

# Die Anwendung der modifizierten Schalenteknik für eine zweizeitige horizontale Knochentransplantation und Implantation: Eine Fallserie



Michael Stimmelmayer, PD Dr. med. dent.<sup>1</sup>  
Wolfgang Gernet, Prof. Dr. med. dent., Dr. h.c., PhD<sup>2</sup>  
Daniel Edelhoff, Prof. Dr. med. dent., PhD<sup>2</sup>  
Jan-Frederik Güth, Dr. med. dent.<sup>3</sup>  
Arndt Happe, PD Dr. med. dent.<sup>4</sup>  
Florian Beuer, Prof. Dr. med. dent., PhD<sup>2</sup>

*In der vorliegenden Fallserie wurde die Stabilität und Resorptionsrate von Transplantaten nach horizontaler Alveolarkammaugmentation untersucht, die mittels modifizierter Schalenteknik durchgeführt wurde. Dazu wurden die autogenen Knochenschalen mit einer Dicke von ca. 1 mm mit Titan-Mikroschrauben befestigt und der Spalt zwischen den Schalen und dem Alveolarkamm mit autogenen Knochenspänen aufgefüllt. Bei 22 Patienten wurden 30 Eingriffe durchgeführt, um insgesamt 50 Defekte zu augmentieren. Nach einer Einheilungszeit von 5,5 (± 10) Monaten wurden 42 Implantate gesetzt. Die mittlere Alveolarkammbreite betrug präoperativ 2,7 mm (± 0,9 mm), nach dem Knochenaufbau 6,7 mm (± 0,8 mm) und vor der Implantation 5,9 mm (± 0,7 mm). Die mittlere Resorption lag bei 0,8 mm (± 0,5 mm) ( $p < 0,001$ ). Damit zeigte diese Technik vielversprechende Ergebnisse. Aufgrund der leichten Resorption sollte der Alveolarkamm jedoch überkonturiert werden. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2014; 34: 261–268)*

<sup>1</sup> Gastzahnarzt, Poliklinik für zahnärztliche Prothetik, Universität München, München, Deutschland, Privatpraxis, Cham, Deutschland.

<sup>2</sup> Ordentlicher Professor, Poliklinik für zahnärztliche Prothetik, Universität München, München, Deutschland.

<sup>3</sup> Wissenschaftlicher Assistent, Poliklinik für zahnärztliche Prothetik, Universität München, München, Deutschland.

<sup>4</sup> Gastzahnarzt, Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie und Interdisziplinäre Klinik für Orale Chirurgie und Implantologie, Universität zu Köln, Köln, Deutschland.

Korrespondenz an: Priv. Doz. Dr. Michael Stimmelmayer, Josef-Heilingbrunnerstr. 2, 93413 Cham, Deutschland. Fax: +49 9971 843588, E-Mail: praxis@m-stimmelmayer.de

©2014 by Quintessence Publishing Co Inc.

Gegen Ende der 1980er-Jahre galt ein zu schmaler Alveolarkamm noch als Kontraindikation für eine Implantation<sup>1</sup>. Seit dem Beginn der 1990er-Jahre konnte das Indikationsspektrum für dentale Implantate aufgrund der gesteuerten Knochenregeneration deutlich erweitert werden<sup>2,3</sup>. Zunächst wurden Stellschrauben und Membranen verwendet, um Platz für die Regeneration zu schaffen<sup>4</sup>. Später erbrachten Knochenersatzmaterialien und Knochentransplantate bessere klinische Ergebnisse<sup>5</sup>.

Kleine horizontale Defekte lassen sich mit diesen Verfahren vorhersagbar rekonstruieren<sup>6</sup>. Allerdings sinkt die Vorhersagbarkeit des Verfahrens mit zunehmender Defektgröße<sup>7–9</sup>. Ab einer kritischen Größe können Knochendefekte nicht mehr mit Knochenersatzmaterialien rekonstruiert werden<sup>10</sup>. Stattdessen sollten sie mit autologen Knochentransplantaten versorgt werden<sup>11–13</sup>, wobei oftmals bei der Implantatsetzung eine Nachaugmentation erforderlich ist<sup>12,14</sup>.

Früher wurden die autologen Knochentransplantate für größere horizontale und vertikale Defekte aus dem Beckenkamm entnommen. Aufgrund der stärkeren Resorption und höheren Morbidität der Spenderstelle werden heute intraorale Entnahmestellen bevorzugt, z. B. die Kinn- oder die Retromolarregion<sup>15,16</sup>. Pikos beschrieb eine Inlay-Osteoplastik, bei der kortikale Blocktransplantate

