

Hybride Kieferorthopädie

Dr. Aladin Sabbagh, Erlangen
Dr. Hisham Sabbagh, München

Strategien zur Überwindung von Limitationen in der kieferorthopädischen Behandlung mit Alignern

Einleitung

Seit 1945 H.D. Kesling erstmals ein Konzept zur Korrektur von Zahnfehlstellungen mit durchsichtigen, herausnehmbaren Apparaturen (tooth positioner) vorstellte,¹ haben zahlreiche wesentliche Weiterentwicklungen dieser Apparaturengruppe dazu geführt, dass die Behandlung mit Alignern heute einen festen Stellenwert in der Kieferorthopädie hat.

Während manuelle Zahnbewegungen im Aligner-Setup am Gipsmodell kaum präzise umgesetzt werden können² und die konventionelle Fertigung einen aufwendigen Laborprozess erfordert, konnte durch die Einführung computergestützter Planungs- und Fertigungssysteme eine erhebliche Steigerung der Effizienz und Vorhersagbarkeit erreicht werden.³

Durch die Einführung von Attachments, Hilfsmitteln wie intra- und intermaxillären Gummizügen und neuen Alignermaterialien konnte das Indikationsspektrum deutlich erweitert werden.⁴ Während die Behandlungsindikationen sich früher vorwiegend auf einfache Zahnfehlstellungen mit Lücken- oder Engständen begrenzten, ist heute die Behandlung moderater und komplexer Zahnfehlstellungen einschließlich Extraktionsfällen mit Einschränkungen möglich.⁵⁻⁸ Die Programmierung eines sogenannten Stagings, eines stufenweise definierten Bewegungsablaufs von Einzelzähnen oder Zahngruppen, kann zudem die Kontrolle der Verankerung verbessern und anspruchsvolle Zahnbewegungen wie beispielsweise die Molarendistalisation und die Intrusion von Front- sowie Eckzähnen ermöglichen.⁹

Trotz aller Weiterentwicklungen bestehen weiterhin Limitationen in der Behandlung mit Alignern, die in den zugrundeliegenden physikalischen Eigenschaften begründet liegen. Aligner sind elastische Apparaturen, die Kräfte vorwiegend durch ihr Deformationsverhalten auf Flächen applizieren. Auch wenn die Kraftapplikation durch Anwendung von Attachments,

Druckpunkten, Druckflächen und den Einsatz externer Kraftquellen verbessert werden kann, ist die Bestimmung und Kontrolle der Kraft-/Drehmomentsysteme nach heutigem Stand der Technik - im Gegensatz zu statisch determinierten Federn - klinisch nicht möglich. Nach wissenschaftlichen Erkenntnissen ist die Vorhersagbarkeit folgender Zahnbewegungen mit Alignern eingeschränkt.¹⁰⁻²⁰

- Derotation von Eckzähnen und Prämolaren
- Körperliche Zahnbewegungen
- Wurzelbewegungen
- Extrusion
- Mesialisation von Molaren
- Feineinstellung der statischen und dynamischen Okklusion

Weiterhin kann die kieferorthopädische Behandlung mit Alignern in Fällen mit umfangreichen und komplexen Zahnbewegungen ineffizient sein und eine lange Behandlungsdauer zur Folge haben. Auch bei Vorliegen funktioneller Beschwerden oder skelettaler Dysgnathien ist die Behandlung mit Alignern ohne zusätzliche Behandlungsmittel und -techniken limitiert.

Ein Ansatz zur Überwindung dieser Einschränkungen besteht in der Kombination von Alignern und Hilfsmitteln wie Brackets, Mini-Implantaten, GNE-Apparaturen, festsitzenden Klasse-II Mechaniken (SARA®) und gnathologischen Positionern bzw. in der interdisziplinären Behandlung.

In diesem Artikel sollen anhand von Fallbeispielen einige Anwendungsmöglichkeiten dieser sogenannten Hybrid-Technik dargestellt werden. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Darstellung der wesentlichen Überlegungen und Behandlungsschritte.

Fall 1

Limitation:

Skelettale Dysgnathie (sagittal, transversal, vertikal)

Behandlungsansatz:

Hybrid-Behandlung mit Apparatur zur transversalen Erweiterung des Oberkiefers und interdisziplinäre Behandlung mit kieferchirurgischen Eingriffen

Bei einem erwachsenen Patienten (18J 7M) bestand all-gemeinanamnestisch ein Immundefekt und eine therape-assoziierte Zahnentwicklungsstörung mit Schmelz-hypomineralisation und Nichtanlagen der Zähne 13, 15, 25, 35, 45 sowie vorzeitigem Entwicklungsabschluss der Wurzeln der angelegten Zähne. Hauptbefundlich lagen ein transversal schmaler, individuell retrognather und anteinklinierter Oberkiefer sowie eine prognathe Mandibula vor (Abb. 1).

Der Einsatz einer Multibracketapparatur wurde auf-grund der bestehenden Schmelzhypomineralisation und der reduzierten Wurzellänge ausgeschlossen. Aligner ermöglichen in diesem Zusammenhang eine kontrollierte Planung der Zahnbewegungen, während dies bei Anwendung festsitzender Straight-wire-Appa-raturen insbesondere in der Nivellierungsphase nicht gewährleistet werden kann.

