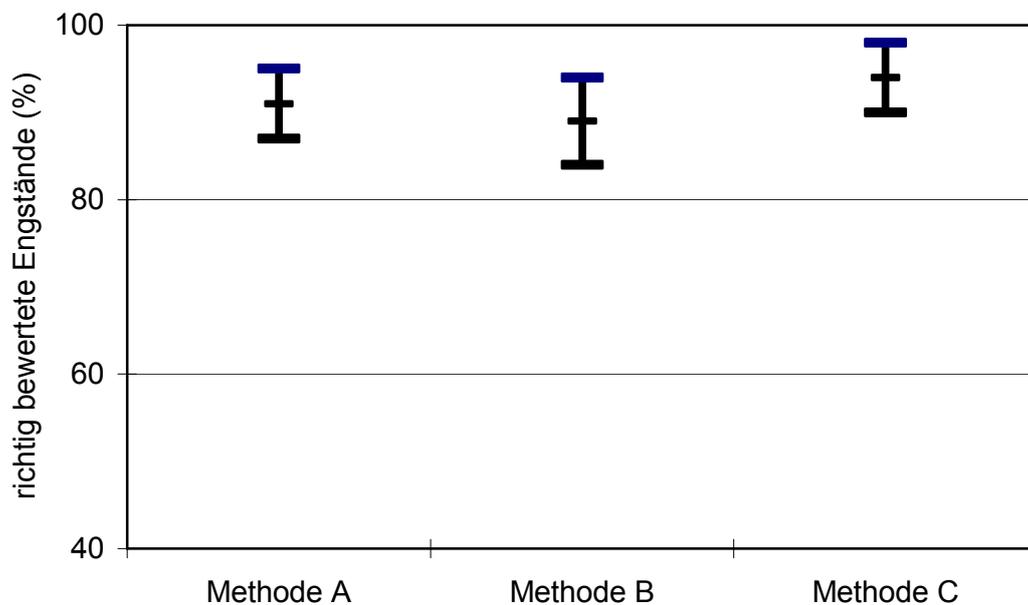
Das 95 % Konfidenzintervall lag im Unterkiefer für den Anteil richtig bewerteter Engstände durch die **Kieferorthopäden** („Visuelle-Methode“) im Vergleich mit den gemessenen und berechneten Engständen („Schieblehre-Methode“) nach Methode A zwischen 64 % und 78 %, im Vergleich mit Methode B zwischen 54 % und 69 % und im Vergleich mit Methode C zwischen 65 % und 78 % (Abb. 39a).

Das 95 % Konfidenzintervall lag im Unterkiefer für den Anteil richtig bewerteter Engstände durch die **Weiterbildungsassistenten** („Visuelle-Methode“) im Vergleich mit den gemessenen und berechneten Engständen („Schieblehre-Methode“) nach Methode A zwischen 87 % und 96 %, im Vergleich mit Methode B zwischen 84 % und 94 % und im Vergleich mit Methode C zwischen 90 % und 98 % (Abb. 39b).

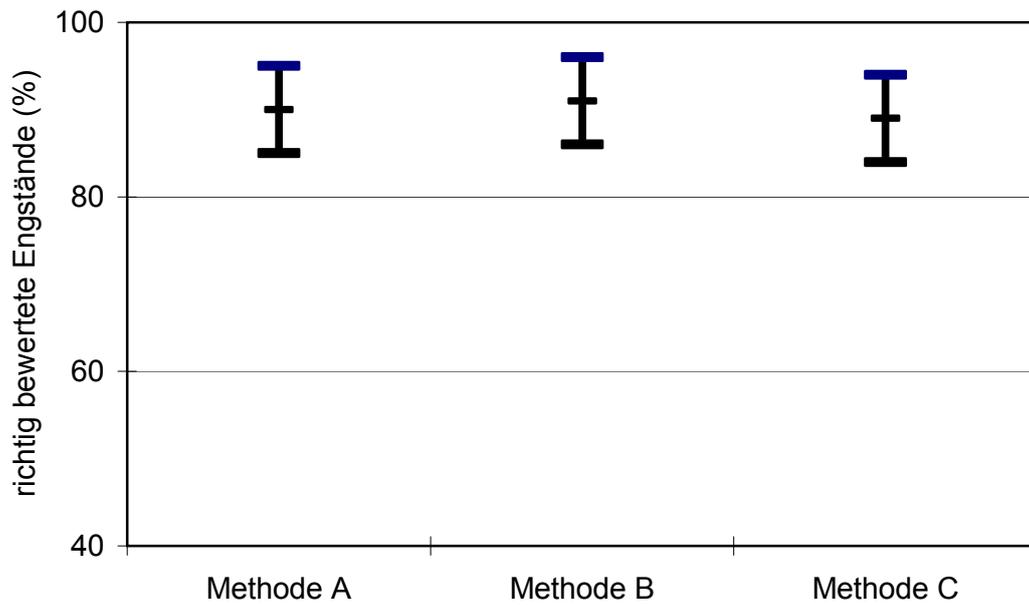
Das 95 % Konfidenzintervall lag im Unterkiefer für den Anteil richtig bewerteter Engstände durch die **Studenten** („Visuelle-Methode“) im Vergleich mit den gemessenen und berechneten Engständen („Schieblehre-Methode“) nach Methode A zwischen 85 % und 95 %, im Vergleich mit Methode B zwischen 87 % und 96 % und im Vergleich mit Methode C zwischen 84 % und 94 % (Abb. 39c).



**Abb. 39a: Kieferorthopäden:** Richtig bewertete Engstände der „Visuellen-Methode“ (%) im Vergleich zu den „Schieblehre-Methoden A, B und C“ für den **Unterkiefer** (je n = 150) mit Angabe des **Mittelwertes** und des zugehörigen **95% Konfidenzintervalls**.



**Abb. 39b: Weiterbildungsassistenten:** Richtig bewertete Engstände der „Visuellen-Methode“ (%) im Vergleich zu den „Schieblehre-Methoden A, B und C“ für den **Unterkiefer** (je n = 150) mit Angabe des **Mittelwertes** und des zugehörigen **95% Konfidenzintervalls**.



**Abb. 39c: Studenten:** Richtig bewertete Engstände der „Visuellen-Methode“ (%) im Vergleich zu den „Schieblehre-Methoden A, B und C“ für den **Unterkiefer** (je  $n = 150$ ) mit Angabe des **Mittelwertes** und des zugehörigen **95% Konfidenzintervalls**.

## **6 Diskussion**

Die Beurteilung der Platzverhältnisse der bleibenden Zähne ist einer der wichtigsten Schritte bei der kieferorthopädischen Behandlungsplanung. Es ist zu entscheiden, ob ein vollständiges Gebiss beibehalten werden kann oder ob Zähne entfernt werden müssen. Das Unterschätzen eines Engstandes hätte zur Folge, dass eine notwendige kieferorthopädische Therapie unterbleiben würde oder die Entscheidung für einen falschen Therapieansatz, statt notwendiger Extraktionstherapie eine Dehnungstherapie, getroffen werden würde. Andererseits hätte die Überschätzung eines Engstandes zur Folge, dass sich möglicherweise am Ende einer kieferorthopädischen Behandlung durch eine unnötige Kieferdehntherapie ein Platzüberschuss abzeichnen würde oder dass fehlerhafte Extraktionsentscheidungen getroffen werden würden [72, 91]. Bei der Bestimmung des Engstandes im Zahnbogen besteht schon bei Schwankungen des Ergebnisses von 3 mm die Möglichkeit, eine falsche Extraktionsentscheidung zu treffen [7].

### **6.1 Material und Methoden**

Das Material der vorliegenden Arbeit unterscheidet sich von dem anderer Studien sowohl durch die hohe Anzahl der untersuchten Probanden (50 Ober- und 50 Unterkiefermodelle), als auch durch die strikten Auswahlkriterien der Gebissmodelle [7, 52, 67]. Die Modelle mussten - außer dem Vorhandensein von Engständen unterschiedlichen Ausmaßes - folgenden Anforderungen, wie einwandfreier Zustand, permanente Gebisse mit abgeschlossenem Durchbruch von Schneide- und Eckzähnen, weder sichtbare Abnutzungen der Zähne, noch Approximalkaries oder proximale Füllungen, entsprechen. So konnten Fehlerquellen bei den Messungen der mesiodistalen Zahnbreiten und der Segmentgrößen des Zahnbogens vermieden werden [91].

Bei der „Schieblehre-Methode“ wurden die Zahnbreiten und die Segmentgrößen mit einer Schieblehre nach Beerendonk [28] gemessen. Das Messinstrument erlaubte eine Ablesegenauigkeit von 0,1 mm. Die Breite der Messbaken wurde auf 0,2 mm reduziert, um ein problemloses Anlegen in den Interdentalräumen in Höhe des Zahnäquators zu ermöglichen [50] und eine große Messgenauigkeit zu gewährleisten [28]. Ein Verbiegen der angespitzten Baken war aufgrund der Materialeigenschaften nahezu ausgeschlossen, da die verwendete Schieblehre aus gehärtetem Stahl bestand [91].

Bei der Auswahl des Messgerätes wurde auf eine einfache Handhabung und geringe Kosten geachtet. Ein Stechzirkel hätte diesen Anforderungen auch entsprochen – wie aber aus Studien von HUNTER und PRIEST [51] und SHELLHART et al. [97] hervorgeht, sind die Messungen der Zahnbreiten, die durch eine Verwendung von Schieblehren erzielt werden, reproduzierbarer [94] und genauer in Bezug auf den wahren mesiodistalen Zahndurchmesser. Die Anwendung von Zirkeln führt zu kontinuierlich größeren Werten der mesiodistalen Zahnbreiten, denn beim Messvorgang berühren die Zirkelspitzen häufig nicht die Kontaktpunkte [51]. Schieblehren mit digitalen Ausgängen, die eine Ablesegenauigkeit von 0,01 mm erlauben, waren nicht nötig, da die Ergebnisse der „Visuellen-Methode“ mit einer Genauigkeit von einer Dezimalstelle eines Millimeters angegeben wurden. Hilfsmittel wie Mikroskope oder Reflexmetrografen entsprachen nicht den oben genannten Forderungen.

Zur Bestimmung des frontalen Platzbedarfs wurde die Summe der Zahnbreiten der jeweils vier Oberkiefer- bzw. Unterkieferschneidezähne gebildet. Die mesiodistale Ausdehnung jedes einzelnen Schneidezahnes eines Kiefermodells wurde in der vorliegenden Untersuchung gemessen. Werden nur die Zahnbreiten eines mittleren und eines seitlichen Schneidezahnes einer Kieferseite bestimmt und anschließend das Messergebnis verdoppelt, so führen die häufigen Asymmetrien der Zahnbreiten, vor allem diejenigen der seitlichen Schneidezähne, zu keinem verlässlichen Resultat [28].

Als „Schieblehre-Methode“ zur Bestimmung des frontalen Engstandes wurde in der vorliegenden Arbeit die Segmentanalyse gewählt [11, 59, 63]. Bei der Segmentanalyse wird entsprechend der Definition von LUNDSTRÖM [63] zur Bestimmung des Platzbedarfs die größte mesiodistale Ausdehnung der Zahnkronen ermittelt und zur Bestimmung des Platzangebotes die Größe der Zahnbogensegmente zwischen den Kontaktpunkten benachbarter Zähne gemessen. Die Vorteile gegenüber anderen Analysemethoden waren die einfache Anwendbarkeit und der geringe Materialaufwand sowie die zufrieden stellende Genauigkeit [102]. Dies erklärt sicherlich den hohen Bekanntheitsgrad und die häufige Anwendung dieser Analyse [37, 40, 50, 51, 70, 74, 102].

Engstände gehen meistens mit Kippungen und Rotationen der Zähne einher – bei der Bestimmung des Platzangebotes ist es dann problematisch, die „richtigen“ Messpunkte zum Anlegen der Schieblehre auszuwählen. Nach BATTAGEL [6], CAREY [16] und NANCE [73] ist die Segmentanalyse auf Kiefermodelle mit Engstand schwierig übertragbar, da bei engstehenden Zähnen die „Kontaktpunkte“ flächiger sind und häufig nicht dem Verlauf eines harmonischen Zahnbogens entsprechen. In der vorliegenden Studie wurde deshalb die Segmentanalyse („Schieblehre-Methode“) in Bezug auf die Bestimmung des vorhandenen Platzes durch eine Unterteilung in drei Methoden modifiziert. Diese Modifizierung berücksichtigte individuelle Stellungsanomalien einzelner Zähne und den Zahnbogenverlauf. Durch die Unterteilung der „Schieblehre-Methode“ in die Methoden A, B und C war bei der Bestimmung des Platzangebotes ein Anlegen des Messinstrumentes an genau definierten Punkten, wie den Kontaktpunkten, bzw. konstruierten Punkten, die dem harmonischen Zahnbogen entsprachen, möglich.

In der kieferorthopädischen Abteilung des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Justus-Liebig-Universität Gießen wird ein Frontzahnsegment vom distalen Kontaktpunkt des seitlichen Schneidezahnes bis zum mesialen Kontaktpunkt des mittleren Schneidezahnes desselben Quadranten

gemessen. Dieses Verfahren entsprach in der vorliegenden Studie „Schieblehre-Methode A“. Bei „Schieblehre-Methode B“ reichte ein Segment vom mesialen Kontaktpunkt des Eckzahnes bis zum Kontaktpunkt der mittleren Schneidezähne [37]. Die „Schieblehre-Methode C“ berücksichtigte einen harmonischen Verlauf des Zahnbogens, so dass meistens ein konstruierter Messpunkt verwendet wurde (s. Kap. 4.2.1, S. 12 bis 15). Diese Methode beinhaltet deshalb den größten Anteil subjektiven Urteils seitens der Untersucherin (Verfasserin) im Gegensatz zu den „Schieblehre-Methoden A und B“. Bei den Methoden A und B war der erste Messpunkt zum Anlegen der Schieblehre genau definiert, nur der zweite Messpunkt konnte in Ausnahmefällen von subjektiver Bewertung abhängig sein (s. Abb. 12, S. 14).

Auch andere Autoren [39, 45] berücksichtigen bei der Bestimmung des Platzangebotes den Zahnbogenverlauf: Steht der seitliche Schneidezahn korrekt im Zahnbogen, so wird zur Bestimmung einer Segmentgröße distal des seitlichen Schneidezahnes gemessen. Steht der seitliche Schneidezahn außerhalb des Zahnbogens oder stehen die Frontzähne eng, so wird der mesiale Kontaktpunkt des Eckzahnes zur Bestimmung des Platzangebotes verwendet.

Es muss erwähnt werden, dass das Messen von Zahnbogensegmenten eine Ungenauigkeit, bezogen auf die individuellen Zahnbogenformen, beinhaltet, welche wiederum Bestandteil der Berechnung von Engständen ist. So ignoriert die Segmentanalyse [63] die „runde Zahnbogenform“ bei der Bestimmung des vorhandenen Platzes [6, 52]. Nach MUSICH und ACKERMAN [72] täuscht diese Methode weniger vorhandenen Platz vor als in Wirklichkeit zur Verfügung steht. Man sollte bedenken, dass die Schneidekanten der Schneidezähne einzeln für sich nicht der Form eines idealen Bogens entsprechen. Jeder einzelne Zahn wurde bei der Ermittlung der mesiodistalen Zahnbreite als Strecke betrachtet. Die Segmentanalyse zur Bestimmung des Platzangebotes verwendete lediglich eine Strecke, die zwei benachbarte Zähne umfasste. Außerdem wurde durch Anlegen des Messinstrumentes in Höhe der

Kontaktpunkte der Zähne die eigentliche Segmentstrecke verlängert, da die gemessene Strecke bei eng stehenden Zähnen durch vertikale Verschiebungen der Kontaktpunkte meistens nicht parallel zur Okklusalebene lag.

Zur Berücksichtigung einer „runden Zahnbogenform“ bei der Bestimmung des Platzangebotes der Stützzone addiert HOTZ [45] zum gemessenen Platzangebot einen „individuellen Sehnenbogenfehler“, der pro Quadrant maximal 1 mm beträgt. Nach FISCHER-BRANDIES und STAHL [28] kann dieser individuelle Sehnenbogenfehler als „unerheblicher Messfehler übergangen werden“. Für die Segmentanalyse im Frontzahnbereich wurden in der Literatur keine Werte gefunden, die die „runde Zahnbogenform“ berücksichtigen.