in den Alveolarkamm eingepasst werden<sup>17</sup>. Allerdings dauert es lange, bis kortikale Blocktransplantate aus dem Unterkiefer revaskularisiert und umgebaut werden und oft treten noch Jahre später Sequesterbildungen auf<sup>18</sup>. Khoury und Khoury beschrieben eine Schalenteknik zum dreidimensionalen Knochenaufbau<sup>18,19</sup>. Dabei wird der Alveolarkamm mit dünnen Kortikalisschalen rekonstruiert, sodass Raum für autogene Knochenspäne geschaffen wird. Die ausgedünnten Kortikalisschalen dienen als natürliche Barrieremembran zum Raumerhalt und verhindern das Einwachsen von Weichgewebe. Die ursprünglich beschriebene Entnahme dieser Knochenschalen und ihre extraorale Bearbeitung mit einem Diamantrad ist sehr techniksensitiv<sup>18,19</sup>. Deshalb wurde das Verfahren vereinfacht, indem die kortikospongiösen Knochentransplantate mit einer Knochenmühle ausgedünnt und somit zu Knochenschalen umgearbeitet wurden<sup>20</sup>.

Diese Technik wurde auch in der hier vorliegenden Studie verwendet. Folgende Arbeitshypothese wurde aufgestellt: Der horizontale Knochenaufbau des Alveolarkamms mithilfe der modifizierten Schalenteknik und mit autogenem Knochen führt nach der Heilung zu einem vorhersagbaren Ergebnis. Die Resorption ist moderat und es wird ein ausreichendes Knochenvolumen für eine prothetisch korrekte Implantation geschaffen.

## Material und Methode

Nach OP-Aufklärung und den Vorgaben der Deklaration von Helsinki gaben alle Patienten schriftlich die Einwilligung für die operativen Eingriffe.

In die Studie wurden Patienten einbezogen, die in der Praxis des Autors aufgrund eines Zahnverlusts vorstellig wurden und eine Rehabilitation mit einer implantatgetragenen Krone

oder festsitzenden Restauration eines teilbezahnten Kiefers wünschten. Aufgrund der horizontalen Alveolarkammresorption an der geplanten Implantatposition mussten der Knochenaufbau und die Implantation zweizeitig durchgeführt werden. Die prothetisch korrekte Implantatposition wurde mit einem Wax-up ermittelt und in eine Operationsschablone übertragen. Die exakte Implantatposition wurde vor der Augmentierung mit röntgendichten Titanhülsen (CT-Tube, Camlog) in den Positionierungsschablonen definiert. Nach der Planung der Implantation wurde mithilfe einer Panoramaröntgenaufnahme (Gendex OrthOralix 9200) und durch Knochen-Mapping anhand des Planungsmodells das Knochenangebot ermittelt. Ein zweizeitiges Vorgehen wurde beschlossen, wenn die Implantatposition außerhalb der Kontur des Alveolarkamms zu liegen kam oder eine Primärstabilität ausgeschlossen war.

Um Entzündungen und Schwelungen vorzubeugen, erhielten alle Patienten eine Stunde vor dem Eingriff zur Knochenaugmentation Antibiotika (Amoxicillin 3 x 1000 mg/d oder Clindamycin 3 x 300 mg/d), Ibuprofen 400 mg und Prednisolon 50 mg (Decortin, Merck-Pharma). Die Ibuprofeneinnahme wurde für drei Tage, die Antibiotikaeinnahme für sechs Tage fortgeführt. Unmittelbar präoperativ spülten die Patienten den Mund für 3 min mit 0,2 % Chlorhexidin.

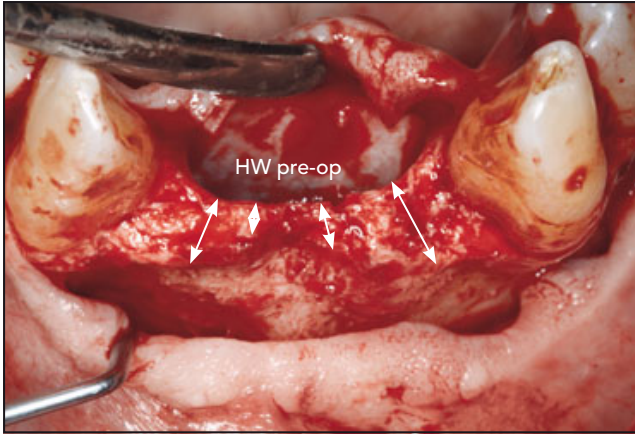
Der nach palatinal verlagerten krestalen Inzision im Oberkiefer oder der zentral krestalen Inzision im Unterkiefer folgten sulkuläre Inzisionen entlang der Nachbarzähne und nur ein distaler Entlastungsschnitt. Nach Mobilisierung eines Vollschichtlappens wurde das gesamte Binde- und Granulationsgewebe mit einer Kürette vom Alveolarkamm entfernt (Abb. 1). Zu Beginn der Operation wurde das Periost an der Lappenbasis gesplit-

tet, um später einen spannungsfreien Wundverschluss zu ermöglichen und eine Blutung beim Einbringen des Knochentransplantats oder der Membran möglichst zu vermeiden.