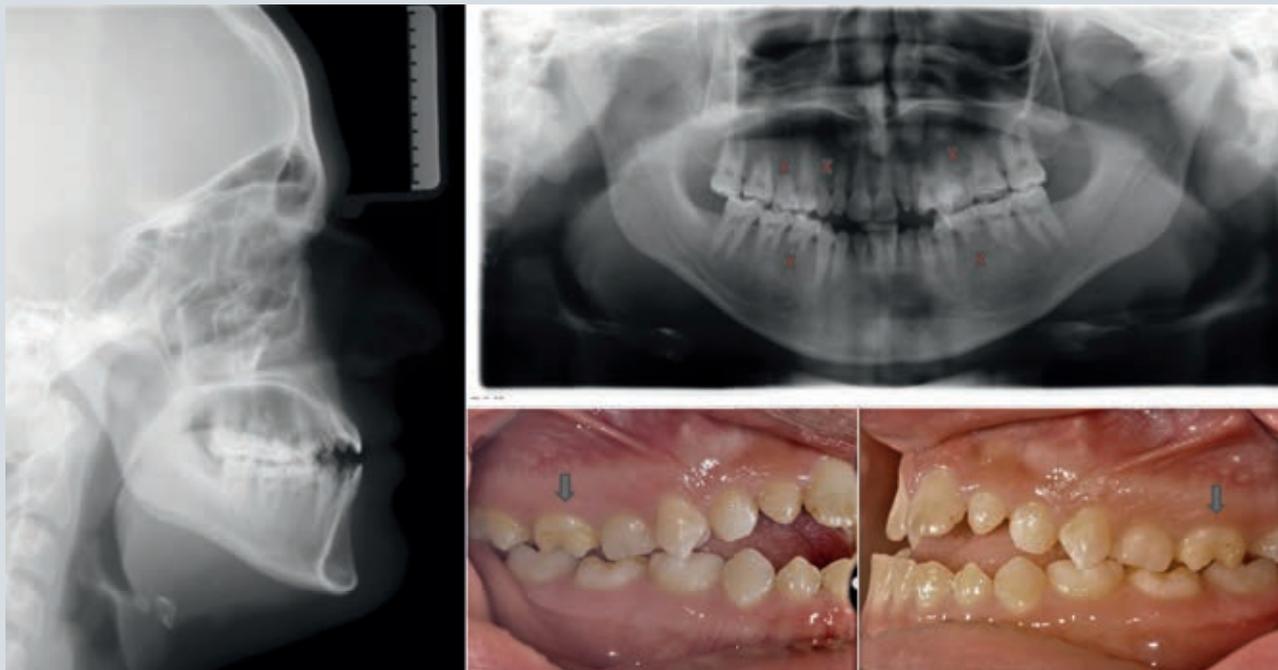
Zur Behandlung wurde die Indikation für einen kom-biniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Ansatz gestellt. Die transversale Erweiterung wurde aufgrund der unzureichenden dentalen Verankerungsmöglich-keit (Schmelzhypoplasie und reduzierte Wurzellängen) mit einer skelettal verankerten Apparatur chirurgisch unterstützt durchgeführt (Abb. 2). Die rein skelettale Verankerung ermöglicht die Retention der transversalen Dimension, während die kieferorthopädische Zahnbewegung bereits nach 10 Wochen parallel ge-plant und begonnen werden konnte (Abb. 3). Die prä-operative Ausformung erfolgte mit einer Serie von 28 Alignern in 9 Monaten. Nach Abschluss der Vorbehand-lung wurde zur Anbringung chirurgischer Ligaturen eine Hook-Schiene befestigt (Abb. 4). Die kieferchirurgische Korrektur der skelettalen Dysgnathie erfolgte durch eine bignathe Umstellungsosteotomie: Oberkie-fervorverlagerung mit Rotation zur Mitte und Impakti-

Abb. 2



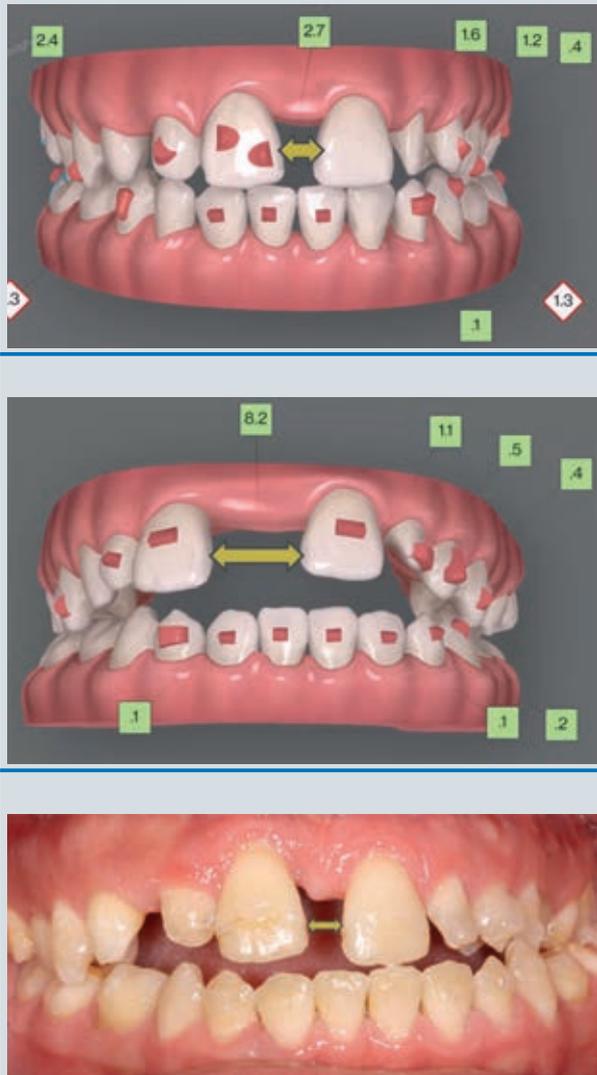
Intraorale Aufsichtsaufnahme des Oberkiefers nach chirurgisch unterstützter transversaler Erweiterung mit skelettal verankerter Apparatur

Abb. 1



Anfangsdiagnostik - Fernröntgenseitenbild, Panoramaschichtaufnahme, intraorale Aufnahmen rechts und links

Abb. 3



Digitale Planung der Alignerbehandlung 10 Wochen nach der transversalen Erweiterung. Der körperliche Lückenschluss des Diastemas von 8,0 mm auf 3,5 mm wird von der Planungssoftware als schwierige Zahnbewegung eingestuft (schwarze Punkte 11, 21).

