

# Knochendimensionen im unteren Seitenzahnbereich: Eine retrospektive radiologische Studie unter Verwendung der digitalen Volumentomografie. Teil 2: Untersuchung der unbezahnten Bereiche



Vedrana Braut, DDS, Dr. med. dent.<sup>1</sup>  
Michael M. Bornstein, Prof. Dr. med. dent.<sup>2</sup>  
Ulrike Kuchler, Dr. med., Dr. med. dent.<sup>3</sup>  
Daniel Buser, Prof. Dr. med. dent.<sup>4</sup>

Für die präoperative Implantationsplanung ist die präzise radiologische Diagnostik der lokalen Knochendimensionen und Knochenmorphologie wichtig. In der vorliegenden retrospektiven Studie wurden die Dimensionen und die Morphologie der unbezahnten Areale im unteren Seitenbereich unter Verwendung der digitalen Volumentomografie (DVT) untersucht. In dieser retrospektiven Studie wurde die Knochenbreite (BW) des Unterkiefers auf den DVT-Aufnahmen an drei Stellen für Prämolaren (PM1, PM2) und Molaren (M1, M2) ermittelt: 1 mm und 4 mm unter dem am weitesten kranial gelegenen Punkt des Alveolarkamms (BW1, BW2) sowie am oberen Rand des Mandibularkanals (BW3). Außerdem wurden die Höhe (H) des Alveolarkamms (Abstand zwischen den Messpunkten BW1 und BW3) sowie das Vorhandensein linguale Unterschnitte erfasst. Insgesamt erfüllten 56 DVTs die Einschlusskriterien, sodass die Studie an insgesamt 127 Schnittbildern erfolgte. Am Messpunkt BW2 zeigte sich von PM1 zu M2 ein statistisch signifikanter Anstieg ( $p < 0,001$ ), nicht hingegen an BW1 und BW3. Die Alveolarkammhöhe nahm von PM1 zu M2 ab.  $H$  ( $p = 0,001$ ) und BW1 ( $p = 0,03$ ) waren statistisch signifikant vom Geschlecht abhängig. Weder die Knochenbreite (BW1:  $p = 0,37$ ; BW2:  $p = 0,31$ ; BW3:  $p = 0,51$ ) noch die Alveolarkammhöhe ( $p = 0,41$ ) des unteren Seitenzahnbereichs hingen statistisch signifikant vom Alter ab. Insgesamt fanden sich an 73 unbezahnten Bereichen (57,5 %) keine sichtbaren linguale Unterschnitte; 13 Bereiche (10,2 %) wiesen einen linguale Unterschnitt auf, der sich auf die Implantation auswirkte. Die präzise Evaluation des Alveolarkamms mithilfe von Schnittbildern ist für die Analyse der vertikalen und bukkolingualen Knochendimensionen in verschiedenen Positionen des unteren Seitenzahnbereichs von großem Wert. Außerdem hilft die DVT bei der periimplantären Diagnose möglicher Probleme durch linguale Unterschnitte. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2014; 34: 607–615.)

<sup>1</sup> ITI Scholar, Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie, Zahnmedizinische Kliniken, Universität Bern, Schweiz; Assistenzprofessorin, Klinik für Prothetik, Institut für Zahnmedizin, Medizinische Fakultät, Universität Rijeka, Kroatien.

<sup>2</sup> Assoziierter Professor, Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie, Zahnmedizinische Kliniken, Universität Bern, Schweiz.

<sup>3</sup> Assistenz Zahnärztin, Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie, Zahnmedizinische Kliniken, Universität Bern, Schweiz.

<sup>4</sup> Professor und Direktor, Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie, Zahnmedizinische Kliniken der Universität Bern, Schweiz.

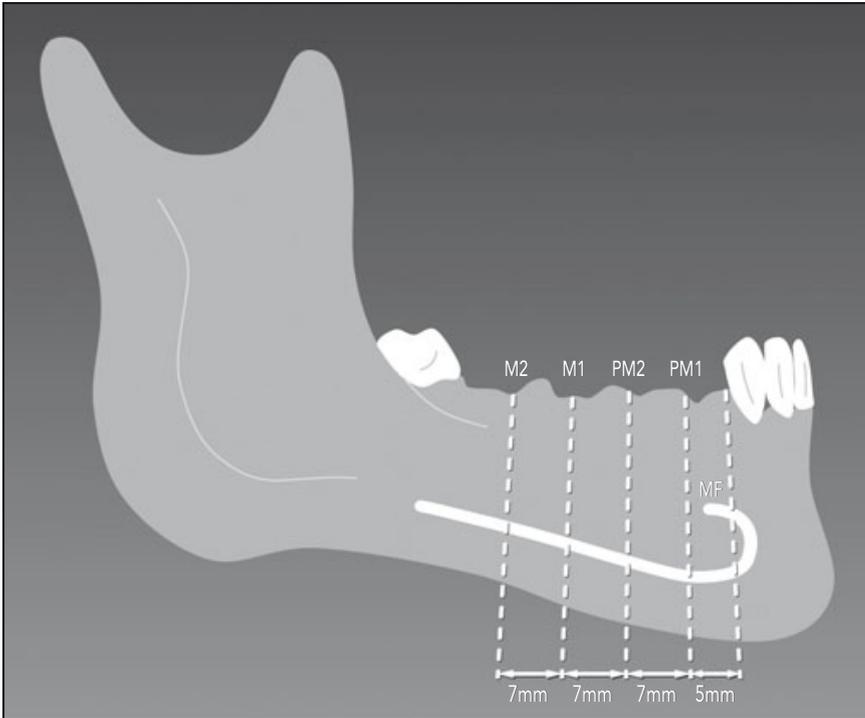
Korrespondenz an: Prof. Dr. Daniel Buser, Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie, Freiburgstraße 7, 3010 Bern, Schweiz; Fax: +41 31 632 98 84; E-Mail: daniel.buser@zmk.unibe.ch

Die ersten beiden Autoren waren zu gleichen Teilen an dieser Studie beteiligt.