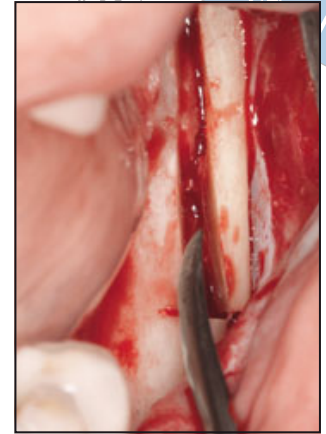
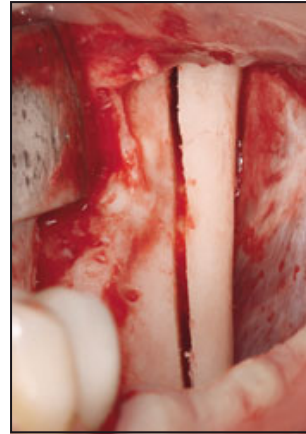
Intraoperativ wurde die Alveolarkambbreite mit einer Schieblehre (Züricher Modell, Seitz & Haag) und mithilfe der Positionierungsschablone im Zentrum der geplanten Implantatposition gemessen. Der Knochendefekt wurde mit einer Parodontalsonde (PCPNC North Carolina, Stoma) vermessen und abhängig davon die Größe der Knochenschalen festgelegt.

Mit einem Ultraschallmesser (Piezosurgery, Mectron) wurde aus der Linea obliqua der Retromolarregion ein kortikospongiöses Knochenblocktransplantat mit einer Dicke von etwa 3 mm entnommen (Abb. 2 bis 4). Zwar dauert die Entnahme mit einem Ultraschallgerät länger als mit einem Fissurenbohrer oder einer Diamantscheibe, diese Technik ist aber sehr sicher und atraumatischer.

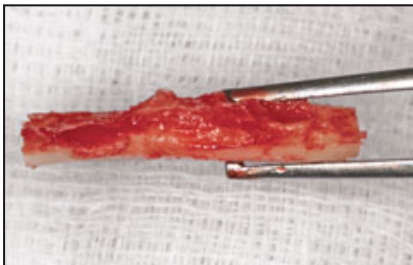
Die Entnahmestelle wurde mit einem Kollagenschwamm (Resorba) aufgefüllt und mit Einzelknopfnähten verschlossen (Supramid 5-0, Stoma). Der Knochenblock wurde mit einer Knochenmühle (Bull Bone Mill, Mondeal) auf eine Dicke von etwa 1 mm reduziert (Abb. 5 und 6). Der Vorteil der Knochenausdünnung mit einer Knochenmühle gegenüber einem Knochenschaber besteht in der gleichmäßigen Ausdünnung des Knochenblocks, die den Knochenschalen eine glatte konkave Oberfläche verleiht. Diese Knochenschalen wurden mit einem Rosenbohrer getrimmt und mit Titan-Mikroschrauben (Q-Bone-Grafting Set, Triron) am ortständigen Alveolarkamm verankert (Abb. 7 und 10). Der Spalt zwischen den Knochenschalen und dem Alveolarknochen wurde mit Knochenspänen aufgefüllt, die beim Ausdünnen des Blocktransplantats angefallen waren. Außerdem wurde dem Transplantat Blut beigemischt, das zuvor



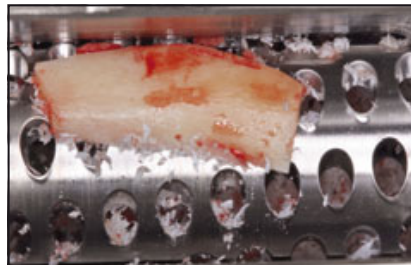
**Abb. 1** Starker horizontaler Knochendefekt. (HW pre-op. = horizontale Alveolarkambbreite vor der horizontalen Augmentation).



**Abb. 2 und 3** Entnahme des Knochenblocks aus der Retromolarregion mit einem Ultraschallinstrument.



**Abb. 4** Knochenblock mit einer Dicke von ca. 3 mm aus der Retromolarregion.



**Abb. 5** Knochenblock in der Knochenmühle.



**Abb. 6** Knochenblock mit einer Dicke von ca. 1 mm nach dem Ausdünnen.

aus einer Armvene des Patienten entnommen worden war (Abb. 8 und 11). Unmittelbar nach der Augmentation wurde die Alveolarkambbreite in der Mitte der geplanten Implantatposition erneut mit einer Schieblehre gemessen und dokumentiert.

Das Knochenransplantat wurde mit einer resorbierbaren Kollagenmembran (Bio-Gide, Geistlich) abgedeckt und die Wunde mit einer Kombination aus tiefen horizontalen Matratzennähten (Gore-Tex 6-0, WL Gore) und Einzelknopfnähten (Trofilene 6-0, Stoma) verschlossen.