Abb. 5



Postoperative Zwischendiagnostik – Fernröntgenseitenbild und Panoramaschichtaufnahme

on im posterioren Bereich zum Schließen des offenen Bisses und Unterkiefernückverlagerung mit Rotation zur Mitte) (Abb. 5). Die Rückverlagerung des Unterkiefers wurde dabei stark begrenzt, um eine effektive Verkleinerung des Mund- und Zungenraumes zu vermeiden und somit die Atemwege nicht einzuschränken und das Entstehen eines Doppelkinnes durch überschüssiges Weichgewebe zu verhindern. 6 Wochen nach der Umstellungsosteotomie wurden die Hook-Schienen entfernt und ein neuer Scan für die Refinementsphase angefertigt. Die kieferorthopädische Nachbehandlung erfolgte mit einer Serie von 19 Alignern und intermaxillären Klasse-III-Gummizügen (3/16, 3.5 OZ) (Abb. 6). Bei der Planung der Refinementphase wurde das Lückenmanagement mit dem behandelnden Zahnarzt abgestimmt. Die Versorgung im Bereich der nicht angelegten Zähne erfolgte durch fünf zahnärztliche Implantate sowie plastisch-ästhetische Aufbauten Regio 12, 22 (Abb. 7,8).

Abb. 4



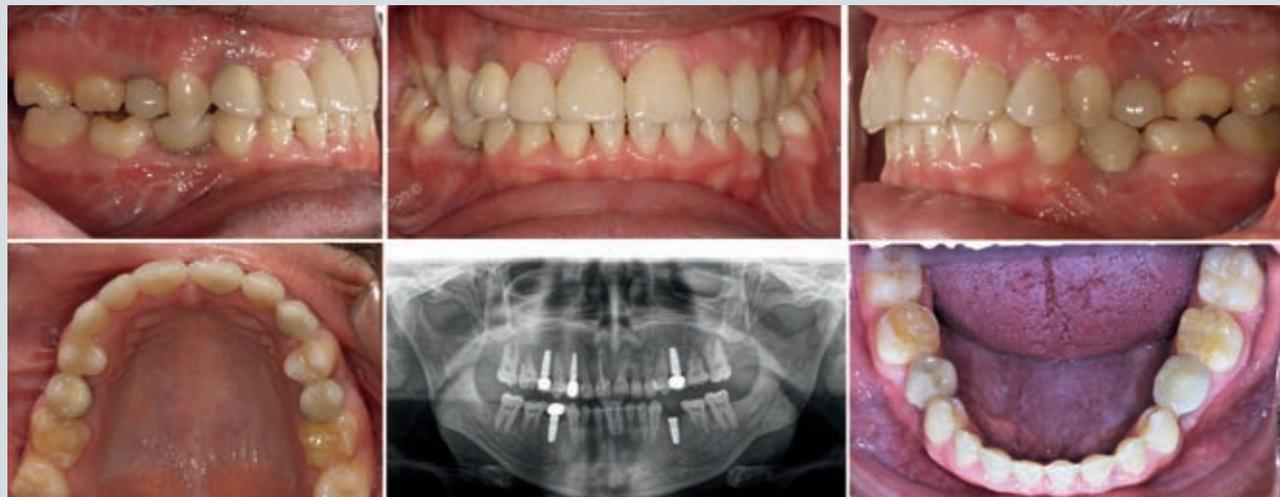
Extra- und intraorale Aufnahmen der Hook-Schiene zur intermaxillären Befestigung im Rahmen der Umstellungsosteotomie

Abb. 6



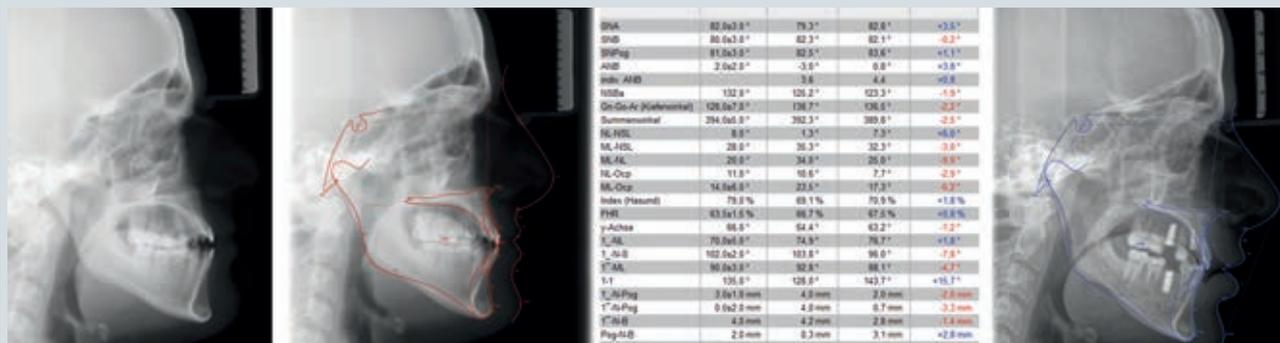
Digitale Behandlungsplanung und postoperative Nachbehandlung mit Alignern

Abb. 7



Behandlungsabschluss nach konservierend/prothetischer Versorgung und Retention

Abb. 8



Gegenüberstellung des Behandlungsergebnisses

Fall 2

Limitation:

Transversale Dysgnathie, körperlicher Lückenschluss

Behandlungsansatz:

Hybride Behandlung mit Apparatur zur transversalen Erweiterung des Oberkiefers, kieferorthopädischer Hemi-Schiene und interdisziplinärer Behandlung mit kieferchirurgischen Eingriffen

Abb. 9



Anfangsdiagnostik - Fernröntgenseitenbild, Panoramaschichtaufnahme, intraorale und extraorale Aufnahmen

