

# Remodelling des Alveolarfortsatzes

## im anterioren Unterkiefer nach einer Klasse III-Camouflage-Behandlung mit Extraktionen unterer Prämolaren

Von Prof. Dr. Dr. Dirk Wiechmann, Dr. Robert Leven, Dr. Per Rank, Dr. Yann Janssens und Dr. Jonas Q. Schmid. Übersetzung von Dirk Wiechmann.



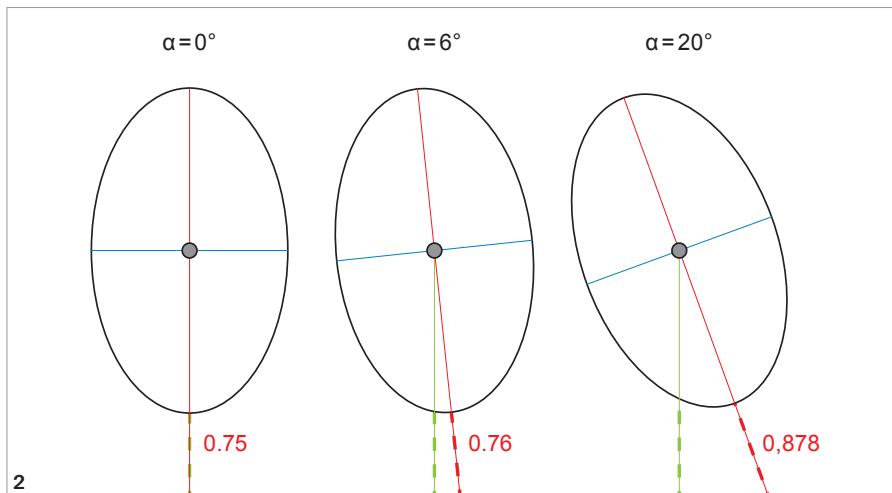
**Abb. 1a+b:** Erwachsener Patient mit Klasse III-Malokklusion (gleicher Patient wie in Abb. 6b). Camouflage-Behandlung mit Extraktionen unterer Prämolaren und guter Torquekontrolle bei der Retraktion.

### Einleitung

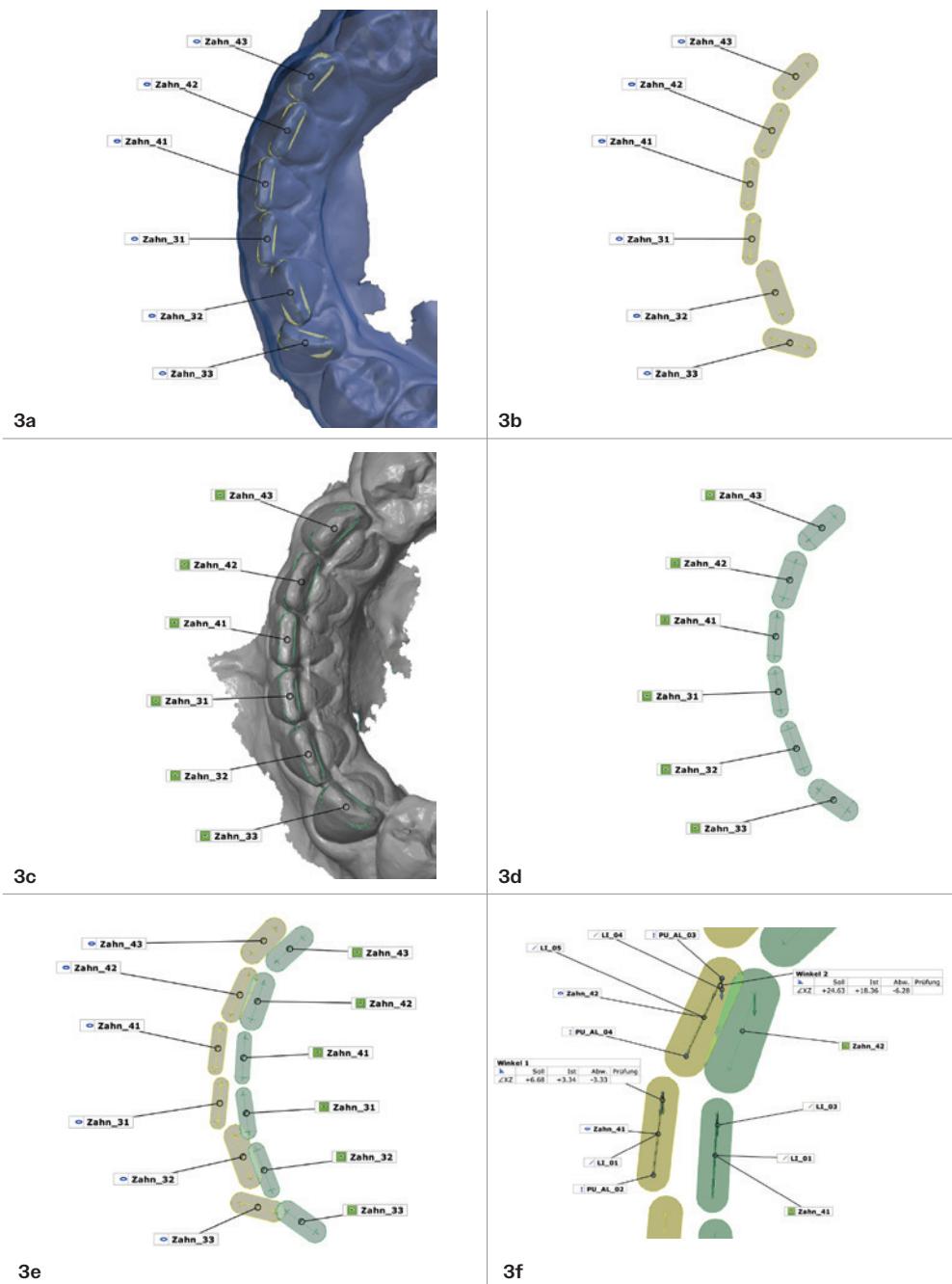
Die dentoalveolare Kompensation einer skelettalen Abweichung ist eines der am häufigsten durchgeführten kieferorthopädischen Therapiekonzepte.<sup>1-9</sup> Bis heute werden die Indikationen und

das klinisch sinnvolle und umsetzbare Ausmaß dieser therapeutischen Variante konträr diskutiert.<sup>10,11</sup> Ein Konsens besteht bei der Einordnung der Leistungsfähigkeit unterschiedlicher kieferorthopädischer Apparaturen, wobei festsitzende Apparaturen den heraus-

nehmbaren Apparaturen bezüglich der präzisen dreidimensional kontrollierten Einstellung der Zähne überlegen sind.<sup>12,13</sup> Neben der Auswahl der eingesetzten Apparatur spielt auch der Ausbildungsstand des Behandlers eine entscheidende Rolle.<sup>14</sup> Kieferorthopädische Mechanotherapie ist ein komplexes Thema, wobei die Qualität der Umsetzung eines anspruchsvollen Therapieplans im Mund des Patienten, wie bei jeder ärztlichen/zahnärztlichen



**Abb. 2:** Die Messung der Dimensionen des Alveolarfortsatzes auf der labialen oder linguale Seite der Wurzel führt zu falschen Ergebnissen, wenn die Zähne initial rotiert stehen, da diese Messungen immer senkrecht zur Labialfläche der Zähne durchgeführt werden. Bei einer Derotation von  $\alpha < 6^\circ$  beträgt der Fehler weniger als 0,01 mm, was für diese Studie akzeptabel erschien (linkes und mittleres Bild). Bei stärkeren Rotationen wären die Ergebnisse irreführend (rechtes Bild).

