

Korrektur der vertikalen Dimension in der Aligner-Therapie

Correction of the Vertical Dimension with Aligners

Autor
Thomas Drechsler

Institut
Fachpraxis für Kieferorthopädie, Wiesbaden

Schlüsselwörter
Aligner, Invisalign, Biomechanik, Offener Biss, Tiefbiss

Key words
Clear Aligner, Invisalign, Biomechanics, Open bite, Deep bite

Bibliografie
DOI <https://doi.org/10.1055/a-0860-4163>
Inf Orthod Kieferorthop 2019; 51: 113–125
© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York
ISSN 0020-0336

Korrespondenzadresse
Dr. Thomas Drechsler
Fachpraxis für Kieferorthopädie
Wilhelmstrasse 40
65183 Wiesbaden
Tel.: +49(0)611/39 666, Fax: +49(0)611/39 655
dr.drechsler@kfo-wiesbaden.de
www.kfo-wiesbaden.de

ZUSAMMENFASSUNG

Bei den bekannten fest auf den Zähnen angebrachten Apparaturen sind in den meisten Fällen die elastischen Eigenschaften verschiedener Metalllegierungen für die Zahnauslenkungen verantwortlich. Aber auch die flexiblen Materialeigenschaften von bestimmten Kunststoffarten lassen sich zur Zahnbewegung nutzen. Seit fast 20 Jahren hat sich durch im CAD/CAM-Großserienverfahren hergestellten, thermoplastischen Polyurethan-Kunststoff-Schienen das Indikationsspektrum der Aligner-Therapie aufgrund technologischen Fortschritts der verschiedenen Aligner Hersteller und der Erfahrung der Behandler zunehmend erweitert. Unter anderem durch die Weiterentwicklung spezieller Attachments, Materialien oder der digitalen Planungssoftware kann beobachtet werden, dass bei verantwortungsvoller, korrekter Planung seitens des in dieser Technik erfahrenen Kieferorthopäden und unbedingter Compliance seitens des Patienten mittlerweile auch anspruchsvolle kieferorthopädische Behandlungen, wie die Therapie des

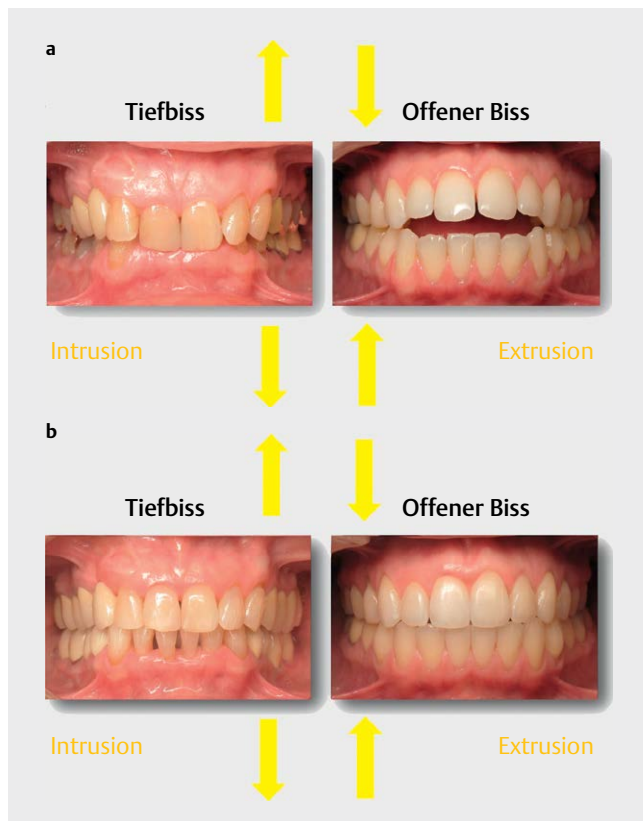
frontal offenen oder tiefen Bisses, größtenteils vorhersagbar mit Alignern durchgeführt werden können. Hierbei bedarf es jedoch auf Basis einer umfassenden Anamnese und Diagnostik einer genauen Berücksichtigung patientenspezifischer Parameter wie u.a. Alter, möglicher Parafunktion, skelettaler Konfiguration, Parodontalzustand und Funktionsbefund durch den erfahrenen Fachzahnarzt. Dieser muss unter Wahrung der bekannten biomechanischen Prinzipien die Anwendung der modernen softwaregestützten Applikationen so zu nutzen wissen, dass aus einer virtuellen Computersimulation eine realistische, klinische Umsetzung resultiert. Anhand von Fallbeispielen werden exemplarisch die Chancen und Grenzen der Aligner-Therapie aufgezeigt, die zur Korrektur der vertikalen Dimension gegeben sind.

ABSTRACT

In well-known fixed appliances on teeth, in most cases, the elastic characteristics of various metal alloys are responsible for the tooth deflections. But also the flexible material characteristics of certain types of plastic can be used for tooth movement. For almost 20 years, thermoplastic polyurethane-plastic splints produced using CAD/CAM mass production methods have been increasingly used to expand the range of indications for aligner therapy due to the technological progress of the various aligner manufacturers and the experience of the orthodontist. Through the development of special attachments, aligner features, or digital treatment software it can be recognized that with proper planning by the experienced orthodontist, complex orthodontic treatments, such as the treatment of frontal open and deep bite, predictable treatment outcomes performed with Aligners are possible. However, this requires a specific diagnosis of the individual patient, detailed parameters such as age, possible parafunction, skeletal configuration, periodontal condition, functional signs and symptoms, and patient compliance – by the experienced orthodontist. He must responsibly use the well-known biomechanical principles in combination with the software-tools in such a way that a virtual computer treatment simulation results in a realistic clinical outcome. By means of case studies, the chances and limitations of the aligner therapy, which are given for the correction of the vertical dimension, are shown.

Die Initialisierung einer orthodontischen Zahnbewegung geschieht in aller Regel durch Auslenkung eines Werkstoffes, dessen Rückstellkraft sich in geeigneter Weise auf die Zähne übertragen lässt. Bei den bekannten fest auf den Zähnen angebrachten Apparaturen sind in den meisten Fällen die elastischen Eigenschaften verschiedener Metalllegierungen für die Zahnauslenkungen verantwortlich. Aber auch die flexiblen Materialeigenschaften von bestimmten Kunststoffarten lassen sich zur Zahnbewegung nutzen. Ab der im Jahr 2001 durch einen US-amerikanischen Hersteller erfolgten Markteinführung in Europa von im CAD/CAM-Großserienverfahren hergestellten, thermoplastischen Polyurethan-Kunststoff-Schienen [1] gewann diese schon lange vorher bekannte Technik, mittels sogenannter herausnehmbarer Aligner Kraft auf Zähne zu applizieren in den letzten Jahren weltweit immer mehr an Bedeutung. Mittlerweile gibt es alleine im europäischen Raum über 50 verschiedene Aligner-Hersteller [2], wobei Invisalign des Herstellers Align Technology mit bereits mehr als 6 Mio. behandelten Patienten den globalen Marktführer darstellt [3].