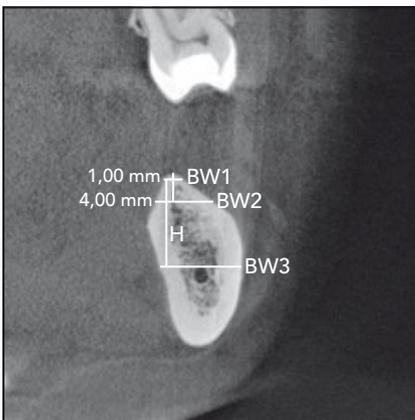
©2014 by Quintessence Publishing Co Inc.

Die Langzeitstabilität dentaler Implantate hängt vom Vorhandensein einer bukkalen Knochenwand ab, da sie eine zirkumferenzielle Verankerung im Alveolarkamm ermöglicht. Die Alveolarkammbreite ist daher bei der Planung für eine Implantation ein wichtiger Parameter, der präoperativ ermittelt werden muss<sup>1</sup>. Der zweite wichtige anatomische Parameter ist die Knochenhöhe, die durch benachbarte anatomische Strukturen, wie den N. alveolaris inferior<sup>2</sup>, den Kieferhöhlen<sup>3</sup> und den Nasenhöhlenboden<sup>4</sup> eingeschränkt werden kann. Bei der präoperativen Planung ist neben der klinischen Untersuchung in der Regel auch eine präzise radiologische Abklärung des Knochenvolumens und der Knochenmorphologie indiziert<sup>5</sup>.

Dreidimensionale (3D) bildgebende Verfahren (Computertomografie [CT] und digitale Volumentomografie [DVT]) werden inzwischen sehr oft in der Zahnmedizin eingesetzt<sup>6</sup>, insbesondere, um die Knochenqualität und -quantität bei der präoperativen Planung dentaler Implantationen zu beurteilen<sup>5,7–10</sup>. Diese Verfahren liefern hochauflösende 3D-Bilder, die den Panoramaröntgenaufnahmen bei der detaillierten Darstellung des Knochenangebots und der Unterkiefermorphologie überlegen sind<sup>11</sup>. Inzwischen wird die DVT der CT vorgezogen, da sie bei geringerer Strah-



**Abb. 1** Messpunkte auf dem Schnittbild in Position der Prämolaren (PM1, PM2) und Molaren (M1, M2). Punkt 1 liegt 5 mm distal des ersten mesial vorhandenen Zahns. Die Punkte 2, 3 und 4 liegen im Abstand von jeweils 7 mm weiter distal. MF = Foramen mentale.



**Abb. 2** Die Alveolarkammbreite wurde an drei Punkten gemessen: 1 mm und 4 mm unter dem kranialsten Punkt des Alveolar-kamms (BW1 und BW2) und am oberen Rand des Mandibularkanals (BW3). Die Alveolarkammhöhe (H) wurde als der Abstand zwischen BW1 und BW3 definiert.

lenbelastung eine höhere Bildqualität liefert<sup>5,12</sup>.

In der hier vorliegenden retrospektiven radiologischen Studie wurden bei Patienten, die zur Planung und Durchführung einer dentalen Implantation überwiesen wurden, mithilfe von DVT-Aufnahmen die lokalen Knochendimensionen der unbezahnten Bereiche im unteren Seitenzahnbereich untersucht. Die Ergebnisse der bezahnten Areale im unteren Seitenbereich wurden bereits in einem früheren Artikel veröffentlicht<sup>13</sup>.

## Material und Methode

### Patienten

Die Studie erfolgte an allen DVT-Aufnahmen (3D Accuitomo XYZ Slice View Tomograph, Morita) mit denoalveolären (kleinen und mittleren) Volumengrößen (fields of view [FOV]; 4 x 4, 6 x 6 oder 8 x 8 cm) von Patienten, die zwischen Januar und Dezember 2009 wegen einer Implantation im unteren Seitenzahnbereich an die Klinik für Oralchirurgie und Stomatologie, Zahnmedizinische Kliniken der Universität Bern, Schweiz, überwiesen wurden.

### Auswertung der Röntgenbilder

Die DVT-Aufnahmen wurden auf einem Eizo-Flexscan-Monitor (Eizo) mit einer Auflösung von 1280 x 1024 Pixeln ausgewertet. Die Daten wurden in Schichten mit einer Dicke von 1 mm (FOV: 4 x 4 und 6 x 6 cm) und 1,28 mm (FOV: 8 x 8 cm) rekonstruiert. Um Artefakte durch Metallrestorationen zu vermeiden, wurde die Okklusalebene immer horizontal ausgerichtet. Sofern eine Untersuchung aufgrund der Artefakte unmöglich war, wurde der entsprechende Be-

reich bzw. die DVT-Aufnahme aus der Studie ausgeschlossen.