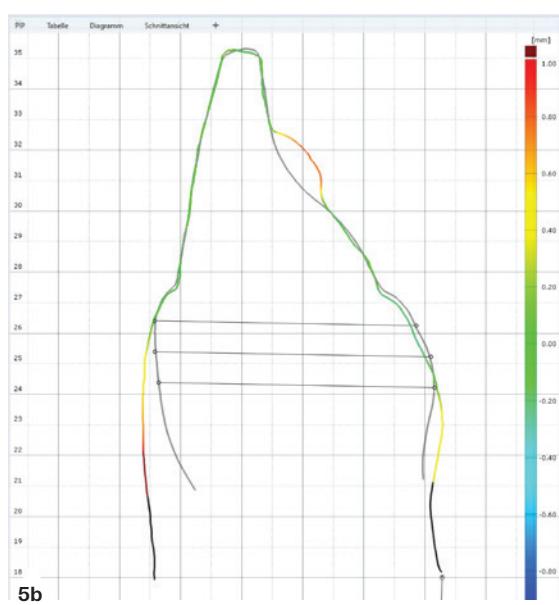
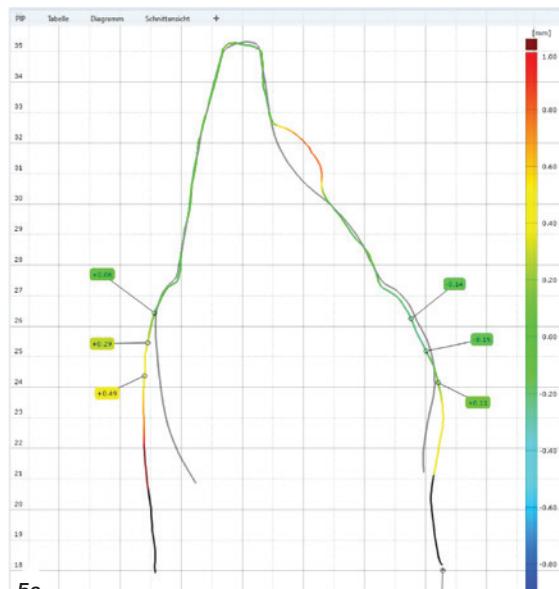
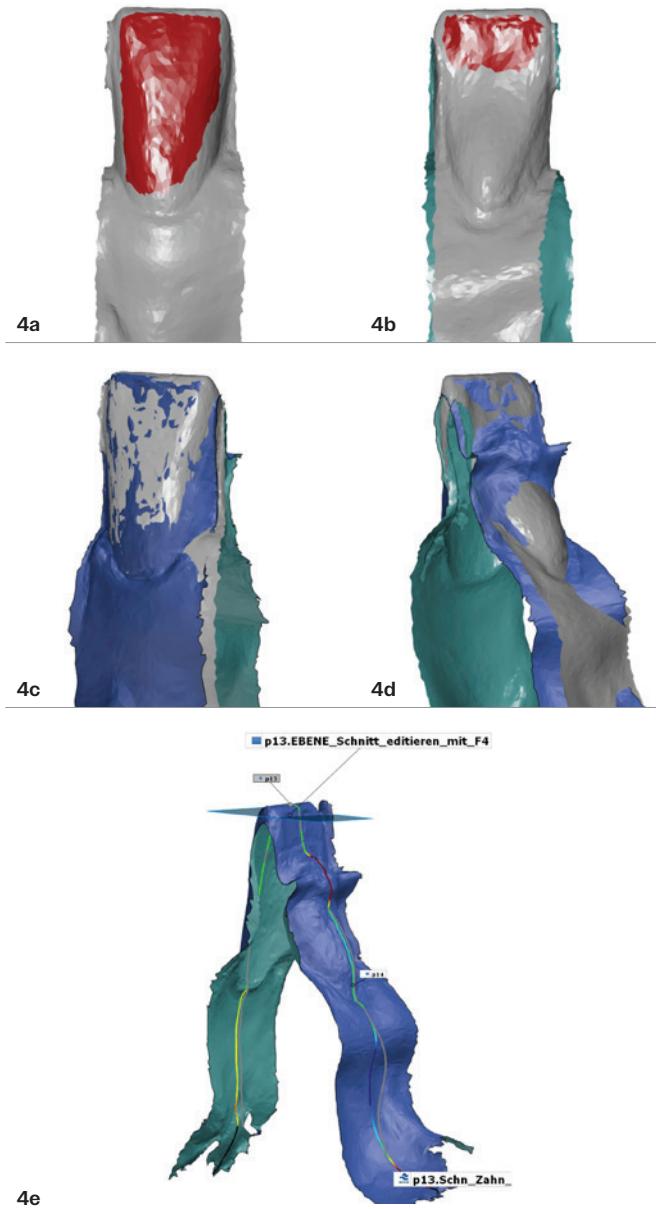


**Abb. 3a-f:** Maßgeschneiderte GOM-Software für Rotationsmessungen. Individuelle Marker an den Schneidezahnkanten des Malokklusionsmodells von Eckzahn zu Eckzahn (a, b). Übertragung der einzelnen Marker auf das endgültige Modell nach dem Debonding (c, d). Messung der Rotationswinkelkorrektur während der Behandlung nach dem Matching des gesamten Zahnbogens (e, f). Zähne, die während der Behandlung 6° oder mehr derotiert wurden, sind exkludiert.

Leistung, in hohem Maße den Ausbildungsstand und die Fähigkeiten des jeweiligen Behandlers widerspiegelt. Dementsprechend wird die auch heute noch kontroverse Diskussion über die Möglichkeiten einer dentoalveolären Kompensation einer skelettalen Abweichung auch von derartigen Voraussetzungen (Art der eingesetzten Apparatur/Fähigkeiten des Behandlers)

moduliert. Als Orientierung für eine Therapieentscheidung haben Proffit und White die Grenzen der dentoalveolären Kompensation bei noch wachsenden und erwachsenen Patienten beim Einsatz festsitzender Apparaturen definiert.<sup>15</sup> Neuere Entwicklungen in der kieferorthopädischen Mechanotherapie wie der Einsatz einer skelettalen Verankerung sowie die Herbst-

Behandlung beim erwachsenen Patienten lassen sogar eine mögliche Vergrößerung der von Proffit und White beschriebenen Envelopes vermuten.<sup>2,4,6-8</sup> Die aktuelle Abkehr von Multibracket-Apparaturen hin zu herausnehmbaren Alignern schränkt das Indikationsspektrum bei gleichem Anspruch an die Qualität des anzustrebenden Behandlungsergebnisses aller-



**Abb. 4a–e:** Methode zur Messung der Veränderung des Alveolarfortsatzes insgesamt und zusätzlich separat auf der labialen und lingualen Seite in drei verschiedenen Ebenen. Definition der Bereiche für das Matching (rot) nach Isolierung jedes einzelnen Zahns zusammen mit seinem Alveolarfortsatzanteil (a, b). Die Schneidezahnkante sollte für das Matching nicht verwendet werden, da sie insbesondere bei Klasse III-Patienten häufig während der Behandlung leicht abrasiert sein kann. Überlagerter zentraler Schneidezahn bei T0 und T1 (c, d). Individueller softwaregestützter (reproduzierbarer) sagittaler Schnitt des Schneidezahns und des ihn umgebenden Alveolarfortsatzes (e). – **Abb. 5a+b:** Messungen der Veränderungen der labialen und lingualen Alveolarfortsatzdicke nach der 3D-Überlagerung (T0 grau/T1 farbig) 1, 2 und 3 mm apikal vom Zahnfleischrand bei T1 (a). Messungen der gesamten labiolingualen Dimension des Alveolarfortsatzes bei T0 (grau) auf denselben Ebenen (b).

