

copyright by
not for publication
Quintessenz

BJÖRN LUDWIG, JENS J. BOCK (Hrsg.)

KIEFERORTHOPÄDIE

UP TO DATE

Björn Ludwig, Jens J. Bock



Kieferorthopädie up to date

 QUINTESSENCE PUBLISHING

Berlin | Chicago | Tokio
Barcelona | London | Mailand | Mexiko Stadt | Paris | Prag | Seoul | Warschau
Istanbul | Peking | Sao Paulo | Zagreb

Inhalt



Vorwort VI

Autoren VII

ERWACHSENENKIEFERORTHOPÄDIE

Philipp Meyer-Marcotty, Anja Quast

Was ist die Motivation erwachsener Patienten zur kieferorthopädischen Therapie?

Ein Patientenbeispiel 3

Johanna Trautmann, Anja Quast, Bernhard Wiechens, Philipp Kaufmann, Henning Schliephake, Philipp Meyer-Marcotty

Gelenkprotektive Dysgnathitherapie

Einsatz moderner 3-D-Methodik zur Sicherung der Kondylenposition bei kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischer Therapie 11

Johanna Wiessner, Anja Quast, Petra Santander, Larissa Knocks, Henning Schliephake, Philipp Meyer-Marcotty

Kieferorthopädisch dentoalveoläre Dekompensation im Rahmen der Dysgnathitherapie

Ein Patientenbeispiel 23

DIGITALE KIEFERORTHOPÄDIE

Carolien A. J. Bauer, Christoph J. Roser, Christopher J. Lux, Lutz D. Hodecker

Die kieferorthopädische Extrusion im digitalen Zeitalter 35

Sarah Watzlaw, Ahmed Othman, Dragan Alexander Ströbele, Khaled Aboulazm, Katharina Dobbertin, Constantin von See

Vergleichende Bewertung der Präzision zwischen digitalem und laborgefertigtem indirektem kieferorthopädischem Bonding

In-vitro-Studie 45

Karl-Friedrich Krey, Martin Müller, Anja Ratzmann

Prototyp einer Biegemaschine für orthodontische Bögen 53

Florian Meereis

Der digitale Arbeitsablauf zum FKO-Gerät ohne Wachs-biss und Gips 61

Jens Johannes Bock, Christian Gehrke, Björn Ludwig

Indirekte Herstellung frontaler Aufbisse mittels digitaler Kieferorthopädie 67

Benedict Wilmes, Jan Willmann, Lynn Wilhelmy, Dieter Drescher

Mesialslider und Aligner für den Lückenschluss im Oberkieferseitenzahnggebiet – CAD/CAM oder konventionell? 73

Vanessa Knode, Bruno Di Leonardo, Jens Johannes Bock, Christian Gehrke, Björn Ludwig

**Modifizierte Hybrid-Hyrax-Apparatur
Komplikationen, Risiken und mechanische Prüfung 83**

Giuseppe Perinetti, Paolo Tonini, Alex Bruno

**Schablonengeführte Insertion kieferorthopädischer Miniimplantate
Das REPLICA-Planungsverfahren 91**

Jens Johannes Bock, Christian Gehrke

Indirekte Herstellung festsitzender Retainer mittels digitaler Kieferorthopädie 103

Thomas Lietz, Sarah Koller, Inge Kiegel-Koller

**Maßanfertigung statt Stangenware – prime4me RETAIN3R
Ein Erfahrungsbericht 113**

Jens Johannes Bock, Henriette Luise Bock, Christian Gehrke

**Intraorale Scans in der digitalen Kieferorthopädie
Anwenderorientierter Vergleich zweier Scansysteme eines Herstellers 123**

Fabian Karbach, Jens Johannes Bock

Materialeigenschaften und klinische Aspekte einer neuartigen Alignerfolie 133

Björn Ludwig, Jens J. Bock, Simon Graf, Dirk Wiechmann

CAD/CAM: Die nächste Evolutionsstufe für das Herbst-Geschiebe 145

Alexander Keller, Lea Hoffmann

**Die Dehnplatte im digitalen Zeitalter
Vom Intraoralscan zur 3-D-gedruckten Dehnplatte: Der volldigitale Workflow 157**

Gero Kinzinger, Jens Bock, Christian Gehrke, Björn Ludwig

Der Functional Mandibular Advancer im digitalen Zeitalter 163

Karl-Friedrich Krey, Mhd Said Mourad, Anja Ratzmann

Fused Filament Fabrication 3-D-Druck in der Praxis – mehr als Modelle 179

Julia Süpple, Paul-Georg Jost-Brinkmann, Petra Julia Koch

**Konventionell trifft digital: Indirektes Kleben mit 3-D-gedruckten
Bracket-Transfermodellen 187**





BIOMECHANIK

Franz-Peter Schwindling

Kleine NiTi-Kragarme: Eine große Hilfe beim Nivellieren 197

Franz-Peter Schwindling

Über die körperliche Zahnbewegung 203

Franz-Peter Schwindling

Statisches Gleichgewicht in der Kieferorthopädie 211

Franz-Peter Schwindling

Kleine Sozialkunde für Brackets 219

Franz-Peter Schwindling

Frontaler Lückenschluss und axiale Intrusion 225

Franz-Peter Schwindling

Biomechanische Prinzipien der Molarenaufrichtung zweiter Ordnung 229

KLINISCHE KIEFERORTHOPÄDIE: TECHNIKEN, PATIENTENBEISPIELE, KLINISCHE PERLEN

Tamer Büyükyılmaz, Jens Johannes Bock, Björn Ludwig

Zahnbewegung über die maxilläre Mitte

Ein Patientenbeispiel 247

Inka Prüve, Rainer Schwestka-Polly, Toralf Gertzent

Dauer der Bisshebung mittels anteriorer Aufbissplatte (Schweizer-Aufbiss)

Eine Pilotstudie 255

Magali Mujagic, Nikolaos Pandis, Padhraig S. Fleming, Christos Katsaros

Die Herbst-Apparatur kombiniert mit einer vollständig individuellen lingualen Apparatur

Retrospektive Kohortenstudie zu den Behandlungsergebnissen unter Verwendung des

objektiven Bewertungssystems des American Board of Orthodontics 259

DIFFERENZIALDIAGNOSTISCH INTERESSANTE PATIENTENBEISPIELE UND RADIOLOGISCHE VERDACHTSDIAGNOSEN

Thomas Binger, Franziska Oberbillig, Alexandra Binger
Seltene Differenzialdiagnose zur CMD als Zufallsbefund 269

Carmen U. Schmid, Vera U. Fuhrmann, Gerhard Schwartz, Björn Ludwig, Christian Gehrke,
Bärbel Kahl-Nieke
Die radiologische Verdachtsdiagnose 273

Carmen U. Schmid-Herrmann, Anna-Lena Liaci, Jesper Delfs, Bärbel Kahl-Nieke
**Die radiologische Verdachtsdiagnose
Nebenbefunde im Fernröntgenseitenbild 283**

Isabel Emsermann, Bärbel Kahl-Nieke, Carmen U. Schmid-Herrmann
**Die radiologische Verdachtsdiagnose
Fehler im Fernröntgenseitenbild 291**

Natascha Bruhn, Leonie Berger, Anna-Lena Liaci, Bärbel Kahl-Nieke,
Carmen U. Schmid-Herrmann
**Die radiologische Verdachtsdiagnose
Kondylusresorptionen 297**



Philipp Meyer-Marcotty, Anja Quast

Was ist die Motivation erwachsener Patienten zur kieferorthopädischen Therapie?

Ein Patientenbeispiel



INDIZES

Kieferorthopädische Erwachsenenbehandlung, Motivation, Informationsstand, Parodontitis

ZUSAMMENFASSUNG

Der Anteil Erwachsener am kieferorthopädischen Patientenkontinuum nimmt stetig zu. Vor dem Hintergrund parodontitis-assoziiierter Zahnwanderungen ist insbesondere bei Patienten, die über 40 Jahre alt sind, von einem erhöhten kieferorthopädischen Behandlungsbedarf auszugehen. Ein starkes Motiv zur Therapie stellt in dieser Altersgruppe der Wunsch nach einem möglichst langen Erhalt der eigenen Zähne dar. Trotz diesem grundlegenden Interesse an einer Behandlung, wurde ein Großteil der Patienten noch nie von einem Zahnmediziner über die Möglichkeiten der Kieferorthopädie aufgeklärt. Es liegt daher an uns Kieferorthopäden, allgemeintätige Zahnärzte und potenzielle Patienten über das Spektrum der Erwachsenenkieferorthopädie weiter aufzuklären.

Einleitung

Die kieferorthopädische Therapie erwachsener Patienten gehört mittlerweile zum Standardrepertoire eines jeden Praktikers¹. Sie reicht von kompletten okklusalen Rekonstruktionen der gesamten Dentition über kombiniert kieferorthopädisch/kieferchirurgische Korrekturen bis hin zu synoptisch interdisziplinären Therapien mittels segmentierter Behandlungsansätze^{2,3}. Zahlreiche neue Entwicklungen in der Diagnostik und Therapie unterstützen beziehungsweise erleichtern uns Kieferorthopäden heutzutage die Ausweitung unseres Behandlungsspektrums.

Diese Entwicklungen führen zu einer größeren Wahrnehmung kieferorthopädischer Behandlungsmöglichkeiten in der allgemeinen zahnmedizinischen Versorgung erwachsener Patienten⁴. Somit wird automatisch zukünftig mit einem höheren Anteil erwachsener Patienten in der kieferorthopädischen Praxis zu rechnen sein^{5,6}.

Ein weiterer Aspekt, der dafür spricht, das kieferorthopädische „Know-How“ auf die erwachsenen Patienten auszuweiten, ist die zukünftige

demographische Entwicklung in Deutschland. So zeigt der aktuelle Bericht des statistischen Bundesamtes zur koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung⁷, dass 1990 16,1 Millionen Menschen zu der Gruppe von Kindern und Jugendlichen bis 18 Jahre gezählt wurden (entspricht 20 % der Gesamtbevölkerung in 1990). In 2018 sank die Anzahl der Kinder und Jugendlichen auf knapp 14,4 (= 17 % der Gesamtbevölkerung) und wird bei Annahme einer niedrigen Geburtenrate (1,4 Kinder/Frau) in 2040 auf knapp 13 Millionen sinken (= 16 % der Gesamtbevölkerung). Die Gruppe der Erwachsenen zeigt in der Altersspanne zwischen 18 bis 39 Jahren einen prozentualen Rückgang an der Gesamtbevölkerung von 11 % (1990: 33 % Anteil an der Gesamtbevölkerung; 2040: 22 %). Einzige Gruppe der 40 bis 66-Jährigen zeigt einen stabilen Wert von 33 % im Jahr 1990 und 34 % prognostiziert für das Jahr 2040. Die Gruppe der Senioren ab 66 Jahre wird nach Hochrechnung im selben Zeitraum von 14 % auf 28 % zunehmen. Allein aus diesen Zahlen ist abzulesen, wie wichtig es für die Kieferorthopädie sein wird, sich die Gruppe der 40-Jährigen und älter näher anzuschauen⁸.

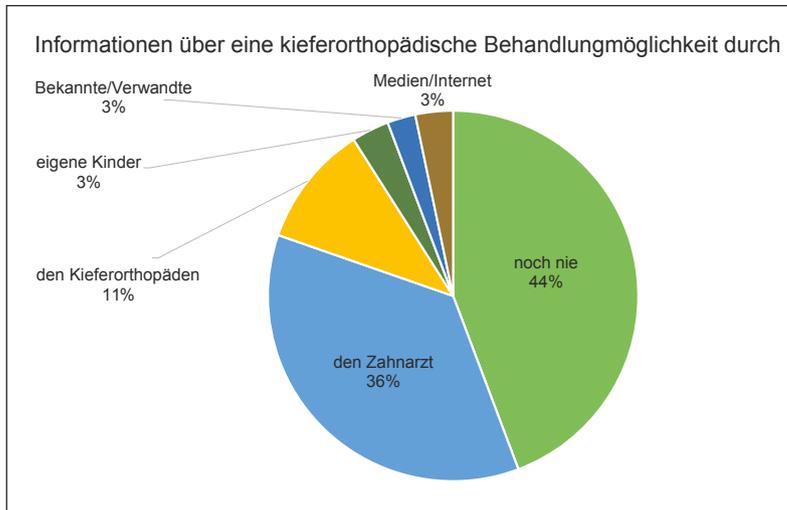


Abb. 1 Das Kreisdiagramm zeigt den Informationsstand über kieferorthopädische Behandlungsmöglichkeiten bei Erwachsenen im Alter von 40+ (N = 118).

Zusätzlich wird dies durch die Zahlen aus der aktuellen fünften Mundgesundheitsstudie unterstrichen⁹. Demnach wird im Erwachsenenalter eine altersassoziierte Parodontalerkrankung beschrieben, wobei 52 % der Erwachsenen mit einem durchschnittlichen Alter von 40 Jahren eine moderate bis schwere PA-Erkrankung aufweisen. Pathologische Zahnwanderung infolge der PA-Erkrankung sind die Folge¹⁰. Eine epidemiologische Untersuchung zeigt, dass 56 % der Patienten im Alter von > 40 Jahren pathologische Zahnwanderungen mit Lückenbildung im Oberkieferfrontzahnbereich aufweisen¹¹. Infolgedessen ist bei den Patienten 40+ von einem hohen kieferorthopädischen Behandlungsbedarf auszugehen¹².

Daher ist es interessant zu wissen, wie hoch der Informationsstand über kieferorthopädische Maßnahmen im Erwachsenenalter bzw. die Motivation erwachsener Patienten für eine kieferorthopädische Therapie ist. Diese Aspekte sollen nachfolgend näher beleuchtet werden.