Wurde durch die Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie (DGKFO) in ihrer Stellungnahme von 2010 ursprünglich nur ein eingeschränkter Indikationsbereich, unter anderem die Behandlung dentoalveolärer Korrekturen im Sinne von „moderatem frontalem Eng- und Lückenstand“ und „geringer In-, Extrusionen“ bei „stabiler neutraler Interkuspitation“ beschrieben [4], hat sich das Therapiespektrum für die Minioplastschienen-Therapie inzwischen deutlich erweitert [5–7].



► **Abb. 1** a Kraftapplikation zur Behandlung von Tiefbiss und offenem Biss – klinische Behandlungsbeispiele vor Aligner-Therapie. b Kraftapplikation bei Tiefbiss und offenem Biss nach Behandlung mit Alignern.

Spezifische Attachments zur Extrusionsbewegung, Impressionsflächen in Alignern zur gezielteren Frontzahn-Torque-Bewegung oder auch flexibles, mehrschichtiges Alignermaterial sind unter anderem als Grund eines mit der Zeit gestiegenen Indikationsbereichs zu nennen. So wurden z. B. spezielle Tools, wie interaktive „Bite Ramps“ auf den oberen Inzisiven in Kombination mit entsprechenden Attachments zur gezielteren Behandlung von Tiefbissen entwickelt. Neuerdings wurden auch rampenartige, distobukkal angebrachte Flügel in Alignern integriert, welche, ähnlich einer funktionskieferorthopädischen Twin-Block-Apparatur, bei jugendlichen Patienten in der Wachstumsphase zu einer Beeinflussung der intermaxillären Kieferrelation [8] führen sollen. Neben solchen technologischen Entwicklungen der Aligner-Firmen, was bspw. auch deren digitale Planungssoftware betrifft, ist auch die jeweils individuelle Lernkurve des einzelnen Behandlers mit verantwortlich für die steigende Komplexität der behandlungsfähigen Malokklusionen mittels Aligner. So hat sich diese Therapieoption in den letzten 20 Jahren zu einem wesentlichen, nicht mehr ignorierbaren Bestandteil insbesondere in der Erwachsenen-Kieferorthopädie entwickelt. Aber auch immer mehr Kinder und Jugendliche werden inzwischen selbst bei Lösung komplizierter Behandlungsaufgaben, bereits in den Wechselgebissphasen mit transparenten Minioplastschienen therapiert. Steht bei Erwachsenen der ästhetische Aspekt und die geringere Einschränkung im Alltag und Beruf, was Phonetik und Erscheinungsbild betrifft, im Vordergrund [9], sind es bei jungen Patienten insbesondere auch die Vorteile des scheinbar geringeren Dekalzifizierungsrisikos während der kieferorthopädischen Behandlung gegenüber festsitzenden Apparaturen [10], die für eine Aligner-Therapie sprechen.

Trotz der z. T. beschriebenen Weiterentwicklungen auf dem Gebiet der kieferorthopädischen Schientechnik verbleiben aufgrund systembedingter, unterschiedlicher Kraft- und Drehmomentapplikation der Aligner gegenüber festsitzenden Apparaturen nach wie vor therapeutische Einschränkungen [11]. Wie in der Literatur bereits mehrfach beschrieben, lassen sich aber durchaus auch komplexere Bewegungen, zu denen auch vertikale Korrekturen zählen, durchaus in einem bestimmten Ausmaß mit transparenten Aligner durchführen [12, 13]. Diese Erkenntnisse



► **Abb. 2** Extrusionsversuche ohne Attachments führen zur Diskrepanz am Alignerrand – hier am Beispiel der Zähne 11, 21.



► **Abb. 3** Optimized Extrusion Attachments zur Einzelzahn- und En-masse-Extrusion.



► **Abb. 4 a** Klinisches Erscheinungsbild von Extrusionsattachments ohne Aligner bei Stage 17 von 36. **b** Klinisches Erscheinungsbild von Extrusionsattachments mit eingesetztem Aligner bei Stage 17 von 36.

sollen im vorliegenden Artikel an entsprechenden Patientenbeispielen deskriptiv dargestellt werden.

Die kieferorthopädischen Therapieziele der vertikalen Veränderung bei der Behandlung von Tiefbissen sind grundsätzlich die Intrusion der Frontzähne, bei idealerweise gleichzeitiger Extrusion der Seitenzähne, in Abhängigkeit unter anderem von Schädelstruktur, Profil oder Lippenlinie. Andererseits sind bei einem frontal offenen Biss im Allgemeinen die Frontzahnextrusion und die Intrusion der posterioren Dentition anzustreben. Dabei handelt es sich bei dieser Art der orthodontischen Kraftausübung gemäß

dem dritten Newton'schen Axiom jeweils immer um ein reziprok wirkendes Kraftmodell. Nur sind in der kieferorthopädischen Anwendung die Art und die Höhe der Kraftapplikation durch die Aligner, die Verankerungsverhältnisse sowie zusätzlich beeinflussende, patientenspezifische Besonderheiten die entscheidenden Parameter einer wirksamen klinischen Umsetzung (► **Abb. 1 a, b**).

Die zur Behandlung eines frontal offenen Bisses benötigten realen Extrusionskräfte lassen sich in der Aligner-Therapie nicht ohne die Anbringung geeigneter Attachments als Retentionselemente im Frontzahnbereich applizieren. Extrusionsversuche ohne entsprechende Attachments auf den zu extrudierenden Zähnen, bleiben ab einem Betrag von ca. fünfzehntel Millimetern ohne zusätzliche Mechaniken wie Gummizüge in aller Regel erfolglos, sofern es sich dabei nicht um eine reine Retroinklinationsveränderung im Sinne einer relativen Extrusion handelt [14]. Leicht erkennbar sind dann entsprechende Diskrepanzen zwischen der Inzisalkante der betreffenden Zähne und dem Alignerrand (► **Abb. 2**) infolge unzureichender klinischer Bewegungsumsetzung.