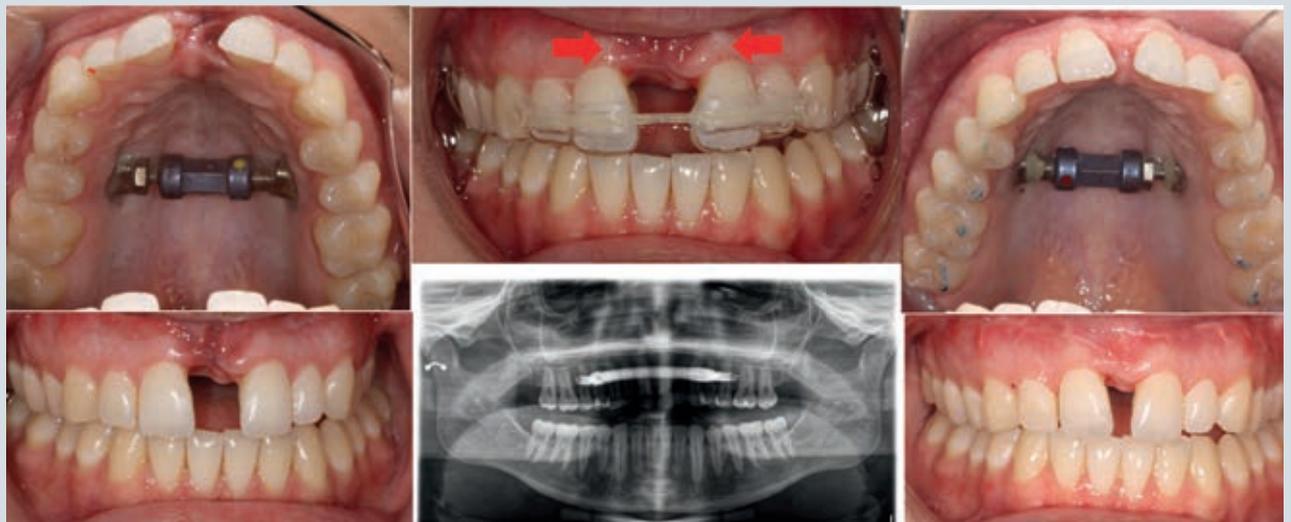
Eine 26-jährige Patientin suchte aufgrund funktioneller Beschwerden die kieferorthopädische Behandlung auf. Hauptbefundlich lag ein transversal schmaler Oberkiefer mit unilateralem Kreuzbiss und mandibulärer Mittenabweichung (laterale Zwangslage /Laterookklusion) vor (Abb. 9).

Nach einer funktionellen Vorbehandlung mit einer hydrostatischen Schiene (Aquasplint) erfolgte eine chirurgisch unterstützte transversale Erweiterung des Oberkiefers mit einer skelettal verankerten Apparatur. Die Korrektur der transversalen Dysgnathie im Oberkiefer und die funktionelle Behandlung führten zu einem Ausgleich der mandibulären Mittenabweichung (Abb. 10).

Nach 6 Wochen wurde eine Hemi-Schiene (zwei Aligner-Halbschienen; Copyplast 1,0 mm Folienstärke) mit integrierten Buttons Regio 13, 23 und Führungsschiene für intramaxillären Gummizug (3.5 Oz, 1/8) eingesetzt. Innerhalb von 12 Wochen konnte ein körperlichen Lückenschluss von 4 mm mit nur einer Schiene durchgeführt werden (Abb. 10). Anschließend erfolgte die Weiterbehandlung mit einer Serie von 14 Alignern für den Restlückenschluss und das Finishing (Abb. 11).

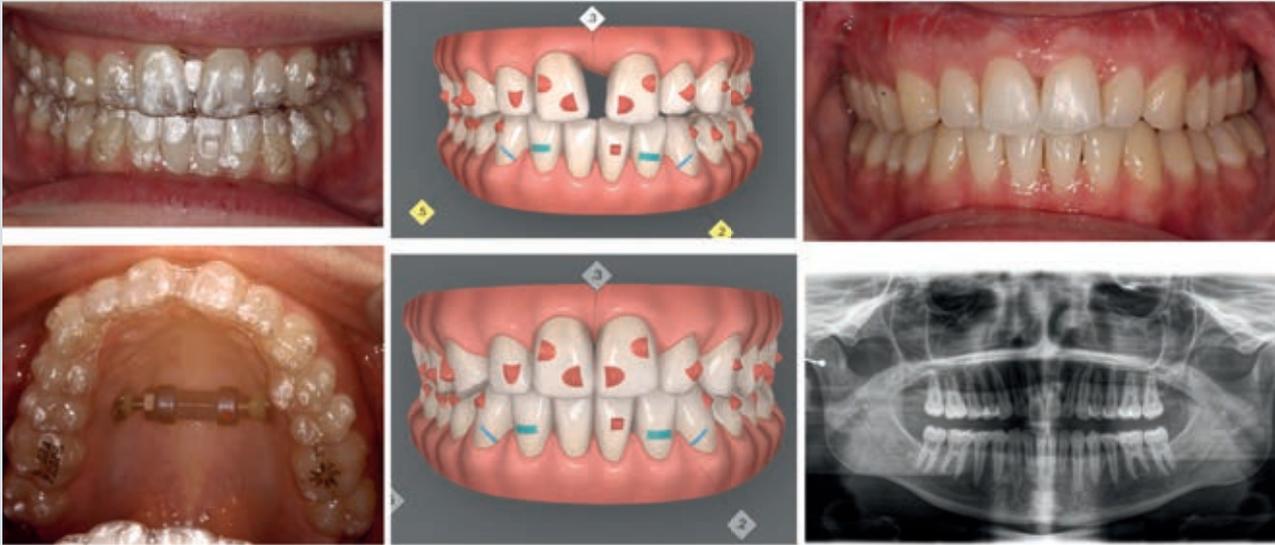
Durch Anwendung der Hemi-Schiene konnten die Anzahl der Aligner und somit die Behandlungsdauer und die Kosten erheblich reduziert werden (Invisalign Lite statt Comprehensive).

Abb. 10



Transversale Erweiterung mit skelettal verankerter Apparatur und körperlicher Lückenschluss von 4,0 mm mit einer Hemischiene und intramaxillärem Gummizug

Abb. 11



Digitale Planung und Nachbehandlung mit Alignern während fortwährender transversaler Retention

Fall 3

Limitation:

Intrusionsbewegungen

Behandlungsansatz:

Hybride Behandlung mit Schienentherapie (Aqua-Splint®) und unter Anwendung von Mini-Implantaten.