Die koronalen DVT-Schnitte wurden in der Position der Prämolaren und Molaren zur Planung eines dentalen Standardimplantats evaluiert: Ein Punkt 5 mm distal des ersten mesialen Zahns (z. B. des Eckzahns) wurde als Punkt 1 definiert. Die nachfolgenden Schnittbilder im Abstand von jeweils 7 mm wurden als Punkt 2, 3 und 4 bezeichnet (Abb. 1). Sofern kein mesialer Referenzzahn vorhanden war, wurde das Schnittbild mit dem Foramen mentale als Punkt 1 bezeichnet. Die vertikale Ausrichtung des Schichtbilds richtete sich nach einer Linie, die der Achse des geplanten Implantats entspricht und auf den palatinalen Höcker des Antagonisten im Oberkiefer ausgerichtet ist. Für die Messungen wurden die koronalen Bilder möglichst stark vergrößert. Die Bildauswertung erfolgte mit einem digitalen Messschieber unter Verwendung einer Bildbearbeitungssoftware (i-Dixel, Morita).

Die Knochenbreite (BW) des Unterkiefers wurde an drei Punkten auf den koronalen DVT-Schichtbildern gemessen (Abb. 2): 1 mm und 4 mm unter dem am weitesten kranial gelegenen Punkt des Alveolarkamms (BW1 und BW2) sowie am oberen Rand oder Dach des Mandibularkanals (BW3). Sofern der zu untersuchende Bereich direkt über dem Foramen mentale lag, galt der obere Rand des Foramens als kraniale Grenze des Kanals. Die Alveolarkammhöhe (H) war als der Abstand zwischen BW1 und BW3 definiert (Abb. 2). Weiterhin wurde erfasst, ob über dem Mandibularkanal ein linguale Unterschnitt vorhanden war. Die linguale Unterschnitte wurden dahingehend unterteilt, ob sie einen Einfluss auf die Implantation hatten oder nicht (Abb. 3). Wenn wegen eines Unterschnitts kein Standardimplantat mit einer Länge von 10 mm in der geplanten orofazialen Position

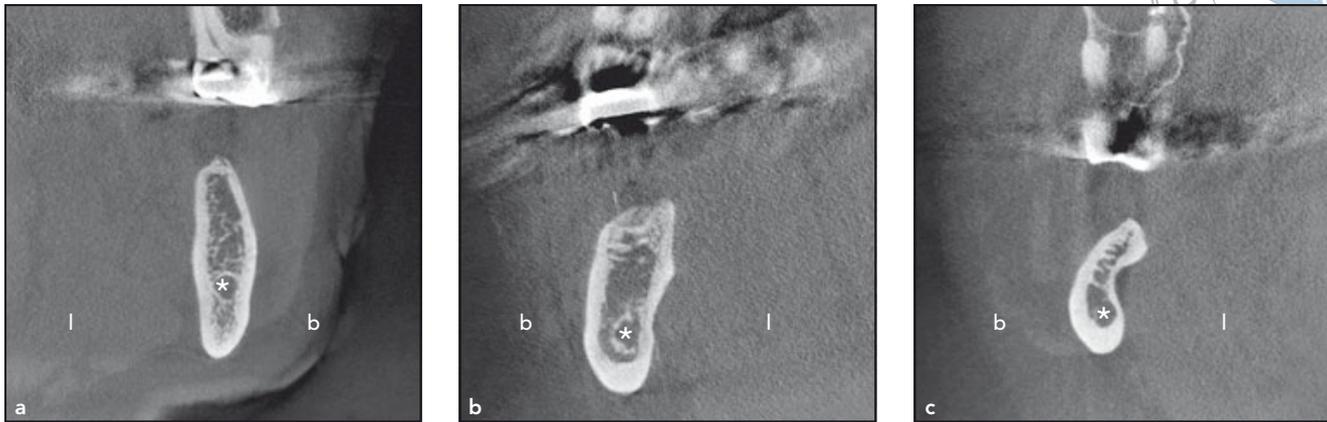
und dem vorgesehenen Winkel gesetzt werden konnte, wurde festgelegt, dass sich der Unterschnitt auf die Implantation auswirkt.

Die Schnittbilder des Unterkiefers wurden anhand des Unterschieds zwischen BW2 und BW3 ( $\Delta BW3 - BW2$ ) im Sinne der kaudalen Divergenz der bukkalen und linguale Kortikalis weiter in zwei morphologische Gruppen unterteilt. War  $\Delta BW3 - BW2 \leq 1$  mm, wurden die Schnittbilder als Typ A eingestuft, bei  $\Delta BW3 - BW2 > 1$  mm als Typ B (Abb. 4).

