

KN

Supplement der KN Kieferorthopädie Nachrichten

KIEFERORTHOPÄDIE NACHRICHTEN

www.kn-aktuell.de

2025 | Dezember | 17. Jahrgang

ANZEIGE

KOMPENDIUM

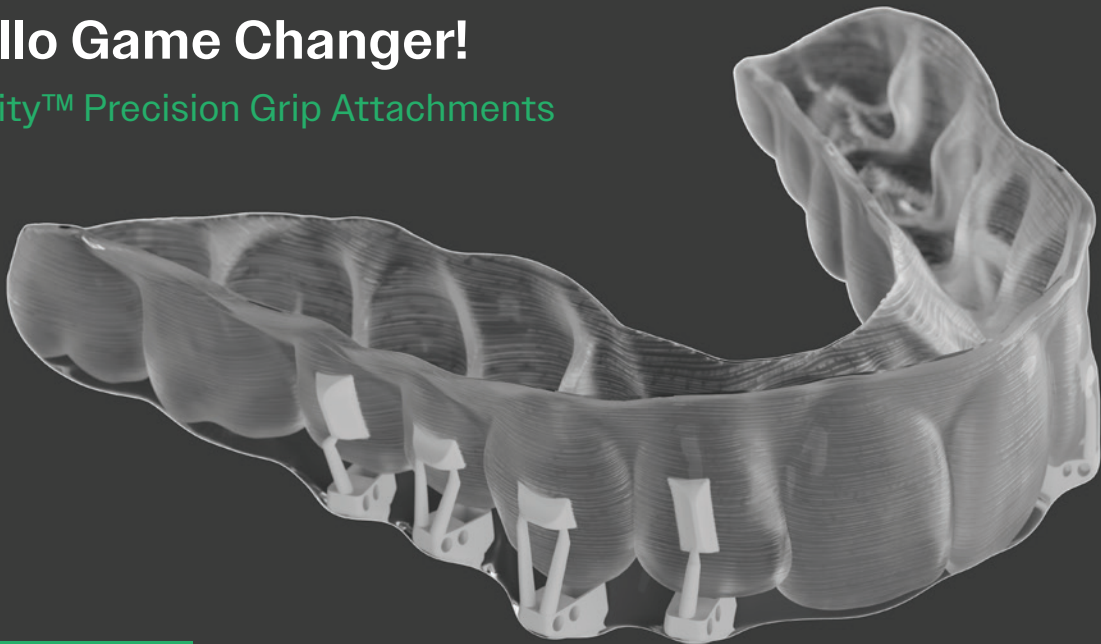
Kieferorthopädie: heute und morgen



CLARITY™

Hallo Game Changer!

Clarity™ Precision Grip Attachments



Get inspired.

Get informed.

Get excited.

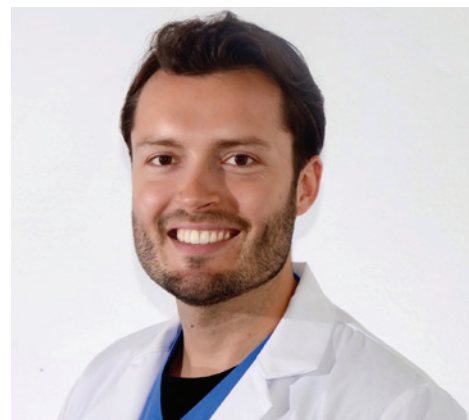
We're bringing the future to you!

 solventum

 dentium

„Kieferorthopädie: heute und morgen“

Dr. Nicolas Plein



Die Kieferorthopädie befindet sich heute in einer Phase außergewöhnlicher Dynamik. Kaum ein anderes Fach innerhalb der Zahnmedizin hat in den vergangenen Jahren einen ähnlich rasanten Wandel erlebt – technologisch, diagnostisch und vor allem im Hinblick darauf, was eine moderne Behandlung leisten soll. Patientinnen und Patienten erwarten nicht mehr nur gerade Zähne, sondern ein harmonisches Zusammenspiel von Ästhetik, Funktion, Atemwegsgesundheit und langfristiger Stabilität. Diese Erwartungen sind anspruchsvoll, und sie sind berechtigt.

Gleichzeitig haben wir als Fachgemeinschaft nie bessere Werkzeuge zur Verfügung gehabt: Digitale Abformungen ermöglichen präzise, patientenfreundliche Diagnostik, ohne die Belastung klassischer Silikonabdrücke. KI-gestützte Planungssysteme liefern erstmals Simulationen, die anatomische, funktionelle und prognostische Daten miteinander verknüpfen. Laborprozesse, die früher tage- oder wochenlang dauerten, werden heute durch digitale Workflows beschleunigt und standardisiert. Und nicht zuletzt eröffnen individualisierte Apparaturen aus dem 3D-Druck eine neue Dimension der Passgenauigkeit.

Doch bei aller Begeisterung müssen wir uns bewusst sein: Technologie ist kein Selbstzweck. Sie ist ein Werkzeug, das nur so gut ist wie die klinische Expertise, die es führt. Die Zukunft der Kieferorthopädie entscheidet sich nicht allein in Softwareupdates oder Scannerauflösungen, sondern im verantwortungsvollen Zusammenspiel aus Wissenschaft, Erfahrung und kontinuierlicher Weiterbildung.

Morgen, das heißt einerseits: noch präzisere Planung, noch geringere Eingriffsintensität, noch individuellere Therapien. Aber morgen heißt auch: neue Aufgaben. Atemwegsdiagnostik, interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Pädiatrie, HNO-Heilkunde und Physiotherapie sowie ein zunehmend komplexes Zusammenspiel zwischen oraler Funktion, Wachstum und Lebensqualität rücken in den Fokus. Zugleich müssen wir uns mit Fragen der Ethik und Ökonomie auseinandersetzen: Welche digitalen Lösungen bringen echten Mehrwert? Wie bewahren wir den menschlichen Kern unseres Berufs in einer Branche, die sich teilweise in Richtung Automatisierung bewegt?

Dieses Kompendium soll mit seinen Fachbeiträgen Orientierung geben, nicht als abschließende Antwort, sondern als Einladung zum Weiterdenken. Die *KN Kieferorthopädie Nachrichten* bieten auch in diesem Jahr eine Plattform, um die Vielfalt unseres Fachs sichtbar zu machen: wissenschaftlich fundiert, kritisch, praxisnah.

Lassen Sie uns gemeinsam die Gegenwart nutzen, um die Zukunft zu gestalten. Denn die Kieferorthopädie von morgen beginnt, wie so oft, schon heute.

Dr. Nicolas Plein



Editorial

- 03 „Kieferorthopädie: heute und morgen“
Dr. Nicolas Plein

Digitale Kieferorthopädie

- 06 Digitale Herstellung von Aufbißsschienen:
Ein praxisnaher Workflow von Scan bis Druck
Dr. Nicolas Plein, Dr. Cedric Thedens, Lisa Naumann,
Dr. Sarah Bühling, Univ.-Prof. Dr. Stefan Kopp
und Priv.-Doz. Dr. Babak Sayahpour
- 12 Ist die Theorie der terminalen Scharnierachse ein
Mythos? Biomechanische Implikationen des Echtzeit-
MRT-Verfahrens für Zahnmedizin und Zahntechnik
Dr. med. dent. Sebastian Krohn, Prof. Dr. med. Dr. med.
dent. Peter Proff, Prof. Dr. med. dent. Dietmar Kubein-
Meessenburg und Priv.-Doz. Dr. med. dent. Eva Padden-
berg-Schubert
- 16 Digitale Planung in der chirurgischen Therapie des
obstruktiven Schlafapnoe-Syndroms
Dr. med. Dr. med. dent. Tobias Ebker, MHBA

Rotation, Angulation und Torque

- 24 Präzise Kontrolle von Rotation, Angulation und Torque
Dr. Bashar Muselmani

Interdisziplinäre Kieferorthopädie

- 34 Interdisziplinäre Rehabilitation eines komplexen Patien-
tenfalles mit unilateraler Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte
Dr. Johanna Katharina Trautmann

VILA

- 42 Vorteilhaftes dentoalveoläre Veränderungen nach
Extraktion der unteren Prämolaren zur Klasse III-
Camouflage-Behandlung mit vollständig individuellen
lingualen Apparaturen
Referenz: Thiem LC, Rank P, Schmid JQ, Janssens Y,
Bettenhäuser-Hartung L, Wiechmann D. *Favourable
dentoalveolar changes after lower premolar extractions
for Class III camouflage with completely customized
lingual appliances. Head & Face Medicine* 2024;20(1):57.
Übersetzung von Dirk Wiechmann
- 54 Remodelling des Alveolarfortsatzes im anterioren Unter-
kiefer nach einer Klasse III-Camouflage-Behandlung mit
Extraktionen unterer Prämolaren
Prof. Dr. Dr. Dirk Wiechmann, Dr. Robert Leven, Dr. Per
Rank, Dr. Yann Janssens und Dr. Jonas Q. Schmid.
Übersetzung von Dirk Wiechmann
- 66 Okklusionsqualität von erwachsenen Patienten mit
posteriorem Kreuzbiss im Vergleich zu Klasse I-Patien-
ten nach der Behandlung mit vollständig individuellen
lingualen Apparaturen
Dr. Yann Janssens, Dr. Heike Siekmann, Dr. Pierre Canal,
Dr. Patrick F. Foley, Dr. Lara Bettenhäuser-Hartung und
Dr. Jonas Q. Schmid

Distalisierung

- 74 Aligner-Staging bei der Kombination mit einem Beneslider
Prof. Dr. Benedict Wilmes

Platzmanagement

- 82 Steuerung des Zahnwechsels
Priv.-Doz. Dr. Christoph Reichert
- 88 Konturierung von Zähnen und Füllungen
Eine Routineaufgabe in der kieferorthopädischen Praxis
Dr. Karsten Junghanns und Dr. Heiko Goldbecher

Praxismanagement

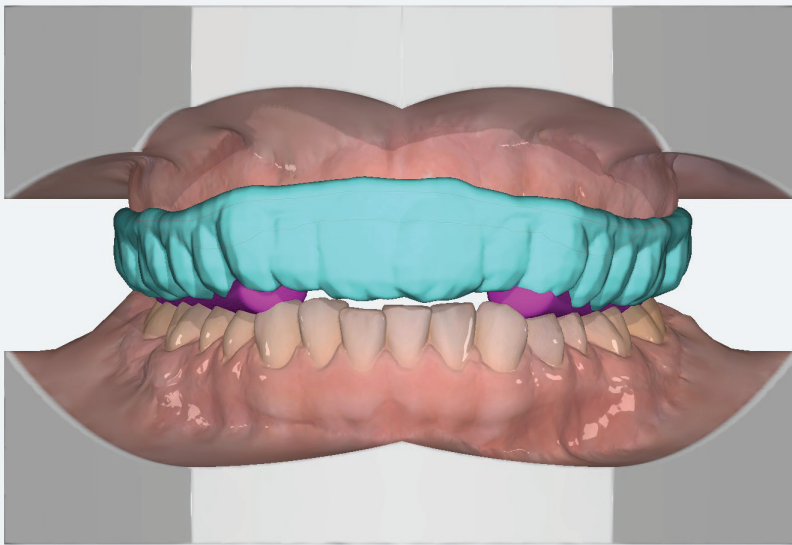
- 92 KFO-Praxismanagement für den Erfolg im Fokus behalten
Dipl.-Kffr. Ursula Duncker, Jana Christlbauer und Nadine
Gippner
- 96 Die Praxis in guten Händen: Tipps für den Praxisverkauf
Angélique Rinke
- 98 Impressum

Cover: Mit freundlicher Unterstützung von
Solventum Germany GmbH.



Digitale Herstellung von Aufbissschienen: Ein praxisnaher Workflow von Scan bis Druck

Von Dr. Nicolas Plein¹, Dr. Cedric Thedens¹, Lisa Naumann¹, Dr. Sarah Bühling¹,
Univ.-Prof. Dr. Stefan Kopp¹ und Priv.-Doz. Dr. Babak Sayahpour¹.



Schienenendesign mit Verstärkung durch Aufbissblöcke (Iila).

Einleitung

Aufbissschienen sind in der Zahnmedizin ein bewährtes Instrument mit einem breiten Anwendungsspektrum – von der Funktionsdiagnostik über die Behandlung von Bruxismus bis hin zur Therapie craniomandibulärer Dysfunktionen. Traditionell wurden diese Schienen im analogen Verfahren hergestellt: Abformung, Gipsmodell, manuelles Tiefziehen und anschließende manuelle Bearbeitung. Dieses Vorgehen ist zwar bewährt, bringt jedoch verschiedene Nachteile mit sich: hohe Materialkosten, zeitintensive Bearbeitung, eingeschränkte Reproduzierbarkeit und ein für viele Patienten unangenehmer Abformvorgang.

Mit dem Einzug digitaler Technologien in die Zahnmedizin eröffnet sich eine neue Möglichkeit: die durchgehend digitale Herstellung von Aufbissschienen. Intraoralscanner, CAD/CAM-Software und 3D-Drucker erlauben es, die komplette Prozesskette virtuell abzubilden und zu automatisieren. Neben der deutlichen Zeitersparnis profitieren Behandler/-innen von einer exakten digitalen Dokumentation, Patienten wiederum von einem angenehmeren Workflow ohne Abdrucklöffel und Abformmasse.

Der folgende Beitrag stellt einen praxisnahen digitalen Workflow vor, der in jeder kieferorthopädischen Praxis mit entsprechender Ausstattung umsetzbar ist. Anhand eines schrittweisen Vorgehens wird gezeigt, wie aus einem Intraoralscan eine präzise gefertigte Aufbissschiene entsteht.

Dr. Nicolas Plein



Überblick: Der digitale Workflow

Der digitale Herstellungsprozess gliedert sich in fünf Hauptschritte:

- 1. Intraoralscan** – Erfassung der Kiefer- und Bissituation mit einem 3D-Scanner und nach Möglichkeit dreidimensionale Erfassung der Kiefergelenkbewegungen mithilfe digitaler Axiografie.
- 2. Modellerstellung und -bearbeitung** – Import, Ausrichtung und Optimierung der Scans in OnyxCeph.
- 3. Digitale Schienenkonstruktion** – Virtuelle Gestaltung der Schiene in OnyxCeph.
- 4. Slicing** – Vorbereitung der Druckdaten mit der jeweiligen Software des 3D-Druckers.
- 5. 3D-Druck und Nachbearbeitung** – Herstellung der Schiene mit einem Resindrucker, Reinigung, Aushärtung und Ausarbeitung.

Jeder dieser Schritte lässt sich separat betrachten, im Praxisalltag aber gehen sie fließend ineinander über.

Schritt 1: Intraoralscan (3Shape TRIOS4) und Kiefergelenkvermessung (Zebris JMA)

Am Beginn jedes digitalen Workflows steht der Intraoralscan. In der Poliklinik für Kieferorthopädie der Goethe-Universität Frankfurt am Main kommt ein 3Shape TRIOS4 Scanner zum Einsatz, gesteuert über die Software 3Shape Unite. Nach dem Anlegen eines neuen Patienten und falls nötig einer Kalibrierung des Scanners werden zunächst beide Kiefer einzeln, anschließend die Bissituation, nach Möglichkeit mit einem in zentrischer Kondylenposition des Patienten hergestellten Bissregistrats gescannt.

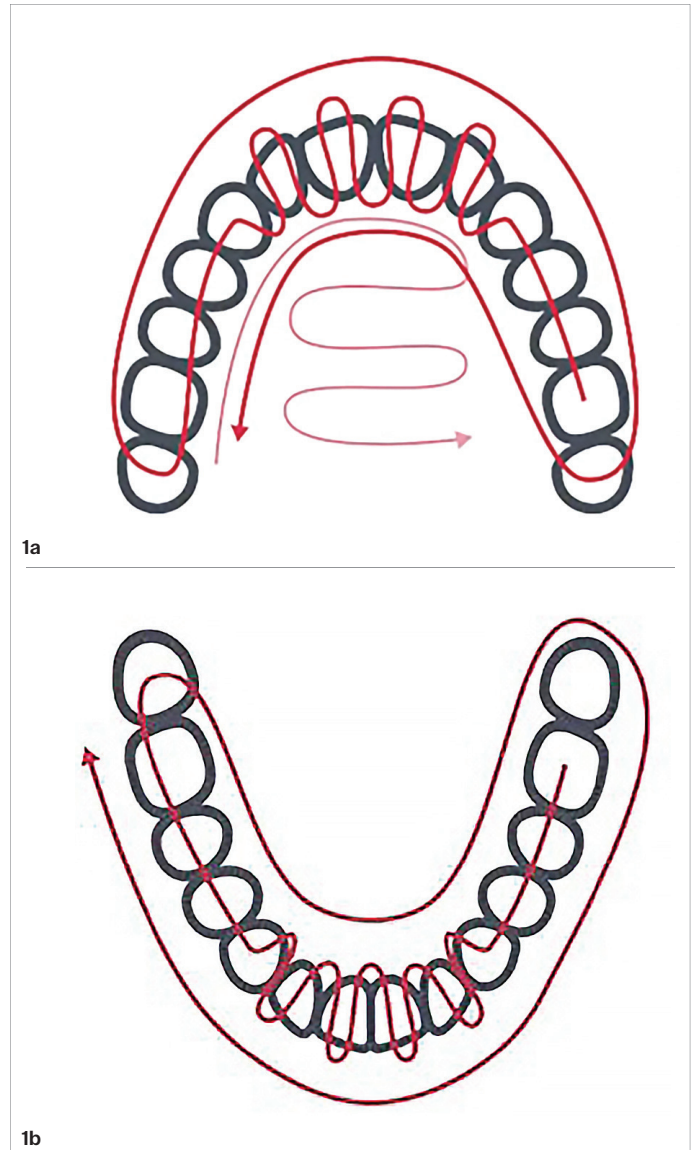


Abb. 1a+b: Scanablauf Oberkiefer (a) und Unterkiefer (b). – **Abb. 2a–c:** Ausrichtung (a), Sockelung (b) und Segmentierung (c) der Kiefermodelle in OnyxCeph.

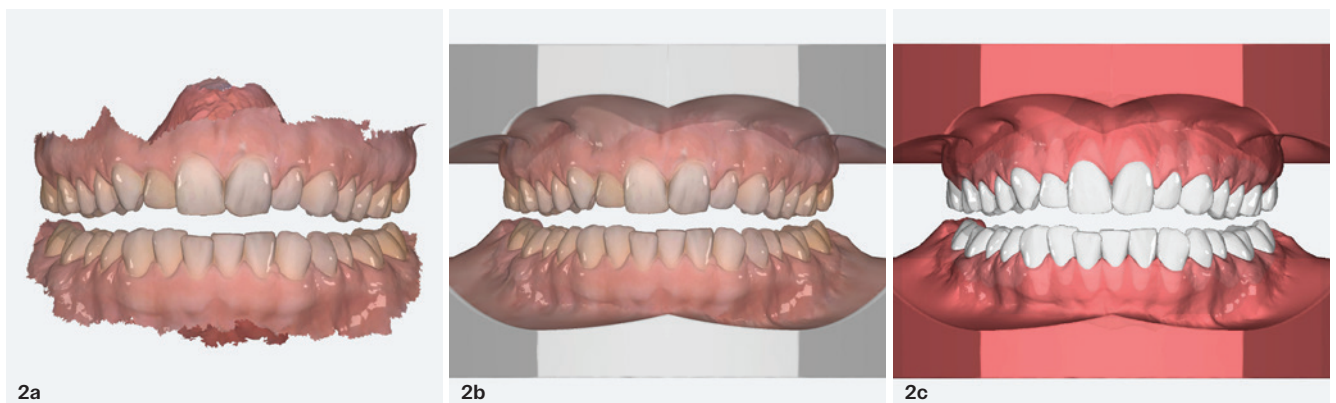




Abb. 3: Kiefermodell im digitalen Artikulator. – Abb. 4: Randgestaltung der Aufbisschiene.

Für ein zuverlässiges Ergebnis wird folgende Scanreihenfolge vom Hersteller empfohlen:

- Oberkiefer: okklusal → vestibulär → palatinal → Gaumen
- Unterkiefer: okklusal → lingual → vestibulär

Besonderes Augenmerk sollte auf die vollständige Erfassung der Raphe palatina mediana im Oberkiefer gelegt werden, da diese für die spätere Modellausrichtung insbesondere im hier verwendeten Programm OnyxCeph hilfreich ist.

Bei der Bissnahme spielt die Reihenfolge (links oder rechts beginnend) keine Rolle – empfehlenswert ist aber, für eine genauere Zuordnung der Zahnbögen bei möglichst wenig Verzerrung den Aufbiss auf beiden Seiten zu erfassen.

Nach dem Abschluss des Scans erfolgt die automatische Nachbearbeitung. Der Export erfolgt patientenbezogen im PLY-Format, das sowohl Geometrie- als auch Farbinformationen enthält. Zusätzlich zum Intraoralscan sollte die dynamische Vermessung der Kiefergelenkbewegungen z.B. mit dem Jaw

Motion Analyzer (Zebris) erfolgen. Hierbei wird der Patient mit einem Gesichtsbogen und einem Unterkiefersensor ausgestattet, die über Ultraschallmarker die Bewegungen des Unterkiefers in Echtzeit erfassen. Nach einer kurzen Kalibrierung führt der Patient standardisierte Bewegungen aus – z.B. Öffnungs- und Schließbewegungen, Protrusion, Laterotrusion sowie die habituelle Bissnahme. Die ermittelten Bewegungsbahnen werden digital aufgezeichnet und mit den intraoral gescannten Modellen fusioniert. Auf diese Weise lässt sich die Okklusion nicht nur statisch, sondern auch dynamisch funktionell darstellen. Für die Schienenerstellung ergibt sich der Vorteil, dass individuelle Gelenkbewegungen berücksichtigt werden können und eine noch präzisere Anpassung an die funktionellen Gegebenheiten des Patienten möglich ist.

Schritt 2: Modellerstellung und -bearbeitung (OnyxCeph)

Die exportierten Scans werden in ein Bild-/Datenverarbeitungsprogramm, in diesem Fall in OnyxCeph importiert. Nach dem Anlegen eines neuen Patienten werden die Daten für Oberkiefer, Unterkiefer und Bissrelation geladen und in einer neuen Bildserie zusammengeführt (Abb. 2).

Wichtige Bearbeitungsschritte sind:

- Ausrichtung: Zentrieren in der Frontalebene, Orientierung an der Sutura.
- Reparatur: Automatische und manuelle Fehlerkorrektur. Die Software reduziert Überlagerungen und schließt kleine Löcher im Scan. Dabei ist darauf zu achten, Zahnoberflächen nicht zu verändern, da dies die spätere Passung beeinträchtigen könnte.
- Sockelung: Die Modelle werden entlang der Umschlagfalte beschnitten und in eine standardisierte Sockelform (EU-Standard) eingebettet.
- Segmentierung: Die Zähne werden einzeln voneinander getrennt, um Gingiva und Zahnhartsubstanz differenzieren zu können. Fehlende Zähne werden übersprungen.

Am Ende werden die Modelle gespeichert und können mit aussagekräftigen Kommentaren versehen werden (z.B. „maximale Interkuspitation“ oder „Zentrikrelation“), um in der weiteren Bearbeitung eine klare Zuordnung zu gewährleisten.

Schritt 3: Digitale Schienenkonstruktion (OnyxCeph Lab)

Im nächsten Schritt erfolgt die virtuelle Konstruktion der Aufbissschiene in OnyxCeph Lab. Hierzu werden zunächst die Messdaten der Kiefergelenkanalyse aus dem Zebris JMA importiert, um damit den digitalen Artikulator auf den Patienten individualisieren zu können (Abb. 3).

Die Schiene wird daraufhin in mehreren Teilschritten definiert:

- Grundform: Die Schiene wird auf Basis der segmentierten Kronen er-

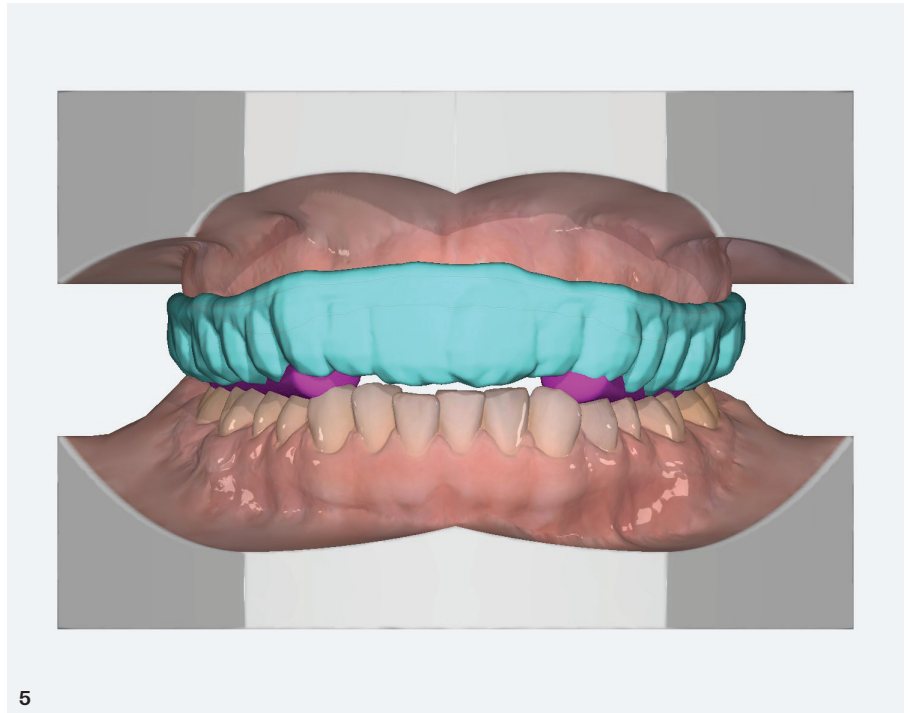


Abb. 5: Schienendesign mit Verstärkung durch Aufbissblöcke (Iila).

ANZEIGE





Weiterbildungsprogramm **2026**
& Produkte



Scan mich!

Hier gelangen Sie
direkt zur
Webinarübersicht



Scan mich!

Hier gelangen Sie
direkt zur
PM-Fortbildung

**NEU: 6-tägige Online-Fortbildung „KFO-Praxismanager*in“
jetzt 2x im Jahr**

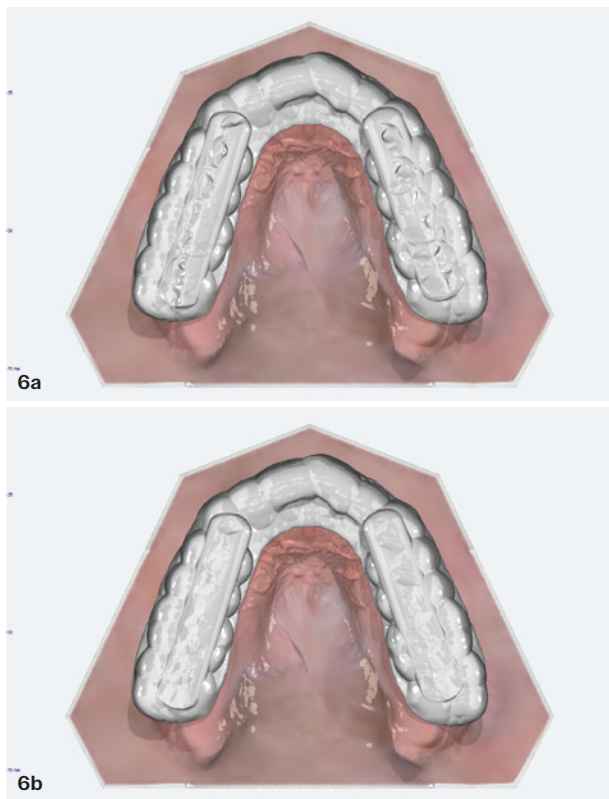


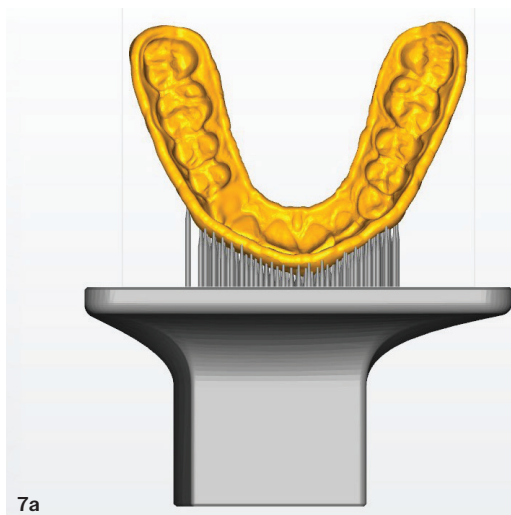
Abb. 6a+b: Schiene vor (a) und nach (b) digitalem Freischleifen der importierten Bewegungsdaten der Kiefergelenkanalyse. – **Abb. 7a+b:** Positionierung und Supportgestaltung in der Slicing-Software.

stellt. Parameter wie Dicke (z.B. 2,5 mm), Glättung und Gingiväüberlappung werden individuell festgelegt.

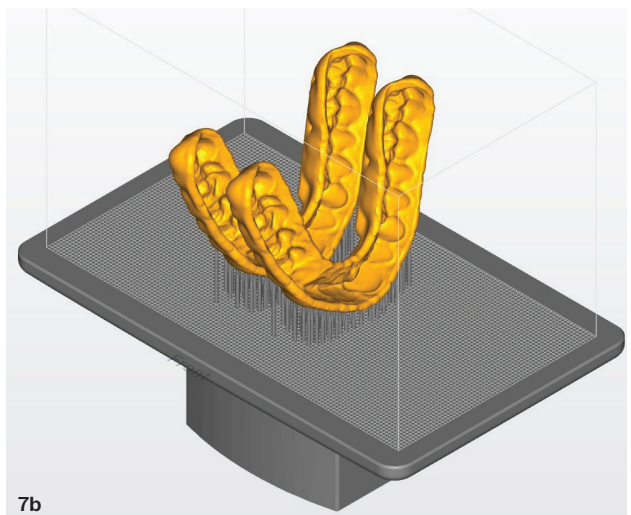
- **Randgestaltung:** Die Software erlaubt es, die Ränder der Schiene durch Setzen neuer Linien flexibel zu verändern (Abb. 4).
- **Verstärkungen und Blöcke:** Bei Bedarf können Aufbissblöcke integriert werden, die gezielt Kontakte zu den Gegenzähnen schaffen. Diese lassen sich dreidimensional verschieben und anpassen (Abb. 5).
- **Berechnung und Ausblocken:** Ein entscheidender Schritt ist die Definition des Abstands zur Zahnoberfläche (z.B. 0,05 mm) und des Ausblockens von Unterschnitten (z.B. 0,5 mm). Diese Parameter beeinflussen Retention und Passung der Schiene erheblich.

Ein hilfreiches Werkzeug ist das digitale Okklusogramm, das die Annäherung von Ober- und Unterkiefer farblich darstellt. Ziel ist eine gleichmäßige Belastung mit ca. 1 mm Einbiss. Auf diese Weise lässt sich die gleichmäßige Abstützung der Schiene bereits virtuell überprüfen. Im Anschluss daran erfolgt der wichtigste Schritt im Zusammenhang mit der digitalen Axiografie: Die Schiene wird mithilfe des Bewegungsmusters des digitalen Artikulators so freigeschliffen, wie es aus den importierten Bewegungsdaten der Kiefergelenkanalyse des Patienten hervorgeht (Abb. 6). Der Vorgang maximiert die Passgenauigkeit in der Bewegung, entfernt dynamische Störkontakte und minimiert dadurch deutlich die Einschleifzeit am Stuhl, die bei einer nach Normwerten gefertigten Schiene erheblich sein kann. Nach diesem Arbeitsschritt wird der dreidimensionale Datensatz der Schiene exportiert und für die Fertigung bereitgestellt.

„Nach digitaler Übertragung des Datensatzes und Auswahl der Patientendatei beginnt der Druckvorgang. Währenddessen ist auf ausreichende Belüftung des Raums und Schutzausrüstung (Handschuhe, Schutzbrille und Maske) zu achten.“



7a



7b

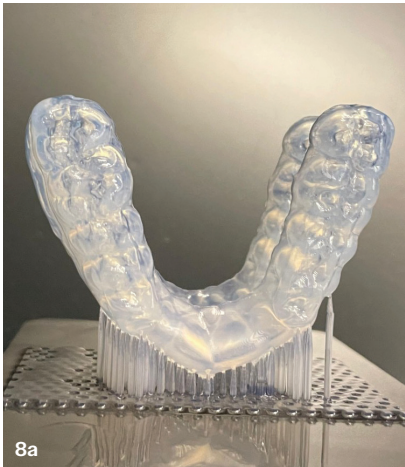


Abb. 8a+b: 3D-gedruckte Schienen mit Stützstrukturen auf Bauplattform.

Schritt 4: Slicing (Asiga Composer)

Damit die Schiene gedruckt werden kann, muss sie in ein druckbares Dateiformat überführt werden. Hierfür dienen sogenannte Slicing Tools, in unserem Fall die Software Asiga Composer (Abb. 7).

Die folgenden Arbeitsschritte sind dabei insbesondere entscheidend:

- **Ausrichtung:** Die Schiene wird so auf der Bauplattform positioniert, dass die Front zuerst gedruckt wird. Dies reduziert die Gefahr von Verzerrungen. Ein Winkel von ca. 35° hat sich bewährt.
- **Supportgenerierung:** Automatisch gesetzte Stützstrukturen werden ergänzt, falls rote Markierungen auf kritische Stellen hinweisen. Besonders an dünnen Strukturen sollte manuell nachgearbeitet werden.
- **Export:** Nach der „Bau“-Funktion wird die Druckdatei gespeichert und der Druckauftrag an den 3D-Drucker gesendet.

Schritt 5: 3D-Druck und Nachbearbeitung (AsigaMax)

Der Druck erfolgt auf einem AsigaMax, einem DLP (Digital Light Processing) Resindrucker. Nach digitaler Übertragung des Datensatzes und Auswahl der Patientendatei beginnt der Druckvorgang. Währenddessen ist auf ausreichende Belüftung des Raums und

Schutzausrüstung (Handschuhe, Schutzbrille und Maske) zu achten.

Nach Abschluss des Drucks (Abb. 8) wird die Schiene vorsichtig von der Bauplattform gelöst. Überschüssiges Harz wird in einem Isopropanol-Bad entfernt, anschließend wird die Schiene in einer Cure-Station nachgehärtet. Erst danach erfolgt das Entfernen der Stützstrukturen.

Die Endbearbeitung umfasst das Glätten von Oberflächen, das Polieren sowie gegebenenfalls das Einfügen einer Gravur oder Beschriftung. Damit ist die Schiene einsatzbereit.

Praktische Tipps für den Alltag

- **Kalibrierung:** Der Scanner sollte regelmäßig kalibriert werden (siehe Herstellerangaben).
- **Hygiene:** Es empfiehlt sich, den Spiegel im Scanaufsatz nach dem Desinfizieren mit einem trockenen Tuch nachzuwischen und nicht zu berühren, da Schlieren die Bildqualität beeinträchtigen.
- **Materialwahl:** Spezielle Kunststoffe wie IMPRIMO® LC Splint oder IMPRIMO® LC Splint comfort MSI von SCHEU-DENTAL bieten eine hohe Bruchsicherheit und Tragekomfort.
- **Fehlerquellen:** Häufige Probleme entstehen durch unzureichende Bissregistratur, fehlende Stützstrukturen im Slicer oder unvollständiges Aushärten.

Fazit und Ausblick

Die digitale Herstellung von Aufbisschienen vereint Präzision, Effizienz und Patientenfreundlichkeit. Durch den durchgehenden digitalen Workflow entfällt nicht nur die Abformung, auch die Modellherstellung und manuelle Ausarbeitung werden deutlich reduziert. Der gesamte Prozess lässt sich dokumentieren und bei Bedarf reproduzieren.

Die Zukunft verspricht weitere Verbesserungen: biokompatible Kunststoffe speziell für die Langzeitanwendung, automatisierte CAD-Prozesse und eine noch engere Verzahnung von Praxissoftware und Fertigungstools. Schon heute zeigt sich jedoch, dass die digitale Fertigung nicht nur eine Alternative, sondern zunehmend der neue Standard ist.

1 Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main, Carolinum Zahnärztliches Universitäts-Institut gGmbH, Poliklinik für Kieferorthopädie, Frankfurt am Main, Hessen, Deutschland



Dr. Nicolas Plein

Carolinum Zahnärztliches Universitäts-Institut gGmbH
Poliklinik für Kieferorthopädie Johann Wolfgang Goethe-Universität
plein@med.uni-frankfurt.de
www.unimedizin-ffm.de

Ist die Theorie der terminalen Scharnierachse ein Mythos?

Biomechanische Implikationen des Echtzeit-MRT-Verfahrens für Zahnmedizin und Zahntechnik

Von Dr. med. dent. Sebastian Krohn, Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Peter Proff, Prof. Dr. med. dent. Dietmar Kubein-Meesenburg und Priv.-Doz. Dr. med. dent. Eva Paddenberg-Schubert.*

Klinischer Hintergrund und Problemstellung

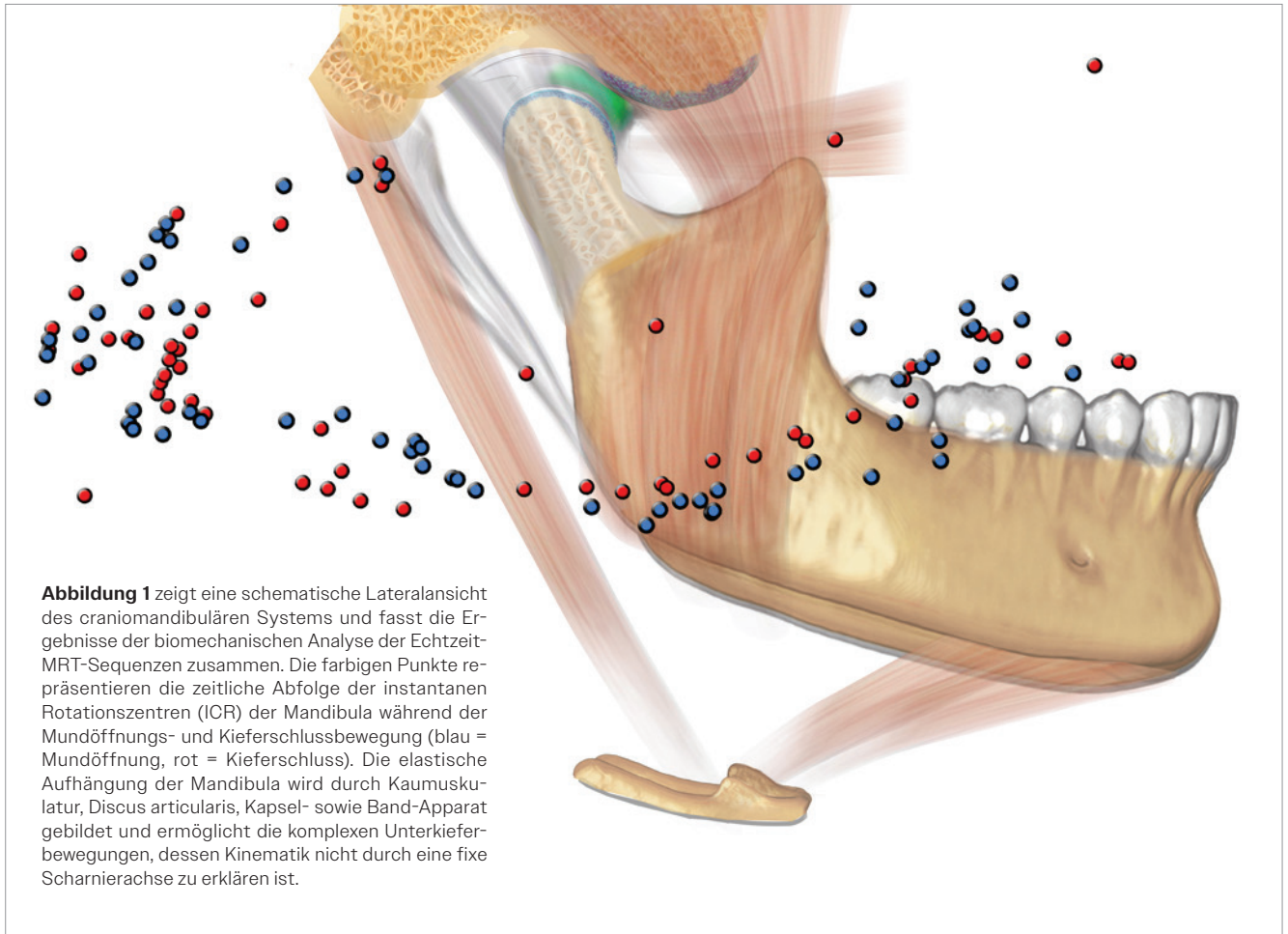
Die Kiefergelenke bilden eine bilateral funktionell gekoppelte Einheit des orofazialen Systems und erlauben Unterkieferbewegungen in sechs Freiheitsgraden, die durch Kau-muskelaktivität gesteuert werden.^{1,2} Der bikonkave Diskus fungiert dabei durch anteroposteriore und geringgradige mediolaterale, intraartikuläre Bewegungen als mobile Gelenkpfanne.³ Anteriore Diskus-Verlagerungen sind mit veränderten Kondylus-Bewegungsmustern assoziiert und können schmerzhaft Mobilitätseinschränkungen sowie Gelenkgeräusche verursachen.⁴ Während etablierte klinische Untersuchungsalgorithmen wie die DC/TMD-Kriterien zwar die standardisierte klinische Diagnostik erlauben, sind jedoch bei einigen artikulären Pathologien weiterführende und diagnostisch erweiternde bildgebende Untersuchungsverfahren hilfreich.⁴ Die Magnetresonanztomografie (MRT) ist als Referenzstandard zur nichtinvasiven Beurteilung der Kiefergelenke etabliert,⁵ ist jedoch aufgrund der langen Bildaufnahmedauer auf statische Bildsequenzen unter Verwendung eines Bisskeils limitiert.^{6,7} Auch bei Cine-Mode-Verfahren, die auf mehreren konventionellen MRT-Aufnahmen basieren, resultieren pseudodynamische Sequenzen auf Basis passiv aufgedehnter Kieferpositionen.⁶ Bei mechanischen und digitalen axiografischen Verfahren fehlt hingegen die Darstellung der anatomischen Strukturen.^{7,8} Valide Analysen der Gelenk-Biomechanik können allerdings nur auf Basis von habituellen, aktiv muskelgeführten Bewegungen unter dynamischer Darstellung der beteiligten Strukturen mit hoher Bildrate und suffizienter Bildqualität durchgeführt werden.⁹ Bisherige Methoden konnten die notwendigen Voraussetzungen aufgrund technischer Limitationen jedoch nicht hinreichend erfüllen.

Einblick in die Historie der Biomechanik von Unterkieferbewegungen

Wissenschaftliche Analysen der mandibulären Biomechanik dienten seit jeher der Entwicklung theoretischer Modellvorstellungen, um die Physiologie der Unterkieferbewegungen zu erklären und nachzuahmen.¹⁰

Aufgrund der eingeschränkten Zugänglichkeit der Kiefergelenke basierten frühe Untersuchungen primär auf anatomischen oder konventionellen mechanischen Methoden, bei denen mandibuläre Bewegungsbahnen ohne direkte Abbildung der Gelenkanatomie aufgezeichnet wurden.¹¹

Es ist daher nicht verwunderlich, dass die Literatur der letzten Dekade maßgeblich von der Theorie der terminalen Scharnierachse geprägt wurde.¹² Diese Modellvorstellung basiert auf der Annahme, dass die Mandibula um eine räumlich fixierte transversale Drehachse rotiert.^{13,14} Unter dieser mechanischen Voraussetzung würde sich die Mandibula beim Kauvorgang allerdings wie ein Hebel dritter Ordnung verhalten. Der unwesentlich hinterfragte Glaube an die Existenz dieser interkondylären Achse, um die eine reine Rotation der Mandibula messbar und entsprechend in ein zahntechnisches Arbeitsgerät übertragbar sei, hat sich bis heute konserviert.¹⁰ Bei differenzierter Literaturanalyse fällt allerdings auf, dass einige Autoren, wie zum Beispiel James Luce, bereits im Jahr 1889 große Zweifel an der Scharnierachsen-Theorie äußerten.¹⁵ In der rezenten Literatur verdichten sich mittlerweile die Hinweise, dass die habituelle, physiologische Kinematik der Mandibula nicht durch eine starre, sondern vielmehr durch eine Vielzahl zeitlich variabler momentaner Drehachsen zu erklären ist.^{10,16,17}



Moderne In-vivo-Analysen der Unterkieferkinematik

Mit der Einführung des Echtzeit-MRT-Verfahrens durch Prof. Jens Frahm (MPI für multidisziplinäre Naturwissenschaften, Göttingen) ist die Visualisierung dynamischer Prozesse mit hoher zeitlicher sowie räumlicher Auflösung möglich.¹⁸ Flash-Sequenzen mit radialer Unterabtastung und nichtlinearer Inversion (NLINV)^{19,20} erlauben bei diesen schnellen MRT-Sequenzen eine hohe räumliche Auflösung von $0,75 \times 0,75 \text{ mm}^2$. Mit diesem neuartigen Verfahren konnte unsere Arbeitsgruppe alle beteiligten Kiefergelenkstrukturen mit 15 Bildern pro Sekunde während dynamischer Unterkieferbewegungen ohne zusätzliche, biss-sperrende Hilfsmittel visualisieren.¹⁹ Zur Analyse der zeitabhängigen Drehpunkte der Mandibula kombinierte unsere Arbeitsgruppe erstmals die kinematische Analyse der instantanen Rotationszentren (ICR) mit dem Echtzeit-MRT-Verfahren.¹⁶ Bei 86 asymptomatischen Kiefergelenken zeigte sich, dass die Mandibula bei Mundöffnungs- und Kieferschluss-Bewegungen reproduzierbaren, kontinuierlich wandernden ICR folgte (Abb. 1). Während sich die initial kon-

dylusnahen ICR im Rahmen der zunehmenden Kieferöffnung nach dorsal und kaudal verlagerten, wurde bei der intermediären Mundöffnung ein horizontal nach anterior gerichteter Verlauf der ICR beobachtet. Im zeitlichen Verlauf der intermediären bis zur terminalen Kieferposition wiesen die ICR einen moderat kranial gerichteten Pfad vom Kieferwinkel in den Bereich des Processus alveolaris der Maxilla auf (Abb. 1). Im Vergleich zur Mundöffnung zeigte die Kieferschlussbewegung eine vergleichbare, allerdings umgekehrt ablaufende ICR-Bahn. Zwischen den beiden Bewegungsrichtungen waren lediglich geringe Abweichungen bei den ICR-Mustern zu beobachten, die unsere Arbeitsgruppe als richtungsabhängige biomechanische Variation der elastischen Aufhängung der Mandibula interpretierte. Unsere Befunde stützen somit das Modell eines elastisch aufgehängten starren Körpers Mandibula mit reproduzierbaren ICR-Korridoren. Auf Basis der ICR-Rohdaten ließ sich keine räumlich fixierte Scharnierachse ermitteln. Diese Ergebnisse bestätigen frühere axiografische Befunde von Sadt-Khonsari et al. und widersprechen dem historischen Modell einer terminalen Scharnierachse.¹⁷ Auch Jász und Mitarbeiter beobachteten auf Basis ihrer axiografischen

In-vivo-Analyse, dass bereits ab den ersten Millimetern der Mundöffnungsbewegung eine translatorische Unterkieferbewegung messbar ist.²¹ Mithilfe statistischer Verfahren konnten die Autoren nachweisen, dass die habituellen Unterkieferbahnen der 46 gesunden Probanden im Vergleich zu einer theoretischen Scharnierbewegung einen signifikant unterschiedlichen Verlauf zeigten.