Informationsstand über kieferorthopädische Maßnahmen bzw. Motivation für eine KFO-Therapie bei erwachsenen Patienten

In einer Befragung eigener Patienten aus der Poliklinik für Kieferorthopädie (118 Patienten, davon

51 männlich, 67 weiblich) mit einem Alter von > 40 Jahren (mittleres Alter: 58,03 Jahre) wurden anhand standardisierter Fragebögen der generelle Informationsstand über die Möglichkeit einer kieferorthopädischen Therapie im Erwachsenenalter bzw. die Motivation zu einer kieferorthopädischen Therapie analysiert.

Hinsichtlich des Informationsstandes zeigte sich, dass 44 % aller Patienten im Vorfeld noch nie über die Möglichkeit einer kieferorthopädischen Behandlung im Erwachsenenalter aufgeklärt worden waren. Durch den Zahnarzt waren 36 % der Patienten über die Option einer kieferorthopädischen Therapie informiert. Einen Kontakt zum Kieferorthopäden selbst hatten bereits 11 %. Jeweils 3 % der Patienten wurden durch eigene Kinder, durch Bekannte und Verwandte sowie Medien und Internet über die Behandlungsmöglichkeiten im Erwachsenenalter aufmerksam gemacht (Abb. 1).

Hinsichtlich der Motivation bzw. Erwartungen an eine kieferorthopädische Behandlung zeigte sich, dass die Patienten unabhängig von dem Grad des parodontalen Zustandes den Fokus auf den langfristigen Erhalt der eigenen Dentition legten: 69 % der Patienten ohne parodontale Erkrankung gaben an, hohe Erwartungen an eine kieferorthopädische Therapie zu haben, wenn es um den Erhalt der eigenen Zähne geht. Bei Patienten mit moderater und schwerer Parodontitis lag die Zahl sogar bei 77 % bzw. 82 % (Abb. 2).

Insgesamt zeigt sich damit, dass zum einen 53 % der Patienten noch nie von einem Zahnmediziner über Möglichkeiten einer kieferorthopädischen Therapie im Erwachsenenalter aufgeklärt worden waren, zum anderen besteht eine hohe Motivation zur kieferorthopädischen Therapie sowohl bei Patienten ohne als auch mit PA-Erkrankung für den langfristigen Erhalt der eigenen Zähne.

Kasuistik

Patientenhistorie/Anamnese

Die 46-jährige Patientin stellte sich aus Eigeninitiative im Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universitätsmedizin Göttingen vor.

Das Hauptanliegen war ihr „Fehlbiß“ mit asymmetrischer Schlussbißsituation: „Immer wenn ich meinen Mund schließe und zubeiße, rutscht mein Kiefer auf die rechte Seite ab.“ Zusätzlich sorgte sie sich um den Erhalt ihrer Frontzähne im Ober- und Unterkiefer aufgrund des erhöhten Abnutzungsgrades: „Meine Zähne sind bereits stark abgeschliffen“. Darüber hinaus hatte die Patientin eine vermehrte Wanderung ihrer Zähne in den letzten zwei Jahren beobachtet: „Meine Zähne werden schief“. Sie war kieferorthopädisch noch nie behandelt worden und wurde mit der Bitte um Beratung/Therapie in die Poliklinik für Kieferorthopädie überwiesen.

Allgemeinanamnestisch lag keine Kontraindikation für eine kieferorthopädische Therapie vor. Der parodontale Befund zeigte einen PSI von 2, sowie keine erhöhten Taschensondierungstiefen und keinen Hinweis auf einen ausgeprägten Knochenabbau. Die Erstuntersuchung ergab folgende Befunde:

Klinisch/Funktioneller Befund

Die intraorale Inspektion ergab eine asymmetrische Klasse II-Verzahnung rechts und links, mandibuläre MLV nach rechts, Overjet = 4 mm, Overbite = 5 mm, tiefer Biß, Kopfbiß 16/46, Mundschleimhaut ohne Befund.

Im Oberkiefer zeigte sich eine retrudierte Front, Engstand, Hypoplasie in Regio 12/22, Supraposition der Zähne 11/21, Mesialwanderung des Zahns 16 um ca. 5 mm, Verlust von Zahn 27, Lücke in Regio 27 geschlossen, Mesialkipfung des Zahns 28, Platzverhältnisse insgesamt: -5,5 mm.

Im Unterkiefer stand die Front achsengerecht, Engstand, Supraposition der Zähne 33/32, Verlust des Zahns 34, Lücke in Regio 34 betrug 6,5 mm, Implantat in Regio 46, Speekurve flach, Platzverhältnisse insgesamt: -1 mm.

Funktionell zeigte sich eine asymmetrische Mundöffnung mit Deflektion nach links >2 mm, Zwangsbiß nach rechts in der Schlussbißsituation (initialer Zahnkontakt zu maximalem Schlussbiß), Gelenkgeräusche links bei Mundöffnung, Grenzbeugung des Unterkiefers nicht eingeschränkt, M. masseter rechts ausgeprägt, Abrasionen der Frontzähne insbesondere palatinal an den Zähnen 11/21 (Abb. 3a bis e).

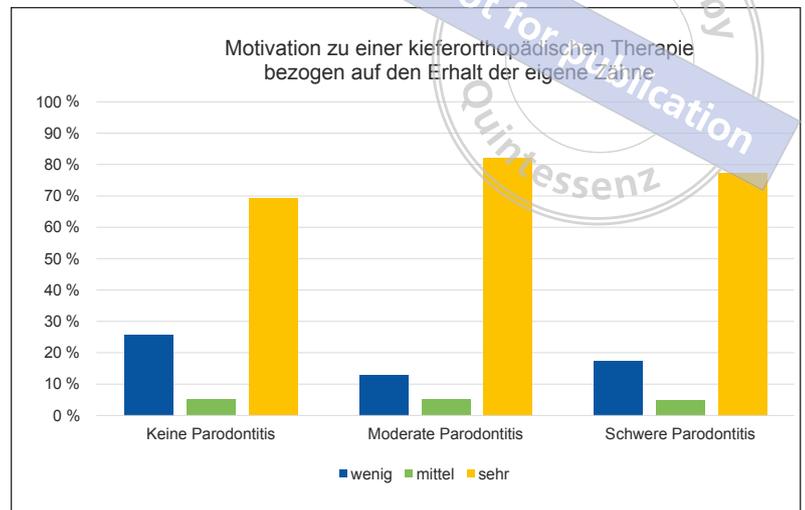


Abb. 2 Das Balkendiagramm zeigt die Motivation zur kieferorthopädischen Behandlung bei Erwachsenen im Alter von 40+ (insgesamt N = 118), bezogen auf den Erhalt der eigenen Zähne, klassifiziert in die Gruppen „keine Parodontitis“ (N = 39), „moderate Parodontitis“ (N = 39) und „schwere Parodontitis“ (N=40).

Therapieplanung

Im Rahmen der Therapieplanung wurde zunächst ein diagnostisches Set-up erstellt. Somit konnte das spätere Resultat der kieferorthopädischen Therapie kontrolliert und die Ausgangsbasis für eine sich anschließende prothetische Neuversorgung visualisiert werden (Abb. 4a bis c). Zur Initiierung des interdisziplinären Behandlungsteams wurden die Unterlagen mit Arztbrief an den Hauszahnarzt und den Chirurgen gesendet. Somit war eine umfassende Kommunikation vor der Behandlungsplanung gewährleistet. Die kieferorthopädische Therapie konnte in eine Vorbehandlung und eine Hauptbehandlung unterteilt werden.

Kieferorthopädische Vorbehandlung

Die Vorbehandlung umfasste zunächst die Insertion zweier Minischrauben im anterioren Gaumen zur Aufnahme eines Benesliders im Oberkiefer und die Extraktion von Zahn 15 mit Einsatz einer Segmenttherapie in der rechten Stützzone (09/2016). Durch die Vorbehandlung mit skelettaler Verankerung konnte zunächst auf den Einsatz einer kompletten MB-Apparatur verzichtet werden (Abb. 5a und b). Nach Erreichen des Zwischenzieles der Mittenkorrektur schloss sich die Phase der Hauptbehandlung an.

Abb. 3a bis e Klinischer Ausgangsbefund mit initialer Planung der Mittenkorrektur im Oberkiefer (Extraktion des Zahns 15 und Lückenversorgung eines Implantats in Regio 35).

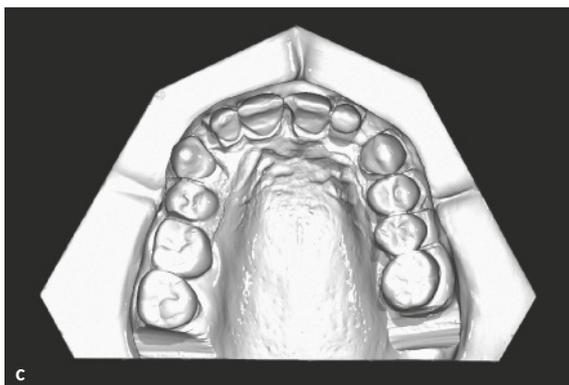
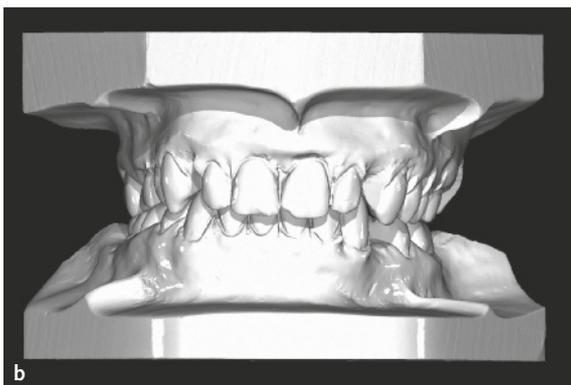
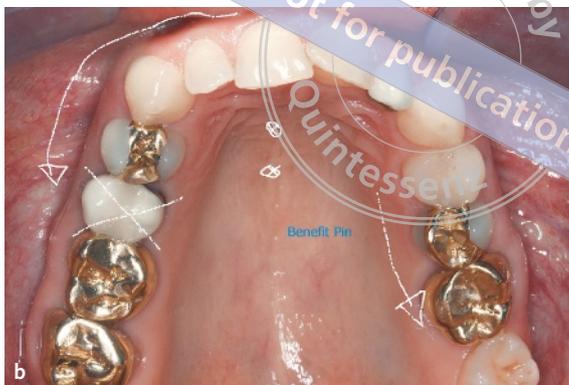


Abb. 4a bis c Diagnostisches Set-up.

copyright by
not for publication
Quintessen



Abb. 5a und b
Einleitende Behandlung: Eckzahnretraktion, initiale Mittelenkorrektur. Einsatz einer Segmentapparatur; Extraktion des Zahns 15. Distalisierung der Zähne 14 und 13 mit Teilbögen (017x025 TMA).



Abb. 6a bis d
Hauptbehandlung Phase I: Nivellierung, Korrektur des Overbite (Bisshebung). Einsatz einer kompletten MB-Apparatur im Oberkiefer/Unterkiefer; zusätzlich 017x025 TMA zur Intrusion + palatinale Aufbisse an den Zähnen 11/21.

Kieferorthopädische Hauptbehandlung

In 04/2017 wurde eine komplette MB-Apparatur im Oberkiefer/Unterkiefer (22" System) eingesetzt zur weiteren Korrektur der Zahnbögen mit gleichzeitiger Bisshebung. Die konventionelle Nivellierung mittels NITI-Bögen wurde ergänzt durch den Einsatz eines Intrusionsbogens (017x025 TMA) im Oberkiefer (Abb. 6a bis d). Die Führungsphase erfolgte mit 018x025 SS bzw. 019x025 SS-Bögen. Zusätzlich wurden intermaxil-

läre Klasse II-Gummizüge und Tie-backs beidseitig eingesetzt (Abb. 7a bis c).

Nach 12 Monaten festsitzender MB-Apparatur im Ober- und Unterkiefer konnten gleiche Lücken distal in Regio 12/22 eingestellt, die Bisshebung mit Mittelenkorrektur erreicht und die MB-Apparatur in 05/18 entfernt werden (Abb. 8a und b). Es folgte die prothetisch, konservierende Versorgung mit odontoplastischem Aufbau und der Einsatz eines 3-3 Retainers im Ober- und Unterkiefer (Abb. 9a bis e).

Abb. 7a bis c
Hauptbehandlung
Phase II: Korrektur
des Overjet, Kon-
traktionsphase mit
Tie-backs beidseitig
und intermaxillären
Klasse II-Gummi-
zügen.

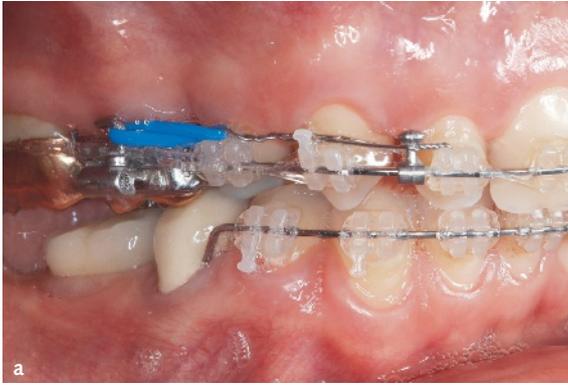


Abb. 8a und b
Zustand nach
Entfernung der
MB-Apparatur und
lückiger Einstellung
distal in Regio
12/22 zur späteren
odontoplastischen
Rekonstruktion.