Die Einteilung der Segmente nach ADKINS et al. [2] entspricht nicht der an der Justus-Liebig-Universität Gießen verwendeten Segmentaufteilung und war infolgedessen für diese Untersuchung nicht brauchbar. Weiterhin wurden die Methoden zur Bestimmung des Platzangebotes durch Konturierung eines weichen Drahtes [73] oder eines biegbaren Lineals entlang der Schneidekanten [9, 38] oder durch die Verwendung eines Katenometers [72, 88, 95] nicht gewählt, da der Verlauf der Inzisalkanten bei einem Engstand keiner einheitlichen Bogenform entspricht, was die Positionierung des entsprechenden Messgerätes erschwert [6]. Die Größe des Platzangebotes ist dann sehr von der labiolingualen Positionierung des Drahtes abhängig und auch subjektives Urteil sowie die klinische Erfahrung des Untersuchers haben einen Einfluss auf die gemessenen Ergebnisse [72]. Außerdem variieren die Angaben über die „richtige“ Positionierung des Drahtes über den Schneidekanten in labiolingualer Richtung beträchtlich [7, 16, 48, 49, 56, 57, 73, 79, 105].

Berechnungen des Platzangebotes mittels Formeln von Parabeln oder Ellipsen [27, 53, 76, 80] sind für die Platzanalyse in einer kieferorthopädischen Praxis zu kompliziert [41] und wurden deshalb in dieser Untersuchung nicht durchgeführt.

Der Irregularitätsindex von LITTLE [60] war für diese Untersuchung nicht geeignet, da dieser erhebliche Mängel aufweist, wenn zwei Zähne mit benachbarten Kontaktpunkten in labiolingualer Richtung verschoben sind, wie beispielsweise bei einer „Flügeltürstellung“ der mittleren Schneidezähne [79], d. h. eine Distolabialrotation der mittleren Schneidezähne und eine Mesiolabialrotation der seitlichen Schneidezähne. Der Irregularitätsindex wäre in diesem Fall null, obwohl die Zähne nicht harmonisch im Zahnbogen stehen und ein Engstand vorliegt [38]. Weiterhin sind Index-Systeme für den Praxisalltag nicht sinnvoll, sondern eher für epidemiologische Studien [52] geeignet. Für eine kieferorthopädische Behandlungsplanung ist eine Angabe des Engstandes in Millimetern sinnvoller [7].

Heutzutage dürften sicherlich die meisten Praxen mit Geräten der elektronischen Datenverarbeitung ausgestattet sein. Daher wäre es auch leicht möglich ein Programm zur Modellanalyse zu installieren. Für eine Platzanalyse ist allerdings das Einscannen von Gebissmodellen unzureichend [17, 90, 92], insbesondere bei Patienten, die große Zahnfehlstellungen (Kippungen und Rotationen) aufweisen [90].

Zur Berechnung des frontalen Engstandes wurden in dieser Studie die Messungen der Zahnbreiten und Segmentgrößen für jedes Kiefermodell zweimal mit einem zeitlichen Abstand von 14 Tagen durchgeführt und die Werte aus erster und zweiter Messung zu einem Mittelwert zusammengefasst. Die Addition der Mittelwerte des rechten Segmentes und linken Segmentes ergab das frontale Platzangebot und die Addition der Mittelwerte der Zahnbreiten der Schneidezähne eines Kiefers den frontalen Platzbedarf. Die Differenz zwischen Platzangebot und Platzbedarf ergab den Engstand (s. Abb. 14, S. 17). Wären aus den ersten Messungen der Zahnbreiten und Segmentgrößen Platzangebot und Platzbedarf und durch Differenzbildung dieser Größen der Engstand berechnet worden und das gleiche Verfahren auch für die zweite Messserie 14 Tage später angewendet worden (s. Abb. 15, S. 19), so

würden die Mittelwerte beider Messserien die gleichen Ergebnisse für den frontalen Engstand ergeben wie in dieser Studie.

Es wäre wünschenswert gewesen, dass die Messungen der Zahnbreiten und Segmentgrößen auch von mindestens einem weiteren Untersucher durchgeführt worden wären, denn der interindividuelle Fehler ist größer als der intra-individuelle Fehler [25, 52]. Die Messabweichungen zwischen verschiedenen Untersuchern können beträchtlich sein [83].

Die gemessenen und berechneten Werte („Schieblehre-Methoden A, B und C“) wurden als „Goldstandard“ beim Vergleich mit den geschätzten Werten („Visuelle-Methode“) verwendet. Der mittlere Methodenfehler für die Bestimmung des frontalen Engstandes mit den „Schieblehre-Methoden A, B und C“ war sowohl im Oberkiefer mit 0,3 mm als auch im Unterkiefer mit 0,2 mm kleiner als die mittleren Methodenfehler der „Visuellen-Methode“ (s. Tab. 1 und 2, S. 22 und 23). Um die Genauigkeit der „Schieblehre-Methoden“ zu verbessern, wurden die Mittelwerte der zweimal gemessenen und berechneten frontalen Engstände verwendet, da die Variabilität der Mittelwerte kleiner ist als die Variabilität des mittleren Methodenfehlers.

Die mittleren Methodenfehler für die Schätzungen des frontalen Engstandes betragen mit einer Ausnahme (Student 1) weniger als 1,0 mm (s. Tab. 1, S. 22). Sie waren nur halb so groß wie in Untersuchungen von JOHAL und BATTAGEL [52], was darin begründet sein kann, dass in der vorliegenden Studie nicht der Zahnbogen einschließlich der Sechsjahrmolaren beurteilt wurde, sondern nur der Frontzahnbereich. In der vorliegenden Arbeit war mit einer Ausnahme (Kieferorthopäde 2) ebenso wie bei JOHAL und BATTAGEL [52] der mittlere Methodenfehler für den Oberkieferengstand größer als für den Engstand im Unterkiefer. Auch bei der „Visuellen-Methode“ wurde der Mittelwert der Doppelschätzungen als eigentlicher Schätzwert verwendet, um genauere Ausgangswerte zu erhalten.

Die Engstände der „Visuellen-Methode“, die durch die Kieferorthopäden, Weiterbildungsassistenten der Fachrichtung Kieferorthopädie und Studenten der Zahnmedizin geschätzt wurden, sowie die gemessenen und berechneten Engstände der „Schieblehre-Methoden A, B und C“ wurden deskriptiv ausgewertet. Zur Beschreibung der beobachteten Verteilungen wurden die Lagemaße Median und Mittelwert verwendet. Um die Streuung der beobachteten Werte zu beschreiben, wurden das Intervall zwischen dem kleinsten und größten Wert (range), das Intervall zwischen dem ersten und dritten Quartil (Interquartilintervall) und das 2s-Intervall angegeben. Zur Beschreibung der „Genauigkeit“ der Schätzwerte wurde das 95 % Konfidenzintervall angegeben. Die Überprüfung der Fragestellung, ob die Methoden („Schieblehre-Methoden A, B und C“) und der Ausbildungsstand (Kieferorthopäden, Weiterbildungsassistenten und Studenten) einen Einfluss auf die Ergebnisse hatten, wurde zuerst unter Berücksichtigung des stetigen Zielparameters (Differenz Engstand „Visuell“ – Engstand „Schieblehre“) mit Hilfe varianzanalytischer Methoden untersucht. Bei dem gewählten dreifaktoriellen Design ging neben den interessierenden Faktoren Methode und Ausbildungsstand als zufälliger Faktor der Untersucher in seinem entsprechenden Ausbildungsstand in dieses Modell ein. Die varianzanalytische Überprüfung der Daten zeigte, dass sowohl die Methode als auch der Ausbildungsstand einen Einfluss auf die Differenzen hatte.

Die Effekte, die bei der Überprüfung der stetigen Differenzen beobachtet wurden, hätten für den einzelnen Patienten keine klinischen Auswirkungen haben müssen, weshalb die stetigen Differenzen in einen dichotomen Parameter mit den Ausprägungen „klinisch nicht relevant“ und „klinisch relevant“ transformiert wurden und mit log-linearen-Modellen ausgewertet wurden. Geschätzte Engstände wurden als „richtig“ bewertet, die im Vergleich mit den gemessenen und berechneten Werten innerhalb des „klinisch nicht relevanten Bereichs von  $\pm 1,0$  mm“ lagen [75]. Durch diese Kategorisierung der Daten hätte sowohl der Einfluss der Methode als auch der Einfluss des Ausbildungsstandes nicht mehr erkennbar sein können. Bei der Überprüfung, der

unter Berücksichtigung der „klinischen Relevanz“ dichotomisierten Daten, zeigten sich allerdings die gleichen Effekte für die Methoden und den Ausbildungsstand wie sie bei der Untersuchung der stetigen Differenzen vorlagen.

### 6.2 Ergebnisse

Der Einfluss der drei „Schieblehre-Methoden“ auf die berechneten Differenzen erklärte sich durch die unterschiedliche Wahl der Messpunkte, die zur Ermittlung des Platzangebotes verwendet wurden (s. Kap. 4.2.1, S. 12 bis 15). Im Oberkiefer konnte der Hinweis bezüglich eines Unterschieds zwischen den „Schieblehre-Methoden A und C“ bzw. B und C, nicht aber zwischen den Methoden A und B aufgezeigt werden. Bei Methode C wurde im Vergleich zu den Methoden A und B der Engstand durchschnittlich größer bestimmt (s. Abb. 16c, S. 27), das Platzangebot für den Frontzahnbereich wurde demzufolge nach Methode C kleiner bestimmt, was in der Zahnstellung der ausgewählten 50 Oberkiefermodelle begründet war. Ein identisches Platzangebot, gemessen und berechnet nach den Methoden A und B, kommt zustande, wenn sich sowohl der mesiale Kontaktpunkt des Eckzahnes als auch der distale Kontaktpunkt des seitlichen Schneidezahnes berühren, aber zusätzlich eine Distolabialrotation des seitlichen Schneidezahnes und eine Mesiolabialrotation des Eckzahnes vorliegen. Die Kontaktpunkte der benachbarten Zähne berühren sich zwar (Irregularitätsmaß null [60]), liegen jedoch nicht innerhalb eines harmonischen Zahnbogenverlaufs [38]. Bei Gebissmodellen mit dieser Form der Zahnfehlstellungen und dem daraus resultierenden Engstand war sicherlich „Schieblehre-Methode C“ die bessere Variante zur Bestimmung des tatsächlichen frontalen Engstandes im Vergleich zu den „Schieblehre-Methoden A und B“. Bei den Methoden A und B wurde durch die oben erläuterten Fehlstellungen des seitlichen Schneidezahnes bzw. des Eckzahnes der Wert für das Platzangebot verfälscht und somit der Engstand zu gering berechnet.

Darüber hinaus zeigten sich bei der Schätzung des frontalen Engstandes im Oberkiefer maximale Überschätzungen bis zu 4,3 mm. Die maximale Unterschätzung lag bei 2,6 mm (s. Abb. 16a, S. 26; Tab. 13, S. 132). Diese großen Unterschiede der Schätzwerte zu den Messwerten zeigen, dass es zur falschen Therapiewahl kommen könnte, wenn die „Visuelle-Methode“ zur Bestimmung eines frontalen Engstandes verwendet würde, da eine Fehlbeurteilung in der Größenordnung von 2 mm oder 3 mm beim Schätzen des Platzangebotes im Zahnbogen den Behandlungsplan schon drastisch ändern kann [50, 72].

Bei einer Überschätzung des frontalen Engstandes im Oberkiefer um 4,3 mm wären die Folgen für den Patienten bedeutsam: Es könnten statt einer notwendigen Dehntherapie unnötig Zähne extrahiert werden [91] und dadurch ein ästhetisch nicht zufrieden stellendes Behandlungsergebnis durch retrokliniert stehende Frontzähne und Lücken resultieren. Lücken innerhalb der Zahnreihe werden zwar in weniger einsehbare Bereiche gelegt, jedoch führen fehlende Approximalkontakte zu einem geringeren oralen Komfort für den Patienten. Bei offenen Kontakten ist die Plaqueakkumulation größer und es besteht so ein indirekter Kausalzusammenhang mit schädlichen Einflüssen auf das Parodontium [23].

Bei einer Unterschätzung des frontalen Engstandes im Oberkiefer von 2,6 mm könnten eine notwendige Dehntherapie oder eventuell nötige Extraktionen unterbleiben. Eine harmonische Ausformung des Zahnbogens wäre dann nur durch eine stärkere Protrusion bzw. Proklination der Frontzähne zu erreichen, welche wiederum negative Folgen nach sich ziehen könnten, wie eine erhöhte Gefahr der traumatischen Schädigung der oberen Schneidezähne [34, 55] und ein potenziell inkompetenter Lippenschluss, welcher die Mundatmung fördert. Die Mundatmung wiederum erhöht die Kariesanfälligkeit und die Häufigkeit von Zahnfleischentzündungen sowie die Tendenz zur bakteriellen Infektion der Atemwege [55, 58]. Sie hat Einfluss auf den ganzen Körper und somit auf die Gesamtpersönlichkeit [4].

Die Auswirkungen von fehlerhaften Platzbilanzen treten meistens erst im Laufe einer unbefriedigenden Behandlung in Erscheinung, „vorwiegend dann, wenn es sich um die erforderliche Einordnung von außerhalb der Zahnreihe befindlichen Zähnen handelt“ [57]. Wird erst nach Behandlungsbeginn ein Defizit des Platzangebotes ersichtlich, kann eine nachträgliche Therapieänderung nötig werden. Sowohl eine längere aktive Behandlungsdauer als auch umfangreiche Zahnbewegungen zählen zu den Risikofaktoren für iatrogene Wurzelresorptionen [14, 29, 55, 89].

Im Unterkiefer konnte der Hinweis bezüglich eines Unterschieds zwischen den „Schieblehre-Methoden A und B“ bzw. B und C, nicht aber zwischen den Methoden A und C aufgezeigt werden (s. S. 29). Bei Methode B wurde im Vergleich zu den Methoden A und C durchschnittlich der frontale Engstand kleiner bestimmt (s. Abb. 17c, S. 31), das Platzangebot für den Frontzahnbereich wurde demzufolge größer bestimmt, was ebenso wie im Oberkiefer in der Zahnstellung der ausgewählten 50 Kiefermodelle begründet war. Gebrochene Kontakte am Eckzahn [19] bewirkten bei den Messungen der Segmentgrößen nach „Schieblehre-Methode B“ einen größeren Wert für das Platzangebot, wodurch sich der frontale Engstand kleiner berechnete. Bei Gebissmodellen mit dieser Form der Einzelzahnfehlstellung und der daraus resultierenden frontalen Engstände war wiederum „Schieblehre-Methode C“ die bessere Variante, um den Engstand möglichst genau zu bestimmen. Die Berechnung des Platzangebotes nach Methode B führte im Unterkiefer im Besonderen bei der eben erläuterten Fehlstellung zu einem zu geringen Wert für den tatsächlichen frontalen Engstand.

Im Unterkiefer lag die maximale Überschätzung des frontalen Engstandes („Visuelle-Methode“) im Vergleich zu den „Schieblehre-Methoden“ bei 5,2 mm. Die maximale Unterschätzung betrug 1,6 mm (s. Abb. 17a, S. 30; Tab. 14, S. 132). Auch im Unterkiefer zeigen diese großen Abweichungen der Schätzwerte von den Messwerten, dass durch visuelle Beurteilung eines frontalen Engstandes eine falsche Therapiewahl getroffen werden kann [7].

Bei einer Überschätzung des frontalen Engstandes im Unterkiefer von 5,2 mm könnten ebenso wie im Oberkiefer unnötigerweise Zähne extrahiert werden. Möglich wären im Unterkiefer auch falsche Extraktionsentscheidungen bezüglich der Auswahl der zu extrahierenden Zähne. Im Unterkiefer besteht zur Platzbeschaffung auch die Möglichkeit einen Schneidezahn zu entfernen [30], wenn nur durch eine Reduktion der mesiodistalen Zahnbreiten nicht ausreichend Platz geschaffen werden kann und die Entfernung von zwei Prämolaren ein zu großes Platzangebot schaffen würde. Eine transversale Zahnbogendehnung führt im Unterkiefer zu keinem stabilen Behandlungserfolg [57, 61, 62]. Die interkanine Distanz lässt sich nach dem Durchbruch dieser Zähne durch eine konservative Therapie nicht mehr stabil vergrößern [39]. Die Untersuchungen von JOONDEPH et al. [54] zeigen, dass sich die ursprünglichen Zahnbogenformen nach Beendigung der Retention wieder einstellen.