Implikationen für Zahnmedizin und Zahntechnik

Es ist bekannt, dass die mandibuläre Kinematik ein Resultat eines permanenten Zusammenspiels aus muskulärer, ligamentärer, gelenkinterner struktureller sowie schwerkraftbedingter Kräfte und Drehmomente darstellt. Die entstehenden Bewegungen sind hochadaptiv, intra- und interindividuell variabel und somit nicht linear. Vergleicht man mechanische Artikulatoren mit den synergistisch variablen Kraftvektoren des orofazialen Systems, fallen fundamentale Unterschiede auf. Artikulatoren approximieren diese komplexe Kinematik im Sinne einer *reductio ad corpus rigidum*, mit reproduzierbaren Achsen- und Flächenbewegungen auf Basis definierbarer Parameter (sagittale Kondylenbahnneigung, Bennett-Winkel, Immediate Side Shift etc.). Die approximative und instruktive Modellvorstellung moderner Artikulatoren ist für zahntechnische Rekonstruktionszwecke durchaus praxisrelevant und absolut geeignet. Sie zeigt aber nicht, wie Menschen in der Realität kauen. Im Hinblick auf die erfolgreiche Anwendung von Artikulatoren über viele Jahrzehnte erscheint diese Randnotiz entbehrlich, weil die Herstellung von Zahnersatz in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle zu einem hochpräzisen und passgenauen Resultat führt. Es sollte jedoch beachtet werden, dass Kieferrelationsbestimmungen, die nicht okklusionsdeterminiert sind, insbesondere dann stark von der patientenindividuellen Biomechanik beeinflusst werden können, wenn die Vertikaldistanz im Artikulator verändert wird. In

diesen Fällen sollten die aktuell geltenden Leitlinien berücksichtigt werden. In der prätherapeutischen Diagnostik stellt die funktionelle Beurteilung des stomatognathen Systems, insbesondere vor irreversiblen therapeutischen Eingriffen, eine zentrale Herausforderung dar. Die Definition von ICR-Normkorridoren könnte die klinische Funktionsanalyse durch objektive dynamische Bewegungskriterien wertvoll ergänzen. Pathologische Veränderungen führen zu charakteristischen Abweichungen der ICR-Pfade, was diagnostisch genutzt werden könnte, um Normvariationen von therapiebedürftigen Dysfunktionen abzugrenzen.

Zusammenfassung

Die kombinierte quantitative Analyse von Unterkieferbewegung mit gleichzeitiger Darstellung der anatomischen Strukturen war aufgrund technischer Limitationen bisher nicht möglich. Daher sind einige zentrale Aspekte der Kiefergelenkbiomechanik nicht vollständig beschrieben, sodass approximierte Modellvorstellungen in der Literatur vorherrschen. Die Implementierung eines neuartigen Echtzeit-MRT-Verfahrens erlaubt erstmals die In-vivo-Visualisierung der Gelenkstrukturen bei Unterkieferbewegungen mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung. Dies erlaubt die Evaluation mandibulärer Funktionszustände auf Basis kinematischer Trajektorien. Der vorliegende Beitrag fasst aktuelle Anwendungen im Rahmen biomechanischer Analysen von Unterkieferbewegungen zusammen und beleuchtet die zahnärztlichen und zahntechnischen Implikationen.

Resümee

Die rezente Literatur zeigt, dass Unterkieferbewegungen nicht durch eine räumlich fixierte Scharnierachse zu erklären sind, sondern als Abrollvorgänge zwischen Rastpol- und Gangpolkurven innerhalb einer interindividuell spezifischen, elastischen Aufhängung definiert werden müssen. Sowohl diagnos-

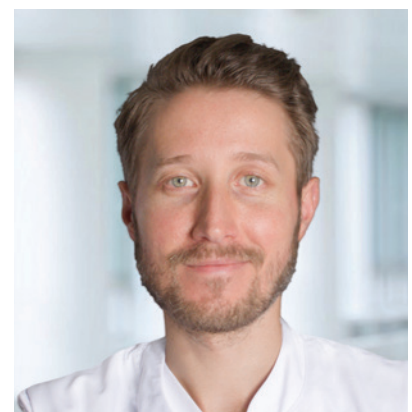
tische als auch therapeutische Verfahren der Zahnheilkunde könnten von der präzisen Definition der Kiefergelenkbiomechanik profitieren. Neben der klinischen Funktionsanalyse wären präzise weiterführende Diagnostikmethoden zur prätherapeutischen Beurteilung funktioneller Störungen bei irreversiblen Interventionen des Kauapparates hilfreich.

Für den klinischen Alltag stehen den Praktikerinnen und Praktikern bereits konkrete Handlungsempfehlungen zur Verfügung, welche zahnärztlichen Maßnahmen bei okklusionsdeterminierter Situation, aber auch bei unvollständiger vertikaler Abstützung ergriffen werden sollten (<https://www.awmf.org>). Insbesondere im Rahmen der aktuellen S2k-Leitlinie „Instrumentelle zahnärztliche Funktionsanalyse und Kieferrelationsbestimmung“ wurden evidenzbasierte Handlungskorridore definiert, die bereits modernste Erkenntnisse der Gelenkbiomechanik berücksichtigen. Die Interpretationen unserer biomechanischen Echtzeit-MRT-Analysen stützen diese Empfehlungen.

Dr. Sebastian Krohn



Literatur



Dr. Sebastian Krohn

Poliklinik für Kieferorthopädie Universitätsklinikum Regensburg
sebastian.krohn@ukr.de

Qualität die begeistert!



ORTHODONTICS®



Seit über 40 Jahren steht G&H orthodontics als Hersteller für außergewöhnliche Qualität. - Made in USA.

Das Sortiment umfasst eine große Auswahl an modernen Brackets, Tubes, elastischen Produkten und Bögen der Marke G&H orthodontics, als auch Highland Metals.

Überzeugen Sie sich selbst!



Bestellen Sie noch heute direkt bei www.orthodepot.de

Ihr **All-in-One** Shop

Mehr als **27.000 Artikel**
dauerhaft sensationell günstig!

www.orthodepot.de



 **OrthoDepot®**

Digitale Planung in der chirurgischen Therapie des obstruktiven Schlafapnoe-Syndroms

Von Dr. med. Dr. med. dent. Tobias Ebker, MHBA¹.

Tabelle 1

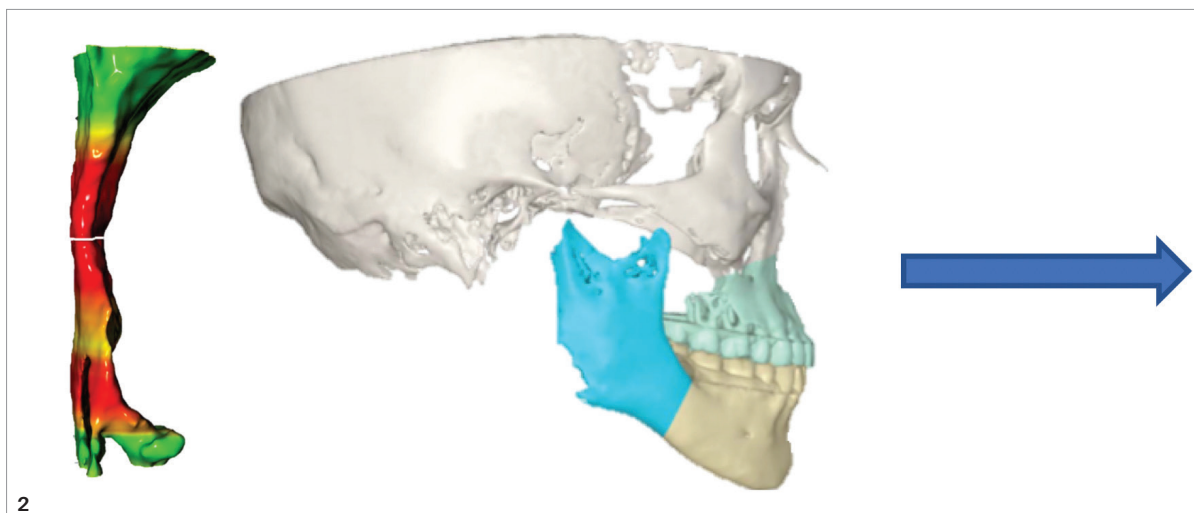
Hypopnoe	Atemflussreduktion um mind. 30 % über mind. 10 Sekunden
Apnoe	Atemflussreduktion um mind. 90 % über mind. 10 Sekunden
AHI (Apnoe-Hypopnoe-Index)	Anzahl der Apnoen und Hypopnoen pro Stunde Schlafzeit
Schweregrad des OSAS (AHI)	leicht 5 – 14/h, mittel 15 – 29/h, schwer ≥ 30 /h

Gemäß den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Schlafmedizin (DGSM) wird das OSAS durch eine nächtliche Polysomnografie diagnostiziert (Mayer et al., 2017). Bei Vorliegen typischer OSAS-Symptome gilt ein Apnoe-Hypopnoe-Index (AHI, Anzahl der Apnoen und Hypopnoen pro Stunde Schlafzeit) von mehr als fünf als pathologisch. Basierend auf dem AHI wird das OSAS als leicht (AHI 5–14), mittelschwer (AHI 15–30) oder schwer (AHI > 30) klassifiziert (Mayer et al., 2017). Die Hypopnoe ist definiert als eine mind. zehn Sekunden anhaltende Atemflussreduktion um mind. 30 Prozent in Verbindung mit einer Weckreaktion oder einem Sauerstoffsättigungsabfall um mind. drei Prozent. Bei der Apnoe kommt es zu einer Atemflussreduktion um mind. 90 Prozent über mind. zehn Sekunden (Tab. 1).

Einleitung

Das obstruktive Schlafapnoe-Syndrom (OSAS) ist ein schweres Krankheitsbild mit steigender Prävalenz. Das OSAS ist gekennzeichnet durch einen partiellen oder totalen Verschluss der oberen Atemwege während des Schlafs trotz muskulärer Atemanstrengungen. Die Folge sind wiederholte Atemflussreduzierungen oder komplette Atemaussetzer (Mayer et al., 2017). Die Verbreitung des OSAS in der Allgemeinbevölkerung ist sehr

hoch. Drei bis sieben Prozent der Männer und zwei bis fünf Prozent der Frauen sind von einem mittelschweren bis schweren OSAS mit begleitender Tagesmüdigkeit betroffen (Punjabi, 2008). Somit muss in Deutschland mit ca. vier Millionen Betroffenen gerechnet werden. Dabei ist in den letzten zwei Jahrzehnten die Prävalenz von schlafbezogenen Atmungsstörungen je nach Geschlecht und Alter um 14 bis 55 Prozent dramatisch angestiegen (Peppard et al., 2013).



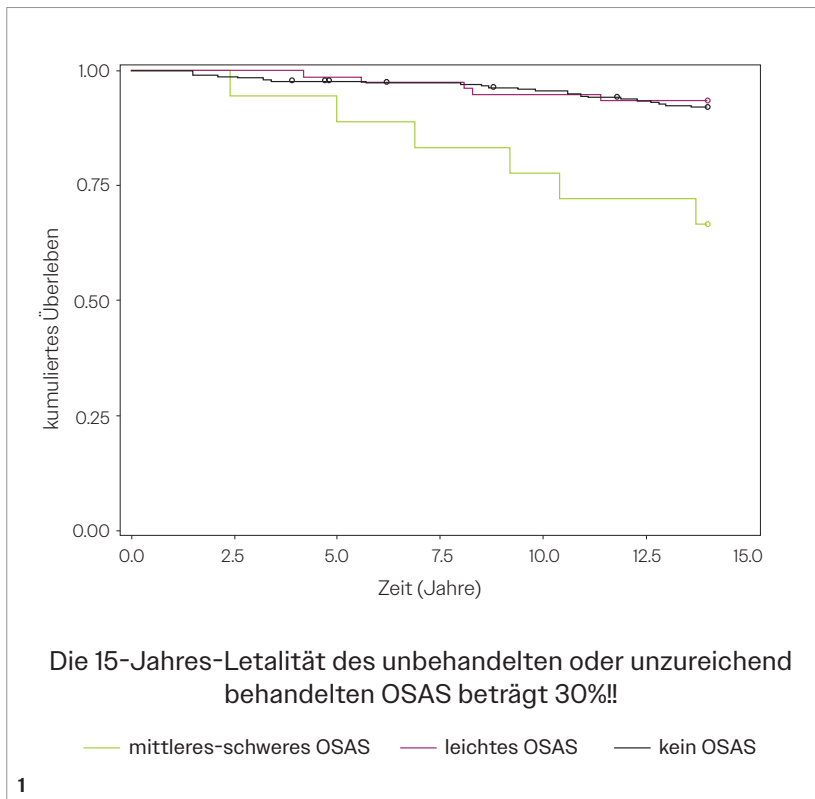


Abb. 1: Mortalitätsrate des obstruktiven Schlafapnoe-Syndroms. Es besteht eine starke Korrelation zwischen dem Schweregrad des OSAS und der Sterblichkeit. Patienten mit unbehandeltem OSAS und einem AHI über 20/h haben eine 15-Jahres-Mortalitätsrate von bis zu 30 Prozent (Abbildung adaptiert nach [Marshall et al., 2008]).

Bei Patienten mit OSAS kollabieren die oberen Atemwege während des Schlafs aufgrund einer Abnahme des pharyngealen Muskeltonus mit der Folge einer Unterbrechung des Atemflusses. Die daraus resultierende Hypoxie und Hyperkapnie führt zu einer erhöhten Atem-

anstrengung, um die kollabierten Atemwege wieder zu öffnen. Die Folge ist ein Erwachen aus dem Schlaf (Arousal). Diese Schlafunterbrechungen führen zu einer gestörten Schlafarchitektur, und eine starke Beeinträchtigung der geistigen und körperlichen Leistungs-

fähigkeit ist die Folge (Eckert & Malhotra, 2008). In der Konsequenz erhöht das OSAS nachweislich das Risiko für Herz-Kreislauf- und Stoffwechselerkrankungen wie arterielle Hypertonie, Herzrhythmusstörungen, zerebrovaskuläre Erkrankungen, Diabetes mellitus und Adipositas. Darüber hinaus kann das OSAS neuropsychiatrische Krankheitsbilder wie Depression und Angstzustände auslösen (Jehan et al., 2017; Vijayan, 2012). Übergewicht ist einer der Hauptrisikofaktoren für die Entwicklung eines OSAS und es liegt eine enge Assoziation zwischen einer Zunahme des Körpergewichts und dem Fortschreiten des OSAS vor (Punjabi, 2008). Zudem besteht ein dramatischer Zusammenhang zwischen dem Schweregrad des OSAS und der Mortalität. Patienten mit unbehandeltem OSAS und einem AHI < 20 haben ein Mortalitätsrisiko von vier Prozent. Bei einem AHI über 20/h steigt die 15-Jahres-Mortalitätsrate auf bis zu 30 Prozent (Marshall et al., 2008; Abb. 1). Damit ist das OSAS hinsichtlich der Sterblichkeit vergleichbar mit einer Krebserkrankung wie dem Mammakarzinom (Krebsregisterdaten, 2025). Eine konsequente Therapie des OSAS ist daher von entscheidender Bedeutung, da die Morbidität und Mortalität des unbehandelten mittelschweren bis schweren OSAS hoch ist und zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Lebensqualität führt (Xie et al., 2017).

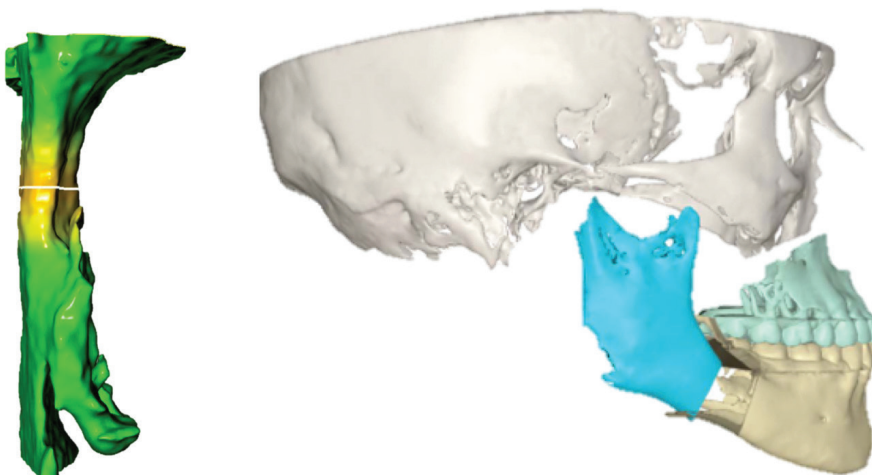


Abb. 2: 3D-Atemwegsanalyse auf Basis eines DVT. Durch die virtuelle 3D-Diagnostik können das Gesamtvolumen und die spezifischen Engstellen (minimal cross-sectional area) der pharyngealen Atemwege analysiert werden (links – präoperativ). Anschließend erfolgt die ursachenbezogene individuelle digitale Behandlungsplanung (rechts – postoperativ).

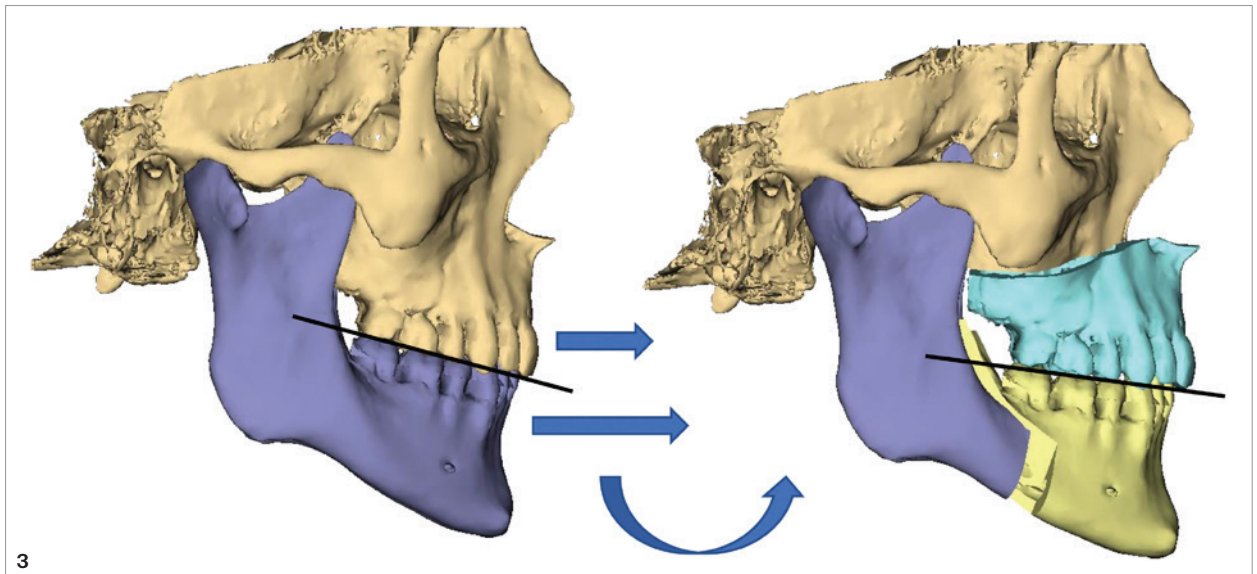


Abb. 3: Counterclockwise Rotation Advancement. Die maxillomandibuläre Vorverlagerungsoperation umfasst ein Advancement von Ober- und Unterkiefer mit counterclockwise Rotation der Kaufläche in der Seitenansicht von rechts.

3D-Atemwegsanalyse

Die virtuelle Atemwegsanalyse auf Basis einer dreidimensionalen Bildgebung (DVT oder CT) ermöglicht eine ursachenbezogene Diagnostik der pharyngealen Atemwege. Dabei wird zwischen statischen und dynamischen Atemwegsparametern unterschieden. Zu den statischen Untersuchungskriterien zählen das Gesamtvolumen des Pharynx (pharyngeal airway volume – PAV) und der kleinste Querschnitt (minimal cross-sectional area – mCSA). Der kleinste Querschnitt kann als Ventil der oberen Atemwege betrachtet werden, und ab einem Wert von $< 52 \text{ mm}^2$ besteht ein hohes OSAS-Risiko (Giralt-Hernando et al., 2021). Das Gesamtvolumen kann weiter in die Kompartimente Naso-, Oro- und Hypopharynx unterteilt werden (Veys et al., 2017). Mit der individuellen dreidimensionalen Atemwegsanalyse können die spezifischen Engstellen des Patienten analysiert und anschließend eine maßgeschneiderte digitale Behandlungsplanung erstellt werden (Abb. 2). Moderne KI-basierte Softwareprogramme werden in naher Zukunft auch in der Routineanwendung durch digitale Strömungsanalysen (computational fluid dynamics) dynamische Atemwegsparameter wie die dreidimensionale Strömungsgeschwindigkeit und Druckgradienten simulieren können (Campos et al., 2023).

Therapie des OSAS

Die Therapie des OSAS wird in symptomatische und kausale Behandlungsmethoden unterteilt. Die kontinuierliche Überdruckbeatmung (CPAP) ist die symptomatische Basistherapie beim OSAS. Das Therapieprinzip zur Verhinderung des Atemwegskollaps ist eine pneumatische Schie-

nung der Atemwege durch eine Überdruckbehandlung. Das große Problem der CPAP-Therapie besteht jedoch in der schlechten Compliance von nur 50 Prozent Nutzungsdauer während der Schlafzeit (Weaver & Grunstein, 2008). In Anbetracht der hohen Mortalität eines unzureichend behandelten OSAS ist dies ein sehr kritischer Faktor. Darüber hinaus muss betont werden, dass die CPAP-Therapie das anatomische Problem der engen pharyngealen Atemwege und der Kollapsibilität der oberen Atemwege nicht löst, sondern sogar verschlechtern kann. Der chronische Druck der CPAP-Maske auf den Gesichtsschädel kann zu einer Rückverlagerung von Ober- und Unterkiefer führen. Dadurch können die Atemwege sogar weiter verengt werden und sich das OSAS verschlechtern (Tsuda et al., 2010). Die Liste weiterer negativer Begleiterscheinungen einer CPAP-Therapie ist lang und umfasst die Belastung der Partnerschaft, die Austrocknung der Schleimhäute, Platzangst, Aerophagie und Geräuschbelästigung. In einer großen Metaanalyse konnte zudem gezeigt werden, dass die CPAP-Therapie das Risiko kardiovaskulärer Erkrankungen (wie Herzinfarkt oder Schlaganfall) und die Mortalität nicht senkt (Yu et al., 2017).

MMA

Die Umstellungsosteotomie zur Vorverlagerung von Ober- und Unterkiefer mit Rotation hingegen ist eine hochwirksame und sehr etablierte chirurgische Behandlungsmethode des OSAS und die einzige Therapieform mit kurativer Behandlungsintention. Die maxillomandibuläre Vorverlagerungsoperation (maxillomandibular advancement – MMA) und „Counterclockwise Rotation Advancement“ sind Synonyme dieser Operationsmethode. Bei der MMA werden

Ober- und Unterkiefer vorverlagert und die Okklusionsebene in der Seitenansicht von rechts gegen den Uhrzeigersinn rotiert (counterclockwise Rotation – CCW Rotation; Abb. 3). Dadurch kann der Unterkiefer ohne Okklusionsveränderung stärker vorverlagert werden als der Oberkiefer. Dies führt zu der nötigen Erweiterung des Zungengrund-Rachenhinterwand-Abstands (posterior airway space – PAS) und damit zur Expansion des Retroglossalraumes und des pharyngealen Atemvolumens.

Die Vorverlagerung des Ober- und Unterkiefers mit Rotation verringert zudem die Kollapsneigung der oberen Atemwege, indem die Weichgewebe gestrafft werden (Butterfield et al., 2015; Giralto-Hernando et al., 2019; Schendel et al., 2014; Tan et al., 2015). Ein Therapieerfolg durch die MMA ist definiert als eine mindestens 50-prozentige Verringerung des AHI auf mindestens unter 20/h. Von Heilung des OSAS wird gesprochen, wenn der AHI posttherapeutisch unter 5/h liegt (Zaghi et al., 2016). Die maxillomandibuläre Vorverlagerung mit Rotation hat eine hohe klinische Erfolgsrate mit einer langfristig stabilen und signifikanten Verbesserung des AHI. Eine

Metaanalyse mit einem Gesamtkollektiv von 627 Patienten ergab eine Erfolgsrate von 86 Prozent und eine Heilungsrate von 43 Prozent (Holty & Guilleminault, 2010). Die Auswertung eines eigenen Patientenkollektivs von 21 OSAS-Patienten ergab für die MMA eine Erfolgsrate von 94 Prozent und eine Heilungsrate von 67 Prozent.

Die MMA ist in der S3-Leitlinie „schlafbezogene Atmungsstörungen“ verankert und bei maxillärer oder mandibulärer Retrognathie, aber auch bei normognathen Patienten indiziert (Mayer et al., 2017; Abb. 4).

OSAS-Patienten sind in der Regel älter und haben mehr Begleiterkrankungen als klassische Dysgnathiepatienten. Dennoch ist die Rate schwerwiegender Komplikationen auch bei diesem Patientenkollektiv gering und sollte im Sinne einer Güterabwägung den gesundheitsschädlichen Folgen eines unzureichend behandelten OSAS gegenübergestellt werden (siehe oben). Die Auswertung eines eigenen Kollektivs von 63 OSAS-Patienten, die zwischen 2018 und 2022 mit einer MMA behandelt wurden, zeigt, dass die MMA eine sichere Therapiemethode ist. Die Mehrheit der Patienten (63 %) musste postoperativ nicht auf einer Intensiv- oder

Intermediate-Care-Station überwacht werden, sondern konnte vom Aufwachraum direkt auf die Normalstation verlegt werden (Ebker et al., 2023).

Digitale Behandlungsplanung in der Schlafapnoechirurgie

Die digitale Behandlungsplanung hat zahlreiche Vorteile gegenüber der konventionellen Planung. Ein präziser Planungs- und Behandlungsablauf ist die Grundlage für vorhersehbare und stabile Behandlungsergebnisse und eine hohe Patientenzufriedenheit. Der digitale Workflow umfasst folgende Schritte (Swennen et al., 2009):

- DVT oder CT des Gesichtsschädels des Patienten
- Verarbeitung der erfassten Bilddaten zu einem virtuellen 3D-Modell
- virtuelle 3D-Diagnostik der Ausgangssituation
- virtuelle 3D-Operationssplanung
- Kommunikation der Behandlungsplanung an den Patienten
- Übertragung der 3D-virtuellen Behandlungsplanung in den Operationssaal mithilfe von 3D-gedruckten Splinten oder Schablonen und Miniplatten
- 3D-virtuelle Bewertung des Behandlungsergebnisses



S3-LEITLINIE

S3 Leitlinie Nicht erholsamer Schlaf/Schlafstörung Kapitel „Schlafbezogene Atmungsstörungen bei Erwachsenen“

AWMF-Register Nr.

063/001

Klasse

S3

Osteotomien zur Vorverlagerung von Ober- und Unterkiefer (maxillo-mandibuläres Advancement) vergrößern den pharyngealen Atemweg und erhöhen dadurch den pharyngealen Muskeltonus. Beide Effekte reduzieren die Kollapsibilität des Pharynx synergistisch. Sie können bei **angeborenen Fehlbildungen** (u. a. Pierre-Robin-Sequenz, Crouzon- Syndrom, Apert-Syndrom) oder bei anatomischen Besonderheiten der oberen Atemwege wie **Mikrogenie** (kleinem Unterkiefer), **mandibulärer Retrognathie** (Rücklage des Unterkiefers in Relation zur vorderen Schädelbasis) und dem damit verbundenen engen sagittalen Gesichtsschädelaufbau, jedoch **auch bei normognathen Patienten eine hocheffektive Therapie der OSA darstellen**.

Abb. 4: Auszug aus der S3-Leitlinie „Schlafbezogene Atmungsstörungen“. Die MMA wird in der Leitlinie als hocheffektive Therapiemethode bei Patienten mit Retrognathie, aber auch bei normognathen Patienten eingestuft.

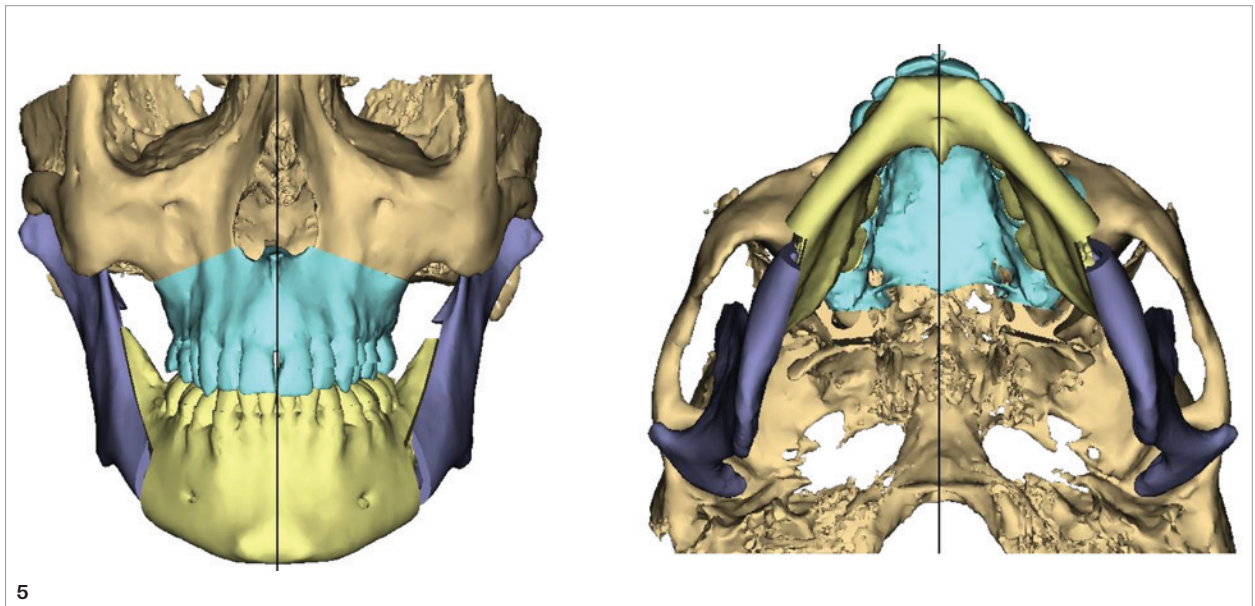


Abb. 5: Symmetrische dreidimensionale Ausrichtung des maxillomandibulären Komplexes. Die 3D-Planung ermöglicht die präzise Positionierung in allen drei Raumrichtungen. Durch Translations- und Rotationsbewegungen werden der Ober- und der Unterkiefer in der Frontal-, Horizontal- und Sagittalebene symmetrisch eingestellt.

Die virtuelle chirurgische Behandlungsplanung hat einen hohen Stellenwert in der Dysgnathiechirurgie erreicht und bietet gegenüber der konventionellen Modelloperation im Artikulator zahlreiche Vorteile (Alkhayer et al., 2020). Die digitale dreidimensionale Analyse hat die Genauigkeit der individuellen kephalometrischen Ausgangsanalyse sowohl bei Routinefällen als auch bei komplexen Fällen von dento-fazialen Deformitäten deutlich verbessert (Schneider et al., 2019). Ein wesentlicher Vorteil der 3D-Planung ist die präzise dreidimensionale Ausrichtung des maxillomandibulären Komplexes in Relation zum Mittelgesicht (Abb. 5). Durch Translations- und Rotationsbewegungen werden die in der Zielokklusion verschlüsselten Kiefer in der Frontal-, Horizontal- und Sagittalebene symmetrisch eingestellt. Dadurch kann ein neues Niveau an Symmetrie erreicht werden, das durch die klassische Modelloperation nicht erlangt werden kann.

Die virtuelle Planung der Osteotomielinien hat zudem die Sicherheit und Genauigkeit der Operation entscheidend verbessert, da wichtige anatomische Strukturen wie Zahnwurzeln und Nervverläufe segmentiert und visualisiert werden können (Choi et al., 2019). Die geführte Chirurgie durch individuelle Schablonen und Miniplatten haben die Übertragung der Operationsplanung in den Operationssaal mit beispielloser Vorhersagbarkeit und Präzision revolutioniert (Ebker et al., 2022). Die Genauigkeit der chirurgischen Übertragung von der Planung zum Operationsergebnis liegt bei etwa 1 mm (Kim et al., 2019). Darüber hinaus wird durch die virtuelle Planung und den patientenspezifischen Transfer die Stabilität der internen Fixation optimiert, da Osteo-

syntheschrauben exakt in den Bereichen mit dem günstigsten Knochenlager positioniert werden können (Abb. 6). Ein weiterer entscheidender Vorteil der virtuellen Planung liegt in der transparenten Kommunikation mit dem Patienten. Die Computersimulation ermöglicht die Visualisierung der knöchernen Bewegungen und der Veränderung des Weichteilprofils mit Integration eines 3D-Fotos. Der Planungsreport kann dem Patienten entweder in der Sprechstunde demonstriert oder als Zusammenfassung übermittelt werden. Bei Bedarf können Änderungen der chirurgischen Bewegungen vorgenommen werden. Der Patient hat somit die Möglichkeit, aktiv an seiner eigenen Behandlungsplanung mitzuwirken und seine eigenen Wünsche einfließen zu lassen.

Transfer der OP-Planung

Grundsätzlich konnte gezeigt werden, dass die virtuelle Operationsplanung im Vergleich zur konventionellen Modelloperation zu einer höheren Übertragungsgenauigkeit führt (Gateno et al., 2003). Dabei existieren verschiedene Techniken, die OP-Planung im OP zu transferieren (Abb. 7). Bei der Doppelsplinttechnik werden Ober- und Unterkiefer sequenziell mobilisiert und über einen Intermediär- bzw. einen Zielsplint in der neuen Position fixiert. Bei Verwendung einer patientenindividuellen Miniplatte wird der jeweilige Kiefer ohne Splint („waferless“) über die Vorbohrungen mit der Bohr- und Sägeschablone neu positioniert und der Gegenkiefer mit einem Zielsplint eingestellt. Wird komplett ohne Splint operiert, werden beide Kiefer mittels patientenspezifischer Miniplatten umgestellt.

OP-Technik

Im Folgenden wird die OP-Technik unter Verwendung einer patientenindividuelle Miniplatte für den Oberkiefer und eines Zielsplints für den Unterkiefer in einer Maxilla-first-Sequenz beschrieben. Die maxillomandibuläre Vorverlagerungsoperation wird unter Vollnarkose durchgeführt. Nach einer vestibulären Schnittführung werden der Oberkieferknochen dargestellt und ein patientenspezifischer Guide eingebracht. Basierend auf der individuellen Anatomie des Oberkiefers kann diese im Titan-3D-Druckverfahren hergestellte Schablone (Materialise) präzise positioniert und mit Fixationsschrauben am Knochen befestigt werden (Abb. 8). Die Löcher für die spätere patientenspezifische Miniplatte werden vorgebohrt und die Linien der Le-Fort-I-Osteotomie mit einer piezoelektrischen Säge markiert. Nach Entfernung der Schablone werden die Osteotomien komplettiert, die Downfracture durchgeführt und der Oberkiefer mobilisiert. Nach Beseitigung der knöchernen Interferenzen wird die patientenindividuelle Miniplatte (Materialise) mit entsprechenden Schrauben in den vorgebohrten Löchern fixiert und der Oberkiefer damit präzise in die virtuell geplante Position verlagert. Anschließend erfolgen der Wechsel zum Unterkiefer und die Durchführung einer standardmäßigen bilateralen sagittalen Spaltosteotomie (BSSO) nach Hunsuck-Epker. Das zahntragende Segment des Unterkiefers wird über einen ebenfalls 3D-gedruckten finalen Splint eingestellt und die Osteosynthese mit konventionellen 4-Loch-Miniplatten (KLS Martin) durchgeführt. Am Tag nach der Operation werden leichte Führungsgummis an den Brackets oder transgingivalen Schrauben eingebracht, um die postoperative neuromuskuläre Anpassung zu unterstützen und den Unterkiefer ruhigzustellen. Die Patienten erhalten vier Wochen lang weiche Kost.

„Atemphysiologische Aspekte sollten in der kieferorthopädischen Behandlungsplanung im Sinne der Primärprävention des OSAS eine zentrale Rolle spielen. Neben der Herstellung einer Normokklusion, der Nachhaltigkeit der Behandlungsergebnisse, der Harmonisierung des Gesichtsprofs und der dentalen Ästhetik sollte die Verbesserung der Atmung ein zentrales Element jedes kieferorthopädischen Therapieplans sein.“

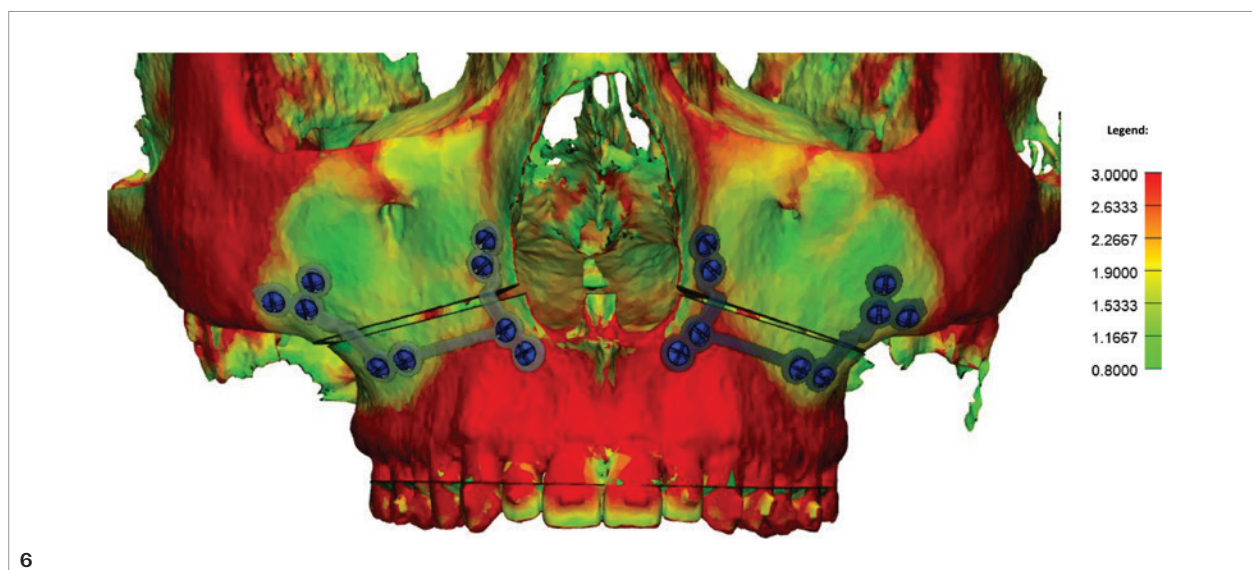


Abb. 6: Knochendicke im Bereich des Oberkiefers und des Mittelgesichts. Anhand einer Heatmap können die Pfeiler des Gesichtsschädels visualisiert und die Osteosyntheseschrauben in den Zonen mit den günstigsten Lagerbedingungen inseriert werden.

Atemphysiologische Gesichtspunkte in der kieferorthopädischen Behandlungsplanung

Atemphysiologische Aspekte sollten in der kieferorthopädischen Behandlungsplanung im Sinne der Primärprävention des OSAS eine zentrale Rolle spielen. Neben der Herstellung einer Normokklusion, der Nachhaltigkeit der Behandlungsergebnisse, der Harmonisierung des Gesichtsprofils und der dentalen Ästhetik sollte die Verbesserung der Atmung ein zentrales Element jedes kieferorthopädischen Therapieplans sein. Maxilläre Anomalien, die ein OSAS begünstigen, sind ein transversales maxilläres Defizit mit einem hohen Gaumen und eine maxilläre Hypoplasie (Koaban et al., 2024). Ein enger Gaumen bietet keinen Platz für eine physiologische Zungenruhelage am vorderen Gaumen und verdrängt die Zunge nach kaudodorsal. Zudem inseriert die naso- und velopharyngeale Muskulatur an der Spina nasalis posterior und dem Hartgaumen. Eine Ventralentwicklung dieser anatomischen Strukturen führt zu einer Vorverlagerung des Weichgaumens und der Zunge und damit zu einer Erweiterung der pharyngealen Atemwege (Koaban et al., 2024). Risikofaktoren im Bereich des Unterkiefers sind eine transversale mandibuläre Enge sowie eine mandibuläre Retrognathie. Dadurch werden die Mm. genioglossus, palatoglossus und palatopharyngeus in ihrer öffnenden Wirkung auf alle Dimensionen der pharyngealen Atemwege eingeschränkt (Koaban et al., 2024). Zudem sind ein vertikales Wachstumsmuster und eine Steilstellung der Okklusionsebene Risikofaktoren für die Entwicklung obstruktiver nächtlicher Atmungsstörungen (Koaban et al., 2024).

Die hohe und steigende Prävalenz schlafbezogener Atmungsstörungen hängt mit der Entwicklungsbiologie des Menschen, der heutigen Ernährungsweise sowie der steigenden Prävalenz von Adipositas aufgrund eines Kalorienüberschusses (mangelnde Bewegung und hoher Konsum kalorienreicher Nahrung) zusammen. Durch die Verbreitung industriell verarbeiteter weicher Nahrung werden Kieferfehlentwicklungen weiter begünstigt. Das Größenwachstum des Gehirns und die Entwicklung des Neurokraniums wurden in der Phylogenese des Homo sapiens durch die Konsumierung auf dem Feuer gegarter Lebensmittel ermöglicht. Die Zufuhr verarbeiteter Nahrung führt zu einer geringeren Belastung der Kieferknochen, und damit wird der Weg zu einer reduzierten Längenentwicklung von Ober- und Unterkiefer geebnet (Gibbons, 2019). Die heutige Ernährungsweise begünstigt also die Entwicklung enger pharyngealer Atemwege und damit schlafbezogener Atmungsstörungen.

Ein weiterer relevanter Risikofaktor ist zudem die chronische Mundatmung, die zu einer kraniofazialen Entwicklungsstörung führen kann (Keleş et al., 2025). Eine ungestörte Nasenatmung stellt die physiologische Atmungsform dar. Eine überwiegende Mundatmung ist unphysiologisch. Dabei sind die zugrunde liegenden ätiologischen Faktoren vielfältig. Bei der obstruktiven Mundatmung ist eine strukturelle Nasenatmungsbehinderung (z.B. adenoide Vegetationen) ursächlich (Koaban et al., 2024). Der habituellen Mundatmung liegen Habits oder eine gestörte Lippenhaltung zugrunde. Die anatomische Mundatmung resultiert

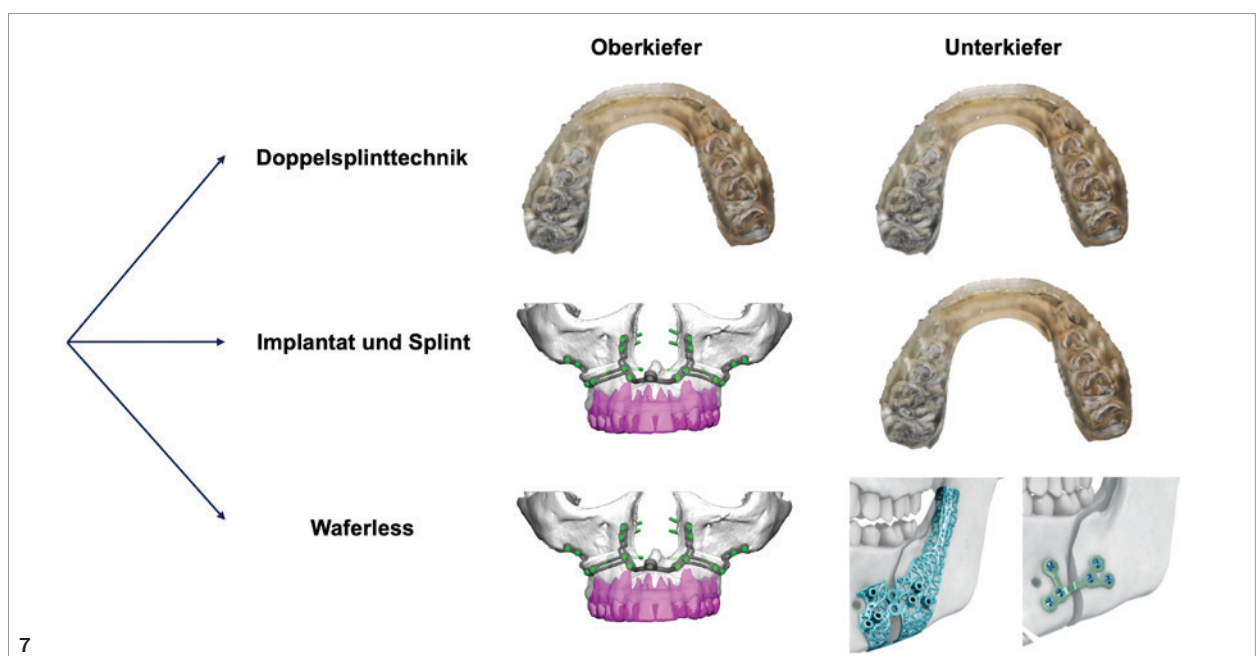


Abb. 7: Techniken zum Transfer der digitalen OP-Planung. Die virtuelle Planung wird entweder unter Verwendung patientenspezifischer Miniplatten (Implantat) oder mithilfe 3D-gedruckter Splinte (mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. Axel Bumann, Mesantis 3D Dental-Radiologium Berlin) im OP übertragen.