Diskussion

Im Rahmen der exemplarisch vorgestellten Daten soll der Informationsstand und die Motivation erwachsener Patienten ab dem Alter 40+ vorgestellt werden. Bislang sind kaum kieferorthopädische Publikationen veröffentlicht, die sich mit einem Patientenklitel älter als 40 Jahre beschäftigen¹³. Der Großteil der Studien über kieferorthopädische Erwachsenentherapie beinhaltet ein weitaus jüngeres Patientenklitel mit einem Alter von 20 bis 30 Jahren¹⁴. So beschreibt eine Umfrage der „British Orthodontic Society“ von 2008, dass

der Anteil Erwachsener in kieferorthopädischen Praxen bei 17 % liegt, wobei der Großteil dem Altersspektrum 18 bis 30 Jahre zuzuordnen ist¹⁵. Ebenso zeigt eine Studie aus Südkorea, dass in der überwiegenden Anzahl kieferorthopädischer Praxen nur max. 5 % der Patienten über 40 Jahre alt sind¹⁶. Diesen nur gering vorhandenen Daten steht die demographische Entwicklung entgegen mit einem potenziellen Zuwachs erwachsener Patienten 40+ und dem allgemeinen Anstieg erwachsener Patienten in den kieferorthopädischen Praxen, speziell in der letzten Dekade. Darüber hinaus existieren nur äußerst wenige internationale



Abb. 9a bis e Prothetisch/konservierende Versorgung mit odontoplastischem Kompositaufbau an Zahn 12 und Kronenversorgung an Zahn 22 sowie Implantatversorgung an Zahn 35 und Krone an Zahn 46.

Publikationen, die über den Informationsstand und die Motivation von älteren erwachsenen Patienten berichten¹⁷.

Das dargestellte Patientenbeispiel spiegelt exemplarisch die aktuelle Situation über die kieferorthopädische Therapie erwachsener Patienten 40+ wider: Die Patientin kam aus Eigeninitiative, war noch nie kieferorthopädisch behandelt worden und hatte keine Vorinformation über kieferorthopädische Behandlungsmöglichkeiten. Damit ist sie zur Mehrheit der Patienten zu zählen, welche noch nie über die Möglichkeiten einer kieferorthopädischen Therapie im Erwachsenenalter

aufgeklärt worden sind. Dies verdeutlicht, dass nach wie vor ein dringender Aufklärungsbedarf in der Zahnmedizin hinsichtlich kieferorthopädischer Therapiemöglichkeiten im Erwachsenenalter existiert. Obwohl über diesen Mangel an Information bereits vor über 30 Jahren berichtet wurde¹⁸, wird nach wie vor das Defizit des Informationsstandes über die Erwachsenentherapie deutlich.

Patienten in einem Alter 40+ geben häufig als Vorbehalt gegen eine kieferorthopädische Therapie an, dass sie „zu alt seien“¹⁶ und eine kieferorthopädische Therapie „nicht mehr gehen würde“¹⁷. Dies zeigt ebenfalls die dringende Not-

wendigkeit einer öffentlichen Darstellung, dass eine korrekt durchgeführte fachzahnärztliche kieferorthopädische Therapie, eingebettet in ein zahnmedizinisches Gesamtkonzept, zur Erhaltung/Optimierung der Mundgesundheit führt, einen klaren Nutzen nach sich zieht und keine Altersgrenze dafür existiert.

Im Gegensatz zu Kindern und Jugendlichen, die meist aufgrund eines externen Motivators (Eltern/Angehörige) zu einer kieferorthopädischen Therapie geführt werden, ist bei Erwachsenen von einer internen Motivation auszugehen. Dies beinhaltet einen weitaus differenzierteren Behandlungswunsch und Behandlungsansatz. Dabei ist natürlich ein Aspekt für eine kieferorthopädische Therapie die Verbesserung der Ästhetik¹⁹. Allerdings ist es ein zu simples Modell, die Motivation Erwachsener allein auf diesen einzigen Parameter zu reduzieren. So zeigt sich im Rahmen einer Querschnittsstudie an 598 Patienten, dass mit zunehmendem Alter ab 40+ das Interesse an einer kieferorthopädischen Therapie zum einen mit bis zu 46 % als sehr hoch eingestuft werden kann und zusätzlich ein funktioneller Ansatz zur kieferorthopädischen Therapie gegenüber ästhetischen Aspekten überwiegt. So werden Punkte wie Optimierung der Bissituation, Verbesserung der Aussprache oder Optimierung der Zahnpflege bei bis zu 40 % der älteren Patienten als Grund für eine kieferorthopädische Behandlung angegeben¹⁷. Dies wird durch die dargestellten Zahlen bestätigt, wonach zwischen 69 % und 82 % der Erwachsenen über 40+ – je nach parodontaler Vorerkrankung – als ein Hauptmotiv für die kieferorthopädische Therapie den langfristigen Zahnerhalt angaben.

Schlussfolgerung

Insgesamt kann von einem hohen Interesse Erwachsener in einem Alter über 40 an einer kieferorthopädischen Therapie ausgegangen werden. Ein Hauptmotiv für eine Therapie stellt dabei die Verbesserung/Wiederherstellung der Funktion dar. Bezeichnend ist allerdings der persistierend geringe Informationsstand im Erwachsenenalter über Möglichkeiten kieferorthopädischer Maß-

nahmen. Demnach müssen wir Kieferorthopäden uns weiter bemühen, allgemeintätige Zahnärzte sowie potenzielle Patienten über das Spektrum der Erwachsenenkieferorthopädie aufzuklären.

Literatur

1. Meyer-Marcotty P. Kieferorthopädie als Segment eines interdisziplinären Behandlungskonzeptes bei ausgeprägter parodontaler Schädigung. *Quintessenz* 2015;66:185-195.
2. Meyer-Marcotty P, Stellzig-Eisenhauer A. Kieferorthopädische Behandlung erwachsener Patienten unter besonderer Berücksichtigung parodontaler Aspekte. *Quintessenz* 2012;63:1215-1220.
3. Quast A, Santander P, Witt D, et al. Traditional face-bow transfer versus three-dimensional virtual reconstruction in orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2019;48:347-354.
4. Hirschfeld J, Reichardt E, Sharma P, et al. Interest in orthodontic tooth alignment in adult patients affected by periodontitis: A questionnaire-based cross-sectional pilot study. *J Periodontol* 2019;90:957-965.
5. Gorbunkova A, Pagni G, Brizhak A, Farronato G, Rasperini G. Impact of Orthodontic Treatment on Periodontal Tissues: A Narrative Review of Multidisciplinary Literature. *Int J Dent* 2016;2016:4723589.
6. Christensen L, Luther F. Adults seeking orthodontic treatment: expectations, periodontal and TMD issues. *Br Dent J* 2015;218:111-117.
7. <https://www.destatis.de>, Zuletzt aufgerufen am: 08.10.2020
8. Melsen B. The role of orthodontics in the regeneration of the degenerated dentition. *J Oral Rehab* 2016;43:226-237.
9. Jordan AR, Micheelis W. Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS V). Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag DÄV, 2016.
10. Brunsvold MA. Pathologic tooth migration. *J Periodont* 2005;76:859-866.
11. Martinez-Canut P, Carrasquer A, Magán R, Lorca A. A study on factors associated with pathologic tooth migration. *J Clin Periodont* 1997;24:492-497.
12. Hráský V, Meyer-Marcotty P. Parodontologie und Kieferorthopädie – Ein synoptischer Therapieansatz. *Quintessenz* 2020;71:968-975.
13. Cao T, Xu L, Shi J, Zhou Y. Combined orthodontic-periodontal treatment in periodontal patients with anteriorly displaced incisors. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2015;148:805-813.
14. Cedro MK, Moles DR, Hodges SJ. Adult orthodontics – who's doing what? *J Orthod* 2010;37:107-117.
15. British Orthodontic Society. BOS Members Survey. www.bos.org.uk/NR/rdonlyres/F59AB9DA-48B2-4228-85E4-7D7A3DA550F8/0/BOSurvey2007.pdf (Zugriff: 30.06.2008).
16. Kim Y. Study on the perception of orthodontic treatment according to age: A questionnaire survey. *Korean J Orthod* 2017;47:215-221.
17. Pabari S, Moles DR, Cunningham SJ. Assessment of motivation and psychological characteristics of adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;140:e263-72.
18. Bauer W, Diedrich P. Motivation und Erfolgsbeurteilung erwachsener Patienten zur kieferorthopädischen Behandlung--Interpretation einer Befragung. *Fortschritte der Kieferorthopädie* 1990;51:180-188.
19. McKiernan EX, McKiernan F, Jones ML. Psychological profiles and motives of adults seeking orthodontic treatment. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1992;7:187-198.

Jens Johannes Bock, Christian Gehrke, Björn Ludwig

Indirekte Herstellung frontaler Aufbisse mittels digitaler Kieferorthopädie



INDIZES

Frontaler Aufbiss, 3-D-Scan, 3-D-Simulation, 3-D-Druck

ZUSAMMENFASSUNG

Anhand einer Kasuistik mit Tiefbiss wird die digitale Planung und klinische Applikation von zwei frontalen Aufbissen gezeigt.

Einleitung

Der Einsatz von frontalen oder seitlichen Aufbissen zur temporären Bisshebung ist einer der Schlüsselfaktoren bei der effizienten Behandlung eines tiefen Bisses. So kann mit einfachen klinischen Mitteln die simultane Ausformung des oberen und unteren Zahnbogens erfolgen, ohne Kompromisse bei der Bracketpositionierung im Unterkiefer eingehen zu müssen.

Für die Ausführung stehen unterschiedliche Varianten zur Verfügung^{1,2}:

- herausnehmbare Aufbissplatte,
- herausnehmbare Aufbisschiene,
- festsitzende Nance-Apparatur mit frontalem Plateau,
- industriell vorgefertigte Bite-Ramps,
- präformierende Silikonformen,
- direkte Modellierung in situ (frontal oder seitlich).

Die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Methoden sind im Rahmen der Behandlungsplanung zu berücksichtigen³⁻⁵. Herausnehmbare oder festsitzende Apparaturen stellen einen höheren Aufwand an Zeit und Kosten dar. Der Einsatz vorgefertigter Bite-Ramps oder die Anwendung von Silikonformen für die Modellierung individueller Aufbisse können durch die initiale Zahnstellung limitiert sein.

Der schichtweise direkte Aufbau mittels lichthärtender Kompositmaterialien verlangt klinisches Geschick und etwas Geduld bei der okklusalen Feinkorrektur^{3,4}. Von Schillai⁵ wurden verschiedene Methoden der indirekten Fertigung vorgestellt. Um den Zeit- und Materialaufwand bei indirekter Herstellung zu reduzieren, wurde nach Wegen gesucht, um digitale Techniken zum Einsatz zu bringen.

Digitale Erstellung

Für die Planung und Herstellung kieferorthopädischer Apparaturen, Schienen oder Aufbissbehelfe stehen unterschiedliche Software-Lösungen zur Verfügung. Im Folgenden wird die digitale Erstellung frontaler Aufbisse mithilfe des Programm-Moduls Bite-Splint (Fa. OnyxCeph, Digital Instruments, Chemnitz) vorgestellt.

Die Grundlage bildet ein intraoraler Scan oder die digitale Erfassung der Planungsmodelle. In der neuesten Version des Software-Moduls besteht eine sehr einfache Möglichkeit, die Bissperrung zwischen Ober- und Unterkiefer zu simulieren (Abb. 1). Mithilfe einer gemittelten „Kiefergelenkachse“ kann eine schrittweise Rotation des Unterkiefers erfolgen (Abb. 1, rote Markierung). Die virtuelle Bisshebung wird bis

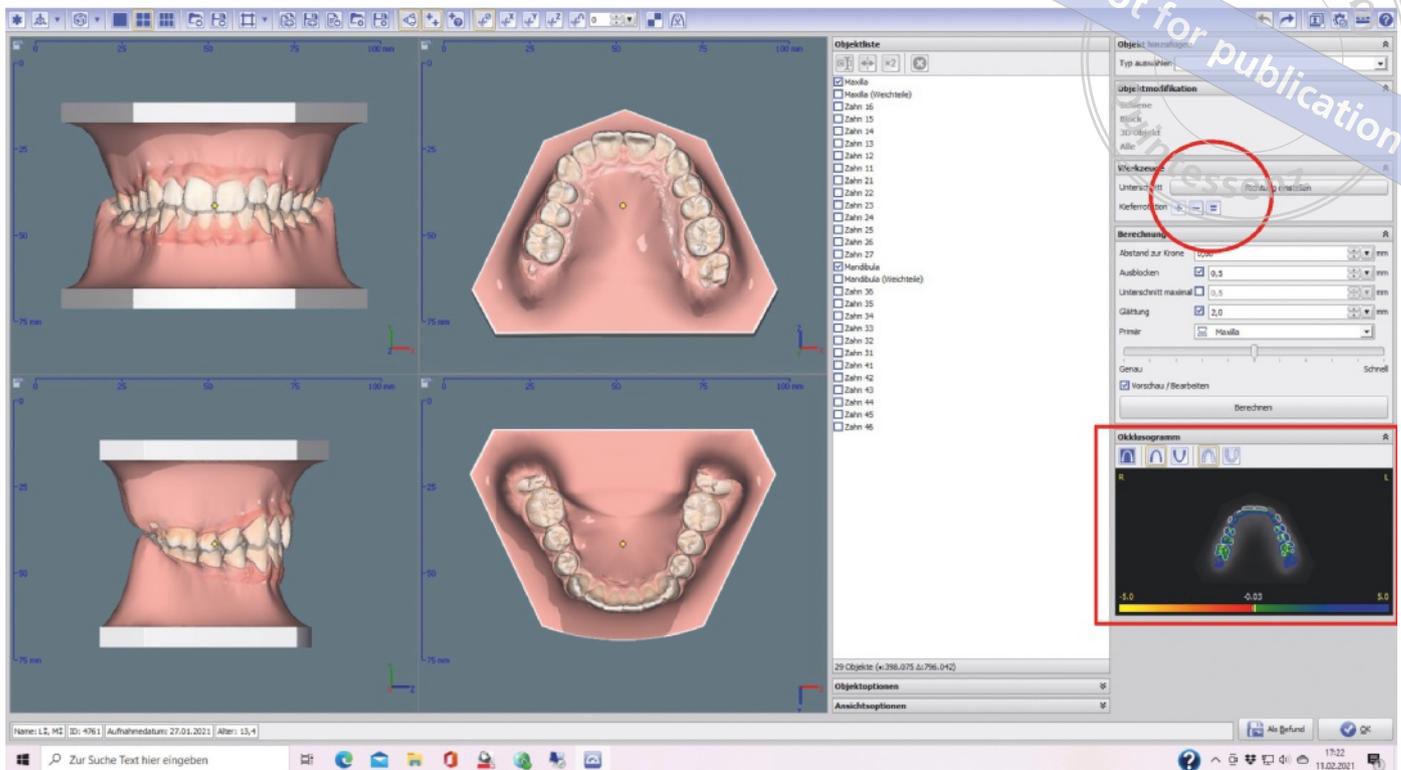


Abb. 1 Modul Bite Splint (Fa. OnyxCeph). Bildschirmansicht mit Einstellungsmöglichkeiten der Unterkieferposition (roter Kreis) und Überprüfung der Okklusion (rotes Rechteck).

zum Erreichen eines ausreichenden Abstandes zwischen der Schneidekante der oberen Schneidezähne und der gedachten Bracketpositionierung im Unterkiefer vorgenommen (Abb. 2). Dank der übersichtlichen Ansichten der Okklusion und der palatinalen Relationen ist eine relativ genaue Justierung möglich.