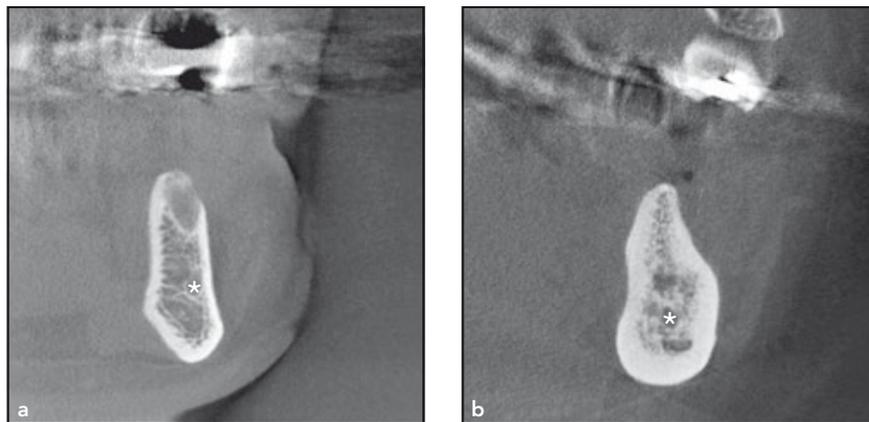
Alle Messungen wurden von demselben, gegenüber den klinischen Befunden, Therapie und der Nachbeobachtung der Patienten geblindeten Untersucher durchgeführt (VB). Das Vorhandensein linguale Unterschnitte im unbezahnten Bereich über dem Mandibularkanal wurde zusätzlich von einem weiteren Untersucher (UK) überprüft. Jeder Untersucher bestätigte das Vorhandensein linguale Unterschnitte zweimal. In Zweifelsfällen einigten sich die beiden Untersucher auf einen Konsens.

### Statistische Auswertung

Alle Daten wurden zunächst deskriptiv analysiert. Signifikante Unterschiede in den Datensätzen der rechten und linken Seite des Oberkiefers wurden mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest für gepaarte Daten unter Verwendung exakter p-Werte analysiert. Da sich die beiden Datensätze nicht signifikant unterschieden, wurden die Zähne zur weiteren statistischen Auswertung in erste Prämolaren (PM1), zweite Prämolaren (PM2), erste Molaren (M1) und zweite Molaren (M2) eingeteilt. Der Einfluss von Alter, Geschlecht und Zahnposition wurde mit dem Kruskal-Wallis-Test und einer nicht parametrischen Varianzanalyse (ANOVA) nach der Methode von Brunner et al.<sup>14</sup> un-



**Abb. 3** Vorhandensein eines lingualen Unterschnitts über dem Mandibularkanal. (a) Kein lingualer Unterschnitt. (b) Lingualer Unterschnitt ohne Einfluss auf die Implantation. (c) Lingualer Unterschnitt mit Einfluss auf die Implantation: In der gewünschten orofazialen Position kann kein 10-mm-Standardimplantat gesetzt werden. l = linguale Seite, b = bukkale Seite, \* = Mandibularkanal.



**Abb. 4** Morphologie des Unterkiefers auf den koronalen DVT-Aufnahmen. (a) Querschnitt eines Typ-A-Unterkiefers ( $\Delta BW3-BW2 \leq 1$  mm). (b) Querschnitt eines Typ-B-Unterkiefers ( $\Delta BW3-BW2 > 1$  mm). \* = Mandibularkanal.

tersucht. Unterschiede zwischen der Verteilung der lingualen Unterschnitte wurden mit dem Chi-Quadrat-Test nachgewiesen. Die Intra- und Interuntersucher-Reliabilität wurde durch Berechnung der Cohen-Kappa-Werte überprüft. Die statistische Untersuchung erfolgte mit dem internetbasierten R-Softwarepaket (R 2.7.1). Die ANOVA-Tests wurden mit einem lizenzierten Softwarepaket (SAS 9.1, SAS Institute) durchgeführt.

## Ergebnisse

An der Studie nahmen 56 Patienten (22 Männer und 34 Frauen) mit einem mittleren Alter von 54,5 Jahren (Bereich: 17 bis 82 Jahre) teil. Insgesamt wurden 127 Schnittbilder der geplanten Implantatbereiche beurteilt. Die Verteilung der untersuchten Implantatbereiche ist in Tabelle 1 zusammengestellt.

### Alveolarkammbreite

Die Knochenbreite 1 mm unter dem kranialsten Punkt des Alveolarkamms (BW1) und am kranialen Rand des Mandibularkanals (BW3) unterschied

**Tabelle 1** Verteilung der untersuchten dentalen Implantationsbereiche im unteren Seitenbereich auf 127 DVT-Schnittbildern (56 Patienten)

	Möglicher Implantatbereich								Gesamt
	47	46	45	44	34	35	36	37	
n (untersucht)	15	24	16	7	9	22	18	16	127

\* FDI-Zahnschema.

sich statistisch nicht signifikant zwischen den Prämolaren und Molaren ( $p = 0,78$  für BW1;  $p = 0,10$  für BW3; Tabelle 2 und Abb. 5). Sie nahm an BW2 statistisch signifikant von PM1 zu M2 zu ( $p < 0,001$ ; Tabelle 2 und Abb. 5).

Hinsichtlich der morphologischen Alveolarkammtypen an verschiedenen Punkten im unteren Seitenzahnbereich war Typ A im Bereich der Molaren häufiger als im Bereich der Prämolaren, während Typ B in PM1-Bereichen am häufigsten war ( $p = 0,01$ ; Tabelle 3). Dies zeigt, dass die BW2-Werte in unbezahnten Prämolarkamm-Bereichen allgemein niedriger waren als die BW3-Werte.

Das Geschlecht wirkte sich statistisch signifikant auf die Werte an BW1 ( $p = 0,03$ ) aus, wobei die männlichen Patienten höhere Werte aufwiesen als die weiblichen. Für BW2 war die Signifikanz grenzwertig ( $p = 0,07$ ) und für BW3 bestand kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern ( $p = 0,21$ ). Das Alter wirkte sich nicht statistisch signifikant auf die Knochenbreite aus (BW1:  $p = 0,37$ ; BW2:  $p = 0,31$ ; BW3:  $p = 0,51$ ).