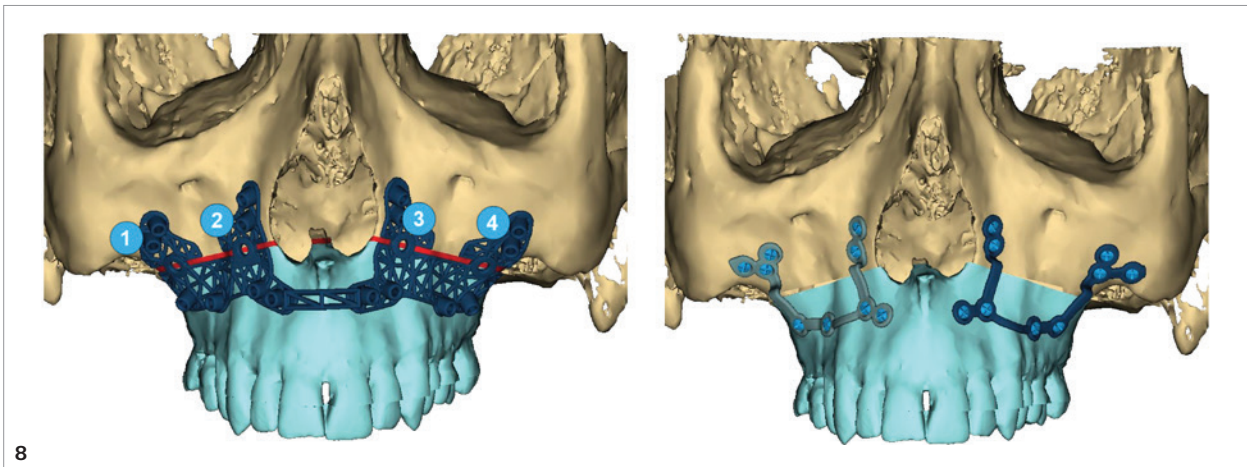


Abb. 8: Patientenspezifischer Transfer der OP-Planung. Mit einer Schablone werden die Löcher für die patientenspezifische Miniplatte vorgebohrt und die Linien der Le-Fort-I-Osteotomie markiert (links). Durch die Fixation mit der personalisierten Miniplatte wird der Oberkiefer nach der Mobilisation präzise in die geplante Position gebracht (rechts).

aus einer Lippeninkompetenz, einem Ankyloglosson oder der maxillären vertikalen Hyperplasie. Die resultierende tiefe Zungenlage im Mundboden begünstigt dentale und skelettale Fehlentwicklungen (Kim et al., 2025). Einerseits fehlt die Stemmwirkung der Zunge zur lateralen, anterioren und kranialen Entwicklung des Oberkieferzahnboogens und des Hartgaumens im Sinne der funktionellen Matrix. Dadurch kann ein Teufelskreis angeschoben werden, da eine schmale Maxilla ihrerseits zu einer strukturellen Nasenatmungsbehinderung führen kann (Keleş et al., 2025). Andererseits begünstigt eine tiefe Zungenlage ein viszerales Schluckmuster mit dem Risiko eines anterior offenen Bisses sowie die Entwicklung einer mandibulären Prognathie. Die fehlende Stempelwirkung der Zunge kann zudem eine Kaudalentwicklung der Maxilla mit einem „Long face Syndrom“ begünstigen. Ist die Kopplung von Ober- und Unterkiefer über die Okklusion erst einmal aufgehoben, schreitet der Ausprägungsgrad einer Fehlstellung fort.

Hieraus lassen sich wichtige Aspekte für die kieferorthopädische Prävention schlafbezogener Atmungsstörungen insbesondere in der Frühbehandlung ableiten:

- frühzeitige Diagnostik funktioneller und struktureller Fehlentwicklungen (z.B. Zungenruhelage, Schluckmuster)

- frühzeitige und konsequente Förderung des Breiten- und Längenwachstums von Ober- und Unterkiefer (Koaban et al., 2024) zur Expansion der Zahnbögen (z.B. Maßnahmen zur maxillären Protraktion ggf. mit extraoraler Abstützung, Klasse II-Behandlung mittels Herbstscharnier, kieferorthopädische oder chirurgisch unterstützte Gaumennahterweiterung, mediane Distraction des Unterkiefers etc.)
- kritische Indikationsstellung für Zahnextraktionen. Zahnextraktionen können zur Konstriktion der Zahnbögen und konsekutiv zur Verdrängung der Zunge in den Mundboden und nach dorsal führen. Stattdessen sollten unter atemphysiologischen Gesichtspunkten o.g. Behandlungsmaßnahmen zur Expansion der Zahnbögen favorisiert werden.

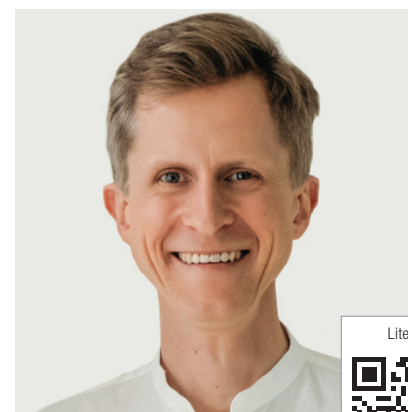
Eine Förderung der sagittalen Ober- und Unterkieferentwicklung hat positive Effekte auf Zungengrund, Weichgaumen und die Position des Zungenbeins (Os hyoideum).

Zusammenfassung

Die chirurgische Behandlung des OSAS durch die MMA ist die einzige kurative Therapie dieses schweren Krankheitsbildes. Angesichts der hohen Morbidität und Mortalität des OSAS sollte die

MMA mit jedem betroffenen Patienten diskutiert werden. Die modernen Technologien der virtuellen Behandlungsplanung und des patientenspezifischen Transfers bieten dabei exzellente Hilfsmittel zur transparenten und präzisen Umsetzung dieser operativen Therapie. Zudem ist die Wichtigkeit der Atmung als zentrale Säule der kieferorthopädischen Behandlungsplanung im Sinne der Primärprävention zu betonen.

1 MKG am Kaiserdamm, Kaiserdamm 13, 14057 Berlin



Dr. med. Dr. med. dent.

Tobias Ebker, MHB A1

ebker@mkg-kaiserdamm.de
www.mkg-kaiserdamm.de

Literatur



Präzise Kontrolle von Rotation, Angulation und Torque

Anwenderbericht: Dr. Bashar Muselmani berichtet über seine Erfahrungen mit dem Damon Ultima™ Bracketsystem.



Abb. 1: Vergleich zwischen Damon Q Bracket und DAMON ULTIMA™ Bracket. – **Abb. 2:** Darstellung der vier permanenten Kontaktpunkte.

Einleitung und Hintergrund

Seit der Einführung elastomerer Module in den 1970er-Jahren hat sich die kieferorthopädische Brackettechnologie stetig weiterentwickelt. Elastomere Ligaturen ersetzen Drahtligaturen, da sie einfacher und schneller zu handhaben sind und zudem als Ketten zur Schließung oder Stabilisierung intraarchaler Lücken dienen können.³ Parallel dazu wurden verschiedene selbstligierende Mechanismen entwickelt, bei denen der Drahtbogen mithilfe integrierter Clips oder Kappen im Bracket gehalten wird. Heutzutage existieren drei Haupttypen: federnde Verschlusskappen, flexible Halteklammern und starre Verriegelungskappen. Der entscheidende Vorteil selbstligierender Brackets liegt in der geringeren Reibung zwischen Draht und Bracket, da der Bogen nicht gegen die Bracketbasis gedrückt wird, wie es bei herkömmlichen Ligaturen der Fall ist.⁶

Selbstligierende Brackets lassen sich in aktive und passive Systeme unterteilen. Aktive Systeme nutzen einen Federclip, der aktiv Druck auf den Drahtbogen ausübt, während passive Systeme keinen aktiven Druck ausüben.⁵ Studien zeigen, dass aktive Brackets bei dünneren Bögen eine bessere Kontrolle des Torques ermöglichen könnten und potenziell eine verbesserte bukkolinguale Ausrichtung bieten.²

Vergleichende Studien und klinische Vorteile

In-vitro-Studien bestätigen die Überlegenheit selbstligierender Brackets gegenüber konventionellen Systemen: Elastische Ligaturen behindern die Zahnbewegung während der Nivellierungsphase, während selbstligierende Brackets vergleichsweise niedrige Reibungswerte aufweisen – ähnlich wie leicht geöffnete Stahlligaturen. Insgesamt führen SLB zu schnelleren Behandlungsergebnissen als klassi-



Abb. 3: Der DAMON ULTIMA™ Bogen in der Kombinationsausführung.

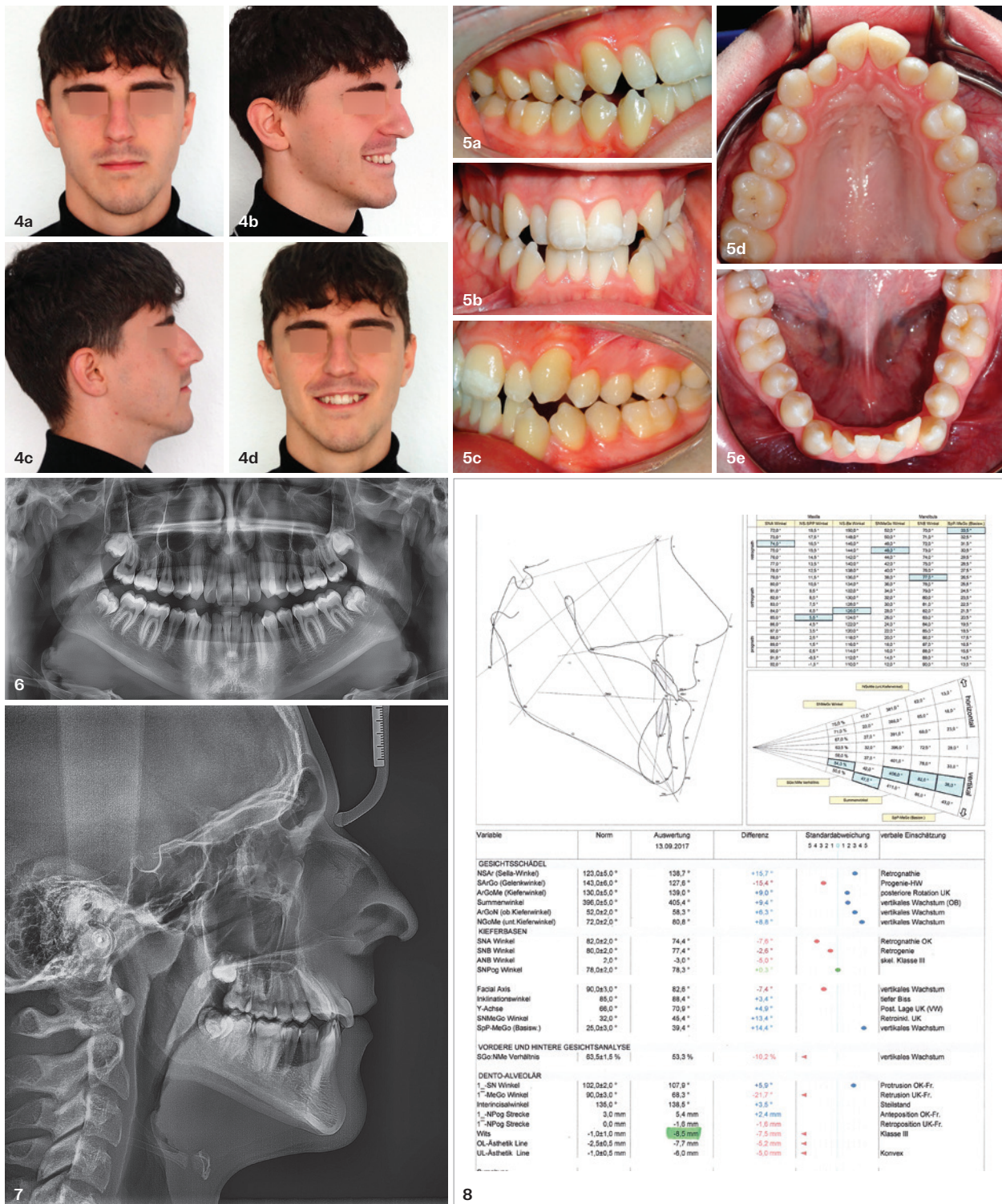


Abb. 4a-d: Extraorale Aufnahmen vor Beginn der Behandlung. – **Abb. 5a-e:** Intraorale Aufnahmen vor Beginn der Behandlung. – **Abb. 6:** Orthopantomogramm zu Behandlungsbeginn. – **Abb. 7:** Fernröntgenseitenbild. – **Abb. 8:** Kephalometrische Auswertung.

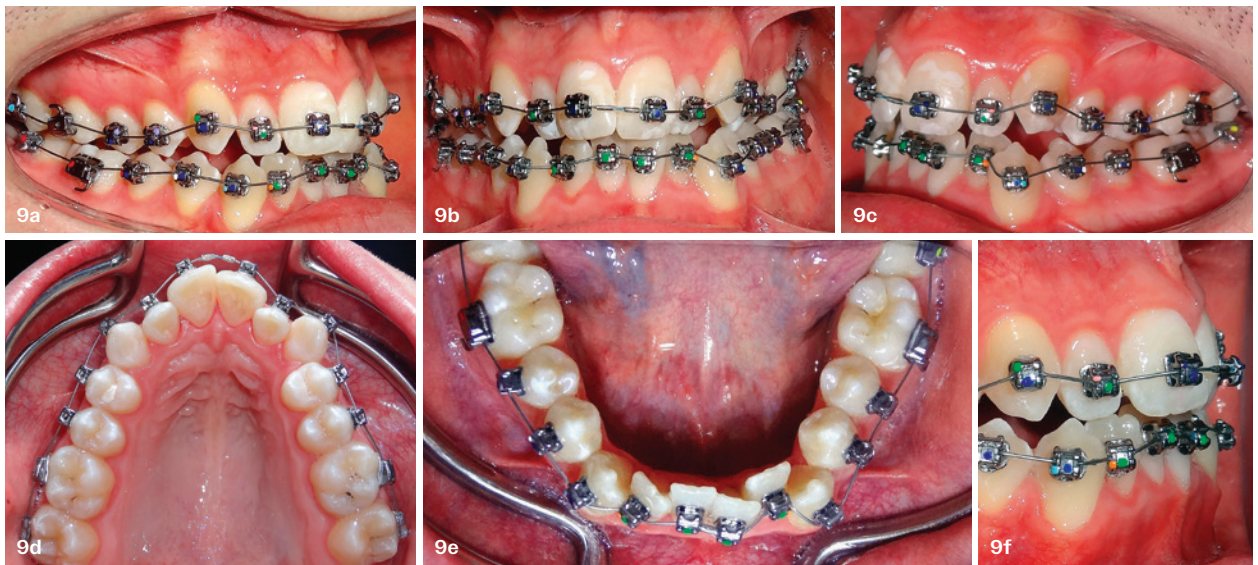


Abb. 9a–f: Intraorale Aufnahmen nach Bebänderung.

sche Brackets mit Elastikligaturen.⁴ Darüber hinaus reduziert sich die Behandlungszeit durch den Wegfall manueller Ligaturen geringfügig.¹

Eine Studie mit einem eigens entwickelten Typodont-System verglich mehrere Bracketssysteme, darunter Damon®2, Damon® Q, In-Ovation® R, Speed™, Time® 2, SmartClip™, Clarity™ und Mini-Diamond™. Die Ergebnisse zeigten, dass die Damon-Brackets die geringsten Friktionskräfte aufwiesen. Passive Gleitmechanismen, wie sie im Damon-System eingesetzt werden, gelten somit „hinsichtlich der Friktion als die effektivsten“.⁵

Neueste Entwicklungen: Das DAMON ULTIMA™ System

Mit dem DAMON ULTIMA™ System, entwickelt von Dr. Dwight Damon, beginnt ein neues Kapitel in der modernen Kieferorthopädie. Es handelt sich um das erste vollständig integrierte kieferorthopädische Behandlungssystem, das gezielt für ein schnelleres und hochpräzises Finishing konzipiert wurde.

Erstmals können die in den Brackets programmierten biomechanischen Parameter exakt auf die Zähne übertragen werden.² Kern des Systems ist ein

parallelogrammförmiger Slot in den Brackets, der in Kombination mit dem neuen, seitlich abgerundeten Vierkantbogen – dem patentierten DAMON ULTIMA™ Bogen – eine präzise Interaktion an vertikalen und horizontalen Kontaktpunkten ermöglicht (Abb. 1+2).⁷ Bereits mit dem ersten DAMON ULTIMA™ Bogen wird eine frühzeitige Rotationskontrolle ermöglicht.

Die vollständige Übertragung der Bracketwerte (Torque und Angulation) erfolgt ab dem Einsatz des zweiten DAMON ULTIMA™ Bogens (.016 x .0275 CuNiTi) unter Anwendung sanfter Kräfte (Abb. 3).

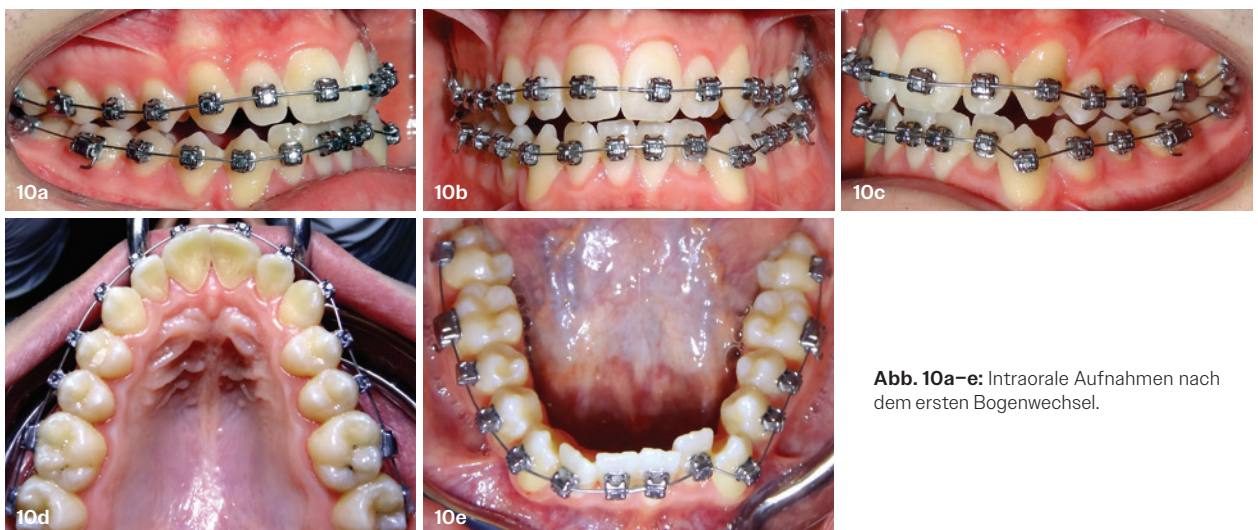


Abb. 10a–e: Intraorale Aufnahmen nach dem ersten Bogenwechsel.

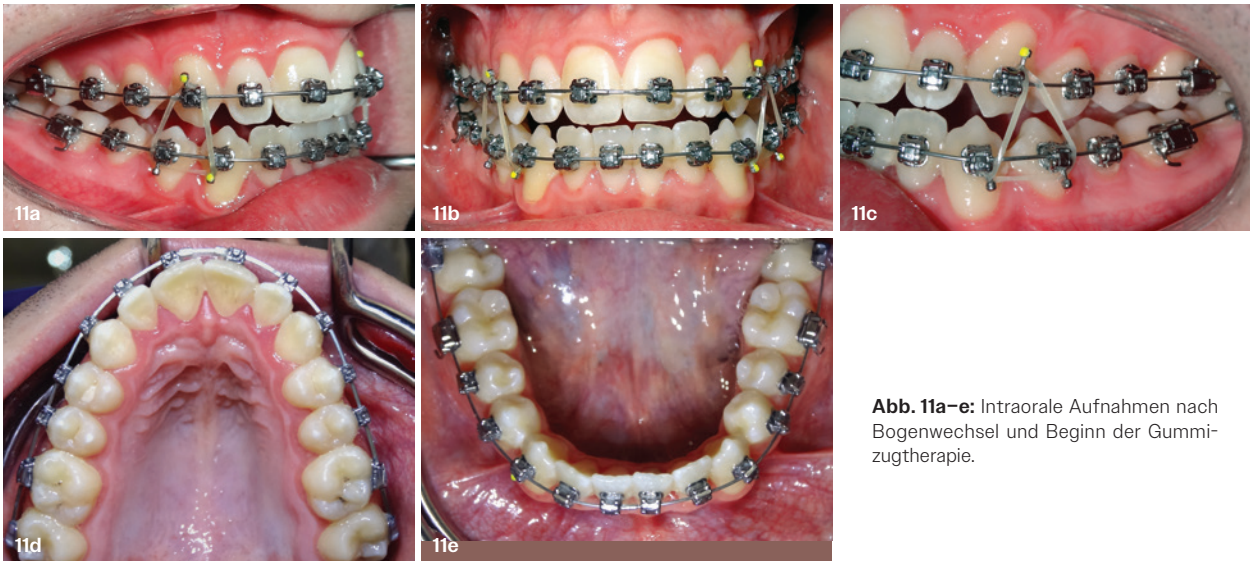


Abb. 11a-e: Intraorale Aufnahmen nach Bogenwechsel und Beginn der Gummizugtherapie.

Klinisches Fallbeispiel 1

Patientenanamnese

Patient: K. A., Alter: 17 Jahre, 1 Monat

Der Patient stellte sich gemeinsam mit seinen Eltern zur Beratung über eine alternative kieferorthopädische Behandlungsmöglichkeit vor.

Er war bereits in einer anderen Praxis über einen Zeitraum von zwei Jahren kieferorthopädisch behandelt worden, unter anderem mit einer Gaumennahterweiterung (GNE).

Im weiteren Behandlungsplan der ersten Praxis waren die Extraktionen der Zähne 14, 24, 34 und 44 vorgesehen, was die Eltern jedoch ablehnten.

Diagnose (Abb. 4-8)

Beim Diagnosetermin in unserer Praxis konnten folgende Befunde festgestellt werden:

- Skelettale Klasse III

- Bilateraler seitlicher Kreuzbiss
- Schmäler Ober- und Unterkiefer mit Engständen im Front- und Eckzahn-bereich
- Mittellinierverschiebung nach links
- Kompetenter Lippenschluss
- Konvexes Gesichtsprofil
- Fernröntgenanalyse
- SNA-Winkel: $74,4^\circ$ (Differenz $-7,6^\circ$; Hinweis auf Retrognathie des Oberkiefers)
- SNB-Winkel: $77,4^\circ$ (Differenz $-2,6^\circ$; leichte Retrognathie des Unterkiefers)
- ANB-Winkel: $-3,0^\circ$ (Differenz $-5,0^\circ$; Skelettale Klasse III)
- Wits-Analyse: $-8,5$ mm (Differenz $-7,5$ mm; Skelettale Klasse III)
- Starke Retrusion der unteren Inzisiven zur Me-Go-Linie mit $-21,7^\circ$

Behandlungsverlauf

Die Beklebung erfolgte vollständig im Ober- und Unterkiefer.

Torqueauswahl:

Die Torquewerte wurden wie folgt gewählt:

- 13, 23, 33, 43: High Torque (h.Tq)
- 12, 22, 31, 32, 41, 42: Low Torque (l.Tq)
- 11, 21: Standard Torque (st.Tq)

1. Termin – 4.5.2022 (Abb. 9)

Zu Beginn der Nivellierungsphase wurden in beiden Kiefern .013" CuNiTi-Bögen eingesetzt und einligiert (Abb. 9).

2. Termin – 22.6.2022 (Abb. 10)

Bogenwechsel:

- Oberkiefer: Wechsel auf einen .018" CuNiTi-Bogen.
- Unterkiefer: Wechsel auf einen .014" CuNiTi-Bogen.

Bemerkung: Durch den Einsatz des .018" CuNiTi-Bogens im Oberkiefer konnte eine deutliche Nivellierung innerhalb kürzerer Zeit erzielt werden (Abb. 10).

„In-vitro-Studien bestätigen die Überlegenheit selbstligierender Brackets gegenüber konventionellen Systemen: Elastische Ligaturen behindern die Zahnbewegung während der Nivellierungsphase, während selbstligierende Brackets vergleichsweise niedrige Reibungswerte aufweisen – ähnlich wie leicht geöffnete Stahlligaturen.“

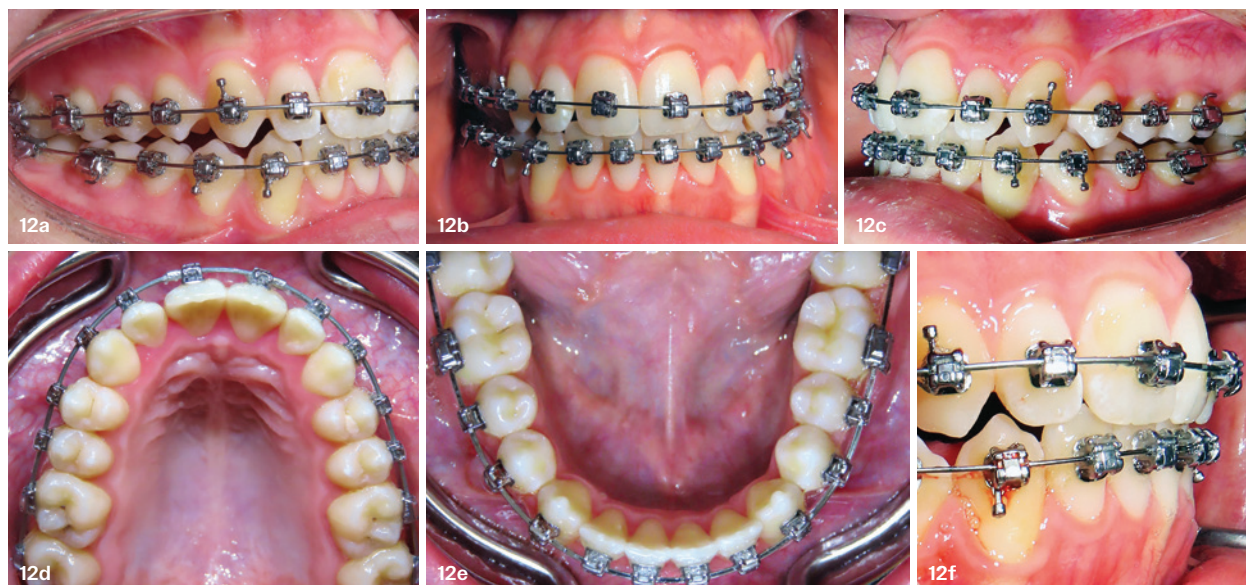


Abb. 12a–f: Intraorale Aufnahmen nach weiterem Bogenwechsel.

3. Termin – 23.7.2022 (Abb. 11)

Abbildung 11 zeigt die intraoralen Aufnahmen nach dem Bogenwechsel und dem Beginn der Gummizugtherapie.

Bogenwechsel:

- Oberkiefer: Wechsel auf einen .0140" x .0275" CuNiTi-DAMON ULTIMA™ Bogen („Combo Wire“ – erste Dimension der Ultima-Bögen).
- Unterkiefer: Einligierung eines .018" CuNiTi-Bogens.

Zusätzliche Maßnahmen: Beginn mit vertikalen Gummizügen (Größe 1/8", 3–1/2 Oz Vertikal) zur Unterstützung der Okklusion im Bereich:

- 13/33
- 34
- 23/43
- 44

4. Termin – 3.9.2022

Behandlungsbeobachtung:

- Nach der Verwendung des ersten DAMON ULTIMA™ Bogens zeigte sich eine deutliche Verbesserung der Rotationen und Angulationen im Ober- und Unterkiefer.
- Der weitere Behandlungsverlauf erfolgt mit der Ultima-Bogensequenz zur präziseren Kontrolle von Torque, Rotation und Angulation.

5. Termin – 8.10.2022 (Abb. 12)

Bogenwechsel:

- Oberkiefer: Wechsel auf .0160" x .0275" Edelstahlbogen (SST).
- Unterkiefer: Wechsel auf .0140" x .0275" CuNiTi DAMON ULTIMA™ Bogen.

Zwischenbefund (Abb. 13)

Im Rahmen der Zwischenkontrolle wurden folgende diagnostische Maßnahmen durchgeführt (Abb. 13):

- Abformungen zur Erstellung von Modellen für den Vergleich mit dem Anfangsbefund.
- Anfertigung eines neuen Orthopantomogramms (OPT) und einer neuen

Termin	Maßnahme	Besonderheit	Abbildungen
4.5.2022	Erstbeklebung; Einligieren von .013" CuNiTi-Bögen	Beginn der Nivellierung	Abb. 9a–f
22.6.2022	Bogenwechsel: OK: .018" CuNiTi, UK: .014" CuNiTi	Schnelle Nivellierung im OK	Abb. 10a–e
23.7.2022	Bogenwechsel: OK: .0140" x .0275" CuNiTi DAMON ULTIMA™, UK: .018" CuNiTi; Beginn vertikaler Gummizüge	Unterstützung der Okklusion mit Elastics	Abb. 11a–e
3.9.2022	Beurteilung: Deutliche Verbesserung der Rotation/Angulation nach erstem Ultima-Bogen	Beginn der weiteren Ultima-Bogensequenz	—
8.10.2022	Bogenwechsel: OK: .0160" x .0275" SST, UK: .0140" x .0275" CuNiTi DAMON ULTIMA™	Fortsetzung der Feinkorrektur	Abb. 12a–f

Tab. 1: Behandlungsverlauf (Termin 1–5).

Fernröntgenseitenaufnahme (FRS) zur Beurteilung des Therapieerfolgs.

6. Termin – 14.12.2022 (Abb. 14)

Abbildung 14 zeigt die intraoralen Aufnahmen nach dem Bogenwechsel, der wie folgt durchgeführt wurde.

Bogenwechsel:

- Oberkiefer: Wechsel auf .018" x .0275" CuNiTi-Bogen.
- Unterkiefer: Wechsel auf .016" x .0275" Edelstahlbogen (SST).

7. Termin – 22.4.2023 (Abb. 15)

Bogenwechsel:

- Oberkiefer: Wechsel auf .018" x .0275" TMA-Bogen.
- Unterkiefer: Wechsel auf .018" x .0275" CuNiTi-Bogen.

Zusätzliche Maßnahmen: Der Patient setzte weiterhin vertikale Gummizüge ein.

8. Termin – 25.6.2023 (Abb. 16)

Bogenwechsel:

- Oberkiefer: Wechsel auf .018" x .0275" TMA-Bogen.
- Unterkiefer: Wechsel auf .018" x .0275" TMA-Bogen.

Zusätzliche Maßnahmen:

- Umklemmung der Zähne 12 und 22.
- Der Patient setzte weiterhin vertikale Gummizüge in beiden Kiefern im Bereich 13/43, 44 und 23/33, 43 ein.
- Zusätzlich trug der Patient Cross-Elastics Gummizüge, um den Kreuzbiss im Seitenzahnggebiet zu korrigieren (Abb. 16a-c).

Klasse III-Gummizüge – Behandlungsphase (Abb. 17)

Im Rahmen der Behandlung wurden Klasse III-Gummizüge zwischen den Unterkieferreckszähnen und den oberen ersten Molaren eingehängt. Diese Phase der Behandlung beinhaltete das Tragen von 3/16 (4,76 mm) 6 Oz. Gummizügen, um eine stabile Klasse I-Okklusion zu erreichen und den Einfluss des Klasse III-Wachstumstyps zu korrigieren.

Anmerkungen zu Verlauf und Maßnahmen:

- Vertikale Gummizüge und Klasse III-Gummizüge wurden ab den entsprechenden Terminen genutzt, um die Okklusion zu stabilisieren und das Wachstum zu beeinflussen.
- Umkleben der Zähne 12 und 22 sowie der Einsatz von Cross-Elastics Gummizügen zur Korrektur des Kreuzbisses wurden zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt.

Termin 9 – 26.8.2023 (Abb. 18)

Die aktive Behandlungsphase wurde abgeschlossen. Die Brackets im Oberkiefer (OK) und Unterkiefer (UK) wurden entfernt. Im Unterkiefer (UK, Zähne 33–43) wurde ein permanenter lingualer Retainer eingesetzt.

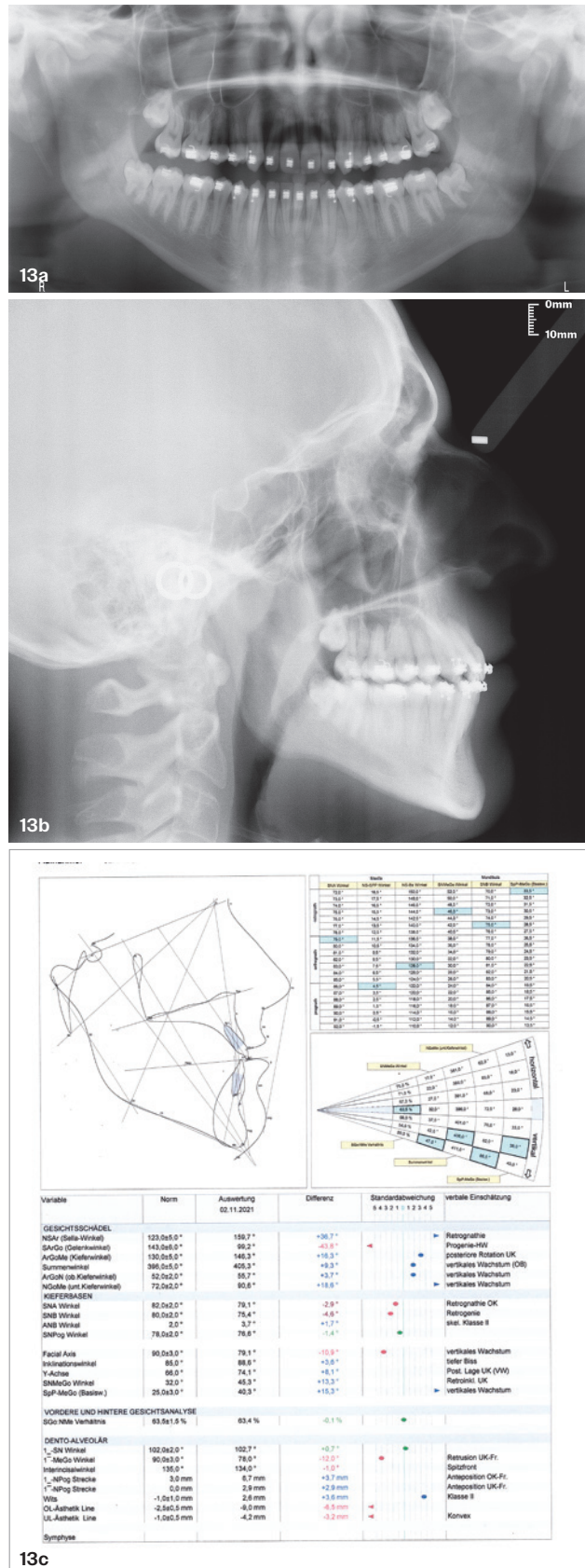


Abb. 13a-c: Orthopantomogramm (a), Fernröntgenseitenbild (b), cephalometrische Auswertung (c).



Abb. 14a-e: Intraorale Aufnahmen nach erneutem Bogenwechsel. – **Abb. 15a-e:** Weitere intraorale Aufnahmen im Behandlungsverlauf. – **Abb. 16a-c:** Anwendung von Cross-Elastics-Gummizügen

Bereits einen Tag später trug der Patient Retentionsschienen im Ober- und Unterkiefer.

Abschlussunterlagen (Modelle, Röntgenaufnahme und Fotos) wurden erstellt und ausgewertet.

Die Endergebnisse sind in Abbildung 18a-i dargestellt.

Diskussion

Das Alignment, die Nivellierung sowie die Einstellung der Klasse I benötigten in diesem Fall etwa 15 Monate aktive Behandlungszeit.

Die klinischen Aufnahmen und die kephalometrischen Analysen zeigen

deutliche und rasche Veränderungen zwischen Behandlungsbeginn und -ende. Die kephalometrischen Werte sind dabei von besonderer Bedeutung, wie sich deutlich anhand des Vergleichs der drei Behandlungsphasen erkennen lässt (Abb. 20).

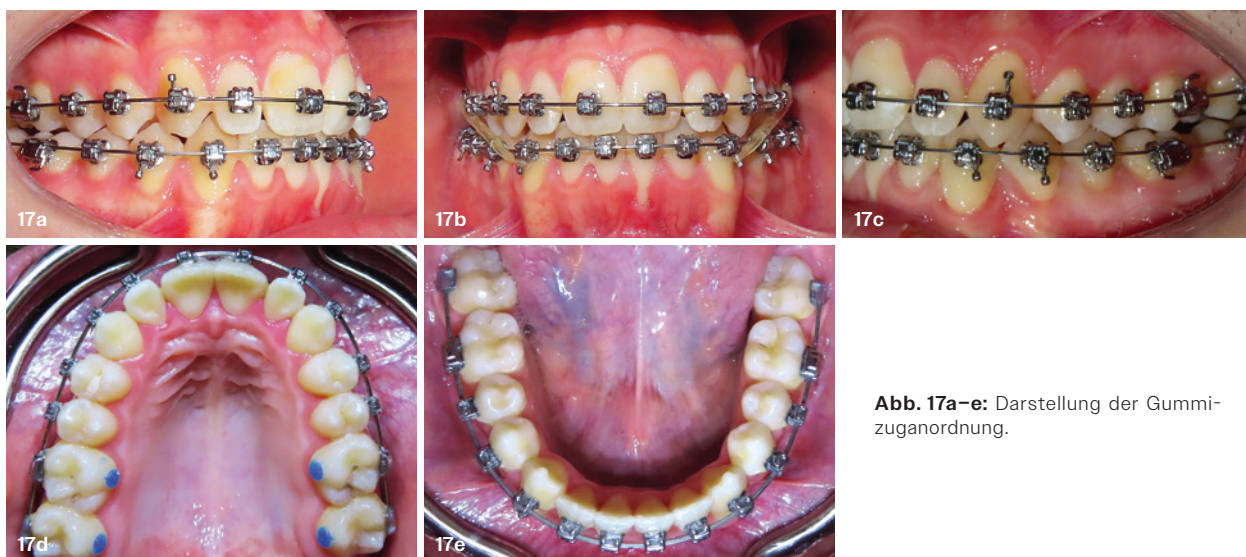


Abb. 17a-e: Darstellung der Gummizuganordnung.

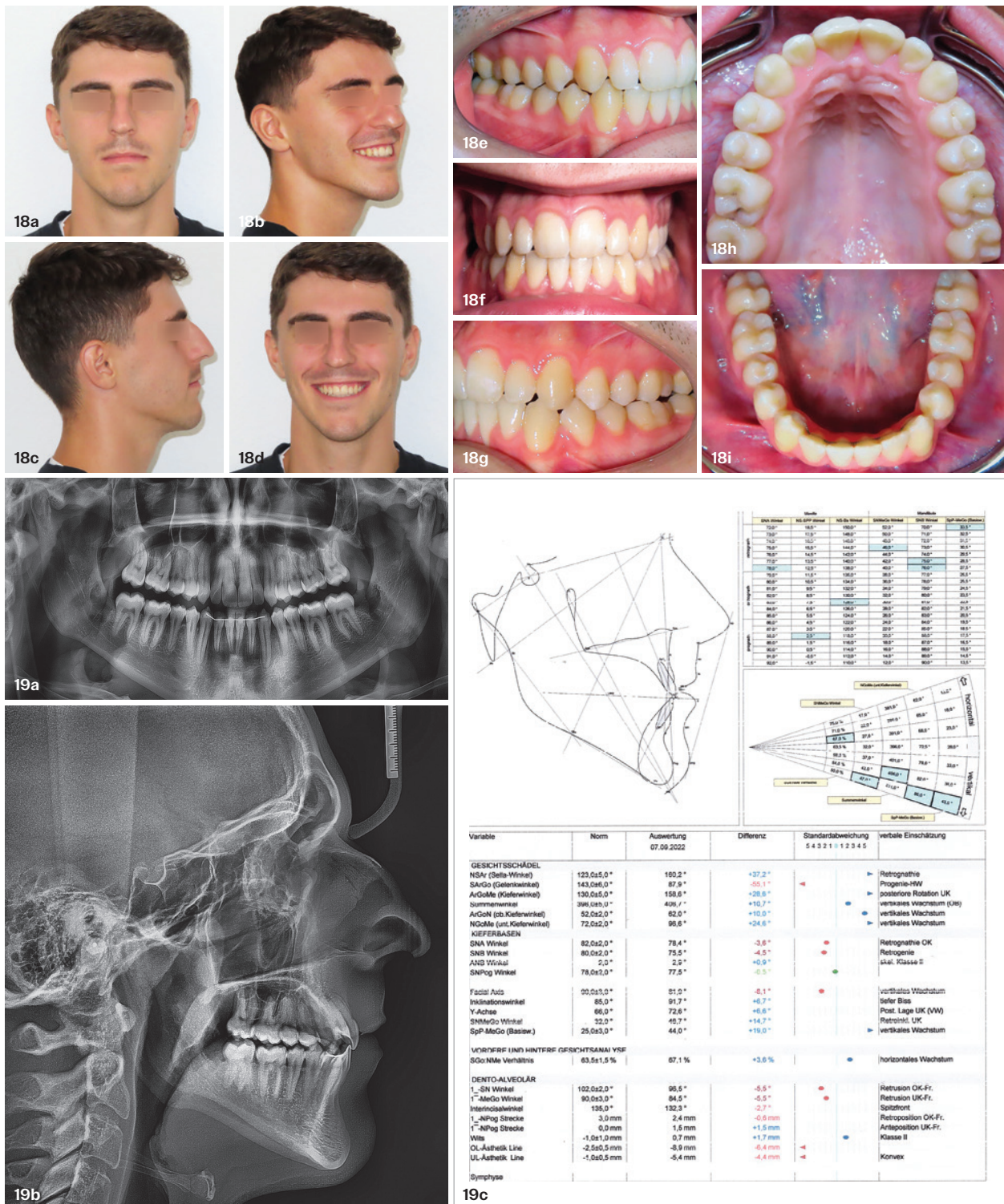
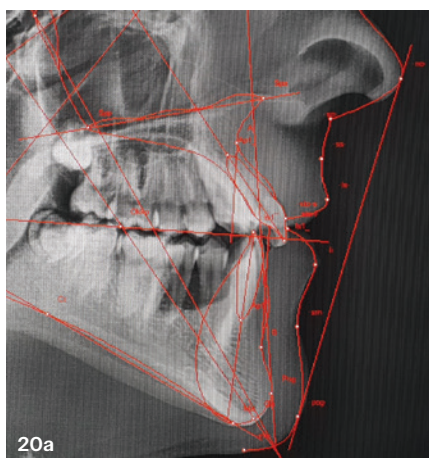


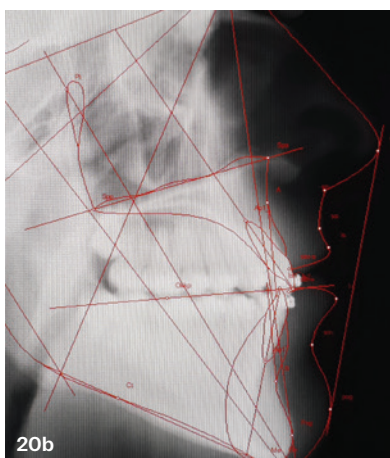
Abb. 18a-i: Dokumentation der Endergebnisse anhand klinischer und extraoraler Aufnahmen. – **Abb. 19a-c:** Abschluss-Röntgendiagnostik: Orthopantomogramm (a), Fernröntgenseitenbild (b) und kephalometrische Auswertung (c).

Tabelle 2

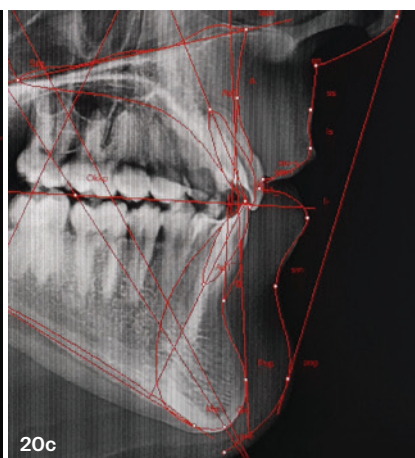
Termin	OK	UK	Datum	Bemerkungen
1	.013 CuNiTi	.013 CuNiTi	4.5.2022	Bebänderung Termin
2	.018 CuNiTi	.014 CuNiTi	22.6.2022	
3	.0140 x .0275 CuNiTi	.018 CuNiTi	23.7.2022	
4	.0160 x .0275 SST	.0140 x .0275 CuNiTi	3.9.2022	Umkleben von 23
5	.0180 x .0275 CuNiTi	.0160 x .0275 SST	8.10.2022	
6	.0180 x .0275 TMA	.0180 x .0275 CuNiTi	14.12.2022	
7	.0180 x .0275 SST	.0180 x .0275 TMA	22.4.2023	Vertikal G.Z
8	.018 x .0275 TMA	.0180 x .0275 TMA	25.6.2023	Klasse III-Gummizüge Umkleben 12, 22
9	Brackets entfernen OK	Brackets entfernen UK	26.8.2023	Permanent Retainer 33-43 Ret. Schiene OK



SNA 74,4°
SNB 77,4°
ANB -3,0°
Wits -8,5 mm Klasse III



SNA 78,5°
SNB 75,0°
ANB 3,6°
Wits +2,6 mm



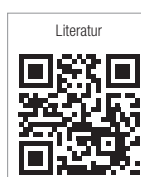
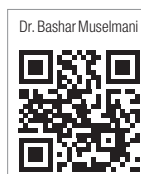
SNA 78,4°
SNB 75,5°
ANB 2,9°
Wits +0,7 mm Klasse I

Tab. 2: Terminverlauf während der gesamten Behandlung. –
Abb. 20a–c: Vergleich der kephalometrischen Auswertungen zu drei Zeitpunkten der Behandlung.

Schlussfolgerung

Der präsentierte Fallbericht veranschaulicht deutliche Veränderungen in Größe und Morphologie des Alveolarknochens im Ober- und Unterkiefer bei Jugendlichen, die mit einem passiv selbstligierenden, durchgehenden Multiband-System nach dem Damon-Ultima-Protokoll behandelt wurden. Dieses zeichnet sich durch geringe Reibung und niedrige biologische Kräfte aus.

Die Damon-Ultima-Technologie ermöglicht eine hochpräzise Kontrolle von Zahnrotation, Angulation und Torque und trägt zu einer insgesamt verkürzten Behandlungsdauer bei.



Dr. Bashar Muselmani
info@stay-beautiful-praxis.de
www.stay-beautiful-praxis.de



NEUE ANFÄNGERKURSE 2026

für Zahnärzt:innen und Praxisteams

permadental.de/trioclear-anfaengerkurs

permadental.de

T 02822 - 71330

TRIOCLEAR®

DAS SMARTE ALIGNER-SYSTEM FÜR DIE MODERNE PRAXIS

- Einfacher und schneller Einstieg
- Mehr Kontrolle in jedem Schritt
- Beeindruckende Ergebnisse

INNOVATIV – »ALIGN & RESTORE« MIT TRIOCLEAR® OPTIMIERT

Zähne präprothetisch ausrichten –
anschließend optimal versorgen:

- minimalinvasiv
- funktional und stabil
- hochästhetisch

KOMFORTABEL – FÜR PATIENT & PRAXIS: ALLES AUS EINER HAND

- Digitale Planung
- Umfassende Patientenbetreuung
- Effizientes Fallmanagement



50%

RABATT AUF DEN ERSTEN EIN- GEREICHTEN PATIENTENFALL

Jetzt unverbindlich registrieren und direkt
als TrioClear®-Anwender starten:

Mehr erfahren:

www.permadental.de/trio-clear



TRIO
CLEAR

ALIGN
RESTORE

POWERED BY PERMADENTAL

Interdisziplinäre Rehabilitation eines komplexen Patientenfalles mit unilateraler Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte

Von Dr. Johanna Katharina Trautmann.

Die interdisziplinäre Zusammenarbeit spielt in der modernen Kieferorthopädie eine zentrale Rolle, insbesondere bei komplexeren Behandlungsfällen, die über das alltägliche Behandlungsspektrum hinausreichen. Sie erfordern eine besonders sorgfältige Abstimmung aller beteiligten Fachdisziplinen, um die Bedürfnisse der Patienten optimal abzudecken.