In dem Programm-Modul bestehen verschiedene Möglichkeiten, Schienen oder partielle Splints zu erstellen. Einfache 3-D-Objekte können eingefügt werden. Für die Konstruktion der Aufbisse wird ein Balken eingefügt. Die Positionierung kann relativ einfach durch die Verschiebung der „Konstruktionskugeln“ (rot/blau Abb. 3) oder durch den Einsatz der Navigationswerkzeuge erfolgen. Die Grundform sollte individualisiert werden (Länge/Breite/Höhe und Kantenabrundung).

In den unterschiedlichen Modulen der Onyx-Ceph-Software haben sich folgende Möglichkeiten bewährt:

- Duplizieren und Spiegeln,
- Speichern als Vorlage.

Ist einer der Aufbisse erstellt, kann durch Duplizieren und Spiegeln die gleiche Konstruktion auf den Gegenzahn übertragen werden. Das Sichern als Vorlage macht die Erstellung aller zukünftigen Aufbisse extrem einfach.

Die okklusale Justierung wird durch die gute palatinal Darstellung und die Wiedergabe eines Okklusogramms unterstützt. Es ist zu prüfen, ob der Kontakt von zwei unteren Schneidezähnen erreicht werden kann, auch wenn gegebenenfalls leicht asymmetrische Relationen entstehen.

Vor der Erstellung der STL-Datei für den Modelldruck steht ergänzend die Möglichkeit zur Verfügung, einen Querschnitt zu generieren und eine ausreichende Länge durch Sichtbarmachen der unteren Schneidezähne im Schlussbiss zu prüfen (Abb. 4).

Klinisches Vorgehen

Die STL-Datei wird an einen 3-D-Drucker übergeben und es erfolgt die Herstellung eines kleinen

copyright
not for publication
Quintessenz

Abb. 2a und b
Simulierte Biss-
öffnung in verschie-
denen Ansichten.

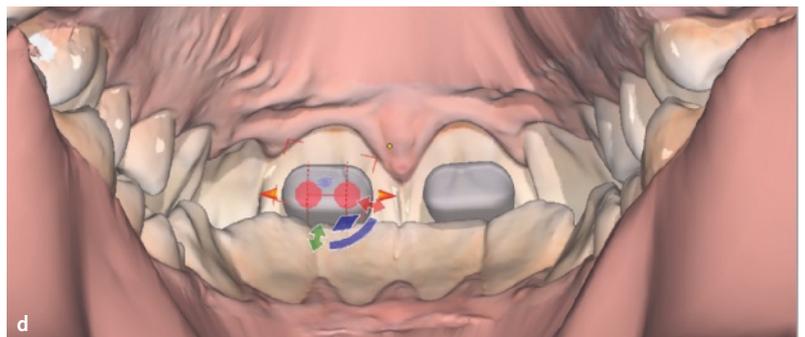
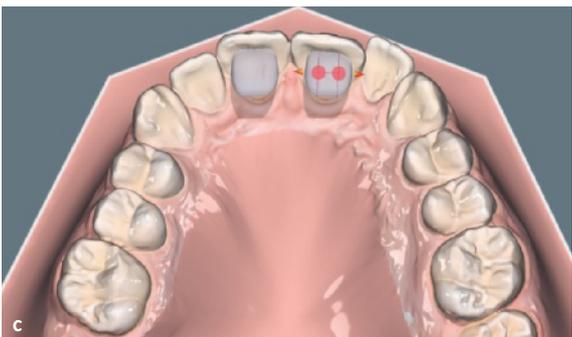
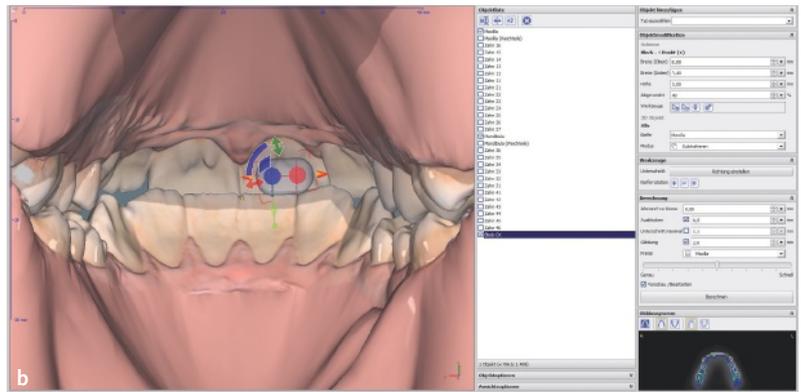
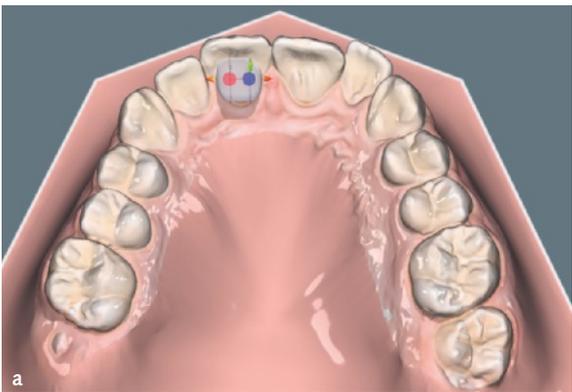
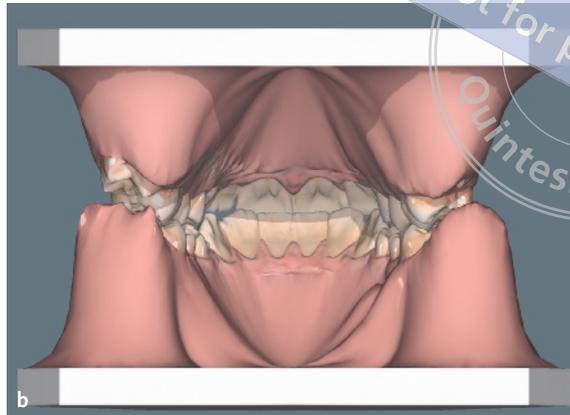
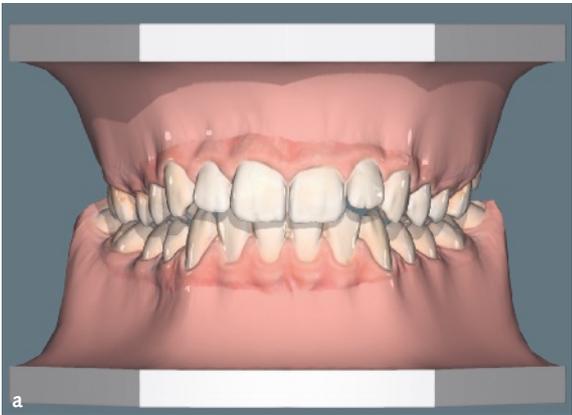


Abb. 3a bis d Digitale Erstellung der frontalen Aufbisse. Anpassung durch Versetzen der Begrenzungen (rote/blau Kugel) und Erleichterung der Arbeit durch Duplizieren und Spiegeln eines Objektes (markiert).

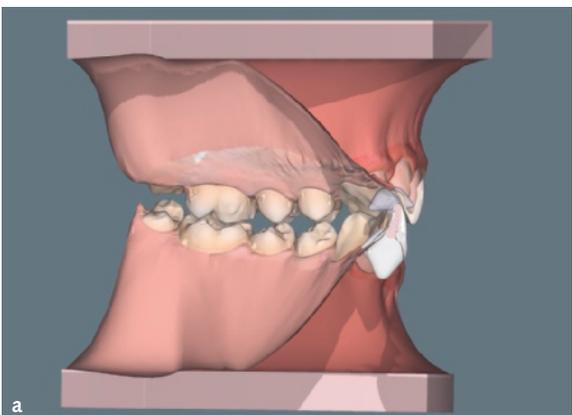


Abb. 4a und b
Prüfung der Okklu-
sion durch virtuelles
Durchtrennen des
Modells und durch
Sichtbarmachung
der Schneidezähne
im Schlussbiss (Kon-
trolle einer ausrei-
chenden Länge der
Aufbisse). Überfö-
hrung in eine druck-
bare STL-Datei.



Abb. 5 Ausgeschnittene Tiefziehfolie.



Abb. 6 Reinigung, Ätzen und Bonden der palatinalen Flächen.



a



b



c

Abb. 7a bis c Einfüllen des Komposit, vorsichtiges Positionieren der Schiene und Lichthärtung.



Abb. 8 Abnahme der Schiene, Prüfung auf Überschüsse und Gestaltung.

Modells mit den frontalen Aufbissen. Dieses Modell dient als Grundlage für die Erstellung einer Negativform (Tiefziehverfahren mit einer elastischen Folie, z.B. Track E, Fa. Forestadent, Pforzheim). Diese Folie wird dem oberen Zahnbogenverlauf angepasst und so beschnitten, dass nur die Inzisalkante der Schneidezähne bedeckt ist (Abb. 5).

Nach gründlicher Reinigung, Anätzen und Bonden der palatinalen Zahnflächen wird ein niedrigvisköses Kompositmaterial (z.B. Tetric flow, Fa. Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) vollständig in die Tiefziehfolie eingefüllt und anschließend durch Licht polymerisiert (Abb. 6 und 7).

Die Elastizität der Folie erlaubt eine schnelle Entfernung. Die Zugrichtung sollte überwiegend nach palatinal gerichtet sein und eventuell können stumpfe Instrumente die Abnahme erleichtern (Abb. 8).

Die klinische Kontrolle verlangt die Entfernung möglicher Überschüsse und die Überprüfung der okklusalen Kontakte. Im vorliegenden Behand-



Abb. 9a und b
Vergleich frontale Situation intraoral/simuliert.



Abb. 10a und b
Vergleich rechte Seitenzahnrelationen intraoral/simuliert.



Abb. 11a und b
Vergleich linke Seitenzahnrelationen intraoral/simuliert.

lungsbeispiel genügte die Entfernung des überschüssigen Komposits im Interdentalraum mittels Scaler. Eine okklusale Korrektur oder die Glättung von Kanten war nicht notwendig.

Schlussfolgerung

Die digitale Planung und Herstellung von frontalen Aufbissen ist mit Einarbeitungszeit in die Software verbunden. Die klinische Überführung der eingestellten Unterkieferposition wurde erfolgreich umgesetzt (Abb. 9 bis 11). Der Vergleich zwischen intraoraler Situation und digitaler Planung belegt die klinisch als ausreichend einzustufende Vorhersagbarkeit der okklusalen Relationen. Es waren keinerlei Nacharbeiten notwendig. Die signifikante

Arbeitserleichterung am Behandlungsstuhl rechtfertigt den höheren Aufwand von Planung und zusätzlicher Modell- bzw. Schienenherstellung.

Dieser Aufwand kann zusätzlich reduziert werden, wenn eine indirekte Bracketklebetechnik eingesetzt wird, da Modell und Tiefziehschiene ohnehin hergestellt werden.

Von Schillai⁵ wurden verschiedene Formen der indirekten Aufbisse (Frontzahn/Seitenzahn) vorgestellt und der Einsatz ungefüllter Werkstoffe gefordert, um mögliche Abrasionen der Antagonisten zu vermeiden. Mit der vorgestellten Methode sind nicht nur frontale Aufbisse konstruierbar, sondern auch die Herstellung individualisierter Bite-Ramps, die mit entsprechender Klebetechnik direkt eingesetzt werden könnten.

Literatur

1. Schopf P. Curriculum Kieferorthopädie II. Berlin: Quintessenz-Verlag. 4. Auflage, 2008.
2. Bock J, Bock F. Grundlagen der Kieferorthopädie. Balingen: Spitta-Verlag, 2. Auflage, 2018.
3. Ludwig B, Glasl B, Bock J, Bock F, Goldbecher H, Lietz T, Lisson J. Selbstligierende Bracket-Konzepte und Behandlung. Stuttgart: Thieme 2009, S. 183ff.
4. Schauseil M, Winsauer H, Glasl B, Ludwig B. Arbeiten mit Aufbissen im Frontzahnbereich. Tipps und Tricks aus dem Praxisalltag. Kieferorthopädie 2011;25:227–228.
5. Schillai G. Festsitzende Aufbisse in der Kieferorthopädie. Behandlungsmöglichkeiten und Risikovermeidung mit neuen Materialien und Techniken. Kieferorthopädie 2017;31:239–255.