Bei einer 47-jährigen Patientin mit CMD lag ein zirkulär offener Biss mit viszeralem Schluckmuster, frontalem Zungenpressen und einer Klasse-II-Okklusion vor (Abb. 12). Im Vordergrund der Behandlung standen für die Patientin die Schmerzlinderung und eine nachhaltige okklusale Rehabilitation.

Abb. 12



Anfangsbefund – Intraorale Aufnahmen und zentrisch montierte Kiefermodelle

Die Vorbehandlung erfolgte mit einer AquaSplint® und begleitender myofunktioneller Therapie (Physiotherapie, Logopädie). Die verwendete AquaSplint® Mini mit einer geringen vertikalen Sperrung (1,2 mm) eignet sich insbesondere bei offenem Biss, während die Standardhöhe des AquaSplint® Thermo mit 3 mm eher in Fällen mit tiefen Biss angewendet werden kann (Abb. 13). Die Tragedauer des AquaSplint® Mini betrug 10 Stunden täglich für die Dauer von 4 Wochen.²¹

Abb. 13

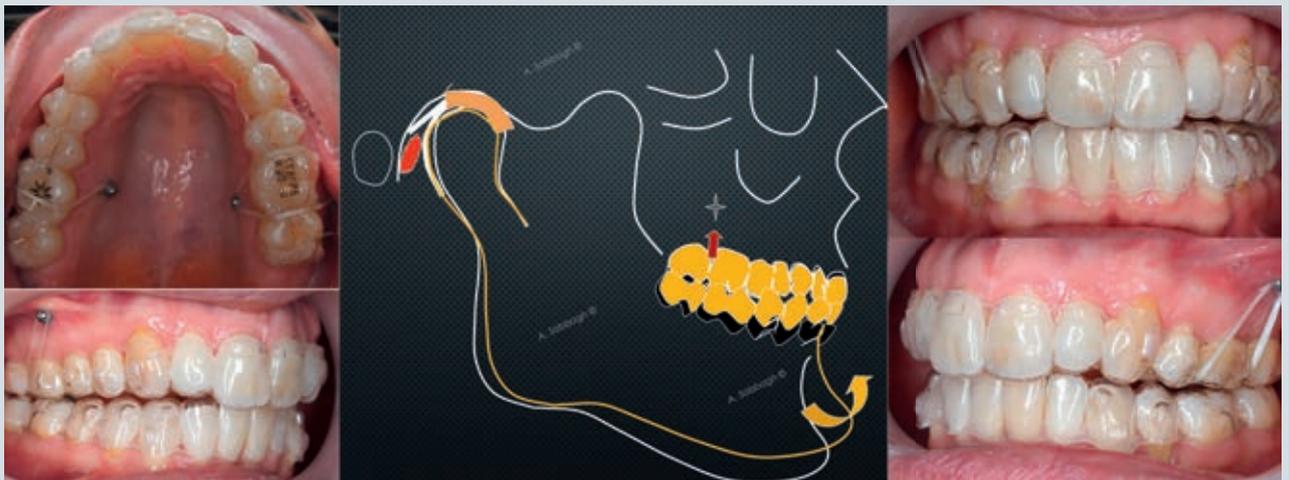


Hydrostatische Schienen AquaSplint® mini (1.2 mm Höhe) und AquaSplint® thermo (3.0 mm Höhe)

Anschließend wurden zur kieferorthopädischen Behandlung vier Mini-Implantate interradikulär im Oberkiefer inseriert, beidseits im Molarenbereich jeweils palatinal und bukkal (Abb. 14). Zur Intrusion wurden in den ersten 6 Wochen mit leichten Gummizügen (3.5 Oz, 3/16) begonnen und anschließend stärkere Gummizüge (6.5 Oz, 3/16) eingesetzt. Die Gummizüge wurden dabei während der gesamten Behandlungsdauer von 9 Monaten für 20 Stunden täglich über den Oberkiefer-Aligner von bukkal nach palatinal gespannt.

Während der Behandlung mit einer Serie von 22 Alignern ermöglichte die Intrusion der Molaren eine anteriore Rotation des Unterkiefers und die Schließung des offenen Bisses (Abb. 14). Die Patientin wurde angewiesen die Gummizüge mehrmals am Tag, alle 8 Stunden bzw. nach den Mahlzeiten zu wechseln. Aufgrund des ausgeprägten Rezidivpotentials der Molarenintrusion

Abb. 14



Molarenintrusion mit Alignern mithilfe skelettaler Verankerung und intramaxillären Gummizügen zum Schluss des offenen Bisses durch anteriore Rotation des Unterkiefers

Abb. 15



Intraorale Aufnahmen der Retentionsphase mit Tads

von 10-30%,²² wurde eine Überkorrektur von 1 mm in der Vertikalen durchgeführt und die Mini-Implantate auch während der Retentionsphase von einem Jahr belassen. Während dieser Retentionsphase trug die Patientin nachts eine thermoplastische Retentionschiene (1,0 mm Copyplast) und Gummizüge (3.5 Oz, 3/16) (Abb. 15). Die logopädischen Zungenübungen sollten dauerhaft 1-2 mal pro Woche fortgesetzt werden, um einen Rückfall der Zungenmotorik in alte Bewegungsmuster zu verhindern. Bei Abschluss der Retentionsphase zeigten sich stabile okklusale Verhältnisse mit regelrechter vertikaler Frontzahnstufe (Abb. 16).

Fall 4

Limitation:

Wurzelbewegung

Behandlungsansatz:

Alignerbehandlung mit Torque-Trigger-Point-Attachment

Eine 21-jährige Patientin wurde 6 Jahre nach Abschluss einer KFO-Behandlung aufgrund von Rezessionen und Zahnbewegungen durch ihren Zahnarzt bzw. Parodontologen zur Zweitbehandlung überwiesen. Zur Retention der UK-Frontzähne war ein 0.016“ Twistflex-Retainer eingegliedert worden, daher passte das klinische Bild zu einem X-Effekt²³⁻²⁷ (Abb. 17).