Eine Unterschätzung des frontalen Engstandes im Unterkiefer von 1,6 mm kann durch eine Protrusion bzw. Proklination der Frontzähne ausgeglichen werden. Durch eine Labialkipfung der Schneidezähne um ein Grad ist eine Zahnbogenerweiterung um 2 mm möglich. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die labiale Knochenkompakta die Kippung der Zähne teilweise einschränkt [39] oder infolge unzureichender reaktiver periostaler Knochenapposition knöcherne Fenestrations entstehen können [35]. Diese Knochendehiszenzen prädestinieren wiederum zu Gingivarezessionen [22], wobei aber auch die Qualität des Weichgewebes einen Einfluss hat [103]. Durch den Knochenabbau verliert im Allgemeinen das darüber liegende Weichgewebe seine Stütze, und der Gingivalrand verlagert sich nach apikal, bis er wieder sicheren Stand erreicht hat [1, 3, 24].

Der **Ausbildungsstand** der Untersucher, die die „Visuelle-Methode“ durchführten, hatte zwar einen Einfluss auf die Schätzergebnisse, jedoch nicht so, wie man es sich normalerweise erklären könnte, dass die Studenten aufgrund geringerer Erfahrung ungenauer schätzen würden als

Weiterbildungsassistenten und Kieferorthopäden (s. Tab. 3 und 4, S. 80 und 81). Fundierte Erklärungen für das Zustandekommen der unterschiedlichen Schätzergebnisse durch die Untersuchergruppen verschiedenen Ausbildungsstandes dieser Studie sind nicht möglich. Folgende Ansätze für Erklärungen könnten aber in Frage kommen:

- Die Schätzergebnisse und die durchschnittlich richtigen Bewertungen eines frontalen Engstandes basierten zu einem großen Teil auf der subjektiven Betrachtungsweise jedes einzelnen Untersuchers [52].
- Gewisse Stellungsanomalien einzelner Zähne könnten zu Überschätzungen des frontalen Engstandes geführt haben. So wäre es möglich, dass gekippt stehende Zähne bei der Beurteilung aus nur einer Blickrichtung einen größeren Engstand vortäuschten, als er in Wirklichkeit vorhanden war. Betrachtet man ein Modell ausschließlich von okklusal, so erscheint die mesiodistale Breite eines Schneidezahnes mit mesialer Kippstellung größer. So könnte die maximale Überschätzung des frontalen Unterkieferengstandes zustande gekommen sein (s. Abb. 19a, S. 38; Tab. 16, S. 132).
- Für die Tendenz relativ großer Unterschätzung des Engstandes im Oberkiefer durch die Studenten (s. Abb. 18a, S. 34; Tab. 3, S. 80; Tab. 15, S. 132) könnte auch folgende Erklärung zutreffen: Befindet sich nur ein Zahn außerhalb des harmonischen Zahnbogens, so ist dieser fehlende Platz, den der Zahn benötigt, deutlich sichtbar. Bei genauso großem Engstand, jedoch durch geringe Stellungsanomalien auf vier Schneidezähne verteilt, wird dieser fehlende Platz nicht auf den ersten Blick als so groß eingestuft, wie er in Wirklichkeit ist [66]. Für unerfahrene Untersucher, wie es die Studenten sind, ist somit dieser „versteckte“ Engstand möglicherweise nicht so deutlich erkennbar.

- Die tendenzielle Überschätzung des frontalen Unterkieferengstandes durch die Kieferorthopäden (s. Abb. 19c, S. 39; Tab. 4, S. 81; Tab. 16, S. 132) könnte darin begründet sein, dass die Kieferorthopäden nicht nur den vorliegenden Engstand bewerteten, sondern vielleicht schon andere relevante Faktoren, die für eine Expansions- oder Extraktionsentscheidung sprachen, mit einbezogen hatten, die jedoch unberücksichtigt bleiben sollten (s. Kap. 4.1, S. 11). Beispielsweise könnte die Beurteilung einer eventuell kleinen apikalen Basis zu einer Überschätzung des Engstandes geführt haben. Weiterhin wäre es möglich, dass die Kieferorthopäden die Neigung der Frontzähne bei der Analyse des frontalen Engstandes mit berücksichtigten, somit nicht den wirklich zur Verfügung stehenden Platz beachteten und infolge dessen den frontalen Engstand größer bewerteten als er vorhanden war. Die Tendenz zur Überschätzung eines Engstandes bei Anwendung der „Visuellen-Methode“ deckt sich mit den Ergebnissen von JOHAL und BATTAGEL [52].
- Die Schätzergebnisse für den frontalen Engstand durch die Kieferorthopäden zeigten sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer im Vergleich mit „Schieblehre-Methode C“ die mögliche Tendenz größerer Übereinstimmung als mit den „Schieblehre-Methoden A und B“ (s. Abb. 38a, S. 83; Abb. 39a, S. 86; Tab. 3 und 4, S. 80 und 81). Hier könnte der Ausbildungsstand den Einfluss haben, dass die Kieferorthopäden den harmonischen Zahnbogenverlauf bei der „Visuellen-Methode“ mehr berücksichtigten als die Weiterbildungsassistenten und Studenten.
- Im Oberkiefer zeigten die Schätzergebnisse der Weiterbildungsassistenten und Studenten, obwohl die richtige Bewertung der frontalen Engstände allgemein gering war, eine Tendenz größerer Übereinstimmung im Vergleich mit „Schieblehre-Methode A“ (s. Abb. 38c, S. 84; Tab. 3, S. 80). Eine mögliche Erklärung für dieses Ergebnis ist eventuell die Gegebenheit, dass diese Einteilung des Frontzahnbereichs an der Justus-Liebig-Universität Gießen gelehrt wird.

Zur Beurteilung des Anteils der unterschätzten, überschätzten („klinisch relevanten“) und richtig bewerteten („klinisch nicht relevanten“) frontalen Engstände reichte es nicht, den prozentualen Anteil zu berechnen. Hier stellte sich die Frage, wie stark würde das Ergebnis bei einer Wiederholung des Experimentes schwanken? Für diese Fragestellung wurde davon ausgegangen, dass die Untersucher innerhalb einer Gruppe gleichen Ausbildungsstandes (Kieferorthopäden, Weiterbildungsassistenten, Studenten) unabhängig voneinander waren und den gleichen Wissensstand hatten. Das berechnete Konfidenzintervall sagt aus, dass mit einer Vertrauenswahrscheinlichkeit von 95 % der wahre Wert für den Anteil der richtig eingeschätzten Engstände innerhalb dieses Intervalls liegt.

Wie in den Abbildungen 38a bis 38c (s. S. 83 und 84) dargestellt, zeigte das 95 % Konfidenzintervall für die richtig geschätzten Engstände im Oberkieferfrontzahnbereich im Vergleich zu den „Schieblehre-Methoden A, B und C“ geringe Werte für die Untergrenze (Kieferorthopäden 66 %, 64 %, 68 %, Weiterbildungsassistenten 64 %, 56 %, 57 %, Studenten 61 %, 48 %, 52 %). Auch im Unterkieferfrontzahnbereich (s. Abb. 39a, S. 86) waren diese Werte bei den Kieferorthopäden ähnlich (64 %, 54 %, 65 %). Diese geringen Werte zeigen, dass bei Anwendung der „Visuellen-Methode“ im Oberkiefer allein durch die Kieferorthopäden im Vergleich mit „Schieblehre-Methode A“ im ungünstigsten Fall 34 %, im Vergleich mit Methode B 36 % und im Vergleich mit Methode C 32 % der frontalen Engstände bei Patienten falsch bewertet würden. Die Folgen der Unterschätzungen und Überschätzungen eines frontalen Oberkieferengstandes wären ähnlich, wie auf den Seiten 96 bis 98 dargestellt. Im Oberkiefer war die Anzahl von Kiefermodellen mit falsch bewerteten frontalen Engständen durch die Weiterbildungsassistenten und Studenten noch größer als bei den Kieferorthopäden.

Im Unterkiefer bewerteten die Kieferorthopäden im ungünstigsten Fall im Vergleich mit „Schieblehre-Methode A“ 36 %, im Vergleich mit Methode B 46 % und im Vergleich mit Methode C 35 % der frontalen Engstände bei

Patienten falsch (s. Abb. 39a, S. 86). Die Folgen von Unterschätzungen und Überschätzungen eines frontalen Unterkieferengstandes wären ähnlich, wie auf den Seiten 98 und 99 dargestellt. Im Unterkiefer waren die falsch bewerteten frontalen Engstände durch die Weiterbildungsassistenten und Studenten bedeutend geringer als die der Kieferorthopäden (s. Abb. 39a bis 39c, S. 86 und 87; Tab. 4, S. 81).

Dieser große Anteil der falsch bewerteten frontalen Engstände zeigt, dass die „Visuelle-Methode“ im Vergleich mit der „Schieblehre-Methode“ häufig zu Fehlbeurteilungen eines Engstandes führt, welche bedeutsame Folgen für den einzelnen Patienten haben könnten. Aufgrund der mäßigen Zuverlässigkeit der „Visuellen-Methode“ sollten auch weiterhin frontale Engstände durch einen Mess- und Berechnungsvorgang („Schieblehre-Methode“) genau bestimmt werden, so dass fehlerhafte therapeutische Auswirkungen durch eine falsche Bewertung des frontalen Engstandes vermieden werden können [45, 57].

Ob ein Abschätzen des Engstandes („Visuelle-Methode“) bei kieferorthopädischen Patienten angewendet werden kann, wird in der Literatur kontrovers diskutiert [7, 41, 66, 67]: Nach MERGATI et al. [67] ist die „Visuelle-Methode“ ein zuverlässiges Verfahren zur Bestimmung der Größe des Engstandes im Unterkiefer. In Abweichung zur vorliegenden Untersuchung erfolgte bei MERGATI et al. [67] die visuelle Bewertung des Engstandes für den Zahnbogenbereich bis mesial der Sechsjahrmolaren. Außerdem wurden nur Unterkiefermodelle bewertet, die Anzahl der untersuchten Probanden war etwas geringer und nur zwei Kieferorthopäden und zwei Studenten führten die visuelle Beurteilung der Engstände durch. Das abweichende Ergebnis von MERGATI et al. [67] im Vergleich zur vorliegenden Studie könnte in der geringeren Anzahl der Untersucher (vier statt neun) begründet sein.

Die Schlussfolgerung der vorliegenden Arbeit stimmt mit der von BEAZLEY [7] überein. BEAZLEY [7] untersuchte in Bezug auf die Bestimmung des

vorhandenen Platzes im Zahnbogen die „Visuelle-Methode“. An zehn Unterkiefermodellen schätzten zehn Studenten den Engstand. Die Schätzergebnisse zeigten so große Unterschiede (bis 5,5 mm), dass BEAZLEY [7] die visuelle Methode als unzuverlässig bewertete. MCDONALD und IRELAND [66] meinen dagegen, dass eine Gradunterteilung in schwachen, mittleren und schweren frontalen Engstand durch visuelle Beurteilung möglich ist.

FISCHER-BRANDIES und STAHL [28] bestimmen die Platzbilanz im Bereich der Schneidezähne durch approximale Abschätzung bei intakter Stützzone. Das Einschätzen des mesiodistalen Platzbedarfs der Zähne erfolgt entsprechend dem Verlauf der Schneidekanten im Bereich der Kontaktpunkte zwischen den mittleren Schneidezähnen und den Kontaktpunkten zwischen den mittleren und seitlichen Schneidezähnen. Ihrer Meinung nach haben sich Messmethoden („gebogene Drahtstücke“ oder „das Messen von einzelnen Abschnitten des Zahnbogens mit dem Zirkel“) gegenüber der oben beschriebenen Einschätzung der Maße als „nicht wesentlich genauere Methoden herausgestellt“. Dieses Ergebnis konnte in der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden. Mögliche Erklärungen können in der Anzahl der Untersucher, die die Methode anwendeten, in der Verwendung anderer Messinstrumente, in den Unterschieden der Messgenauigkeit und in einer abweichenden Verfahrensweise begründet sein.

Eventuell ist ein Erlernen der „Visuellen-Methode“ möglich, da das räumliche Vorstellungsvermögen zwar einerseits vererbt wird [65], andererseits aber auch trainierbar ist [85]. Somit könnten die großen Unter- und Überschätzungen einzelner Untersucher (s. Tab. 17 bis 22, S. 133 und 134) reduziert werden.

## **7 Schlussfolgerung**

Die „Visuelle-Methode“ zeigte im Vergleich zu den „Schieblehre-Methoden A, B und C“ für die Bestimmung des frontalen Engstandes im Ober- und Unterkiefer eine mäßige Zuverlässigkeit. Im Oberkiefer erzielten die Kieferorthopäden im Vergleich zu den anderen Untersuchern die genaueren Schätzergebnisse. Im Unterkiefer konnte dies nicht festgestellt werden. Unterschätzungen und Überschätzungen des Engstandes kamen sowohl bei Kieferorthopäden, als auch bei Weiterbildungsassistenten der Fachrichtung Kieferorthopädie und Studenten der Zahnmedizin in ähnlicher Größenordnung vor. Sie lagen unter Berücksichtigung der Methoden A, B und C im Oberkiefer zwischen 2,6 mm (maximale Unterschätzung) und 4,3 mm (maximale Überschätzung) und im Unterkiefer zwischen 1,6 mm (maximale Unterschätzung) und 5,2 mm (maximale Überschätzung).

## 8 Zusammenfassung

Anhand von Gebissmodellen kieferorthopädischer Patienten wurde der frontale Engstand sowohl visuell abgeschätzt („Visuelle-Methode“) als auch gemessen und berechnet („Schieblehre-Methoden A, B und C“). Die Untersuchung sollte folgende Frage beantworten: Wie groß ist die Zuverlässigkeit der „Visuellen-Methode“ gegenüber der „Schieblehre-Methode“? Dabei wurden die unterschiedlichen Messpunkte der „Schieblehre-Methoden“ und der Ausbildungsstand der Untersucher, die die „Visuelle-Methode“ anwendeten, in Bezug auf Ober- und Unterkiefer berücksichtigt.

Insgesamt wurden 100 Gebissmodelle (50 Ober- und 50 Unterkiefermodelle) der permanenten Dentition von Patienten der Poliklinik für Kieferorthopädie des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Justus-Liebig-Universität Gießen untersucht.

„Visuelle-Methode“: Das Abschätzen des frontalen Engstandes erfolgte durch jeweils drei Kieferorthopäden, Weiterbildungsassistenten der Fachrichtung Kieferorthopädie und Studenten der Zahnmedizin.

„Schieblehre-Methode“: Platzbedarf und Platzangebot wurden mittels Schieblehre gemessen und aus den ermittelten Werten der Engstand berechnet. Die Methoden A, B und C unterschieden sich durch die festgelegten Messpunkte bei der Bestimmung des Platzangebotes. Die Messungen und Berechnungen wurden von der Verfasserin dieser Studie durchgeführt und die Ergebnisse als Referenzwerte verwendet.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe varianzanalytischer Methoden und mit log-linearen-Modellen. Geschätzte Engstände wurden als „richtig“ bewertet, die im Vergleich mit den gemessenen und berechneten

Werten innerhalb eines „klinisch nicht relevanten Bereichs“ von  $\pm 1,0$  mm lagen.

Der Vergleich der geschätzten Engstände („Visuelle-Methode“) mit den gemessenen und berechneten Engständen („Schieblehre-Methoden“) ergab bezüglich des 95 % Konfidenzintervalls folgende Resultate: Die Kieferorthopäden schätzten den frontalen Engstand der 50 Oberkiefermodelle im Vergleich mit Methode A zu 66 % bis 80 %, im Vergleich mit Methode B zu 64 % bis 79 % und im Vergleich mit Methode C zu 68 % bis 81 % richtig. Sie schätzten den frontalen Engstand der 50 Unterkiefermodelle im Vergleich mit Methode A zu 64 % bis 78 %, im Vergleich mit Methode B zu 54 % bis 69 % und im Vergleich mit Methode C zu 65 % bis 78 % richtig. Die Weiterbildungsassistenten der Fachrichtung Kieferorthopädie schätzten den frontalen Engstand der 50 Oberkiefermodelle im Vergleich mit Methode A zu 64 % bis 79 %, im Vergleich mit Methode B zu 56 % bis 71 % und im Vergleich mit Methode C zu 57 % bis 72 % richtig. Sie schätzten den frontalen Engstand der 50 Unterkiefermodelle im Vergleich mit Methode A zu 87 % bis 96 %, im Vergleich mit Methode B zu 84 % bis 94 % und im Vergleich mit Methode C zu 90 % bis 98 % richtig. Die Studenten der Zahnmedizin schätzten den frontalen Engstand der 50 Oberkiefermodelle im Vergleich mit Methode A zu 61 % bis 76 %, im Vergleich mit Methode B zu 48 % bis 64 % und im Vergleich mit Methode C zu 52 % bis 67 % richtig. Sie schätzten den frontalen Engstand der 50 Unterkiefermodelle im Vergleich mit Methode A zu 85 % bis 95 %, im Vergleich mit Methode B zu 87 % bis 96 % und im Vergleich mit Methode C zu 84 % bis 94 % richtig.