Seung-Woo Yoo

CAD/CAM- und SLM-Technik in der Kieferorthopädie

Kasuistiken



INDIZES

digitale Kieferorthopädie, CAD/CAM, 3-D-Druck, selective laser melting, SLM-Druck, Onyx-Ceph

ZUSAMMENFASSUNG

Die digitale Kieferorthopädie geht heutzutage weit über die Aligner-Therapie hinaus. Mittels CAD/CAM-Technik können verschiedene kieferorthopädische Apparaturen mit wenig Aufwand äußerst präzise hergestellt werden. Die Möglichkeiten umfassen sowohl einfache Apparaturen wie ein TPA (transpalatal arch) oder einen Lingualbogen als auch komplexe Apparaturen wie die Herbst-Apparatur bis hin zu selbstgestalteten Apparaturen. Im folgenden Artikel werden anhand mehrerer Fallbeispiele die Möglichkeiten, aber auch die Grenzen beschrieben.

Einführung

Die Digitalisierung und damit auch der CAD/CAM-(computer aided design, computer aided manufacturing)-Workflow sind bereits seit längerer Zeit in der Kieferorthopädie angekommen. Mit Einführung der Intraoralscanner und Verbreitung von verschiedenen 3-D-Druckern ist der digitale Workflow aktueller als je zuvor.

Gerade bei der Entwicklung in der Aligner-Behandlung hat die Digitalisierung eine wesentliche Rolle gespielt. Das virtuelle Set-up ermöglichte die Set-up-Planung deutlich effektiver und mit viel weniger Aufwand als bei der analogen Methode^{1,2}. Der 3-D-Druck von Modellen und das anschließende Tiefziehen der Aligner-Schienen ermöglicht die In-house-Aligner-Herstellung, was für die Patienten einen ganz großen Vorteil bringt, da die Behandlung von der Planung bis zur Herstellung komplett in der Hand des Kieferorthopäden liegt und er somit die volle Kontrolle darüber hat.

Jedoch hört die Digitalisierung bei der Aligner-Behandlung nicht auf und geht weiter in die Herstellung von individuellen kieferorthopädischen Apparaturen. Simon Graf hat die Möglichkeit der direkt in Metall gedruckten kieferorthopädischen Geräte bereits vor einigen Jahren beschrieben³. Darin wird die SLM-Technik (selective laser melting; selektives Laserschmelzen) ausführlich vorgestellt und erklärt. Dieser Schritt eröffnete komplett neue Möglichkeiten in der kieferorthopädischen Behandlung. Kieferorthopäden konnten erstmals unabhängig von großen Herstellern eigene Konstruktionen und Apparaturen einfach und kostengünstig erstellen. Der größte Vorteil liegt in der größtmöglichen Individualisierung der Apparaturen am Patienten, da jede Konstruktion für jeden einzelnen Patienten individuell erstellt wird.

In diesem Artikel werden anhand von einigen Kasuistiken die Möglichkeiten, aber auch die Grenzen der CAD/CAM- und SLM-Technik in der Kieferorthopädie aufgezeigt.



Abb. 1a bis d Digitale Planung in OnyxCeph (a), TPA in situ (b), Lingualbogen in OnyxCeph (c), Lingualbogen in situ (d).

Kasuistiken

Einfache Apparaturen

Apparaturen mit einfacher Geometrie lassen sich ohne großen Aufwand recht einfach erstellen. Geräte wie ein TPA und Lingualbogen (Abb. 1a bis d), ein festsitzender Lückenhalter (Abb. 2a bis c) oder eine klassische GNE-Apparatur (Abb. 3a und b) können mit wenig Aufwand erstellt werden.

Komplexe Apparaturen

Darüber hinaus sind auch komplexere Apparaturen möglich. Diese bestehen aus mehreren Objekten und benötigen eine präzisere Planung. Insbesondere sollten Apparaturen, die mit einer skelettalen Verankerung eingesetzt werden, mit großer Sorgfalt geplant werden. Denn bei der kleinsten

Abweichung kann es zu Ungenauigkeiten beim Einsetzen der Apparatur in situ kommen.

Bohrschablone – exakte Übertragung der Schraubenposition

Die Bohrschablone ist die Grundlage für eine exakte Übertragung der virtuellen Planung der Schraubenposition zur Insertion in situ. Die größte Herausforderung stellt die vertikale Positionsbestimmung dar. Es empfiehlt sich, die Höhe der Führung der Bohrschablone am Modell nochmal zu überprüfen. (Abb. 4a bis c)

Hybrid-GNE

Mithilfe der CAD/CAM-Technik ist die Gestaltung einer Hybrid-GNE⁴ erheblich einfacher als bei der herkömmlichen analogen Methode. Zu beachten

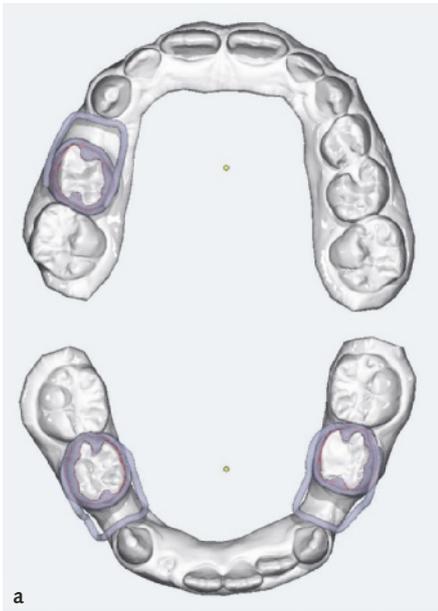


Abb. 2a bis c Digitale Planung in OnyxCeph (a), Lückenhalter auf dem Modell (b), Lückenhalter in situ (c).

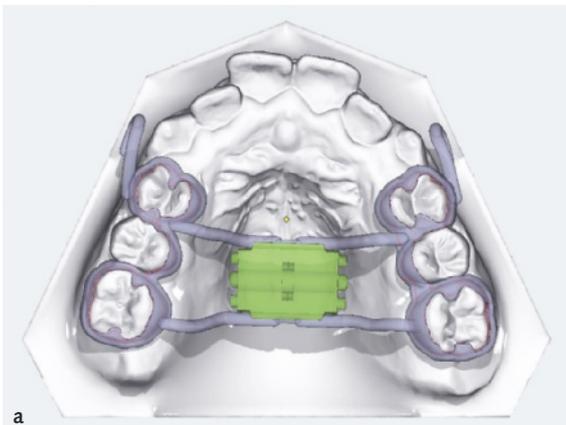


Abb. 3a und b GNE mit Delaire-Haken. Digitale Planung in OnyxCeph (a), GNE in situ (b).

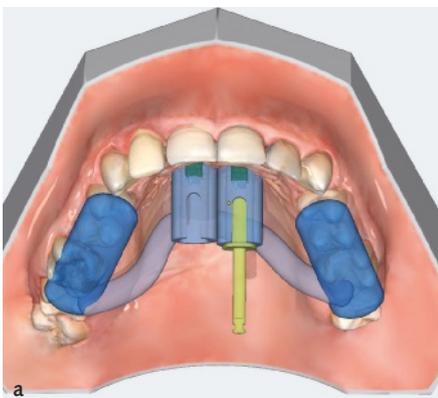


Abb. 4a bis c 3-D-gedruckte Bohrschablone. Digitale Planung (a), Passung auf Montagemodell (b), Passung in situ (c).

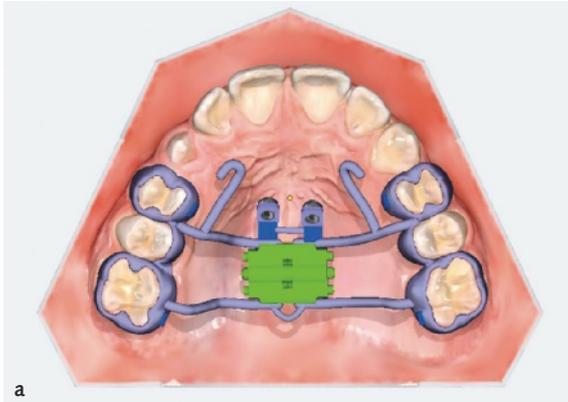


Abb. 5a und b Hybrid-GNE mit Delaire-Haken. Digitale Planung in OnyxCeph (a), Hybrid-GNE mit Delaire-Haken in situ (b)

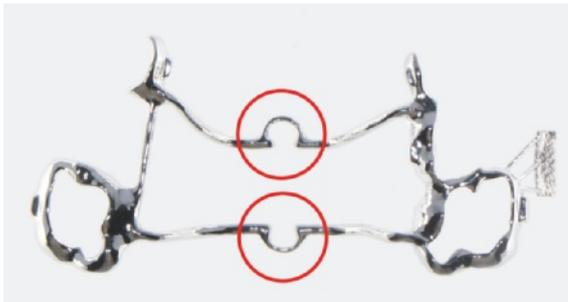


Abb. 6 GNE-Gerüst mit Verbinder.

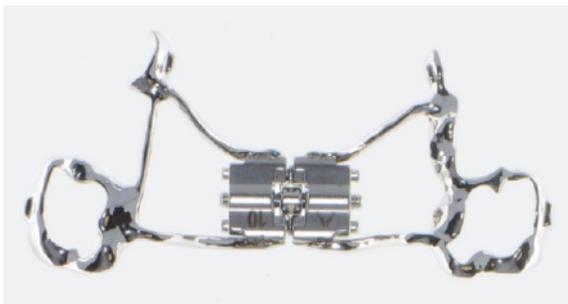


Abb. 7 GNE-Schraube geschweißt und Verbinder getrennt. (Mit freundlicher Unterstützung von Dr. Oliver Liebl).

Hier bietet die CAD/CAM-Technik noch einen weiteren Vorteil, um das Montagemodell überflüssig zu machen. Wie in der Abbildung 6 zu sehen ist, kann mit einem entsprechenden einfachen Verbinder (rote Kreise) das Gerüst in einem Stück gedruckt werden. Dieses wird nach Montage der GNE-Schraube durchtrennt (Abb. 7).

Modifizierter Beneslider

Der Beneslider⁵ zählt zu den bekanntesten Apparaturen zur Distalisierung der oberen Molaren. Ein modifizierter Slider lässt sich ebenfalls im digitalen Herstellungsverfahren unkompliziert und individuell herstellen (Abb. 8a bis c).

Herbst-Apparatur

Die Herbst-Apparatur ist zwar eine sehr beliebte Apparatur, aber nicht wenige Kieferorthopäden halten sich aufgrund der komplexen Herstellung zurück. Insbesondere muss die gegossene Herbst-Apparatur stets aufwendig durch ein externes Labor hergestellt werden, was mit erheblichen Kosten verbunden ist. Mittels CAD/CAM-Technik lässt sich eine Herbst-Apparatur unkompliziert designen und herstellen. Lediglich die einzelnen Teile wie Schrauben, Schraubenmutter und Stege müssen separat erworben werden. Die Schraubenmutter wird an das Gerüst geschweißt und die Stege montiert. So ist eine Herbst-Apparatur relativ einfach und kostengünstig im Eigenlabor herzustellen (Abb. 9a bis c).

ist die präzise Planung der Positionen der Abutments an den Schrauben, um spätere Ungenauigkeiten und damit eine Fehlpassung zu vermeiden (Abb. 5a und b).

Des Weiteren ist das Schweißen dem Lötten vorzuziehen, da mit einem Punkt- oder Laserschweißgerät deutlich grazilere und feinere Teile bearbeitet werden können. Auch ist das Modell zu berücksichtigen, was bei einem digitalen Workflow in der Regel in Kunststoff (Resin oder fused deposition modeling/FDM-Druck) gedruckt wird.



Abb. 8a bis c CAD/CAM-gefertigter Beneslider. Digitale Planung (a), SLM-gedruckte Teile (b), eingesetzt in situ (c).

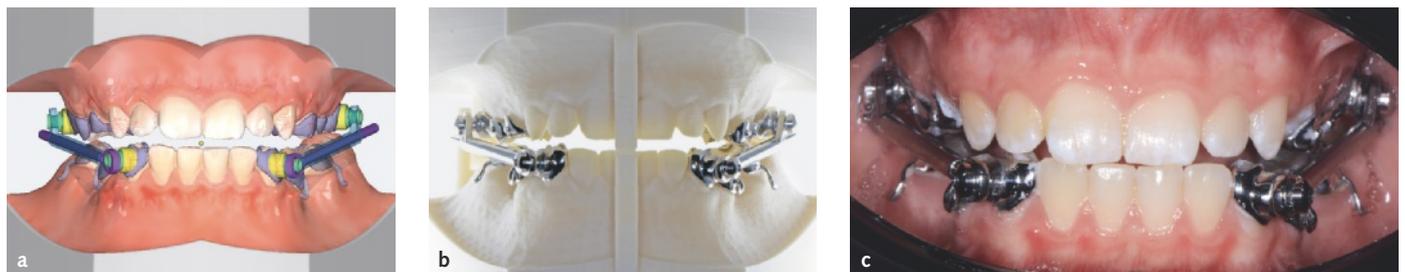


Abb. 9a bis c Herbst-Apparatur. Digitale Planung (a), Herstellung im Labor (b), Apparatur in situ (c).