dings wesentlich ein, wobei sich konsequenterweise dann die Frage nach dem ethischen/moralischen Hintergrund dieser Therapieentscheid stellt.<sup>16,17</sup>

Einigkeit besteht dabei sicherlich generell in der Medizin/Zahnmedizin darüber, dass kein Patient operiert werden sollte, weil 1) der Behandler eine Präferenz für das eine oder andere Behandlungsgerät hat und die angestrebte Korrektur mit dieser Apparatur nicht möglich ist oder 2) die limitierten mechanotherapeutischen Fähigkeiten des Behandlers eine umfassende Unterstützung seitens des

**Tab. 1:** Baseline Characteristics.

Number of included patients	25
Female/Male	12/13
Evaluated teeth	150
Age at T1 (years) Mean, $\pm$ SD, Min/Max	26.8, $\pm$ 9.7, 16.3/49.5
Time in retention at T1 (years) Mean, $\pm$ SD, Min/Max	3.1, $\pm$ 2.5, 1.0/9.6
Wits at T0 (mm) Mean, $\pm$ SD, Min/Max	6.7, $\pm$ 2.5, -10.8/-2.1
Lower 1 Cr displacement (mm) Mean, $\pm$ SD, Min/Max	3.7, $\pm$ 1.3, 1.4/7.1

Chirurgen erfordern. Umso wichtiger ist deshalb die klare Definition des klinisch Machbaren im Hinblick auf die jeweilige skelettale Abweichung in der sagittalen, transversalen und vertikalen Dimension. Vollständig individuelle linguale Apparaturen (VILA) haben in zahlreichen Studien ihre klinische Leistungsfähigkeit auf diesem Gebiet unter Beweis gestellt.<sup>2-5,7-9,18-23</sup> Dabei wurden häufig auch nach heutigem Kenntnisstand ungewöhnliche Zahnbewegungen beschrieben, die präzise, zuverlässig und effizient im Sinne der Planung umgesetzt werden konnten. Aktuell haben Thiem et al. die weitergehenden Möglichkeiten der dentoalveolären Kompensation mit VILAs bei der Klasse III-Camouflage-Behandlung im Hinblick auf die Inklinationskontrolle der Unterkieferfrontzähne aufgezeigt.<sup>7</sup> Bei der Umsetzung dieses Therapiekonzepts kam es zu einer erheblichen kontrollierten Lingualbewegung aller

Unterkieferfrontzähne und einer ungewöhnlichen Verlagerung im Bereich des Resistenzzentrums der mittleren Schneidezähne von bis zu über 7 mm.<sup>7</sup> Das Ziel der vorliegenden Studie war es, zu überprüfen, ob der Alveolarfortsatz bei derartig umfassenden Korrekturen den Zahnbewegungen folgt oder ob es anstatt einer Zahnbewegung mit dem Alveolarfortsatz zu einer Zahnbewegung durch den Alveolarfortsatz hindurch und letztendlich aus ihm herauskommt.

### Material und Methoden

Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um eine Follow-up-Studie der im Jahr 2024 publizierten Untersuchungen von Thiem et al., die 25 jugendliche oder erwachsene Patienten mit einer beidseitigen oder einseitigen Klasse III-Molarenbeziehung umfasste.<sup>7</sup> Bei allen Patienten wurde

eine Camouflage-Behandlung mit einer oder beidseitiger Extraktion unterer Prämolaren durchgeführt. Alle Patienten wurden zwischen 2015 und 2024 nach einer festsitzenden kieferorthopädischen Behandlung mit einer VILA (WIN, DW Lingual Systems, Bad Essen, Deutschland) in einer kieferorthopädischen Fachpraxis (Bad Essen, Deutschland) konsekutiv entbracketiert. Zwischen 2015 und 2024 haben zwölf verschiedene Kieferorthopäden und Weiterbildungsassistenten in dieser Fachpraxis gearbeitet. Alle Fälle wurden federführend von D.W. betreut. Die Genehmigung für diese retrospektive Kohortenstudie wurde von der Ethikkommission der Medizinischen Hochschule Hannover, Hannover, Deutschland, erteilt (3151–2016). Für die Camouflage der Klasse III wurden die unteren Schneidezähne „en masse“ mit präziser Inklinationskontrolle retrahiert (Abb. 1). Der mittlere