Auch im Rahmen der Zertifizierung durch das German Board of Orthodontics and Orofacial Orthopedics (GBO) wird dieser Aspekt gezielt hervorgehoben: Bewerberinnen und Bewerber sind aufgefordert, Fälle vorzustellen, die eine enge Kooperation verschiedener Fachdisziplinen dokumentieren und somit die Vielschichtigkeit und Tiefe der kieferorthopädischen Behandlungsmethoden aufzeigen. Hierdurch wird deutlich, dass die Kieferorthopädie sich nicht allein auf fachspezifische zahnmedizinische Themen fokussiert, sondern einen wesentlichen Beitrag zur allgemeinen interdisziplinären medizinischen Versorgung leistet. Der nachfolgende Fallbericht zu einem Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte zeigt exemplarisch, wie bei einem umfangreichen Behandlungsfall die Kieferorthopädie als zentrales Bindeglied zwischen den Disziplinen fungiert und damit maßgeblich zur funktionellen und ästhetischen Rehabilitation des Patienten beigetragen hat.

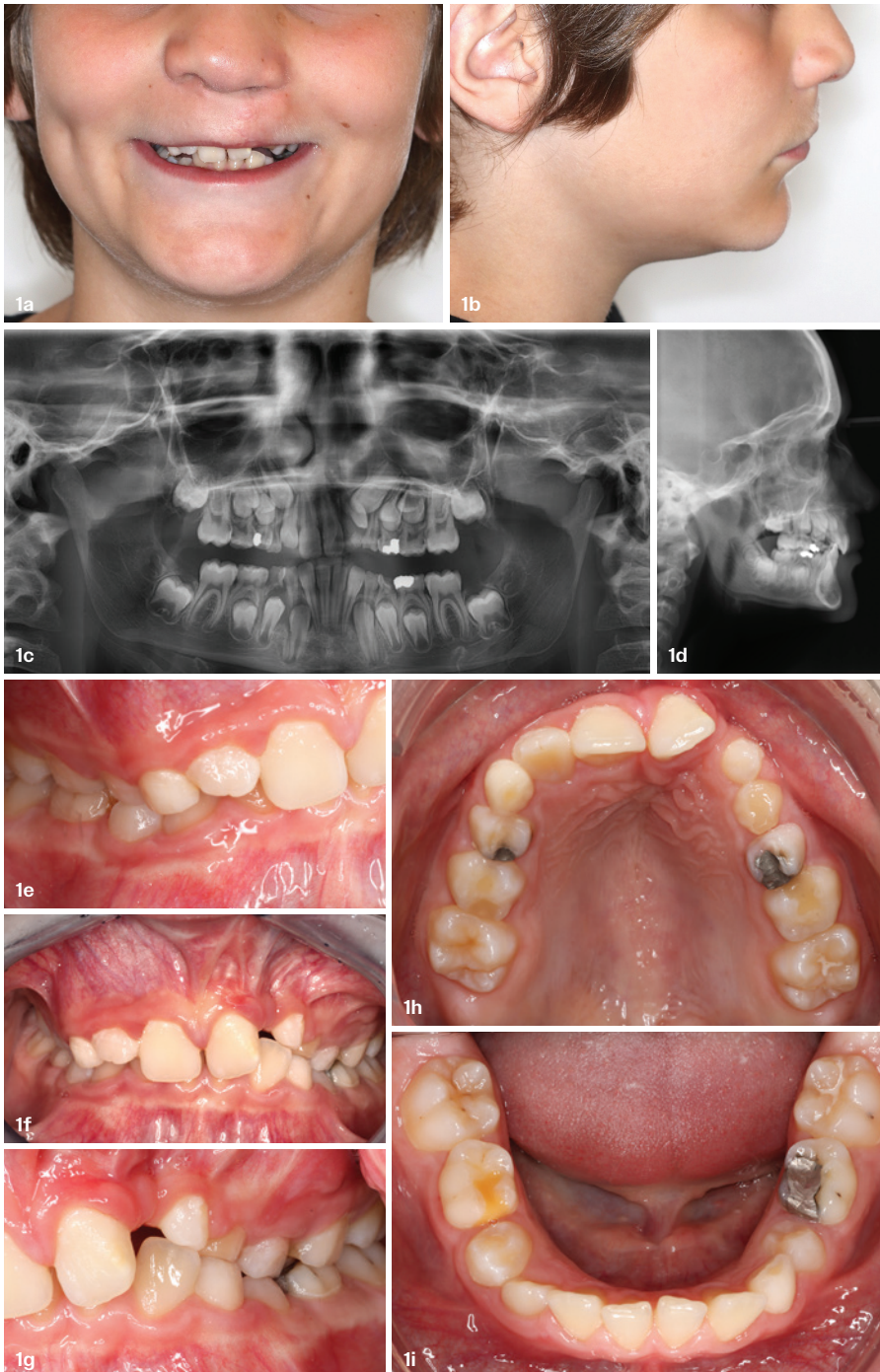


Abb. 1a-i: Erstdiagnostik: extraorale Fotos (a+b), Orthopantomogramm (d), Fernröntgenseitenbild (c) und intraorale Fotos (e-i).

Erstvorstellung

Der Patient stellte sich im Alter von 11,5 Jahren auf Anraten einer niedergelassenen Kollegin in der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universitätsmedizin Göttingen vor. Hauptanliegen war die Beurteilung einer möglichen Durchbruchproblematik sowie die Indikationsstellung einer sekundären Osteoplastik im Rahmen einer einseitigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte.

Allgemeinanamnese berichtete der Patient über eine eingeschränkte Nasenatmung und nächtliches Schnarchen. Ein bestehendes Asthma bronchiale wurde medikamentös durch ein corticoides Bedarfsspray kontrolliert. Der CMD-Kurzcheck nach Ahlers und Jakstat¹ zeigte keine Auffälligkeiten.

Extraoral fiel ein konvexes Profil mit ausgeprägter Kinnprominenz sowie en face der linksseitige Narbenzug mit charakteristisch abgeflachtem Nasenflügel auf.

Das Fernröntgenseitenbild zeigte eine skelettale Klasse II-Anomalie mit einem Wits von 5,6 mm, bei einer tiefen Konfiguration (ML-NL = 16,5°) mit bialveolär retrudierten Fronten (OKI-NA = 5,9°; UKI-NB = 10,4°), was sich auch in der Modellanalyse widerspiegelte. Hier zeigte sich zudem ein schmaler Oberkiefer mit multiplen Kippungen und Rotationen in der Front, einem hypoplastischen 22 sowie einer Mesialwanderung des 16. Des Weiteren zeigte sich eine asymmetrische Bisslage mit 1 PB distal rechts und ½ PB distal links bei einem Overjet von 2,5 mm sowie einem Overbite von 5 mm.

Während im Unterkiefer bereits die zweite Zahnwechselphase begonnen hatte, zeigte sich im Oberkiefer noch kein Wechsel in den Stützzone. Gerade bei Patienten mit Spaltbildungen ist eine engmaschige Überwachung des Durchbruchs der oberen Eckzähne essenziell. Während bei der Allgemeinbevölkerung die Prävalenz von verlagerten Eckzähnen bei ca. 2,8 Prozent liegt², ist diese bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten um den Faktor 10 erhöht.^{3,4} Als klassische Risikofaktoren gelten zudem Platzmangel, transversale Enge aber auch Fehlstellungen, Nichtanlagen oder Hypoplasien der zweiten Schneidezähne. Diese übernehmen normalerweise die Funktion der Leitschiene für den S-förmigen Durchbruch der Eckzähne. Im vorliegenden Patientenfall kommen also mehrere Risikofaktoren für eine Verlagerung zusammen, was die rechtzeitige Diagnostik zur Abklärung einer Durchbruchproblematik rechtfertigt. Da im Spaltbereich auch zusätzlich ein ausgeprägtes Knochendefizit vorliegen könnte, sollte auch immer die Option einer sekundären Osteoplastik abgewogen werden, deren Indikation und Timing optimal zum Durchbruch der Canini angepasst werden sollte.⁵ Zur genaueren Diagnostik der Lagebeziehungen der Eckzähne und des Knochenangebotes im Spaltbereich kann neben den kieferorthopädiendiagnostischen Unterlagen laut der S2k-Leitlinie Dentale digitale Volumentomografie⁶ auf eine dreidimensionale Bildgebung zurück-

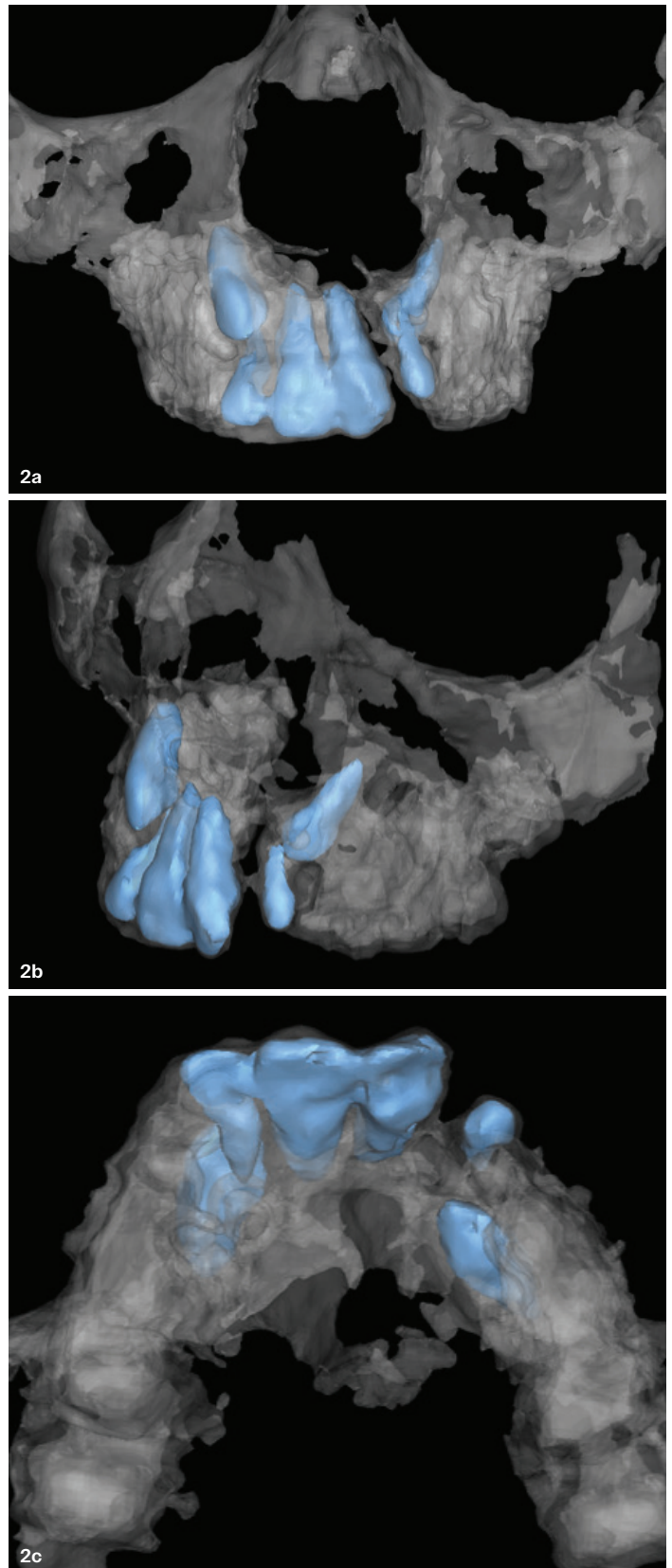


Abb. 2a–c: Rekonstruktion der DVT. In blau eingefärbt die im Fokus liegenden Zähne 13–23. Gut erkennbar ist das Knochendefizit im Spaltbereich sowie die palatinale Verlagerung von 23.

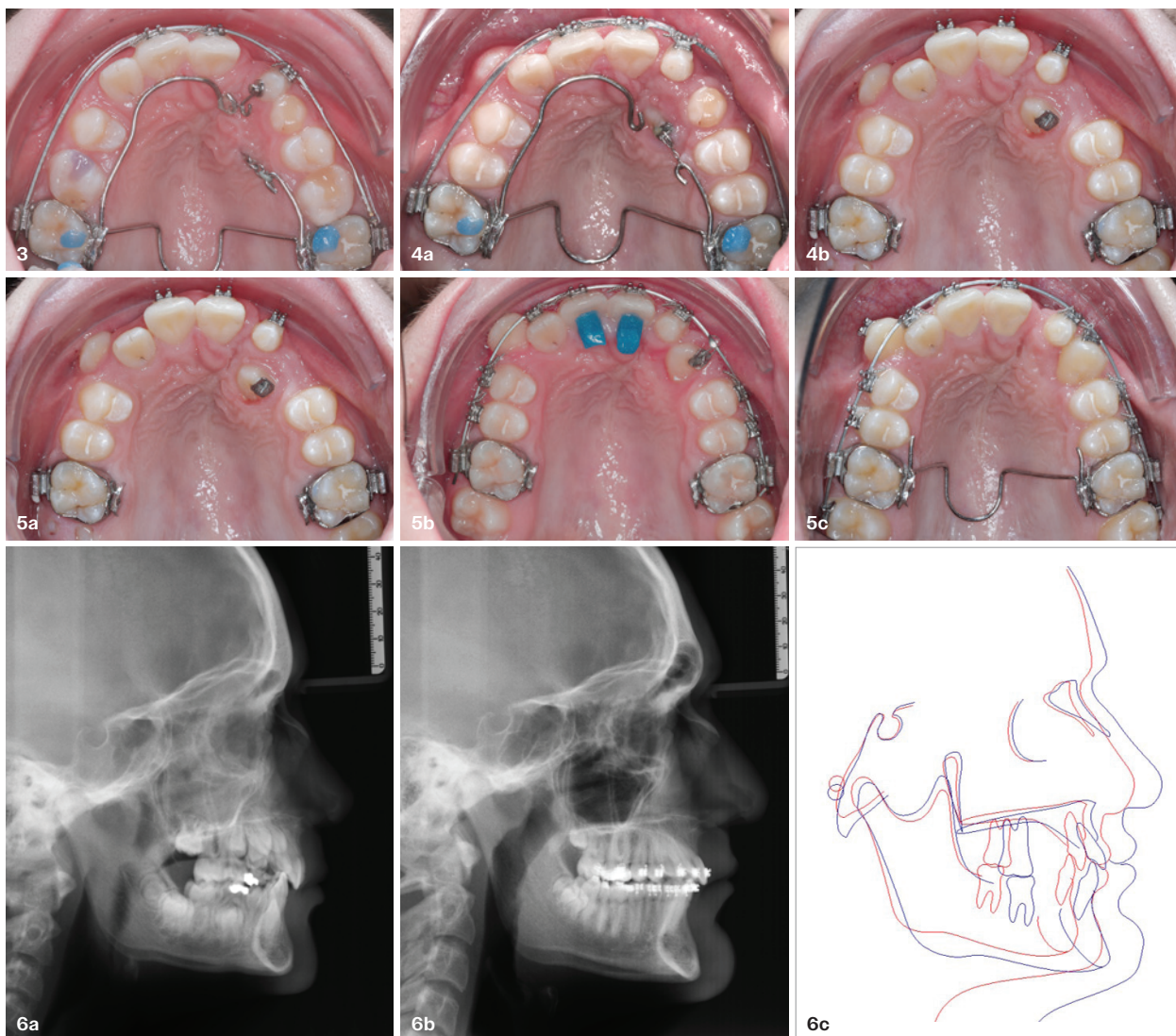


Abb. 3: Individuell gestalteter TPA zur Freilegung 23 sowie 2×3-Mechanik mit Power-Arm zur translatorischen Bewegung des Zahnes 22. – **Abb. 4a+b:** Initiale Therapie im Verlauf. Der 13 brach ohne die Notwendigkeit einer Freilegung vestibulär durch. – **Abb. 5a–c:** Verlauf der Multi-brackettherapie. Der Zahn 13 wurde zunächst, um Nebenwirkungen zu reduzieren, aus dem Hauptnivellierungsbogen ausgelassen; der Zahn 23 wurde mit einer Distanzligatur angebunden. – **Abb. 6a–c:** Fernröntgenseitenaufnahmen zum Zeitpunkt Erstdiagnostik (a) Zwischendiagnostik (b) schematische Überlagerung der beiden FRS (c).

gegriffen werden. In dieser zeigte sich eine vestibuläre Verlagerung des 13, eine palatinale Verlagerung des 23, sowie ein deutliches Knochendefizit im Spaltbereich mesial des hypoplastischen 22

(Abb. 2). Nach Auswertung der 3D-Daten erschien aufgrund der palatinalen Lage des 23 eine invasive Operation wie eine sekundäre Osteoplastik keinen entscheidenden Vorteil für die weitere Be-

handlung zu haben. In Rücksprache mit der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie der UMG wurde daher auf die OP verzichtet und initial die kieferorthopädische Therapie in den Vordergrund gestellt.

„Die vergleichsweise lange Vorbehandlung erscheint zwar auf den ersten Blick behandlungszeitverlängernd, sorgt jedoch für eine deutlich bessere Mundhygienefähigkeit sowie für eine Reduktion des apparativen Aufwandes und der biomechanischen Komplexität in der Hauptbehandlungsphase. Diese Faktoren stehen in engem Zusammenhang mit Patientenkomfort und Motivation.“

Therapieplanung

Um alle Anomalien zu adressieren, teilte sich die Behandlung in eine einleitende Initialtherapie, eine Hauptbehandlungsphase sowie die anschließende Retentionsphase mit odontoplastischem Umbau und Nasenkorrektur auf.

Im Fokus der Behandlung standen daher folgende zeitlich und fachlich interdisziplinär abgestimmte Zielsetzungen:

Kieferorthopädie:

- Transversale Nachentwicklung der Maxilla

Kieferorthopädie und MKG:

- Freilegung des Zahnes 23 und Einstellen in den Zahnbogen

Kieferorthopädie:

- Funktionelle Rehabilitation durch Einstellen einer Angle Klasse I mit physiologischem Overjet und Overbite und korrekter Frontzahninklination

Kieferorthopädie, MKG und Zahnerhaltung:

- Ästhetische Rehabilitation durch den odontoplastischen Umbau von 22 sowie Korrektur der Nasenasymmetrie

Therapieregime und Diskussion

Nach transversaler Nachentwicklung der Maxilla mittels GNE nach Veltri wurde der Zahn 23 geschlossen freigelegt und an einem individualisierten TPA nach distal angebunden. Zur Aufrichtung der Front und Mesialisierung des hypoplastischen Zahnes 22 kam zusätzlich eine 2x3-Mechanik zum Einsatz.

Eine rein translatorische Bewegung eines Zahnes ist auch mit einer feststehenden Apparatur schwer zu erreichen, da der Kraftansatzpunkt nicht identisch mit dem Widerstandszentrum des Zahnes ist.⁷ Diese Problematik kann einerseits durch das Einbringen eines Versetzungsmomentes adressiert werden, andererseits durch eine Verlagerung des Kraftansatzpunktes. Angelehnt an den von Hong et al. be-

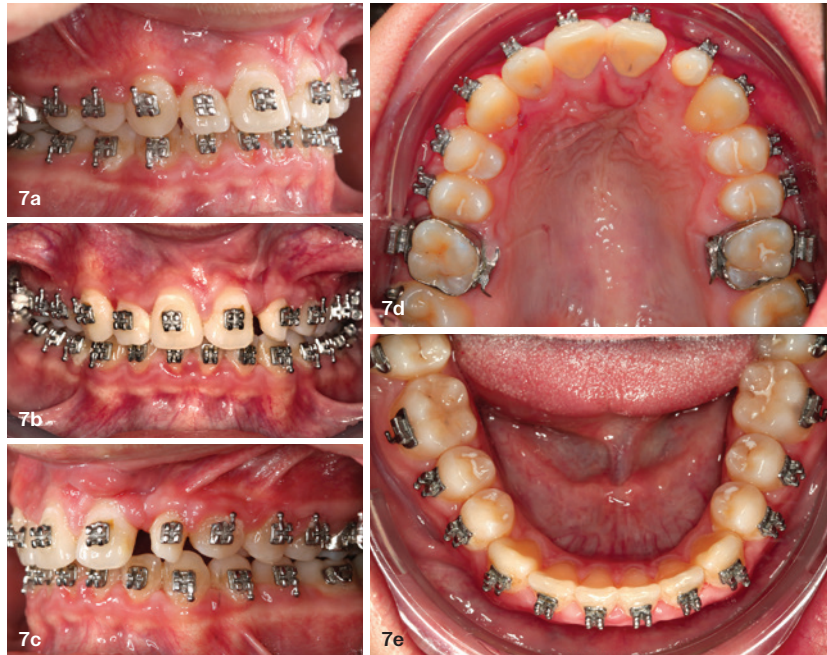


Abb. 7a-e: Intraorale Aufnahmen zum Zeitpunkt der Zwischendiagnostik.

schriebenen Power-Arm[®] wurde hierfür palatinal an Zahn 22 ein kranial gerichteter Hook angebracht (Abb. 3). Da Zahn 22 aufgrund seiner Hypoplasie eine verkürzte Wurzel aufwies, konnte so die Distanz zwischen Widerstandszentrum und Kraftangriffspunkt effizient reduziert werden.

Eine weitere biomechanische Schwierigkeit stellte das geringe Alveolarknochenangebot im Spaltbereich mesial von 22 dar. In Bereichen mit Knochendefizit verschiebt sich das Widerstandszentrum nach apikal und wie in diesem Fall zusätzlich nach distal.^{9,10} Um dem erhöhten Risiko für Kippbewegungen entgegenzuwirken, muss hier besonders auf die Steuerung des M/F-Quotienten geachtet werden.

Der vestibulär durchgebrochene Zahn 13 benötigte keine Freilegung. Um seine korrekte Einstellung zu ermöglichen, wurde die Mesialwanderung des Zahnes 16 mithilfe des TPAs korrigiert sowie eine Mittellinienkorrektur nach links mittels 2x3-Mechanik durchgeführt. Nach etwa zwei Jahren initialer Behandlung konnte nach abgeschlossenem Wurzelwachstum aller bleibenden Zähne (mit Ausnahme der Weisheitszähne) mit der Hauptbehandlung unter Verwendung einer vollständigen Multi-

bracketapparatur von 7 bis 7 im Ober- und Unterkiefer begonnen werden.

Die vergleichsweise lange Vorbehandlung erscheint zwar auf den ersten Blick behandlungszeitverlängernd, sorgt jedoch für eine deutlich bessere Mundhygienefähigkeit sowie für eine Reduktion des apparativen Aufwandes und der biomechanischen Komplexität in der Hauptbehandlungsphase. Diese Faktoren stehen in engem Zusammenhang mit Patientenkomfort und Motivation.

Studien zeigen, dass insbesondere Schmerzsensationen und Unbehagen in den ersten Tagen einer kompletten festsitzenden Apparatur erheblichen Einfluss auf die langfristige Kooperationsbereitschaft haben können.^{11,12} Kleinere Teilapparaturen verursachen weniger Diskomfort und erleichtern so den Einstieg in die festsitzende Therapie.

Im Rahmen der Multibrackettherapie wurde bewusst der Zahn 13 aus dem Hauptnivellierungsbogen ausgelassen, um Kippungen und Asymmetrien im Zahnbogen zu vermeiden. Der Zahn 23 wurde locker mit einer Distanzligatur angebunden, um eine weitere Bewegung nach vestibulär zu erreichen. Auf einem 0.019" x 0.025" Stahlbogen er-



Abb. 8a–e: Intraorale Situation nach MB-Ex. – **Abb. 9a–e:** Situation nach odontoplastischem Aufbau 11, 21, 22.

folgte anschließend mittels Umgebungsbiegung sowie eines Overlaybogens (0.014" NiTi) die Integration des Zahnes 13 in den Zahnbogen. Die Zwischendiagnostik nach einem Jahr festsitzender Behandlung zeigte eine gelungene Bisshebung bei guter Nivellierung des Okklusionsplanums und orthoaxialer Einstellung der Frontzähne. Die Zahnbögen präsentierten sich harmonisch ausgeformt, es zeigte

sich jedoch eine verbleibende Torqueproblematik an beiden Oberkiefer Eckzähnen.

Nach Freilegung und Einstellung verlagelter Eckzähne ist eine korrekte Torque- und Angulationssteuerung häufig eine Herausforderung. Während vestibulär verlagerte Zähne zu gingivalen Rezessionen neigen, behalten palatinal verlagerte Zähne oft ihre palatinal Wurzelstellung bei.^{13, 14}

Die genutzte MBT-Prescription der Brackets bietet die Möglichkeit, zwischen +7°, 0° und -7° Torque zu wählen.¹⁵ In einem 0.022"-System ist bei Verwendung eines 0.019" x 0.025" Bogens jedoch mit einem Torqueverlust von etwa 10° zu rechnen.¹⁶ Eine rein klassische „Hochnivellierung“ führt daher zu keiner ausreichenden Torqueübertragung. Alternativ kann ein individualisiert eingebogener Einzelzahn torque eingesetzt werden, um diesen Verlust auszugleichen.

Zum Zeitpunkt der Zwischendiagnostik bestand weiterhin eine asymmetrische Bisslage sowie ein vergrößerter

„Optimalerweise werden Funktion und Ästhetik vor Entfernung der Multi-bracketapparatur interdisziplinär abgestimmt, um sowohl aus kieferorthopädischer als auch konservierender Sicht das bestmögliche Ergebnis zu erzielen.“

Overjet, die beide im weiteren Verlauf mithilfe intermaxillärer Gummizüge korrigiert wurden.

Bereits in dieser Phase erfolgte eine Rücksprache mit der Abteilung für Präventive Zahnmedizin, Parodontologie und Kariologie, um eine optimale Ausgangssituation für den späteren odontoplastischen Umbau des Zahnes 22 zu schaffen. Eine präzise kieferorthopädische Einstellung kann die restaurative Invasivität deutlich reduzieren und die Gewebesymmetrie, einschließlich Papillen- und Gingivaverlauf, positiv beeinflussen.^{17, 18} Optimalerweise werden Funktion und Ästhetik vor Entfernung der Multibracketapparatur interdisziplinär abgestimmt, um sowohl aus kieferorthopädischer als auch konservierender Sicht das bestmögliche Ergebnis zu erzielen. Auch das Terminmanagement sollte frühzeitig abge-

„Entscheidend für ein erfolgreiches Ergebnis ist eine strukturierte, phasengerechte Therapieplanung, die biologische Grenzen respektiert und biomechanische Besonderheiten berücksichtigt. Durch frühzeitige Einbindung (vom Kindes- bis zum Erwachsenenalter) konservierender, restaurativer und chirurgischer Fachdisziplinen können die Invasivität im gesamten Behandlungsregime reduziert und langfristig funktionell stabile, ästhetisch ansprechende und parodontal verträgliche Ergebnisse erzielt werden.“

stimmt werden, um eine zügige Rehabilitation zu gewährleisten.

Längere Retentionszeiten ohne odontoplastischen Umbau können das Risiko eines Rezidivs des Zahnes 22 erhöhen. Dennoch ist häufig eine Abheilphase nach der Multibrackettherapie erforderlich, da sich gingivale Entzündungen oft erst nach ein bis drei Monaten vollständig zurückbilden.^{19–21}

Um diesen Zeitraum zu überbrücken wurde an 22 die Kunststoffbasis der DVP (Doppelvorschubplatte) zur Retention sowohl mesial als auch distal extendiert.

Schließlich wurden die Zähne 11, 21 und 22 kompositrestaurativ angeglichen, wodurch ein sehr gutes ästhetisches Ergebnis erzielt werden konnte. Aufbauten mit Komposit bieten eine gute Möglichkeit, bei maximaler Schonung der Zahnhartsubstanz hypoplastische Zähne langfristig zu versorgen, und

zeigten in Zehn-Jahres-Follow-ups hohe Überlebensraten. Entscheidend ist hierbei eine ausgeglichene okklusale Lastverteilung, die mithilfe einer physiologischen Frontzahnabstützung und gesicherten Okklusion durch die kieferorthopädische Vorbehandlung erreicht werden kann.²²

Das zunächst geplante Retentionskonzept aus herausnehmbarer und festsitzender Apparatur konnte leider nicht vollständig umgesetzt werden, da der Patient eine festsitzende Retention nicht wünschte.

Die DVP ermöglichte zwar eine gute sagittale Retention, dennoch kam es zu einem Rezidiv der Zähne 33 und 43, die sich zum Behandlungsende mesiorotiert zeigten.

Auch die Kongruenz der Mittellinien sowie die Korrektur der Torqueproblematik der Oberkiefer Eckzähne konnten nicht vollständig erreicht werden.

Positiv hervorzuheben ist hingegen der erzielte Knochenerhalt beziehungsweise der partielle Attachmentgewinn im Bereich der Spalte. Wie sich in den Verlaufskontrollen der OPG-Aufnahmen erkennen lässt, führte die Bewegung der Zähne 21 und 22 in den Spaltbereich zu einer deutlichen Verbesserung der knöchernen Situation. Obwohl das Knochenniveau nicht vollständig physiologisch ist, konnte ohne zusätzliche Knochenaugmentation eine stabile Knochen- und Gewebesituation erreicht werden.

Dass ein Attachmentgewinn durch gezielte kieferorthopädische Zahnbewegung möglich ist, wurde bereits von Melsen et al.²² beschrieben. Während sich die meisten nachfolgenden Studien auf parodontal vorgeschädigte Gebisse konzentrierten, zeigt der vorliegende Fall eine mögliche Übertragbarkeit dieser Mechanismen auf Spalt-

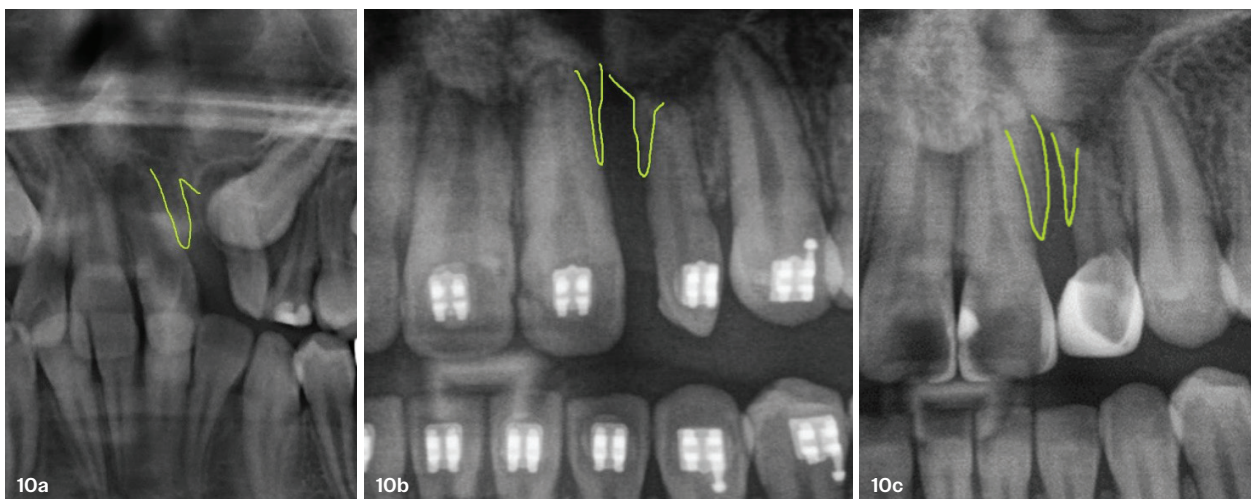


Abb. 10a–c: Verlauf des Alveolarknochens im Spaltbereich auf den OPG-Aufnahmen. Zur besseren Sichtbarkeit ist der Verlauf grün nachgezeichnet. Der Attachmentgewinn bei Bewegung der Zähne 21, 22 in den Spaltbereich ist gut erkennbar. Erstdiagnostik (a), Zwischendiagnostik (b), Abschlussdiagnostik (c).



Abb. 11: Orthopantomogramm zur Abschlussdiagnostik.

patienten mit moderatem Knochen-defizit.

Zur objektiven Quantifizierung des Behandlungsergebnisses wurde der Peer Assessment Rating (PAR)-Index erhoben.²³

„Anspruchsvolle Fälle sollten Fachzahnärzte nicht abschrecken, sondern motivieren – denn mit einem klaren Konzept, interdisziplinärer Zusammenarbeit und klinischer Geduld lässt sich nicht nur die Behandlungsqualität steigern, sondern auch der Grundstein für eine funktionell stabile und ästhetisch harmonische Rehabilitation legen.“

Im vorliegenden Fall konnte der PAR-Wert von 25 auf zwei reduziert werden, was einer Verbesserung von 92 Prozent entspricht und als hochwertiges okklusales Ergebnis einzustufen ist.²⁴ Zur Vorhersage der Langzeitstabilität bei Spalterkrankungen lässt sich die-

ser Fall in die Gruppe 1 des GOSLON Yardstick Index einordnen. Dieser sagt eine exzellente Langzeitstabilität vorher.²⁵ Auch der Patient zeigte sich mit dem Ergebnis sehr zufrieden.

Während der anderthalbjährigen Retentionsphase erfolgte zusätzlich eine ästhetische Nasenkorrektur zur Aufrichtung des linken Nasenflügels, wodurch neben der dentalen auch die extraorale Rehabilitation erfolgreich abgeschlossen werden konnte.

Schlussfolgerung

Die kieferorthopädische Rehabilitation von Patientinnen und Patienten mit Spaltbildungen ist häufig zeit- und ressourcenintensiv, stellt jedoch einen Grundpfeiler des kieferorthopädischen Behandlungsspektrums dar. Entscheidend für ein erfolgreiches Ergebnis ist eine strukturierte, phasengerechte Therapieplanung, die biologische Grenzen respektiert und biomechanische Besonderheiten berücksichtigt. Durch frühzeitige Einbindung (vom Kindes- bis zum Erwachsenenalter) konservierender, restaurativer und chirurgischer Fachdisziplinen können die Invasivität im gesamten Behandlungsregime reduziert und langfristig funktionell stabile, ästhetisch ansprechende und parodontal verträgliche Ergebnisse erzielt werden.

Besonders in komplexen Fällen wird deutlich, dass die Kieferorthopädie weit über die reine Zahnstellungskorrektur hinausgeht. Sie bildet das Bindeglied zwischen Funktion, Ästhetik und langfristiger Gewebestabilität. Eine sorgfältige Planung, die Wahl geeigneter mechanischer Konzepte und die enge Zusammenarbeit aller beteiligten Dis-



Abb. 12a–e: Intraorale Situation nach 1,5 Jahren Retention.



Abb. 13a+b: Extraorale Situation nach 1,5 Jahren Retention. – **Abb. 14a–f:** Schematischer Ablauf der Behandlung.

ziplinen ermöglichen es, auch unter schwierigen Ausgangsbedingungen nachhaltige und patientenorientierte Ergebnisse zu erreichen.

Anspruchsvolle Fälle sollten Fachzahnärzte nicht abschrecken, sondern mo-

tivieren – denn mit einem klaren Konzept, interdisziplinärer Zusammenarbeit und klinischer Geduld lässt sich nicht nur die Behandlungsqualität steigern, sondern auch der Grundstein für eine funktionell stabile und

ästhetisch harmonische Rehabilitation legen.

Erstveröffentlicht in BDK.info 4/25

Info

Die Fallpräsentation wurde von Dr. Johanna Katharina Trautmann im Rahmen der Zertifizierung des German Board of Orthodontics and Orofacial Orthopedics (GBO) während der GBO-Session auf der 97. Jahrestagung der DGKFO vorgestellt.

Weitere Informationen zum GBO und zur Möglichkeit einer Zertifizierung finden Sie unter: <https://german-board.de/>.

Dr. Johanna Katharina Trautmann

UMG Poliklinik für Kieferorthopädie
johannakatharina.trautmann@med.uni-goettingen.de
<https://kieferorthopaedie.umg.eu/>

Dr. Johanna Katharina
Trautmann



Literatur



Vorteilhafte dentoalveoläre Veränderungen nach Extraktion der unteren Prämolaren

zur Klasse III-Camouflage-Behandlung mit vollständig individuellen lingualen Apparaturen

Referenz: Thiem LC, Rank P, Schmid JQ, Janssens Y, Bettenhäuser-Hartung L, Wiechmann D. Favourable dentoalveolar changes after lower premolar extractions for Class III camouflage with completely customized lingual appliances. Head & Face Medicine 2024;20(1):57.

Übersetzung von Dirk Wiechmann.

Einleitung

Die Korrektur einer Klasse III-Malokklusion von moderatem bis schwerem Ausmaß kann bei jugendlichen und erwachsenen Patienten auf verschiedene Weise erfolgen.¹ Insbesondere die Abwägung zwischen einem chirurgischen oder nichtchirurgischen Vorgehen stellt den Behandler immer wieder

vor schwierige Entscheidungen.²⁻⁵ Eine kieferorthopädische Camouflage der zumeist auch skelettalen Kieferfehl- lage kann in derartigen Fällen sehr unterschiedlich aussehen.⁶ Das Gelingen der am wenigsten invasiven therapeutischen Variante, der Camouflage mittels intermaxillärer Gummizüge, ist nicht nur in hohem Maße von der Kooperation des Patienten abhängig, son-

dern führt im Regelfall auch zu einer Rotation der Kauebene gegen den Uhrzeigersinn mit dem unerwünschten Nebeneffekt einer Intrusion der Oberkieferschneidezähne.⁷

Bei Patienten mit einer Klasse III-Malokklusion ist der Oberkiefer oft in allen drei Dimensionen unterentwickelt (sagittal, transversal, vertikal). Als Folge davon ist häufig auch schon zu Behandlungsbeginn die Lachlinie zu kranial, das heißt, die Patienten zeigen beim Lachen zu wenig von der Zahnkrone der Oberkieferschneidezähne.^{8,9} Eine kieferorthopädische Camouflage mit Extraktionen in allen 4 Quadranten kann in solchen Situationen die Methode der Wahl sein. In beiden Fällen imponiert allerdings beim Behandlungsergebnis der unschöne Touch einer deutlichen Klasse III-Kompensation mit auffällig reklinierten unteren Schneidezähnen.^{1-3,5,6,10-12} Ein Vorgehen mit Extraktionen nur im Unterkiefer wird genau aus diesem Grund auch von den meisten Behandlern schlichtweg abgelehnt. Die wenigen Untersuchungen zu diesem therapeutischen Ansatz weisen auf eine Verstärkung der Reklination der ohnehin zu Behandlungsbeginn bereits kompensatorisch



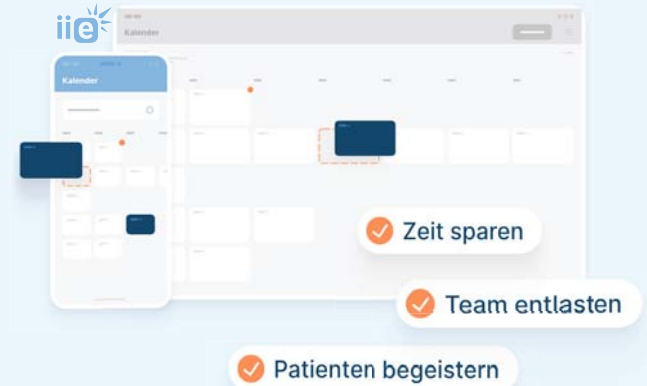
Abb. 1: En-masse-Reaktion am 0.016" x 0.024" Stahlbogen mit Extratorque (13° von 3-3) und Doppelkabelmechanik. Die labiale transparente Gummikette wird als Lasso am lingualen Bogen zwischen Eckzahn und seitlichem Schneidezahn befestigt. Falls erforderlich, können intermaxilläre Gummizüge die Verankerung modulieren.



DIGITALISIERUNG LEICHT GEMACHT:

Mehr Zeit für Patienten,
weniger Stress im
Praxisalltag!

ivoris®



Dr. Clemens Fricke

"Trotz Personalmangel und steigender Patientenzahlen:
Die iie-Anwendungen sorgen für Effizienz und Entlastung
im Team."



Effizientes
Termin-
management



Zeitersparnis
durch
Automatisierung



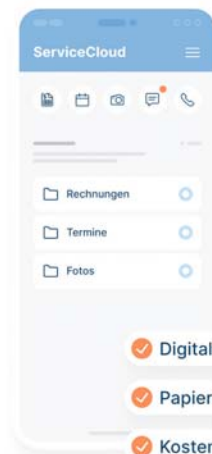
Imageaufbau &
Expertenstatus



Spürbare
Entlastung
für Ihr Praxisteam



Nahtlose
Integration:



- ✓ Digitaler Rechnungsversand
- ✓ Papierloses Management
- ✓ Kosteneffizient
- ✓ Einfache Verwaltung

JETZT ANFRAGEN

iie-systems präsentiert

Schnellere Anmeldungen, entlastetes Personal und zufriedeneren Patienten – erleben Sie,
wie unser System Ihren Praxisalltag einfacher und effizienter macht.

Jetzt eine kostenlose Beratung anfordern!



Uia	upper incisor apex
Uie	upper incisor edge
Lia	lower incisor apex
Lie	lower incisor edge
N	Nasion, the most anterior point of the frontonasal suture
A	the deepest midline concavity on the anterior maxilla
B	the deepest midline concavity on the mandibular symphysis
Me	the intersection of the bony inferior symphysis with the inferior margin of the mandibular body
Go	the constructed point of the intersection of the ramus plane and the tangent to the body of the mandible
Ar	Articulare, a point on the posterior border of the ramus at the intersection with the basilar portion of the occipital bone
PNS	posterior nasal spine
ANS	anterior nasal spine
OCC	Occlusal plane

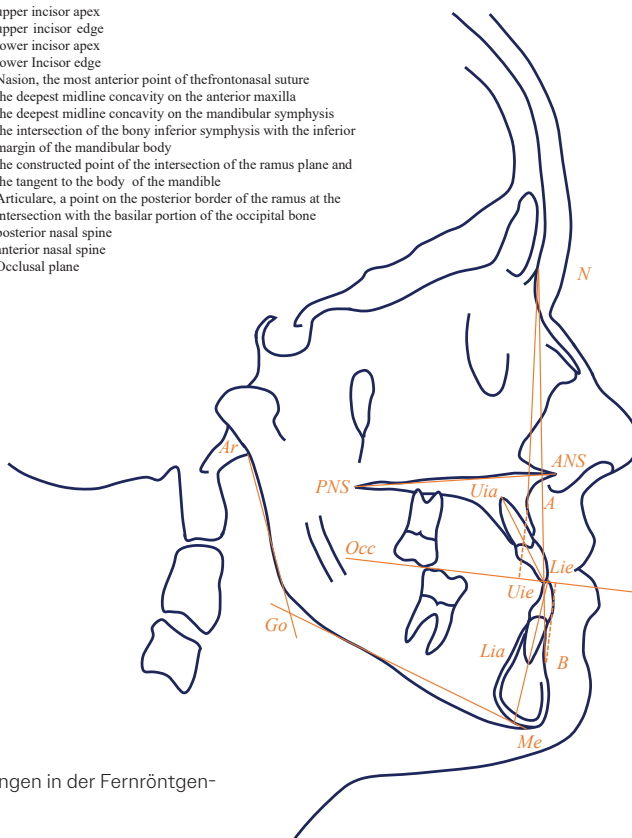


Abb. 2: Messungen in der Fernröntgen-seitenaufnahme.

nach lingual gekippten Unterkiefer-schneidezähne hin, die auch aus parodontologischer Sicht nicht unkritisch ist.^{3,7,13-15} Als Alternative zur Camouflage bleibt dann oft nur noch die orthognathe Chirurgie mit den bekannten Risiken, insbesondere bei einem bimaxillären chirurgischen Vorgehen.¹⁶⁻¹⁹ Aktuelle Studien stellen immer wieder die außergewöhnliche Torquekontrolle bei Behandlungen mit vollständig individuellen lingualen Apparaturen (VILA) heraus.²⁰⁻²³ Dabei spielt die Präzision der mit einer 5-Achs-Hochgeschwindigkeitsfräse gefrästen Bracketslots die entscheidende Rolle.²⁰ Die Torquewerte der Apparatur ergeben sich aufgrund eines individuellen Setups, sie können aber klinisch bei Verwendung eines Stahlbogens mit Extratorque je nach Aufgabenstellung noch weiter angepasst werden.^{7,21-23} Das Ziel dieser Untersuchung war es, herauszufinden, ob bei der Behandlung mit VILAs eine

Lingualkippung der Unterkieferfrontzähne bei der Klasse III-Camouflage-Behandlung mit Extraktionen unterer Prämolaren verhindert werden kann.

„Aktuelle Studien stellen immer wieder die außergewöhnliche Torquekontrolle bei Behandlungen mit vollständig individuellen lingualen Apparaturen (VILA) heraus. Dabei spielt die Präzision der mit einer 5-Achs-Hochgeschwindigkeitsfräse gefrästen Bracketslots die entscheidende Rolle.“

Es wurde gegen die Nullhypothese getestet, dass es bei einer Unterkieferprämolarenextraktion zur nichtchirurgischen Camouflage-Behandlung einer Klasse III-Malokklusion mit einer VILA zu einer kompensatorischen Rekliniierung der Unterkieferfrontzähne kommt.

Material und Methode

Die vorliegende Untersuchung wurde auf der Basis eines positiv beschiedenen Ethikantrags der Ethikkommission der Medizinischen Hochschule Hannover (3151-2026) durchgeführt. In die Studie aufgenommen wurden jugendliche und erwachsene Patienten mit einem Wits-Wert ≤ -2 mm in Kombination mit einer ein- oder beidseitigen Klasse III-Molarenbeziehung, die durch ein- oder beidseitige Extraktionen unterer Prämolaren behandelt wurden. Ausgleichsextraktionen im Oberkiefer wurden nicht durchgeführt. Die unteren dritten Molaren sollten dabei im Unterkiefer angelegt und nicht verlagert sein. Alle Patienten wurden zwischen 2015 und 2024 in einer kieferorthopädischen Fachpraxis (Bad Essen, Deutschland) behandelt und konsekutiv entbrackett. Kein Patient wurde aus irgendeinem Grund exkludiert (z.B. wegen schlechter Mundhygiene, fehlender Unterlagen, schlechter Mitarbeit, zahlreicher versäumter Termine). Alle VILA-Behandlungen wurden von Fachzahnärzten für Kieferorthopädie mit hoher Fachkompetenz in der Lingualtechnik durchgeführt.

Der Camouflage-Behandlungsplan mit ein- oder beidseitigen Extraktionen im Unterkiefer wurde durch ein individuelles Ziel-Setup definiert. Dabei wurde in

der Ober- und Unterkieferfront keine Kompensation der Klasse III geplant, sondern eine ideale Zahnstellung gewählt. Auf Überkorrekturen wurde vollständig verzichtet, da festsitzende kieferorthopädische Apparaturen in den Händen gut ausgebildeter Behand-

ler eine präzise Torquekontrolle ermöglichen.^{24–26} Der En-masse-Lückenschluss im Unterkiefer wurde an einem 0.016“ x 0.024“ Stahlbogen mit anteriorem Extratorque von 13° (Eckzahn bis Eckzahn) durchgeführt (Abb. 1). Diese Überkorrektur im Bogen konnte nach klinischem Ermessen auf 21° erhöht werden. Der Lückenschluss selbst wurde mit vestibulären und lingualen Gummiketten (Doppelkabel) durchgeführt (Abb. 1). Bei Bedarf wurden intermaxilläre Gummizüge (Klasse II oder Klasse III) vom Patienten eingehängt, um den Lückenschluss von der richtigen Seite zu begünstigen.