Abb. 16



Diagnostik der Retentionsphase mit Tad's, vor Behandlungsabschluss – Panoramaschichtaufnahme und Fernröntgenseitenbild

Abb. 17

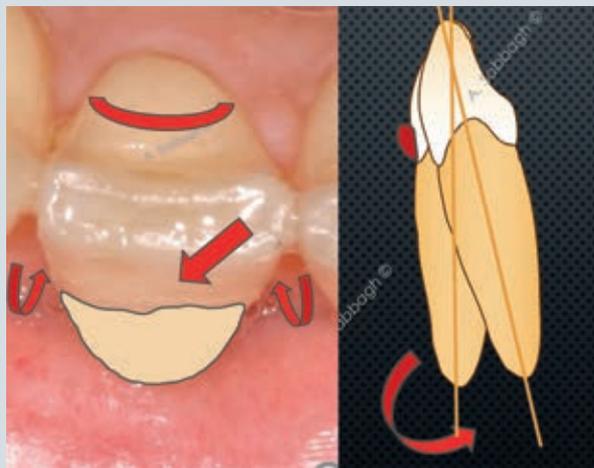


Anfangsbefund – Intraorale Aufnahmen und Panoramaschichtaufnahme

Da diese Komplikation insbesondere in Zusammenhang mit Twistflex-Retainern beschrieben sind, werden diese seit mehreren Jahrzehnten nicht in unserer Praxis eingesetzt. Zur nachhaltigen Behandlung von Gingivarezessionen müssen die Wurzeln ausreichend weit in den Alveolarfortsatz zurück bewegt werden, um eine spannungsfreie, stabile Deckung durch ein freies Schleimhauttransplantat zu ermöglichen. Das für Wurzelbewegungen nötige Drehmoment wird durch Aligner häufig nicht in einem akzeptablen Zeit- und Kostenrahmen erreicht, sodass der tatsächliche Behandlungsaufwand

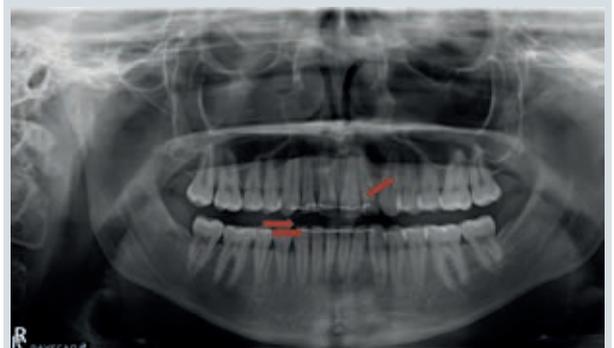
die virtuelle Simulation übersteigt. Wurzelbewegungen mit Alignern können entweder mit Druckpunkten oder Druckflächen³ oder mit dem hier vorgestellten Torque-Trigger-Point / TTP Attachment unterstützt werden. Das TPP-Attachment aus Komposit wird in Form eines Tuberculum von 1,0 bis 1,5 mm Höhe im gingivalen Drittel der zu torquenden Frontzähne modelliert (Abb. 18). Diese Erhöhung wird direkt vor dem Einsetzen der Aligner angebracht. Für linguale Wurzelbewegungen werden die Aligner im gingivalen Drittel auf der lingualen Seite der zu bewegenden Zähne halbkreisförmig gekürzt, um die Zahnbewegung freizugeben.

Abb. 18



Torque-Trigger-Point-Attachement

Abb. 20



Panoramaschichtaufnahme mit befestigten Doppel-Retainern im Ober- und Unterkiefer

Abb. 19

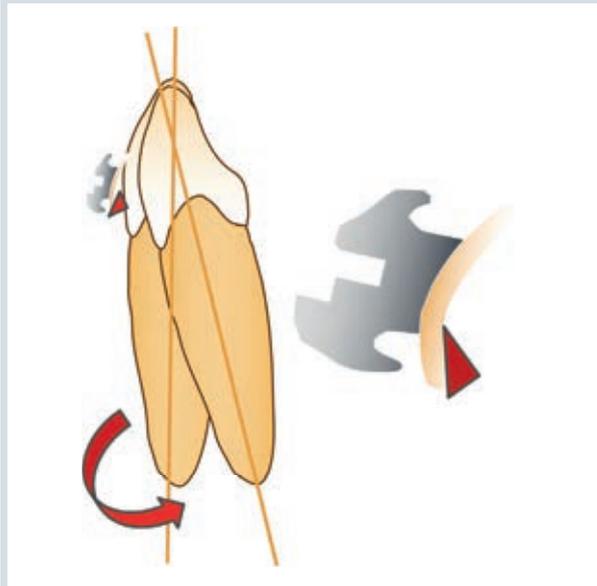


Rezessionsdeckung mit freiem Schleimhauttransplantat

Nach der Behandlung mit einer Serie von 14 Alignern (Invisalign Lite mit TPP Attachment) wurden alle Attachments entfernt und die Zahnstellung mit zwei parallelen 0.016" SS Retainern stabilisiert (Abb. 19). Im Oberkiefer wurden 4 Mini-Retainer, bestehend aus jeweils 7 mm 0.016" SS, angebracht, um das Risiko einer Diastemabildung im Oberkiefer zu minimieren (Abb. 20).

Eine andere Alternative zur selektiven Drehmomentapplikation bietet eine Bracket-Torque-Modifikation mit einer vorübergehenden Teil-Multibracketapparat im Frontzahnbereich. Anschließend können die restlichen Behandlungsaufgaben mit Alignern durchgeführt werden. Durch gezieltes Auftragen von Composit von ca. 1,5 mm als schmale Leiste auf die Bracketsbasis kann die Neigung des Slots in der dritten Ordnung um 30 - 40 Grad erhöht werden, sodass mit rechteckulären Nickel-Titan-Bögen ein ausreichendes Drehmoment für die Wurzelbewegung übertragen wird (Abb. 21). Eine Wurzelbewegung kann auf diese Weise in 3-4 Monaten Vorbehandlung umgesetzt werden.