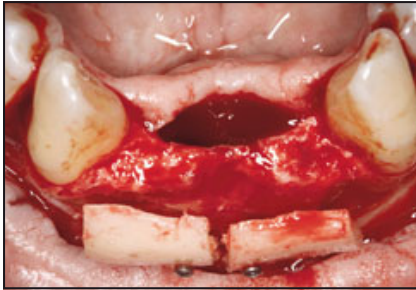
Nach 10 Tagen wurden die Einzelknopfnähte der retromolaren Spenderstelle und im augmentierten Be-

reich, nach 14 Tagen die Matratzennaht entfernt. Besonders wichtig war, dass das Transplantat während der Einheilungszeit nicht durch herausnehmbare Prothesen druckbelastet wurde.

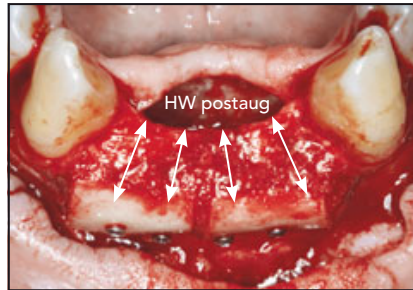
Nach einer mittleren Einheilungszeit von 5,5 ( $\pm$  1,0) Monaten wurden die Implantate gesetzt. Auch bei diesem Eingriff erhielten die Patienten eine Stunde vorher Antibiotika (Amoxicillin 3 x 1000 mg/d oder Clindamycin 3 x 300 mg/d) und Ibuprofen 400 mg, um die Schwellung und die Entzündungsreaktion zu reduzieren. Postoperativ nahmen die Patienten Ibuprofen für weitere drei und Antibiotika für weitere sechs Tage ein.

Unmittelbar präoperativ spülten die Patienten den Mund für 3 min mit 0,2 % Chlorhexidin.

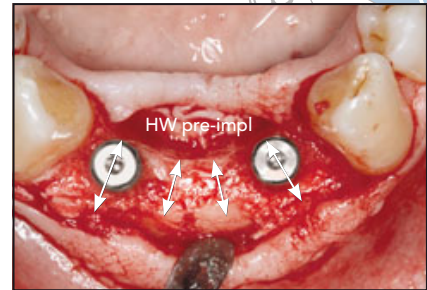
Der palatinal verlagerten krestalen Inzision im Oberkiefer oder der zentral krestalen Inzision im Unterkiefer folgten Sulkusinzisionen an den Nachbarzähnen ohne Entlastungsschnitt. Durch die okklusale Mobilisierung von oralen und bukkalen Vollschichtlappen wurde der Defektbereich dargestellt, anschließend wurde bukkal ein Spaltlappen präpariert, um eine Denudierung des transplantierten Knochens zu vermeiden. Die Mikroschrauben wurden mithilfe von periostalen Stichinzisionen entfernt. Danach wurde die Alveolarkamm-



**Abb. 7** Die Knochenschalen sind mit Titan-Mikroschrauben bukkal am Alveolarkamm befestigt.



**Abb. 8** Auffüllen des Knochendefekts zwischen den Schalen und dem Alveolarkamm mit einer Mischung aus autogenen Knochenchips und Blut (HW postaug. = horizontale Alveolarkambbreite unmittelbar nach der horizontalen Augmentation).



**Abb. 9** Freilegung und Implantation 5 Monate nach der Augmentation. Das Transplantat ist gut integriert und der Alveolarkamm rekonstruiert. (HW pre-impl. = horizontale Alveolarkambbreite unmittelbar vor der Implantation).

breite ein weiteres Mal mit einer Schieblehre in der Mitte der geplanten Implantatposition vermessen. Die Implantate (Screwline Promote Plus, Camlog) wurden mithilfe einer Positionierungsschablone gesetzt (Abb. 9 und 12). Außerdem wurden teilweise zur vertikalen Weichgewebsaugmentation bukkal und okklusal Bindegewebestransplantate aus dem harten Gaumen eingebracht. Die Wunde wurde mit einer Kombination aus tiefen horizontalen Matratzen- und Einzelknopfnähten (Trofilene 6-0, Stoma) verschlossen. Die Fäden der Einzelknopfnähte wurden acht Tage postoperativ, die der Matratzennähte 14 Tage postoperativ entfernt.

Auch hier wurde darauf geachtet, dass die Weichgewebe während der Einheilung des Implantats nicht durch herausnehmbare Prothesen druckbelastet wurden.

Die Implantate im Unterkiefer wurden nach einer mittleren Einheilungszeit von 3,1 ( $\pm$  0,3) Monaten, die Implantate im Oberkiefer nach 5,2 ( $\pm$  0,9) Monaten freigelegt.

In dieser Studie wurden die Heilung von Weichgewebs- und Knochentransplantaten sowie die Stabilität und Resorption der Knochentransplantate betrachtet. Dazu wurde die Alveolarkambbreite vor, unmittelbar nach der Augmentation sowie nach der Konsolidierung der Knochentransplantate vermessen und ausgewertet.

Die Daten wurden zur Analyse in ein Statistikprogramm importiert (SPSS, IBM). Zur Überprüfung der Normalverteilung wurde der Kolmogorov-Smirnov-Test angewandt. Der Vergleich der Knochenresorption nach der Heilung erfolgte mit dem Student-t-Test und der Vergleich des Knochenzuwachses mit dem Einstichproben-t-Test.