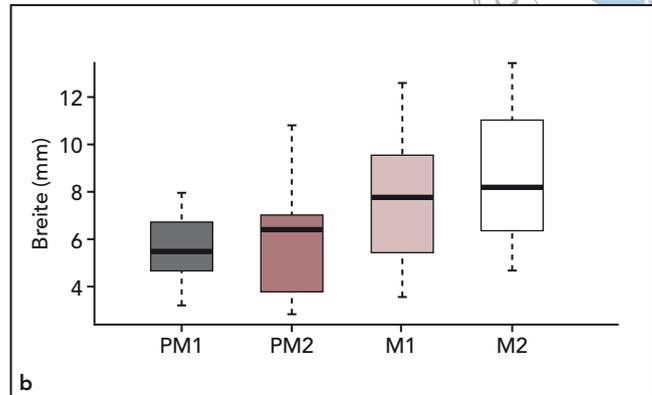
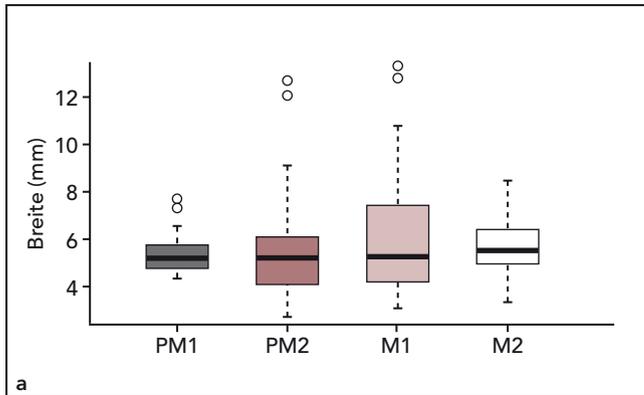
### Alveolarkammhöhe

Die Knochenhöhe über dem Mandibularkanal unterschied sich statistisch signifikant zwischen den Bereichen der Prämolaren und Molaren ( $p = 0,02$ ; Abb. 6; Tabelle 2). Die Werte nahmen stetig von PM1 zu M2 ab. Das Geschlecht wirkte sich statistisch signifikant auf die Alveolarkammhöhe aus ( $p = 0,001$ ), wobei die männlichen Patienten höhere Werte aufwiesen als die weiblichen. Das Alter wirkte sich nicht statistisch signifikant auf die Alveolarkammhöhe im unteren Seitenzahnbereich aus ( $p = 0,41$ ).

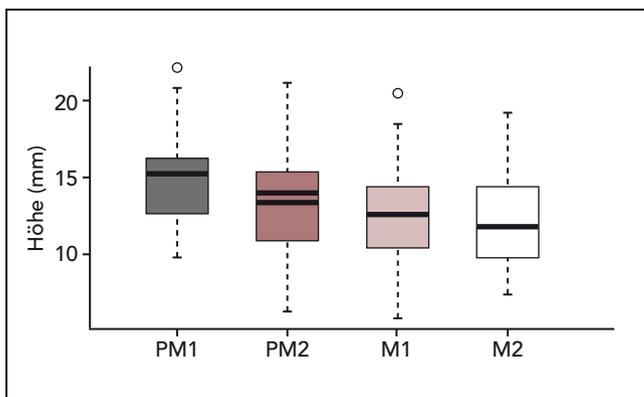
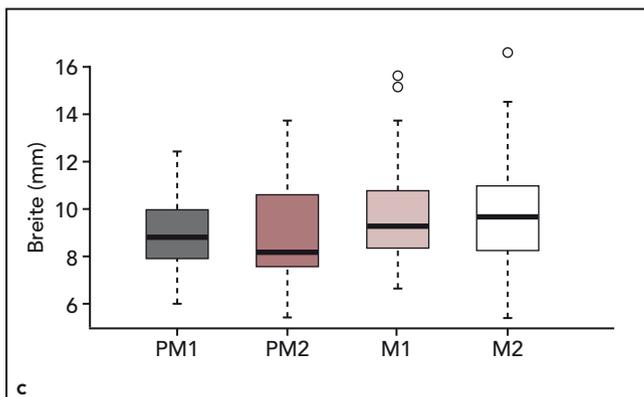
<b>Tabelle 2</b>		<b>Alveolarkammdimensionen (in mm) an verschiedenen Implantationsbereichen im unteren Seitenbereich</b>				
Gruppe		Minimum	Median	Mittelwert	Maximum	Zähne (n)
<b>BW1</b>						
PM1		2,380	3,245	3,473	5,750	16
PM2		0,750	3,280	3,596	10,750	38
M1		1,120	3,305	4,056	11,360	42
M2		1,380	3,575	3,689	6,560	30
<b>BW2</b>						
PM1		3,250	5,500	5,667	8,000	16
PM2		2,880	6,450	6,126	10,880	38
M1		3,630	7,815	7,652	12,640	42
M2		4,750	8,240	8,604	13,440	30
<b>BW3</b>						
PM1		6,000	8,820	9,064	12,480	16
PM2		5,380	8,205	8,910	13,760	38
M1		6,630	9,330	9,806	15,680	42
M2		5,380	9,690	10,100	16,640	30
<b>H</b>						
PM1		9,750	15,220	15,160	22,130	16
PM2		6,240	13,320	13,320	21,250	38
M1		5,750	12,570	12,470	20,500	42
M2		7,360	11,800	11,930	19,250	30