So können spezielle, voraktivierte, softwaredefinierte Extrusionsattachments ab einer geplanten absoluten Extrusion von größer 0,5–2 mm die klinische Umsetzung der vertikalen Bewegung verbessern [15]. Dabei entsprechen diese in ihrer Grundform nicht exakt den Aussparung des jeweiligen Aligners und sollen so, abhängig vom angestrebten Bewegungsausmaß, sowie der Form, Größe und Zahnmorphologie zu einer Effizienzsteigerung beitragen [16]. Die ansonsten mit Aligner ohne Zusatzmechaniken grundsätzlich schwierig durchzuführende Vertikalbewegung kann durch diese Art der Attachments somit sowohl für Einzelzahn- als auch für En-Masse-Extrusion aller Frontzähne in ihrer Effizienz zum Schließen offener Bisse gesteigert werden (► **Abb. 3**).

Dabei sollte allerdings der Patient vor Durchführung dieser biss-schließenden Maßnahme dahingehend aufgeklärt werden, dass es sich bei dieser Art der Therapie nicht mehr um eine „nahezu unsichtbare“, sondern nur noch um eine „wenig sichtbare“ Behandlung handelt, denn die Attachments sind im anterioren sichtbaren Frontzahnbereich sowohl ohne, als auch noch mehr mit eingesetzten Alignern, je nach Verlauf der Lippenlinie durchaus erkennbar, wie das „Lächelfoto“ des Patientenbeispiels zeigt (► **Abb. 4 a, b**).

Diese 25 Jahre alte Patientin (► **Abb. 5 a–d**) wurde bereits im Teenageralter mit einer Multibracketapparatur kieferorthopädisch behandelt und mittels Lingualretainer im Unterkiefer retiniert. Die unbehandelte, persistierende Zungendysfunktion führte allerdings

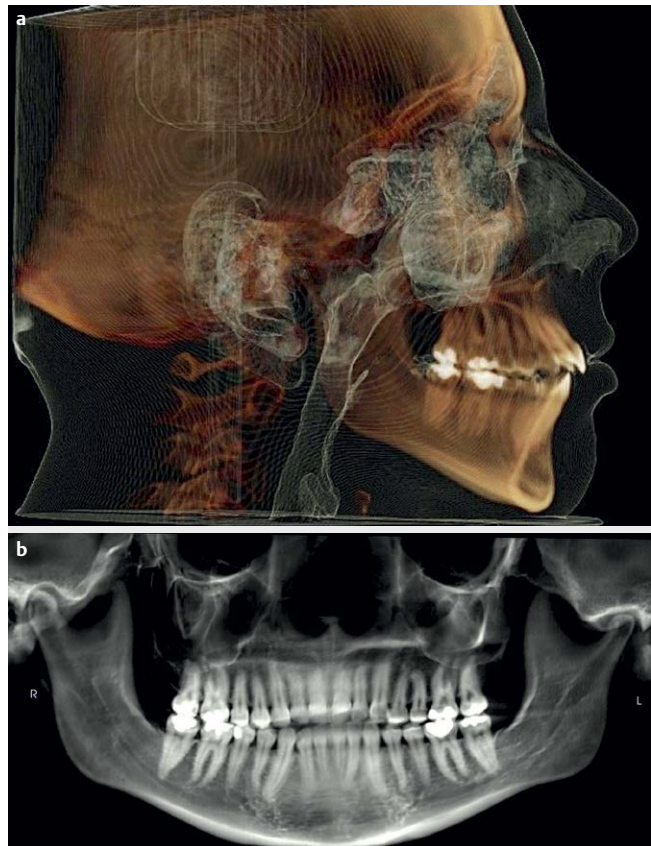


► **Abb. 5** **a** Behandlungsindikation offener Biss – extraorale Frontansicht zu Behandlungsbeginn. **b** Extraorale Frontansicht mit Lächeln zu Behandlungsbeginn. **c** Extraorale Schräglateralansicht mit Lächeln zu Behandlungsbeginn. **d** Extraorale Profilansicht zu Behandlungsbeginn.



► **Abb. 6** Unterkiefer-Okklusalan­sicht – trotz suffizientem Retainer in situ zeigt sich ein deutliches Rezidiv nach vorheriger Behandlung.

trotz intakter Klebestellen zum deutlich erkennbaren Rezidiv innerhalb von etwa 10 Jahren nach Behandlungsabschluss (► **Abb. 6**). Vor Beginn einer erneuten kieferorthopädischen Korrektur wurde daher der erfolgreiche Abschluss einer vorausgehenden logopädischen Therapie als zwingende Voraussetzung angesehen. Die skelettale Konfiguration zeigt hier ein typisch vertikales Wachstumsmuster bei einer weitgehend neutralen Sagittalbeziehung mit leicht protrudiert stehender Oberkieferfront (► **Abb. 7 a, b**). Die Rekonstruktion der Panoramaaufnahme aus der digitalen Volumentomografie stellt einen weitgehend unauffälligen Befund ohne



► **Abb. 7** **a** DVT-Rekonstruktion im FRS-Darstellungsmodus zu Behandlungsbeginn. **b** DVT-Rekonstruktion im Panoramamodus zu Behandlungsbeginn.



► **Abb. 8** **a** Behandlungsindikation offener Biss – intraorale Frontalansicht zu Behandlungsbeginn. **b** Intraorale rechte Seitenansicht zu Behandlungsbeginn. **c** Intraorale linke Seitenansicht zu Behandlungsbeginn. **d** Intraorale okklusale Aufsicht des Oberkiefers. **e** Intraorale okklusale Aufsicht des Unterkiefers.