Zur Überprüfung der Nullhypothese wurden folgende Messungen an Fernröntgenseitaufnahmen vor (T1) und nach Abschluss der kieferorthopädischen Behandlung (T2) vorgenommen: Wits, ANB, Okklusionsebene zu Spinalplanum, Interinzisalwinkel, Inklination der Unterkieferfrontzähne auf dem Mandibularplanum (Abb. 2). Darüber hinaus wurde die Positionsveränderung der unteren Schneidezähne mit dem Alveolarfortsatz auf der Grundlage einer strukturellen Überlagerung des Unterkiefers durch die Messung der Verlagerung des Widerstandszentrums der unteren Schneidezähne von T1 zu T2 in mm parallel zur Okklusionsebene bei T1 bestimmt (Abb. 3).²⁷

Statistische Analyse

Die Zuverlässigkeit der Messungen wurde mit dem Intraclass-Korrelationskoeffizienten (ICC) bestimmt. Zu diesem Zweck wurden die Röntgenaufnah-

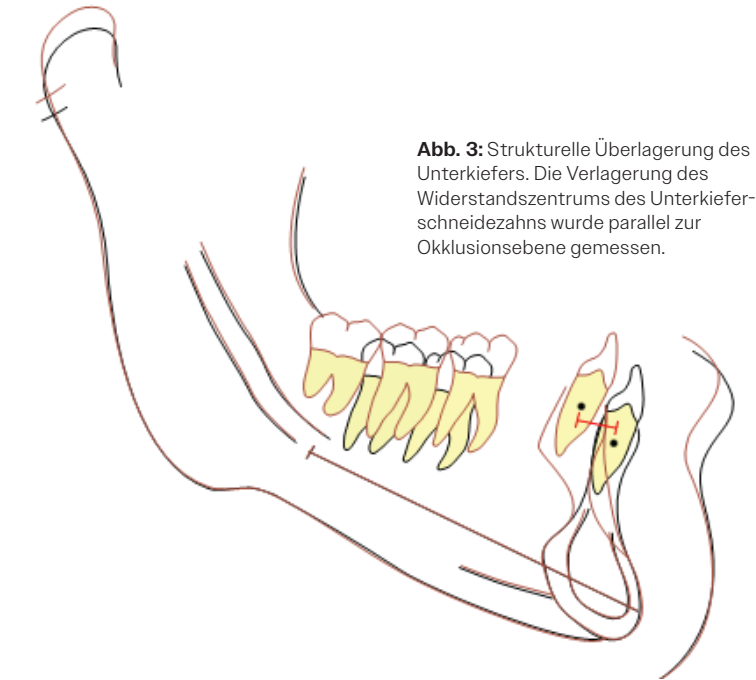


Abb. 3: Strukturelle Überlagerung des Unterkiefers. Die Verlagerung des Widerstandszentrums des Unterkieerschneidezahns wurde parallel zur Okklusionsebene gemessen.

Number of included patients	25
Male / Female	14 / 11
Extractions unilateral / bilateral	5 / 20
Age at T1 (years) Mean, ± SD, Min/Max	20.7, ± 9.5, 12.6/40.2
Total treatment time (years) Mean, ± SD, Min/Max	3.0, ± 0.7, 1.8/4.4

Tab. 1: Baseline Characteristics.

men von zehn Patienten nach dem Zufallsprinzip im Abstand von mindestens zwei Wochen erneut ausgewertet. Die Interpretation der Korrelationskoeffizienten erfolgte in Anlehnung an die Cut-off-Grenzen von Koo und Li 2016.²⁸ Alle Daten wurden für jeden Endpunkt deskriptiv mit Mittelwert, Standardabweichung (SD), Median sowie Maximum und Minimum zusammengefasst. Der Unterschied zwischen T1

und T2 für die verschiedenen Endpunkte wurde mithilfe eines gepaarten t-Tests analysiert. Ein p-Wert von $p < 0,05$ wurde als statistisch signifikant angesehen, es wurde keine Alpha-Korrektur durchgeführt. Die lineare Korrelation zwischen der Inklination der Unterkieferfrontzähne bei T1 und der erreichten Korrektur wurde mit dem Pearson-Korrelationskoeffizienten (PCC) bestimmt. Zusätzlich wurde die Qua-

Measurement	Description	ICC
Wits T1 [mm]	Distance between perpendicular projections of points A and B on the occlusal plane	0.973
SPP-OP T1 [°]	The angle between occlusal plane and spina palatal plane	0.989
ANB T1 [°]	The ANB angle measures the anteroposterior relationship between the maxilla and the mandible	0.973
Interincisal angle T1 [°]	The angle between a line through long axis of lower incisor and a line through long axis of upper incisor	0.993
Lower 1/GoMe T1 [°]	The angle between a line through long axis of lower incisor and the mandibular plane	0.994
Lower 1 displacement [mm]	Displacement of the center of resistance of the lower incisor in the structural superposition of the mandible at T1 and T2	0.923

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

Tab. 2: Description of the measurements and intrarater reliability.

Tabelle 3

Linear and angular measurements	N	Mean	SD	Median	Minimum	Maximum
Wits at T1 in mm	25	-6.7	2.5	-7.1	-10.8	-2.1
Wits at T2 in mm	25	-5.4	2.6	-5.7	-9.3	-0.7
SPP-OP at T1 in °	25	9.1	5.5	10.5	-0.5	18.0
SPP-OP at T2 in °	25	10.3	5.5	11.0	0.5	19.0
ANB at T1 in °	25	-1.5	2.2	-1.0	-5.5	2.0
ANB at T2 in °	25	-0.5	2.3	0.0	-4.0	4.5
Interincisal angle at T1 in °	25	130.4	7.8	131.0	114.5	148.5
Interincisal angle at T2 in °	25	128.2	5.5	130.0	113.5	134.5
Lower 1/GoMe at T1 in °	25	86.8	7.4	86.0	73.0	99.5
Lower 1/GoMe at T2 in °	25	88.6	5.2	88.0	81.0	99.5
Lower 1 Cr displacement T1 to T2 in mm	25	3.7	1.3	3.6	1.4	7.1

Tabelle 4

Variable	N	Mean	SD	95% CI	Min	Max	p-value
Wits in mm	25	1.3	2.0	(0.50, 2.13)	-3.6	5.7	0.003
SPP-OP in °	25	1.2	2.5	(0.17, 2.23)	-3.5	7.0	0.024
ANB in °	25	0.9	1.0	(0.50, 1.34)	-1.5	2.5	0.000
Interincisal angle in °	25	-2.2	9.2	(-6.00, 1.60)	-18.5	12.5	0.243
Lower incisor/GoMe in °	25	1.9	7.2	(-1.12, 4.84)	-9.0	19.0	0.210

Abbildung 4

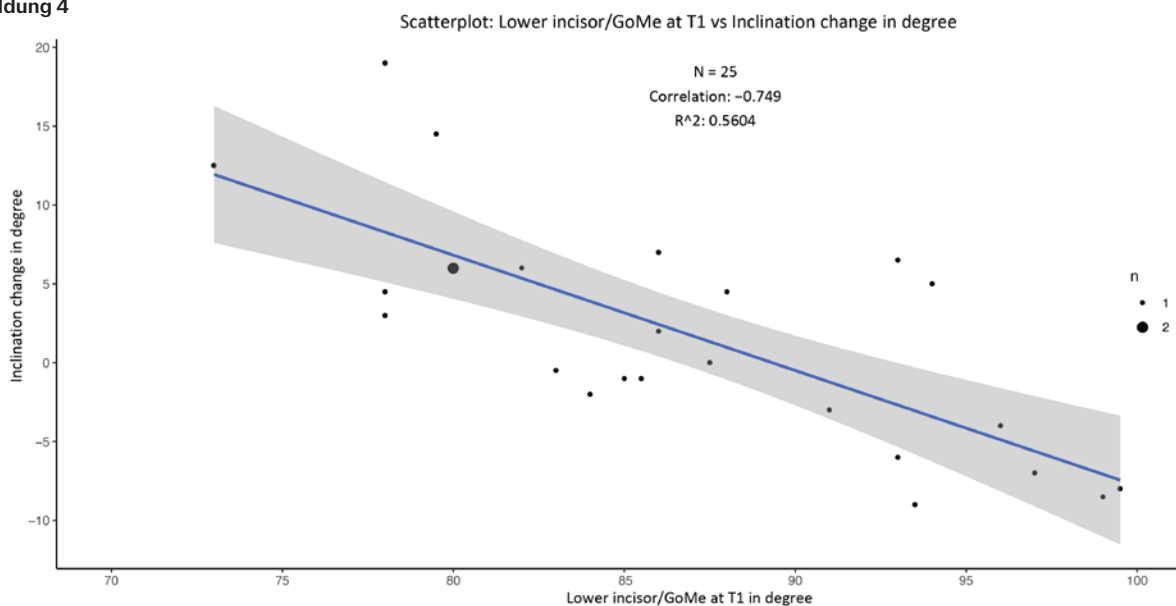


Tabelle 5

Variable	mean	lower bound	95% lower CI	95% upper CI	upper bound	non-inferiority margin	p-value	Assessment: 95% CI within margin
Interincisal angle at T2 in °	128.2	125	125.9	130.5	135	5°	0.0039	equivalent
Lower incisor/GoMe at T2 in °	88.62	85	86.48	90.76	95	5°	0.0010	equivalent

Tab. 3: Descriptive analysis of the linear and angular measurements. – **Tab. 4:** Paired t-Test for the difference (T2–T1). – **Abb. 4:** Korrelation unterer Schneidezahn/GoMe bei T1 versus erreichte Korrektur. – **Tab. 5:** Schuirmann's TOST equivalence Test after treatment (T2) vs referenz value (130° or 90°).

lität der Ergebnisse (T2) für die Endpunkte Inzisalwinkel und Inklination der unteren Schneidezähne bewertet. Um beurteilen zu können, ob die Ergebnisse nach der Behandlung nicht signifikant von der Norm abweichen (130° für den Interinzisalwinkel und 90° für die Inklination der Schneidezähne) wurde ein Schuirmann TOST-Äquivalenztest auf der Grundlage eines t-Tests mit einem einseitigen Alpha von 0,025 verwendet. Die Nichtunterlegenheitsgrenzen wurden so gewählt, dass die Ergebnisse nach der Behandlung sowie das entsprechende 95 %-Konfidenzintervall nicht mehr als $\pm 5^\circ$ von der Norm abweichen sollten. Alle statistischen Analysen wurden mit der Statistiksoftware SAS v 9.4 (SAS Institute) durchgeführt.

Ergebnisse

25 Patienten mit Klasse III-Malokklusion (w/m 12/13; Durchschnittsalter 20,7 Jahre, SD 9,5 Jahre) erfüllten die Inklusionskriterien. Die Ausgangsdaten sind in der Tabelle 1 zusammengefasst. Von den 25 inkludierten Patienten hatten fünf eine einseitige und 20 eine beidseitige Prämolarenextraktion im Unterkiefer. Die Behandlungsdauer betrug im Durchschnitt $3,0 \pm 0,7$ Jahre. Die Intrarater-Reliabilität war für alle Variablen ausgezeichnet (Tab. 2). Die deskriptiven Statistiken sind in Tabelle 3 aufgeführt. Der durchschnittliche Wits-Wert betrug $-6,7 \pm 2,5$ mm, wobei 13 Patienten einen Wits-Wert < -7 mm aufwiesen. Der Wits-Wert verbesserte sich im Durchschnitt um $1,3 \pm 2,0$ mm und die Verbesserung war statistisch signifikant (Tab. 4). Die Kippung der Okklusionsebene im Uhrzeigersinn gegenüber dem Spinaplanum (Mittelwert $1,2 \pm 2,5^\circ$) hat einen Teil der Wits-Verbesserung neutralisiert. Auch die Verbesserung des ANB-Winkels war statistisch signifikant von $-1,5 \pm 2,2^\circ$ bei T1 auf $0,5 \pm 2,3^\circ$ bei T2 (Tab. 4). Der Interinzisalwinkel verringerte sich von $130,4 \pm 7,8^\circ$ bei T1 auf $128,2 \pm 5,5^\circ$ bei T2, was auf eine Dekompensation hindeutet. Die durchschnittliche Inklination der unteren

Schneidezähne verbesserte sich trotz der Extraktionen im Unterkiefer um $1,8^\circ$ (T1: $86,8 \pm 7,4^\circ$ /T2: $88,6 \pm 5,2^\circ$). Es bestand eine deutliche Korrelation ($-0,75$) zwischen der Inklination der Unterkieferschneidezähne bei T1 und der erreichten Korrektur. Dies beschreibt eine kontrollierte Korrektur, die unabhängig von der initialen Inklination in Richtung der Norm durchgeführt wurde (Abb. 4). Sowohl für den Interinzisalwinkel als auch für die Schneidezahninklination konnte gezeigt werden, dass die 95 %-KI-Grenzen innerhalb der Nichtunterlegenheitsgrenzen von $\pm 5^\circ$ lagen, was auf eine statistisch signifikante Gleichwertigkeit hindeutet (Tab. 5). Intraorale Abbildungen und Fernröntgenseitaufnahmen zeigen für alle inkludierten Patienten die Situationen bei T1 und T2 (Abb. 5+6). Die Ergebnisse der Überlagerungen sind in Tabelle 3 dargestellt. Das Widerstandszentrum der Unterkieferschneidezähne wurde im Durchschnitt um $3,7 \pm 1,3$ mm nach lingual verschoben, was auf eine körperliche Zahnbewegung hindeutet.

Diskussion

In früheren Studien wurden dentoalveoläre Effekte im anterioren Unterkiefer im Zusammenhang mit einer Klasse III-Camouflage-Behandlung mit oder ohne Extraktionen anhand von Fernröntgenseitaufnahmen nachuntersucht.¹ In allen Studien kam es zu einer signifikanten Kippung der Schneidezähne im Unterkiefer nach lingual um bis zu 10° oder mehr.¹² Neben einigen wenigen Fallberichten haben sich nur sehr wenige Studien mit einer Klasse III-Camouflage-Behandlung beschäftigt, bei denen lediglich untere Prämolaren extrahiert wurden.^{2-4,35} Georgalis and Woods beschrieben eine signifikante Reklination im Bereich der Unterkieferfrontzähne, die bereits zu Beginn der Behandlung rekliniert standen (mittlerer unterer Schneidezahn/MeGo: $84,3^\circ$).² Elham et al. fanden bei 30 Patienten, die mit Extraktion unterer Prämolaren behandelt worden waren, eine durchschnittliche Reklination von 8° .³ In der

vorliegenden Studie verbesserte sich die Inklination der unteren Schneidezähne trotz der Extraktionen signifikant von $86,8^\circ$ auf $88,6^\circ$ (Tab. 3). Außerdem korrelierten die erzielten Veränderungen der Inklination stark mit der Ausgangssituation, d.h. proklinierte Schneidezähne wurden aufgerichtet, reklinierte Schneidezähne wurden trotz Extraktionen aufgerichtet und die Inklination von Schneidezähnen, die bei T1 gut positioniert waren, blieb mehr oder weniger unverändert (Abb. 4). Sowohl der Interinzisalwinkel als auch die Inklination der Unterkieferschneidezähne lag bei T2 innerhalb der Nichtunterlegenheitsgrenzen^{36,37} (Tab. 5). Die aufgestellte Nullhypothese wurde somit widerlegt. Bei Extraktionen unterer Prämolaren zur nichtchirurgischen Camouflage-Behandlung einer Klasse III-Malokklusion kommt es beim Einsatz von VILAs nicht zu einer kompensatorischen Reklination der unteren Frontzähne. Derartig ungewöhnliche Zahnbewegungen können aufgrund der außergewöhnlichen Torqueübertragung eines $0,016'' \times 0,024''$ Stahlbogens mit Extratorque von 13° im anterioren Unterkiefer erklärt werden. Dies wurde ebenfalls in zahlreichen anderen Studien nachgewiesen.^{7,20-23,30-32,38-41}

Sowohl der Wits-Wert als auch der ANB-Winkel konnten in der vorliegenden Untersuchung signifikant verbessert werden (Tab. 4). Dies kann in Übereinstimmung mit anderen Studien zur Klasse III-Camouflage-Behandlung als skelettale Korrektur interpretiert werden.¹⁻⁷ Gleichzeitig macht die signifikante Kippung der Okklusionsebene im Uhrzeigersinn einen Teil der Wits-Verbesserung zunichte (Tab. 4).

Bei der strukturellen Überlagerung des Unterkiefers fällt bei allen 25 Patienten eine zum Teil beträchtliche körperliche Bewegung der unteren Schneidezähne nach lingual auf (max. $7,1$ mm/min. $1,4$ mm). Wie auf den Fernröntgenseitaufnahmen sichtbar, führt dies zu bemerkenswerten Umbauprozessen im Bereich des unteren anterioren Alveolarfortsatzes. Trotzdem waren die parodontalen Strukturen bei allen 25 Patienten unauffällig.⁴²





Abb. 5a-y: Seitliche intraorale Ansicht aller eingeschlossenen Patienten bei T1 (links) und T2 (rechts). Die Bilder der Patienten w und y wurden gespiegelt, da nur der untere Prämolare im 3. Quadranten extrahiert wurde.

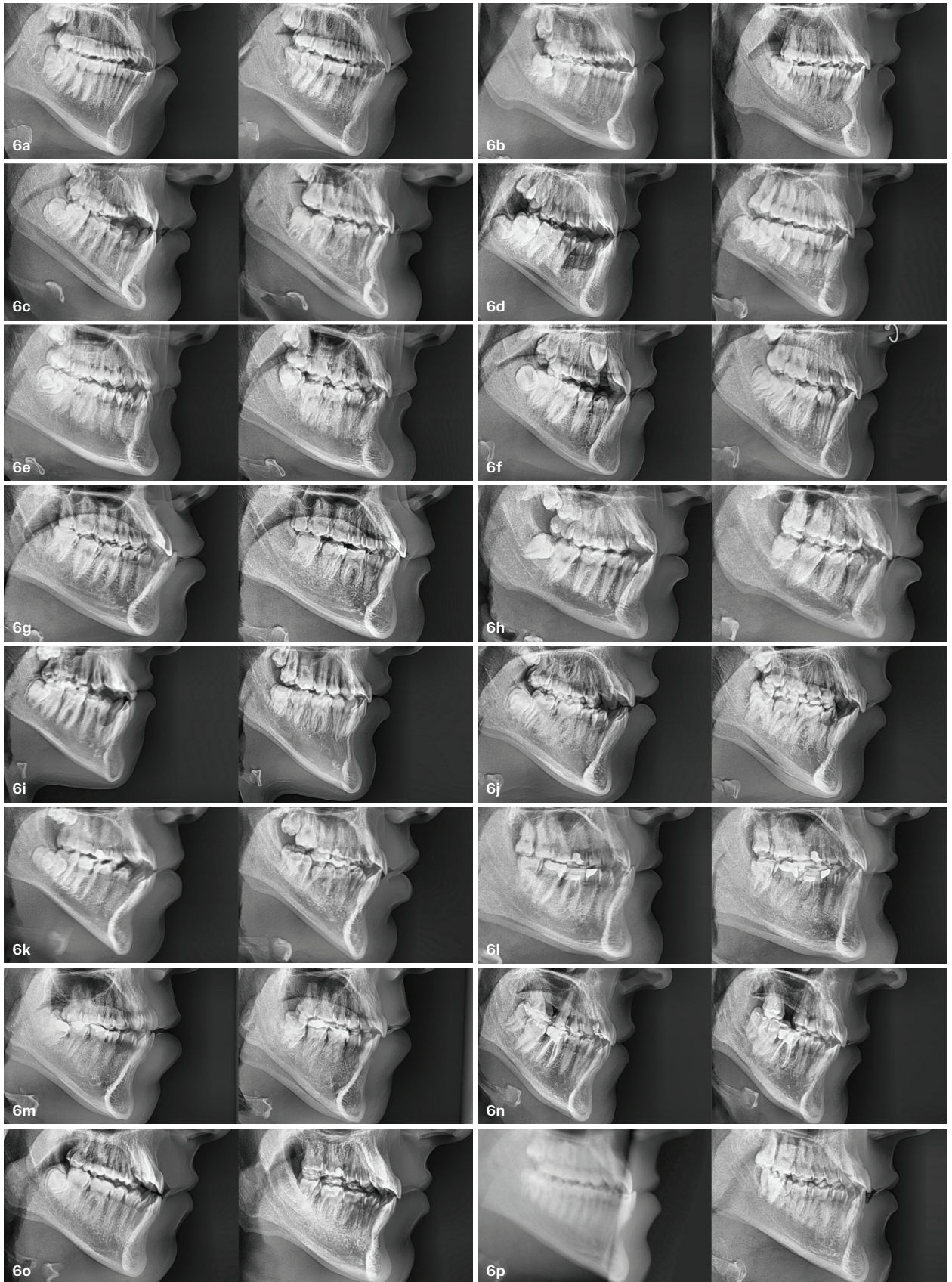
Eine durchschnittliche Behandlungsdauer von 3,0 Jahren (max. 4,4/ mind. 1,8) ist vergleichbar mit anderen Studien, bei denen zur Klasse III-Camouflage nur im Unterkiefer extrahiert wurde.²⁻⁴ Dies erscheint auf den ersten Blick zwar überdurchschnittlich lang, wird aber bei genauerem Hinsehen verständlich: In vier Fällen wurde die Extraktionsentscheidung im Unterkiefer erst nach einem misslungenen Versuch einer Kompensation ohne Extraktionen aufgrund von mangelnder Mitarbeit beim Einhängen der intermaxillären Gummizüge getroffen. Bei 13 Patienten brachen die Weisheitszähne im Unterkiefer während der VILA-Behandlung in einer ungünstigen Position durch, sodass sie aktiv eingestellt werden mussten. Bei Patienten mit ei-

ner Behandlungsdauer von bis zu 2,5 Jahren gab es in dieser Studie derartige Herausforderungen nicht. Generell ist eine längere Behandlungsdauer beim Einsatz lingualer Apparaturen eher akzeptabel, da sowohl die ästhetischen Beeinträchtigungen bei erwachsenen Patienten als auch die Anfälligkeit für White Spot Läsionen bei Kindern und Jugendlichen beim Einsatz lingualer Apparaturen im Vergleich zu vestibulären Bracketsystemen signifikant geringer sind.⁴³⁻⁴⁶

Camouflage ohne Extraktionen oder mit systematischer Extraktion von vier Prämolaren

Bei der dentoalveolären Camouflage einer Klasse III-Malokklusion kann die Bisslage bis zu einem gewissen Aus-

maß mit intermaxillären Klasse III-Gummizügen korrigiert werden.⁴⁷ Dabei kommt es in jedem Fall zu einer Kippung der Okklusionsebene gegen den Uhrzeigersinn. Zudem kann es zu einer ästhetisch häufig ungünstigen Intrusion der Oberkieferschneidezähne kommen. Bei der hier vorgestellten Behandlungsmethode wird indes der Restlückenschluss im Unterkiefer fast immer durch den Einsatz von Klasse II-Gummizügen unterstützt, was zu einer signifikanten Kippung der Okklusionsebene im Uhrzeigersinn führte. Besonders bei den in dieser Patientengruppe häufigen Fällen einer nicht ausschließlich sagittalen, sondern auch vertikalen Unterentwicklung des Oberkiefers erscheint die damit verbundene Extrusion der Oberkieferschneidezähne



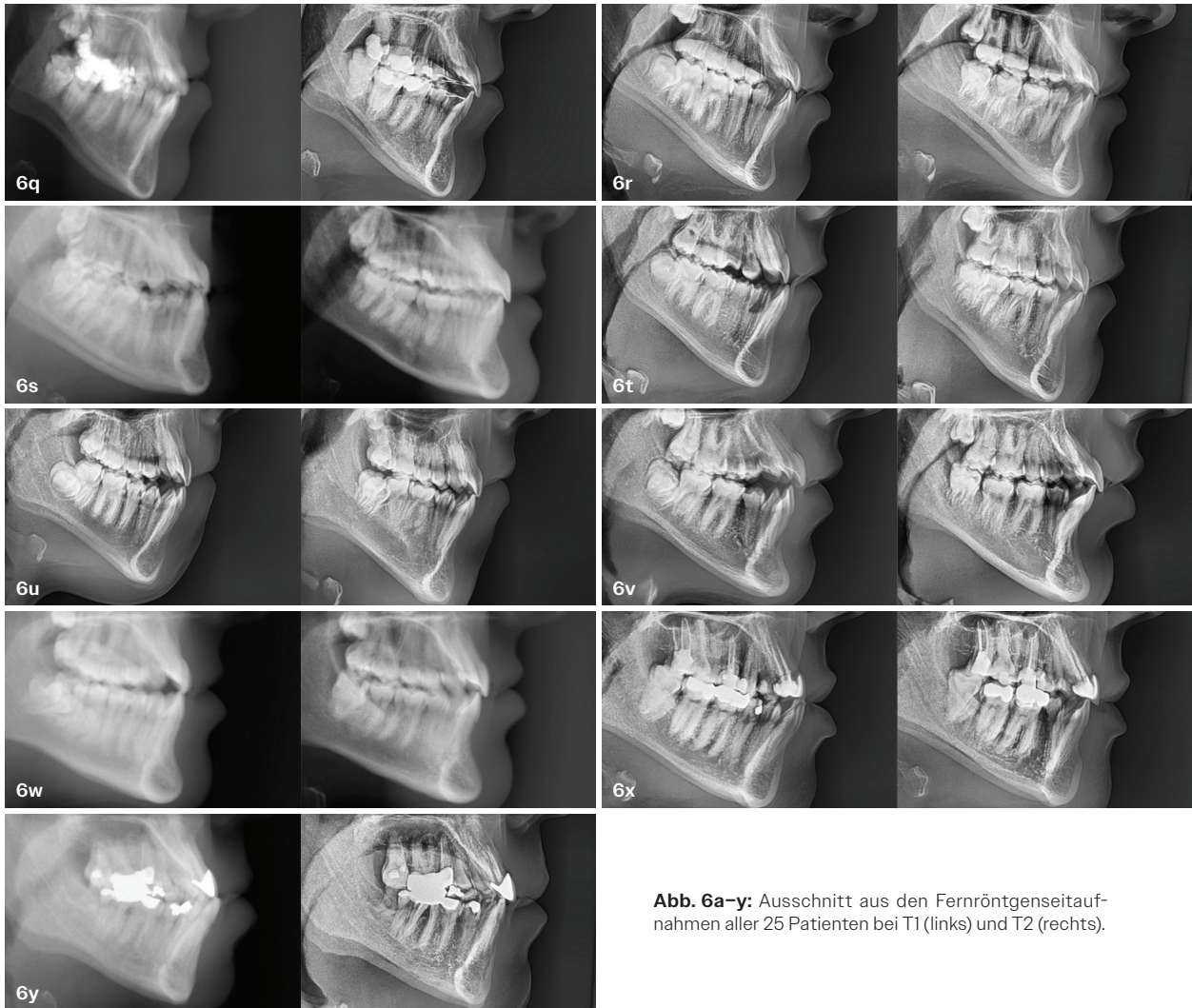


Abb. 6a–y: Ausschnitt aus den Fernröntgenseitenaufnahmen aller 25 Patienten bei T1 (links) und T2 (rechts).

vorteilhaft (Abb. 6m). In jedem Fall sind die Anforderungen an die Mitarbeit der Patienten beim Tragen der intermaxillären Gummizüge bei der hier vorgestellten Methode mit Unterkieferextraktionen deutlich geringer. So konnte auch bei den vier Patienten mit dem aufgrund von schlechter Mitarbeit revidierten Behandlungsplan am Ende eine neutrale Eckzahnbeziehung eingestellt werden (Abb. 5j, o, u, w). Sollte es bei der Klasse III-Korrektur zu

einer erheblichen Verschlechterung der Inklination der unteren Schneidezähne kommen, kann dies auch zu teils erheblichen parodontalen Komplikationen im Sinne von labialen Rezessionen führen.^{14,15}

Mono- oder bimaxilläre chirurgische Lagekorrektur

Bei einem kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Vorgehen sind größere Profilveränderungen zu

erwarten.^{1–3,5,47,48} Insbesondere bei Patienten mit einer Klasse III-Bisslage, mit gleichzeitig aber normwertigem oder sogar mandibulär retrognathem Gesichtsaufbau sollten deshalb die Grenzen einer dentoalveolären Kompensation individuell überprüft werden.⁴⁸ Neben den bekannten Risiken eines mono- oder bimaxillären Eingriffs sollten insbesondere bei einer geplanten Korrektur aus dem Unterkiefer auch die Auswirkungen auf die Atemwege

„Neben den bekannten Risiken eines mono- oder bimaxillären Eingriffs sollten insbesondere bei einer geplanten Korrektur aus dem Unterkiefer auch die Auswirkungen auf die Atemwege sowie mögliche postoperative Weichgewebsprobleme im Sinne eines Doppelkinns mit den Patienten diskutiert werden.“

sowie mögliche postoperative Weichgewebsprobleme im Sinne eines Doppelkinns mit den Patienten diskutiert werden.^{16,17,49–52} Außerdem sollte man bedenken, dass sich nicht alle OP-Patienten erneut für eine chirurgische Korrektur entscheiden würden, auch wenn die Operation ihre Gesichtsästhetik verbessert hat.¹⁴ Daher ist eine sehr umfassende präoperative Patientenaufklärung zwingend erforderlich, wobei der Patient und nicht der Behandler das endgültige „Go“ geben sollte, nachdem er alle Risiken und Alternativen klar verstanden hat.

Das Ausmaß der Klasse III-Malokklusion muss bei den meisten inkludierten Patienten als schwerwiegend angesehen werden, da 13 Patienten einen Wits-Wert von <-7 mm bei T1 aufwiesen.⁴⁷ Bei der therapeutischen Abwägung unterschiedlicher Behandlungskonzepte zur Korrektur einer Klasse III-Malokklusion hat aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Studie die kieferorthopädische Camouflage mit Extraktionen unterer Prämolaren ihre Konkurrenzfähigkeit unterstrichen. Insbesondere bei Grenzfällen oder bei Patienten, die kein Klasse III-Profil aufweisen, ist dies von besonderem Interesse.

Limitationen

Die vorliegende Studie ist retrospektiv angelegt, d.h. es gibt keine Randomisierung. Andererseits wurden alle Patienten konsekutiv ohne Exklusionen aus irgendeinem Grund in die Studie inkludiert, was das Risiko einer verzerrten Darstellung minimiert. Die Camouflage einer Klasse III-Malokklusion mit ausschließlicher Extraktion unterer Prämolaren ist ein relativ ungewöhnlicher Behandlungsansatz, insbesondere in Kombination mit lingualen Apparaturen. Das retrospektive Design ist daher auch ethisch eher vertretbar und erlaubt unmodulierte Einblicke in die klinische Realität.

Die Tatsache, dass alle Patienten in einer kieferorthopädischen Fachpraxis behandelt wurden, die über eine weit überdurchschnittliche Expertise im Bereich der Lingualtechnik verfügt, kann die Übertragbarkeit der Ergebnisse einschränken. Allerdings haben heute zahlreiche europäische und asiatische Universitäten die Lingualtechnik als Teil der kieferorthopädischen Ausbildung in ihre Curricula aufgenommen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung, die die zuverlässige dreidimensionale Kontrolle über den gesamten Zahn mit VILAs unterstreichen, können Entscheidungsträger weiter motivieren, sich mehr mit der Lingualtechnik zu beschäftigen.

„Die Camouflage einer Klasse III-Malokklusion mit ausschließlicher Extraktion unterer Prämolaren ist ein relativ ungewöhnlicher Behandlungsansatz, insbesondere in Kombination mit lingualen Apparaturen.“

Langzeitstabilität ist ein wichtiger Aspekt in jedem kieferorthopädischen Behandlungsfall. Aufgrund des innovativen Charakters der vorliegenden Studie konnte die Langzeitstabilität der Ergebnisse nur für einen kleinen Teil der

Patienten beurteilt werden. Bisher, nach einem durchschnittlichen Beobachtungszeitraum von 28 Monaten, erscheinen die Ergebnisse der sagittalen Klasse III-Korrektur stabil.

Zusätzlich zu den außergewöhnlichen Zahnbewegungen im Bereich der Unterkieferfront kam es zu einem umfangreichen Remodelling des Alveolarfortsatzes. Die parodontale Situation ist bis zum heutigen Tage bei allen Patienten unauffällig. Auf eine weitere Röntgendiagnostik in der Retentionsphase wurde unter Beachtung der Strahlenhygiene bis heute verzichtet.

Schlussfolgerung

Extraktionen unterer Prämolaren zur nicht-chirurgischen Camouflage-Behandlung einer Klasse III-Malokklusion führen beim Einsatz einer vollständig individuellen lingualen Apparatur auch in schwereren Fällen nicht zu einer unerwünschten Reklination der Unterkieferschneidezähne.

Literatur



Prof. Dr. Dr.
Dirk Wiechmann



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

info@kfo-badessen.de

www.kfo-badessen.de



Fakten statt Meinung

Lohnt sich für KFO-Praxen die Umstellung auf Factoring?

Unser **kostenfreies Infopaket** bringt Klarheit. Ohne Risiko.

Kostenfrei
anfordern



Weitere Infos unter:
<https://www.abz-zr.de/infopaket>

Die ABZ-ZR GmbH in Bayern ist ein Gemeinschaftsunternehmen der DZR Deutsches Zahnärztliches Rechenzentrum GmbH (DZR) und der ABZ eG. Im Bereich KFO-Factoring bietet die ABZ-ZR GmbH in Zusammenarbeit mit dem DZR durch das ABZ Kompetenzzentrum Kieferorthopädie deutschlandweit exklusive Factoringlösungen für KFO-Praxen an.

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.

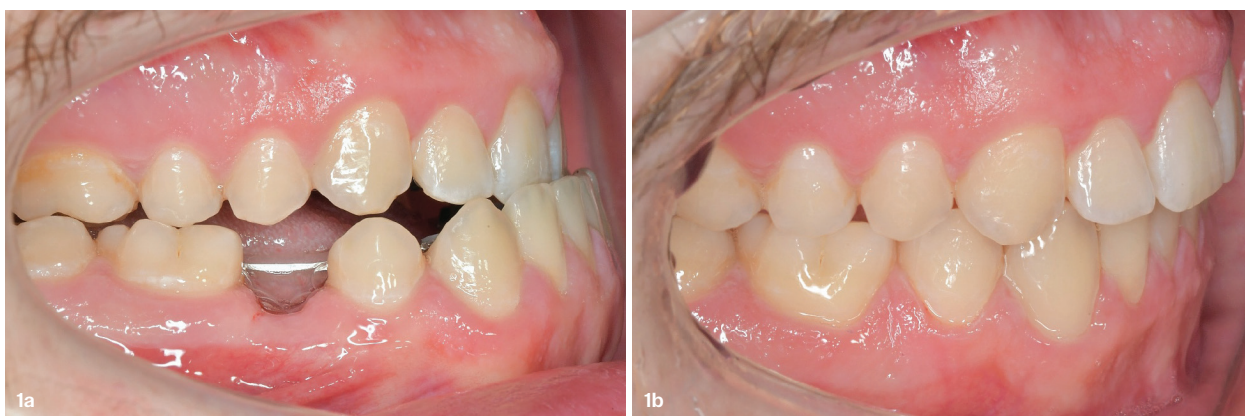


Abb. 1a+b: Erwachsener Patient mit Klasse III-Malokklusion (gleicher Patient wie in Abb. 6b). Camouflage-Behandlung mit Extraktionen unterer Prämolaren und guter Torquekontrolle bei der Retraktion.

Einleitung

Die dentoalveoläre Kompensation einer skelettalen Abweichung ist eines der am häufigsten durchgeführten kieferorthopädischen Therapiekonzepte.¹⁻⁹ Bis heute werden die Indikationen und

das klinisch sinnvolle und umsetzbare Ausmaß dieser therapeutischen Variante konträr diskutiert.^{10,11} 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.^{12,13} Neben der Auswahl der eingesetzten Apparatur spielt auch der Ausbildungsstand des Behandlers eine entscheidende Rolle.¹⁴ Kieferorthopädische Mechanothherapie ist ein komplexes Thema, wobei die Qualität der Umsetzung eines anspruchsvollen Therapieplans im Mund des Patienten, wie bei jeder ärztlichen/zahnärztlichen

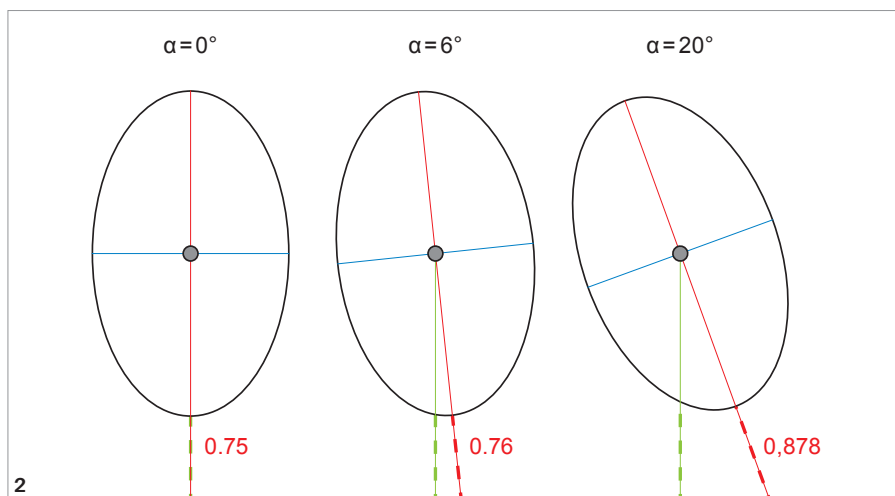


Abb. 2: Die Messung der Dimensionen des Alveolarfortsatzes auf der labialen oder lingualen Seite der Wurzel führt zu falschen Ergebnissen, wenn die Zähne initial rotiert stehen, da diese Messungen immer senkrecht zur Labialfläche der Zähne durchgeführt werden. Bei einer Derotation von $\alpha < 6^\circ$ 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).

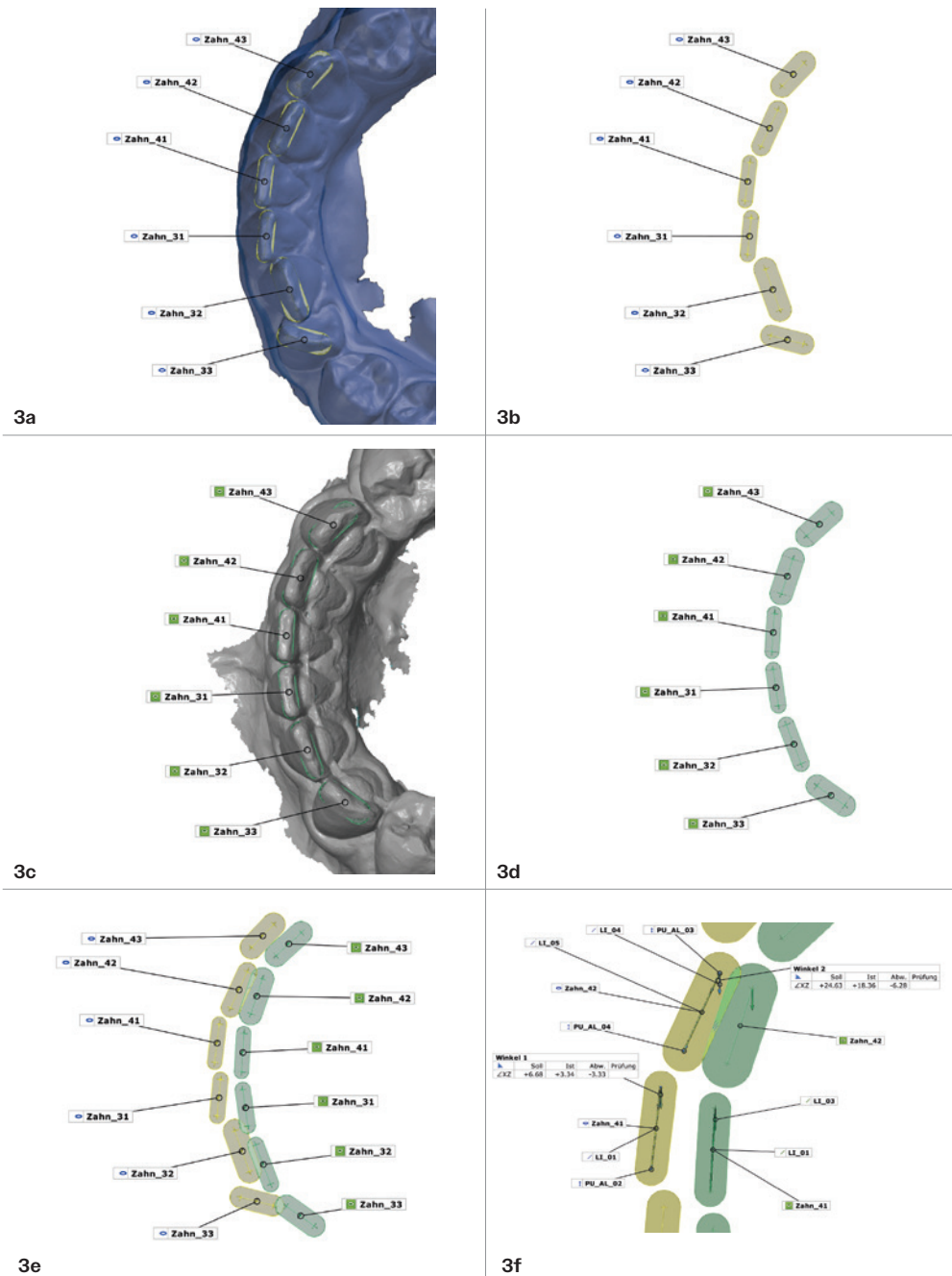


Abb. 3a-f: Maßgeschneiderte GOM-Software für Rotationsmessungen. Individuelle Marker an den Schneidezahnkanten des Malokklusionsmodells von Eckzahn zu Eckzahn (a, b). Übertragung der einzelnen Marker auf das endgültige Modell nach dem Debonding (c, d). Messung der Rotationswinkelkorrektur während der 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.¹⁵ 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.^{2,4,6-8} Die aktuelle Abkehr von Multibracket-Apparaturen hin zu herausnehmbaren Alignern schränkt das Indikationsspektrum bei gleichem Anspruch an die Qualität des anzustrebenden Behandlungsergebnisses aller-

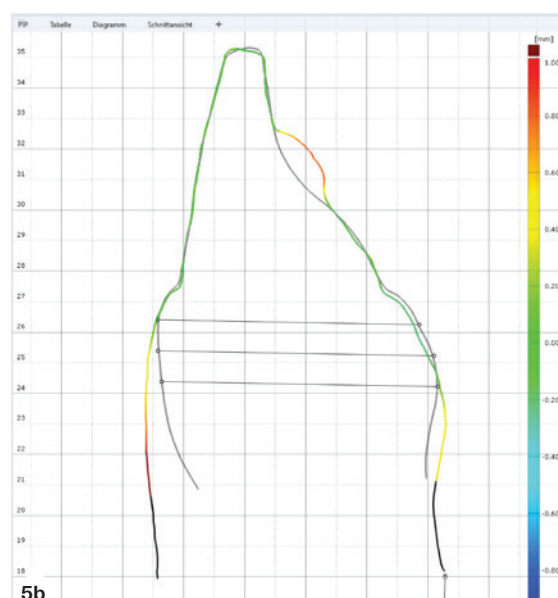
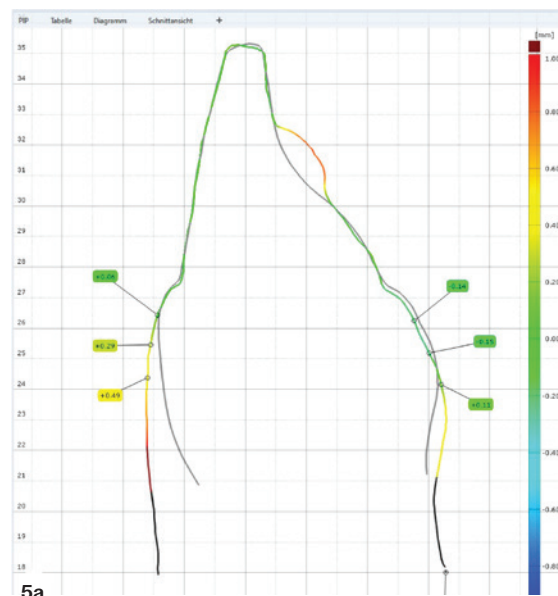
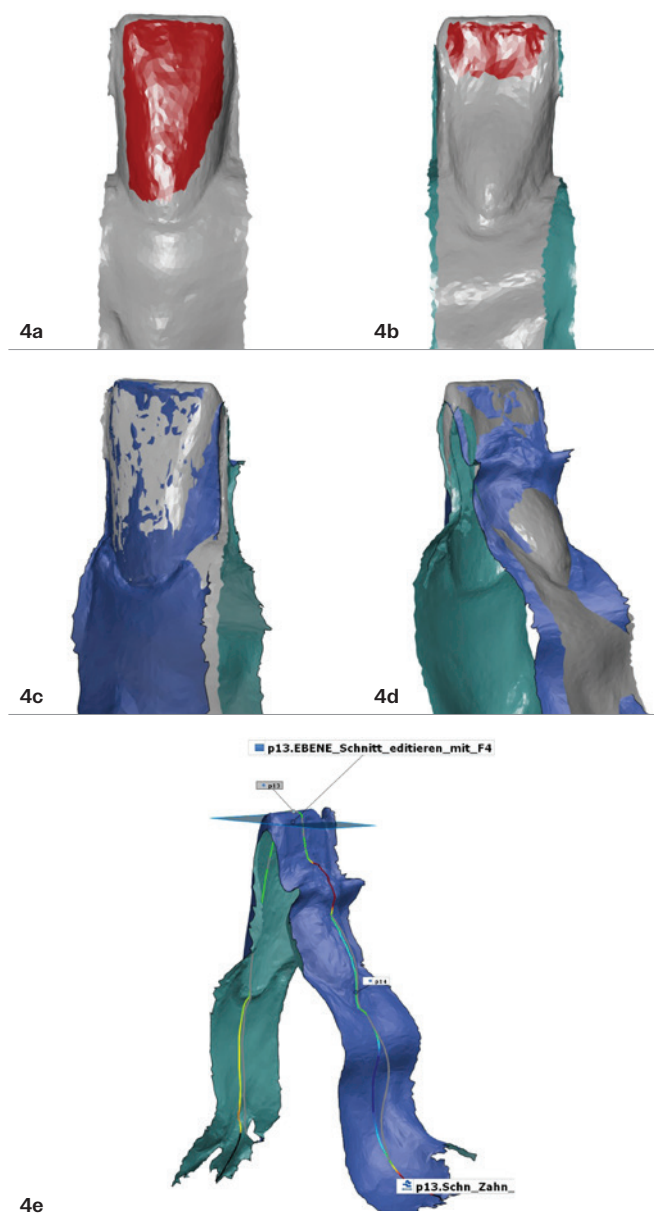


Abb. 4a–e: Methode zur Messung der Veränderung des Alveolarfortsatzes insgesamt und zusätzlich separat auf der labialen und lingualen Seite in drei verschiedenen Ebenen. Definition der Bereiche für das Matching (rot) nach Isolierung jedes einzelnen Zahns zusammen mit seinem Alveolarfortsatzanteil (a, b). Die Schneidezahnkante sollte für das Matching nicht verwendet werden, da sie insbesondere bei Klasse III-Patienten häufig während der Behandlung leicht abradert sein kann. Überlagerter zentraler Schneidezahn bei T0 und T1 (c, d). Individueller software-gestützter (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 Therapieentscheidung stellt.^{16,17}

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.^{2-5,7-9,18-23} 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.⁷ Bei der Umsetzung dieses Therapiekonzepts kam es zu einer erheblichen kontrollierten Lingualbewegung aller

Unterkieferfrontzähne und einer ungewöhnlichen Verlagerung im Bereich des Resistenzentrums der mittleren Schneidezähne von bis zu über 7 mm.⁷ 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.⁷ Bei allen Patienten wurde

eine Camouflage-Behandlung mit ein- oder beidseitiger Exaktion 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 entbrackett. 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!**



JETZT
anmelden und nichts
mehr verpassen!