Eigene Designs – individuell, einzigartig und grenzenlos

Oberkieferretainer

Der Oberkieferretainer stellt insbesondere bei Patienten mit einem tiefen Biss eine große Herausforderung dar. Die häufigsten Ursachen für Komplikationen sind Abfallen oder Beschädigung der Klebestelle⁶.

Die CAD/CAM-Technik ermöglicht die sehr präzise Gestaltung eines Oberkieferretainers ohne Klebestellen mit Kunststoff. Die Befestigung an den Zähnen erfolgt durch eine Auflagefläche, die wie ein Bracket mit Adhäsivtechnik geklebt werden kann.

Ein wichtiger Aspekt ist die korrekte Positionierung des Retainers auf den Zähnen. Dafür wurde eine Auflage auf die Inzisalkanten der Oberkieferinzisivi gestaltet, die nach dem Kleben des Retainers mittels einer Diamantfräse durgetrennt wird.

In der folgenden Kasuistik zeigte sich der Patient fünf Monate nach dem Einsetzen noch immer sehr zufrieden. Entzündungszeichen sind nicht zu erkennen. Ein weiterer positiver Aspekt ist die

Möglichkeit, die Interdentalräume mit Zahnseide reinigen zu können (Abb. 10a bis f).

Bei einem Zeitraum von fünf Monaten lässt sich sicherlich noch keine sichere Aussage über Langzeitstabilität oder -erfolg treffen. Diese sollte im Zuge einer weiteren Langzeitkontrolle überwacht werden.

MARA

Die MARA-Apparatur⁷ ist aufgrund ihres durchaus komplexen Aufbaus und trotz der guten den-toalveolär-skelettalen Wirkung – vergleichbar mit einer Herbst-Apparatur⁸ – nicht ganz so populär. Wie auch die Herbst-Apparatur bietet hier die CAD/CAM-Technik eine gute Möglichkeit, um die MARA-Apparatur selbst zu gestalten.

Dabei sind der Gestaltung keine Grenzen gesetzt (Abb. 11a bis d). Bei dem hier gezeigten, vom Autor entworfenen Design, wurde versucht, einen passiven Slot anzufertigen, um einen Bogen einligieren zu können. Das Einligieren eines Bogens und somit die simultane Behandlungsmöglichkeit (zusammen

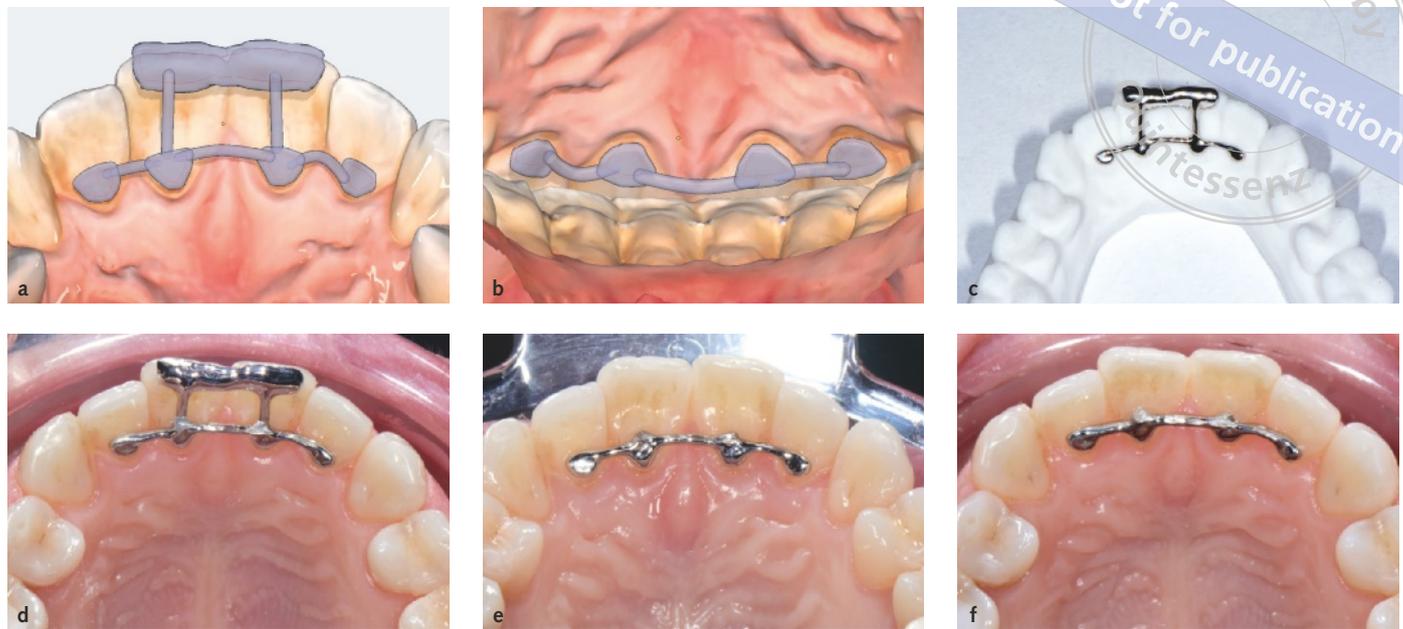


Abb. 10a bis f Digitale Planung mit inzisaler Auflage zur genauen Positionierung (a), Ansicht von hinten (b), Passung auf Modell nach SLM-Druck (c), Oberkieferretainer in situ (d), nach Durchtrennung der Auflage (e), Zustand nach fünf Monaten (f).

mit einer Multibracket-Apparatur) gehören zu den größten Vorteilen der MARA-Apparatur. Hier dient die MARA-Schiene als eine Art ‚Slot-Schloss‘, wie in Abbildungen 11a und d zu sehen ist.

Grenzen

So effizient und modern die CAD/CAM-Technologie auch sein mag, gibt es auch hier einige Nachteile.

Der erste Schritt und somit die anfängliche flache Lernkurve stellt die größte Herausforderung dar. Das Erlernen des Umgangs mit der Software und der theoretischen Kenntnisse im digitalen Workflow bedarf viel Zeit und Mühe, um sich damit auseinanderzusetzen.

Auch ist die Anschaffung der Geräte wie Intraoralscanner oder 3-D-Drucker nicht nur finanziell eine Hürde für viele Kieferorthopäden. Es kommen immer mehr Produkte auf dem Markt, sodass es gerade für den Einsteiger nicht einfach ist, sich eine Übersicht zu verschaffen. Mittlerweile werden viele Kurse zu Themen wie CAD/CAM und digitaler Workflow angeboten, die den

Einstieg um ein Vielfaches erleichtern und eine gute Übersicht geben.

Verbunden mit den Geräten, stellt die Implementation eines digitalen Workflows in der Praxis sowohl für den Behandler als auch für das Praxisteam eine große Herausforderung dar. Hier empfiehlt es sich, zunächst mit einfachen Sachen wie einem Lückenhalter oder einem TPA zu beginnen und Schritt für Schritt das Spektrum zu erweitern.

Des Weiteren ist das Material ein Vorteil, aber zugleich auch ein Nachteil. Der SLM-Druck erfolgt in der Regel mit einer Kobalt-Chrom-Legierung, welche nicht biegsam ist. Somit sind spätere Korrekturen nicht möglich.

Ein weiterer Nachteil ist die Tatsache, dass die Apparatur kaum Spiel für Ungenauigkeiten erlaubt.

Dementsprechend muss die Planung mit hoher Sorgfalt erfolgen, um spätere Ungenauigkeiten zu vermeiden. In Abbildung 12 ist die ungenaue Passung des Abutments einer Hybrid-GNE auf einer Minischraube zu sehen.

Ein weiterer aktueller Nachteil ist der SLM-Drucker. Dieser ist aufgrund der hohen Anschaffungskosten und der aktuell noch überdimensionalen Größe für eine Anschaffung im eigenen

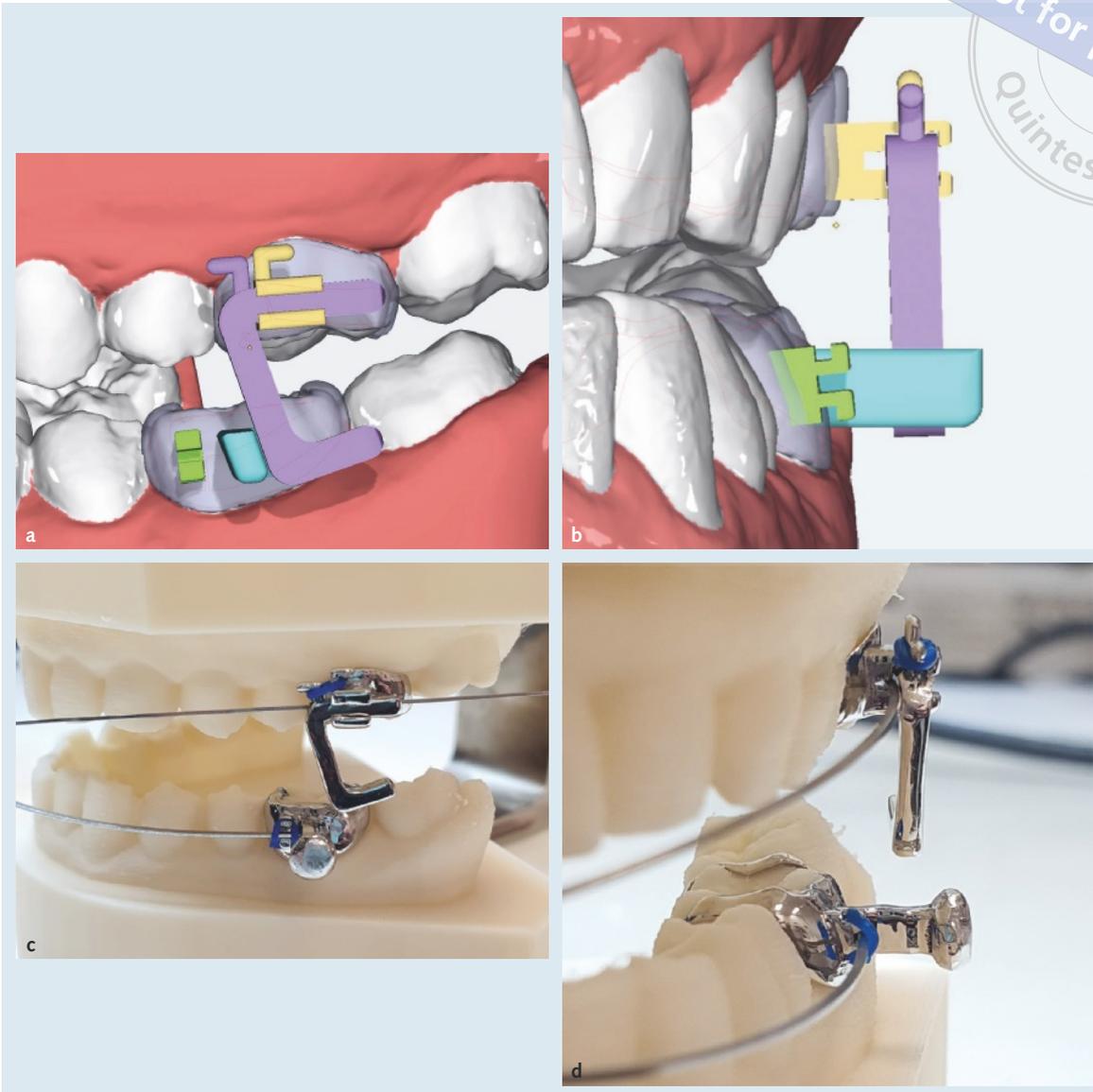


Abb. 11a bis d MARA-Apparatur in OnyxCeph. Von der Seite (a), von vorne (b), SLM-gedruckt auf Montagmodell mit je einem 0.017 x 0.025 SS-Bogen von der Seite (c), von vorne (d).

Labor nicht unbedingt geeignet. Hier ist man auf ein externes Fräs- bzw. Druckzentrum angewiesen.

Schlussfolgerung

Die CAD/CAM-Technologie eröffnet eine noch nie da gewesene Möglichkeit, kieferorthopädische Geräte selbst zu gestalten. Der Kieferorthopäde hat mit seinem Fachwissen die beste Voraussetzung, ein Gerät entsprechend dem aktuellen Wissensstand und der Biomechanik für den Patienten



Abb. 12 Ungenaue Passung des Abutments von der Hybrid-GNE auf einer Minischraube.

individuell und effizient zu gestalten. Des Weiteren ist dies ein großer Schritt in Richtung Unabhängigkeit von großen Firmen, wie bereits die In-house-Aligner-Technik eindrucksvoll gezeigt hat.

Die anfängliche Lernkurve mag mit Sicherheit sehr flach sein. Dennoch empfiehlt es sich, den Weg in die CAD/CAM-Technik in der Kieferorthopädie

zu wagen. Denn dies bietet die einmalige Gelegenheit, unser eigener Hersteller von individuellen kieferorthopädischen Apparaturen zu werden. Sehr empfehlenswert für den Anfang ist der kollegiale Austausch mit Kollegen, die bereits viel Erfahrung im CAD/CAM-Workflow gesammelt haben.