<b>Tabelle 3</b>		<b>Verteilung der beiden morphologischen Formen des Alveolarkamms an verschiedenen Implantationsbereichen im unteren Seitenbereich</b>							
Alveolarkamm-morphologie	PM1-Bereiche		PM2-Bereiche		M1-Bereiche		M2-Bereiche		
	n	%	n	%	n	%	n	%	
Typ A	2	12,50	12	31,58	11	26,19	14	46,67	
Typ B	14	87,50	26	68,42	31	73,81	16	53,33	

Typ A =  $\Delta(BW3-BW2) \leq 1$  mm; Typ B =  $\Delta(BW3-BW2) > 1$  mm.



**Abb. 5** Boxplot der Verteilung der Alveolarkammbreite an (a) BW1, (b) BW2 und (c) BW3 an verschiedenen Implantationsbereichen im unteren Seitenbereich. ° = Ausreißer.



**Abb. 6** Boxplot der Verteilung der Alveolarkammhöhe an verschiedenen Implantationsbereichen im unteren Seitenbereich. ° = Ausreißer.

### Linguale Unterschnitte

Bei insgesamt 73 (57,5 %) der unbezahnnten Bereiche gab es keine linguale Unterschnitte, bei 54 (42,5 %) waren diese vorhanden. Von diesen hatten 13 (10,2 %) ein Einfluss auf das Setzen dentaler Implantate (Tabelle 4). Die Molaren wiesen statis-

tisch signifikant mehr Unterschnitte auf als die Prämolaren ( $p < 0,001$ ). Alle linguale Unterschnitte mit einem Einfluss auf die dentale Implantation befanden sich im M1- und M2-Bereich (Tabelle 4).

Die Konsistenzanalyse bei der Einstufung der linguale Unterschnitte erbrachte hohe Kappa-Werte. Die

Intrauntersucher-Reliabilität führte zu Cohen-Kappa-Werten von 0,969 bzw. 0,966. Die Interuntersucher-Werte betragen für den Vergleich des ersten Wertesatzes 0,816 und für den Vergleich des zweiten Wertesatzes 0,878.

**Tabelle 4** Verteilung der lingualen Unterschnitte an verschiedenen Implantationsbereichen im unteren Seitenbereich

Lingualer Unterschnitt	PM1-Bereiche		PM2-Bereiche		M1-Bereiche		M2-Bereiche		Gesamt	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Kein lingualer Unterschnitt	13	10.2	31	24.4	21	16.5	8	6.3	73	57.5
Unterschnitt ohne Einfluss	3	2.4	7	5.5	16	12.6	15	11.8	41	32.3
Unterschnitt mit Einfluss	0	0.0	0	0.0	4	3.1	9	7.1	13	10.2

## Diskussion

Es kommt häufig vor, dass ein teilbezahnter Patient im unteren Seitenzahnbereich mit einem dentalen Implantat versorgt wird<sup>15</sup>. Für die Planung sind die Morphologie, die orofazialen und mesiodistalen Dimensionen und die Höhe des Knochens im Implantationsbereich wichtig<sup>16</sup>. Die Knochendimensionen des unteren Seitenzahnbereichs wurden in zahlreichen Studien mit verschiedenen radiologischen Verfahren untersucht<sup>11,17-20</sup>. In den meisten Studien wurde dazu jedoch keine DVT eingesetzt. Studien mit der Auswertung von DVT-Aufnahmen des unteren Seitenzahnbereichs erfolgten entweder an vollbezahnten Patienten<sup>21</sup> oder an Leichnamen<sup>20,22</sup>, wobei hauptsächlich auf die Präzision der DVT-Messungen geachtet wurde.

In der hier vorgestellten Studie reichte die mittlere Alveolarkammbreite 4 mm unter dem Alveolarkamm (BW2) von 5,7 mm (PM1-Bereiche) bis 8,6 mm (M2-Bereiche). Diese Ergebnisse stimmen mit den Resultaten einer Leichenstudie von Katranji und Mitarbeitern<sup>22</sup> überein, die 3 mm unter dem Alveolarkamm im Prämolarenbereich eine Unterkieferbreite von 4,8 mm und im Molarenbereich von 6,0 mm ermittelten. Die Ergebnisse der hier vorgestellten

Studie stimmen auch mit denen einer anderen Studie überein<sup>16</sup>. Dort wurde nachgewiesen, dass die Alveolarkammbreite über dem Foramen mentale (entsprechend der Alveolarkammbreite 4 mm unter dem Alveolarkamm [BW2]) im Seitenbereich allmählich zunahm, während sich die Breite am unteren Rand des Foramen mentale statistisch nicht signifikant veränderte.