Schlussfolgernd lässt sich feststellen, dass die „Visuelle-Methode“ im Vergleich zu den drei „Schieblehre-Methoden“ für die Bestimmung des frontalen Engstandes im Ober- sowie Unterkiefer eine mäßige Zuverlässigkeit zeigte. Im Oberkiefer erzielten die Kieferorthopäden im Vergleich zu den anderen Untersuchern die genaueren Schätzergebnisse, allerdings konnte dies im Unterkiefer nicht festgestellt werden.

## **9 Summary (Zusammenfassung in englischer Sprache)**

The amount of incisor crowding was assessed visually ("visual method") and by means of measurements and calculations using a sliding caliper ("caliper methods A, B and C"). Dental casts of orthodontic patients were analysed. The following question was of interest: How high is the reliability of the "visual method" compared to the "caliper method"? In the evaluation of the different measuring points of the "caliper methods" were considered as well as the level of training of the persons who used the "visual method" for both the maxilla and mandible.

A total of 100 dental casts (50 maxillary and 50 mandibular) of orthodontic patients in the permanent dentition were examined.

"Visual method": The visual assessment of incisor crowding was performed by three orthodontists, three post-graduate orthodontic students and three under-graduate dental students.

"Caliper method": The available and required spaces were measured using a sliding caliper and the amount of crowding was calculated. The results of the methods A, B and C varied due to the different measuring points used in estimating the required space. The measurements and calculations were carried out by the author of this study and the results were used as reference values.

The statistical analyses of the data consisted of an analysis of variance and log-linear-models. The visually assessed crowding was considered "correct" when it didn't differ from the measured and calculated value by more than  $\pm 1.0$  mm.

The comparison of the “visual” and “caliper” values revealed the following results with respect to the 95 % confidence intervals: The orthodontists correctly assessed between 66 % to 80 % of incisor crowding in the 50 maxillary dental casts in comparison to method A, between 64 % to 79 % in comparison to method B, and between 68 % to 81 % in comparison to method C. They correctly assessed between 64 % to 78 % of incisor crowding in the 50 mandibular dental casts in comparison to method A, between 54 % to 69 % in comparison to method B, and between 65 % to 78 % in comparison to method C. The post-graduate orthodontic students correctly assessed between 64 % to 79 % of incisor crowding in the 50 maxillary dental casts in comparison to method A, between 56 % to 71 % in comparison to method B, and between 57 % to 72 % in comparison to method C. They correctly assessed between 87 % to 96 % of incisor crowding in the 50 mandibular dental casts in comparison to method A, between 84 % to 94 % in comparison to method B, and between 90 % to 98 % in comparison to method C. The under-graduate dental students correctly assessed between 61 % to 76 % of incisor crowding in the 50 maxillary dental casts in comparison to method A, between 48 % to 64 % in comparison to method B, and between 52 % to 67 % in comparison to method C. They correctly assessed between 85 % to 95 % of incisor crowding in the 50 mandibular dental casts in comparison to method A, between 87 % to 96 % in comparison to method B, and between 84 % to 94 % in comparison to method C.

Based on the results of this study it can be concluded that for the assessment of maxillary and mandibular incisor crowding the "visual method" has a moderate reliability in comparison to the three "caliper methods". In the maxilla the orthodontists obtained a higher percentage of correct results in comparison with the post-graduate orthodontic students and under-graduate dental students, but not in the mandible.

## 10 Literaturverzeichnis

- [1] ABOUD M, GRÜNER M, KOECK B.  
Frontengstand – lediglich ein ästhetisches Problem?  
Fortschr Kieferorthop 2002;63:264-73.
- [2] ADKINS MD, NANDA RS, CURRIER GF.  
Arch perimeter changes on rapid palatal expansion.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 1990;97:194-9.
- [3] ÁRTUN J, KROGSTAD O.  
Periodontal status of mandibular incisors following excessive  
proclination.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 1987;91:225-32.
- [4] BAHNEMANN F.  
Mundatmung als Krankheitsfaktor.  
Fortschr Kieferorthop 1979;40:117-36,217-28,321-44.
- [5] BATTAGEL JM.  
Individualized catenary curves: their relationship to arch form and  
perimeter.  
Br J Orthod 1996;23:21-8.
- [6] BATTAGEL JM.  
The assessment of crowding without the need to record arch  
perimeter. Part I: Arches with acceptable alignment.  
Br J Orthod 1996;23:137-44.
- [7] BEAZLEY WW.  
Assessment of mandibular arch length discrepancy utilizing an  
individualized arch form.  
Angle Orthod 1971;41:45-54.
- [8] BEGG PR.  
Stone age man's dentition with reference to anatomically correct  
occlusion, the etiology of malocclusion, and a technique for its  
treatment.  
Am J Orthod 1954;40:298-312.

- [9] BETTERIDGE MA.  
Index for measurement of lower labial segment crowding.  
Br J Orthod 1976;3:113-6.
- [10] BHATIA SN, HARRISON VE.  
Operational performance of the travelling microscope in the  
measurement of dental casts.  
Br J Orthod 1987;14:147-53.
- [11] BJERREGAARD J, BUNDGAARD AM, MELSEN B.  
The effect of the mandibular lip bumper and maxillary bite plate on  
tooth movement, occlusion and space conditions in the lower dental  
arch.  
Eur J Orthod 1980;2:257-65.
- [12] BOESE LR.  
Fibrotomy and reproximation without lower retention, 9 years in  
retrospect: Part II.  
Angle Orthod 1980;50:169-78.
- [13] BOLTON WA.  
Disharmony in tooth size and its relation to the analysis and treat-  
ment of malocclusion.  
Angle Orthod 1958;28:113-30.
- [14] BREZNIAK N, WASSERSTEIN A.  
Root resorption after orthodontic treatment: Part 2. Literature review.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 1993;103:138-46.
- [15] BURSTONE CJ.  
The uses of the computer in orthodontic practice.  
J Clin Orthod 1979;13:442-53,539-551.
- [16] CAREY CW.  
Treatment planning and the technical program in the four  
fundamental treatment forms.  
Am J Orthod 1958;44:887-98.
- [17] CHAMPAGNE M.  
Reliability of measurements form photocopies of study models.  
J Clin Orthod 1992;26:648-50.

- [18] DAHLBERG G.  
Statistical methods for medical and biological students.  
New York: Interscience Publications, 1940:122-32.
- [19] DAUSCH-NEUMANN D.  
Welche Rolle spielt der Eckzahn für den tertiären Engstand?  
Fortschr Kieferorthop 1988;49:48-55.
- [20] DEL SANTO M, GUERRERO CA, BUSCHANG PH, ENGLISH JD,  
SAMCHUKOV ML, BELL WH.  
Long-term skeletal and dental effects of mandibular symphyseal  
distraction osteogenesis.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 2000;118:485-93.
- [21] DEWEL BF.  
Serial extraction in orthodontics: indications, objectives, and  
treatment procedures.  
Am J Orthod 1954;40:906-26.
- [22] DIEDRICH P.  
Probleme und Risiken bei der Bewegung von Unterkieferfrontzäh-  
nen.  
Fortschr Kieferorthop 1995;56:148-56.
- [23] DIEDRICH P.  
Periodontal relevance of anterior crowding.  
J Orofac Orthop 2000;61:69-79.
- [24] DORFMAN HS.  
Mucogingival changes resulting from mandibular incisor tooth  
movement.  
Am J Orthod 1978;74:286-97.
- [25] DORIS JM, BERNARD BW, KUFTINEC MM.  
A biometric study of tooth size and dental crowding.  
Am J Orthod 1981;79:326-36.
- [26] FASTLICHT J.  
Crowding of mandibular incisors.  
Am J Orthod 1970;58:156-63.

- [27] FERRARIO VF, SFORZA C, MIANI A JR, TARTAGLIA G.  
Mathematical definition of the shape of dental arches in human permanent healthy dentitions.  
Eur J Orthod 1994;16:287-94.
- [28] FISCHER-BRANDIES H, STAHL ANF.  
Kieferorthopädische Modellanalyse.  
München: Hanser, 1995:16-25,42,50.
- [29] FOX N.  
Longer orthodontic treatment may result in greater external apical root resorption.  
Evid Based Dent 2005;6:21.
- [30] FREUNTHALLER P.  
Der Engstand der unteren Frontzähne.  
Osterr Z Stomatol 1973;70:257-69.
- [31] FUHRMANN RAW.  
Die kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgische Behandlung.  
In: Diedrich P (Hrsg), Praxis der Zahnheilkunde, Kieferorthopädie III, Spezifische kieferorthopädische Fragestellungen, Bd. 12, 4. Aufl.  
München: Urban & Fischer, 2002:131.
- [32] GEBAUER U.  
Elektronische Mess- und Rechenanlage zur arcogrammetrischen Modelldiagnostik und zum Auswerten von Fernröntgenbildern.  
Schweiz Monatsschr Zahnheilkd 1977;87:1170/64-80/74.
- [33] GEBAUER U.  
Die Form des arcogrammetrischen Zahnbogens von Idealfällen.  
Schweiz Monatsschr Zahnheilkd 1978;88:1276/48-84/54.
- [34] GHOSE LJ, BAGHDADY VS, ENKE H.  
Relation of traumatized permanent anterior teeth to occlusion and lip condition.  
Community Dent Oral Epidemiol 1980;8:381 (Abstr).
- [35] GÖZ GR, BACHER M, NEY T, AXMANN-KRCZMAR D, HARTMANN U.  
Die transversale Dehnung mit Plattenapparaturen – intermolare Stabilität und Bedeutung für gingivale Rezessionen.  
Fortschr Kieferorthop 1992;53:344-8.

- [36] HAAS AJ.  
Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening of the midpalatal suture.  
Angle Orthod 1961;31:73-90.
- [37] HAGBERG C.  
The alignment of permanent mandibular incisors in children.  
A longitudinal prospective study.  
Eur J Orthod 1994;16:121-9.
- [38] HARRIS EF, VADEN JL, WILLIAMS RA.  
Lower incisor space analysis: a contrast of methods.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 1987;92:375-80.
- [39] HARZER W.  
Lehrbuch der Kieferorthopädie.  
München: Hanser, 1999:112-22.
- [40] HASUND AP.  
Attrition and dental arch space.  
Eur Orthod Soc Rep Congr 1965;41:121-31.
- [41] HERREN P.  
Grundlagen zur geometrischen Erfassung der Zahnbogenform mittels des Polygonzugs.  
Schweiz Monatsschr Zahnheilkd 1971;81:908-20.
- [42] HERREN P.  
Modifikationen des Pont'schen Index' für die Arcogrammetrietechnik.  
Fortschr Kieferorthop 1974;35:142-52.
- [43] HERREN P.  
Die Prognose von Größe und Form des Zahnbogens.  
Fortschr Kieferorthop 1977;38:333-5.
- [44] HERREN P, SCHMOKER R, JORDI TH.  
Arch shape and space balance determined by arcogramme technique.  
Trans Eur Orthod Soc 1973:61-73.
- [45] HOTZ R.  
Orthodontie in der täglichen Praxis, 5. Aufl.  
Bern: Huber, 1980:56-8.

- [46] HOUSTON WJB.  
The analysis of errors in orthodontic measurements.  
Am J Orthod 1983;83:382-90.
- [47] HOWE RP.  
Palatal expansion using a bonded appliance.  
Am J Orthod 1982;82:464-8.
- [48] HOWE RP, MCNAMARA J, O'CONNOR KA.  
An examination of dental crowding and its relationship to tooth size and arch dimension.  
Am J Orthod 1983;83:363-73.
- [49] HUCKABA GW.  
Arch size analysis and tooth size prediction.  
Dent Clin North Am 1964:431-40.
- [50] HUNTER WS.  
Application of analysis of crowding and spacing of the teeth.  
Dent Clin North Am 1978;22:563-77.
- [51] HUNTER WS, PRIEST WR.  
Errors and discrepancies in measurement of tooth size.  
J Dent Res 1960;39:405-14.
- [52] JOHAL AS, BATTAGEL JM.  
Dental crowding: a comparison of three methods of assessment.  
Eur J Orthod 1997;19:543-51.
- [53] JONES ML, RICHMOND S.  
An assessment of the fit of a parabolic curve to pre- and post-treatment dental arches.  
Br J Orthod 1989;16:85-93.
- [54] JOONDEPH DR, RIEDEL RA, MOORE AW.  
Pont's index: a clinical evaluation.  
Angle Orthod 1970;40:112-8.
- [55] KAHL-NIEKE B.  
Einführung in die Kieferorthopädie, 2. Aufl.  
München: Urban & Fischer, 2001:93-5,176,250.

- [56] KINAST H.  
Indikationsstellung durch Kombination verschiedener Einzelbefunde mittels elektronischer Datenverarbeitung.  
Fortschr Kieferorthop 1977;38:367-90.
- [57] KINAST H.  
Der orthopädische Meßkeil – ein Beitrag zur Problematik des Zahn-breitensummen-Zahnbogenlängen-Verhältnisses.  
Fortschr Kieferorthop 1988;49:170-91.
- [58] KLINK-HECKMANN U, BREDY E.  
Studienbücher Zahnheilkunde - Kieferorthopädie, 3. Aufl.  
Leipzig – Heidelberg: Barth, 1990:48,154.
- [59] LINDSTEN R, OGAARD B, LARSSON E.  
Dental arch space and permanent tooth size in the mixed dentition of a skeletal sample from the 14<sup>th</sup> to the 19<sup>th</sup> centuries and 3 contemporary samples.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 2002;122:48-58.
- [60] LITTLE RM.  
The irregularity index: a quantitative score of mandibular anterior alignment.  
Am J Orthod 1975;68:554-63.
- [61] LITTLE RM, RIEDEL RA, ÁRTUN J.  
An evaluation of changes in mandibular anterior alignment from 10 to 20 years postretention.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 1988;93:423-8.
- [62] LITTLE RM, WALLEN TR, RIEDEL RA.  
Stability and relapse of mandibular anterior alignment – first premolar extraction cases treated by traditional edgewise orthodontics.  
Am J Orthod 1981;80:349-65.
- [63] LUNDSTRÖM A.  
The significance of early loss of deciduous teeth in the etiology of malocclusion.  
Am J Orthod 1955;41:819-26.
- [64] LUNDY HJ, RICHARDSON ME.  
Developmental changes in alignment of the lower labial segment.  
Br J Orthod 1995;22:339-45.

- [65] MAIER HP.  
Räumliches Vorstellungsvermögen.  
Europäische Hochschulschriften Reihe 6 Psychologie, Bd. 493.  
Frankfurt am Main: Lang, 1994:80-1.
- [66] MCDONALD F, IRELAND AJ.  
Diagnosis of the orthodontic patient.  
Oxford: Oxford University Press, 1998:101-6.
- [67] MERGATI L, SFONDRINI MF, CACCIAFESTA V.  
Arch discrepancy measurement: comparison of visual, manual and  
computer-aided methods.  
Eur J Orthod 2002;24:436 (Abstr no 48).
- [68] MEW J.  
Relapse following maxillary expansion.  
Am J Orthod 1983;83:56-61.
- [69] MILLS LF.  
Arch width, arch length, and tooth size in young adult males.  
Angle Orthod 1964;34:124-9.
- [70] MOK KHY, COOKE MS.  
Space analysis: a comparison between sonic digitization and the  
digital caliper.  
Eur J Orthod 1998;20:653-61.
- [71] MOORREES CFA, REED RB.  
Biometrics of crowding and spacing of the teeth in the mandible.  
Am J Phys Anthropol 1954;12:77-88.
- [72] MUSICH DR, ACKERMAN JL.  
The catenometer: a reliable device for estimating dental arch  
perimeter.  
Am J Orthod 1973;63:366-75.
- [73] NANCE HN.  
The limitations of orthodontic treatment.  
I. Mixed dentition diagnosis and treatment.  
II. Diagnosis and treatment in the permanent dentition.  
Am J Orthod and Oral Surgery 1947;33:177-223,253-301.