## Ergebnisse

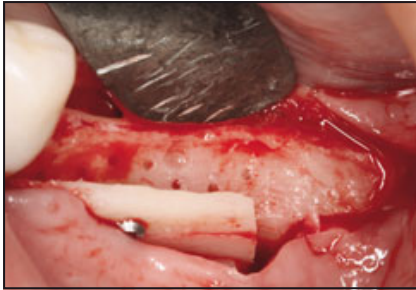
Zwischen März 2009 und April 2011 wurden bei 22 Patienten (11 Frauen, 11 Männer) im Rahmen einer zweizeitigen transversalen Alveolarkamm-

augmentation mit modifizierter Schalenteknik insgesamt 42 Implantate gesetzt. Das mittlere Alter der Frauen betrug 51,7 ( $\pm$  15,8) Jahre, das der Männer 43,5 ( $\pm$  13,4) Jahre. In 30 Fällen wurden zweizeitig 50 Regionen augmentiert. Augmentierte Regionen, die nicht für eine Implantation vorgesehen waren, waren Brückenbereiche, die zwischen Implantaten zu liegen kamen.

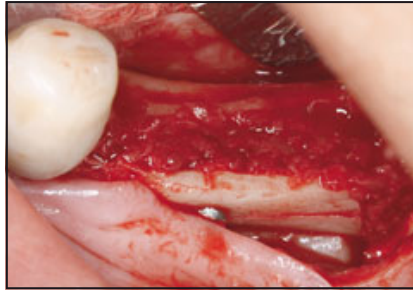
In einem Fall bildete sich während der Knochenheilung eine Wunddehiszenz. Die Resorption des Transplantats betrug 44 %. Wegen der deutlichen Überkonturierung des Alveolarkamms konnte das Implantat aber trotzdem wie geplant gesetzt werden.

Die mittlere Alveolarkambbreite betrug präoperativ 2,7 mm ( $\pm$  0,9 mm), erreichte nach der Knochentransplantation 6,7 mm ( $\pm$  0,8 mm) und ging bis zur Implantation auf 5,9 mm ( $\pm$  0,7 mm) zurück. Damit war der Alveolarkamm bei der Implantation im Mittel 3,3 mm ( $\pm$  0,9 mm) breiter als präoperativ,

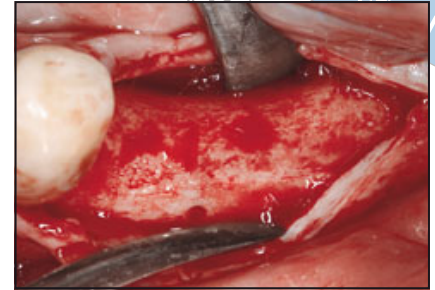




**Abb. 10** Starker horizontaler Knochendefekt. Die Knochenschale ist mit Titan-Mikroschrauben bukkal am Alveolarkamm befestigt.



**Abb. 11** Auffüllen des Knochendefekts zwischen der Schale und dem Alveolarkamm mit einer Mischung aus autogenen Knochenspänen und Blut.



**Abb. 12** Freilegung 5 Monate nach der Augmentation. Das Transplantat ist gut integriert und der Alveolarkamm rekonstruiert.

was einer horizontalen Verbreiterung um das 2,5-Fache ( $\pm 10,0$  mm) entspricht ( $p < 0,001$ ; Einstichproben-t-Test).

Die Resorption des Knochen-  
transplantats erreichte bis zur Implantation (Konsolidierung des Knochen-  
transplantats)  $0,8$  mm ( $\pm 0,5$  mm) ( $p < 0,001$ ; Zweistichproben-t-Test). Dies entspricht einer Resorptionsrate von  $19\%$  ( $\pm 13\%$ ). Alle Daten waren normal verteilt (Kolmogorov-Smirnov-Test).

Nach einer mittleren Einheilungszeit von  $5,5$  ( $\pm 10$ ) Monaten konnten alle 42 geplanten Implantate in die zuvor festgelegten Positionen gesetzt werden. Während der Einheilungszeit kam es bei keinem der Implantate zu einem Misserfolg.

Die einzelnen Fälle, Augmentationsdefekte, die Alveolarkambbreite vor sowie direkt nach der Transplantation und vor der Implantation, Knochenzuwachs und -resorption sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

## Diskussion

Der horizontale Knochenaufbau mit der hier beschriebenen Technik ermöglichte eine vorhersagbare Rekonstruktion des knöchernen Alveolarkamms. Da alle Implantate in die zuvor festgelegten Positionen gesetzt werden konnten, konnte die Arbeitshypothese bestätigt werden.