In der vorliegenden Studie reichte die Alveolarkammhöhe von 15,1 mm (Bereich der ersten Prämolaren) bis zu 11,9 mm (Bereich der zweiten Molaren). Ähnliche Werte für die Alveolarkammhöhe im unteren Seitenzahnbereich wurden auch in einer anderen Studie ermittelt<sup>20</sup>. Diese Trends stimmen mit den Ergebnissen von Watanabe et al.<sup>16</sup> überein, obwohl sie den Abstand zwischen dem oberen Rand des Alveolarkamms und dem unteren Rand des Unterkiefers verwendeten. Bolin und Mitarbeiter<sup>18</sup> untersuchten die Alveolarkammhöhe im unteren Seitenzahnbereich auf Panoramaraöntgenaufnahmen und stellten fest, dass sie im Bereich der Prämolaren höher lag als im Bereich der Molaren. Außerdem stimmen die Daten der vorliegenden Studie mit der bekannten Lage des Foramen mentale überein, das in zwei Studien mittels DVT apikal zwischen dem ersten und zweiten Prämolaren lokalisiert wurde<sup>23,24</sup>.

Lage und Verlauf des Mandibularkanals müssen genau bekannt sein, um neurosensible Schäden nach einer Implantation zu verhindern. Verletzungen sensibler Nerven führen zu Anästhesie, Dysästhesie und/oder Schmerzen<sup>25</sup>. Renton et al.<sup>26,27</sup> beschrieben als wichtigsten Grund für diese Komplikation die Nähe zwischen dem Implantat/dem Implantatbett und dem Kanal des N. alveolaris inferior. Ein Fünftel der angegebenen Komplikationen entsteht durch das Eröffnen des Kanals, ein Fünftel durch das Durchqueren des Kanals und fast die Hälfte aufgrund eines Kontakts mit dem Dach des Kanals.

Die Perforation der lingualen Knochenplatte bei Implantationen im unteren Seitenzahnbereich ist eine schwere intraoperative Komplikation, und das Vorhandensein eines lingualen Unterschnitts gilt als wichtiger anatomischer Risikofaktor<sup>28</sup>. In der hier vorgestellten Studie wiesen 54 (42,5 %) der unbezahnten Bereiche linguale Unterschnitte auf, aber nur für 13 (10,2 %) wurde ein möglicher Einfluss auf die dentale Implantation angegeben (Tabelle 4). Um zu ermitteln, wie konsistent diese potenziell subjektiven Einstufungen sind, wurde die Intra- und die Interuntersucher-Reliabilität analysiert, wobei sich hohe Cohen-Kappa-Werte von 0,816 bis 0,969 ergaben. Molaren wiesen

tendenziell mehr Unterschnitte auf als Prämolaren ( $p < 0,001$ ). In einer vorausgegangenen Studie wurde das Vorhandensein lingualer Unterschnitte über dem Mandibularkanal an bezahnten Bereichen untersucht und die Häufigkeit mit 38,93 % angegeben<sup>13</sup>.

Wenn der Alveolarkamm nicht die minimale Breite für das Setzen eines Implantats mit einem Durchmesser von 4 bis 5 mm aufweist, kann der Chirurg eine lokale Knochenaugmentation mit der gesteuerten Knochenregeneration (GBR) durchführen oder den Alveolarkamm verbreitern, indem er seine Höhe reduziert. In der vorliegenden Studie nahm die Alveolarkammbreite an den meisten Bereichen nach apikal zu und betrug im Bereich der Molaren 4 mm unter dem Alveolarkamm (BW2) deutlich mehr als 6 mm, was für ein Implantat mit einem Durchmesser von mindestens 4 mm ausreichend ist. Der beschriebene Erfolg von kurzen Implantaten (6 mm oder 8 mm)<sup>29,30</sup> in Kombination mit den hier vorgelegten Daten, nach denen die Kammbreite von 1 mm (BW1) zu 4 mm (BW2) unter dem Alveolarkamm zunahm, ermöglicht eine Kammreduktion als Alternative zur GBR.

## Schlussfolgerungen

Die präzise Evaluation des Alveolarkamms mithilfe von Schnittbildern vor einer Implantation ist von großem Wert für die Beurteilung der vertikalen und orofazialen Knochendimensionen in verschiedenen Regionen des unteren Seitenzahnbereichs. Außerdem kann festgestellt werden, ob es linguale Unterschnitte gibt, die beim Setzen von Implantaten eventuell zu Problemen führen können. Ob mithilfe der dreidimensionalen radiologischen Beurteilung von Implantationsbereichen im unteren Seitenbereich eine Reduktion von Komplikationen,

z. B. neurovaskulären Schädigungen, möglich ist oder höhere Überlebens- und Erfolgsraten dentaler Implantate erreicht werden können, muss in weiteren prospektiven klinischen Vergleichsstudien geklärt werden.

## Danksagungen und Interessenerklärung

Die Autoren danken Lukas Martig und Janine Kuratli am Institut für mathematische Statistik und Versicherungslehre der Universität Bern für ihre Unterstützung bei der statistischen Auswertung. Die Autoren geben bezogen auf diese Studie keine Interessenkonflikte an.