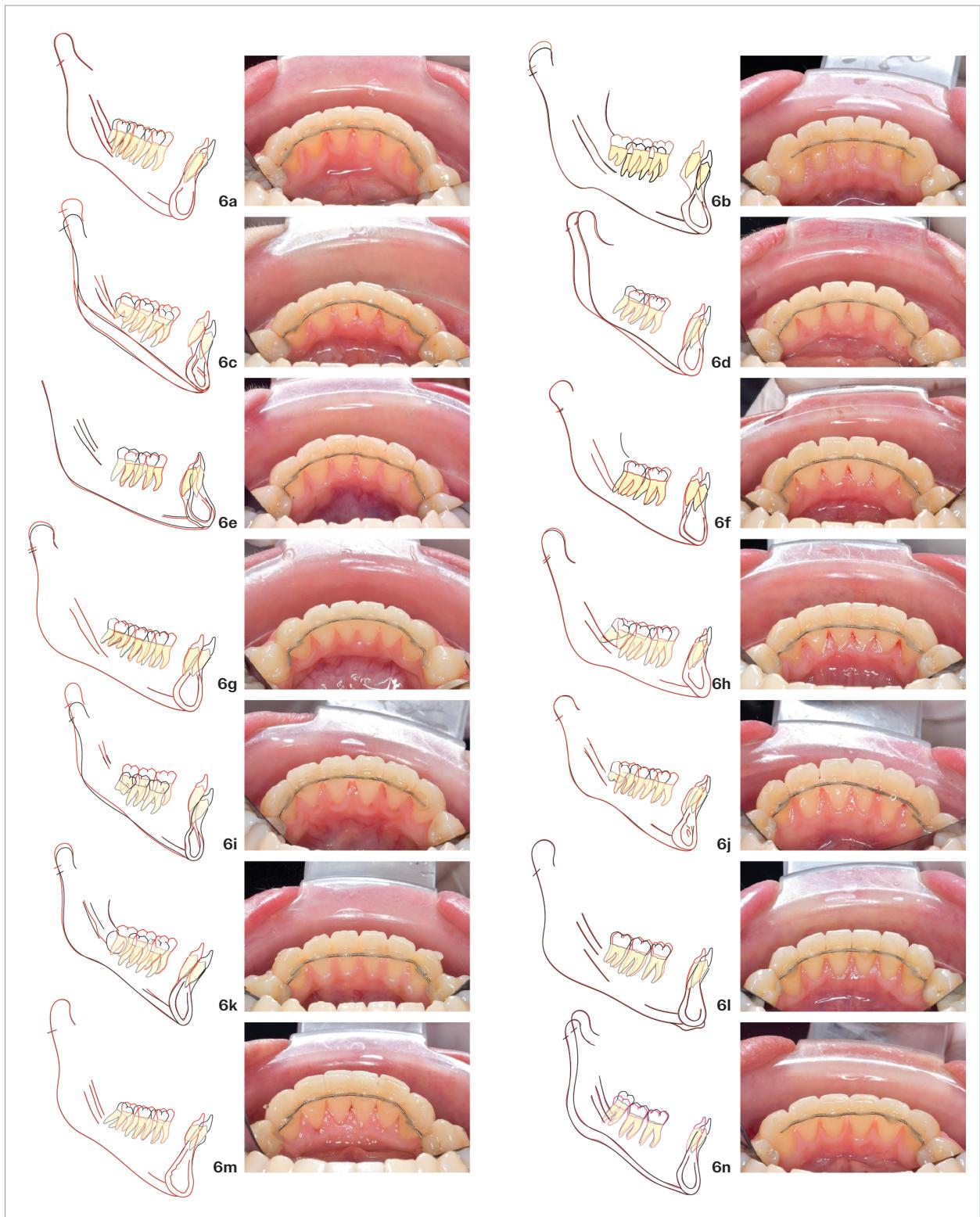
ANZEIGE

# Dental News

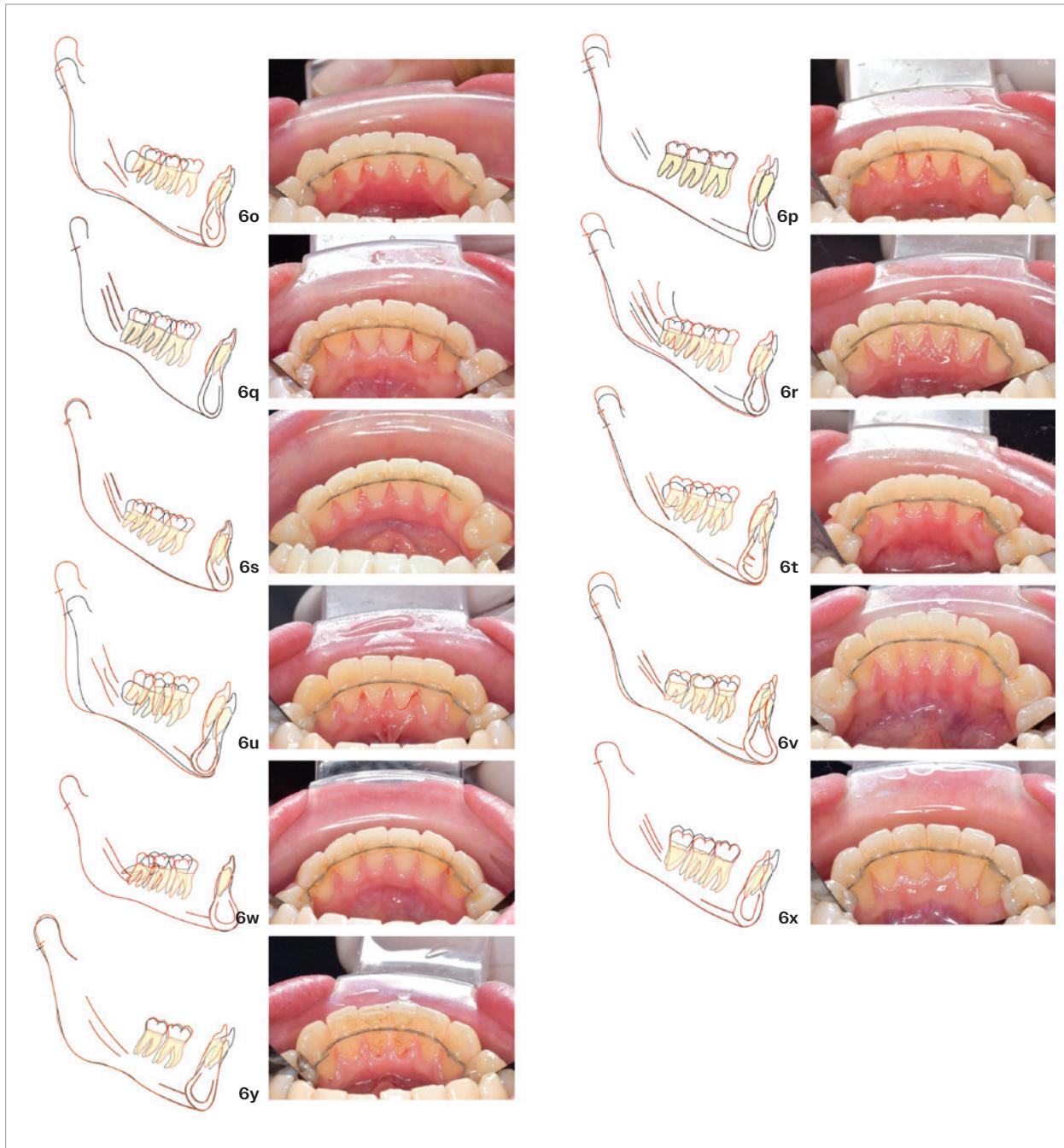
jetzt auf  
WhatsApp

Aktuelle Nachrichten und Informationen direkt auf dein Smartphone – egal wo!





**Abb. 6a–y:** Strukturelle Überlagerungen des Unterkiefers der 25 eingeschlossenen Patienten vor (schwarz) und nach (rot) der Camouflage-Behandlung der Klasse III, daneben die entsprechenden klinischen Situationen bei der Retentionskontrolle (T1).



Wits-Wert vor der Camouflage-Behandlung (T0) betrug  $-6,7 \text{ mm} (\pm 2,5, \text{ min/max } -10,8/-2,1)$  und die Retraktion des Widerstandszentrums der unteren Schneidezähne nach lingual betrug durchschnittlich  $3,7 \text{ mm} (\pm 1,3, \text{ min/max } 1,4/7,1 \text{ mm})$ .<sup>7</sup>

Nach einer Retentionsdauer von mindestens einem Jahr (Mittelwert: 3,1 Jahre,  $SD \pm 2,5$ , min./max. 1,0/9,2 Jahre) wurden alle 25 Patienten (w/m

12/13) unter besonderer Berücksichtigung der parodontalen Situation im unteren Frontzahnbereich reevaluiert (T1). Um einen Eindruck von der bei der Camouflage erzielten Zahnbewegung in der Unterkieferfront zu erhalten, wurden Fernröntgenseitaufnahmen vor und nach der kieferorthopädischen Behandlung von einem Kieferorthopäden mit umfassender Expertise auf diesem Gebiet (P.R.) im Bereich des

Unterkiefers strukturell überlagert. Die Fernröntgenseitaufnahmen vor und nach der Behandlung wurden auf Vergrößerungsunterschiede geprüft und korrigiert und mit Adobe Illustrator 9.0 (Adobe Inc. San José, USA) nachgezeichnet.<sup>24</sup> Die Durchzeichnungen wurden wie von Björk<sup>25</sup>, Björk und Skjeller<sup>26</sup> sowie Springate<sup>27</sup> empfohlen auf den wachstumsstabilen anatomischen Strukturen des Unterkiefers

Tabelle 2

Measurement	Description	ICC (95%CI)	Method error
Change in dentoalveolar process thickness on labial and lingual side on 3 different levels	Distance between the superposed labial and lingual boarders of the hard and soft tissue alveolar process at T0 and T1	0.998 (0.996–0.999)	0.01 mm
Labio-lingual dentoalveolar process dimension on 3 different levels	Thickness of the total hard and soft tissue alveolar process perpendicular to the incisor edge	0.990 (0.970–0.996)	0.06 mm

ICC < 0.5: poor reliability; 0.5 ≤ ICC < 0.75: moderate reliability; 0.75 ≤ ICC < 0.9: good reliability; ICC ≥ 0.9: excellent reliability.