- [74] NORDERVAL K, WISTH PJ, BOE OE.  
Mandibular anterior crowding in relation to tooth size and craniofacial morphology.  
Scand J Dent Res 1975;83:267-73.
- [75] PANCHERZ H.  
Persönliche Mitteilung 2003.
- [76] PEPE SH.  
Polynomial and catenary curve fits to human dental arches.  
J Dent Res 1975;54:1124-32.
- [77] POULTON DR, AARONSON SA.  
The relationship between occlusion and periodontal status.  
Am J Orthod 1961;47:690-9.
- [78] PUNEKY PJ, SADOWSKY C, BEGOLE EA.  
Tooth morphology and lower incisor alignment many years after orthodontic therapy.  
Am J Orthod 1984;86:299-305.
- [79] RAKOSI T, JONAS I.  
Modellanalyse.  
In: Rateitschak KH (Hrsg), Farbatlant der Zahnmedizin, Kieferorthopädie - Diagnostik, Bd. 8, 1. Aufl.  
Stuttgart: Thieme, 1989:40,222-4.
- [80] RICHARDS LC, TOWNSEND GC, BROWN T, BURGESS VB.  
Dental arch morphology in south Australian twins.  
Arch Oral Biol 1990;35:983-9.
- [81] RICHARDSON ME.  
The relationship between the relative amount of space present in the deciduous dental arch and the rate and degree of space closure subsequent to the extraction of a deciduous molar.  
Dent Practit 1965;16:111-8.
- [82] RICHARDSON ME.  
Late lower arch crowding: facial growth or forward drift?  
Eur J Orthod 1979;1:219-25.
- [83] RICHARDSON ME, ADAMS CP, MCCARTNEY TPG.  
An analysis of tooth measuring methods on dental casts.  
Trans Eur Orthod Soc 1963:285-302.

- [84] RICHMOND S.  
Recording the dental cast in three dimensions.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 1987;92:199-206.
- [85] ROTH E, OSWALD WD, DAUMENLANG K.  
Intelligenz. Aspekte – Probleme – Perspektiven, 3. Aufl.  
Stuttgart: Kohlhammer, 1975:62.
- [86] RUDGE SJ.  
Dental arch analysis: arch form.  
Eur J Orthod 1981;3:279-84.
- [87] RUDGE SJ.  
A computer program for the analyses of study models.  
Eur J Orthod 1982;4:269-73.
- [88] RUDGE SJ, JONES PT, HEPENSTAL A, BOWDEN DEJ.  
The reliability of study model measurement in the evaluation of crowding.  
Eur J Orthod 1983;5:225-31.
- [89] SAMESHIMA GT, SINCLAIR PM.  
Predicting and preventing root resorption: Part II. Treatment factors.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 2001;119:511-5.
- [90] SANDER FG.  
Modellanalyse.  
In: Diedrich P (Hrsg), Praxis der Zahnkeilkunde, Kieferorthopädie I, Orofaziale Entwicklung und Diagnostik, Bd. 11/I, 4. Aufl.  
München: Urban & Fischer, 2000:195-219.
- [91] SCHÄFFER C.  
Individuelle Stützzonenbreitenbestimmung im bleibenden Gebiss.  
Gießen, JLU: Zahnmed Diss 1997;9,52-4.
- [92] SCHIRMER UR, WILTSHIRE WA.  
Manual and computer-aided space analysis: a comparative study.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 1997;112:676-80.
- [93] SCHUMACHER GH, GENTE M.  
Odontographie: Anatomie der Zähne und des Gebisses, 5. Aufl.  
Heidelberg: Hüthig, 1995:19-21,51.

- [94] SCHUSTER G.  
The tooth-width relation of the incisors in closed bite.  
J Orofac Orthop 1999;60:87-94.
- [95] SCOTT JH.  
The shape of the dental arches.  
J Dent Res 1957;36:996-1003.
- [96] SHAH AA, ELCOCK C, BROOK AH.  
Incisor crown shape and crowding.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 2003;123:562-7.
- [97] SHELLHART WC, LANGE DW, KLUEMPER GT, HICKS EP,  
KAPLAN AL.  
Reliability of the Bolton tooth-size analysis when applied to crowded  
dentitions.  
Angle Orthod 1995;65:327-34.
- [98] SMITH RJ, DAVIDSON WM, GIPE DP.  
Incisor shape and incisor crowding: a re-evaluation of the Peck and  
Peck ratio.  
Am J Orthod 1982;82:231-5.
- [99] SPILLANE LM, MCNAMARA JA JR.  
Maxillary adaptation to expansion in the mixed dentition.  
Semin Orthod 1995;1:176-87.
- [100] TAKADA K, LOWE AA, DECOU R.  
Operational performance of the Reflex Metrograph and its  
applicability to the three-dimensional analysis of dental casts.  
Am J Orthod 1983;83:195-9.
- [101] VAN DER LINDEN FPGM.  
Theoretical and practical aspects of crowding in the human dentition.  
JADA 1974;89:139-53.
- [102] VEGO L.  
A longitudinal study of mandibular arch perimeter.  
Angle Orthod 1962;32:187-192.
- [103] WENNSTRÖM JL.  
The significance of the width and thickness of the gingiva in  
orthodontic treatment.  
Dtsch Zahnärztl Z 1990;45:136-41.

- [104] WHITE LW.  
Accurate arch-discrepancy measurements.  
Am J Orthod 1977;72:303-8.
- [105] YOSHIHARA T, MATSUMOTO Y, SUZUKI J, SATO N, OGUCHI H.  
Effect of serial extraction alone on crowding: relationships between  
tooth width, arch length, and crowding.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 1999;116:691-6.
- [106] ZHONG M, JOST-BRINKMANN PG, ZELLMANN M, ZELLMANN S,  
RADLANSKI RJ.  
Clinical evaluation of a new technique for interdental enamel  
reduction.  
J Orofac Orthop 2000;61:432-9.

## 11 Anhang

In den Tabellen 5 und 6 sind die Mittelwerte zweimaliger Abschätzungen des frontalen Engstandes in Millimetern nach der „**Visuellen-Methode**“ durch Kieferorthopäden, Weiterbildungsassistenten der Fachrichtung Kieferorthopädie und Studenten der Zahnmedizin getrennt für Ober- und Unterkiefer aufgeführt.

In den Tabellen 7 bis 12 sind die Mittelwerte zweimaliger Messungen der frontalen Segmentgrößen und Zahnbreiten der Schneidezähne in Millimetern nach den „**Schieblehre-Methoden A, B und C**“ getrennt für Ober- und Unterkiefer aufgeführt. Die Berechnung des Platzangebotes erfolgte durch Addition der Segmentgrößen rechts und links, des Platzbedarfes durch Addition der entsprechenden Zahnbreiten und des Engstandes durch Differenzbildung zwischen Platzangebot und Platzbedarf.

In den Tabellen 13 und 14 sind für die **Differenzen**, angegeben in Millimetern, zwischen dem Engstand der „Visuellen-Methode“ und dem Engstand der „Schieblehre-Methoden“, unterteilt in die **Methoden A, B und C**, getrennt für Ober- und Unterkiefer die Lageparameter (Mittelwert und Median) sowie die Streuungsmaße (range, Interquartilintervall, 2s-Intervall und 95 % Konfidenzintervall) aufgeführt.

In den Tabellen 15 und 16 sind für die **Differenzen**, angegeben in Millimetern, zwischen dem Engstand der „Visuellen-Methode“ und dem Engstand der „Schieblehre-Methoden“, unterteilt nach dem **Ausbildungsstand** (Kieferorthopäden, Weiterbildungsassistenten und Studenten), getrennt für Ober- und Unterkiefer die Lageparameter (Mittelwert und Median) sowie die Streuungsmaße (range, Interquartilintervall, 2s-Intervall und 95 % Konfidenzintervall) aufgeführt.

In den Tabellen 17 bis 22 sind für die **Differenzen**, angegeben in Millimetern, zwischen dem Engstand der „Visuellen-Methode“ und dem Engstand der „Schieblehre-Methoden“, unterteilt nach den **Untersuchern** in dem jeweiligen Ausbildungsstand, getrennt für Ober- und Unterkiefer die Lageparameter (Mittelwert und Median) sowie die Streuungsmaße (range, Interquartilintervall, 2s-Intervall und 95 % Konfidenzintervall) aufgeführt.

**Tab. 5:** „Visuelle-Methode“: Mittelwerte der zweimaligen Abschätzungen des frontalen Engstandes (mm) durch Kieferorthopäden (K1, K2, K3), Weiterbildungsassistenten der Fachrichtung Kieferorthopädie (W1, W2, W3) und Studenten der Zahnmedizin (S1, S2, S3) an 50 **Oberkiefermodellen** (Probanden 1-50).

Probanden	K1	K2	K3	W1	W2	W3	S1	S2	S3
1	3,5	3,5	1,5	2,5	5,3	2,5	4,0	3,0	2,3
2	3,0	4,0	3,5	2,8	4,5	2,8	3,3	2,5	2,3
3	1,5	2,0	1,5	1,5	1,5	1,0	0,8	1,0	0,8
4	2,0	2,0	2,0	1,5	2,3	1,5	1,0	1,5	1,0
5	3,5	3,8	1,8	2,8	3,8	2,0	2,8	2,0	2,3
6	2,5	2,3	1,5	2,3	1,8	0,5	2,5	1,3	1,5
7	3,3	3,5	2,0	2,3	3,5	2,0	3,3	2,3	2,5
8	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	0,8	1,8	1,0	0,8
9	2,3	2,8	2,0	2,0	3,5	1,3	2,0	2,0	1,3
10	1,5	1,3	1,0	1,0	1,8	0,8	1,3	1,0	0,8
11	3,0	4,3	3,0	2,0	4,0	2,5	1,5	3,0	1,0
12	2,0	2,3	2,8	2,0	2,0	1,0	1,0	1,3	1,0
13	1,3	1,0	1,3	1,0	1,3	0,5	0,8	0,8	0,5
14	1,0	0,5	0,8	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	0,5
15	2,3	4,0	2,5	1,3	2,0	0,5	1,3	1,3	3,5
16	1,8	1,0	1,5	1,3	1,5	0,5	0,8	0,5	0,5
17	2,0	1,5	0,8	1,3	0,8	0,0	0,8	0,3	0,5
18	3,0	3,5	3,0	2,8	4,8	2,5	2,8	2,0	1,8
19	2,5	2,3	2,0	2,3	3,0	1,8	1,3	2,3	1,3
20	3,5	3,8	3,3	2,3	3,5	2,5	1,5	2,5	2,0
21	3,0	2,8	3,5	1,5	3,3	1,5	1,8	1,8	1,0
22	3,0	4,3	2,0	2,3	3,3	1,5	2,0	1,8	0,8
23	2,3	3,0	2,8	2,0	3,3	1,8	1,3	2,3	1,3
24	2,5	2,3	1,8	2,3	1,8	0,8	1,3	1,0	1,0
25	3,8	5,3	5,8	3,0	5,8	4,0	3,3	4,0	3,0
26	2,5	3,3	1,8	1,5	2,3	0,8	1,8	1,3	1,5
27	1,5	2,0	1,3	1,8	2,3	1,0	1,3	0,5	1,5
28	2,0	2,5	1,5	1,0	0,8	1,0	1,8	0,8	0,5
29	2,5	3,3	3,0	1,5	2,5	2,3	1,0	2,5	1,8
30	2,5	1,3	0,8	1,0	0,8	0,3	1,8	0,8	0,5
31	2,0	1,8	1,0	1,0	1,3	0,8	0,8	0,5	0,5
32	2,0	1,5	1,8	0,5	1,3	0,8	0,5	0,8	1,0
33	1,5	1,3	1,3	1,3	1,5	0,5	1,3	0,8	1,3
34	3,8	4,0	4,8	3,5	3,8	3,5	4,3	3,5	3,0
35	3,0	4,3	3,5	2,0	3,8	2,5	2,3	3,0	2,8
36	3,0	2,5	3,3	1,3	1,8	1,5	1,3	2,0	1,5
37	2,5	3,0	1,5	1,5	1,8	1,8	1,8	0,8	0,8
38	1,3	1,3	1,5	0,8	1,3	1,0	0,8	0,5	0,5
39	2,0	1,8	2,0	1,3	1,8	1,3	1,3	0,8	1,3
40	3,3	3,5	3,8	2,5	3,8	2,3	2,5	2,5	2,3
41	1,8	1,8	1,5	1,5	1,8	1,0	1,3	1,0	1,3
42	1,3	1,0	0,8	0,5	1,0	0,8	0,8	0,5	0,5
43	2,3	1,8	0,8	1,5	1,5	0,5	0,5	1,3	1,0
44	2,0	2,3	2,0	1,0	1,8	1,8	1,0	2,0	0,8
45	1,5	1,0	1,3	1,3	1,5	1,0	0,8	1,0	0,5
46	2,3	3,0	1,8	1,8	2,3	1,5	2,0	1,3	1,5
47	2,8	2,8	1,5	1,8	3,0	1,3	2,0	1,5	1,0
48	2,5	2,5	1,8	1,5	2,0	1,0	1,8	1,0	2,0
49	1,3	1,0	0,5	1,0	1,0	0,5	0,8	0,5	0,5
50	2,0	2,0	2,0	1,8	2,0	1,3	1,8	1,5	1,5

## Anhang

**Tab. 6:** „**Visuelle-Methode**“: Mittelwerte der zweimaligen Abschätzungen des frontalen Engstandes (mm) durch Kieferorthopäden (K1, K2, K3), Weiterbildungsassistenten der Fachrichtung Kieferorthopädie (W1, W2, W3) und Studenten der Zahnmedizin (S1, S2, S3) an 50 **Unterkiefermodellen** (Probanden 1-50).

Probanden	K1	K2	K3	W1	W2	W3	S1	S2	S3
1	2,0	2,5	2,5	1,8	2,0	1,5	0,8	1,0	1,0
2	2,5	2,5	1,8	2,0	1,8	1,5	1,3	1,5	1,3
3	2,3	1,5	1,3	1,8	1,3	1,0	1,0	1,5	1,0
4	2,0	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,5
5	2,5	4,0	2,0	2,0	2,0	1,3	0,8	1,3	0,8
6	3,3	4,3	3,0	3,3	3,5	3,0	3,3	2,3	2,5
7	2,8	2,5	2,0	2,5	2,0	2,0	1,8	1,8	1,8
8	2,0	2,0	1,5	1,8	1,5	1,0	0,8	1,0	1,3
9	2,0	2,0	1,5	1,3	0,8	1,3	1,3	1,3	1,0
10	2,3	2,5	1,5	1,8	1,8	1,8	1,3	1,0	1,5
11	2,3	2,3	2,0	1,3	1,8	1,8	1,0	1,5	1,0
12	2,0	2,3	0,8	1,3	1,3	1,3	1,3	1,0	0,8
13	1,5	1,3	1,0	0,5	1,0	0,5	0,8	0,8	0,5
14	2,5	2,0	1,8	1,5	2,0	1,5	1,0	1,3	1,0
15	3,5	5,5	3,5	2,3	3,8	2,5	3,0	3,0	3,0
16	2,3	2,0	1,8	1,8	1,8	1,3	1,5	1,0	1,5
17	3,3	3,8	3,0	2,0	3,0	2,3	2,0	2,3	1,5
18	2,5	1,3	1,5	1,0	1,5	0,5	0,8	1,3	0,8
19	1,5	1,8	1,0	1,0	1,5	1,3	1,0	1,5	0,8
20	1,3	1,3	1,0	1,3	1,0	1,0	0,5	1,0	0,8
21	1,8	1,0	1,0	1,0	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5
22	2,8	2,8	2,0	1,8	2,0	1,3	1,8	1,0	1,5
23	2,0	2,0	1,8	1,8	1,8	1,0	1,0	1,0	2,3
24	2,0	2,0	1,5	1,0	1,5	1,3	0,8	1,0	0,5
25	3,0	4,3	2,5	2,0	2,8	1,8	1,0	2,5	1,8
26	2,3	2,3	1,8	1,5	2,0	1,0	0,5	1,0	1,0
27	1,8	2,0	1,3	1,0	1,8	1,0	0,8	1,3	0,8
28	3,8	5,0	3,3	2,5	3,3	2,5	2,0	2,0	2,8
29	2,0	2,3	1,8	1,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0
30	0,8	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
31	1,5	1,5	1,5	1,3	1,8	1,3	0,8	1,3	0,5
32	1,3	1,8	1,0	1,8	1,3	1,0	0,5	1,0	0,8
33	3,5	4,3	3,0	2,5	3,5	2,3	2,8	2,3	2,3
34	3,0	3,8	2,0	1,3	1,5	1,8	1,5	1,0	0,8
35	2,0	1,5	1,5	1,3	1,3	1,8	1,0	0,8	0,8
36	3,0	6,0	2,8	2,3	3,3	3,3	1,8	2,3	2,3
37	2,3	2,8	1,3	1,5	1,5	1,3	0,8	1,0	0,5
38	2,0	2,3	1,8	2,3	1,8	1,8	1,0	1,8	2,0
39	2,5	4,5	2,3	2,0	2,5	2,3	2,0	2,0	2,0
40	1,3	1,8	0,8	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5
41	2,0	2,3	1,5	2,0	1,8	1,8	1,3	1,5	1,3
42	3,8	5,8	3,0	3,3	4,3	2,8	2,8	2,3	3,0
43	2,5	3,8	1,5	2,0	1,3	1,8	1,5	1,5	1,8
44	1,3	1,3	0,5	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
45	1,8	1,5	1,3	1,0	1,5	1,3	1,5	1,3	1,0
46	2,5	3,5	2,0	2,5	2,5	1,8	2,0	1,8	1,8
47	2,8	2,5	1,3	1,5	2,0	1,0	0,5	1,3	0,5
48	2,5	2,3	1,8	2,3	2,0	1,8	1,8	1,5	1,0
49	2,3	2,8	2,5	2,0	1,5	2,3	1,3	1,8	2,0
50	1,5	1,8	1,0	1,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

## Anhang

**Tab. 7: „Schieblehre-Methode A“:** Messungen (gemittelte Werte zweimaliger Messungen) an 50 **Oberkiefermodellen** (Probanden 1-50). Messungen (mm) der Zahnbogensegmentgrößen (rechts und links) nach Methode A und der Zahnbreiten (12, 11, 21 und 22). Berechnung von Platzangebot, Platzbedarf und Engstand.