Seit der Einführung der gesteuerten Knochenregeneration (GBR) in den 1990er-Jahren<sup>2,3</sup> wurden viele Verfahren für die horizontale Alveolarkammaugmentation beschrieben. Auch heute sind noch viele Fragen offen und dieses Thema wird kontrovers diskutiert. Sind Knochenersatzmaterialien genauso gut oder sogar besser als autologer Knochen? Setzt eine erfolgreiche Knochen-  
transplantation die Verwendung einer Membran voraus? Falls ja, sind resorbierbare Membranen genauso gut wie nicht resorbierbare Membranen? Sind Distractionsosteotomien effektiver als Osteoplastiken mit Transplantaten<sup>6,9,21</sup>?

Um eine freiliegende mikrostrukturierte Implantatschulter zu vermeiden, was als ästhetischer und funktioneller Misserfolg der implantatgetragenen Rekonstruktion anzusehen wäre und das Risiko für eine Periimplantitis erhöhen würde<sup>22</sup>, sollte transversal um das Implantat eine stabile Knochenschicht von  $2$  mm erreicht werden<sup>23</sup>. Ein GBR-Verfahren mit Knochenersatzmaterialien zur horizontalen Augmentation sollte mit nicht resorbierbaren Membranen aus expandiertem Polytetrafluorethylen kombiniert werden. Da diese Membranen jedoch mit einem höheren Dehiszenz- und Infektionsrisiko einhergehen im Vergleich zu resorbierbaren Kollagenmembranen<sup>24</sup>, sollte bei einer präoperativen Alveolarkambbreite  $< 3,5$  mm ein autogenes Knochenblocktransplantat ohne Membran verwendet werden<sup>25</sup>. Das Abdecken derartiger Knochenblöcke mit nicht resorbierbaren Membranen reduzierte die Transplantatresorption<sup>26</sup>. Ohne Barrieremembranen wurden bei autogenen Knochen-  
trans-

**Tabelle 1 Messwerte der augmentierten Defekte, der Transplantatresorption und der Breitenzunahme des Alveolarkamms**

Patient Nr.	Region*	Präoperative HW (mm)	HW nach der Augmentation (mm)	HW vor der Implantation (mm)	Resorption (mm)	Resorption (%)	Zunahme (mm)	Zunahme (%)
1	9	3,5	7,5	6,5	1,0	25	3,0	186
2	19	2,0	6,0	5,5	0,5	13	3,5	275
	21	2,5	5,5	5,0	0,5	17	2,5	200
	29	2,0	5,5	5,0	0,5	14	3,0	250
	31	2,5	6,0	5,5	0,5	14	3,0	220
3	19	3,0	7,0	6,5	0,5	13	3,5	217
	20	2,0	7,0	6,0	1,0	2	4,0	300
	30	3,5	7,0	6,5	0,5	14	3,0	186
4	23	4,5	8,0	6,0	2,0	57	1,5	133
	24	2,5	7,0	5,5	1,5	33	3,0	220
	26	1,0	7,0	5,5	1,5	25	4,5	550
	26	4,0	8,0	6,0	2,0	50	2,0	150
5	8	1,5	7,5	7	0,5	8	5,5	467
6	19	4,0	7,5	7,0	0,5	14	3,0	175
7	7	2,5	6,0	5,5	0,5	14	3,0	220
	8	1,0	7,5	6,0	1,5	23	5,0	600
	9	2,0	7,0	6,0	1,0	20	4,0	300
8	8	3,5	8,0	6,0	2,0	44	2,5	171
9	18	3,5	8,0	6,5	1,5	33	3,0	186
	17	3,0	7,0	6,5	0,5	13	3,5	217
	16	3,0	6,5	6,0	0,5	14	3,0	200
10	7	2,0	6,0	4,0	2,0	50	2,0	200
11	20	4,5	6,5	6,0	0,5	25	1,5	133
	19	3,0	7,0	6,0	1,0	25	3,0	200
12	8	4,5	8,5	8,0	0,5	13	3,5	178
13	8	3,5	8,0	7,5	0,5	11	4,0	214
14	19	2,5	7,5	6,5	1,0	20	4,0	260
	20	3,0	6,5	6,0	0,5	14	3,0	200
	21	3,5	5,5	5,0	0,5	25	1,5	143
	28	3,5	6,0	5,0	1,0	40	1,5	143
	29	3,0	6,5	5,5	1,0	29	2,5	183
	30	3,0	7,0	6,5	0,5	13	3,5	217
15	29	2,0	6,0	5,5	0,5	13	3,5	275
	30	2,0	6,5	6,0	0,5	11	4,0	300
16	9	3,0	7,0	6,5	0,5	13	3,5	217
17	9	3,0	7,5	6,5	1,0	22	3,5	217
18	13	3,5	7,0	6,0	1,0	29	2,5	171
	14	2,5	6,5	6,5	0,0	0	4,0	260
19	19	1,5	6,5	6,5	0,0	0	5,0	433
	20	2,0	6,5	6,5	0,0	0	4,5	325
20	6	2,5	6,5	6,0	0,5	13	3,5	240
	8	2,5	6,0	6,0	0,0	0	3,5	240
	11	2,5	7,5	7,0	0,5	10	4,5	280
21	6	1,5	6,0	5,5	0,5	11	4,0	367
	7	2,0	6,0	5,0	1,0	25	3,0	250
	10	2,0	5,5	5,0	0,5	14	3,0	250
22	23	3,5	6,5	6,0	0,5	17	2,5	171
	24	1,5	5,5	4,5	1,0	25	3,0	300
	25	1,5	5,0	4,5	0,5	14	3,0	300
	26	2,5	6,0	6,0	0,0	0	3,5	240
Mittelwert ± SA		2,7 ± 0,9	6,7 ± 0,8	5,9 ± 0,7	0,8 ± 0,5	19 ± 13	3,3 ± 0,9	246 ± 97