Tabelle 3

All teeth	N	Mean	SD	95% Confidence Intervall	Min	Max	p-value
Labial level 1	68	0.09	0.24	(0.03, 0.15)	-0.9	0.8	<b>0.0045</b>
Labial level 2	68	0.12	0.26	(0.06, 0.18)	-0.72	0.86	<b>0.0002</b>
Labial level 3	68	0.14	0.31	(0.06, 0.21)	-0.71	0.8	<b>0.0004</b>
Lingual level 1	68	-0.07	0.26	(-0.13, 0)	-0.55	0.66	<b>0.0383</b>
Lingual level 2	68	-0.11	0.26	(-0.18, -0.05)	-0.76	0.49	<b>0.0004</b>
Lingual level 3	68	-0.16	0.3	(-0.23, -0.09)	-0.85	0.55	<0.0001
All labial levels	204	0.12	0.25	(0.06, 0.18)	-0.71	0.82	<b>0.0003</b>
All lingual levels	204	-0.11	0.24	(-0.17, -0.05)	-0.7	0.46	<b>0.0003</b>
Total dimension difference level 1	68	0.02	0.36	(-0.07, 0.11)	-1.14	1.05	0.6275
Total dimension difference level 2	68	0.01	0.32	(-0.07, 0.08)	-0.9	0.94	0.8474
Total dimension difference level 3	68	-0.02	0.38	(-0.11, 0.07)	-0.89	0.91	0.6792
Total dimension difference all levels	204	0	0.33	(-0.08, 0.08)	-0.98	0.8	0.9343

Tabelle 4

Tooth-type	N (teeth)	Labio-lingual dimension at T0 in mm	Treatment effect in mm (%)	SD	95% Confidence Intervall	Min	Max	p-value
Central incisor level 1	26	7.89	-0.02 (-0.25)	0.34	(-0.16, 0.11)	-0.85	0.73	0.7317
Central incisor level 2	26	8.31	0.03 (-0.36)	0.36	(-0.11, 0.18)	-0.88	0.94	0.6654
Central incisor level 3	26	8.42	0(0)	0.45	(-0.18, 0.18)	-0.87	0.91	0.9863
Central incisor all	78	8.20	0(0)	0.36	(-0.14, 0.15)	-0.87	0.8	0.9771
Lateral incisor level 1	21	8.29	-0.09 (-1.09)	0.35	(-0.25, 0.06)	-1.14	0.46	0.2339
Lateral incisor level 2	21	8.62	-0.13 (-1.51)	0.28	(-0.25, 0)	-0.9	0.18	<b>0.0459</b>
Lateral incisor level 3	21	8.69	-0.07 (-0.81)	0.36	(-0.23, 0.09)	-0.89	0.51	0.374
Lateral incisor all	63	8.53	-0.1 (-1.17)	0.3	(-0.23, 0.04)	-0.98	0.22	0.1535
Canine level 1	21	9.79	0.19 (1.94)	0.36	(0.03, 0.36)	-0.61	1.05	<b>0.0254</b>
Canine level 2	21	9.98	0.11 (1.10)	0.27	(-0.01, 0.24)	-0.31	0.59	0.067
Canine level 3	21	10.02	0.01 (0.10)	0.31	(-0.13, 0.15)	-0.43	0.67	0.8786
Canine all	63	9.93	0.11 (1.11)	0.29	(-0.03, 0.24)	-0.38	0.65	0.1126

**Tab. 2:** Intrarater Correlation Coefficient and Method Error. – **Tab. 3:** Change of the thickness of the hard and soft tissue dentoalveolar process on labial and lingual side of the teeth and difference in total dimension in different levels in millimeters. Paired t-Test over all teeth (Post – Pre-treatment) H0: difference=0. – **Tab. 4:** Hard and soft tissue dentoalveolar process total dimension on different levels by tooth group in millimeters and change in total dimension. Paired t-Test of the change in total dimension (Post – Pre-treatment) H0: difference=0.

überlagert. Alle 25 Patienten erschienen zur routinemäßigen Retentionskontrolle, bei der die aktuelle klinische Situation bewertet wurde:

- 1.) An den unteren Schneide- und Eckzähnen wurde ein Sensibilitätstest mit Kältespray durchgeführt.
- 2.) An denselben Zähnen wurde die Sondierungstiefe auf der lingualen Seite mit einer Parodontalsonde (PCP11, Aesculap AG, Tuttlingen, Deutschland) am tiefsten Punkt des Zahnfleischrandes gemessen.
- 3.) Um mögliche linguale Rezessionen in diesem Segment zu dokumentieren, wurden mithilfe eines intraoralen Spiegels (Filtrop AG, Balzers, Liechtenstein) hochauflösende, digitale, intraorale Aufnahmen (Kamera D200, mit Nikkor 105 mm, Nikon, Tokio, Japan) gemacht. Ähnlich der Methodik von Renkema et al. wurde eine freiliegende linguale Wurzeloberfläche als Rezession gewertet.<sup>28</sup>
- 4.) Ein intraoraler Scan des Unterkiefers mit dem Trios 3 (3Shape, Kopenhagen, Dänemark) wurde unter besonderer Beachtung der Scanqualität im anterioren Alveolarfortsatz durchgeführt.

## Beurteilung des Alveolarfortsatzes

Dieser Scan (T1) wurde mithilfe der Software GOM 2021 (2021 Hotfix 8, Rev. 152.091, GOM Braunschweig, Deutschland) mit dem ursprünglichen Trios 3-Scan vor der Behandlung (TO) verglichen. Da Messungen der Dicke des gesamten Alveolarfortsatzes oder der Knochendicke des Alveolarfortsatzes zu falschen Ergebnissen führen können, wenn rotiert stehende Zähne vor und nach der Derotation ausgewertet werden, wurden Zähne, die bei TO um 6° oder mehr rotiert waren, von der Evaluation ausgeschlossen (Abb. 2+3). Zur Standardisierung und Vereinfachung des Matching-Prozesses jedes einzelnen Frontzahns (unterer Eckzahn zu Eckzahn) sowie zur Definition und zum Schneiden einer reproduzierbaren Ebene in der labiolingualen Zahnnachse wurde ein maßgeschneiderter

Best-Fit-Algorithmus verwendet (Beyer 3D Scan und Messtechnik GmbH, Ahaus, Deutschland). Jede Dickenänderung des Alveolarfortsatzes zwischen den beiden Zeitpunkten wurde als Differenz (T1-TO) des Abstands zwischen den äußeren Weichgewebsgrenzen/-rändern auf der labialen und lingualen Seite des betreffenden Zahns aufgezeichnet. Die Messungen wurden bei TO und bei T1 auf drei verschiedenen Ebenen gemessen, und zwar 1, 2 und 3 mm apikal vom Gingivrand bei T1 (Abb. 4+5). Auch die Gesamtdicke des Alveolarfortsatzes auf diesen drei verschiedenen Ebenen wurde zu beiden Zeitpunkten in Millimetern erfasst.