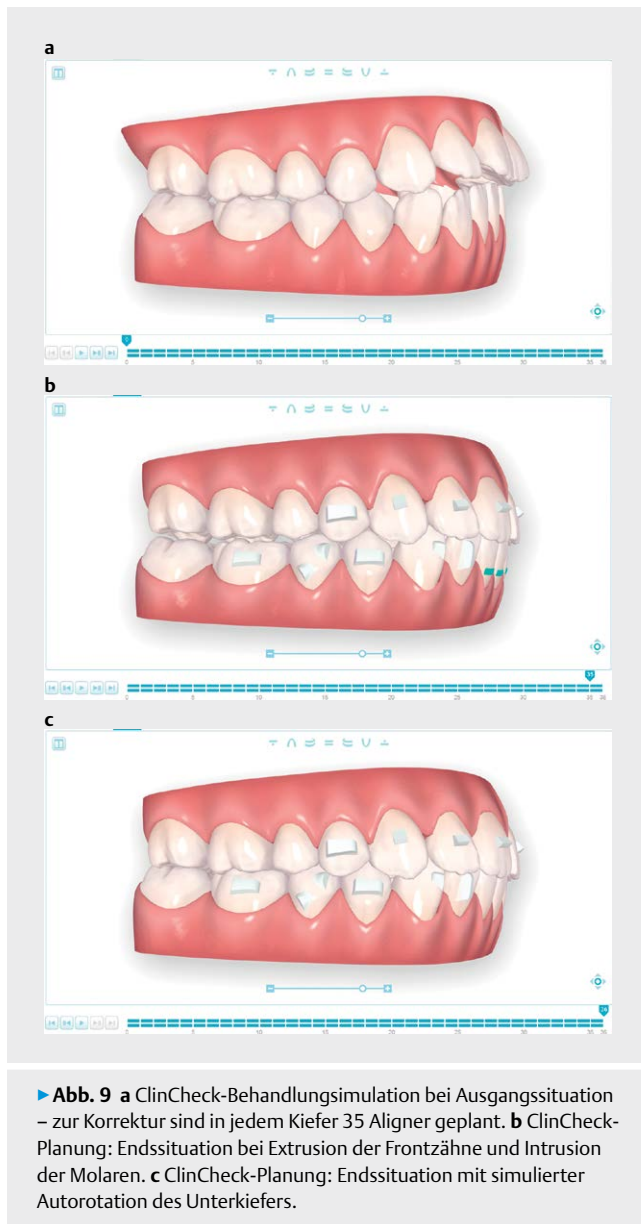
Weisheitszähne dar. Auf den intraoralen Aufnahmen (► **Abb. 8 a–e**) lässt sich der 1–2 Millimeter große frontal offene Biss bei weitgehender Neutralokklusion zu Beginn der Behandlung erkennen.

Entscheidend für den grundsätzlichen medizinischen Erfolg einer Alignertherapie ist die individuelle, exakte Planung durch einen in dieser Technik erfahrenen Kieferorthopäden mittels einer geeigneten Behandlungssoftware. Die Festlegung des individuellen Therapiezieles sollte dabei auf keinen Fall ausschließlich einem „Techniker“ oder einem Computeralgorithmus überlassen werden. Mit einer interaktiven Planungssoftware wie z. B. dem „ClinCheck-Pro“ von Invisalign hat der Behandler die Möglichkeit in seiner Verschreibung und Planung auf Basis seiner spezifischen Diagnostik exakt das angestrebte Therapieziel anzugeben. Dabei existieren durchaus von Anbieter zu Anbieter deutliche Systemunterschiede, welche technologischen Optionen der Behandler zur Therapieplanung und -umsetzung nutzen kann. Allerdings dürfen hierbei nie die bekannten allgemeinen und die im speziellen für die Alignerapplikation geltenden Grundsätze der Biomechanik mit Wirkung und Nebenwirkung außer Acht gelassen werden, auch wenn eine bunt animierte Computersimulation den unbedarften Anwender hierzu verleiten mag. Basis muss dabei immer eine umfassende, sorgsame Diagnostik sein, mit dem kieferorthopädischen Bewusstsein, dass bei bedachter Anwendung sich durchaus komplexe Behandlungsaufgaben mittels Alignern lösen lassen, aber eben in klar umschriebenen Indikationsgrenzen. So bestimmt ausschließlich der behandelnde Kieferorthopäde, ob und in wie weit eine Veränderung der vertikalen Dimension als Therapieziel angestrebt wird. Danach besteht bei der Entscheidung zum Schließen eines frontal offenen Bisses die Option sich lediglich auf die Extrusion der Ober- und/oder Unterkieferinzisiven zu beschränken oder – über die zwangsweise reziproke Kraftapplikation hinaus – auch „aktiv“ die

Molaren zu intrudieren. Diese Vorgehensweise empfiehlt sich grundsätzlich, sofern kein progner Formenkreis vorliegt, um über den Effekt der Autorotation der Mandibula das Schließen der Frontzähne zu forcieren [17, 18]. Die ► **Abb. 9 a** zeigt die ClinCheck-Planung mittels 35 Alignern jeweils für Ober- und Unterkiefer (bei späteren 15 zusätzlichen Alignern zur Feinkorrektur) in der Ausgangsposition, während ► **Abb. 9 b** das geplante Therapieziel mit Attachments – auch auf den Oberkiefer-Frontzähnen und aktiv intrudierter posteriorer Dentition erkennen lässt. Im letzten Schritt Nummer 36 (► **Abb. 9 c**) wird dabei die endgültige vertikale Okklusion unter simulierter Autorotation der Mandibula im ClinCheck dargestellt.

Nach 1 Jahr und 5 Monaten aktiver Behandlungszeit, mit 36 Alignern jeweils in Ober- und Unterkiefer sowie jeweils 16 zusätzlichen Alignern gelang der Behandlungsabschluss. Dabei konnte sowohl ein Ausformen der Zahnbögen als auch das Schließen des frontal offenen Bisses gemäß der Behandlungssimulation im Sinne einer Bissenkung klinisch umgesetzt werden, wie auf den finalen Intraoralaufnahmen (► **Abb. 10 a, b, c**) und der Panorama-Rekonstruktion (► **Abb. 11 a**) zu erkennen ist. Die Frontzahninklination blieb hierbei weitgehend unverändert (► **Abb. 11 b**), wie die FRS-Rekonstruktion des finalen DVTs zeigt. Bei der exemplarischen Betrachtung des oberen rechten zentralen und des oberen linken lateralen Inzisivus scheinen in den korrespondierenden ArchSection-Einzeldarstellungen zu Behandlungsbeginn und -ende neben der real erfolgten vertikalen Veränderung sich die leichte Retrusion und die ossären Umbauprozesse der Extrusion offenbar positiv auf die Wurzel-Kortikalis-Relation ausgewirkt zu haben (► **Abb. 12 a–d**).