Probanden	Mittelwerte						Platzangebot	Platzbedarf	Engstand
	Segmentgrößen		Zahnbreiten						
	rechts	links	12	11	21	22			
1	15,45	14,05	6,85	8,55	8,55	6,95	29,50	30,90	1,4
2	14,25	14,90	6,75	9,45	9,45	6,95	29,15	32,60	3,5
3	14,70	13,75	6,45	8,80	8,85	6,35	28,45	30,45	2,0
4	15,40	16,30	7,40	9,35	9,55	7,50	31,70	33,80	2,1
5	17,00	14,30	7,45	9,80	9,25	7,45	31,30	33,95	2,7
6	15,80	14,15	7,50	8,75	8,95	7,50	29,95	32,70	2,8
7	15,50	13,95	7,15	8,70	8,90	6,95	29,45	31,70	2,3
8	14,95	15,00	7,00	8,45	8,50	6,90	29,95	30,85	0,9
9	15,10	16,40	7,20	9,10	9,45	7,40	31,50	33,15	1,7
10	15,55	15,60	7,70	9,05	9,10	7,30	31,15	33,15	2,0
11	16,05	15,70	7,70	9,90	9,80	7,55	31,75	34,95	3,2
12	14,40	15,00	6,75	9,10	8,90	6,45	29,40	31,20	1,8
13	15,70	15,60	7,25	9,25	9,35	7,10	31,30	32,95	1,7
14	15,65	15,30	7,25	9,05	8,90	7,40	30,95	32,60	1,7
15	16,35	15,05	6,75	9,25	9,40	6,65	31,40	32,05	0,6
16	15,65	15,40	7,50	9,15	9,25	7,35	31,05	33,25	2,2
17	15,20	15,25	7,25	9,05	8,85	6,95	30,45	32,10	1,7
18	15,30	15,90	7,05	9,80	9,70	7,05	31,20	33,60	2,4
19	16,75	16,90	8,10	10,00	10,00	8,05	33,65	36,15	2,5
20	14,90	14,30	6,90	8,50	8,55	6,80	29,20	30,75	1,6
21	14,45	15,15	7,25	8,45	8,45	7,25	29,60	31,40	1,8
22	13,90	13,30	5,95	8,10	8,25	5,95	27,20	28,25	1,1
23	14,15	15,60	6,75	9,05	9,10	6,75	29,75	31,65	1,9
24	17,25	15,40	8,20	9,65	9,65	7,60	32,65	35,10	2,5
25	15,50	14,25	7,35	9,75	9,75	7,20	29,75	34,05	4,3
26	15,05	14,40	7,45	8,15	8,15	6,85	29,45	30,60	1,1
27	13,80	14,60	6,65	8,25	8,40	6,75	28,40	30,05	1,7
28	14,45	14,85	7,25	8,55	8,80	7,40	29,30	32,00	2,7
29	14,10	13,25	6,90	8,55	8,45	6,65	27,35	30,55	3,2
30	15,55	15,50	7,15	9,05	8,95	7,25	31,05	32,40	1,4
31	15,80	15,70	7,45	8,75	8,70	7,55	31,50	32,45	0,9
32	15,40	15,20	7,30	8,75	9,05	7,05	30,60	32,15	1,6
33	16,15	15,80	7,15	9,05	9,25	7,30	31,95	32,75	0,8
34	14,85	16,60	7,70	9,85	9,95	7,95	31,45	35,45	4,0
35	16,45	15,05	7,65	9,50	9,70	7,80	31,50	34,65	3,2
36	16,10	16,50	7,10	9,55	9,60	7,30	32,60	33,55	0,9
37	15,95	14,95	7,00	9,10	9,20	6,95	30,90	32,25	1,4
38	15,15	15,35	7,25	9,75	9,40	6,65	30,50	33,05	2,6
39	15,60	14,55	7,40	8,75	8,55	7,25	30,15	31,95	1,8
40	14,65	15,45	7,50	9,05	9,20	7,45	30,10	33,20	3,1
41	14,40	14,45	6,70	8,25	8,30	6,65	28,85	29,90	1,1
42	17,85	17,30	8,70	10,25	9,95	8,70	35,15	37,60	2,4
43	15,90	15,95	7,70	9,10	9,05	7,45	31,85	33,30	1,5
44	15,50	15,20	7,05	9,40	9,25	6,95	30,70	32,65	2,0
45	16,25	15,05	7,45	9,50	9,25	7,05	31,30	33,25	2,0
46	14,85	15,45	6,95	9,15	9,05	7,20	30,30	32,35	2,0
47	13,90	13,95	6,70	8,20	8,00	6,80	27,85	29,70	1,9
48	14,70	13,85	7,20	8,15	8,45	7,35	28,55	31,15	2,6
49	15,70	15,30	7,45	8,40	8,65	7,15	31,00	31,65	0,6
50	14,35	13,55	6,55	8,55	8,20	6,55	27,90	29,85	2,0

## Anhang

**Tab. 8:** „Schieblehre-Methode A“: Messungen (gemittelte Werte zweimaliger Messungen) an 50 **Unterkiefermodellen** (Probanden 1-50). Messungen (mm) der Zahnbogensegmentgrößen (links und rechts) nach Methode A und der Zahnbreiten (32, 31, 41 und 42). Berechnung von Platzangebot, Platzbedarf und Engstand.

Probanden	Mittelwerte						Platzangebot	Platzbedarf	Engstand
	Segmentgrößen		Zahnbreiten						
	links	rechts	32	31	41	42			
1	11,30	10,05	6,05	5,75	5,70	6,10	21,35	23,60	2,3
2	11,00	10,95	6,20	5,55	5,55	6,05	21,95	23,35	1,4
3	10,90	11,00	6,25	5,25	5,20	6,25	21,90	22,95	1,1
4	10,65	11,05	6,10	5,15	5,35	6,05	21,70	22,65	1,0
5	11,00	10,55	6,05	5,30	5,30	6,05	21,55	22,70	1,2
6	11,70	9,90	6,55	5,85	5,60	6,45	21,60	24,45	2,9
7	10,40	10,05	5,75	5,10	5,20	5,65	20,45	21,70	1,3
8	11,70	11,35	6,35	5,85	5,75	6,75	23,05	24,70	1,7
9	11,70	11,35	6,30	5,65	5,65	6,20	23,05	23,80	0,8
10	11,30	11,20	6,35	5,55	5,70	6,20	22,50	23,80	1,3
11	11,25	11,00	6,15	5,75	5,65	6,30	22,25	23,85	1,6
12	11,30	11,20	6,15	5,45	5,50	6,45	22,50	23,55	1,1
13	12,00	11,85	6,75	5,70	5,75	6,55	23,85	24,75	0,9
14	11,90	11,75	6,70	5,85	5,95	6,85	23,65	25,35	1,7
15	10,70	11,00	6,05	5,70	5,65	6,00	21,70	23,40	1,7
16	9,65	10,30	5,60	5,45	5,45	5,65	19,95	22,15	2,2
17	11,05	11,00	6,40	5,45	5,55	6,40	22,05	23,80	1,8
18	10,55	10,25	5,65	5,25	5,05	5,70	20,80	21,65	0,8
19	11,25	10,10	5,85	5,65	5,45	5,90	21,35	22,85	1,5
20	11,85	11,50	6,35	5,90	5,85	6,35	23,35	24,45	1,1
21	11,75	11,45	6,45	5,55	5,55	6,50	23,20	24,05	0,9
22	10,15	10,95	5,95	5,25	5,40	5,80	21,10	22,40	1,3
23	10,45	10,10	5,70	5,45	5,40	5,70	20,55	22,25	1,7
24	10,55	10,00	6,25	5,25	5,20	5,90	20,55	22,60	2,1
25	11,90	12,25	6,65	6,25	6,40	6,65	24,15	25,95	1,8
26	11,55	9,85	6,05	5,55	5,10	6,05	21,40	22,75	1,4
27	11,85	10,75	6,25	5,85	5,75	6,25	22,60	24,10	1,5
28	10,90	11,15	6,15	5,35	5,35	6,35	22,05	23,20	1,2
29	11,25	10,65	6,15	5,75	5,85	6,15	21,90	23,90	2,0
30	11,45	11,70	6,30	5,55	5,65	6,45	23,15	23,95	0,8
31	11,80	11,15	6,55	5,65	6,00	6,45	22,95	24,65	1,7
32	11,60	11,00	6,45	5,70	5,75	6,20	22,60	24,10	1,5
33	10,65	11,80	6,60	6,15	5,60	6,75	22,45	25,10	2,7
34	11,55	11,00	5,85	5,80	5,65	5,85	22,55	23,15	0,6
35	11,70	11,65	6,35	5,95	6,15	6,55	23,35	25,00	1,7
36	11,75	11,60	6,70	6,30	6,10	6,60	23,35	25,70	2,4
37	11,35	11,15	6,30	5,50	5,75	6,25	22,50	23,80	1,3
38	10,45	10,90	6,05	5,75	5,75	5,95	21,35	23,50	2,2
39	11,20	10,50	6,05	5,55	5,30	6,15	21,70	23,05	1,4
40	11,60	11,10	6,20	5,50	5,65	6,15	22,70	23,50	0,8
41	11,45	10,05	6,15	5,55	5,50	6,10	21,50	23,30	1,8
42	10,65	10,50	6,05	5,35	5,50	6,15	21,15	23,05	1,9
43	11,95	11,75	6,65	5,95	5,65	6,70	23,70	24,95	1,3
44	11,05	11,75	6,05	5,65	5,65	6,05	22,80	23,40	0,6
45	13,15	12,45	7,35	6,55	6,50	7,35	25,60	27,75	2,2
46	12,15	11,10	6,75	6,10	5,85	6,65	23,25	25,35	2,1
47	11,55	11,45	6,35	5,85	5,60	6,20	23,00	24,00	1,0
48	10,30	10,80	5,90	5,20	5,15	5,95	21,10	22,20	1,1
49	9,25	9,45	5,45	4,80	5,10	5,50	18,70	20,85	2,2
50	11,35	11,60	6,25	5,80	5,80	6,20	22,95	24,05	1,1

## Anhang

**Tab. 9:** „Schieblehre-Methode B“: Messungen (gemittelte Werte zweimaliger Messungen) an 50 **Oberkiefermodellen** (Probanden 1-50). Messungen (mm) der Zahnbogensegmentgrößen (rechts und links) nach Methode B und der Zahnbreiten (12, 11, 21 und 22). Berechnung von Platzangebot, Platzbedarf und Engstand.

Probanden	Mittelwerte						Platzangebot	Platzbedarf	Engstand
	Segmentgrößen		Zahnbreiten						
	rechts	links	12	11	21	22			
1	15,65	14,25	6,85	8,55	8,55	6,95	29,90	30,90	1,0
2	14,25	14,95	6,75	9,45	9,45	6,95	29,20	32,60	3,4
3	14,65	14,05	6,45	8,80	8,85	6,35	28,70	30,45	1,8
4	15,25	15,65	7,40	9,35	9,55	7,50	30,90	33,80	2,9
5	16,95	14,50	7,45	9,80	9,25	7,45	31,45	33,95	2,5
6	15,65	14,05	7,50	8,75	8,95	7,50	29,70	32,70	3,0
7	15,65	14,10	7,15	8,70	8,90	6,95	29,75	31,70	2,0
8	13,85	15,15	7,00	8,45	8,50	6,90	29,00	30,85	1,9
9	15,45	16,75	7,20	9,10	9,45	7,40	32,20	33,15	0,9
10	15,60	15,55	7,70	9,05	9,10	7,30	31,15	33,15	2,0
11	16,20	16,10	7,70	9,90	9,80	7,55	32,30	34,95	2,7
12	14,55	14,15	6,75	9,10	8,90	6,45	28,70	31,20	2,5
13	15,85	15,25	7,25	9,25	9,35	7,10	31,10	32,95	1,9
14	15,55	15,25	7,25	9,05	8,90	7,40	30,80	32,60	1,8
15	15,90	15,10	6,75	9,25	9,40	6,65	31,00	32,05	1,1
16	15,65	15,75	7,50	9,15	9,25	7,35	31,40	33,25	1,9
17	15,35	15,35	7,25	9,05	8,85	6,95	30,70	32,10	1,4
18	15,35	15,15	7,05	9,80	9,70	7,05	30,50	33,60	3,1
19	16,60	16,05	8,10	10,00	10,00	8,05	32,65	36,15	3,5
20	14,90	14,55	6,90	8,50	8,55	6,80	29,45	30,75	1,3
21	14,25	14,40	7,25	8,45	8,45	7,25	28,65	31,40	2,8
22	14,35	13,40	5,95	8,10	8,25	5,95	27,75	28,25	0,5
23	14,35	15,90	6,75	9,05	9,10	6,75	30,25	31,65	1,4
24	17,35	15,65	8,20	9,65	9,65	7,60	33,00	35,10	2,1
25	15,85	14,75	7,35	9,75	9,75	7,20	30,60	34,05	3,5
26	14,70	14,55	7,45	8,15	8,15	6,85	29,25	30,60	1,3
27	14,05	14,90	6,65	8,25	8,40	6,75	28,95	30,05	1,1
28	14,30	14,95	7,25	8,55	8,80	7,40	29,25	32,00	2,8
29	13,65	13,35	6,90	8,55	8,45	6,65	27,00	30,55	3,6
30	15,10	15,70	7,15	9,05	8,95	7,25	30,80	32,40	1,6
31	15,85	15,65	7,45	8,75	8,70	7,55	31,50	32,45	0,9
32	15,35	15,15	7,30	8,75	9,05	7,05	30,50	32,15	1,7
33	16,15	15,80	7,15	9,05	9,25	7,30	31,95	32,75	0,8
34	15,30	16,55	7,70	9,85	9,95	7,95	31,85	35,45	3,6
35	16,55	15,45	7,65	9,50	9,70	7,80	32,00	34,65	2,7
36	14,95	15,95	7,10	9,55	9,60	7,30	30,90	33,55	2,7
37	16,05	15,10	7,00	9,10	9,20	6,95	31,15	32,25	1,1
38	15,55	15,35	7,25	9,75	9,40	6,65	30,90	33,05	2,2
39	15,90	14,75	7,40	8,75	8,55	7,25	30,65	31,95	1,3
40	14,75	15,15	7,50	9,05	9,20	7,45	29,90	33,20	3,3
41	14,00	14,65	6,70	8,25	8,30	6,65	28,65	29,90	1,3
42	17,60	17,30	8,70	10,25	9,95	8,70	34,90	37,60	2,7
43	15,70	16,25	7,70	9,10	9,05	7,45	31,95	33,30	1,4
44	15,55	15,15	7,05	9,40	9,25	6,95	30,70	32,65	2,0
45	16,35	15,30	7,45	9,50	9,25	7,05	31,65	33,25	1,6
46	15,20	15,85	6,95	9,15	9,05	7,20	31,05	32,35	1,3
47	13,95	14,40	6,70	8,20	8,00	6,80	28,35	29,70	1,4
48	14,35	13,90	7,20	8,15	8,45	7,35	28,25	31,15	2,9
49	15,75	15,40	7,45	8,40	8,65	7,15	31,15	31,65	0,5
50	14,35	13,70	6,55	8,55	8,20	6,55	28,05	29,85	1,8

## Anhang

**Tab. 10: „Schieblehre-Methode B“:** Messungen (gemittelte Werte zweimaliger Messungen) an 50 **Unterkiefermodellen** (Probanden 1-50). Messungen (mm) der Zahnbogensegmentgrößen (links und rechts) nach Methode B und der Zahnbreiten (32, 31, 41 und 42). Berechnung von Platzangebot, Platzbedarf und Engstand.