HW = horizontale Breite des Alveolarkamms, SA = Standardabweichung.

\* Internationales Zahnschema.

plantaten Resorptionsraten von 30 bis 60 % beschrieben<sup>5</sup>. Maiorana et al. zeigten, dass die Resorption von Knochenblöcken bei der Abdeckung mit bovinem Knochenersatzmaterial von 18,3 % auf 9,3 % abnahm<sup>27</sup>. Von Arx und Buser bedeckten Knochenblöcke mit organischem bovinem Knochenmineral und einer resorbierbaren Membran und ermittelten bei der Freilegungsoperation eine Transplantatresorption von nur 0,36 mm. Die resorbierbare Membran löste dabei keine Wundinfektion aus<sup>24</sup>. Cordaro et al. beschrieben nach horizontaler Augmentation mit Knochenblocktransplantaten eine Resorption um bis zu 1,2 mm (22 %)<sup>28</sup>. Ihre Daten kommen den Ergebnissen der hier vorgestellten Studie sehr nahe. Im klinischen Alltag zeigten die Knochenblocktransplantate für eine horizontale Augmentation eine Resorption von etwa 1 mm. Deswegen muss entweder das transplantierte Knochengewebe überkonturiert oder das Weichgewebe durch ein Weichgewebstransplantat verdickt werden<sup>29</sup>.

Der größte Vorteil der Schalenteknik gegenüber der Inlay-Osteoplastik mit einem einfachen Knochenblocktransplantat ist die Regeneration von vitalem Knochen<sup>18,19</sup>. Die Schalen mit einer Dicke von etwa 1 mm verhindern das Einwachsen von Weichgewebe und die Resorption der Knochenspäne und geben dem Transplantat seine Form. Die Blutversorgung des Wirtsknochens sichert die Ernährung und das Überleben der Knochenspäne. In allen 42 Fällen blutete das Implantatbett beim Bohren ganz normal als Zeichen für vitale Knochenzellen.

Das oben beschriebene modifizierte Verfahren ist weniger techniksensitiv als die intraorale Entnahme und das extraorale Präparieren der Knochenschalen mit einem Diamantrad, wie es von Khoury et al. und Khoury beschrieben wurde<sup>18,19</sup>. Das Ausdünnen des dicken Knochenblocks mit

einer Knochenmühle ist einfach und gut kontrollierbar<sup>20</sup>. Durch die konvexe Form der Reibe der Knochenmühle erhält die Knochenschale eine leicht konkave Form, die sich dem Alveolarkamm perfekt anpasst. Zusätzlich entstehen beim Ausdünnen des Knochenblocks Knochenspäne, sodass nur eine Entnahmestelle erforderlich ist. Es sind noch weitere klinische Studien erforderlich, um die Vitalität des regenerierten Knochens histologisch zu verifizieren und Informationen über das Langzeitüberleben der gesetzten Implantate zu liefern.

### Schlussfolgerungen

Im Rahmen der vorliegenden Fallserie ermöglichte die modifizierte Schalenteknik einen zuverlässigen horizontalen Aufbau des Alveolarkamms mit vitalem Knochen. Mit diesem Verfahren konnten Alveolarkammdefekte einer kritischen Größe mithilfe von intraoral entnommenem autologem Knochen rekonstruiert werden. Wegen der beobachteten mittleren bukkalen Resorption von 0,8 mm wird jedoch eine Überkonturierung des Transplantats um etwa 1 mm empfohlen.

### Danksagung und Interessenerklärung

Die Autoren danken Dr. Kurt Erdelt für die Durchführung der statistischen Analyse und geben bezogen auf diese Studie keine Interessenkonflikte an.

### Literatur

1. Spiekermann H. Implantology. Color Atlas of Dental Medicine. Stuttgart: Thieme, 1995.

2. Buser D, Bragger U, Lang NP, Nyman S. Regeneration and enlargement of jaw bone using guided tissue regeneration. *Clin Oral Implants Res* 1990;1:22–32.

3. Nyman S, Lang NP, Buser D, Bragger U. Bone regeneration adjacent to titanium dental implants using guided tissue regeneration: A report of two cases. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:9–14.