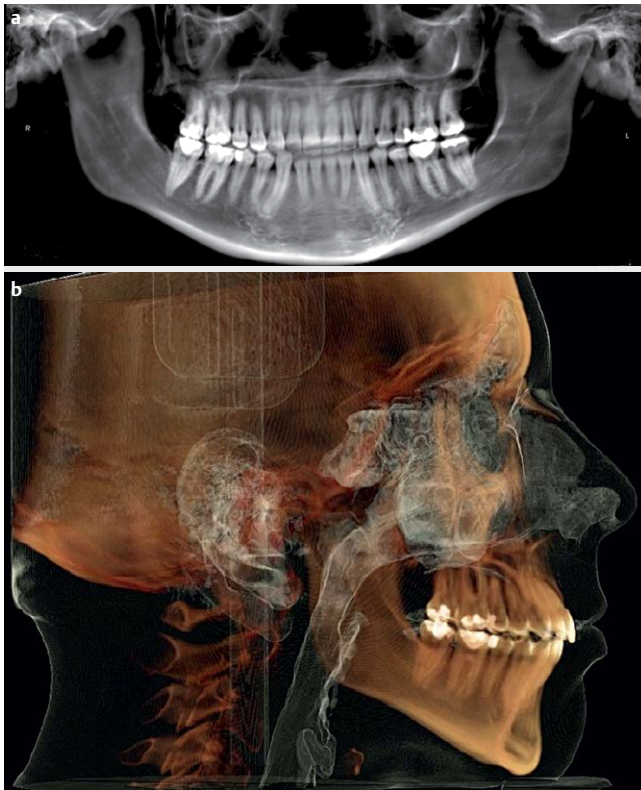
Als stabile Retentionsmaßnahmen bei den stark rezidivgefährdeten Konstellationen der Offenen-Biss-Therapie wurden hier sowohl palatinal bzw. lingual geklebte Retainer im Oberkiefer von



Eckzahn zu Eckzahn (► **Abb. 13 a**), sowie im Unterkiefer zu den jeweils ersten Prämolaren geklebt (► **Abb. 13 b**). Zusätzlich erhielt die Patientin stabile Halteschienen für die Nacht.

In der Behandlung von Tiefbissen wird grundsätzlich eine der Therapie des offenen Bisses entgegengerichtete Vertikalbewegung der Front- und Seitenzähne beabsichtigt. Daher werden Aligner auch zu bisshebenden Maßnahmen als bedingt geeignetes Behandlungsmittel mit den oben bereits genannten Vorteilen beschrieben [16]. Als weitere, meist positive Eigenschaft der Aligner-Tiefbiss-Therapie kann die systembedingte Besonderheit erwähnt werden, dass die Inzisal- und Okklusalfächen der kieferorthopädisch zu korrigierenden Zähne durch die Minioplastschienen bedeckt werden. Dies kann sich bei okklusionsaktiven Patienten als zahnhartsubstanzschonend während der orthodontischen Behandlung auswirken, ebenso kann es in diesem Zusammenhang bei jeder Art von Schienenapplikation zumindest initial zu einer unspezifischen Mus-

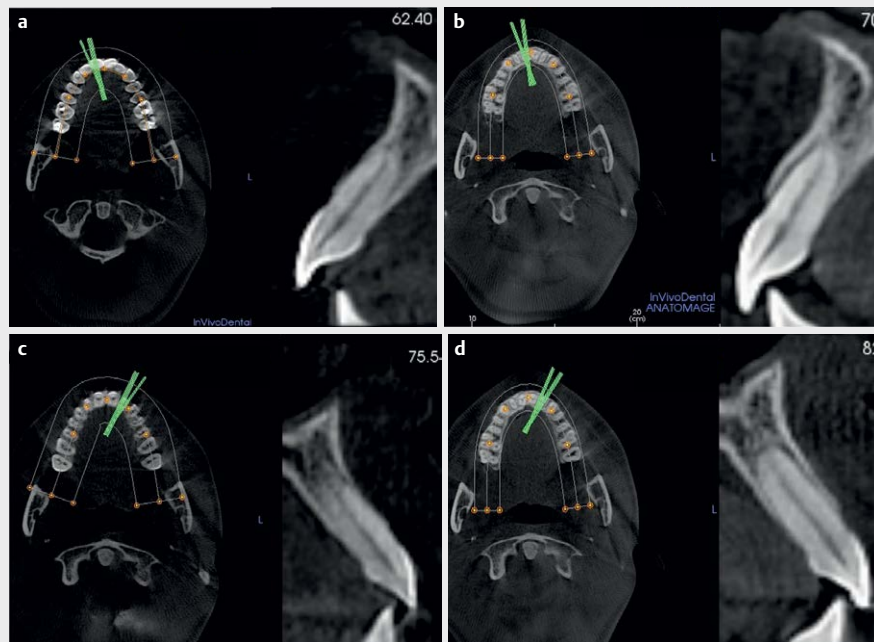
kelrelaxation. Bedingt durch eine angehobene Vertikaldimension sind in der Literatur bei CMD-Patienten mit okklusal bedingten Belastungsvektoren auch Entlastungen einer traumatisierten bilaminären Zone beschrieben worden [19, 20]. Diesem positiven Effekt steht häufig zugleich – gerade bei Patienten mit vorliegender Bruxismusanamnese, die nicht selten auch über eine horizontale Gesichtskonfiguration verfügen – der schienenspezifische Nachteil des Entstehens eines seitlich offenen Bisses während oder nach der kieferorthopädischen Korrektur gegenüber (► **Abb. 14**). Dieser Nebeneffekt der vertikalen Disklusion im posterioren Dentitionsbereich wirkt sich umso ausgeprägter aus, je dicker die Schienen gestaltet sind, je länger sie pro Tag und insgesamt über die Behandlungszeit getragen werden und je kauaktiver sich der Patient verhält. Dieses Phänomen führt damit häufig durch bereits be-



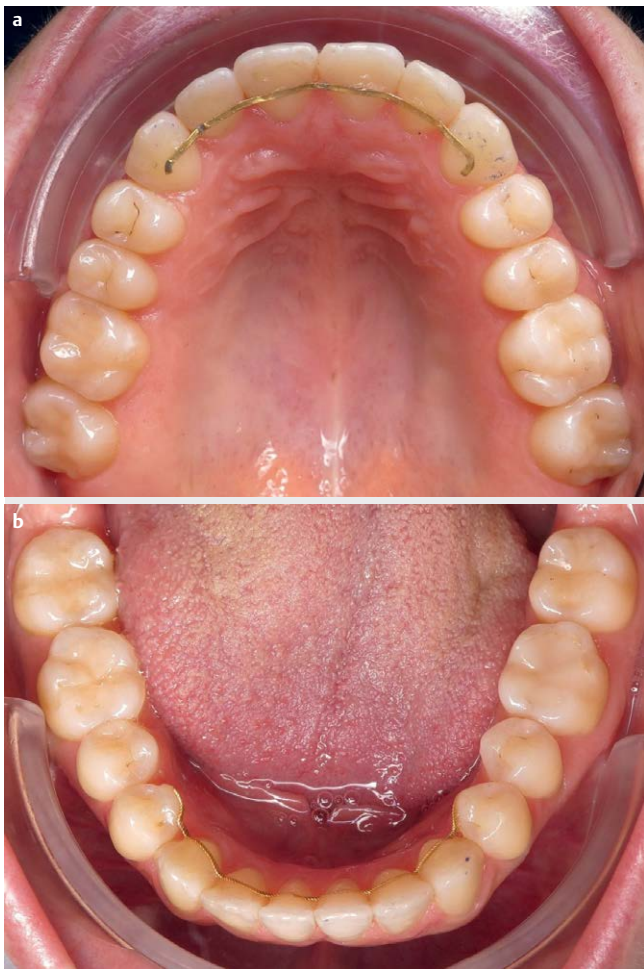
► **Abb. 11** a DVT-Rekonstruktion im Panoramamodus zu Behandlungsabschluss. b DVT-Rekonstruktion im FRS-Modus zu Behandlungsabschluss mit erfolgter Bissenkung.

schriebene Autorotation der Mandibula zu einem anterioren Frühkontakt im Schneidezahn- und Eckzahnbereich bei gleichzeitig vertikalem posterioren Okklusionsverlust.