## Statistische Analyse

Die Intrarater-Zuverlässigkeit wurde anhand von Intraclass-Korrelationskoeffizienten (ICC) bewertet. Zu diesem Zweck wurden zehn Prozent der Stichprobe nach dem Zufallsprinzip ausgewählt und nach mindestens zwei Wochen vom Hauptuntersucher (R. L.) erneut gemessen. Die Interpretation der Korrelationskoeffizienten folgte den Cut-off-Grenzen von Koo und Li 2016.<sup>29</sup> Der Messfehler wurde mit der Formel von Dahlberg<sup>30</sup> bestimmt. Alle Daten wurden für jeden Endpunkt unter Verwendung von Mittelwert,  $\pm$  Standardabweichung (SD), Minimum und Maximum deskriptiv zusammengefasst. Die Unterschiede in der Alveolarfortsatzdicke labial, lingual und insgesamt bei TO und T1 auf den verschiedenen Ebenen und für die verschiedenen Zahnarten wurden mit einem gepaarten t-Test analysiert. Ein p-Wert  $p < 0,05$  wurde als statistisch signifikant angesehen.

## Ergebnisse

Die Ausgangsdaten sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Das Ausmaß der Unterkieferfrontzahnbewegungen nach der Klasse III-Camouflage-Behandlung mit Lingualapparaturen und die entsprechende klinische Lingualansicht der unteren Frontzähne in Retention (T1) sind in Abbildung 6 dargestellt.

Insgesamt zeigte sich bei T1 bei allen Patienten eine klinisch unauffällige Situation: Alle ( $n = 150$ ) unteren Frontzähne reagierten positiv bei der Vitalitätsprüfung. Die mittlere Sondierungstiefe an der lingualen Seite der unteren Schneide- und Eckzähne betrug 1,27 mm ( $\pm 0,45$ , min/max 1/2 mm). Vier Patienten wiesen insgesamt sechs Rezessionen auf der lingualen Seite auf, die alle kleiner als 1 mm waren und nach der Entfernung von Zahnstein um den festsitzenden Retainer sichtbar wurden. Alle festsitzenden Retainer waren bei T1 intakt.

## Remodelling des Alveolarfortsatzes

Von den 150 inkludierten Unterkieferfrontzähnen wurden 82 Zähne aufgrund einer Rotationskorrektur von 6° oder mehr von der Evaluierung exkludiert (Abb. 2+3). Die Dickenänderung des Alveolarfortsatzes, einschließlich des Hart- und des darüberliegenden Weichgewebes, von 26 zentralen Schneidezähnen, 21 seitlichen Schneidezähnen und 21 Eckzähnen konnte am Ende ausgewertet werden. Die Intrarater-Zuverlässigkeit war ausgezeichnet für die Veränderungen der Alveolarfortsatzdicke sowohl auf der labialen als auch auf der lingualen Seite der gemachten Zähne (ICC 0,998, 95 % CI 0,996–0,999) und auch für die labiolinguale Gesamtdicke des Alveolarfortsatzes (ICC 0,990, 95 % CI 0,970–0,996). Nach der Formel von Dahlberg muss für diese Studie ein Messfehler von 0,01 mm bzw. 0,06 mm angenommen werden (Tab. 2). Die deskriptiven Statistiken für alle eingeschlossenen Zähne und die Ergebnisse der entsprechenden t-Tests sind in den Tabellen 3, 4 und 5 dargestellt. Betrachtet man alle eingeschlossenen Zähne, so gab es keine Veränderung der durchschnittlichen Dicke des Alveolarfortsatzes auf allen drei Ebenen zusammen (Mittelwert: 0,00 mm,  $\pm 0,33$  mm, min/max -0,98/0,8 mm, CI 95 % -0,08, 0,08, Tab. 3). Im Seitenvergleich hat sich der Alveolarfortsatz labial um 0,12 mm ( $\pm 0,25$  mm, min./max. -0,71/0,82 mm)

Tabelle 5

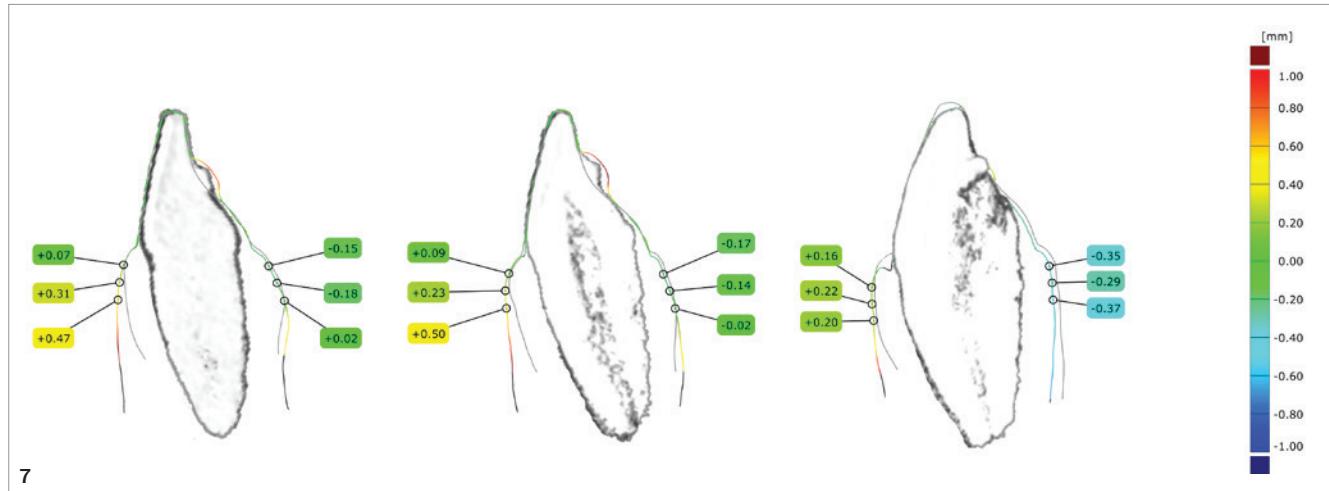
Tooth-type	Variable	N	Mean	SD	95% Confidence Interval	Min	Max	p-value
Central incisor	Labial level 1	26	0.11	0.25	(0.01, 0.21)	-0.7	0.8	<b>0.0301</b>
	Labial level 2	26	0.16	0.28	(0.05, 0.27)	-0.72	0.86	<b>0.008</b>
	Labial level 3	26	0.18	0.34	(0.04, 0.32)	-0.71	0.8	<b>0.0124</b>
	Lingual level 1	26	-0.13	0.19	(-0.21, -0.06)	-0.5	0.23	<b>0.0016</b>
	Lingual level 2	26	-0.13	0.2	(-0.21, -0.05)	-0.51	0.25	<b>0.0033</b>
	Lingual level 3	26	-0.18	0.27	(-0.29, -0.07)	-0.85	0.33	<b>0.0021</b>
	<b>Labial all levels</b>	78	0.15	0.28	(0.04, 0.26)	-0.71	0.82	<b>0.0103</b>
	<b>Lingual all levels</b>	78	-0.15	0.19	(-0.22, -0.07)	-0.5	0.23	<b>0.0004</b>
Lateral incisor	Labial level 1	21	0.02	0.27	(-0.1, 0.14)	-0.9	0.38	0.7724
	Labial level 2	21	0.08	0.27	(-0.05, 0.2)	-0.53	0.53	0.2139
	Labial level 3	21	0.13	0.33	(-0.02, 0.29)	-0.46	0.53	0.0763
	Lingual level 1	21	-0.11	0.27	(-0.23, 0.01)	-0.55	0.35	0.0786
	Lingual level 2	21	-0.21	0.32	(-0.35, -0.06)	-0.76	0.49	<b>0.0084</b>
	Lingual level 3	21	-0.21	0.39	(-0.38, -0.03)	-0.8	0.55	<b>0.0261</b>
	<b>Labial all levels</b>	63	0.08	0.27	(-0.05, 0.2)	-0.62	0.46	0.2158
	<b>Lingual all levels</b>	63	-0.17	0.31	(-0.31, -0.03)	-0.7	0.46	<b>0.0184</b>
Canine	Labial level 1	21	0.13	0.21	(0.03, 0.22)	-0.17	0.6	<b>0.0121</b>
	Labial level 2	21	0.12	0.21	(0.03, 0.22)	-0.29	0.55	<b>0.0129</b>
	Labial level 3	21	0.09	0.23	(-0.01, 0.19)	-0.34	0.6	0.0846
	Lingual level 1	21	0.06	0.27	(-0.06, 0.19)	-0.48	0.66	0.285
	Lingual level 2	21	-0.01	0.21	(-0.1, 0.09)	-0.33	0.43	0.8621
	Lingual level 3	21	-0.08	0.21	(-0.17, 0.01)	-0.51	0.28	0.092
	<b>Labial all levels</b>	63	0.11	0.19	(0.03, 0.2)	-0.27	0.55	0.0142
	<b>Lingual all levels</b>	63	-0.01	0.21	(-0.1, 0.09)	-0.35	0.4	0.8671