Literatur

1. Barreto MS, Fabe J, Vogel CJ, Araujo TM. Reliability of digital orthodontic setups. *Angle Orthod* 2016;86: 255–292.
2. Camardella LT, Rothier EKC, Vilella OV, Ongkosuwito EM, Breuning KH. Virtual setup: application in orthodontic practice. *J Orofac Orthop* 2016;77:409–419.
3. Graf S. Direct printed metal devices - The next level of computer-aided design and computer-aided manufacturing applications in the orthodontic care. *APOS Trends in Orthodontics*, 2017;7: 253. <https://link.gale.com/apps/doc/A516399176/AONE?u=anon~7efe408a&sid=google-scholar&xid=5fe167f2> Nov-Dec, p. 253.
4. Wilmes B, Nienkemper M, Drescher D. Application and effectiveness of a mini-implant-and tooth-borne rapid palatal expansion device: the hybrid hyrax. *World J Orthod* 2010;11:323–330.
5. Wilmes B, Drescher D. Application and effectiveness of the Beneslider: a device to move molars distally. *World J Orthod* 2010;11:331–340.
6. Kocher KE, Gebistorf MC, Pandis N, Fudalej PS, Katsaros C. Survival of maxillary and mandibular bonded retainers 10 to 15 years after orthodontic treatment: a retrospective observational study. *Prog Orthod* 2019;22:28.
7. Eckhart J, Toll DE. Ormco Corporation, assignee Appliance and method for assisting a patient in maintaining a forward-moving force on the patient's mandibular jaw. 1988. US, Patentnr. 5848891.
8. Pangrazio-Kulbersh V, Berger JL, Chermak DS, Kaczynski R, Simon ES, Haerian A. Treatment effects of the mandibular anterior repositioning appliance on patients with Class II. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;123:286–295.

Franz-Peter Schwindling

Kleine Sozialkunde für Brackets



INDIZES

Zwei-Zahnfeder-System, Basisgeometrien, statisch unbestimmte Feder, Bracketschlitzwinkel, durchlaufender Bogen, Winkelverhältnis, statisches Gleichgewicht, Kräftesystem, Abwinkelung, V-Biegung, Stufenbiegung, Federaktivierung

ZUSAMMENFASSUNG

Brackets ohne orthodontischen Bogen sind Attachments, denen das Nachbarbracket leidlich gleichgültig ist. Brackets mit einem ideal elastischen Bogen im Bracketschlitz hingegen gehen eine Gemeinschaft ein, in der sich jedes Mitglied einerseits nach der Vorgabe des Bogens orientiert und andererseits über die von ihm erzeugte Bogenverformung die Nachbarschaft beeinflusst. Der folgende Beitrag versucht, die diagnostischen und therapeutischen Implikationen der Sozialpartnerschaft in statisch unbestimmten Systemen zu erkunden.

Einleitung

Das Ensemble aus einem elastischen orthodontischen Bogen in den Schlitten zweier Brackets stellt insofern ein interessantes Arrangement dar, als dass das entstehende Kräftesystem nicht trivial ist. Das liegt daran, dass die elastizitätsbedingte Bogenverformung einerseits durch die Stellung der Brackets bedingt wird und andererseits quasi rückwirkend Einfluss auf die resultierenden Kräfte und Momente gewinnt: Der Statiker sagt dazu, es liege ein statisch unbestimmtes Kräftesystem vor. Dieses wird qualitativ bestimmt durch den Bracketschlitzwinkel der beteiligten Attachments in Bezug auf die Interbracketlinie IBL (Abb. 1).

Es ist der unbestreitbare Verdienst von Herbert Koenig und Charles Burstone¹, Licht ins Dunkel dieser im klinischen Alltag am häufigsten vorkommenden Situation gebracht zu haben, denn die am meisten verwendete Multibandapparatur ist nun einmal der in Brackets und Röhrrchen eingebundene orthodontische Bogen (Abb. 2). Statisch unbestimmte Kräftesysteme lassen sich mit einfa-

chen klinischen Hilfsmitteln wie beispielsweise Federwaage und Lineal nicht berechnen. Die dazu notwendigen Kraft-Momentenaufnehmer stehen am Patienten nicht zur Verfügung. Anhand der Literatur¹ lassen sich dennoch Regeln für die Kieferorthopädie ableiten, mit deren Hilfe sie qualitativ das in den Bracketschlitten wirkende Kräftesystem ableiten kann. Diese geometrischen Zuordnungen werden nach den Erstbeschreibern als „Basisgeometrien“ (Basic two-tooth geometries) bezeichnet.

Tabelle 1 stellt die sechs Basisgeometrien, ihre Definitionen und die sich bei einem ideal elastischen geraden Bogen entwickelnden Kräftesysteme am Zwei-Bracket-System zusammen².

Diagnostik – Analyse des Kräftesystems

Mit den Kenntnissen aus Tabelle 1 lassen sich nun die Bracket-Kräfteysteme für jedes beliebige Zwei-Bracket-System qualitativ bestimmen. Dazu hat sich folgendes Vorgehen bewährt:

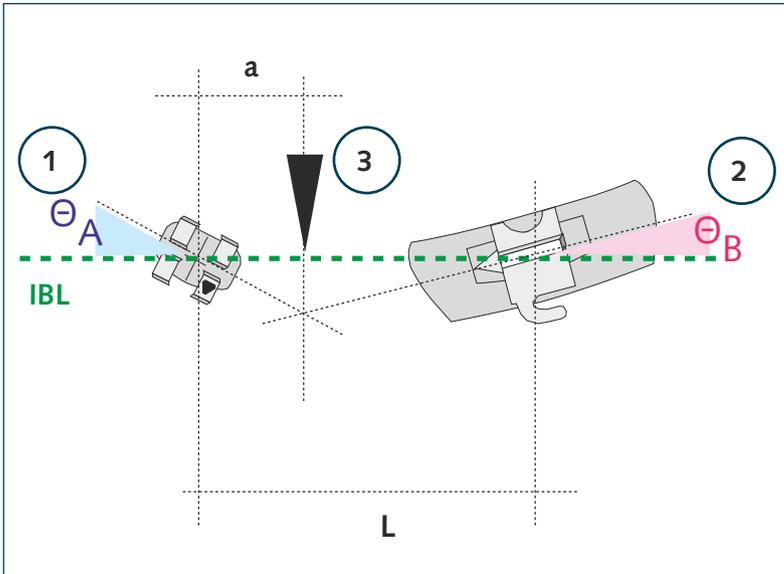


Abb. 1 Die kleinste orthodontische Einheit am durchlaufenden Bogen ist das Zwei-Bracket-System aus einem mesialen Bracket A und einem distalen Bracket B, die über einen einligierten ideal elastischen Bogen miteinander in Beziehung gesetzt werden. Für die daraus resultierenden Kräfte und Momente im Bracketschlitz sind nur zwei Größen verantwortlich: Der blaue Winkel Θ_A zwischen der Bracketschlitzlinie von A und der grünen Interbracketlinie (1) und der rote Winkel Θ_B zwischen der Bracketschlitzlinie von B und der grünen Interbracketlinie (2). Aus dieser geometrischen Situation resultiert der Schnittpunkt der Bracketschlitzlinien, der durch den schwarzen Keil an der Stelle a/L markiert ist (3). Vereinbarungsgemäß werden nach mesial geneigte Schlitz mit + und nach distal geneigte Schlitz mit - gekennzeichnet.

- Auswahl des zu untersuchenden Zwei-Bracket-Systems. Dabei wählt man nur diejenige klinische Situation aus, die die größte Fehlstellung aufweist.
- Bestimmung des Winkelverhältnisses von Θ_A/Θ_B oder – einfacher – Bestimmung des Schlitzachsenschnittpunkts der beiden Brackets.
- Auswahl der Geometrieklasse, die den zuvor bestimmten Werten am nächsten kommt.
- Zuordnung des größeren Drehmoments dem Bracket mit dem größeren Winkel.
- Vervollständigung des Kräftesystems, bis sich Kräfte und Momente zu Null addieren: Es herrscht statisches Gleichgewicht².

Abbildung 3 zeigt dieses Vorgehen am Beispiel des Zwei-Bracket-Systems in Regio 12/11 aus Abbildung 2.

Das dargestellte Kräftesystem spiegelt nur die Vorgänge im Bracket wieder. Die Reaktion des Zahns kann damit noch nicht vorhergesagt werden. Hierzu benötigt man viele weitere Faktoren, wie beispielsweise die Bestimmung des Widerstandszentrum-Kräftesystems sowie die Platz- und Friktionsanalyse, Verankerungsprognose und Vorhersage der Bewegungsgeschwindigkeit.

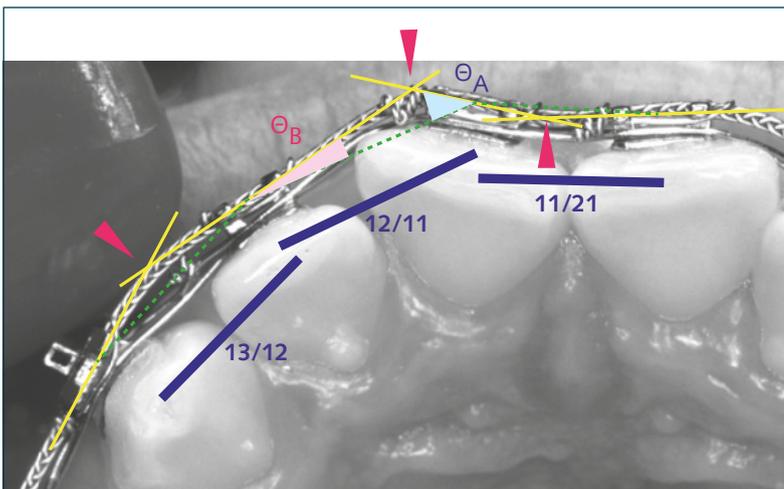


Abb. 2 Ein durchlaufender Bogen in Brackets einligiert, bildet im Abschnitt der vier Zähne 13 bis 21 drei blau markierte Zwei-Bracket-Systeme, nämlich 13/12, 12/11 und 11/21. Die roten Keile bezeichnen die Schnittpunkte der Bracketschlitzachsen. Am Beispiel des mittleren Zwei-Bracket-Systems 12/11 sind die Winkel Θ_A (hellblau, +) und Θ_B (rosa, -) der Schlitzachsen zur grünen gestrichelten Interbracketlinie eingezeichnet. Anhand des Winkelverhältnisses oder der Schnittpunktlage lässt sich das in den Brackets 12 und 11 entstehende statisch unbestimmte Kräftesystem qualitativ bestimmen.

Therapie – Aktivierung statisch unbestimmter Federn

Liest man nun Tabelle 1 von rechts nach links, so erkennt man die Möglichkeiten der therapeutischen Intervention bei statisch unbestimmten Federn. Diese sind begrenzt: Es gibt nur fünf Möglichkeiten, bei statisch unbestimmten Federn, Kräfte und Momente zu erzeugen, nämlich die Gleichgewichte B, C, D, E und F. Und selbst wenn einem keines dieser Kräftesysteme gefallen sollte – es gibt keine anderen. Damit muss sich der Arzt erst einmal abfinden (Abb. 4).

Hat man sich für eines der fünf Kräftesysteme entschieden, dann geben die Spalten drei und vier in Tabelle 1 die beiden therapeutischen Möglichkeiten vor, die im Folgenden dargestellt werden.

Tab. 1 Die sechs Basisgeometrien im Überblick. In der ersten Spalte findet sich die Geometrieklasse, also der Name der Basisgeometrie. Die zweite Spalte definiert grafisch diese Geometrieklasse. Gleichzeitig ist der Schnittpunkt der Bracketschlitzachsen als Verhältnis a/L der Schnittpunktlage a zur Interbracketdistanz L eingezeichnet. In der dritten Spalte findet man den Winkelquotienten aus Θ_A und Θ_B , also lediglich die mathematische Kurzform der Definition aus Spalte zwei. Die vierte Spalte hebt noch einmal die Schlitzachsen-Schnittpunktlage hervor. In der fünften Spalte ist dann das Kräftesystem dargestellt, dass sich im Bracket bildet, wenn ein gerader ideal elastischer Bogen in die Brackets einligiert wird. Es stellt sich dabei automatisch immer ein statisches Gleichgewicht ein, dessen Bezeichnung in der sechsten Spalte steht. Nähere Erläuterungen dazu finden sich im letzten Beitrag der Reihe „Biomechanik“².

Geometrieklasse	Winkeldefinition (grafisch)	Winkelquotient Θ_A/Θ_B	Schnittpunktlage a/L	Kräfteystem im Bracket	Gleichgewichtstyp ²
I	$\nabla a/L = \pm \infty$ 0 	+ 1	$\pm \infty$		C
II	$\nabla a/L$ liegt außerhalb der Interbracketdistanz $a/L =$ 	+ 0,5	n.d.		D
III	$a/L = 1$ 	± 0	1		D
IV	$a/L = 0,67$ 	- 0,5	0,67		E
V	$a/L = 0,6$ 	- 0,75	0,6		F
VI	$a/L = 0,5$ 	- 1	0,5		B

n.d. = nicht definiert

Variante 1

Die Aktivierung einer passiven Zwei-Zahn-Feder erfolgt an den Enden knapp mesial und distal der Brackets durch Abwinkelung entsprechend des Winkelverhältnisses Θ_A/Θ_B der gewählten Geo-

metrieklasse (Abb. 5). Dies ist bei isolierten Federmodulen (Aufrichtefedern, Lingualbögen) die Methode der Wahl. Zugleich erreicht man durch die Nähe zum Einspannpunkt des Brackets das effektivste Kräftesystem.