## Literatur

1. Buser D, von Arx T. Surgical procedures in partially edentulous patients with ITI implants. *Clin Oral Implants Res* 2000; 11(suppl 1):83–100.
2. Grant BT, Pancko FX, Kraut RA. Outcomes of placing short dental implants in the posterior mandible: A retrospective study of 124 cases. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67:713–717.
3. Nunes LS, Bornstein MM, Sendi P, Buser D. Anatomical characteristics and dimensions of edentulous sites in the posterior maxillae of patients referred for implant therapy. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2013;33:337–345.
4. Mazor Z, Lorean A, Mijiritsky E, Levin L. Nasal floor elevation combined with dental implant placement. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012;14:768–771.
5. Harris D, Horner K, Grondahl K, et al. E.A.O. guidelines for the use of diagnostic imaging in implant dentistry 2011. A consensus workshop organized by the European Association for Osseointegration at the Medical University of Warsaw. *Clin Oral Implants Res* 2012;23: 1243–1253.
6. Ziegler CM, Woertche R, Brief J, Hassfeld S. Clinical indications for digital volume tomography in oral and maxillofacial surgery. *Dentomaxillofac Radiol* 2002;31: 126–130.
7. Guerrero ME, Jacobs R, Loubel M, Schutyser F, Suetens P, van Steenberghe D. State-of-the-art on cone beam CT imaging for preoperative planning of implant placement. *Clin Oral Investig* 2006; 10:1–7.
8. Kan JY, Roe P, Rungcharassaeng K, et al. Classification of sagittal root position in relation to the anterior maxillary osseous housing for immediate implant placement: A cone beam computed tomography study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2011;26:873–876.
9. Nackaerts O, Maes F, Yan H, Couto Souza P, Pauwels R, Jacobs R. Analysis of intensity variability in multislice and cone beam computed tomography. *Clin Oral Implants Res* 2011;22:873–879.
10. Pauwels R, Nackaerts O, Bellaiche N, et al. Variability of dental cone beam CT grey values for density estimations. *Br J Radiol* 2013;86:20120135.
11. Quirynen M, Mraiwa N, Van Steenberghe D, Jacobs R. Morphology and dimensions of the mandibular jaw bone in the interforaminal region in patients requiring implants in the distal areas. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:280–285.
12. Hirsch E, Wolf U, Heinicke F, Silva MA. Densitometry of the cone beam computed tomography Veraviewepocs 3D compared with the 3D Accuitomo in different fields of view. *Dentomaxillofac Radiol* 2008; 37:268–273.
13. Braut V, Bornstein MM, Lauber R, Buser D. Bone dimensions in the posterior mandible: A retrospective radiographic study using cone beam computed tomography. Part 1—Analysis of dentate sites. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2012; 32:175–184.
14. Brunner E, Domhof S, Langer F. *Nonparametric Analysis of Longitudinal Data in Factorial Experiments*. New York: Wiley, 2002.
15. Bornstein MM, Halbritter S, Harnisch H, Weber HP, Buser D. A retrospective analysis of patients referred for implant placement to a specialty clinic: Indications, surgical procedures, and early failures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008;23: 1109–1116.
16. Watanabe H, Mohammad Abdul M, Kurabayashi T, Aoki H. Mandible size and morphology determined with CT on a premise of dental implant operation. *Surg Radiol Anat* 2010;32:343–349.

17. Lindh C, Petersson A, Klinge B. Measurements of distances related to the mandibular canal in radiographs. *Clin Oral Implants Res* 1995;6:96–103.
18. Bolin A, Eliasson S, von Beetzen M, Jansson L. Radiographic evaluation of mandibular posterior implant sites: Correlation between panoramic and tomographic determinations. *Clin Oral Implants Res* 1996;7:354–359.
19. Tepper G, Hofschneider UB, Gahleitner A, Ulm C. Computed tomographic diagnosis and localization of bone canals in the mandibular interforaminal region for prevention of bleeding complications during implant surgery. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:68–72.
20. Kamburoglu K, Kilic C, Ozen T, Yuksel SP. Measurements of mandibular canal region obtained by cone-beam computed tomography: A cadaveric study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;107:e34–42.
21. Swasty D, Lee JS, Huang JC, Maki K, Gansky SA, Hatcher D, et al. Anthropometric analysis of the human mandibular cortical bone as assessed by cone-beam computed tomography. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67:491–500.
22. Katranji A, Misch K, Wang HL. Cortical bone thickness in dentate and edentulous human cadavers. *J Periodontol* 2007;78:874–878.
23. Kalender A, Orhan K, Aksoy U. Evaluation of the mental foramen and accessory mental foramen in Turkish patients using cone-beam computed tomography images reconstructed from a volumetric rendering program. *Clin Anat* 2012;25:584–592.
24. von Arx T, Friedli M, Sendi P, Lozanoff S, Bornstein MM. Location and dimensions of the mental foramen: A radiographic analysis by using cone-beam computed tomography. *J Endod* 2013;39:1522–1528.
25. Jacobs R, Quirynen M, Bornstein MM. Neurovascular disturbances after implant surgery. *Periodontol* 2000 (in press).
26. Renton T, Dawood A, Shah A, Searson L, Yilmaz Z. Post-implant neuropathy of the trigeminal nerve. A case series. *Br Dent J* 2012;212:E17.
27. Renton T, Yilmaz Z. Profiling of patients presenting with posttraumatic neuropathy of the trigeminal nerve. *J Orofac Pain* 2011;25:333–344.
28. Chan HL, Benavides E, Yeh CY, Fu JH, Rudek IE, Wang HL. Risk assessment of lingual plate perforation in posterior mandibular region: A virtual implant placement study using cone beam computed tomography. *J Periodontol* 2011;82:129–135.
29. Renouard F, Nisand D. Impact of implant length and diameter on survival rates. *Clin Oral Implants Res* 2006;17(suppl 2):35–51.
30. Srinivasan M, Vazquez L, Rieder P, Moraguez O, Bernard JP, Belser UC. Efficacy and predictability of short dental implants (<8 mm): A critical appraisal of the recent literature. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012;27:1429–1437.