**Tab. 5:** Change of the thickness of the hard and soft tissue dentoalveolar process on labial and lingual side in three different levels by tooth group and paired t-test for the difference (Post – Pre-treatment) H0: difference=0.

verdickt und lingual um 0,11 mm ( $\pm 0,24$  mm, min./max.  $-0,7/0,46$  mm, Tab. 3) geringfügig reduziert. Darüber hinaus wurde in keiner der drei verschiedenen Zahnguppen eine signifikante Veränderung der Alveolarfortsatzdicke festgestellt, wenn die drei verschiedenen Ebenen zusammen ausgewertet wurden (Tab. 4). Betrachtet man die verschiedenen Ebenen der verschiedenen Zahnguppen, so wurde eine statistisch signifikante, aber klinisch irrelevante mittlere Veränderung von  $+0,19$  mm für die erste

Ebene der Eckzähne ( $\pm 0,36$ , min./max.  $-0,61/1,05$  mm) und  $-0,13$  mm für die zweite Ebene der seitlichen Schneidezähne ( $\pm 0,28$ , min./max.  $-0,9/0,18$  mm) festgestellt (Tab. 4). Bei getrennter Betrachtung der verschiedenen Ebenen konnte keine statistisch signifikante Dimensionsänderung festgestellt werden. Die mittleren Gesamtveränderungen der labiolingualen Dimension auf den verschiedenen Ebenen betrugen alle weniger als zwei Prozent im Vergleich zu ihrer Gesamtdicke bei TO (Tab. 4). Obwohl sich die

mittlere Gesamtdicke des Alveolarfortsatzes nicht veränderte, war die finale Position der zentralen und lateralen Schneidezähne innerhalb des Alveolarfortsatzes geringfügig weiter lingual ( $-0,15/-0,17$  mm; Tab. 5). Nach einer Klasse III-Camouflage-Behandlung mit Extraktion der unteren Prämоляren und präziser Inklinationskontrolle der unteren Frontzähne ist der gesamte Alveolarfortsatz selbst bei umfangreichen Bewegungen nach lingual den Zähnen vollständig gefolgt. Obwohl sich die Zähne senkrecht zum



**Abb. 7:** Bei einem inkludierten Patienten wurde aufgrund einer chirurgischen Indikation eine DVT-Aufnahme erstellt. Die Überlagerung des zentralen Schneidezahns (linkes Bild), des seitlichen Schneidezahns (mittleres Bild) und des Eckzahns (rechtes Bild) von der DVT-Aufnahme und dem intraoralen Scan verdeutlichen die Größe und die Position der Wurzeln innerhalb des Alveolarfortsatzes.

Alveolarfortsatz zum Teil mehr als 7 mm nach lingual bewegten, kam es nicht zu einer Bewegung aus dem Alveolarfortsatz heraus (Abb. 7).

## Diskussion

Dies ist die erste Studie, die den parodontalen und dentalen Zustand der unteren Frontzähne bewertet, die nach einer Klasse III-Camouflage-Behandlung mit Extraktion der unteren Prämolaren mindestens zwölf Monate lang in Retention waren. Zuvor hatten Thiem et al. in diesen Fällen ungewöhnliche, aber kieferorthopädisch günstige Zahnbewegungen beschrieben.<sup>7</sup> Insbesondere konnten die Autoren eine präzise Kontrolle der Inklination der Unterkieferschneidezähne während der Retraktion aufgrund der guten Torquekontrolle der verwendeten lingualen Apparatur zeigen. In einigen Fällen wurden die unteren Schneidezähne körperlich um mehr als 7 mm retrahiert, wie die Überlagerungen der Fernröntgenseitenaufnahmen zeigen (Abb. 6b). Allerdings ist es anhand dieser Aufnahmen eher schwierig zu erkennen, ob wirklich der gesamte Knochen und die darüberliegenden Weichgewebe den Zahnbewegungen gefolgt waren, oder ob die Schneidezahnwurzeln am Ende die Grenzen des von

Proffit und White<sup>15</sup> beschriebenen so genannten „Envelopes“ überschritten hatten. Betrachtet man nur das Hartgewebe, so berichteten mehrere Studien auf der Grundlage von DVT-Analysen, dass nach der Retraktion der oberen und unteren Schneidezähne der Alveolarfortsatz nicht vollständig folgte.<sup>31–33</sup> In einer systematischen Übersichtsarbeit berichteten Guo et al. über eine Verringerung der Knochendicke von 0,57 mm auf der lingualen Seite der unteren Schneidezähne in der Endphase der Behandlung nach einer anterioren Retraktion, gemessen 3 mm apikal der Schmelz-Zement-Grenze.<sup>31</sup> Im Gegensatz dazu fanden Kobylansky et al. keine Verringerung der lingualen Knochendicke nach einer Nivellierungsphase, in der die Frontzähne retrahiert wurden.<sup>31</sup> Mehrere andere Autoren beschrieben einen signifikanten Umbau des Alveolarfortsatzes und sogar eine Zunahme der lingualen Kochendicke nach einer kieferorthopädischen Retraktion während der Retentionsphase.<sup>35–39</sup> Ähnliches gilt auch für den Oberkiefer, im Einzelfall nach bis zu neun Jahren in Retention.<sup>35,37–40</sup> All dies führt zwangsläufig zu der Vermutung, dass das Ausmaß kieferorthopädisch möglicher Zahnbewegungen insbesondere bei der Camouflage-Behandlung von erwach-

senen Patienten mit einer Klasse III größer sein könnte als die von Proffit und White beschriebenen „Envelopes“.<sup>15</sup> Die Ergebnisse unserer Studie stützen diese Vermutung, da selbst bei größeren Retraktionen die Unterkieferfrontzähne kontrolliert und körperlich mit dem Alveolarfortsatz nach lingual bewegt werden konnten.