Probanden	Mittelwerte						Platzangebot	Platzbedarf	Engstand
	Segmentgrößen		Zahnbreiten						
	links	rechts	32	31	41	42			
1	11,40	10,40	6,05	5,75	5,70	6,10	21,80	23,60	1,8
2	11,00	11,00	6,20	5,55	5,55	6,05	22,00	23,35	1,4
3	10,75	11,00	6,25	5,25	5,20	6,25	21,75	22,95	1,2
4	10,90	10,90	6,10	5,15	5,35	6,05	21,80	22,65	0,9
5	10,90	10,80	6,05	5,30	5,30	6,05	21,70	22,70	1,0
6	11,55	9,80	6,55	5,85	5,60	6,45	21,35	24,45	3,1
7	10,60	9,95	5,75	5,10	5,20	5,65	20,55	21,70	1,2
8	11,65	11,25	6,35	5,85	5,75	6,75	22,90	24,70	1,8
9	11,80	11,75	6,30	5,65	5,65	6,20	23,55	23,80	0,3
10	11,55	11,35	6,35	5,55	5,70	6,20	22,90	23,80	0,9
11	11,25	11,20	6,15	5,75	5,65	6,30	22,45	23,85	1,4
12	11,35	11,45	6,15	5,45	5,50	6,45	22,80	23,55	0,8
13	11,95	11,75	6,75	5,70	5,75	6,55	23,70	24,75	1,1
14	12,05	11,75	6,70	5,85	5,95	6,85	23,80	25,35	1,6
15	10,65	11,15	6,05	5,70	5,65	6,00	21,80	23,40	1,6
16	9,60	10,35	5,60	5,45	5,45	5,65	19,95	22,15	2,2
17	10,95	11,10	6,40	5,45	5,55	6,40	22,05	23,80	1,8
18	10,10	10,30	5,65	5,25	5,05	5,70	20,40	21,65	1,3
19	11,10	10,30	5,85	5,65	5,45	5,90	21,40	22,85	1,5
20	11,95	11,45	6,35	5,90	5,85	6,35	23,40	24,45	1,1
21	11,90	11,45	6,45	5,55	5,55	6,50	23,35	24,05	0,7
22	10,45	11,50	5,95	5,25	5,40	5,80	21,95	22,40	0,5
23	10,65	10,00	5,70	5,45	5,40	5,70	20,65	22,25	1,6
24	10,85	10,70	6,25	5,25	5,20	5,90	21,55	22,60	1,1
25	12,05	12,65	6,65	6,25	6,40	6,65	24,70	25,95	1,3
26	11,85	10,15	6,05	5,55	5,10	6,05	22,00	22,75	0,8
27	12,10	11,15	6,25	5,85	5,75	6,25	23,25	24,10	0,9
28	10,65	10,80	6,15	5,35	5,35	6,35	21,45	23,20	1,8
29	11,40	10,75	6,15	5,75	5,85	6,15	22,15	23,90	1,8
30	11,35	11,70	6,30	5,55	5,65	6,45	23,05	23,95	0,9
31	11,90	11,15	6,55	5,65	6,00	6,45	23,05	24,65	1,6
32	11,10	11,20	6,45	5,70	5,75	6,20	22,30	24,10	1,8
33	10,85	11,95	6,60	6,15	5,60	6,75	22,80	25,10	2,3
34	11,40	11,05	5,85	5,80	5,65	5,85	22,45	23,15	0,7
35	11,55	11,75	6,35	5,95	6,15	6,55	23,30	25,00	1,7
36	12,30	12,65	6,70	6,30	6,10	6,60	24,95	25,70	0,8
37	11,10	11,25	6,30	5,50	5,75	6,25	22,35	23,80	1,5
38	10,55	10,95	6,05	5,75	5,75	5,95	21,50	23,50	2,0
39	10,80	9,90	6,05	5,55	5,30	6,15	20,70	23,05	2,4
40	11,60	11,35	6,20	5,50	5,65	6,15	22,95	23,50	0,5
41	11,30	10,10	6,15	5,55	5,50	6,10	21,40	23,30	1,9
42	9,80	10,55	6,05	5,35	5,50	6,15	20,35	23,05	2,7
43	11,65	12,00	6,65	5,95	5,65	6,70	23,65	24,95	1,3
44	11,15	11,95	6,05	5,65	5,65	6,05	23,10	23,40	0,3
45	13,45	12,70	7,35	6,55	6,50	7,35	26,15	27,75	1,6
46	12,25	11,35	6,75	6,10	5,85	6,65	23,60	25,35	1,8
47	11,45	11,65	6,35	5,85	5,60	6,20	23,10	24,00	0,9
48	10,45	10,75	5,90	5,20	5,15	5,95	21,20	22,20	1,0
49	9,20	9,45	5,45	4,80	5,10	5,50	18,65	20,85	2,2
50	11,70	11,95	6,25	5,80	5,80	6,20	23,65	24,05	0,4

## Anhang

**Tab. 11: „Schieblehre-Methode C“:** Messungen (gemittelte Werte zweimaliger Messungen) an 50 **Oberkiefermodellen** (Probanden 1-50). Messungen (mm) der Zahnbogensegmentgrößen (rechts und links) nach Methode C und der Zahnbreiten (12, 11, 21 und 22). Berechnung von Platzangebot, Platzbedarf und Engstand.

Probanden	Mittelwerte						Platzangebot	Platzbedarf	Engstand
	Segmentgrößen		Zahnbreiten						
	rechts	links	12	11	21	22			
1	15,45	13,95	6,85	8,55	8,55	6,95	29,40	30,90	1,5
2	14,15	15,00	6,75	9,45	9,45	6,95	29,15	32,60	3,5
3	14,55	14,10	6,45	8,80	8,85	6,35	28,65	30,45	1,8
4	15,10	15,75	7,40	9,35	9,55	7,50	30,85	33,80	3,0
5	16,85	14,60	7,45	9,80	9,25	7,45	31,45	33,95	2,5
6	15,60	14,00	7,50	8,75	8,95	7,50	29,60	32,70	3,1
7	15,45	13,85	7,15	8,70	8,90	6,95	29,30	31,70	2,4
8	14,05	14,95	7,00	8,45	8,50	6,90	29,00	30,85	1,9
9	15,40	16,40	7,20	9,10	9,45	7,40	31,80	33,15	1,4
10	15,65	15,55	7,70	9,05	9,10	7,30	31,20	33,15	2,0
11	15,65	15,90	7,70	9,90	9,80	7,55	31,55	34,95	3,4
12	14,40	14,80	6,75	9,10	8,90	6,45	29,20	31,20	2,0
13	15,75	15,10	7,25	9,25	9,35	7,10	30,85	32,95	2,1
14	15,55	15,20	7,25	9,05	8,90	7,40	30,75	32,60	1,9
15	15,90	15,00	6,75	9,25	9,40	6,65	30,90	32,05	1,2
16	15,55	15,50	7,50	9,15	9,25	7,35	31,05	33,25	2,2
17	15,10	15,10	7,25	9,05	8,85	6,95	30,20	32,10	1,9
18	15,25	15,95	7,05	9,80	9,70	7,05	31,20	33,60	2,4
19	16,55	16,35	8,10	10,00	10,00	8,05	32,90	36,15	3,3
20	14,95	14,35	6,90	8,50	8,55	6,80	29,30	30,75	1,5
21	14,10	14,55	7,25	8,45	8,45	7,25	28,65	31,40	2,8
22	13,90	13,10	5,95	8,10	8,25	5,95	27,00	28,25	1,3
23	14,45	15,65	6,75	9,05	9,10	6,75	30,10	31,65	1,6
24	17,30	15,70	8,20	9,65	9,65	7,60	33,00	35,10	2,1
25	15,50	14,65	7,35	9,75	9,75	7,20	30,15	34,05	3,9
26	14,55	14,25	7,45	8,15	8,15	6,85	28,80	30,60	1,8
27	13,95	14,65	6,65	8,25	8,40	6,75	28,60	30,05	1,5
28	14,30	14,85	7,25	8,55	8,80	7,40	29,15	32,00	2,9
29	13,80	13,25	6,90	8,55	8,45	6,65	27,05	30,55	3,5
30	15,45	15,35	7,15	9,05	8,95	7,25	30,80	32,40	1,6
31	15,75	15,55	7,45	8,75	8,70	7,55	31,30	32,45	1,2
32	15,35	14,95	7,30	8,75	9,05	7,05	30,30	32,15	1,9
33	16,30	15,50	7,15	9,05	9,25	7,30	31,80	32,75	0,9
34	14,85	16,45	7,70	9,85	9,95	7,95	31,30	35,45	4,2
35	16,45	15,05	7,65	9,50	9,70	7,80	31,50	34,65	3,2
36	14,90	15,95	7,10	9,55	9,60	7,30	30,85	33,55	2,7
37	16,05	14,70	7,00	9,10	9,20	6,95	30,75	32,25	1,5
38	15,25	15,15	7,25	9,75	9,40	6,65	30,40	33,05	2,7
39	15,75	14,45	7,40	8,75	8,55	7,25	30,20	31,95	1,8
40	14,75	15,10	7,50	9,05	9,20	7,45	29,85	33,20	3,4
41	13,95	14,45	6,70	8,25	8,30	6,65	28,40	29,90	1,5
42	17,75	16,95	8,70	10,25	9,95	8,70	34,70	37,60	2,9
43	15,95	15,75	7,70	9,10	9,05	7,45	31,70	33,30	1,6
44	15,55	15,00	7,05	9,40	9,25	6,95	30,55	32,65	2,1
45	16,25	15,00	7,45	9,50	9,25	7,05	31,25	33,25	2,0
46	14,90	15,60	6,95	9,15	9,05	7,20	30,50	32,35	1,8
47	13,85	14,00	6,70	8,20	8,00	6,80	27,85	29,70	1,9
48	14,40	13,80	7,20	8,15	8,45	7,35	28,20	31,15	3,0
49	15,75	15,25	7,45	8,40	8,65	7,15	31,00	31,65	0,6
50	14,35	13,45	6,55	8,55	8,20	6,55	27,80	29,85	2,1

## Anhang

**Tab. 12: „Schieblehre-Methode C“:** Messungen (gemittelte Werte zweimaliger Messungen) an 50 **Unterkiefermodellen** (Probanden 1-50). Messungen (mm) der Zahnbogensegmentgrößen (links und rechts) nach Methode C und der Zahnbreiten (32, 31, 41 und 42). Berechnung von Platzangebot, Platzbedarf und Engstand.

Probanden	Mittelwerte						Platzangebot	Platzbedarf	Engstand
	Segmentgrößen		Zahnbreiten						
	links	rechts	32	31	41	42			
1	11,30	10,20	6,05	5,75	5,70	6,10	21,50	23,60	2,1
2	11,00	10,95	6,20	5,55	5,55	6,05	21,95	23,35	1,4
3	10,95	10,85	6,25	5,25	5,20	6,25	21,80	22,95	1,2
4	10,70	10,95	6,10	5,15	5,35	6,05	21,65	22,65	1,0
5	10,80	10,65	6,05	5,30	5,30	6,05	21,45	22,70	1,3
6	11,45	9,85	6,55	5,85	5,60	6,45	21,30	24,45	3,2
7	10,35	10,00	5,75	5,10	5,20	5,65	20,35	21,70	1,4
8	11,65	11,25	6,35	5,85	5,75	6,75	22,90	24,70	1,8
9	11,65	11,70	6,30	5,65	5,65	6,20	23,35	23,80	0,4
10	11,40	11,25	6,35	5,55	5,70	6,20	22,65	23,80	1,2
11	11,20	11,05	6,15	5,75	5,65	6,30	22,25	23,85	1,6
12	11,30	11,20	6,15	5,45	5,50	6,45	22,50	23,55	1,1
13	11,85	11,75	6,75	5,70	5,75	6,55	23,60	24,75	1,2
14	12,05	11,70	6,70	5,85	5,95	6,85	23,75	25,35	1,6
15	10,80	11,00	6,05	5,70	5,65	6,00	21,80	23,40	1,6
16	9,60	10,35	5,60	5,45	5,45	5,65	19,95	22,15	2,2
17	11,05	10,80	6,40	5,45	5,55	6,40	21,85	23,80	2,0
18	10,40	9,95	5,65	5,25	5,05	5,70	20,35	21,65	1,3
19	11,15	10,10	5,85	5,65	5,45	5,90	21,25	22,85	1,6
20	11,80	11,55	6,35	5,90	5,85	6,35	23,35	24,45	1,1
21	11,85	11,45	6,45	5,55	5,55	6,50	23,30	24,05	0,8
22	10,15	11,30	5,95	5,25	5,40	5,80	21,45	22,40	1,0
23	10,40	10,15	5,70	5,45	5,40	5,70	20,55	22,25	1,7
24	10,65	10,05	6,25	5,25	5,20	5,90	20,70	22,60	1,9
25	11,80	12,60	6,65	6,25	6,40	6,65	24,40	25,95	1,6
26	11,60	10,10	6,05	5,55	5,10	6,05	21,70	22,75	1,1
27	11,95	11,00	6,25	5,85	5,75	6,25	22,95	24,10	1,2
28	10,80	11,00	6,15	5,35	5,35	6,35	21,80	23,20	1,4
29	11,25	10,70	6,15	5,75	5,85	6,15	21,95	23,90	2,0
30	11,45	11,55	6,30	5,55	5,65	6,45	23,00	23,95	0,9
31	11,80	11,15	6,55	5,65	6,00	6,45	22,95	24,65	1,7
32	11,25	11,05	6,45	5,70	5,75	6,20	22,30	24,10	1,8
33	10,55	11,90	6,60	6,15	5,60	6,75	22,45	25,10	2,7
34	11,35	10,85	5,85	5,80	5,65	5,85	22,20	23,15	0,9
35	11,85	11,45	6,35	5,95	6,15	6,55	23,30	25,00	1,7
36	12,00	11,35	6,70	6,30	6,10	6,60	23,35	25,70	2,4
37	11,05	11,30	6,30	5,50	5,75	6,25	22,35	23,80	1,5
38	10,40	11,00	6,05	5,75	5,75	5,95	21,40	23,50	2,1
39	10,70	9,95	6,05	5,55	5,30	6,15	20,65	23,05	2,4
40	11,65	11,00	6,20	5,50	5,65	6,15	22,65	23,50	0,9
41	11,20	9,95	6,15	5,55	5,50	6,10	21,15	23,30	2,2
42	9,80	10,45	6,05	5,35	5,50	6,15	20,25	23,05	2,8
43	11,75	11,65	6,65	5,95	5,65	6,70	23,40	24,95	1,6
44	11,10	11,75	6,05	5,65	5,65	6,05	22,85	23,40	0,6
45	13,15	12,45	7,35	6,55	6,50	7,35	25,60	27,75	2,2
46	11,85	11,15	6,75	6,10	5,85	6,65	23,00	25,35	2,4
47	11,55	11,40	6,35	5,85	5,60	6,20	22,95	24,00	1,0
48	10,40	10,65	5,90	5,20	5,15	5,95	21,05	22,20	1,2
49	9,15	9,45	5,45	4,80	5,10	5,50	18,60	20,85	2,3
50	11,45	11,60	6,25	5,80	5,80	6,20	23,05	24,05	1,0

**Tab. 13:** Differenz zwischen dem Engstand der „**Visuellen-Methode**“ und dem Engstand der „**Schieblehre-Methode**“ (mm) unterteilt in die **Methoden A, B und C** für den **Oberkiefer** – wobei über Ausbildungsstand und Personen gemittelt wurde (n = 450); MW = Mittelwert; MW-2s = 2s-Intervall-Untergrenze; MW+2s = 2s-Intervall-Obergrenze; Kon ug = 95% Konfidenzintervall-Untergrenze; Kon og = 95 % Konfidenzintervall-Obergrenze.