WhatsApp



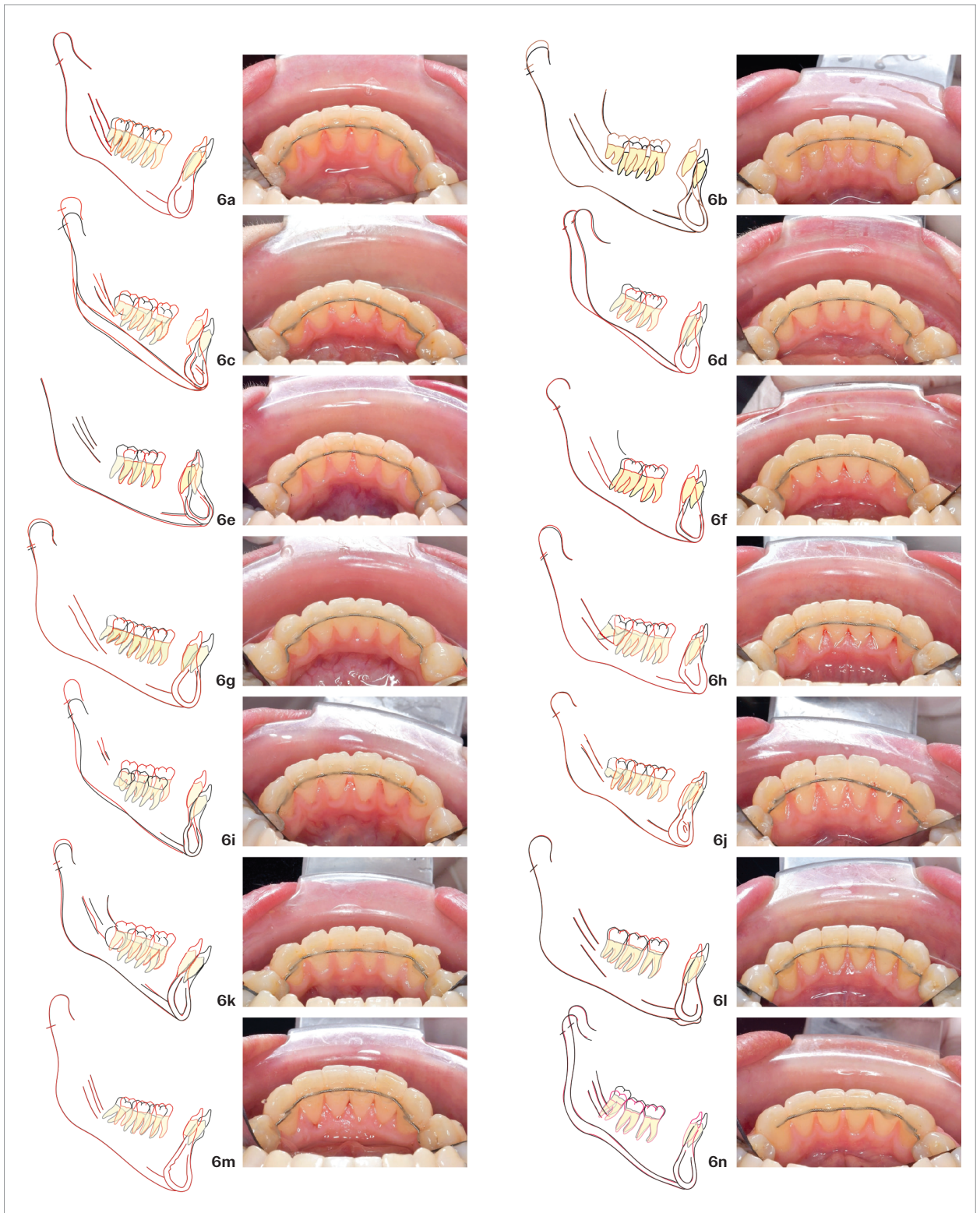
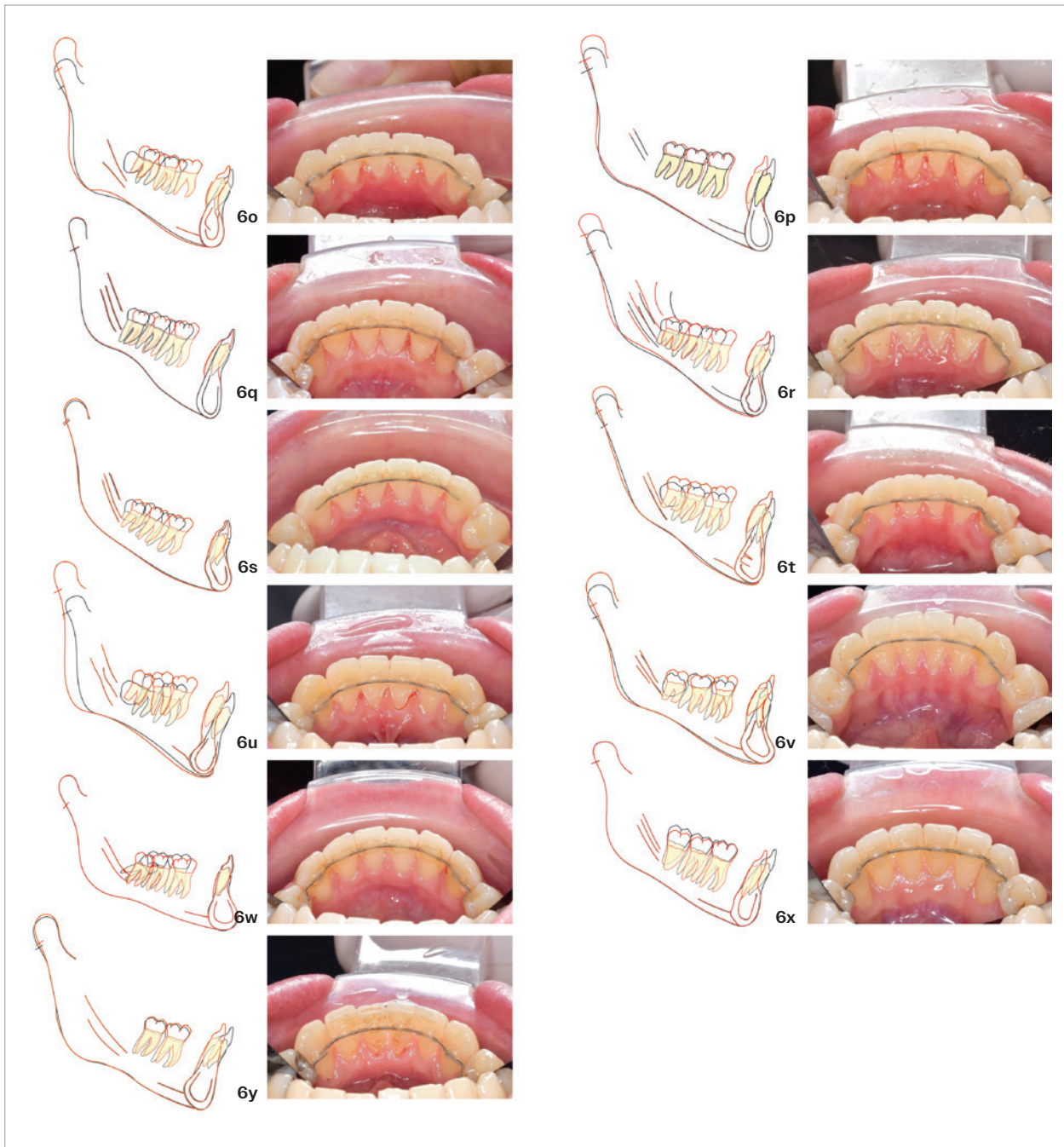


Abb. 6a–y: Strukturelle Überlagerungen des Unterkiefers der 25 eingeschlossenen Patienten vor (schwarz) und nach (rot) der Camouflage-Behandlung der Klasse III, daneben die entsprechenden klinischen Situationen bei der Retentionskontrolle (T1).



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

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.²⁴ Die Durchzeichnungen wurden wie von Björk²⁵, Björk und Skiller²⁶ sowie Springate²⁷ 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 borders 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 Interval	Min	Max	p-value
Labial level 1	68	0.09	0.24	(0.03, 0.15)	−0.9	0.8	0.0045
Labial level 2	68	0.12	0.26	(0.06, 0.18)	−0.72	0.86	0.0002
Labial level 3	68	0.14	0.31	(0.06, 0.21)	−0.71	0.8	0.0004
Lingual level 1	68	−0.07	0.26	(−0.13, 0)	−0.55	0.66	0.0383
Lingual level 2	68	−0.11	0.26	(−0.18, −0.05)	−0.76	0.49	0.0004
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	0.0003
All lingual levels	204	−0.11	0.24	(−0.17, −0.05)	−0.7	0.46	0.0003
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 Interval	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	0.0459
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	0.0254
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.²⁸
- 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 (T0) 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 T0 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 Zahnachse 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-T0) des Abstands zwischen den äußeren Weichgewebsgrenzen/-rändern auf der labialen und lingualen Seite des betreffenden Zahns aufgezeichnet. Die Messungen wurden bei T0 und bei T1 auf drei verschiedenen Ebenen gemessen, und zwar 1, 2 und 3 mm apikal vom Gingivarand 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 2016.²⁹ Der Messfehler wurde mit der Formel von Dahlberg³⁰ 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 T0 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 Intervall	Min	Max	p-value
Central incisor	Labial level 1	26	0.11	0.25	(0.01, 0.21)	-0.7	0.8	0.0301
	Labial level 2	26	0.16	0.28	(0.05, 0.27)	-0.72	0.86	0.008
	Labial level 3	26	0.18	0.34	(0.04, 0.32)	-0.71	0.8	0.0124
	Lingual level 1	26	-0.13	0.19	(-0.21, -0.06)	-0.5	0.23	0.0016
	Lingual level 2	26	-0.13	0.2	(-0.21, -0.05)	-0.51	0.25	0.0033
	Lingual level 3	26	-0.18	0.27	(-0.29, -0.07)	-0.85	0.33	0.0021
	Labial all levels	78	0.15	0.28	(0.04, 0.26)	-0.71	0.82	0.0103
	Lingual all levels	78	-0.15	0.19	(-0.22, -0.07)	-0.5	0.23	0.0004
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	0.0084
	Lingual level 3	21	-0.21	0.39	(-0.38, -0.03)	-0.8	0.55	0.0261
	Labial all levels	63	0.08	0.27	(-0.05, 0.2)	-0.62	0.46	0.2158
	Lingual all levels	63	-0.17	0.31	(-0.31, -0.03)	-0.7	0.46	0.0184
Canine	Labial level 1	21	0.13	0.21	(0.03, 0.22)	-0.17	0.6	0.0121
	Labial level 2	21	0.12	0.21	(0.03, 0.22)	-0.29	0.55	0.0129
	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
	Labial all levels	63	0.11	0.19	(0.03, 0.2)	-0.27	0.55	0.0142
	Lingual all levels	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 Zahngruppen eine signifikante Veränderung der Alveolarfortsatzdicke festgestellt, wenn die drei verschiedenen Ebenen zusammen ausgewertet wurden (Tab. 4). Betrachtet man die verschiedenen Ebenen der verschiedenen Zahngruppen, 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 T0 (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 Exzision der unteren Prämolaren und präziser Inklusionskontrolle der unteren Frontzähne ist der gesamte Alveolarfortsatz selbst bei umfangreichen Bewegungen nach lingual den Zähnen vollständig gefolgt. Obwohl sich die Zähne senkrecht zum

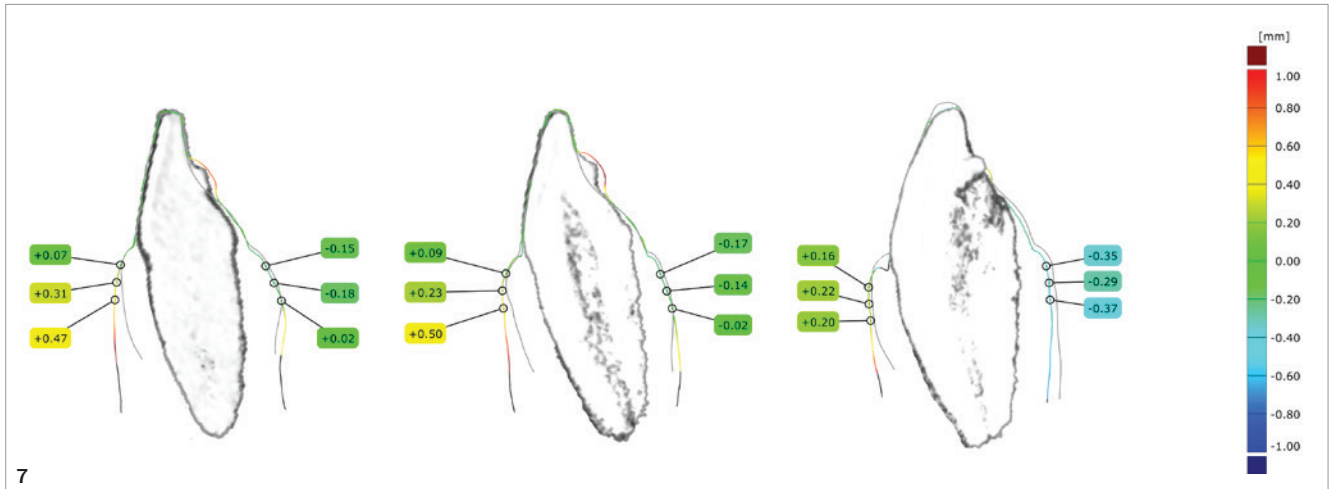


Abb. 7: Bei einem inkludierten Patienten wurde aufgrund einer chirurgischen Indikation eine DVT-Aufnahme erstellt. Die Überlagerung des zentralen Schneidezahns (linkes Bild), des seitlichen Schneidezahns (mittleres Bild) und des Eckzahns (rechtes Bild) von der DVT-Aufnahme und dem intraoralen Scan verdeutlichen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

Alveolarfortsatz zum Teil mehr als 7 mm nach lingual bewegt, 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 Exzision der unteren Prämolaren mindestens zwölf Monate lang in Retention waren. Zuvor hatten Thiem et al. in diesen Fällen ungewöhnliche, aber kieferorthopädisch günstige Zahnbewegungen beschrieben.⁷ 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 White¹⁵ beschriebenen sogenannten „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.^{31–33} 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.³¹ Im Gegensatz dazu fanden Kobylansky et al. keine Verringerung der lingualen Knochendicke nach einer Nivellierungsphase, in der die Frontzähne retrahiert wurden.³¹ Mehrere andere Autoren beschrieben einen signifikanten Umbau des Alveolarfortsatzes und sogar eine Zunahme der lingualen Knochendicke nach einer kieferorthopädischen Retraktion während der Retentionsphase.^{35–39} Ähnliches gilt auch für den Oberkiefer, im Einzelfall nach bis zu neun Jahren in Retention.^{35, 37–40} 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“.¹⁵ 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.^{31–33} 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.^{41,42} 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.⁴³ 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 (T0) 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 ($< 6^\circ$). 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.^{31–40}

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.¹⁵

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 Entbrackettierung 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.



Prof. Dr. Dr. Dirk
Wiechmann

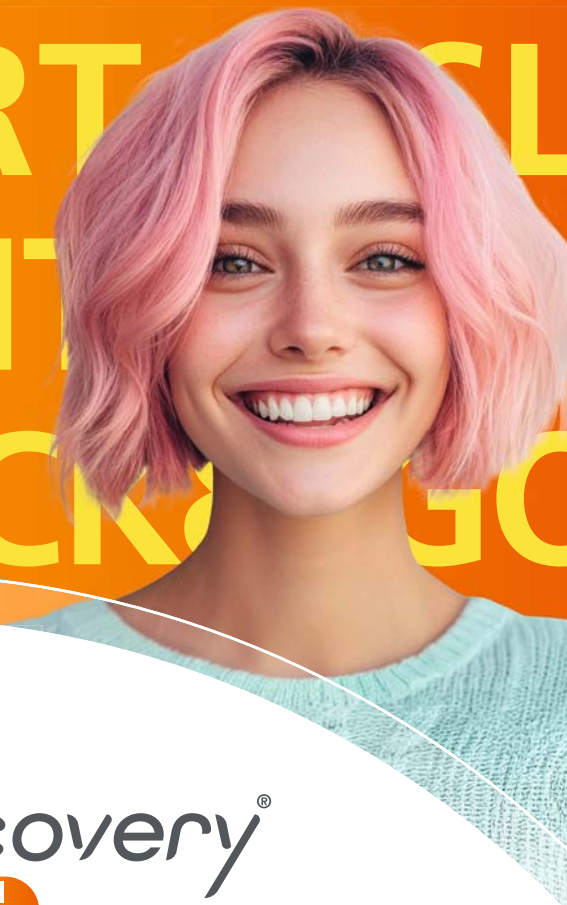


Prof. Dr. Dr. h.c. Dirk Wiechmann

info@kfo-badessen.de

www.kfo-badessen.de

NEW INNOVATION THE SMART BRACKET. IT'S EASY #CLICK&GO! SO FAST RE



discovery[®]
SMART SL

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@dentaaurum.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. +497231/803-0 · www.dentaaurum.com · info@dentaaurum.com

D
DENTAURUM
1886

Okklusionsqualität von erwachsenen Patienten mit posteriorem Kreuzbiss

im Vergleich zu Klasse I-Patienten nach der Behandlung mit vollständig individuellen lingualen Apparaturen

Von Dr. Yann Janssens¹⁻³, Dr. Heike Siekmann⁴, Dr. Pierre Canal³, Dr. Patrick F. Foley⁵, Dr. Lara Bettenhäuser-Hartung^{1,6} und Dr. Jonas Q. Schmid⁷.

Einleitung

Der seitliche Kreuzbiss ist eine häufig anzutreffende Zahnfehlstellung, die durch eine transversale Diskrepanz zwischen Ober- und Unterkiefer verursacht wird. Bis zu 15 Prozent der erwachsenen Bevölkerung in Europa sind davon betroffen.¹ Die Ätiologie ist nach wie vor unklar und kann eine Kombination aus skelettalen, dentoalveolären und neuromuskulären Faktoren umfassen.² Bis heute ist die Wahl der optimalen Behandlungsoption zur Korrektur eines posterioren Kreuzbisses bei erwachsenen Patienten höchst umstritten. Chirurgisch unterstützte,

schnelle Gaumennahterweiterungen (SARPE),³ Segmentosteotomien (zwei-/dreigeteilter Oberkiefer),⁴ miniimplantatgestützte schnelle Gaumennahterweiterungen (MARPE)⁵ oder nicht-chirurgische Expansionskonzepte⁶ werden häufig zur Behandlung von posterioren Kreuzbissen bei Erwachsenen eingesetzt.

Diese Behandlungsoptionen umfassen allerdings lediglich verschiedene Arten der Oberkiefererweiterung zur Korrektur der maxillomandibulären Diskrepanz², während eine Modifikation des Unterkieferbogens aufgrund von Stabilitätsbedenken eher unüblich ist.⁷ Die alleinige Korrektur des Kreuz-

bisses aus dem Oberkiefer, wobei der zu schmale Oberkiefer dem zu breiten Unterkiefer angepasst wird, kann jedoch auch zu einer höheren Rezidivneigung führen.^{8,9}

Expertenmeinungen zufolge können transversale Diskrepanzen von bis zu 5 mm bei Erwachsenen noch nicht-chirurgisch rein aus dem Oberkiefer korrigiert werden.¹⁰ Erst vor Kurzem beschrieb Wiechmann (2024) ein neuartiges Konzept zur Korrektur von Kreuzbissen aus beiden Kiefern unter Verwendung vollständig individueller lingualer Apparaturen (VILA, oder Completely Customised Lingual Appliances, CCLA) und CAD/CAM-Expansions-

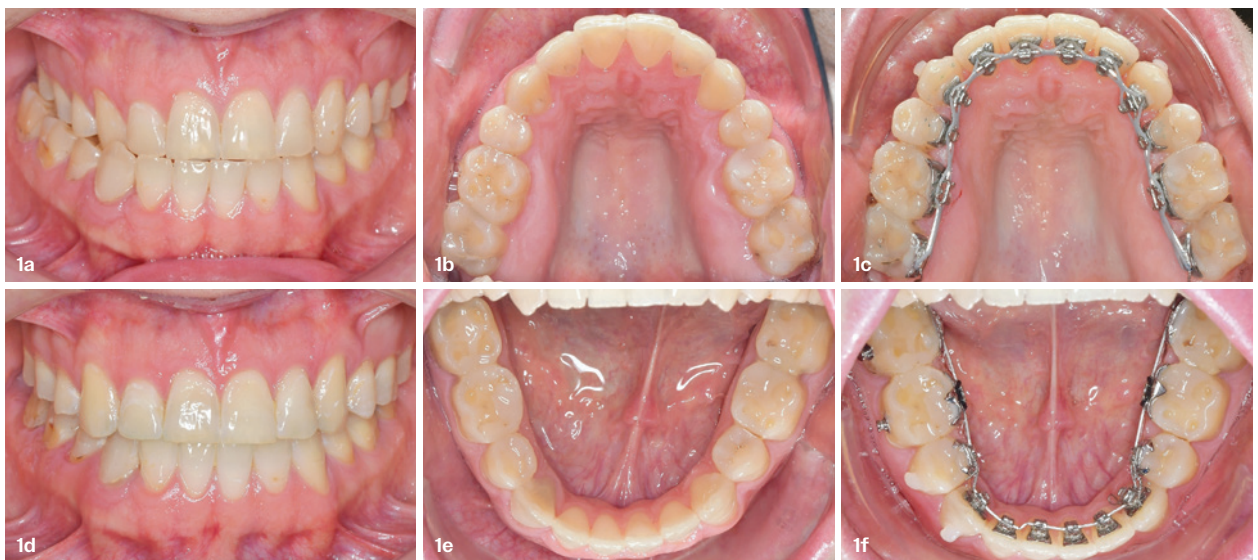


Abb. 1a-f: 35-jähriger Patient mit rechtsseitigem seitlichen Kreuzbiss bei T1. Zur Korrektur wurde der Oberkieferzahnbogen expandiert und der Unterkieferzahnbogen komprimiert. Am Behandlungsende T2B ist der Kreuzbiss komplett korrigiert.

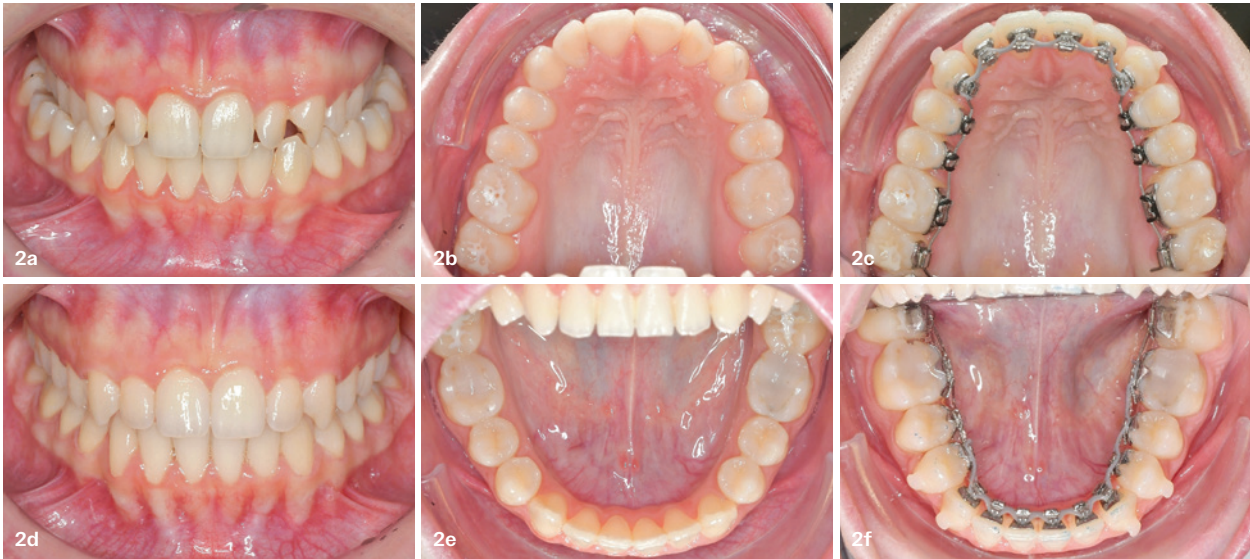


Abb. 2a–f: 19-jährige Patientin mit beidseitigem seitlichen Kreuzbiss zu T1. Besonders im Unterkiefer wurde die Zahnbogenbreite komprimiert. Auch der Oberkiefer wurde etwas verbreitert. Am Behandlungsende T2B ist der bilaterale Kreuzbiss komplett überstellt. Trotz der erheblichen transversalen Gesamtkorrektur erscheint die Okklusion nicht kompensiert.

bögen im Oberkiefer sowie Kompressionsbögen im Unterkiefer.¹¹ Dabei wurde deutlich, dass mit diesem Konzept auch größere transversale Diskrepanzen bei Erwachsenen nichtchirurgisch korrigiert werden können, wenn die Korrektur in beiden Kiefern mit ausreichender Torquekontrolle der Seitenzähne durchgeführt wird.^{12,13} Ein wesentlicher Vorteil dieses Konzeptes ist die geringe Invasivität, ohne die bei den chirurgisch unterstützten Verfahren doch

relativ hohe Rate an chirurgischen Komplikationen.¹⁴

Bislang gibt es keine Untersuchungen zur Ergebnisqualität der Okklusion nach derartigen non-chirurgischen Korrekturen. Aktuelle Studien auf diesem Gebiet haben die Relevanz einer qualitativ hochwertigen Okklusion für die Langzeitstabilität eines kieferorthopädischen Behandlungsergebnisses unterstrichen.^{15,16} Beim Einsatz vollständig individueller lingualer Apparaturen

(VILA) kann diese hohe Ergebnisqualität nachweislich nicht nur im Einzelfall, sondern regelmäßig erzielt werden.^{17–20} Daher war es das Ziel der vorliegenden Untersuchung, die Qualität der erzielten Okklusion nach einer nichtchirurgischen Kreuzbisskorrektur bei Erwachsenen zu bewerten. Als Vergleichsgruppe wurden erwachsene Patienten mit einer Klasse I-Malokklusion ohne seitlichen Kreuzbiss herangezogen. Es wurde die Nullhypothese getestet, dass bei den



Abb. 3a–f: 28-jährige Patientin aus der Nicht-Kreuzbissgruppe zu Beginn der Behandlung (T1). Auch hier wurde die Malokklusion mit einer vollständig individuellen lingualen Apparatur korrigiert (T2B).

Tabelle 1

Measurement	Description	ICC
Alignment	Assessment of tooth alignment. Incisal edges and lingual surfaces of maxillary anterior teeth, incisal edges and labial-incisal surfaces of mandibular anterior teeth, mesiodistal central grooves of posterior maxillary teeth and buccal cusps of posterior mandibular teeth should be in line.	0.998
Marginal ridges	Assessment of vertical positioning of posterior teeth. Marginal ridges of adjacent teeth should be at the same level.	0.890
Buccolingual inclination	Assessment of buccolingual inclination of posterior teeth. Upper and lower buccal and lingual cusps should be at the same height.	0.969
Occlusal contacts	Assessment of intercuspation of opposing teeth. The functioning cusps should be contacting the occlusal surfaces of opposing teeth.	0.990
Occlusal relationship	Assessment of anteroposterior position of posterior teeth. The occlusion should be an Angle Class I relationship.	0.999
Overjet	Assessment of anteroposterior relationship of anterior teeth and transverse relationship of posterior teeth. Anterior teeth should be in contact and posterior functioning cusps should be in the fossae of opposing teeth.	0.991
Interproximal contacts	Assessment of spacing within the dental arch. All teeth should be in contact with one another.	0.998
Total score	Sum of the of grading scores for the above parameters. Total score should be as low as possible.	0.998
Upper arch width	Measurement of the arch width [mm] in the area of the largest transverse discrepancy.	0.997
Lower arch width	Measurement of the arch width [mm] in the area of the largest transverse discrepancy.	0.997

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 2

Measurement	Description
Maxillary expansion	Difference between upper arch width [mm] before (T1) and after treatment (T2B). (+ = expansion, – = compression)
Maxillary expansion setup	Difference between upper arch width [mm] on the setup (T2A) and after treatment (T2B). (+ = expansion, – = compression)
Mandibular compression	Difference between lower arch width [mm] before (T1) and after treatment (T2B). (+ = compression, – = expansion)
Mandibular compression setup	Difference between lower arch width [mm] on the setup (T2A) and after treatment (T2B). (+ = compression, – = expansion)
Total correction	Calculation [mm] of total transversal crossbite correction achieved (maxillary expansion + mandibular compression)
Total correction setup	Calculation [mm] of total transversal crossbite correction planned on the setup (maxillary expansion setup + mandibular compression setup)

Tab. 1: Description of the measurements and intrarater reliability. – **Tab. 2:** Description of the calculated transverse distances.

beiden Gruppen ein statistisch signifikanter Unterschied in der Qualität der erzielten Okklusion am Behandlungsende besteht. Die Patienten in beiden Gruppen wurden mit einer VILA behandelt. Zur Kreuzbisskorrektur wurden CAD/CAM-Expansions- und Kompressionsbögen eingesetzt.

Patienten und Methoden

Alle inkludierten Patienten wurden in einer kieferorthopädischen Fachpraxis (Bad Essen, Deutschland) behandelt und zwischen 2019 und 2021 entbrackettiert. Patienten mit ungünstigen parodontalen Verhältnissen wurden generell nicht nach diesem Konzept behandelt. Alle Behandlungen wurden von Kieferorthopäden mit umfangreicher Erfahrung in der Anwendung von VILA durchgeführt. Einschlusskriterien waren erwachsene Patienten, die zu Beginn der Behandlung mindestens

18 Jahre alt waren und mit einer VILA in beiden Zahnbögen behandelt wurden (WIN-Apparatur, DW Lingual Systems). Patienten mit einer bekannten Diskrepanz zwischen maximaler Interkuspitation und zentraler Kondylenposition, geplanten Extraktionen oder Spaltenverschlüssen, Brückenprothetik oder Implantaten wurden nicht inkludiert. Auch Patienten, bei denen der Behandlungsplan kein okklusales Optimum, sondern einen individuell vertretbaren Kompromiss vorsah, wurden nicht berücksichtigt. Die Patienten wurden konsekutiv inkludiert und kein Patient wurde aus irgendeinem weiteren Grund, wie beispielsweise schlechter Mitarbeit, schlechter Reaktionslage oder fehlenden Unterlagen, exkludiert. Es wurden zwei Gruppen gebildet: Gruppe 1, bestehend aus erwachsenen Patienten mit einer Klasse I-Malokklusion ohne Kreuzbiss, und Gruppe 2, bestehend aus erwachsenen Patien-

ten mit einem posterioren ein- oder beidseitigen Kreuzbiss. Ein posteriorer Kreuzbiss wurde definiert als mindestens vier benachbarte und antagonistische Zähne (2+2) im Kreuzbiss (mehr als eine halbe labiolinguale Zahnbreite) vom ersten Prämolaren bis zum zweiten Molaren auf einer Seite (Abb. 1) oder auf beiden Seiten (Abb. 2). Die Klasse I-Patienten ohne seitlichen Kreuzbiss (Abb. 3) wurden hinsichtlich Alter und Geschlecht mit den Kreuzbisspatienten gematched. Das Behandlungsziel wurde mithilfe eines Ziel-Set-ups ohne Überkorrekturen in der Transversalen definiert. Die Korrektur eines seitlichen Kreuzbisses wurde auf den Set-up-Modellen immer aus beiden Kiefern durchgeführt. Klinisch wurde die Expansion und die Kompression mit 0,016" x 0,024" Stahlbögen durchgeführt. Die jeweiligen Überkorrekturen (1, 2 oder 3 cm Oberkiefererweiterung und 1 oder 2 cm Unter-

kieferkompression) wurden nach der von Wiechmann beschriebenen Methode vom Kieferorthopäden auf der Grundlage klinischer Bewertungen individuell festgelegt.¹¹ Auf die Verwendung von criss/cross Gummizügen zur Kreuzbisskorrektur wurde ausdrücklich verzichtet.

Wie in früheren Studien beschrieben, wurden zur Beurteilung der Okklusionsqualität sieben Messungen gemäß dem American Board of Orthodontics Model Grading System (ABO-MGS) an Gipsmodellen vor (T1) und nach der kieferorthopädischen Behandlung (T2B) sowie am Ziel-Set-up (T2A) vorgenommen.^{19,20} Zusätzlich zur Auswertung nach den ABO-MGS Kriterien (Derotation, Randleistenkontakte, bukkolinguale Inklination, Okklusionskontakte, Bisslage, Overjet und Approximalkontakte) wurde die transversale Dimension für jeden Zahnbogen im Bereich der größten transversalen Diskrepanz gemäß der von Wiechmann beschriebenen Methode bestimmt¹¹ (Tab. 1+2). Alle Messungen wurden von demselben Untersucher (Y. J.) durchgeführt, der die ABO-Kalibrierung unter der Leitung des ehemaligen ABO-Direktors (P. F.) erfolgreich abgeschlossen hatte. Die Grenze für eine positive Gesamtbeurteilung bei der Auswertung nach dem ABO-MGS wurde bei 25 Strafpunkten festgelegt. Wie in früheren Studien, in denen die finalen okklusalen Ergebnisse an Gipsmodellen evaluiert wurden, wurde auch in dieser Studie auf eine radiologisch unterstützte Auswertung verzichtet.¹⁸⁻²²

Tabelle 3

Characteristic		Crossbite	Non-crossbite
Age (years) Mean ± SD (range)		33.6 ± 10.9 (18.0–61.2)	30.7 ± 9.1 (18.1–54.7)
Total treatment time (years) Mean ± SD (range)		2.1 ± 0.8 (0.8–4.8)	1.3 ± 0.6 (0.2–2.9)
Gender n (%)	Female	30 (75.0%)	30 (75.0%)
	Male	10 (25.0%)	10 (25.0%)
Angle Class n (%)	Class I	15 (37.5%)	40 (100%)
	Class II	20 (50%)	–
	Class III	5 (12.5%)	–

Tab. 3: Baseline characteristics.

Ergebnisse

Von den 1.098 Patienten, die im Beobachtungszeitraum entbrackettiert wurden, wiesen 40 erwachsene Patienten einen posterioren Kreuzbiss auf. Jede Gruppe bestand aus 30 Frauen und 10 Männern. Das Durchschnittsalter in der Kreuzbissgruppe betrug 33,6 ± 10,9 Jahre und in der Nicht-Kreuzbissgruppe 30,7 ± 9,1 Jahre. Die durchschnittliche Behandlungsdauer in der Kreuzbissgruppe (2,1 ± 0,8 Jahre) war signifikant länger als in der Nicht-Kreuzbissgruppe (1,3 ± 0,6 Jahre). In der Kreuzbissgruppe wiesen 15 Patienten (37,5%) eine Klasse I-Malokklusion, 20 Patienten (50%) eine Klasse II-Malokklusion und fünf Patienten (12,5%) eine Klasse III-Malokklusion auf. In der Vergleichsgruppe ohne seitlichen Kreuzbiss hatten alle Patienten zu Behandlungsbeginn eine neutrale Verzahnung (Tab. 3). Die Intrarater-Reliabilität war für alle Messungen ausgezeichnet (Tab. 1).

Die deskriptiven Statistiken für den ABO-MGS-Score und die metrischen Messungen der transversalen Dimension sind in den Tabellen 4 bis 6 dargestellt. Boxplots des ABO-MGS-Scores zu den verschiedenen Zeitpunkten und des individuellen Ziel-Set-ups sowie die metrischen Messungen der transversalen Dimension sind in den Abbildungen 4 bis 7 dargestellt. Bei allen Patienten mit einem posterioren Kreuzbiss zu T1 konnte dieser Kreuzbiss bis zum Behandlungsende (T2B) korrigiert werden.

ABO-Score

Unter der Annahme eines ABO-MGS Grenzwertes von 25 Strafpunkten oder weniger würden bei den Ziel-Set-ups beider Gruppen (T2A) alle bis auf ein Set-up (27 Strafpunkte, Nicht-Kreuzbissgruppe) die Anforderungen des ABO erfüllen (Tab. 4+5 und Abb. 4). Am Behandlungsende (T2B) lag die Summe der Strafpunkte bei 38 von 40

Tabelle 4

Variables	T1					T2A					T2B					Wilcoxon Test	
	Mean	SD	95% CI	Min	Max	Mean	SD	95% CI	Min	Max	Mean	SD	95% CI	Min	Max	T1–T2B Sig	T2A–T2B Sig
Total score	68.10	12.88	63.98–72.22	41	94	10.55	3.74	9.35–11.75	4	21	20.70	5.21	19.04–22.36	10	37	<0.001*	<0.001*
AR	27.25	7.50	24.85–29.65	11	42	0.90	1.08	0.55–1.25	0	4	3.85	2.32	3.11–4.59	0	11	<0.001*	<0.001*
MR	5.53	2.32	4.78–6.27	1	10	3.58	2.15	2.89–4.26	0	9	4.15	1.78	3.58–4.72	0	7	0.004*	0.121
BI	6.30	3.24	5.26–7.34	0	13	1.33	1.47	0.85–1.80	0	6	5.98	2.83	5.07–6.88	0	11	0.407	<0.001*
OJ	14.58	5.63	12.78–16.37	4	27	0.50	1.11	0.15–0.85	0	5	1.95	1.68	1.41–2.49	0	7	<0.001*	<0.001*
OC	2.55	3.64	1.38–3.72	0	14	0.33	0.62	0.13–0.52	0	2	1.43	1.68	0.89–1.96	0	7	0.034*	<0.001*
OR	10.07	4.89	8.51–11.64	0	20	3.98	2.68	3.12–4.83	0	11	3.23	2.70	2.36–4.09	0	13	<0.001*	0.100
IC	1.83	3.62	0.67–2.98	0	15	0.00	0.00	0.00–0.00	0	0	0.13	0.34	0.02–0.23	0	1	0.005*	0.025*

SD standard deviation, Sig significance (p-value), AR alignment, MR marginal ridges, BI buccolingual inclination, OJ overjet, OC occlusal contacts, OR occlusal relationship, IC interproximal contacts, * < 0.05.

Tab. 4: Descriptives and Wilcoxon signed-rank test statistics for the crossbite group.

Tabelle 5

Variables	T1					T2A					T2B					Wilcoxon Test	
	Mean	SD	95% CI	Min	Max	Mean	SD	95% CI	Min	Max	Mean	SD	95% CI	Min	Max	T1-T2B Sig	T2A-T2B Sig
Total score	40.98	10.75	37.54–44.41	20	61	12.08	5.26	10.39–13.76	4	27	18.77	5.52	17.01–20.54	10	34	<0.001*	<0.001*
AR	22.90	6.85	20.71–25.09	10	39	2.05	2.50	1.25–2.85	0	12	4.83	2.39	4.06–5.59	1	12	<0.001*	<0.001*
MR	4.10	2.37	3.34–4.86	0	9	2.88	1.91	2.26–3.49	0	9	3.48	1.84	2.89–4.06	0	8	0.051	0.063
BI	4.28	2.66	3.42–5.13	0	11	2.15	2.42	1.37–2.93	0	10	4.28	2.59	3.45–5.10	0	11	0.883	<0.001*
OJ	4.38	3.09	3.39–5.36	0	10	0.83	1.15	0.46–1.19	0	4	1.85	1.49	1.37–2.33	0	8	<0.001*	<0.001*
OC	1.55	2.43	0.77–2.33	0	13	1.45	1.99	0.81–2.09	0	8	1.53	2.05	0.87–2.18	0	9	0.866	0.390
OR	3.15	2.76	2.27–4.03	0	10	2.78	2.12	2.10–3.45	0	8	2.80	2.05	2.14–3.46	0	8	0.348	0.834
IC	0.65	1.70	0.11–1.19	0	9	0.00	0.00	0.00–0.00	0	0	0.03	0.16	–0.03–0.08	0	1	0.010*	0.317

SD standard deviation, Sig significance (p-value), AR alignment, MR marginal ridges, BI buccolingual inclination, OJ overjet, OC occlusal contacts, OR occlusal relationship, IC interproximal contacts, * <0.05.

Tab. 5: Descriptives and Wilcoxon signed-rank test statistics for the non-crossbite group.

Kreuzbissfällen (95%) und bei 38 von 40 Nicht-Kreuzbissfällen (95%) unterhalb des Grenzwertes, womit die Erfordernisse des American Board of Orthodontics größtenteils in beiden Gruppen erfüllt wurden. Der Gesamt-ABO-MGS-Score der Strafpunkte bei den vier durchgefallenen Patientenfällen betrug 31 und 37 in der Kreuzbissgruppe und 30 und 34 in der Nicht-Kreuzbissgruppe. In beiden Gruppen konnte in allen sieben ABO-MGS-Kategorien von T1 zu T2B eine Verbesserung erzielt werden. Die Gesamtstrafpunktzahl reduzierte sich in beiden Gruppen erheblich, mit einer mittleren Verringerung von 68,1 auf 20,7 Strafpunkte in der Kreuzbissgruppe und von 41,0 auf 18,8 Strafpunkte in der Nicht-Kreuzbissgruppe (Tab. 4+5 und Abb. 4). Der Vergleich zwischen

den Gruppen bei T2B ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen, weder für die Gesamtstrafpunktzahl nach ABO-MGS noch für die verschiedenen ABO-MGS Einzelkriterien mit Ausnahme der bukkolingualen Neigung der Zähne (Tab. 6 und Abb. 4).

Metrische Messungen

Bei den erwachsenen Patienten mit einem posterioren Kreuzbiss betrug die mittlere transversale Korrektur $6,7 \pm 2,3$ mm, bei einer mittleren maxillären Expansion von $3,2 \pm 2,1$ mm und einer mittleren mandibulären Kompression von $3,5 \pm 2,4$ mm (Tab. 7 und Abb. 5–7). Es gab einen statistisch signifikanten Unterschied ($p < 0,001$) zwischen der geplanten (T2A) und der erzielten (T2B) mittleren transversalen

Korrektur, wenn man die beiden Kiefer getrennt betrachtete: Die maxilläre Expansion (3,2 mm) war geringer als geplant (3,8 mm) und die mandibuläre Kompression (3,5 mm) war größer als geplant (2,2 mm; Abb. 6+7). Bei Betrachtung beider Kiefer zusammen zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der geplanten und der erreichten totalen transversalen Korrektur (Tab. 4 und Abb. 7).

Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die Qualität der Okklusion nach der Korrektur eines posterioren Kreuzbisses mit Expansions-/Kompressionsbögen im Vergleich zu Patienten zu bewerten, die vor ihrer kieferorthopädischen Behandlung keinen Kreuzbiss aufwiesen. Die Ergebnisse dieser Studie zeigten keinen statistisch signifikanten Unterschied in beiden Gruppen hinsichtlich der Qualität der erzielten Okklusion anhand der Kriterien des ABO-MGS (Tab. 6 und Abb. 4). Folglich wird die Nullhypothese widerlegt. Die Ergebnisse der ersten Untersuchung in diesem Bereich sind klinisch bedeutsam, da eine alternative Behandlungsoption zu einer primär chirurgischen Vorgehensweise evaluiert wurde. Die Studie unterstreicht die klinische Effizienz derartiger non-chirurgischer Konzepte insbesondere im Hinblick auf die Qualität der finalen Okklusion. In Übereinstimmung mit früheren Studien wurde im Durchschnitt eine totale transversale Korrektur im Seiten-

Tabelle 6

Variables	T1	T2A	T2B
	Sig	Sig	Sig
Total score	<0.001*	0.220	0.056
AR	0.010*	0.006*	0.058
MR	0.012*	0.148	0.079
BI	0.004*	0.143	0.005*
OJ	<0.001	0.092	0.879
OC	0.314*	0.002*	0.800
OR	<0.001*	0.048*	0.849
IC	0.288	1.000	0.092

Sig significance (p-value), AR alignment, MR marginal ridges, BI buccolingual inclination, OJ overjet, OC occlusal contacts, OR occlusal relationship, IC interproximal contacts, * <0.05.

Tab. 6: Intergroup Mann-Whitney-U test statistics.

zahnbereich von 6,7 mm erzielt (Oberkiefer +3,2 mm, Unterkiefer -3,5 mm; Tab. 7, Abb. 5–7).^{11,12} Eine transversale Korrektur mit VILA in Kombination mit Expansions- und Kompressionsbögen kann daher auch bei Erwachsenen mit ausgeprägtem posterioren Kreuzbiss ein zielführendes Behandlungskonzept sein, wobei die erreichbare Expansion im Oberkiefer und die Kompression im Unterkiefer annähernd gleich groß sind.

Die in der vorliegenden Studie erzielte transversale Gesamtkorrektur ist mit den Korrekturen der bekannten chirurgischen Vorgehensweisen wie SARPE oder MARPE vergleichbar^{13,24} und stellt deshalb eine interessante nichtinvasive Alternative zu den genannten chirurgischen Konzepten dar. Viele Patienten werden diese Option nach einer umfassenden Aufklärung seitens des Behandlers als vorteilhaft bewerten.