4. Buser D, Dula K, Belser U, Hirt HP, Berthold H. Localized ridge augmentation using guided bone regeneration. 1. Surgical procedure in the maxilla. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1993;13:29–45.

5. Buser D, Dula K, Belser UC, Hirt HP, Berthold H. Localized ridge augmentation using guided bone regeneration. II. Surgical procedure in the mandible. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1995;15:10–29.

6. Chiapasco M, Zaniboni M, Boisco M. Augmentation procedures for the rehabilitation of deficient edentulous ridges with oral implants. *Clin Oral Implants Res* 2006;17(suppl 2):136–159.

7. Chiapasco M, Casentini P, Zaniboni M. Bone augmentation procedures in implant dentistry. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24(suppl):237–259.

8. Jensen SS, Terheyden H. Bone augmentation procedures in localized defects in the alveolar ridge: Clinical results with different bone grafts and bone-substitute materials. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24(suppl):218–236.

9. Aghaloo TL, Moy PK. Which hard tissue augmentation techniques are the most successful in furnishing bony support for implant placement? *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22:49–70.

10. Block MS, Degen M. Horizontal ridge augmentation using human mineralized particulate bone: Preliminary results. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62:67–72.

11. Moghadam HG. Vertical and horizontal bone augmentation with the intraoral autogenous J-graft. *Implant Dent* 2009;18:230–238.

12. Merli M, Migani M, Esposito M. Vertical ridge augmentation with autogenous bone grafts: Resorbable barriers supported by osteosynthesis plates versus titanium-reinforced barriers. A preliminary report of a blinded, randomized controlled clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22:373–382.

13. Rocuzzo M, Ramieri G, Bunino M, Berone S. Autogenous bone graft alone or associated with titanium mesh for vertical alveolar ridge augmentation: A controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2007;18:286–294.
14. Block MS, Baughman DG. Reconstruction of severe anterior maxillary defects using distraction osteogenesis, bone grafts, and implants. *J Oral Maxillofac Surg* 2005;63:291–297.
15. Felice P, Pistilli R, Lizio G, Pellegrino G, Nisii A, Marchetti C. Inlay versus onlay iliac bone grafting in atrophic posterior mandible: A prospective controlled clinical trial for the comparison of two techniques. *Clin Implant Dent Relat Res* 2009;11(suppl 1):e69–e82.
16. van der Meij EH, Blankestijn J, Berns RM, et al. The combined use of two endosteal implants and iliac crest onlay grafts in the severely atrophic mandible by a modified surgical approach. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2005;34:152–157.
17. Pikos MA. Block autografts for localized ridge augmentation: Part II. The posterior mandible. *Implant Dent* 2000;9:67–75.
18. Khoury F, Khoury CH. Mandibular bone block grafts: Instrumentation, harvesting technique and application. *J Par Implant Oral* 2006;25:15–34.
19. Khoury F, Khoury CH. Mandibular bone block grafts: Diagnosis, instrumentation, harvesting techniques and surgical procedures. In: Khoury F, Antoun, H, Missika P (eds). *Bone Augmentation in Oral Implantology*. London: Quintessence, 2007.
20. Stimmelmayer M, Güth JF, Schlee M, Göhring TN, Beuer F. Use of a modified shell technique for three-dimensional bone grafting: Description of a technique. *Aust Dent J* 2012;57:93–97.
21. Esposito MG, Coulthard P, Worthington HV. How effective is bone augmentation in implant treatment. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21:696–710.
22. Schwarz F, Sahn N, Schwarz K, Becker J. Impact of defect configuration on the clinical outcome following surgical regenerative therapy of peri-implantitis. *J Clin Periodontol* 2010;37:449–455.
23. Ishikawa T, Salama M, Funato A, et al. Three-dimensional bone and soft tissue requirements for optimizing esthetic results in compromised cases with multiple implants. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2010;30:503–511.
24. von Arx T, Buser D. Horizontal ridge augmentation using autogenous block grafts and the guided bone regeneration technique with collagen membranes: A clinical study with 42 patients. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:359–366.
25. Chiapasco M, Abati S, Romeo E, Vogel G. Clinical outcome of autogenous bone blocks or guided bone regeneration with e-PTFE membranes for the reconstruction of narrow edentulous ridges. *Clin Oral Implants Res* 1999;10:278–288.
26. Antoun H, Sitbon JM, Martinez H, Missika P. A prospective randomized study comparing two techniques of bone augmentation: Onlay graft alone or associated with a membrane. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:632–639.
27. Maiorana C, Beretta M, Salina S, Santoro F. Reduction of autogenous bone graft resorption by means of bio-oss coverage: A prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:19–25.
28. Cordaro L, Torsello F, Accorsi Ribeiro C, Liberatore M, Mirisola di Torresanto V. Inlay-onlay grafting for three-dimensional reconstruction of the posterior atrophic maxilla with mandibular bone. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2010;39:350–357.
29. Grunder U, Gracis S, Capelli M. Influence of the 3-D bone-to-implant relationship on esthetics. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:113–119.