Methode	Minimum	1.Quartil	Median	3.Quartil	Maximum	MW	MW-2s	MW+2s	Kon ug	Kon og
A	-2,300	-0,800	-0,200	0,400	3,900	-0,147	-2,106	1,812	-0,237	-0,056
B	-2,600	-0,900	-0,150	0,500	4,300	-0,139	-2,288	2,011	-0,238	-0,039
C	-2,600	-1,000	-0,400	0,200	3,800	-0,349	-2,350	1,652	-0,441	-0,256

**Tab. 14:** Differenz zwischen dem Engstand der „**Visuellen-Methode**“ und dem Engstand der „**Schieblehre-Methode**“ (mm) unterteilt in die **Methoden A, B und C** für den **Unterkiefer** – wobei über Ausbildungsstand und Personen gemittelt wurde (n = 450); MW = Mittelwert; MW-2s = 2s-Intervall-Untergrenze; MW+2s = 2s-Intervall-Obergrenze; Kon ug = 95% Konfidenzintervall-Untergrenze; Kon og = 95 % Konfidenzintervall-Obergrenze.

Methode	Minimum	1.Quartil	Median	3.Quartil	Maximum	MW	MW-2s	MW+2s	Kon og	Kon ug
A	-1,600	-0,300	0,100	0,600	3,900	0,222	-1,410	1,855	0,147	0,298
B	-1,300	-0,200	0,200	0,800	5,200	0,360	-1,295	2,015	0,284	0,437
C	-1,400	-0,400	0,000	0,600	3,900	0,150	-1,425	1,726	0,077	0,223

**Tab. 15:** Differenz zwischen dem Engstand der „**Visuellen-Methode**“ und dem Engstand der „**Schieblehre-Methode**“ (mm) unterteilt nach dem **Ausbildungsstand** (K = Kieferorthopäden; W = Weiterbildungsassistenten; S = Studenten) für den **Oberkiefer** – wobei über die Methoden und die Personen innerhalb des jeweiligen Ausbildungsstandes gemittelt wurde (n = 450); MW = Mittelwert; MW-2s = 2s-Intervall-Untergrenze; MW+2s = 2s-Intervall-Obergrenze; Kon ug = 95 % Konfidenzintervall-Untergrenze; Kon og = 95 % Konfidenzintervall-Obergrenze.

Ausbildungsstand	Minimum	1.Quartil	Median	3.Quartil	Maximum	MW	MW-2s	MW+2s	Kon og	Kon ug
K	-2,100	-0,400	0,100	0,800	3,800	0,219	-1,710	2,147	0,129	0,308
W	-2,600	-1,000	-0,300	0,400	4,300	-0,264	-2,326	1,798	-0,360	-0,168
S	-2,600	-1,200	-0,600	0,000	3,000	-0,589	-2,400	1,222	-0,673	-0,505

**Tab. 16:** Differenz zwischen dem Engstand der „**Visuellen-Methode**“ und dem Engstand der „**Schieblehre-Methode**“ (mm) unterteilt nach dem **Ausbildungsstand** (K = Kieferorthopäden; W = Weiterbildungsassistenten; S = Studenten) für den **Unterkiefer** – wobei über die Methoden und die Personen innerhalb des jeweiligen Ausbildungsstandes gemittelt wurde (n = 450); MW = Mittelwert; MW-2s = 2s-Intervall-Untergrenze; MW+2s = 2s-Intervall-Obergrenze; Kon ug = 95 % Konfidenzintervall-Untergrenze; Kon og = 95 % Konfidenzintervall-Obergrenze.

Ausbildungsstand	Minimum	1.Quartil	Median	3.Quartil	Maximum	MW	MW-2s	MW+2s	Kon og	Kon ug
K	-0,900	0,100	0,500	1,200	5,200	0,728	-1,122	2,578	0,642	0,814
W	-1,200	-0,200	0,100	0,600	2,500	0,190	-1,029	1,409	0,134	0,246
S	-1,600	-0,600	-0,300	0,200	1,600	-0,185	-1,360	0,989	-0,240	-0,131

**Tab. 17:** Differenz zwischen dem Engstand der „Visuellen-Methode“ und dem Engstand der „Schieblehre-Methode A“ (mm) unterteilt nach **Untersuchern** in dem jeweiligen **Ausbildungsstand** (K1, K2, K3 = Kieferorthopäden; W1, W2, W3 = Weiterbildungsassistenten; S1, S2, S3 = Studenten) für die 50 **Oberkiefermodelle** (n = 50); MW = Mittelwert; MW-2s = 2s-Intervall-Untergrenze; MW+2s = 2s-Intervall-Obergrenze; Kon ug = 95 % Konfidenzintervall-Untergrenze; Kon og = 95 % Konfidenzintervall-Obergrenze.

Untersucher	Minimum	1.Quartil	Median	3.Quartil	Maximum	MW	MW-2s	MW+2s	Kon ug	Kon og
K1	-1,300	-0,300	0,200	0,900	2,100	0,328	-1,336	1,992	0,092	0,564
K2	-1,400	-0,100	0,400	1,100	3,400	0,492	-1,604	2,588	0,194	0,790
K3	-1,600	-0,700	-0,050	0,600	2,400	0,030	-1,730	1,790	-0,220	0,280
W1	-1,900	-0,900	-0,250	0,200	1,200	-0,326	-1,838	1,186	-0,541	-0,111
W2	-1,900	-0,500	0,400	1,100	3,900	0,372	-1,830	2,574	0,059	0,685
W3	-2,300	-1,000	-0,700	-0,200	1,100	-0,644	-2,068	0,780	-0,846	-0,442
S1	-2,200	-1,000	-0,450	0,300	2,600	-0,374	-2,158	1,410	-0,627	-0,121
S2	-2,100	-1,000	-0,500	0,000	1,600	-0,514	-2,115	1,087	-0,741	-0,287
S3	-2,200	-1,200	-0,700	-0,400	2,900	-0,684	-2,448	1,080	-0,935	-0,433

**Tab. 18:** Differenz zwischen dem Engstand der „Visuellen-Methode“ und dem Engstand der „Schieblehre-Methode B“ (mm) unterteilt nach **Untersuchern** in dem jeweiligen **Ausbildungsstand** (K1, K2, K3 = Kieferorthopäden; W1, W2, W3 = Weiterbildungsassistenten; S1, S2, S3 = Studenten) für die 50 **Oberkiefermodelle** (n = 50); MW = Mittelwert; MW-2s = 2s-Intervall-Untergrenze; MW+2s = 2s-Intervall-Obergrenze; Kon ug = 95 % Konfidenzintervall-Untergrenze; Kon og = 95 % Konfidenzintervall-Obergrenze.

Untersucher	Minimum	1.Quartil	Median	3.Quartil	Maximum	MW	MW-2s	MW+2s	Kon ug	Kon og
K1	-1,400	-0,400	0,300	0,900	2,500	0,336	-1,460	2,132	0,081	0,591
K2	-1,700	-0,300	0,350	1,500	3,800	0,500	-1,867	2,867	0,164	0,836
K3	-1,900	-0,600	0,100	0,500	2,300	0,038	-1,749	1,825	-0,216	0,292
W1	-2,200	-1,000	-0,300	0,300	1,800	-0,318	-2,087	1,451	-0,569	-0,067
W2	-2,000	-0,500	0,300	1,100	4,300	0,380	-2,116	2,876	0,025	0,735
W3	-2,500	-1,300	-0,600	-0,100	1,500	-0,636	-2,364	1,092	-0,882	-0,390
S1	-2,600	-1,100	-0,350	0,200	3,000	-0,366	-2,416	1,684	-0,657	-0,075
S2	-2,200	-1,100	-0,600	0,000	2,000	-0,506	-2,307	1,295	-0,762	-0,250
S3	-2,300	-1,300	-0,900	0,000	2,400	-0,676	-2,583	1,231	-0,947	-0,405

**Tab. 19:** Differenz zwischen dem Engstand der „Visuellen-Methode“ und dem Engstand der „Schieblehre-Methode C“ (mm) unterteilt nach **Untersuchern** in dem jeweiligen **Ausbildungsstand** (K1, K2, K3 = Kieferorthopäden; W1, W2, W3 = Weiterbildungsassistenten; S1, S2, S3 = Studenten) für die 50 **Oberkiefermodelle** (n = 50); MW = Mittelwert; MW-2s = 2s-Intervall-Untergrenze; MW+2s = 2s-Intervall-Obergrenze; Kon ug = 95 % Konfidenzintervall-Untergrenze; Kon og = 95 % Konfidenzintervall-Obergrenze.

Untersucher	Minimum	1.Quartil	Median	3.Quartil	Maximum	MW	MW-2s	MW+2s	Kon ug	Kon og
K1	-1,600	-0,500	0,100	0,700	2,000	0,126	-1,490	1,742	-0,104	0,356
K2	-1,900	-0,400	0,200	1,100	3,000	0,290	-1,876	2,456	-0,018	0,598
K3	-2,100	-0,800	-0,100	0,400	1,900	-0,172	-1,847	1,503	-0,410	0,066
W1	-2,400	-1,100	-0,550	0,000	1,000	-0,528	-2,161	1,105	-0,760	-0,296
W2	-2,100	-0,700	0,000	0,800	3,800	0,170	-2,177	2,517	-0,164	0,504
W3	-2,600	-1,300	-0,850	-0,400	1,000	-0,846	-2,373	0,681	-1,063	-0,629
S1	-2,500	-1,200	-0,600	0,100	2,500	-0,576	-2,434	1,282	-0,840	-0,312
S2	-2,400	-1,000	-0,700	-0,300	1,500	-0,716	-2,326	0,894	-0,945	-0,487
S3	-2,400	-1,400	-1,000	-0,300	2,300	-0,886	-2,655	0,883	-1,137	-0,635

**Tab. 20:** Differenz zwischen dem Engstand der „**Visuellen-Methode**“ und dem Engstand der „**Schieblehre-Methode A**“ (mm) unterteilt nach **Untersuchern** in dem jeweiligen **Ausbildungsstand** (K1, K2, K3 = Kieferorthopäden; W1, W2, W3 = Weiterbildungsassistenten; S1, S2, S3 = Studenten) für die 50 **Unterkiefermodelle** (n = 50); MW = Mittelwert; MW-2s = 2s-Intervall-Untergrenze; MW+2s = 2s-Intervall-Obergrenze; Kon ug = 95 % Konfidenzintervall-Untergrenze; Kon og = 95 % Konfidenzintervall-Obergrenze.

Untersucher	Minimum	1.Quartil	Median	3.Quartil	Maximum	MW	MW-2s	MW+2s	Kon og	Kon ug
K1	-0,400	0,200	0,750	1,200	2,600	0,768	-0,648	2,184	0,567	0,969
K2	-0,700	0,300	0,700	1,500	3,900	1,116	-1,220	3,452	0,784	1,448
K3	-0,900	-0,200	0,100	0,700	2,100	0,234	-0,962	1,430	0,064	0,404
W1	-1,200	-0,200	0,200	0,500	1,400	0,178	-0,935	1,291	0,020	0,336
W2	-0,700	-0,100	0,200	0,700	2,400	0,338	-1,020	1,696	0,145	0,531
W3	-0,900	-0,400	-0,050	0,200	1,300	-0,012	-1,098	1,074	-0,166	0,142
S1	-1,500	-0,700	-0,300	0,200	1,300	-0,236	-1,481	1,009	-0,413	-0,059
S2	-1,300	-0,400	-0,250	0,300	1,300	-0,138	-1,199	0,923	-0,289	0,013
S3	-1,600	-0,600	-0,300	0,000	1,600	-0,248	-1,486	0,990	-0,424	-0,072

**Tab. 21:** Differenz zwischen dem Engstand der „**Visuellen-Methode**“ und dem Engstand der „**Schieblehre-Methode B**“ (mm) unterteilt nach **Untersuchern** in dem jeweiligen **Ausbildungsstand** (K1, K2, K3 = Kieferorthopäden; W1, W2, W3 = Weiterbildungsassistenten; S1, S2, S3 = Studenten) für die 50 **Unterkiefermodelle** (n = 50); MW = Mittelwert; MW-2s = 2s-Intervall-Untergrenze; MW+2s = 2s-Intervall-Obergrenze; Kon ug = 95 % Konfidenzintervall-Untergrenze; Kon og = 95 % Konfidenzintervall-Obergrenze.

Untersucher	Minimum	1.Quartil	Median	3.Quartil	Maximum	MW	MW-2s	MW+2s	Kon og	Kon ug
K1	-0,500	0,200	0,950	1,500	2,300	0,906	-0,519	2,331	0,703	1,109
K2	-0,200	0,300	1,100	1,700	5,200	1,254	-1,105	3,613	0,919	1,589
K3	-0,800	-0,100	0,250	0,700	2,000	0,372	-0,890	1,634	0,193	0,551
W1	-0,600	-0,100	0,200	0,700	1,500	0,316	-0,797	1,429	0,158	0,474
W2	-0,700	0,000	0,400	0,900	2,500	0,476	-0,905	1,857	0,280	0,672
W3	-0,900	-0,200	0,100	0,500	2,500	0,126	-1,070	1,322	-0,044	0,296
S1	-1,300	-0,600	-0,200	0,200	1,400	-0,098	-1,331	1,135	-0,273	0,077
S2	-1,200	-0,400	0,000	0,300	1,500	0,000	-1,126	1,126	-0,160	0,160
S3	-1,100	-0,600	-0,200	0,200	1,500	-0,110	-1,330	1,110	-0,283	0,063

**Tab. 22:** Differenz zwischen dem Engstand der „**Visuellen-Methode**“ und dem Engstand der „**Schieblehre-Methode C**“ (mm) unterteilt nach **Untersuchern** in dem jeweiligen **Ausbildungsstand** (K1, K2, K3 = Kieferorthopäden; W1, W2, W3 = Weiterbildungsassistenten; S1, S2, S3 = Studenten) für die 50 **Unterkiefermodelle** (n = 50); MW = Mittelwert; MW-2s = 2s-Intervall-Untergrenze; MW+2s = 2s-Intervall-Obergrenze; Kon ug = 95 % Konfidenzintervall-Untergrenze; Kon og = 95 % Konfidenzintervall-Obergrenze.

Untersucher	Minimum	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximum	MW	MW-2s	MW+2s	Kon og	Kon ug
K1	-0,500	0,100	0,700	1,200	2,400	0,696	-0,692	2,084	0,499	0,893
K2	-0,700	0,200	0,800	1,600	3,900	1,044	-1,151	3,239	0,732	1,356
K3	-0,900	-0,200	0,100	0,400	1,900	0,162	-1,032	1,356	-0,008	0,332
W1	-1,200	-0,300	0,100	0,500	1,100	0,106	-0,939	1,151	-0,042	0,254
W2	-0,800	-0,200	0,100	0,600	2,200	0,266	-1,004	1,536	0,086	0,446
W3	-0,900	-0,400	-0,100	0,200	1,100	-0,084	-1,102	0,934	-0,229	0,061
S1	-1,300	-0,700	-0,400	0,000	1,400	-0,308	-1,461	0,845	-0,472	-0,144
S2	-1,200	-0,500	-0,200	0,000	1,400	-0,210	-1,249	0,829	-0,358	-0,062
S3	-1,400	-0,700	-0,400	-0,100	1,400	-0,320	-1,492	0,852	-0,487	-0,153

## **12 Danksagung**

Herrn Prof. Dr. Pancherz danke ich herzlich für die Überlassung des Themas, die großzügige Bereitstellung des Untersuchungsmaterials, sowie für die wertvollen Anregungen und die exzellente Betreuung dieser Arbeit.

Herrn Dr. Bödeker danke ich sehr für die statistische Auswertung der Daten, für seine Hilfsbereitschaft und die vielen wertvollen Hinweise.

Weiterhin gilt mein Dank den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen der Poliklinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Gießen sowie den Studenten und Studentinnen, die die frontalen Engstände visuell bewerteten.

## 13 Lebenslauf

### Persönliche Daten

Vor- und Zuname Sandra Hirzel  
Geburtsdatum/-ort 03.10.1979, Gedern  
Staatsangehörigkeit deutsch  
Familienstand ledig

### Schulbildung

08.1986 – 07.1990 Hugo-Buderus-Grundschule, Hirzenhain  
08.1990 – 07.1996 Gesamtschule, Gedern  
08.1996 – 06.1999 Wolfgang-Ernst-Gymnasium, Büdingen  
06.1999 Allgemeine Hochschulreife

### Hochschulbildung

10.1999 – 12.2004 Studium der Zahnmedizin an der Justus-Liebig-  
Universität Gießen  
08.2000 Naturwissenschaftliche Vorprüfung  
04.2002 Zahnärztliche Vorprüfung  
12.2004 Zahnärztliche Prüfung

### Berufstätigkeit

05.2005 – 04.2006 Ausbildungsassistentin  
Zahnarztpraxis Rau, Gründau  
seit 05.2006 Weiterbildungsassistentin für Oralchirurgie  
Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie / Plastische Chirurgie, Direktor: Prof. Dr. Dr. Schultze-Mosgau, Friedrich-Schiller-Universität Jena