Dies ist eine der häufigsten und sehr unerwünschten Nebenwirkungen der Tiefbissbehandlung mit Alignern, da dies einen vertikalen Okklusionsverlust für die Patienten bedeutet und der eigentlichen anterioren Bisshebung entgegensteht. Während demnach die Behandlungssimulation der Planungssoftware, sofern funktionsbedingte Parameter wie Zungeninterposition beachtet werden, zum tatsächlich erreichbaren Ergebnis bei der Therapie frontal offener Bisse ziemlich kongruent ist, unterscheidet sich die grundsätzliche Vorhersagbarkeit der klinischen Umsetzung bei bisshebenden Maßnahmen im Frontzahnbereich deutlich. Hierfür sind insbesondere patientenspezifische Unterschiede noch mehr als bei bisssenkenden Maßnahmen von wesentlicherer Bedeutung. Generell lässt sich nach den empirischen Beobachtungen des Autors, basierend auf einer Fallzahl von über 2000 mit Alignern behandelten Patienten erkennen, dass eine erfolgreiche Tiefbisskorrektur maßgeblich von der skelettalen Gesichtskonfiguration, vom Alter sowie den Mm. Masseter- und Temporalisaktivitäten des Patienten abhängig ist. Dabei stehen sich die Effekte einer aktiven oder reziproken Extrusion von Prämolaren und Molaren, wie sie sich in der animierten Behandlungssimulation darstellen lassen und zu einer effektiveren anterioren Bisshebung beitragen könnten, durch die allgemein erheblichen Unterschiede zwischen orthodontischen und körpereigenen Kräften deutlich entgegen. So ist bei einem Staging-Protokoll von 0,1 bis 0,25 mm Auslenkung pro Aligner, bezogen auf den Einzelzahn [14], mit dem vom Marktführer verwendeten Doppelschicht-Aligner-Material [15] die



► **Abb. 12** a Arch Section des Zahnes 11 zu Behandlungsbeginn. b Arch Section des Zahnes 11 zu Behandlungsende bei erkennbarer frontaler Bissenkung und verbesserter Wurzel-Kortikalis-Relation. d Arch Section des Zahnes 22 zu Behandlungsende – auch hier ist eine Bissenkung und eine verbesserte Wurzel-Kortikalis-Relation nachweisbar.



► **Abb. 13** **a** Intraorale Okklusalaufsicht des Oberkiefers mit Kleberretainer von Eckzahn zu Eckzahn zur Rezivprophylaxe nach Behandlungsabschluss. **b** Intraorale Okklusalaufsicht des Unterkiefers mit Kleberretainer zu jeweils den ersten Prämolaren nach Behandlungsabschluss.



► **Abb. 14** Entstehung eines seitlich offenen Bisses während oder nach einer Tiefbissbehandlung bei okklusionsaktiven Patienten.

Kraftapplikation auf maximal 0,4 Newton limitiert [8], während natürliche Kaukräfte durch Mm. masseter und Mm. pterygoideus medialis um den Faktor 1000 höher sein können [21].



► **Abb. 15** Innovative Smart-Force-Features von Invisalign zur Effizienzsteigerung bei Bisshebung und Torquebewegungen.



► **Abb. 16** Behandlungsindikation Tiefbiss – extraorale Frontansicht zu Behandlungsbeginn.

Niedrige Raten der Kraftapplikation werden unter anderem zur Vermeidung von Wurzelresorptionen allgemein als biologischer angesehen [22], können aber unter Umständen nicht ausreichend genug sein, um eine effektive vertikal gerichtete Zahnbewegung zu gewährleisten. Aus diesem Grund empfiehlt sich bei einer Tiefbissbehandlung mittels Alignern zum einen eine deutliche vertikale Überkorrektur von Anfang an in der Planungssoftware vorzusehen, zum anderen sollte ein Staging gewählt werden, welches ein Bewegungsprotokoll von 0,1 mm Intrusion pro Aligner nicht überschreitet. Als sinnvolle Zusatzmaßnahme haben sich aus Sicht des Autors Aufbiss-Plateaus im Alignermaterial im Palatinalbereich der oberen Inzisiven bewährt, die sich dem Behandlungsverlauf dynamisch anpassen und so zu einer Effizienzsteigerung in der Tiefbissbehandlung beitragen können, in dem durch Ausübung okklusaler, körpereigener Kräfte die Intrusionswirkung auf die Frontzähne verstärkt wird. Weiterhin sollen gezielte Einkerbungen am Gingivalrand der Aligner für eine gezieltere Kraftapplikation näher am Widerstandszentrum des Zahns zur verbesserten Übertragung von Wurzel torquebewegungen sorgen.