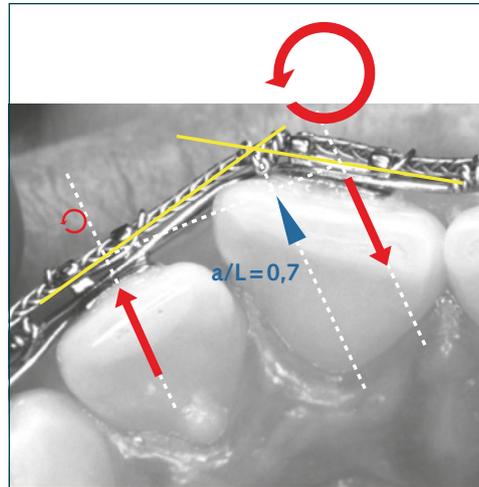


Abb. 3 Ergebnis der Geometrieanalyse mithilfe von Tabelle 1 anhand des Zwei-Bracket-Systems in Regio 12/11. Nach Bestimmung des Winkelverhältnisses $\Theta_A/\Theta_B = 13^\circ/30^\circ = 0,43$ und der Schnittpunktlage $a/L = 0,7$ sucht man sich in Abbildung 2 die Zeile aus, die diesen Werten am nächsten kommen: Das ist die Zeile mit der Geometrieklasse IV, wobei die Werte tendenziell etwas in Richtung Geometrieklasse III gehen. Daher kann man mit dem oben abgebildeten roten Kräftesystem in den Brackets von Zahn 12 und 11 rechnen. Klinisch wird man lediglich die Rotation von Zahn 11 erwarten können. Durch die topologische Bindung von Zahn 12 an 13 wird der seitliche Schneidezahn keine Bewegung eingehen und der mittlere Schneidezahn 11 lediglich eine Drehung um seinen mesialen Kontaktpunkt nach distal-innen erfahren.

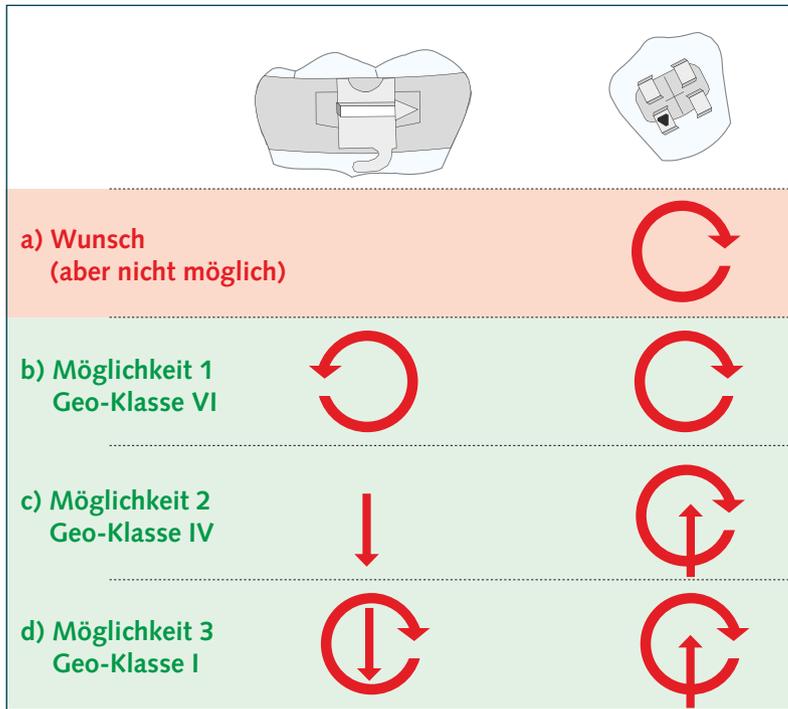


Abb. 4 Darstellung von drei der fünf Möglichkeiten, wenn ein distoanguliertes Prämolarenbracket mit einem Drehmoment im Sinne eines Tip-forward-Moments aufgerichtet werden soll, ohne dass am Molaren als Verankerungszahn eine Nebenwirkung entstehen soll (Wunsch in Zeile a, rot unterlegt). Nach Addition des Wunschkräftesystems zu Null wird rasch deutlich, dass dieses nur eine Illusion ist, die nicht verwirklicht werden kann, weil die Summe der Kräfte und Momente in Zeile a) ungleich Null ist. Dagegen sind die real existierenden Möglichkeiten ziemlich beschränkt. Man könnte sich für die Geometrieklasse VI entscheiden (Zeile b): Dann quält man das Molarenbracket mit einem Tip-back-Moment. Man könnte auch die Klasse IV wählen (Zeile c): Dann extrudiert das Prämolarenbracket und das Molarenbracket fühlt eine intrusive Kraft. Oder man wählt die Geometrieklasse I (Zeile d): Dann erhält das Molarenbracket ein Tip-forward-Moment mit Intrusionskraft, während sich das Prämolarenbracket ebenfalls aufrichtet, aber extrudiert.

Variante 2

Die Aktivierung eines passiven durchlaufenden Bogens erfolgt durch Einbringen von Stufen- oder V-Biegungen; dies ist das Mittel der Wahl bei durchlaufenden Finishing-Bögen, die man im Mund (im Interdentalraum) aktiviert (Abb. 6).

Zusammenfassung

Die Kenntnisse der Basisgeometrien sind der Schlüssel zum Verständnis der bei durchlaufenden Bögen und allen anderen statisch unbestimmten Federn auftretenden Kräftesysteme. Dabei spielt die Wahl des Bogenmaterials oder deren Durchmesser keine Rolle. Durch Analyse der Bracketwinkel und/oder der Schlitzschnittpunkte lässt sich das Kräftesystem qualitativ bestimmen. Und durch Anwendung derselben Kenntnisse lassen sich im Umkehrschluss die statisch unbestimmten Federn aktivieren – entweder durch V-Biegungen, Stufenbiegungen oder durch endständige Abwinkelung. Das technische Vorgehen bei der Herstellung solch einer Zwei-Zahn-Feder soll der Inhalt einer der nächsten Folgen der Reihe „Biomechanik“ sein.

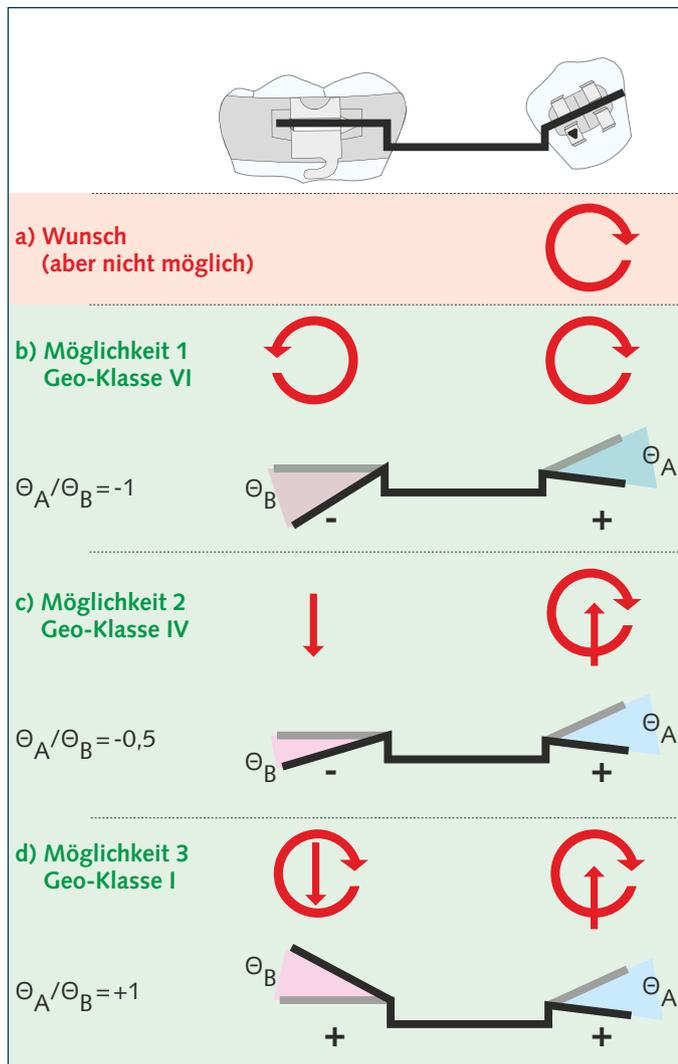


Abb. 5 Therapeutische Umsetzung der drei in Abbildung 4 dargestellten Möglichkeiten durch endständige Aktivierung direkt mesial bzw. distal des Brackets. Bei Verwendung einer Zwei-Zahn-Feder winkelt man deren Enden – ausgehend von der passiven Form – so ab, wie die Geometrie definiert ist, deren Kräftesystem man erreichen will. Die Werte dazu entnimmt man der dritten Spalte der Tabelle 1. Das bedeutet im Fall der Zeile b: Abwinkelung um den gleichen Betrag in entgegengesetzter Drehrichtung, also am Prämolarenbracket in positiver Drehrichtung (+) und am Molarenattachment in negativer Drehrichtung (-). Im Fall der Zeile c heißt das: Abwinkelung am Prämolarenbracket in positiver Drehrichtung (+) um einen bestimmten Betrag und am Molarenattachment in negativer Drehrichtung (-) um die Hälfte des Betrags. Und im Fall der Zeile d: Abwinkelung um den gleichen Betrag in gleicher Drehrichtung, also am Prämolarenbracket in positiver Drehrichtung (+) und am Molarenattachment ebenfalls in positiver Drehrichtung (+).

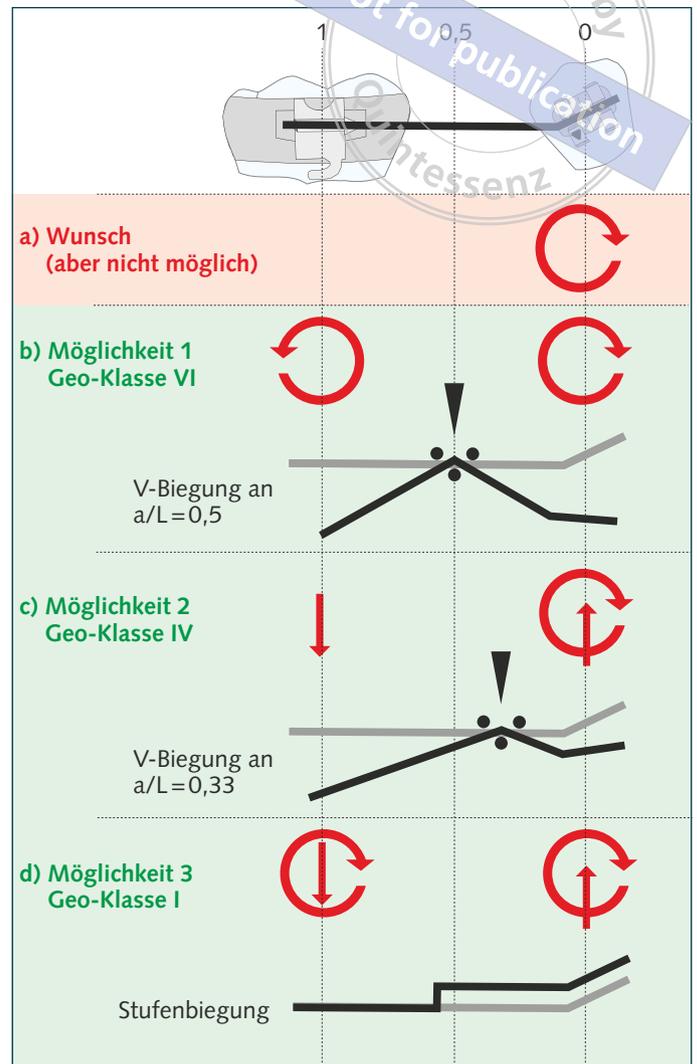


Abb. 6 Therapeutische Umsetzung der drei in Abbildung 4 dargestellten Möglichkeiten unter Verwendung von V- und Stufenbiegungen. Bei der Aktivierung eines durchlaufenden Bogens im Mund setzt man die V-Biegung an die Stelle, an der sich die Bracketschlitzachsen derjenigen Geometrie schneiden, deren Kräftesystem man erreichen will. Die Werte entnimmt man der vierten Spalte der Tabelle 1. Das bedeutet im Fall der Zeile b: Positionierung der Drei-Fingerzange an die Stelle $a/L = 0,5$. Im Fall der Zeile c heißt das: Positionierung der Drei-Fingerzange an die Stelle $a/L = 0,33$. Und im Fall der Zeile d: Verwendung einer Stufenbiegung an einer beliebigen Stelle im Interdentalraum.

Literatur

1. Burstone CJ, Koenig HA. Force systems from an ideal arch. Am J Orthod 1974;65: 270–289.
2. Schwindling FP. Statisches Gleichgewicht in der Kieferorthopädie. Kieferorthop 2021;35:401–408.



Dr. med. dent. Björn Ludwig

Björn Ludwig führt zusammen mit Dr. Bettina Glasl eine kieferorthopädische Privatpraxis in Traben-Trarbach, Deutschland. Dort gründete er auch das Fortbildungszentrum *Orthodontics meets Wine*. Er ist Lehrbeauftragter an der Klinik für Kieferorthopädie der Universität Homburg/Saar. Seine Forschungsschwerpunkte sind die skelettale Verankerung und 3-D-Technologien. Dr. Björn Ludwig hat mehr als 200 begutachtete klinische und wissenschaftliche Artikel veröffentlicht und ist Herausgeber mehrerer Bücher. Er ist verantwortlicher Schriftleiter der Zeitschrift *Kieferorthopädie* und Mitherausgeber des *Journal of Clinical Orthodontics*.



Dr. med. dent. Jens J. Bock

Jens J. Bock ist als Kieferorthopäde in einer Gemeinschaftspraxis mit seiner Frau in Fulda niedergelassen. Er ist Verfasser und Mitherausgeber mehrerer Fachbücher im Bereich Diagnostik und klinische Kieferorthopädie. Dr. Jens J. Bock ist Co-Schriftleiter der *Kieferorthopädie* und hat im Bereich moderne Bildgebung und digitale Verfahren national und international vielfach publiziert.

ISBN: 978-3-86867-658-7



www.quintessence-publishing.com