Abb. 21



Bracket-Torque Modifikation durch Modellation einer apikal höheren Kompositbasis

Fall 5

Limitation:

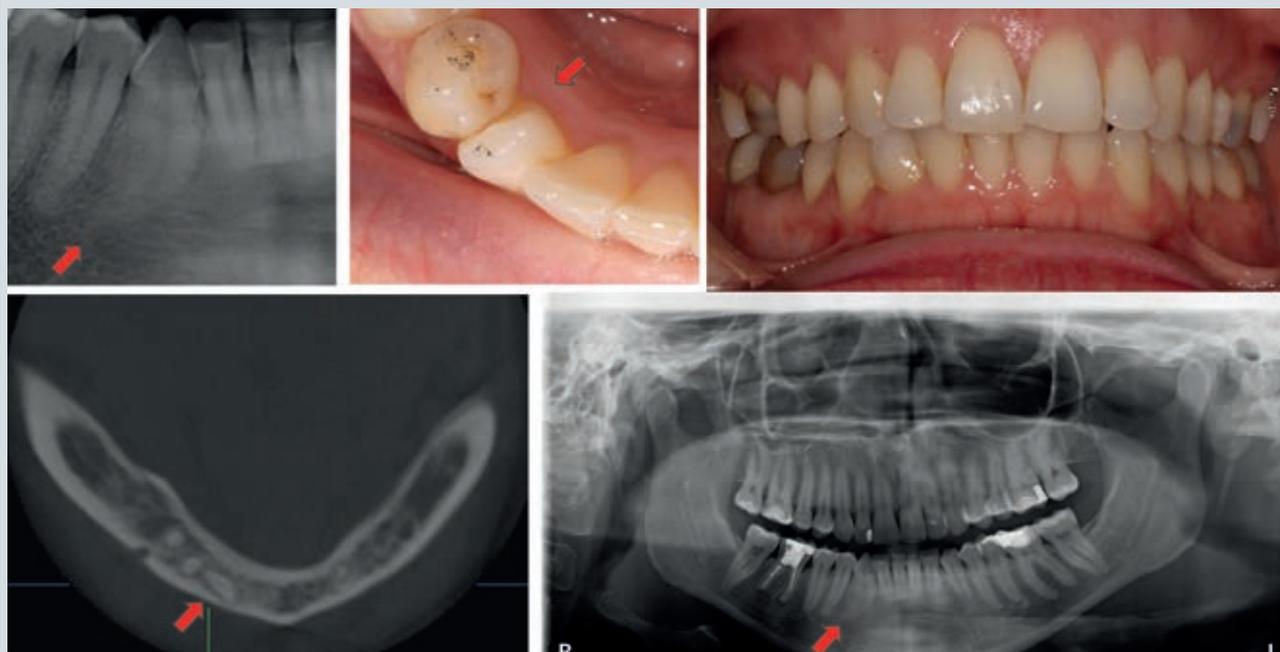
Wurzelbewegung

Behandlungsansatz:

Hybride Behandlung mit Multibracketapparat

In folgendem Fall mit Engständen und Rotationen in der Ober- und Unterkiefer-Front bestand radiologisch (OPG) der Verdacht auf eine atypische Wurzelform mit horizontalem Verlauf des apikalen Drittels, der in einer dreidimensionalen Bildgebung (DVT) bestätigt werden konnte (Abb. 22).

Abb. 22



Rezessionsdeckung mit freiem Schleimhauttransplantat

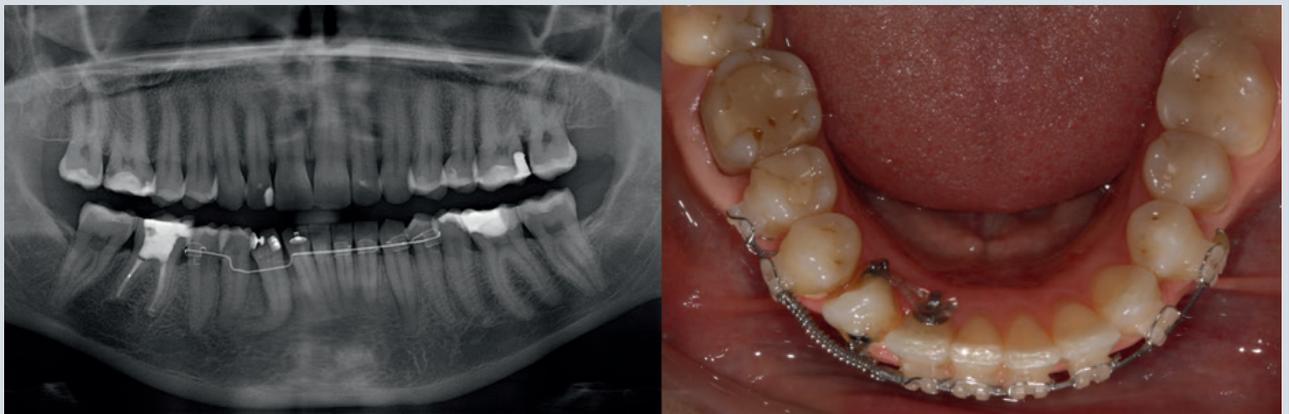
Die Korrektur der Zahnfehlstellung ohne Kollision der benachbarten Wurzeln erforderte im Unterkiefer eine divergierende Wurzelbewegung der Zähne 43 und 44.

Die Wurzelbewegungen wurden mit einer Teil-Multibracketapparatur im Unterkiefer durchgeführt (Abb. 23). Anschließend wurden die Brackets entfernt und die verbleibenden Behandlungsaufgaben mit einer Serie von 14 Alignern durchgeführt und festsitzend mit einem Retainer stabilisiert (Abb. 24).