ABO-MGS-Kategorien

In der Kreuzbissgruppe wurde, definiert durch das Set-up, eine mittlere Reduktion der Strafpunkte für den anterioren und posterioren Overjet von 90 Prozent angestrebt. Bei T1 betrug der mittlere Score 14,6 Punkte, das

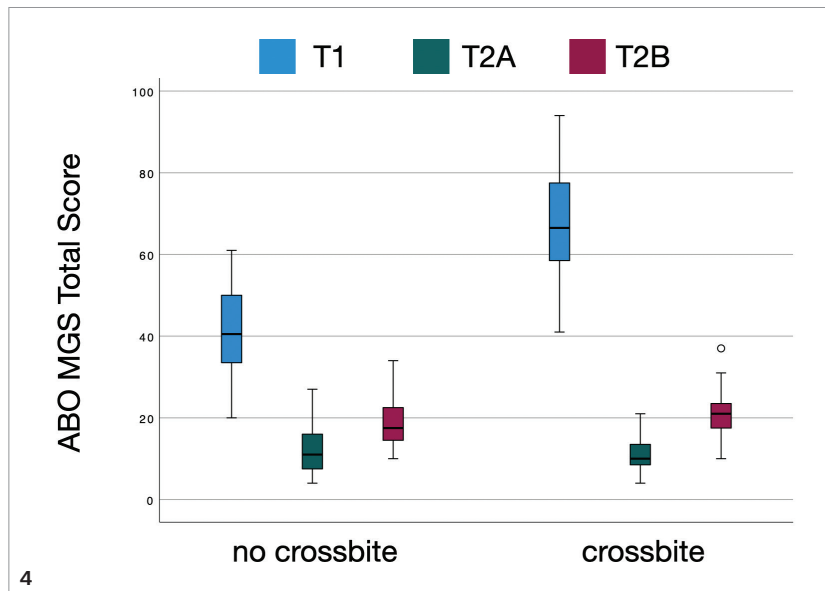


Abb. 4: Boxplots der ABO-MGS-Scores beider Gruppen zu Behandlungsbeginn (T1), für das individuelle Set-up (T2A) und am Ende der Behandlung (T2B).

schied zwischen den beiden Gruppen festgestellt ($p > 0,05$), obwohl der Wert zu Beginn der Behandlung in der Kreuzbissgruppe aufgrund des vorhandenen ein- oder beidseitigen Kreuzbisses signifikant höher war (Tab. 4–6). Die Strafpunkte für die bukkolinguale Inklination verringerten sich trotz der transversalen Korrektur in der Kreuz-

schied als klinisch nicht relevant angesehen werden (Tab. 4–6). Darüber hinaus zeigten die Kreuzbissfälle zu Beginn der Behandlung eine ungünstigere bukkolinguale Inklination, die sich dann trotz der transversalen Korrektur verbesserte (Tab. 4+5). Auch in der Studie von Schmid et al. zeigte sich, dass bei Behandlungen mit VILA und Expansions-/Kompressionsbögen im Vergleich zu SARPE- und labialen Straightwire-Apparaturen keine stärkeren Kippungen auftreten.¹² Eine transversale nichtchirurgische Korrektur mit VILA und Expansions-/Kompressionsbögen führte nachweislich nicht zu unerwünschten Kippungen im Seitenzahnbereich, sondern zu primär translatorischen Zahnbewegungen in labiolingualer Richtung. Dies wird durch die ausgezeichnete Torquekontrolle mit VILA ermöglicht, die ein vorteilhaftes alveoläres Remodelling generiert.^{25–29}

Bei den okklusalen Kontakten konnte am Ende der Behandlung mit einem durchschnittlichen Wert von 1,4 in der Kreuzbissgruppe und von 1,5 in der Nicht-Kreuzbissgruppe kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden ($p > 0,05$; Tab. 4–6). In den meisten Fällen hatte in beiden Gruppen nur ein Zahn keinen perfekten Kontakt zu sei-

„Eine transversale Korrektur mit VILA in Kombination mit Expansions- und Kompressionsbögen kann daher auch bei Erwachsenen mit ausgeprägtem posterioren Kreuzbiss ein zielführendes Behandlungskonzept sein, wobei die erreichbare Expansion im Oberkiefer und die Kompression im Unterkiefer annähernd gleich groß sind.“

Set-up (T2A) zeigte einen Score von 0,5, und bei T2B wurde ein durchschnittlicher finaler Score von 2,0 Strafpunkten ermittelt (Tab. 4). Dieses Ergebnis von nur 2,0 Strafpunkten am Behandlungsende unterstreicht die Effizienz der Kreuzbisskorrektur bei allen nachuntersuchten Patienten. Für den Overjet am Behandlungsende wurde kein statistisch signifikanter Unter-

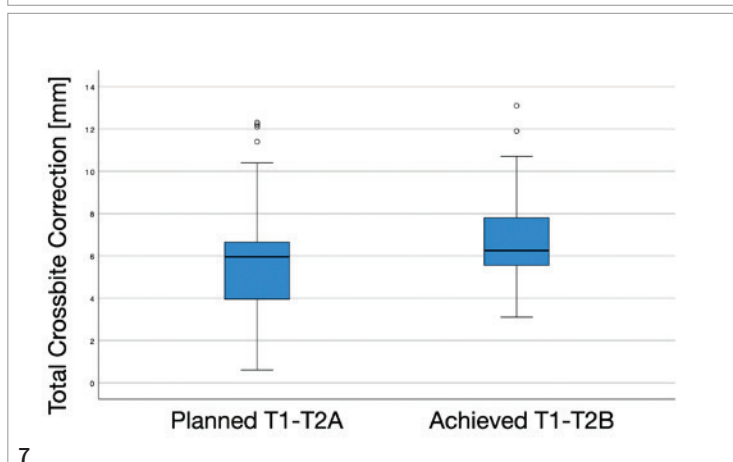
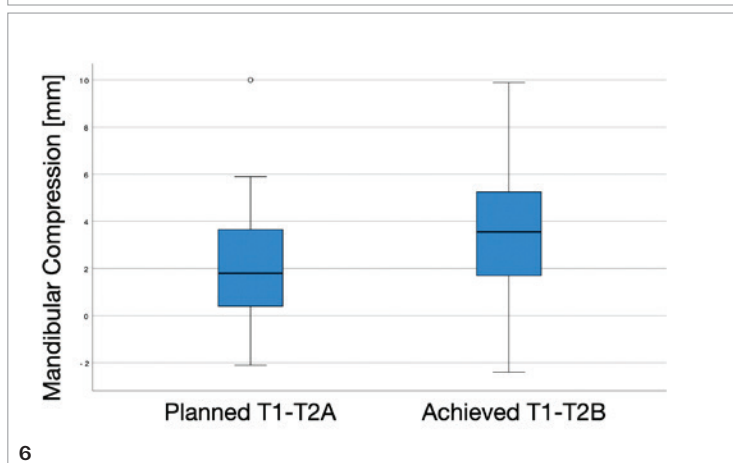
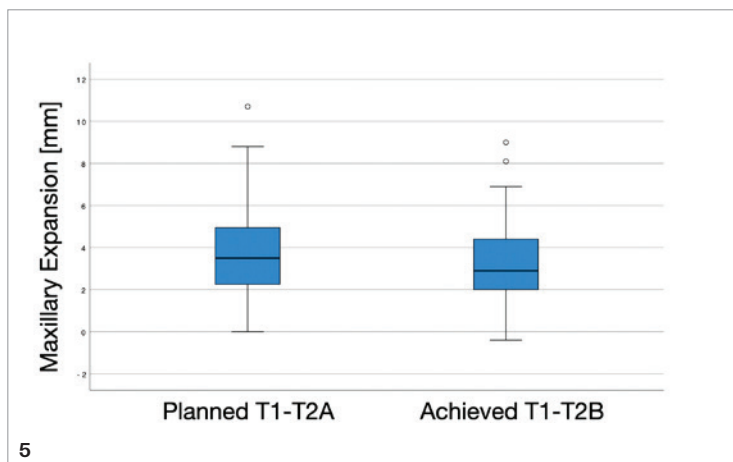
bissgruppe von 6,3 bei T1 auf 5,9 bei T2B, was auf eine ausgezeichnete Torquekontrolle bei der Expansion und Kompression mit VILA hinweist (Tab. 4). Obwohl bei T2B ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen festgestellt wurde (5,9 Strafpunkte für die Kreuzbissgruppe gegenüber 4,2 für die Patienten ohne Kreuzbiss), kann dieser geringe Unter-

Tabelle 7

Variables	Achieved T1-T2B					Planned T1-T2A					Difference T2A-T2B					Wilcoxon test
	Mean	SD	95% CI	Min	Max	Mean	SD	95% CI	Min	Max	Mean	SD	95% CI	Min	Max	T1-T2B/T1-T2A Sig
Maxillary expansion	3.21	2.10	2.53-3.88	-0.4	9.0	3.79	2.27	3.06-4.52	0.0	10.7	-0.58	0.99	-0.90- -0.27	-2.0	2.3	<0.001*
Mandibular compression	3.49	2.38	2.73-4.25	-2.4	9.9	2.23	2.40	1.47-3.00	-2.1	10.0	1.26	1.46	0.80-1.73	-2.2	4.5	<0.001*
Total correction	6.70	2.32	5.96-7.44	3.1	13.1	6.02	2.75	5.14-6.90	0.6	12.3	0.68	1.39	0.23-1.12	-2.2	4.5	0.006*

SD standard deviation, Sig significance (p-value), * < 0.05.

Tab. 7: Descriptives of the metric transverse measurements in the crossbite group and Wilcoxon signed-rank test statistics.



nem Antagonisten, was auf eine ausgezeichnete Interdigitation nach der Behandlung hindeutet. Durch die kontrollierte transversale Korrektur in beiden Kiefern konnten offensichtlich Vorkontakte an „hängenden palatinalen Höckern“ der oberen Seitenzähne gezielt vermieden werden.¹¹

Der Unterschied in der durchschnittlichen Behandlungsdauer spiegelt den unterschiedlichen Schweregrad der Malokklusionen in beiden Gruppen wider. Obwohl die Mehrheit der Kreuzbisspatienten auch sagittale Diskrepanzen aufwies (50% Klasse II-Patienten und 12,5% Klasse III-Patienten), waren die Qualität der erzielten Okklusion mit denen der Nicht-Kreuzbisspatienten vergleichbar ($p < 0,05$; Tab. 3-6 und Abb. 4). Dies steht im Einklang mit früheren Studien zur Qualität von Behandlungen mit VILAs.^{11-13, 17-20, 25-27, 29-37}

Beim Vergleich der in der vorliegenden Studie erzielten Ergebnisse mit denen anderer sogenannter ästhetischer kieferorthopädischer Apparaturen, z.B. den Alignern, zeigt sich, dass die Fähigkeit letzterer, eine signifikante Veränderung der transversalen Dimension zu bewirken, sehr begrenzt ist. Tatsächlich zeigen die meisten Studien, dass zudem die geringe Erweiterung des Oberkiefers primär Kippungen sind, da Aligner keine transversalen körperlichen Bewegungen im posterioren Bereich bewirken können.³⁸⁻⁴⁵ Die Studien zeigen zudem, dass die ohnehin schon geringe Effizienz bei der transversalen Korrektur nach posterior noch weiter nachlässt, und bei den zweiten Molaren so gut wie nicht vorhanden ist. Ein Aligner ist daher für die Korrektur eines uni- oder bilateralen posterioren Kreuzbisses bei Erwachsenen ungeeignet.³⁸⁻⁴⁵

Abb. 5: Geplante und erzielte Oberkieferexpansion (in mm). – **Abb. 6:** Geplante und erzielte Unterkieferkompression (in mm). – **Abb. 7:** Geplante und erzielte transversale Gesamtkorrektur (in mm).

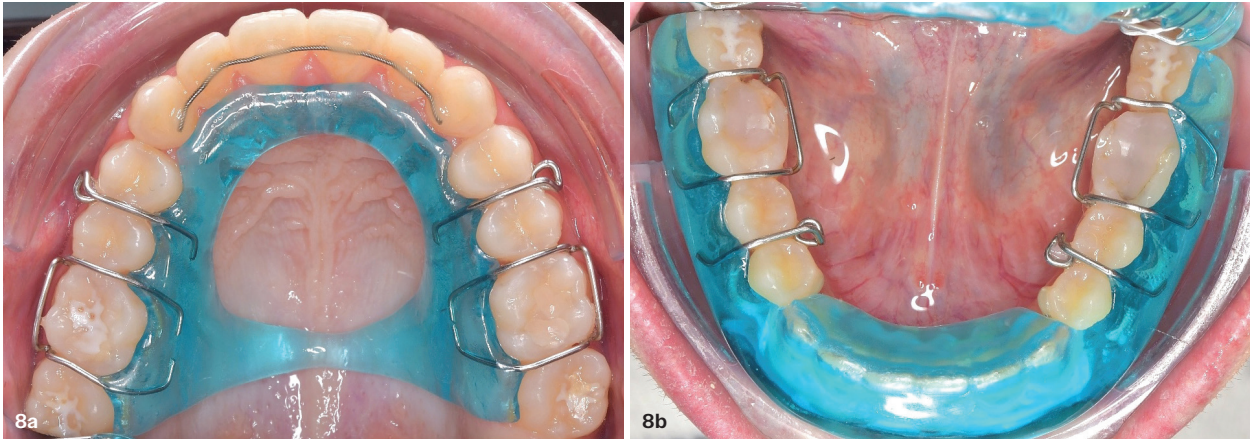


Abb. 8a+b: Modifizierte Plattenapparaturen zur transversalen Retention werden mit festsitzenden Retainern in der Front kombiniert. Die Aussparung im Gaumen ermöglicht einen direkten Schleimhautkontakt der Zunge beim Schlucken. Die Unterkieferplatte liegt primär auf der Außenseite des Zahnbogens. Sie ist im anterioren Bereich im Zungenraum verstärkt und wirkt so zusätzlich, ähnlich wie ein Zungenlifter.

Langzeitstabilität und Retention

Es ist bekannt, dass eine gute Langzeitstabilität besonders dann erzielt werden kann, wenn hervorragende okklusale Ergebnisse im Bereich der Unterkieferfront festsitzend retiniert werden.^{15,16} Die Prognose der nachuntersuchten Patientenfälle sollte dann gut sein, wenn ein angemessenes und adaptiertes Retentionsprotokoll befolgt wird. In seinen Studien an der University of Washington sagte Little über die Bogenform: „Je größer die Veränderung während der Behandlung, desto größer die Tendenz zum Rückfall.“⁷ Dementsprechend kann eine Korrektur aus beiden Kiefern im Vergleich zur Expansion nur des Oberkiefers als prognostisch günstig angesehen werden. In denselben Studien riet Little außerdem, „die Bogenform langfristig zu erhalten und die Reaktion des Patienten bis ins Erwachsenenalter hinein und währenddessen weiterhin zu überwachen.“⁷ Eine Kombination aus festsitzenden Retainern mit rigiden herausnehmbaren Plattenapparaturen ist deshalb die Methode der Wahl (Abb. 8). Rigide Plattenapparaturen scheinen dabei den tiefgezogenen Retentionsschienen überlegen zu sein, da diese auch mit einer Ausdehnung über das Gaumendach nicht in jedem Fall ausreichend stabil sind.¹¹ Ein weiteres Ziel in der Retentionsphase ist die Normalisierung der gestörten Zungenfunktion. Bei den rigiden Plattenapparaturen hilft die Aussparung am Gaumen der Zunge bei der Orientierung, was auch die Nasenatmung fördert.⁴⁶⁻⁴⁸ Eine unterstützende myofunktionelle Therapie ist in derartigen Fällen wünschenswert.⁴⁹⁻⁵²

Schlussfolgerungen

Mithilfe von Expansions- und Kompressionsbögen einer vollständig individuellen lingualen Apparatur können seitliche Kreuzbisse bei erwachsenen Patienten zuverlässig überstellt werden. Eine dementsprechende nichtchirurgische Therapie führt nicht zu einer Qualitätsminderung der

erzielten Okklusion. Die mit diesem Konzept erzielte Okklusionsqualität war im Vergleich zu Ergebnissen bei einfacheren Ausgangssituationen nicht nur ebenbürtig, sondern insgesamt genauso hochwertig.

Erstveröffentlicht in: International Orthodontics, 23 (3), September 2025, 101040.

¹ Privatpraxis, Bad Essen, Deutschland

² Privatpraxis, Paris, Frankreich

³ Klinik für Kieferorthopädie, Université Paris Cité, Paris, Frankreich

⁴ Privatpraxis, Bielefeld, Deutschland

⁵ Klinik für Kieferorthopädie, Saint Louis University, St. Louis, Missouri, USA

⁶ Klinik für Kieferorthopädie, Medizinische Hochschule Hannover, Deutschland

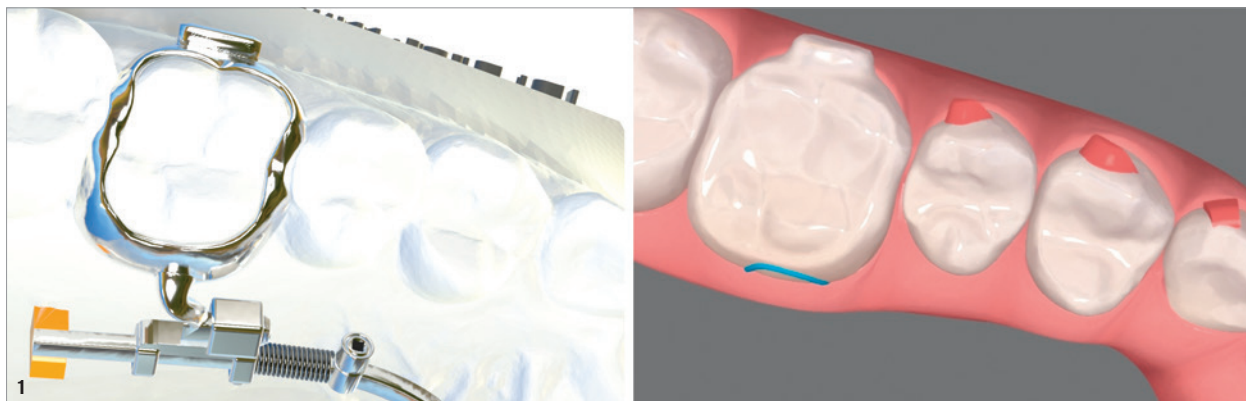
⁷ Klinik für Kieferorthopädie, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Deutschland



Dr. Yann Janssens
dr.yannjanssens@gmail.com
www.yj-ortho.com

Aligner-Staging bei der Kombination mit einem Beneslider

Von Prof. Dr. Benedict Wilmes.



Molaren-Distalisierung im Aligner-Fall

Als ästhetische Alternative werden neben der Lingualtechnik heutzutage in zunehmendem Maße Aligner-Schienen verwendet. Mittels Aligner-Schienen können Zähne mit einer hohen Verlässlichkeit gekippt und je nach Zahnform auch derotiert werden.¹ Eine begrenzte Wirksamkeit zeigen Aligner-Schienen jedoch, wenn eine körperliche Zahnbewegung gewünscht ist, wie es bei einem Lückenschluss, einer transversalen Expansion oder einer gewünschten Distalisierung der Fall ist.¹ In der Literatur lassen sich zwar vereinzelte Artikel finden, wo über eine Molarendistalisation von bis zu 2 mm berichtet wird, als nachteilig werden jedoch die eher kippenden Molarenbewegungen, die hohe Anforderung an die Mitarbeit des Patienten (Notwendigkeit von intermaxillären Gummizügen) sowie eine sehr lange Behandlungsdauer genannt.²⁻⁴

Um eine körperliche Distalisierung mit einer hohen Verlässlichkeit und Ge-

schwindigkeit zu erreichen, gibt es die Möglichkeit, die Effektivität der Aligner-Therapie durch skelettale Verankerung zu verbessern. Werden Miniimplantate im Alveolarfortsatz zwischen den Wurzeln inseriert, lassen sich die benach-

aufgrund ungünstiger anatomischer Gegebenheiten (schlechte Knochenqualität/dicke Schleimhaut) als nur bedingt geeignet.⁵ Zur Distalisierung von Molaren im Oberkiefer bietet sich daher der anteriore Gaumen als Inser-

„Werden Miniimplantate im Alveolarfortsatz zwischen den Wurzeln inseriert, lassen sich die benachbarten Zähne maximal 1 bis 1,5 mm bewegen, da es dann zum Kontakt von Miniimplantat zur Wurzeloberfläche kommt und die weitere Bewegung somit verhindert wird.“

barten Zähne maximal 1 bis 1,5 mm bewegen, da es dann zum Kontakt von Miniimplantat zur Wurzeloberfläche kommt und die weitere Bewegung somit verhindert wird. Von einer interradikulären Insertion ist also bei einer gewünschten Zahnbewegung abzuraten. Aber auch die Insertion in die Infrazygomatische Crest (IZC) oder die retromolare Tuber-Region erweisen sich

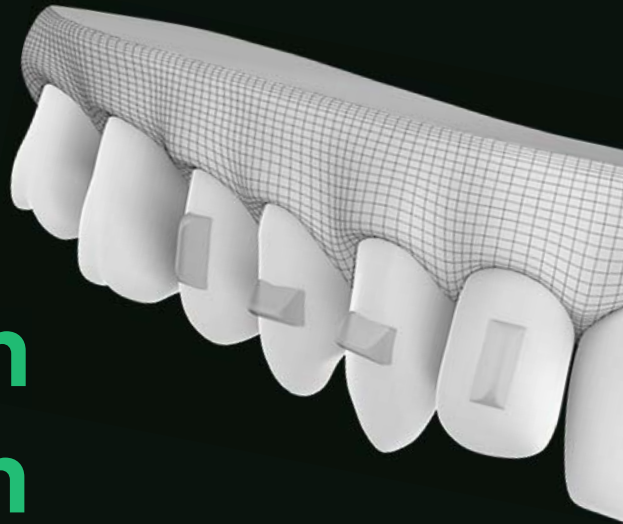
tionsregion an.⁶ Die geeignete Insertionsstelle hat eine dünne Weichgewebsschicht (ca. 1 mm) und liegt posterior der Gaumenfalten (T-Tone⁷). Als Vorteil müssen hier die gute Knochenqualität ohne Risiko der Zahnverletzung gepaart mit der befestigten Mukosa genannt werden. Beneslider (Gleitmechanik) und Distalizer (Schraubmechanik)⁸⁻¹⁰ haben sich als Distalisie-



CLARITY™

3M Health Care ist jetzt Solventum

Verabschieden Sie sich von Ungenauigkeiten und übernehmen Sie die Kontrolle.



Vorstellung der neuen Clarity™ Precision Grip Attachments:
Entwickelt, um die Präzision und Vorhersagbarkeit Ihrer
Aligner-Attachments zu optimieren. Diese revolutionäre
Technologie wird Ihre Arbeitsabläufe für immer verändern.



Bereit für dieses
Spezial-Angebot?

NEU: Jetzt verfügbar!

3M™ Clarity™ Precision Grip Attachments

- Bereits geladenes Tray
- 3D-gedruckte Präzision
- Nur mit Clarity™ Alignern verfügbar
- Entwickelt, um wertvolle Zeit zu sparen
- aus voll ausgehärtetem Komposit
- keine Klebstoff-Überschüsse



Abb. 2a-j: 39-jährige Patientin mit einer Angle-Klasse II und einer stark protrudierten Oberkieferfront. – **Abb. 3a-c:** CAD/CAM-Design des Benesliders (a) mit Aligner-Attachments auf den Shells 16 und 26 (b) und des Insertionsguides (c).



rungsapparaturen mittlerweile bewährt.¹¹ Grundsätzlich ist sowohl das zweizeitige Vorgehen (erst Distalisierung mit Beneslider, dann Finishing mit Alignern) als auch das simultane Vorgehen (gleichzeitig Distalisierung der Molaren mit Slider und Einsatz von Alignern) möglich. Bei der simultanen Strategie („1-Phase Protocol“) stellt sich die Frage, wie Slider und Aligner-Staging optimal aufeinander abgestimmt und synchronisiert werden können. Dabei hat sich herausgestellt, dass eine sequenzielle Distalisierung nicht mehr vonnöten ist. Vielmehr können die Seitenzähne bei Verwendung eines Benesliders oder Distalizers en masse (also alle gleichzeitig) distalisiert werden, was die Behandlungsdauer und die Anzahl der notwendigen Aligner stark reduziert. Zudem werden keine Klasse II-Gummizüge mehr benötigt.

Patientenbeispiel

Der Behandlungsverlauf einer 39-jährigen Patientin mit einer Angle-Klasse II wird dargestellt (Abb. 2). Neben der stark protrudierten Oberkieferfront bestand ebenfalls im Unterkiefer ein Platzmangel. Zudem war Zahn 11 aufgrund einer tiefen Wurzelfraktur nicht erhaltungswürdig. Die Patientin wünschte

„Zur Distalisierung von Molaren im Oberkiefer bietet sich daher der anteriore Gaumen als Insertionsregion an.“

eine Aligner-Therapie möglichst ohne Extraktion von weiteren Zähnen und entschied sich somit für den Beneslider. Weitere Motivationsgründe für den Slider waren eine möglichst kurze Therapiedauer sowie die als zu sehr sichtbar und somit als unästhetisch eingestuften Klasse II-Gummizüge. Wegen des Platzmangels im Unterkiefer sind Klasse II-Gummizüge zudem aus verankerungstechnischen Über-

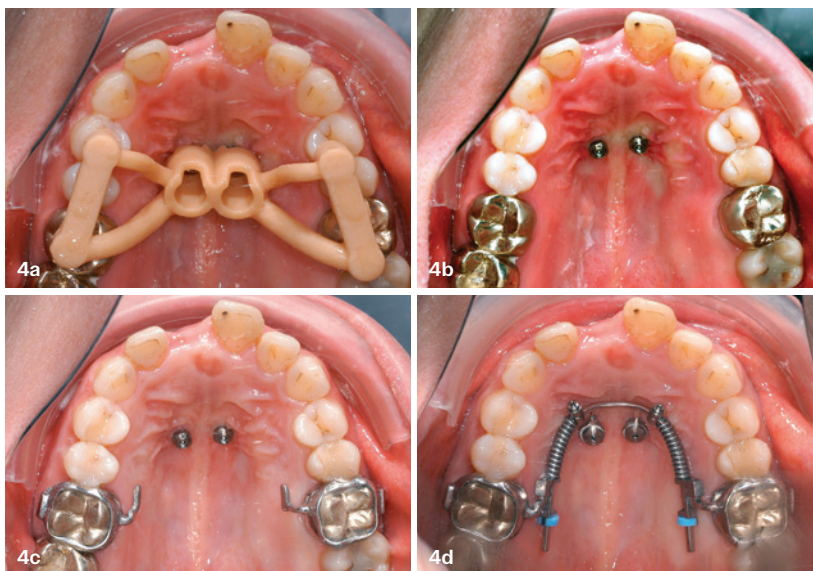


Abb. 4a–d: Einsetzen der Miniimplantate mit einem Insertionsguide, der Bänder (Shells) 16 und 26 und des Benesliders.



Abb. 5a+b: Aligner-Planung (ClinCheck, Align), vor (a) und nach (b) 36 Alignern. – **Abb. 6a+b:** Einsetzen der Aligner gleichzeitig zum nun aktivierten Beneslider (a). Das Attachment in der Shell passt perfekt in den Aligner (b). – **Abb. 7a+b:** En-masse-Distalisierung nach vier (a) bzw. neun (b) Monaten.

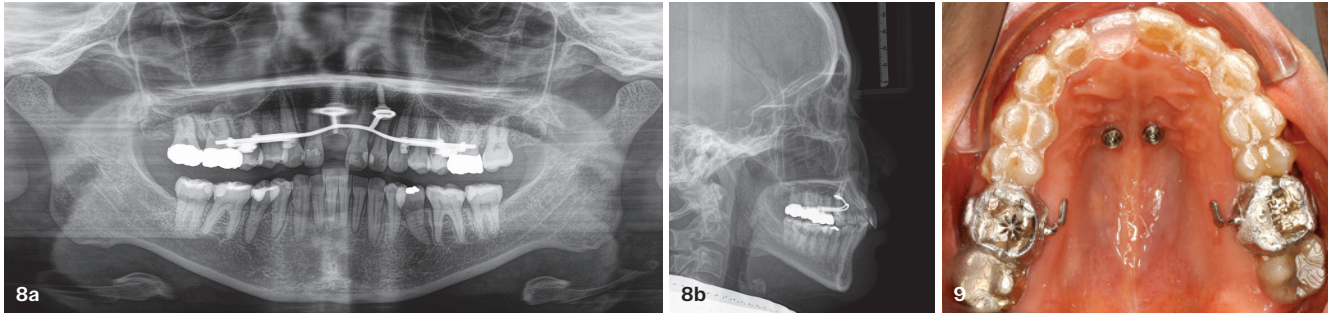


Abb. 8a+b: Röntgenkontrollen während der Distalisierung im Oberkiefer. – **Abb. 9:** Gewünschte Derotation der 6er im Oberkiefer nach Entfernung des Benesliders. Die Shells sind noch in situ, da die Aligner für den Beneslider hergestellt wurden. – **Abb. 10a–j:** Ergebnis der Behandlung nach insgesamt 14 Monaten.



legungen kontraindiziert, da durch sie die Dentition im Unterkiefer mesialisiert und die Front protrudiert wird.

Bei der Patientin wurde zunächst ein Scan vom Oberkiefer (inklusive des Gaumens) für das Design und die Herstellung des Benesliders und des Insertionsguides angefertigt (Tadman, Abb. 3). Beim nächsten Termin wurden Miniimplantate und der zunächst noch nicht aktive Slider eingesetzt (Abb. 4). Weiterhin wurde anschließend ein Scan für die Aligner angefertigt. Die Planung des Aligner-Staging (Clin-Check, Align, Abb. 5) sah wie folgt aus:

1. Es wurden 36 Aligner für Ober- und Unterkiefer geplant.
2. Die gewünschte körperliche Distalisierung der Molaren im Oberkiefer betrug 3,5 mm. Diese wurde auf 35

Aligner verteilt (0,1 mm pro Aligner bei wöchentlichem Wechsel).

3. Die Zähne, die an den Beneslider gekoppelt sind (hier 16 und 26), können nur eine rein körperliche Bewegung parallel zur Rail des Sliders machen (keine Rotationen, kein Torque).
4. Im letzten Aligner wurden die Oberkiefer-6er nach Entfernung des Sliders noch etwas derotiert (Abb. 9).
5. Wird ein Beneslider verwendet, kann man alle Zähne gleichzeitig distalisieren (En-masse-Distalisierung). Man kann Minilücken während der Distalisierung integrieren (Abb. 1), damit die Aligner möglichst viel Kontakt mit den Zähnen haben.
6. Das in den 6er-Shells designte bukkale Attachment (Abb. 3b+6b) sollte

nicht von den Aligner-Technikern weggerechnet werden.

Die Aligner wurden beim dritten Termin eingesetzt und der Beneslider aktiviert. Bei gewünschter En-masse-Distalisierung ist eine ausreichend hohe Distalisierungskraft notwendig, daher wurden hier 500 g NiTi-Federn verwendet (Abb. 6). Nach vier (Abb. 7a) bzw. neun (Abb. 7b) Monaten erkennt man eine ausgezeichnete En-masse-Distalisierung. Auch in den Röntgenkontrollen ist eine körperliche Distalisierung der Oberkiefermolaren zu erkennen (Abb. 8). Sobald eine sagittale Verankerung nicht mehr notwendig war, konnten der Beneslider entfernt und die 6er im Oberkiefer noch etwas derotiert werden (Abb. 9). Am Ende der Behand-

„Vielmehr können die Seitenzähne bei Verwendung eines Benesliders oder Distalizers en masse (also alle gleichzeitig) distalisiert werden, was die Behandlungsdauer und die Anzahl der notwendigen Aligner stark reduziert.“



Abb. 11a-f: Ein Jahr nach Beendigung der KFO-Therapie in der Retentionsphase: Ein Implantat und eine prov. Krone Regio 11 sind inseriert.

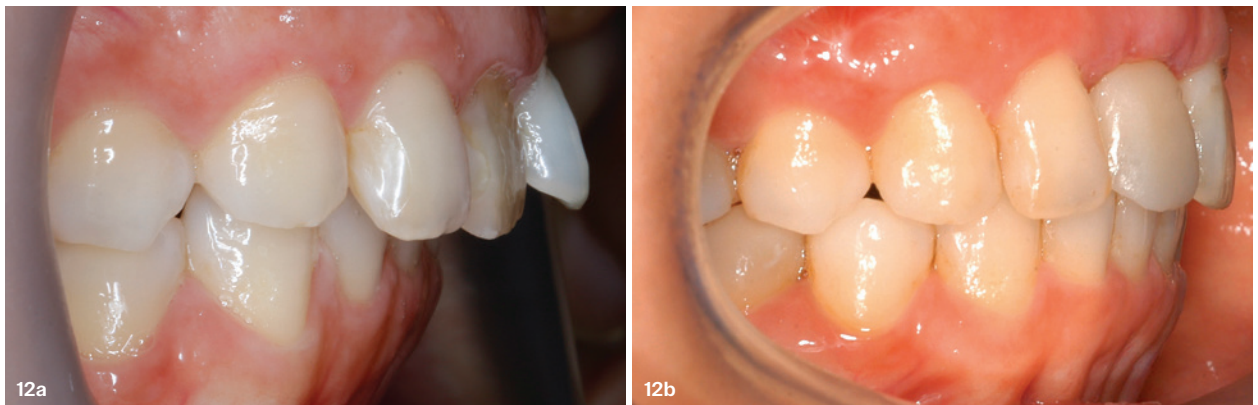


Abb. 12a+b: Vergleich der sagittalen Stufen vor und nach der Behandlung.

lung wurde noch ein Aligner-Set zum Refinement eingesetzt, sodass die Behandlung nach insgesamt 14 Monaten mit einem sehr guten Ergebnis beendet werden konnte (Abb. 10). Während der Retentionsphase wurde ein Implantat und eine provisorische Krone Regio 11 inseriert (Abb. 11). Vergleicht man die Situation vor und nach der Behandlung, erkennt man die ausgeprägte Retrusion der vormals stark protrudierten Oberkieferfrontzähne (Abb. 12).

Zusammenfassung und Diskussion

Aligner-Schienen können Zähne recht zuverlässig kippen. Wenn eine körperliche Zahnbewegung gewünscht ist, stoßen Aligner jedoch an ihre Grenzen.¹ Um eine körperliche Mesialisierung oder Distalisierung mit einer hohen Verlässlichkeit und Geschwindigkeit zu erreichen, gibt es die Möglichkeit, die Effektivität der Aligner-Therapie durch skelettal verankerte Geräte zu steigern beziehungsweise das Anwendungsspektrum von Alignern zu erweitern. Dabei ist sowohl die zweiphasige als auch die simultane Anwendung von Alignern und Slidern realisierbar. Bei der einphasigen Anwendung kann eine En-masse-Distalisierung erfolgen, was die Behandlung weitaus effektiver macht und somit von den Patienten wegen der sehr kurzen Therapie-dauer sehr geschätzt wird. Werden dabei Slider und Aligner synchron ein-

„Um eine körperliche Mesialisierung oder Distalisierung mit einer hohen Verlässlichkeit und Geschwindigkeit zu erreichen, gibt es die Möglichkeit, die Effektivität der Aligner-Therapie durch skelettal verankerte Geräte zu steigern beziehungsweise das Anwendungsspektrum von Alignern zu erweitern.“

gesetzt (einphasiges Vorgehen), wird bei Erwachsenen eine Distalisierungsgeschwindigkeit von 0,1 mm pro Woche avisiert. Bei Kindern und Jugendlichen ist die mögliche Zahnbewegung erfahrungsgemäß schneller, hier kann die Geschwindigkeit der Molarenbewegung 0,15 mm pro Woche betragen (0,6 mm pro Monat).^{11,12} Während der Distalisierung können kleine Lücken mit eingeplant werden, damit die Aligner möglichst viel Kontakt zur Kronenoberfläche haben.

Zusammenfassend kann man sagen, dass der größte Vorteil der Aligner- und Slider-Kombination die sehr effektive En-masse-Distalisierung ist. Der oft eintretende unerwünschte Jojo-Effekt bei gewünschter sequenzieller Distalisierung (Lückenöffnung und anschließender Lückenschluss ohne substantiellen Distalisierungserfolg) kann somit vermieden werden. Dies entspricht auch mehr den biologischen Gegebenheiten der parodontalen Strukturen im Sinne des interdentalen Faserapparates („Zähne sind wie Freunde, sie wollen zusammenbleiben“).

Prof. Dr.
Benedict Wilmes



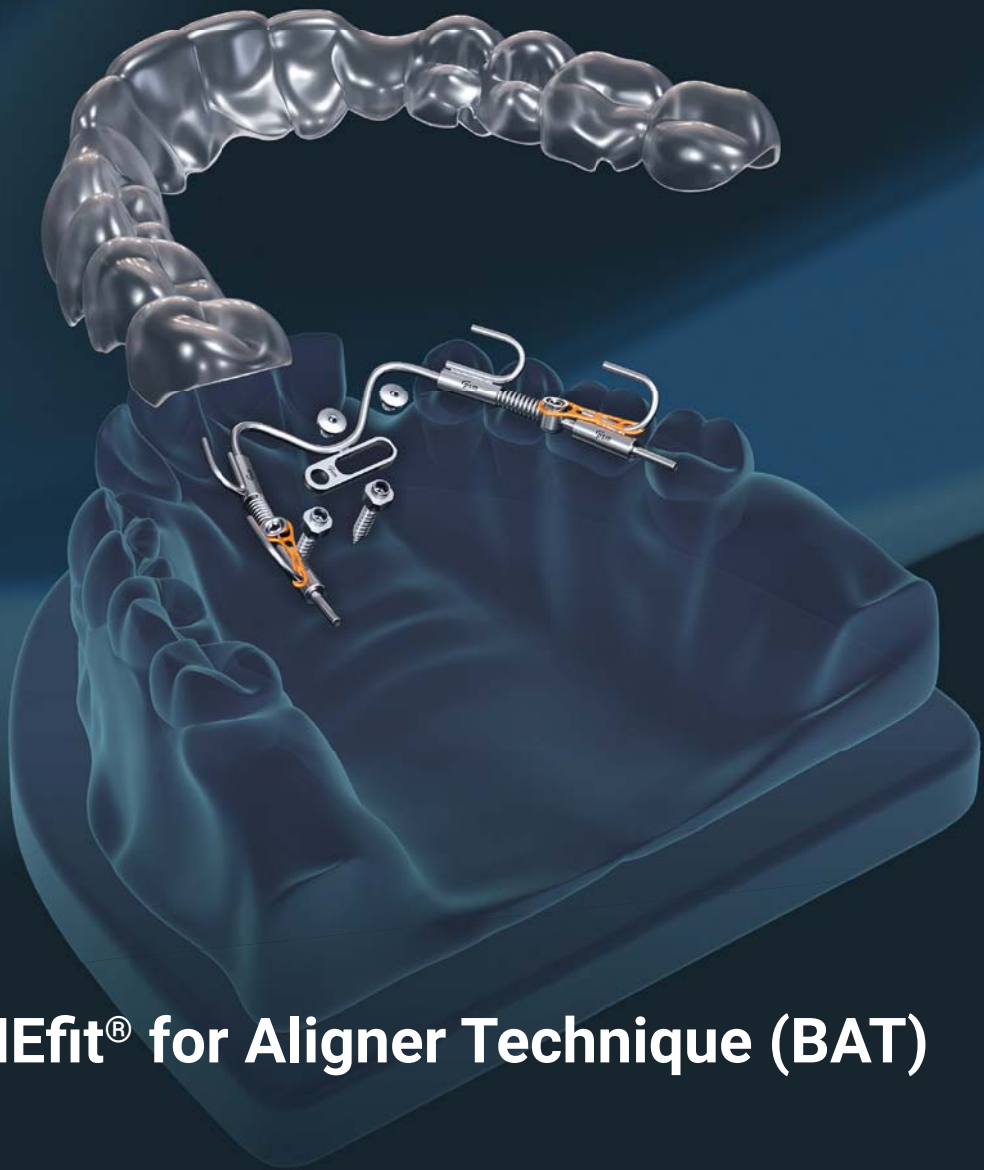
Prof. Dr. Benedict Wilmes

wilmes@med.uni-duesseldorf.de
www.german-ortho-academy.info



DIE CLEVERE KOMBINATION

für ästhetisch ansprechende & hocheffektive Behandlungen



BENEFit® for Aligner Technique (BAT)

Steuerung des Zahnwechsels

Von Priv.-Doz. Dr. Christoph Reichert.

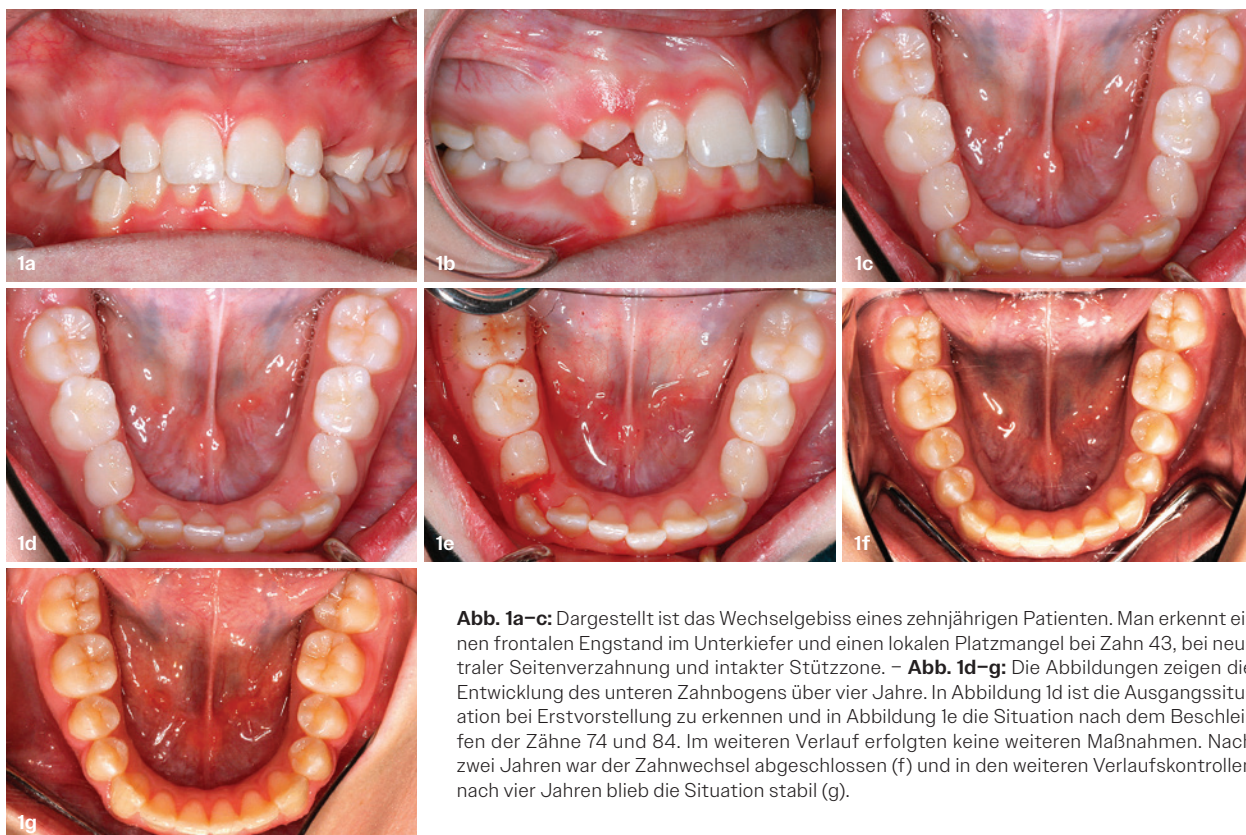


Abb. 1a–c: Dargestellt ist das Wechselgebiss eines zehnjährigen Patienten. Man erkennt einen frontalen Engstand im Unterkiefer und einen lokalen Platzmangel bei Zahn 43, bei neutraler Seitenverzahnung und intakter Stützzone. – **Abb. 1d–g:** Die Abbildungen zeigen die Entwicklung des unteren Zahnbogens über vier Jahre. In Abbildung 1d ist die Ausgangssituation bei Erstvorstellung zu erkennen und in Abbildung 1e die Situation nach dem Beschleifen der Zähne 74 und 84. Im weiteren Verlauf erfolgten keine weiteren Maßnahmen. Nach zwei Jahren war der Zahnwechsel abgeschlossen (f) und in den weiteren Verlaufskontrollen nach vier Jahren blieb die Situation stabil (g).

Engstände im Ober- und Unterkiefer stellen eine häufige Anomalie bei Patienten mit neutralem Wachstumsmuster dar.¹ Da der Unterkiefer nur limitierte Möglichkeiten zur Korrektur bietet, sind viele kieferorthopädische Extraktionsentscheidungen in dieser Malokklusion begründet. Richardson² definierte die interzeptive Kieferorthopädie als eine sofortige Behandlung ungünstiger Einflüsse auf die sich entwickelnde Okklusion, wodurch später ein akzeptables Resultat durch den Einsatz einer einfachen Mechanik mit einer kürzeren Behandlungszeit, eine bessere Stabilität sowie ein funktionell und ästhetisch zufriedenstellendes Resultat erreicht wird. Gerade im Wechselgebiss bietet der Nance Leeway

Space³ eine kostbare Platzreserve, die genutzt werden kann, um in Grenzfällen durch gezielte Steuerung des Zahnwechsels die Entscheidung einer Non-Extraktionstherapie zu begünstigen.

Einleitung

Der Zahnengstand ist weltweit eine häufige Anomalie. In der Metaanalyse von Lombardo et al.⁴ wird eine Prävalenz von ca. 37 Prozent im Wechselgebiss beziffert. Es ist klar, dass man den Platzbedarf isoliert nicht als Grundlage seiner Therapieentscheidung betrachten darf. Die kieferorthopädische Therapieplanung ist vielmehr ein Entscheidungsmodell, bei dem die Mal-

okklusion und der patientenspezifische Phänotyp Berücksichtigung finden sollten. Dennoch begründen sich viele Extraktionsentscheidungen durch einen Engstand im Unterkiefer, da hier nur limitierte Möglichkeiten zur Korrektur vorliegen.

Die zweite Wechselgebissphase ist eine Periode, in welcher das Mittelgesicht und die Kiefer eine sehr dynamische Entwicklung erfahren. Dos Santos und Mitautoren⁵ haben sich mit der Frage „Wie entwickelt sich der Zahnbogen bei einem unbehandelten Engstand?“ in einer systematischen Übersichtsarbeit befasst. In diese flossen Studien ein, bei denen Kinder mit einem mandibulären, frontalen Engstand in einem Vorher-nachher-Vergleich beim Über-

gang vom Wechsel- zum permanenten Gebiss untersucht wurden. Sie identifizierten fünf Studien mit Evidenz auf einem hohen Sicherheitsniveau, in denen eine Verbesserung eines mandibulären Frontzahnengstandes von durchschnittlich 0,17–4,62 mm beschrieben wurde. Diese Verbesserung wurde vornehmlich durch drei Faktoren beeinflusst:

1. Eine Zunahme der intercaninen Distanz um ca. 3 mm
2. Der Raumgewinn durch den Erhalt des Nance Leeway Space von ca. 4,3 mm
3. Eine stärkere Protrusion der permanenten unteren Inzisiven im Vergleich zur ersten Dentition

Es war auffällig, dass je ausgeprägter der Engstand war, desto größer die Spontankorrektur war. Auf Basis der vorliegenden Daten leiteten die Autoren eine wissenschaftliche Basis ab, um Patienten mit einem leichten bis mittleren Engstand in der Wechselgebissphase nicht zu behandeln, sondern nur in eine longitudinale Beobachtung aufzunehmen, um eine Übertherapie zu vermeiden.

Das kieferorthopädische Platz- oder Lückenmanagement besteht aus drei Grundprinzipien: Platz halten, Platz nutzen und Platz schaffen.

Platz halten adressiert alle Maßnahmen zum Erhalt der Stützzonen. Sei es durch Vermeidung von Milchzahnkaries im Sinne einer Individualprophylaxe, eine konservierende Behandlung kariöser Milchzähne oder die Eingliederung eines Lückenhalters bei frühzeitigem Zahnverlust.