Der mögliche Effizienzgewinn dieser oben genannten Tools (► **Abb. 15**) lässt sich am Beispiel einer zu Behandlungsbeginn 56-jährigen Patientin darstellen (► **Abb. 16**). Hier stand insbesondere die Erhaltung und Einordnung der Frontzähne 11 und 21 im Vordergrund,

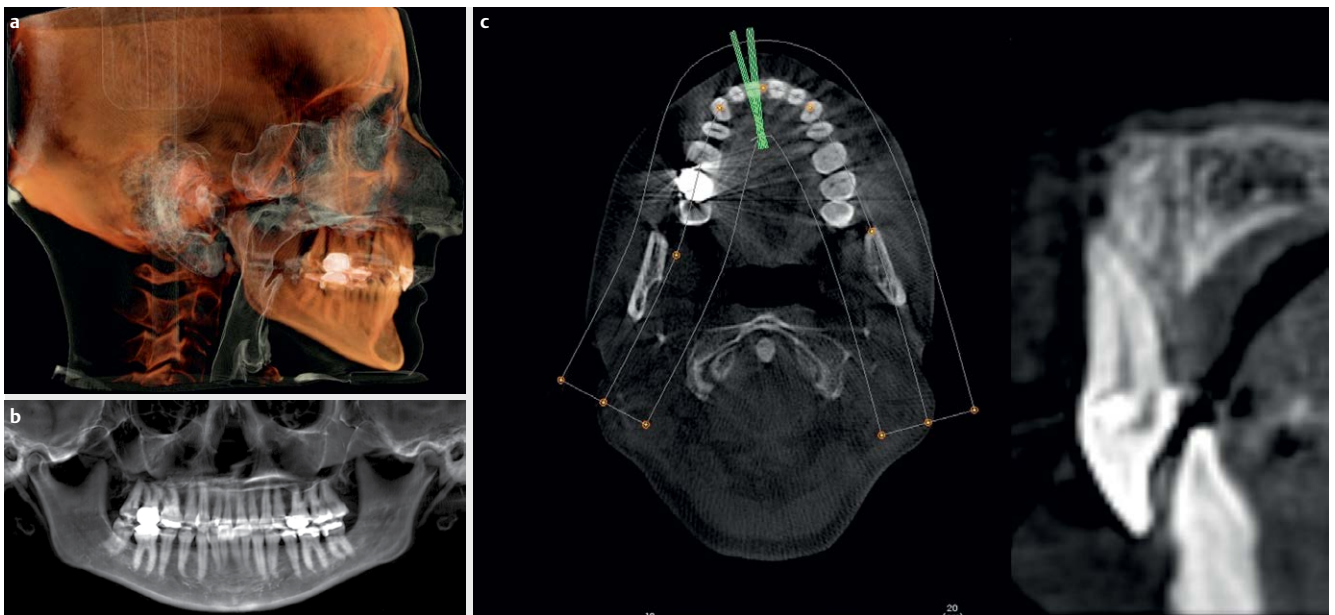


► **Abb. 17** **a** Provisorische Kompositverblockung der mobilen Zähne 11,21 vor Behandlungsbeginn. **b** Zusätzliche Aufbissschiene in situ des überweisenden Hauszahnarztes zu Behandlungsbeginn.

die aufgrund ihres fortgeschrittenen parodontalen Attachmentverlustes bereits einen Lockerungsgrad von II–III aufwiesen und vom Hauszahnarzt alternativ zur geplanten Extraktion vorerst durch Komposit-Material provisorisch verblockt und mittels Aufbissschiene zusätzlich stabilisiert wurden (► **Abb. 17a,b**). Die FRS-Rekonstruktion des DVTs zu Behandlungsbeginn (► **Abb. 18 a**) zeigt eine Deckbisskonfiguration, auf der Panorama-Rekonstruktion (► **Abb. 18 b**) lassen sich z. T. ausgeprägte vertikale und horizontale Knochenverluste nachweisen. Sehr deutlich erkennbar ist der Befund an Zahn 11 (► **Abb. 18 c**), bei dem sich zudem aufgrund des Parodontalverlustes bei ausgeprägter Retroinklination eine bukkale knöcherne Deckung in der Arch Section-Darstellung radiologisch kaum darstellen lässt. Intraoral zeigt sich im Oberkiefer zudem das Fehlen der beiden ersten Prämolaren sowie ein ausgeprägter frontaler Engstand im Unterkiefer (► **Abb. 19 a–e**).

Die ClinCheck-Behandlungsplanung sieht die Hebung des Tiefbisses durch langsames, kontinuierliches Intrudieren bei gleichzeitigem Torquen der Oberkieferfrontzähne vor, sowie die Ausformung der Ober- und Unterkieferzahnbögen zur Beseitigung der Engstände unter Beibehaltung der Seitenverzahnung (► **Abb. 20**). Hierfür wurden pro Kiefer 45 aktive Aligner geplant, wobei die Intrusionsgeschwindigkeit nicht mehr als 0,1 mm pro Aligner betrug. Dabei war auch eine vertikale Überkorrektur von etwa 1 mm vorgesehen. Die ► **Abb. 21** zeigt den Behandlungsverlauf bei Stage 18, zu erkennen sind die als Druckpunkte wirkenden Einkerbungen an den oberen zentralen und unteren lateralen Inzisivi sowie die zur Bisshebung vorgesehenen Attachments, welche immer an den Nachbarzähnen der zu intrudierenden Dentition angebracht sind.

Das Behandlungsziel wurde nach 1 Jahr und 10 Monaten mit insgesamt 10 Visiten – von der ersten Diagnose bis zur Retentionsphase – bei zwischenzeitlich selbstständigem, 14-tägigem Alignerwech-



► **Abb. 18** **a** DVT-Rekonstruktion im FRS-Modus zu Behandlungsbeginn bei deutlich retroinklinderter Oberkieferfront. **b** DVT-Rekonstruktion im Panoramamodus zu Behandlungsbeginn. **c** Arch Section des steilstehenden, mobilen Zahnes 11 zu Behandlungsbeginn.



► **Abb. 19** a Behandlungsindikation Tiefbiss – intraorale Frontalansicht zu Behandlungsbeginn. b Intraorale rechte Seitenansicht zu Behandlungsbeginn. c Intraorale linke Seitenansicht zu Behandlungsbeginn. d Intraorale okklusale Aufsicht des Oberkiefers. e Intraorale okklusale Aufsicht des Unterkiefers.