Aspekte der Retention und sagittaler Korrekturen

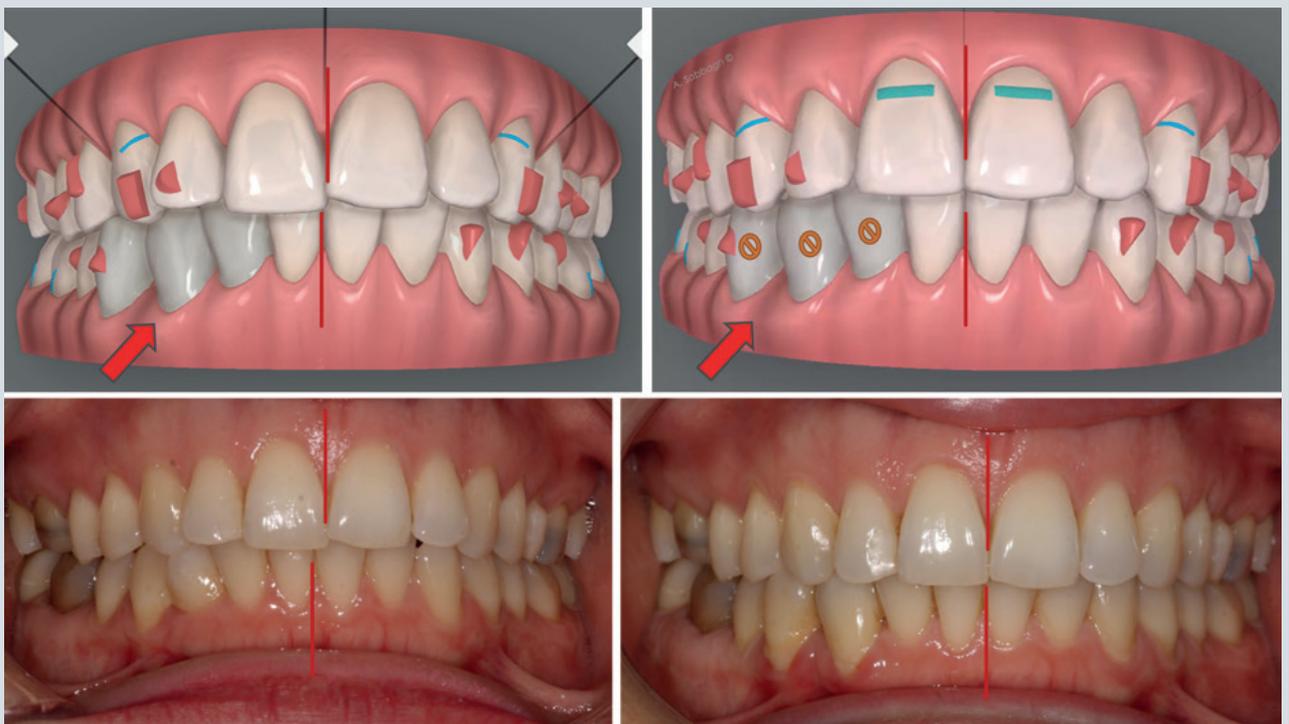
Behandlungen mit Alignern werden im Ober- bzw. Unterkiefer mit separaten Schienen durchgeführt, wobei aus Verankerungszwecken oder zur Unterstützung sagittaler Korrekturen Klasse-II- bzw. Klasse-III-Gummizüge eingesetzt werden können. Diese Gummizüge sind während der aktiven Behandlung von Vorteil, können aber langfristig bzw. in der Retentionsphase zu einer unerwünschten Überkorrektur führen. Zur Retention einer definierten sagittalen Position können SARA-Wings

Abb. 23



Divergierende Wurzelbewegung mit einer Teilmultibracketapparatur

Abb. 24



Digitale Behandlungsplanung und Nachbehandlung mit Alignern

bzw. SARA-Splints als Alignermodifikation eingesetzt werden²⁸⁻²⁹ (Abb. 25). Durch eine schrittweise – analoge oder digitale – Veränderung des Abstands zwischen den Flügeln/Wings (Abb. 26) können auf diese Weise auch aktive Schienen hergestellt werden. Diese Aktivierung der SARA-Splints kann während des Wachstums zur progressiven Bissumstellung in moderaten Fällen eingesetzt werden.²⁸⁻²⁹ Seit 2015 sind solche Modifikationen bei invisalign unter den Namen Precision Wings, bzw. seit 2021 als Enhanced Precision Wings für die Behandlung jugendlicher Patienten verfügbar.

Schlussfolgerungen

Die vorgestellte hybride Technik kombiniert die Vorteile der verschiedenen in der Kieferorthopädie zur Verfügung stehenden Behandlungsmittel zur Überwindung von Behandlungseinschränkungen und zur Effizienzsteigerung. Eine größere Flexibilität in der Auswahl und Kombination der herausnehmbaren und festsitzenden Behandlungsmittel ermöglicht eine individuellere und zielorientierte Therapie im Sinne der Patientinnen und Patienten.

Danksagung: Die Autoren danken Herrn Prof. S. Rupprecht (Fall 1 und 2) und Herrn PD Dr. M. Schlee (Fall 4) für die Zusammenarbeit und die zur Verfügung gestellten Abbildungen.

Literatur:

Die Literaturliste kann bei der KFO-IG per eMail unter office@kfo-ig.de abgerufen werden.



Abb. Autor: Kieferorthopäde / Oralchirurg; nationale und internationale Referententätigkeit seit 1991; 1993 Niederlassung in eigener Praxis in Erlangen; Erfinder der patentierten SARA®/SUS-Apparatur/AquaSplint® (EU/USA), KZVB Gutachter & unabhängiger Gerichtssachverständiger; Obmann des BDK in Mittelfranken; Ehrenprofessur, Mitglied des wissenschaftlichen Beirats IOS Hannover & EAO Prag; Top Mediziner der Focus-Liste 2012-2020; weitere Infos unter: www.sabbagh64.com



Abb. Autor: Dr. Hisham Sabbagh, Poliklinik für Kieferorthopädie der Uni München; 2010-2016 Studium der Zahnmedizin, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg; 2/2015-8/2015 Austausch-Student, Universität de Barcelona; 11/2016-2/2018 Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Charité Berlin; seit 3/2018 Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Ludwig-Maximilians-Universität München; 04/2018-07/2021 Fachzahnärztliche Weiterbildung; 07/2021 Anerkennung als Fachzahnarzt für Kieferorthopädie; seit 10/2022 Oberarzt der Poliklinik für Kieferorthopädie, LMU

Abb. 26



Digitale Positionierung der aktiven SARA-Wings

Abb. 25



Digitale Positionierung der passiven SARA-Wings und eingesetzte SARA-Splints