Je nach Gesamtbefund und Indikation kann im Zahnbogen auf verschiedene Weise Platz geschaffen werden – etwa durch eine transversale Zahnbogen-erweiterung, die Protrusion der Frontzähne, die Distalisation der Seitenzähne, die Derotation von Einzelzäh-



Abb. 2a–e: Die Galerie zeigt die Eingangssituation eines sieben Jahre alten Patienten. Im Ober- und Unterkiefer liegt ein primärer Engstand vor. Trotz des Tremas haben die Zähne 12 und 22 einen lokalen Platzmangel, und die anteriore Sagittalrelation ist trotz der neutralen Molarenverzahnung nur knapp positiv. – **Abb. 2f:** Röntgenologisch ist die enge apikale Keimlage auffällig sowie die unterminierende Resorption der Zähne 53 und 63.

nen, eine proximale Schmelzreduktion, die Exaktion bleibender Zähne oder eine Kombination dieser Maßnahmen.^{6–8}

Um den entstehenden Platz im Wechselgebiss effektiv zu nutzen, können in einigen Fällen kleine interzeptive Maßnahmen wie das Beschleifen und/oder die Exaktion von Milchzähnen helfen,

einem unkoordinierten Zahnwechsel vorzubeugen, den Zahndurchbruch zu steuern und die sich entwickelnde Dentition wieder in ein physiologisches Muster zu lenken.⁹ Da die Entscheidung über den richtigen Zeitpunkt der Behandlung eines Engstandes sehr komplex ist, konnten diese in der aktuellen S3-Leitlinie⁹ nicht abschließend

„Gerade im Wechselgebiss bietet der Nance Leeway Space³ eine kostbare Platzreserve, die genutzt werden kann, um in Grenzfällen durch gezielte Steuerung des Zahnwechsels die Entscheidung einer Non-Exaktionstherapie zu begünstigen.“



Abb. 2g–k: Nach anderthalb Jahren kam es zu einem spontanen Schluss des Tremas, die Zähne 12 und 22 stellten sich ein und die sagittale Stufe hatte sich spontan verbessert. Zu diesem Zeitpunkt standen die Zähne 73 und 83 kurz vor der Exfoliation.

adressiert werden. Dies betrifft auch Fragestellungen zu interzeptiven Maßnahmen, wie dem Konzept der Dentionslenkung, aber auch der gesteuerten Extraktion, welche zwar logisch sind, aber mehrheitlich nur in Monografien oder Fallserien beschrieben wurden.^{11–16} Da diese Maßnahmen nur selten Inhalt klinischer Studien¹⁷ waren, sind viele Fragen, wie z.B. der ideale Zeitpunkt, Art und Umfang, aber auch die Vorhersagbarkeit dieser Maßnah-

men, unbeantwortet. Handlungshinweise begründen sich daher auf einem geringen Evidenzniveau.

Klinische Anwendung

Nance Leeway Space oder der e-Space sind sehr kostbare Platzreserven, die wie von Dos Santos et al.⁵ beschrieben, im Idealfall eine Verbesserung eines Engstandes während des Zahnwechsels zulassen. Bei Grenzfällen ist

genau dieser Platzgewinn oftmals der entscheidende Faktor für eine Non-Extraktionsbehandlung. Trotzdem kann man nicht immer davon ausgehen, dass die spontanen Verbesserungen stattfinden. Kommt es z.B. aufgrund eines Platzmangels zu unterminierenden Resorptionen, können physiologische Vorgänge während des Zahnwechsels eine Störung erfahren. In einem solchen Fall wäre es wünschenswert, diese gestörten Prozesse durch interzeptive Maßnahmen in ein normales Muster zu lenken. Auch wenn die oben genannten Fragestellungen zur Zahnlenkung oder gesteuerten Extraktion nur unzureichend mit Studien gesichert sind, stehen mit ihnen starke Instrumente zur Verfügung, um einen unkoordinierten Zahnwechsel abzuwenden. Dies soll in den folgenden Falldarstellungen illustriert werden.

Im ersten Fall stellte sich ein Patient im zehnten Lebensjahr vor. Bei einem neutralen Wachstumsmuster und einer neutralen Verzahnung präsentierte sich im Unterkiefer ein frontaler Engstand und ein lokaler Platzmangel bei Zahn 43 mit dem Potenzial, bei weiterer Eruption einen Kreuzbiss zu entwickeln (Abb. 1a–c). Durch Beschleifen des mesialen Anteils von Zahn 84 wurde Platz nach distal für den Zahn 43 geschaffen. In der Folge wurde der Patient in einen halbjährigen Recall aufgenommen und für zwei Jahre bis zum Abschluss des Zahnwechsels begleitet. Über die Zeit driftete der Zahn in die Zahnreihe und der frontale Engstand löste sich spontan, ohne apparative Intervention auf, sodass nur eine kleine Unregelmäßigkeit bei Zahn 32 verblieb. In der Folgeuntersuchung nach weiteren zwei Jahren verbesserte sich auch dieser Engstand spontan (Abb. 1d–g).

Im zweiten Fall stellte sich ein siebenjähriger Patient mit einem primären Engstand im Ober- und Unterkiefer

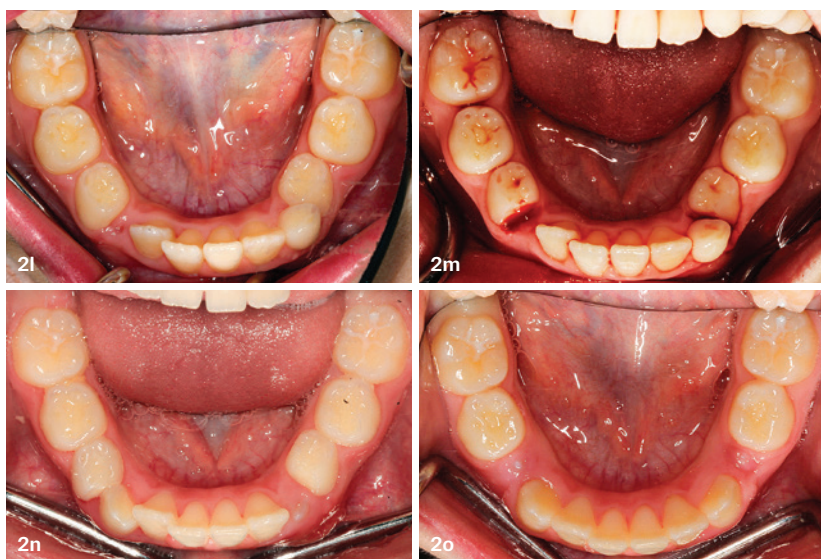


Abb. 2l–o: In der Galerie ist der weitere Zahnwechsel dokumentiert. Wegen des Platzmangels wurden unterstützend die Zähne 74 und 84 mesial beschliffen, um den Durchbruch der Zähne 33 und 43 zu erleichtern.



Abb. 2p–t: Mit 13 Jahren, also sechs Jahre nach Erstvorstellung, ist der Zahnwechsel abgeschlossen. Der untere Engstand hat sich spontan in den Leeway Space aufgelöst und eine neutrale Seitenverzahnung eingestellt. Einzig die Zähne 13 und 23 stehen ektop im Hoch- und Außenstand.

sowie einer knappen sagittalen Relation vor. Der Schädelaufbau war neutral und dental lag eine Klasse I-Verzahnung vor (Abb. 2a–e). Röntgenologisch waren alle Zähne angelegt und eine unterminierende Resorption bei 53 und 63 zu erkennen (Abb. 2f). Da das Trema

„Das kieferorthopädische Platz- oder Lückenmanagement besteht aus drei Grundprinzipien: Platz halten, Platz nutzen und Platz schaffen.“

noch eine Platzreserve bot, erfolgte initial keine Therapie, und auch dieser Patient wurde in einen halbjährigen Recall aufgenommen. Da eine unterminierende Resorption frühzeitig zum Verlust der Milcheckzähne führen und bei Einseitigkeit eine Front-Mitten-

ANZEIGE



ZWP ONLINE

www.zwp-online.info/newsletter

Hol dir dein #insiderwissen!

Alle **Kieferorthopädie-News** auf einen Klick.



Mit dem
Newsletter
Kieferorthopädie ...

... und einem eigenen
Kieferorthopädie-Bereich
auf ZWP online



© ScreenshotMockup - stock.adobe.com



Abb. 2u–y: Nach einer kurzen, neunmonatigen Therapie im Oberkiefer und einem Jahr Retention bleibt das erreichte Resultat stabil.

Abweichung verursachen kann, wurden der Patient und die Eltern auf die Problematik hingewiesen. Im neunten Lebensjahr lockerten sich die Zähne 73 und 83. Bis zu diesem Zeitpunkt schloss sich im Oberkiefer das Trema spontan, die Zähne 12 und 22 eruptierten, und durch die physiologische Änderung der Inklination in der Front normalisierte sich die sagittale Frontzahnrelation (Abb. 2g–k). Es wurde ein Termin zur Extraktion der Zähne 73 und 83 und dem Beschleifen von 74 und 84 vereinbart. Zu diesem Zeitpunkt war der Zahn 83 bereits ausgefallen und der Patient verweigerte die Extraktion von Zahn 73, sodass nur die Zähne 74 und 84 behandelt wurden. In den folgenden 18 Monaten entwickelten sich die Zähne 33 und 43 in den neuen Raum und der frontale Engstand entspannte sich (Abb. 2l–o). In den sechs Jahren seit Erstvorstellung konnte man ganz ohne apparative Intervention eine sehr positive Entwicklung beobachten (Abb. 2p–t). Zum 13. Lebensjahr verblieb noch ein lokales Problem bei den Zähnen 13 und 23, welches in einer kurzen aktiven Therapie korrigiert wurde und über die Retentionsphase stabil blieb (Abb. 2r–v).

Diskussion

Es ist klar, dass man den Platzbedarf nie isoliert als Grundlage einer Therapieentscheidung betrachten darf. Vielmehr ist es immer ein Entscheidungsmodell, bei dem die Malokklusion und der patientenspezifische Phänotyp Berücksichtigung finden sollten. Dennoch begründen sich viele Entscheidungen zu einer Extraktionstherapie durch einen Engstand im Unterkiefer. Leider fehlen evidenzbasierte Daten, die den heutigen Qualitätsansprüchen für klinische Handlungshinweise genügen. Man sollte sich aber bewusst sein, dass mit dem Leeway Space ein sehr kostbarer Raum zur Verfügung steht, der gerade in Grenzfällen zur Extraktionstherapie eine entscheidende Platzreserve für eine Spontankorrektur darstellt.⁵

Es ist empfehlenswert, vor Beginn interzeptiver Interventionen einen kieferorthopädischen Therapieplan zu stellen. Eine Platzanalyse spielt dabei eine große Rolle. Auch eine Röntgenübersicht ist sehr zu empfehlen, denn vor einer Extraktion oder dem Beschleifen von Milchzähnen sollte eine Nichtanlage ausgeschlossen werden.

Ein neutrales Wachstum, ein zeitlich koordinierter Recall und eine gute Fallplanung erhöhen die Sicherheit, dass die von Dos Santos et al.⁵ beschriebenen spontanen Effekte eintreten, welche bei Klasse I-Patienten mit leichten bis moderaten Engständen zu einer Entspannung der Situation führen. Im Falle einer Störung des Zahnwechsels kann dieser durch interzeptive Maßnahmen durchaus wieder in ein normales Muster gelenkt werden. Gute Kenntnis der Entwicklung und ein besseres Verständnis für interzeptive Interventionen können auch ein gutes Back-up für Patienten sein, die aufgrund geistiger oder körperlicher Rahmenbedingungen einer kieferorthopädischen Therapie nicht folgen können.

Dieses Vorgehen ist nicht immer wirtschaftlich begründet, im Einzelfall kann es sogar dazu führen, dass Patienten eine Kassenleistung vorenthalten bleibt, daher sollte dies den Erziehungsberechtigten auch verdeutlicht werden. Doch lässt man das deutsche Kassensystem beiseite, ist es sicherlich ein guter Dienst, wenn man Malokklusionen in ihrer Entstehung verhindert, Zähne erhält und die apparative Intervention auf ein Minimum reduziert.



Literatur



Priv.-Doz. Dr.
Christoph Reichert



Priv.-Doz. Dr. Christoph Reichert

info@kfo-reichert.de

<https://kfo-reichert.de/>



Entdecken Sie unsere Behandlungsmöglichkeiten

Angel Aligner™ deckt ein vielfältiges Produktsortiment ab, welches die Behandlung von Kindern bis hin zu erwachsenen Patienten umfasst.

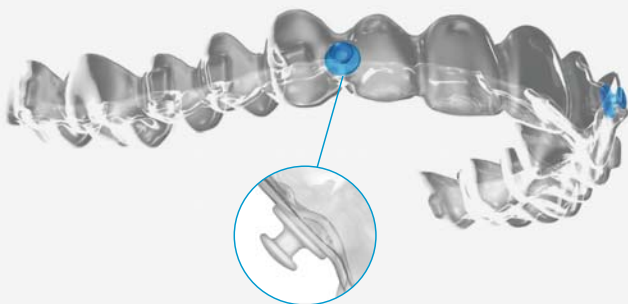
Besuchen Sie auch: angelaligner.com/de

Angelalign Technology (Germany) GmbH | Wankelstraße 60 | 50996 Köln
+49 221 8282 8915 | care.de@angelaligner.com



Jetzt scannen!

angelButton™



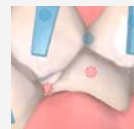
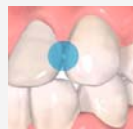
Optimieren Sie die Patientenbehandlung mithilfe des im Angel Aligner™ integrierten angelButton™

Dieser kann die Verformung des Aligners reduzieren, ermöglicht eine materialunabhängige Platzierung und eröffnet neue Einsatzmöglichkeiten für die Verwendung intraoraler Gummizüge.

Durch die flexible und farbcodierte Positionierung in der iOrtho™ Software können intermaxilläre Kollisionen vermieden werden.



Kein Kollisionsrisiko



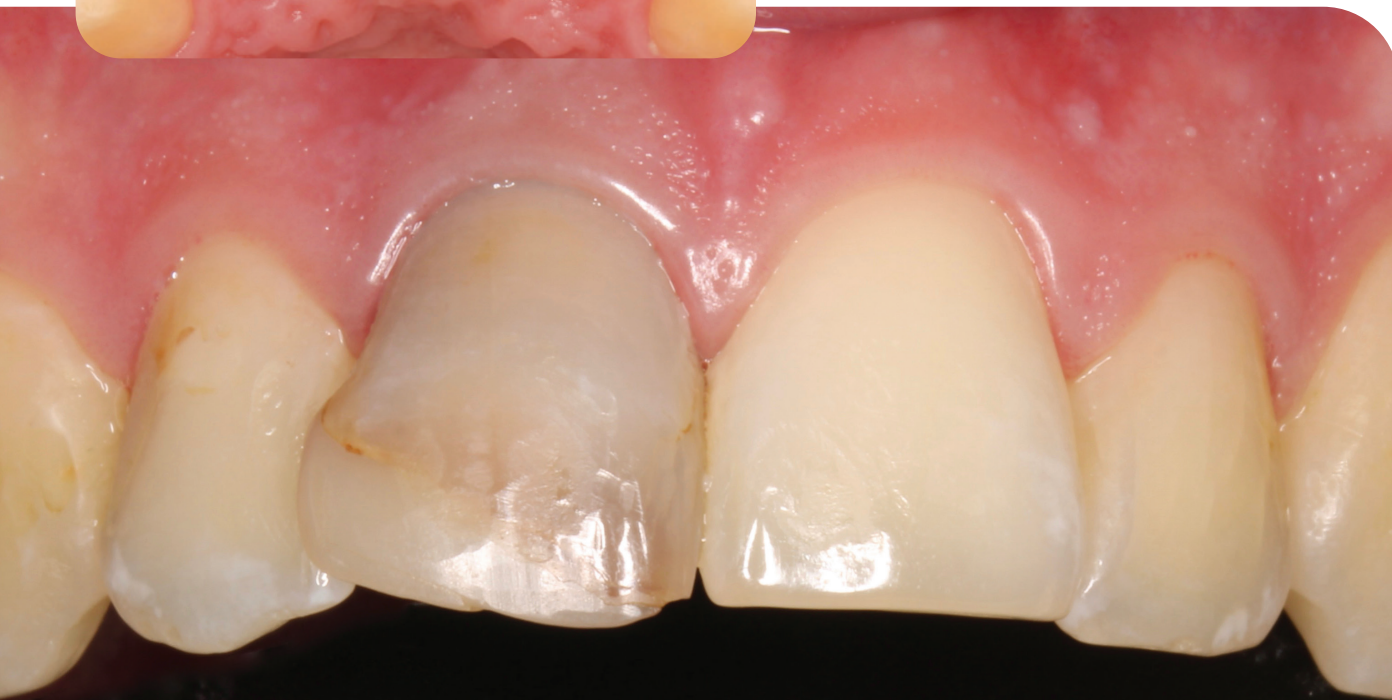
Kollisionsrisiko mit dem Gegenkiefer

Konturierung von Zähnen und Füllungen

Eine Routineaufgabe in der kieferorthopädischen Praxis

Von Dr. Karsten Junghanns und Dr. Heiko Goldbecher.

Dass nicht nur Schmelz, sondern auch häufig zahnärztliche Restaurationen einer harmonischen Zahnreihe im Wege stehen, ist leider nicht allzu selten. Eine der häufig geübten, aber nicht sonderlich beliebten Maßnahmen zur Platzbeschaffung ist die proximale Schmelzreduktion (ASR). Hierfür werden uns von der Industrie diverse Arbeitsmittel zur mechanischen Reduktion an die Hand gegeben. Diese unterscheiden sich gravierend in der Effizienz des Abtrags, der Möglichkeit der anatomischen Gestaltung des Zahnes/der Füllung und der Handhabung.



Fallbeispiel 1

Abb. 1+2: Patient 27 Jahre: Engstand mit Kippung des Zahnes 11 und Staffelstellung von Zahn 12.



Fallbeispiel 1:

Abb. 3+4: Patient 27 Jahre:
Rekonturierung der Restauration.



Allgemeine Anforderungen an Schleifmittel bei der ASR

- Anatomisch korrekte Reduktion der Zahnschubstanz – verhindern von ungewollten Kerben im Zahn
- Keine Schädigung des Nachbarzahnnes
- Hohe Effizienz des Substanzabtrags
- Kostengünstige und langlebige Schleifmittel/Antriebe – Grazilität der verwendeten Schleifmittel/Antriebe

An zwei Beispielen wollen wir diese teilweise gegensätzlichen Anforderungen an die Arbeitsmittel aufzeigen.

Rekonturierung einer Frontzahnrestauration als Alternative einer Keramik- krone

Ein 27-jähriger sehr unzuverlässiger Patient stellte sich in unserer Praxis vor, nachdem er eine kieferorthopädische Behandlung mit geplanter Umstellungsosteotomie zunächst unterbrochen und anschließend abgebrochen hatte. Die Behandlung wurde später mit einem veränderten Konzept wieder aufgenommen. Beim Patienten wurde vor ca. drei Jahren vom Hauszahnarzt nach einer Kronenfraktur eine definitive Versorgung des Zahnes 11 aus Komposit mit anschließender

„Eine der häufig geübten, aber nicht sonderlich beliebten Maßnahmen zur Platzbeschaffung ist die approximale Schmelzreduktion (ASR).“



Wurzelbehandlung durchgeführt. Im Laufe der letzten drei Jahre kam es zur Entstehung eines Engstandes mit Kippung des Zahnes 11 und Staffelstellung von Zahn 12 (Abb. 1+2). Die aktuelle Situation mit Verfärbung des Zahnes und Engstand missfiel dem Patienten. Auf die Bitte um Abhilfe wurde vom Hauszahnarzt eine sofortige prothetische Versorgung des Zahnes 11 mit einer Keramikkrone vorgeschlagen. Da dem Patienten sowohl die finanziellen Mittel als auch das ästhetische Bewusstsein fehlten, lehnte er diesen Vorschlag zu diesem Zeitpunkt ab. Der Patient stellte sich mit dem oben genannten Befund in unserer Praxis vor. Die Rekonturierung des Zahnes 11 und die Stabilisierung mittels Miniplastschiene wurde vom Patienten als das für ihn beste Kosten-Nutzen-Verhältnis favorisiert.

In einer Sitzung wurde die Restauration rekonturiert (Abb. 3+4). Besonderer Wert wurde hierbei auf die Wiederherstellung der anatomischen Form des Zahnes unter Schonung der Hartsubstanz des Zahnes 12 gelegt. Da vom Zahn fast 1,5 mm der überkonturierten Füllung entfernt werden und eine weitere kieferorthopädische Intervention in Bezug auf die Angulation des Zahnes unterbleiben sollte, entschieden wir uns für die maschinelle ASR mit einseitig diamantierten Ortho Strips. Damit konnten wir die anatomische Grundform des Zahnes sehr effizient und präzise wiederherstellen. Eine Lückenbildung zwischen den Zähnen blieb durch die gewählte Behandlungsstrategie und die Grazilität der einseitig beschichteten Ortho Strips aus. Um der Gefahr der Kerbenbildung durch Verkannten des Schleifmittels bei 11 zu begegnen, wurde die Version Central des Ortho Strips verwendet. Mit dem erzielten Behandlungsergebnis waren Patient und Behandler zufrieden. Eine Retention erfolgte durch eine Miniplastschiene. Dem Wunsch des Patienten nach einer schnellen und kostengünstigen Rehabilitation konnte entsprochen werden.

Fallbeispiel 2

Abb. 5a–d: Patientin 43 Jahre: (Teil-)Rezidiv nach langer Retentionszeit, gelöster Retainer an 31, 41; 41 ist protrudiert.

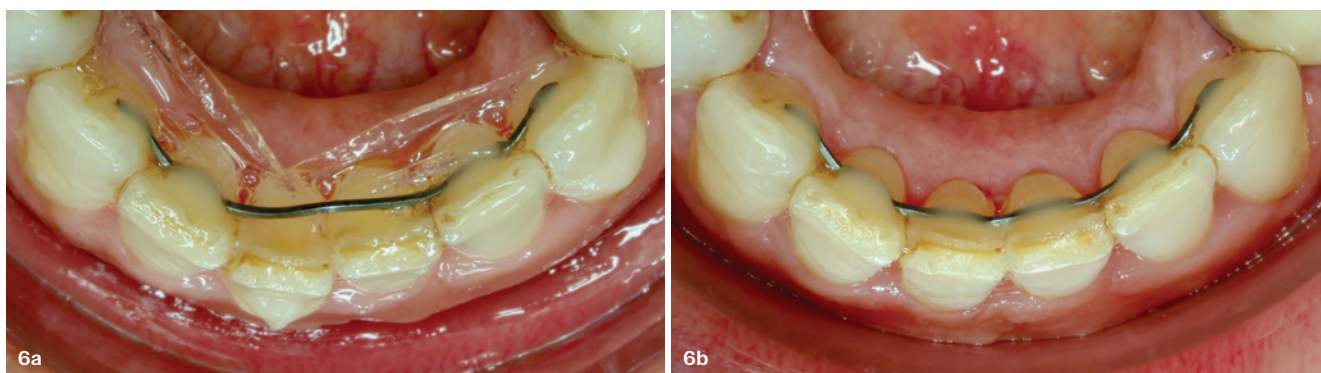


Abb. 6a+b: Approximale Schmelzreduktion mit Ortho-Strips, gespannte Gummis zur Retrusion von 41, auf Vestibulärflächen mit Komposit fixiert (a), einen Tag nach Entfernen der Gummis, Adaption und Fixierung des Retainers (b).

Rezidivbehandlung nach Verlust der Klebestelle bei Lingualretainer

Auch nach langer Retentionszeit kann ein (Teil-)Rezidiv (siehe Abb. 5+6a), auftreten. Bei dieser Patientin wurde vor fast 20 Jahren eine kieferorthopädische Behandlung in Kombination mit bimaxillärer Dysgnathieoperation durchgeführt. Nach Abschluss der Behandlung wurde ein Retainer eingliedert. Der Zahn 41 löste sich aus dem Retainer und protrudierte. Um den Zahn 41 wieder einordnen zu können, wurde der dezente Engstand durch approximale Schmelzreduktion an 41 aufgelöst. Um zu erreichen, dass Zahnhartsubstanz nur zielgerichtet entfernt wird und keine ungewollten Kerben oder Ähnliches auftreten, wurde ein

Strip mit zentral diamantierter Fläche ausgewählt. Zur Retrusion von 41 wurden Gummis gespannt, auf der vestibulären Fläche mit Komposit fixiert und über 24 Stunden im Mund belassen. Am nächsten Tag konnten die Gummis entfernt und der Retainer nach Adaption wieder befestigt werden.

Zusammenfassung

Mit den modernen hand- und maschinell betriebenen Schleifmitteln sind uns für die ASR suffiziente Werkzeuge an die Hand gegeben. Ein universelles Schleifmittel gibt es unserer Meinung nach nicht. In der Masse der Anforderungen an das Schleifmittel gilt es, selbstständig eine Gewichtung zu treffen. Dem Behandler obliegt es, in der Vielzahl der Systeme seinen Favoriten zu finden.



Dr. Karsten Junghanns



Dr. Karsten Junghanns

info@fachzahnaerzte-halle.de
www.fachzahnaerzte-halle.de



Abb. 7: Einsatz von Intensiv Ortho-Strips, einseitig diamantiert.



Dr. Heiko Goldbecher



Dr. Heiko Goldbecher

www.fachzahnaerzte-halle.de



KFO-Praxismanagement für den Erfolg im Fokus behalten

Von Dipl.-Kffr. Ursula Duncker, Geschäftsführerin von KFO-Management Berlin und ihrem Fachteam Jana Christlbauer und Nadine Gippner.

KFO-Management Berlin ist seit mehr als 20 Jahren spezialisiert auf kieferorthopädisches Abrechnungs- und Praxismanagement. Neben Tausenden von Seminar- und Webinarteilnehmer/-innen hat das Unternehmen bereits weit mehr als 200 KFO-Praxismanager/-innen erfolgreich weitergebildet.

Heute ist es wichtiger denn je, eine Person im Praxisteam zu integrieren, die den Praxisinhaber/-innen den Rücken freihält. Managementkompetenz ge-

paart mit KFO-spezifischem Know-how sind gefragt wie nie zuvor! Somit kommt dem Berufsbild „Praxismanager/-in“ eine immer größere Bedeutung zu. Wird eine Person im Praxismanagement etabliert, können Praxisinhaber/-innen Teile der Führungsaufgaben abgeben und sich somit besser der kieferorthopädischen Behandlung widmen. Doch wie findet man die geeignete Person im Team? Oder ist es zweckmäßiger, extern danach zu suchen?

Anforderungen an Praxismanager/-innen

Loyalität, Identifizierung mit der Praxis und überdurchschnittlicher Einsatz bei jeglichen Aufgaben sind Eigenschaften, die Praxismanager/-innen auszeichnen. Wenn Praxisinhaber/-innen regelmäßig Teambesprechungen und Mitarbeitergespräche durchführen, lässt sich bereits innerhalb des Teams feststellen, wer mehr Verant-



© coldwaterman - stock.adobe.com

wortung in der KFO-Praxis übernehmen will oder dies auch schon tut.

Die Aufgabenbereiche im Praxismanagement sind vielfältig, und je nach Praxisgröße, Verantwortlichkeiten und Arbeitszeit kann es durchaus vorkommen, dass sogar mehrere Praxismanager/-innen in einer Praxis tätig sind. Die Mitarbeitenden widmen sich vielfältigen Aufgaben, die dem Praxismanagement zugeordnet sind, wie zum Beispiel dem Personalmanagement, Terminmanagement, Qualitäts- und Hygienemanagement, Abrechnungscontrolling, usw. Diese Aufgaben werden teilweise delegiert und vom Praxismanagement überwacht und gesteuert. Daher ist es wichtig, sich intensiv mit diesen Themenfeldern zu beschäftigen und sich auszukennen.

Grundbaustein KFO-Praxisorganisation

Der Grundbaustein für das Praxismanagement ist die KFO-Praxisorganisation. Hier ist es wichtig, Ziele der Praxis und Aufgaben im Fokus zu behalten. Delegation und das Festlegen von Verantwortlichkeiten sowie ein perfektes Terminmanagement sind ebenfalls wichtige Aspekte der erfolgreichen KFO-Praxisorganisation.

Das Terminmanagement inklusive sämtlicher Labortermine sorgt für einen reibungslosen täglichen Praxisablauf. An der Rezeption laufen alle Fäden zusammen. Hierhin gehört ein absoluter Profi, denn an diesem Arbeitsplatz kann man ganz viel richtig oder ganz viel falsch machen.

„Loyalität, Identifizierung mit der Praxis und überdurchschnittlicher Einsatz bei jeglichen Aufgaben sind Eigenschaften, die Praxismanager/-innen auszeichnen.“



© Kim Schneider - stock.adobe.com

„Zum Marketing gehört eine aussagekräftige Homepage. Sie stellt im Internet das virtuelle ‚Aushängeschild der Praxis‘ dar. Darüber erhalten Interessenten einen ersten Eindruck.“



Steuerung der Praxis durch Kenntnis der Zahlen, Daten, Fakten

Von großer Bedeutung ist im Praxismanagement das Wissen um betriebswirtschaftliche Grundlagen. Dem Praxismanagement sollten alle Zahlen, Daten und Fakten der Praxis zugänglich sein, nur so kann gemeinsam mit den Praxisinhaber/-innen die Praxis erfolgreich gesteuert werden.

Hier sollten die wichtigsten Kennzahlen wie laufende Behandlungsfälle und die Mitarbeiterzahl regelmäßig abgerufen und ins Verhältnis gesetzt werden. Die Pflege von Statistiken, zum Beispiel zu Beratungen, Neuaufnahmen und Abschlüssen sowie die richtige Pflege der Patientendaten innerhalb der Praxisverwaltungssoftware verhindern böse Überraschungen bei der Einschätzung der betriebswirtschaftlichen Lage der Praxis.

Die regelmäßige Ansicht der betriebswirtschaftlichen Auswertung (BWA) im Zusammenhang mit den anderen wichtigen Kennzahlen der Praxis erfolgt durch das Praxismanagement und die Praxisleitung. Dabei ist immer der Fokus auf ggf. erforderliche Maßnahmen zur Praxissteuerung zu richten.

Personal – das wichtigste Kapital

Eine Praxis braucht ein funktionierendes Team. Das ist das wichtigste Kapital! So kommt dem Personalmanagement eine große Bedeutung zu. Ohne die Menschen, die die verschiedensten Aufgaben in der KFO-Praxis erfüllen, ist eine Praxis nicht fähig, erfolgreich zu agieren.

Eine perfekte Personalbesetzung der verschiedenen Bereiche ist zur Bewältigung der immer größer werdenden Bürokratie unerlässlich. Die Personalbeschaffung gestaltet sich im Zeitalter des Fachkräftemangels schwierig. „Finden und Binden“: Das ist die Kunst! Um bei der Mitarbeiter-suche aus der Masse der Jobangebote herauszustechen, sollten alle Kanäle der heutigen Zeit (Online-Jobportale, Social-Media-Kanäle, eigene Homepage) genutzt werden.

Mitarbeiterbindung kann durch gute Führung der Praxisinhaber/-innen und des

Praxismanagements, z.B. in der Mitarbeitervereinbarung, Mitarbeitermotivation, Mitarbeiterförderung, erreicht werden. Klare Verantwortlichkeiten, die Durchführung der Mitarbeiter-Jahresgespräche und regelmäßige Teamsitzungen sind dabei wichtige Instrumente.

Qualitätsmanagement: Teil des Praxismanagements

Perfekt strukturierte Praxisprozesse zeichnen ein funktionierendes Qualitätsmanagement (QM) aus und sichern die Behandlungsqualität. Die Praxisführung bzw. das Praxismanagement sollte gemeinsam mit den QM-Beauftragten sicherstellen, dass das QM vollständig ist und „gelebt“ wird. Dazu eignet sich am besten der zwölfseitige QM-Berichtsbogen, der den IST-Zustand der Praxis abbildet. Zielführend für ein aktuelles QM ist die Delegation an die einzelnen Praxisbereiche, um die Prozesse und Checklisten richtig und vollständig zu beschreiben und fortlaufend zu überprüfen.

Abrechnungscontrolling

In allen Praxisbereichen (wie Praxispersonal, Behandlungseinrichtung, Praxismaterial, Miete, Abschreibungen ...) wird Geld investiert, aber nur an einer einzigen Stelle werden Einnahmen generiert – und zwar bei der Abrechnung. Daher ist das Abrechnungscontrolling ein wichtiger Baustein im Praxismanagement. Dabei ist es nicht unbedingt erforderlich, dass die Honorar- und Laborabrechnung vom Praxismanagement „selbst“ durchgeführt wird. Das Grundwissen zur gesamten Abrechnung und den dazugehörigen Abläufen und Prozessen sollte aber unbedingt vorhanden sein. Im Rahmen des Abrechnungscontrollings ist derzeit vor allem die Budgetierung bzw. die Einschränkungen durch den Honorarverteilungsmaßstab zu beachten! Die Honorarleistungen der Kassenpatienten werden leider nicht zu 100 Prozent vergütet. Obwohl den Behandlern diese wohl-

verdienten Leistungen zustehen, steht für die Vergütung der (Zahn-)Ärzte nicht genug Geld (durch zu wenige Beitragszahler) zur Verfügung. Die Lösung für die KFO-Praxis liegt in einem „ausgewogenen Verhältnis von herausnehmbaren und festsitzenden Behandlungen“ sowie der angemessenen „Vereinbarung von Mehr- und Zusatzleistungen“. Laborleistungen sind übrigens nicht budgetiert.

Auch der KFO-Behandlungsplan für die Privatpatienten sollte angemessen und transparent die geplanten Leistungen und Maßnahmen widerspiegeln. Die Rechtssicherheit der Vereinbarungen und Behandlungspläne ist hierbei das „A und O“, um das vollständige Honorar für erbrachte Leistungen zu gewährleisten. Die Mitarbeiter der Abrechnung sollten gut ausgebildet sein und ihr Wissen immer aktuell halten, um stets Hand in Hand mit dem Praxismanagement zusammenzuarbeiten.

Professionelles Praxismarketing

- Ein professionelles Praxismarketing rundet die Aufgabenbereiche des Praxismanagements ab.
- Zum Marketing gehört eine aussagekräftige Homepage. Sie stellt im Internet das virtuelle „Aushängeschild der Praxis“ dar. Darüber erhalten Interessenten einen ersten Eindruck.

Onlinebewertungen geben ebenfalls ein Feedback anderer Patienten, und sollten immer „aktiv“ eingesammelt werden. Darüber können auch neue Patienten akquiriert werden. Gut geführte Social-Media-Accounts (Instagram, Facebook usw.) erweitern die Reichweite. Die Außenwirkung der Praxis wird auch z.B. durch ein einheitliches Erscheinungsbild und eine „gelebte“ Praxisphilosophie gestärkt.

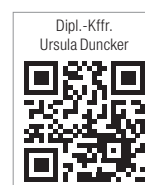
Ein Marketingkonzept sollte – gemeinsam mit der Praxisleitung – erstellt werden und ist für ein professionelles Praxismarketing unerlässlich.

Resümee

Erfolgreiches Praxismanagement sollte stets im Fokus stehen. Das vielfältige und herausfordernde Aufgabenfeld sollte mit einer optimal ausgebildeten Person bekleidet werden, die mit Leidenschaft diese interessante Rolle übernimmt.

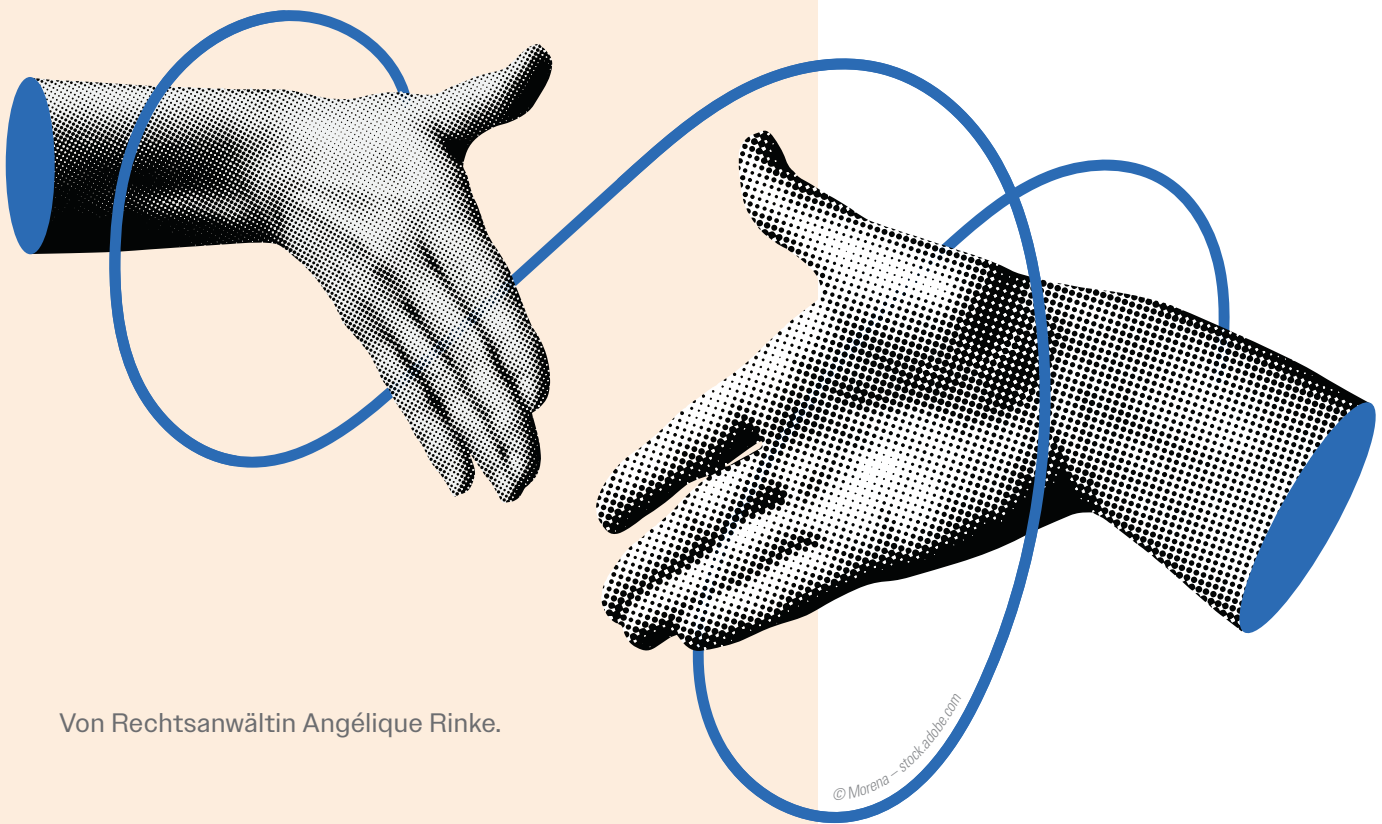
KFO-Management Berlin bietet zu allen Themen einzelne Webinare und eine sechstägige Fortbildung zum/zur KFO-Praxismanager/-in an. Darüber hinaus bietet das Unternehmen wertvolle Praxishilfen für den Alltag, wie zum Beispiel unsere Fachbroschüren, Musterpreislisten und weitere hilfreiche Produkte.

Eine KFO-Praxis will gesteuert werden. Wir helfen Ihnen gerne dabei und freuen uns sehr, Sie in allen Bereichen unterstützen zu dürfen. Ein Blick auf die Homepage lohnt sich!



Dipl.-Kffr. Ursula Duncker

KFO-Management Berlin
info@kfo-abrechnung.de
www.kfo-abrechnung.de



Von Rechtsanwältin Angélique Rinke.

Die Praxis in guten Händen: Tipps für den Praxisverkauf

Eine eigene Praxis aufzubauen und über mehrere Jahre hinweg zu führen, verlangt hohes Engagement und fachliche Kompetenz. Umso bedeutsamer ist dann der Moment, in dem eine Weitergabe ansteht. Wer seine Praxis rechtzeitig und vorausschauend für den Verkauf vorbereitet, verspricht sich nicht nur einen attraktiven Kaufpreis, sondern stellt außerdem sicher, dass das eigene Lebenswerk in gute Hände übergeht. Dieser Beitrag zeigt, welche Schritte bei einem Verkauf zu beachten sind und warum eine frühzeitige professionelle Beratung unverzichtbar ist.

Strukturelle Weichenstellungen: Welche Rechtsform und Zulassungsregeln Sie beim Verkauf beachten sollten

Am Anfang steht ein prüfender Blick auf die Rechtsform. In Einzelpraxen sind Ablauf und Anpassungen unkomplexer als in Berufsausübungsgemeinschaften (BAG), bei denen die Gesellschaftsverträge vor einem Verkauf oft aktualisiert werden müssen. Im Rahmen der Kassenzulassung spielt zudem die Kassen(zahn-)ärztliche Vereinbarung (KZV) eine entscheidende

Rolle, um bei einer Zulassungsnachfolge Probleme zu vermeiden und die Patientenversorgung zu sichern.

Werte sichtbar machen: So gelingt die realistische Einschätzung Ihrer Praxis

Eine fundierte Praxisbewertung verschafft Klarheit über den möglichen Kaufpreis und stärkt die eigene Verhandlungsposition. Ausrüstung, Lage und Personalstruktur zählen zwar zu den zentralen Einflussfaktoren, doch auch der immaterielle Wert – etwa ein treuer Patientenstamm oder eine eta-

blierte Marke – kann bei den Preisverhandlungen ausschlaggebend sein. Verfahren wie das modifizierte Ertragswertverfahren (Praxiswert = [(zukünftige Überschüsse der Periode – kalkulatorischer Arztlohn – Steuern) x Abzinsungsfaktor] + Verkehrswert) sind im zahnmedizinischen Bereich weit verbreitet.

Der richtige Match: Wie Sie künftige Nachfolgerinnen und Nachfolger gezielt identifizieren

Die Überlegung, wer die Praxis übernehmen soll, geht über die reine Finanzfrage hinaus. Ob Verkauf an eine Einzelperson, einen Investor oder die Einbringung in ein Medizinisches Versorgungszentrum (MVZ) – jedes Modell bietet spezifische Vor- und Nachteile. Das entscheidende Kriterium ist, welche Lösung am besten zu Ihrer Praxisstruktur passt. Je deutlicher Sie Ihre Zielgruppe definieren, desto zielgerichteter können Sie potenzielle Interessenten ansprechen.

Vorausschauend handeln: Typische Schwachstellen frühzeitig erkennen und beheben

Gehört Ihre Praxisimmobilie zum Betriebsvermögen, kann sich beim Verkauf eine erhebliche Steuerlast ergeben. Mit Blick auf eine rentable Veräußerung kann es sinnvoll sein, die Immobilie rechtzeitig – gegebenenfalls in eine eigene Immobiliengesellschaft – auszugliedern. Steuerliche und rechtliche Berater helfen, zeitliche Fristen und steueroptimale Modelle zu prüfen, um unnötige Kosten zu vermeiden. Bei einem Praxisverkauf findet außerdem regelmäßig ein Betriebsübergang nach § 613a BGB statt. Das bedeutet, dass die bestehenden Arbeitsverträge automatisch weitergelten. Veraltete oder lückenhafte Arbeitsverträge können jedoch zu Konflikten führen und den Wert der Praxis mindern. Prüfen Sie daher Ihre Personalunterlagen regelmäßig und lassen Sie sie bei Bedarf

aktualisieren, um potenziellen Käuferinnen und Käufern eine solide Personalstruktur zu präsentieren.

Ist Ihre Praxis in gemieteten Räumen untergebracht, sollte der Mietvertrag dahingehend geprüft werden, ob eine Übertragung an den Nachfolger oder die Nachfolgerin problemlos möglich ist. Unklare Laufzeiten, fehlende Nachfolgeklauseln oder umfassende Rückbauverpflichtungen können den Verkaufsprozess empfindlich stören. Auch hier ist es ratsam, vorab alle Eventualitäten vertraglich sicherzustellen.

Direktverkauf, MVZ oder stufenweise Anteilsabgabe: Drei Wege zum maßgeschneiderten Praxisverkauf

Während der Direktverkauf eine klare und oft schnelle Lösung darstellen kann, ist die Einbringung in ein MVZ an höhere regulatorische Anforderungen geknüpft. Wer noch einige Jahre praktisch tätig bleiben möchte, findet im stufenweisen Verkauf eine gute Option, da so der Nachfolger nach und nach mehr Verantwortung übernimmt.

Das Fundament des Erfolgs: Worauf es bei der Vertragsgestaltung wirklich ankommt

Für jeden Verkauf – ganz gleich, um welches Modell es sich handelt – ist ein belastbarer Kaufvertrag unverzichtbar. Darin sollten mindestens Kaufpreis, Zahlungsmodalitäten, Haftungsfragen für vorherige Verbindlichkeiten, Regelungen zu Inventar, Patientenakten und Personal sowie Wettbewerbs- und Verschwiegenheitsklauseln festgehalten werden. In der medizinischen Branche kommen noch datenschutzrechtliche Vorgaben hinzu, ebenso wie die korrekte Übernahme von Kassenzulassungen. Eine anwaltliche Prüfung und steuerliche Begleitung minimieren Haftungsrisiken und stellen sicher, dass alle relevanten Aspekte berücksichtigt werden.

Sichere Übergabe statt Blindflug: Warum planvolles Vorgehen und Expertenrat unverzichtbar sind

Der Verkauf einer Praxis ist für viele Eigentümerinnen und Eigentümer ein einmaliger Vorgang. Fehler oder Versäumnisse lassen sich später kaum mehr korrigieren. Profitieren Sie daher von spezialisierten Rechts- und Steuerexperten, die nicht nur Vertragsdetails, sondern auch praktische Fragen etwa zum Mietvertrag oder zur Praxisimmobilie im Blick haben. Eine rechtzeitige Planung und sorgfältige Vorbereitung sind entscheidend, um Ihr Lebenswerk in die Hände eines passenden Nachfolgers zu legen und zugleich Ihre eigenen Interessen zu wahren.



Angélique Rinke
Lyck+Pätzold. healthcare.recht
www.medizinanwaelte.de

Verlagsanschrift

OEMUS MEDIA AG
Holbeinstraße 29, 04229 Leipzig
Tel.: +49 341 48474-0
Fax: +49 341 48474-290
kontakt@oemus-media.de

Herausgeber

Torsten R. Oemus

Vorstand

Ingolf Döbbbecke
Dipl.-Betriebsw. Lutz V. Hiller
Torsten R. Oemus

Chefredaktion

Katja Kupfer
Tel.: +49 341 48474-327
kupfer@oemus-media.de

Redaktionsleitung

Lisa Heinemann, B.A.
Tel.: +49 341 48474-326
l.heinemann@oemus-media.de

Fachredaktion Wissenschaft

Prof. Dr. Axel Bumann (V.i.S.d.P.)
Tel.: +49 30 200744100
ab@kfo-berlin.de

Projekt-/Anzeigenleitung

Stefan Reichardt (verantwortlich)
Tel.: +49 341 48474-222
reichardt@oemus-media.de

Produktionsleitung

Gernot Meyer
Tel.: +49 341 48474-520
meyer@oemus-media.de

Korrektorat

Sebastian Glinzig
Ann-Katrin Paulick
Tel.: +49 341 48474-126
lektorat@oemus-media.de

Anzeigendisposition/-verwaltung

Lysann Reichardt
Bob Schliebe
Marius Mezger
dispo@oemus-media.de

Abonnement

abo@oemus-media.de

Art Direction

Dipl.-Des. (FH) Alexander Jahn
Tel.: +49 341 48474-139
a.jahn@oemus-media.de

Grafik

Josephine Ritter
Tel.: +49 341 48474-144
j.ritter@oemus-media.de

Druck

Silber Druck GmbH & Co. KG
Otto-Hahn-Straße 25
34253 Lohfelden

HIDDEN CHAMPION



Erstklassige Performance für ein schönes Lächeln

www.lingualsystems.de

DW Lingual Systems GmbH