## Dreidimensionale Überlagerung des Alveolarfortsatzes

In dieser Studie wird eine neue Methode der digitalen dreidimensionalen Überlagerung des Alveolarfortsatzes vorgestellt. Dazu wurden intraorale Scans verwendet, um Dimensionsänderungen des Alveolarfortsatzes sowohl insgesamt als auch auf der labialen und der lingualen Seite der Zähne separat zu evaluieren. Frühere Studien mit diesem Ziel basierten fast ausschließlich auf der Datenerfassung mit DVT-Scans.<sup>31–33</sup> Dem aufmerksamen Leser fällt bei näherer Betrachtung dieser Studien das immer wiederkehrende Problem einer unbestreitbar groben Voxelauflösung auf, die eine genaue Beurteilung von Strukturen kleiner als 0,5 mm unmöglich macht. Insbesondere im Bereich der Unterkieferfrontzähne ist die labiale und linguale knöcherne Bedeckung der Wur-

zeln physiologisch oft dünner als 0,5 mm.<sup>41,42</sup> Darüber hinaus wird die DVT-Bildgebung in den meisten europäischen Ländern nicht als Teil der kieferorthopädischen Standarddiagnostik angesehen, da die hohe Strahlenbelastung in keinem Verhältnis zum klinischen Nutzen steht.<sup>43</sup> Neben der Einfachheit der klinischen Anwendung in nahezu jeder kieferorthopädischen Praxis ist die Auswertung mittels intraoraler Scans daher auch aus medizinethischer Sicht von Vorteil. Nicht nur die Zähne, sondern auch der Alveolarfortsatz sollten so umfassend wie möglich gescannt werden. In der vorliegenden Untersuchung war sowohl vor (TO) als auch nach der Behandlung (T1) die Scanqualität so gut, dass bei den inkludierten Zähnen alle Messpunkte in allen drei Ebenen ausgewertet werden konnten. Das umfassende intraorale Scannen, das als Grundlage für die hier vorgestellte 3D-Überlagerung erforderlich ist, kann insbesondere im Bereich des Alveolarfortsatzes anspruchsvoll sein. Für die hier beschriebene Methode wäre es auch möglich, ein perfekt digitalisiertes Gipsmodell zu verwenden.

## Bewertung der Dicke des Alveolarfortsatzes bei rotierten Zähnen

In dieser Studie wurde die Dicke des Alveolarfortsatzes ausschließlich an Zähnen gemessen, die zu Beginn der kieferorthopädischen Behandlung nicht deutlich rotiert waren (< 6°). Wie in Abbildung 2 dargestellt, sollten die Dickenveränderungen des Alveolarfortsatzes nicht an rotierten Zähnen gemessen werden, da die Ausgangsdicke, die immer die Basislinie ist, überschätzt werden kann, genau wie in fast allen Studien auf der Basis von DVT-Aufnahmen.<sup>31–40</sup>

## Stärken und Grenzen

Die vorliegende Studie ist eine Fortsetzung der Untersuchungen von Thiem et al. zur Camouflage-Behandlung der Klasse III. Eine Patientengruppe, die mit einem vergleichbaren Behandlungskonzept behandelt wurde, existiert bisher nicht. Daher erlaubt diese Studie erstmals eine Beurteilung der parodontalen und dentalen Situation nach einer durchschnittlichen Retentionszeit von mehr als drei Jahren nach Abschluss einer aktiven Camouflage-Therapie mit Prämolarenextraktionen ausschließlich im Unterkiefer. Die Ergebnisse geben erste Hinweise auf eine möglicherweise notwendige Aktualisierung der Definition der „Envelopes“, wie sie von Proffit und White beschrieben wurden.<sup>15</sup>

Die Messung von Veränderungen der Dicke des Alveolarfortsatzes ohne jegliche Strahlenbelastung ermöglicht aufgrund der Einschränkungen beim intraoralen Scannen nur eine Bewertung seines oberen Teils. Die Messung 3 mm apikal vom Gingivarand ergibt jedoch eine gute Vergleichbarkeit mit Studien, die auf DVT-Bildgebung basieren. Da die Messungen die Dimensionen des gesamten Alveolarfortsatzes, einschließlich der Hart- und Weichgewebe, widerspiegeln, ist eine getrennte Bewertung der Dimensions-

änderungen von Hart- und Weichgeweben mit dieser Methode nicht möglich. Dank einer eigens entwickelten, umfangreichen Anpassung der GOM-Software wiesen sowohl die Intrarater-Reliabilität (ICC) als auch der Messfehler (Dahlberg) hervorragende Werte auf.

Eine Retentionszeit von mindestens einem Jahr (Durchschnitt > 3 Jahre) nach der Entbracketierung ist nicht sehr lang; allerdings wurden auch bei Patienten mit längeren Intervallen (> 9 Jahre) keine klinischen Auffälligkeiten festgestellt.

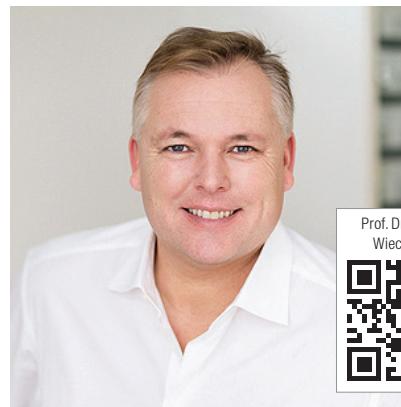
## Schlussfolgerungen

Bei der nichtchirurgischen Camouflage-Behandlung mit Extraktionen unterer Prämolaren kann der Alveolarfortsatz auch bei mittelschweren bis schweren Klasse III-Malokklusionen der kontrollierten Bewegung der unteren Schneide- und Eckzähne folgen.

Es könnte sinnvoll sein, über die von Proffit und White vorgeschlagene Größe der „Envelopes“ orthodontischer Korrekturen beim Erwachsenen zu diskutieren.

Die neuartige Methode zur Messung von Dimensionsänderungen des Alveolarfortsatzes in Relation zu den Zähnen ist reproduzierbar, präzise und nichtinvasiv.

### Literatur



Prof. Dr. Dr. h.c. Dirk Wiechmann



### Prof. Dr. Dr. h.c. Dirk Wiechmann

info@kfo-badessen.de  
www.kfo-badessen.de

# NEW INNOVATION THE SMART CLIP BRACKET. IT'S EASY #CLICK&GO



**discovery®**  
SMART si

**IT'S EASY #CLICK&GO!**  
**SCHNELL & ZUVERLÄSSIG**

- Hohe Passgenauigkeit
- Patentierte laserstrukturierte Basis
- 3D-CAD anatomisch geformte Bracketbasis
- Geringe Bauhöhe
- Großer Unterflügelbereich
- Häkchen im Pilzkopfdesign
- Mittenmarkierung

Fordern Sie jetzt unser Kennenlern-Angebot\* an:  
[verkauf@dentaurum.de](mailto:verkauf@dentaurum.de) • + 49 72 31 / 803 - 210



Erfahren Sie  
online mehr!

\* Das Angebot ist gültig bis zum 31.12.2025. Voraussichtliche Lieferfähigkeit ab Januar 2026.

DENTAURUM GmbH & CO KG · Turnstr. 31 · 75228 Ispringen · Germany  
Tel. +49 7231/803-0 · [www.dentaurum.com](http://www.dentaurum.com) · [info@dentaurum.com](mailto:info@dentaurum.com)

**D**  
**DENTAURUM**  
1886