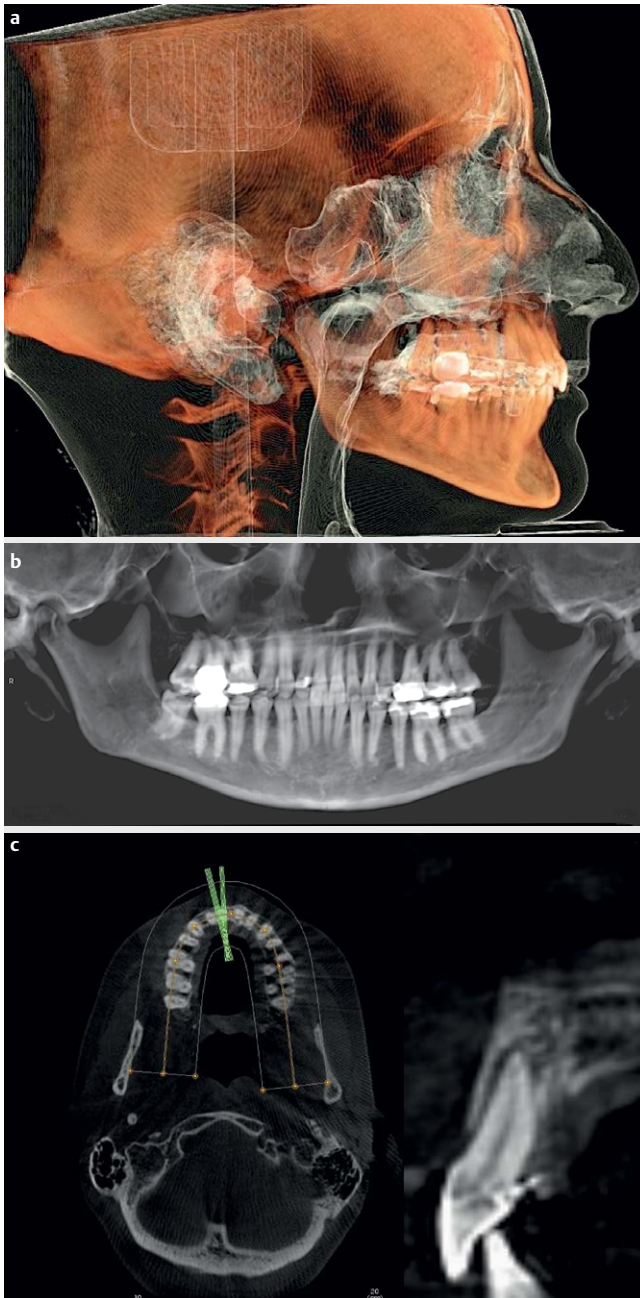
► **Abb. 20** Geplante Endsituation der ClinCheck-Simulation mit jeweils 45 Alignern in Ober- und Unterkiefer.



► **Abb. 21** Behandlungsverlauf bei Aligner 18 von 45 in situ.

sel gemäß der digitalen Planung erreicht. Weitere, zusätzliche Aligner im Sinne einer Nachkorrektur waren nicht notwendig. Verantwortlich für die exakte klinische Umsetzung des vorhergesagten Behandlungsziels ist zum einen neben der individuellen Planung, auch – wie grundsätzlich bei jeder Therapie mit herausnehmbaren Geräten – die unbedingte Compliance des Patienten, wobei durch die geringe ästhetische oder phonetische Beeinträchtigung diese nach unseren Erfahrungen im Allgemeinen meist als unkompliziert eingestuft werden kann.

Neben der Beseitigung der Engstände im Ober- und Unterkiefer (► **Abb. 23 a, b**) ist sowohl radiologisch (► **Abb. 22 a, b**) als auch klinisch (► **Abb. 23 c**) eine deutliche anteriore Bisshebung erkennbar, allerdings in etwas geringerem Umfang als in der digitalen Behandlungssimulation gezeigt. Dies unterstreicht auch hier die Bedeutsamkeit der notwendigen Einplanung einer vertikalen Überkorrektur. Es hat sich bei unseren Behandlungen gezeigt, dass diese Überkorrekturmaßnahmen umso ausgeprägter ausfallen müssen, je älter Patienten sind. Bei der Tiefbissbehandlung jugendlicher Patienten lassen sich in der Regel vertikale Korrekturen demnach deutlich vorhersagbarer aus der Behandlungssimulation klinisch umsetzen. Die tatsächliche Reduktion des Overbites geht im vorgestellten Behandlungsbeispiel einher mit einer signifikanten Inklinationsänderung der oberen zentralen Inzisivi. In der Arch-Section-Darstellung zum Behandlungsende (► **Abb. 22 c**) zeigt sich im Vergleich zur Ausgangssituation (► **Abb. 18 c**), nun eine klargezeichnete, bukkale kortikale Struktur. Diese scheinbare ossäre Regeneration, ausschließlich durch die kieferorthopädische Intrusions- und Torque-Bewegung induziert, steht offenbar in Kausalität mit einer klinisch verbesserten parodontalen Situation im Bereich der attached Gingiva (► **Abb. 23 a**). Der Lockerungsgrad der zentralen Inzisivi entsprach unmittelbar nach kieferorthopädischem Abschluss dem



► **Abb. 22** a DVT-Rekonstruktion im FRS-Darstellungsmodus zu Behandlungsbeginn. b DVT-Rekonstruktion im Panoramamodus zu Behandlungsbeginn. c Arch Section des Zahnes 11 zu Behandlungsabschluss. Nach erfolgter Intrusion und Inklinationsveränderung ist die Bildung einer bukkalen Knochenlamelle erkennbar.

hierbei physiologischen Grad I. Zur Retention kamen sowohl in Ober- als auch Unterkiefer herausnehmbare Halteschienen zum Einsatz, die hier ohne weiteren Scan oder Abformung auf Basis des finalen Aligners (Stage 45) der Planungssoftware bereits vorab bestellt werden konnten.

Auch bei dieser Patientin zeigt sich unmittelbar nach Behandlungsabschluss als Nebeneffekt einer jeden Schienenbehandlung über

einen gewissen Zeitraum, wie bereits oben beschrieben, ein leicht seitlich offener Biss im Bereich der zweiten Molaren (► **Abb. 23 d, e**). In aller Regel ist hier bei diesem Ausmaß mit einem spontanen Settling zu rechnen, wenn die Schienen-Tragezeiten in der Retentionsphase auf die Nachtstunden reduziert werden.

Insgesamt konnte bei dieser Patientin durch die Behandlung des Tiefbisses mittels Alignern eine deutliche Verbesserung der funktionellen und parodontalen Situation im Sinne der Zahnerhaltung, eines parodontalen Attachmentgewinns sowie der Kiefergelenksprophylaxe erreicht werden. Gleichzeitig verbesserte sich darüber hinaus das ästhetische Erscheinungsbild der Patientin (► **Abb. 24**).

Schlussfolgerung

Die dargestellten Behandlungsbeispiele zeigen, dass seriell hergestellte Minioplastschienen, basierend auf einer digitalen Planungssoftware heutzutage grundsätzlich geeignet sind, vertikale orthodontische Veränderungen im Sinne bisshebender oder bisssenkender Maßnahmen weitgehend vorhersagbar klinisch umzusetzen. Gegenüber bukkal oder lingual fest angebrachten Apparaturen sind mit der Aligner-Therapie aufgrund einer sich deutlich unterscheidenden Therapiemethodik und einer systembedingten, generell schwierigeren Kraft- und Drehmoment-Applikation mittlerweile zwar viele, aber nicht immer alle gewohnten Zahnbewegungen möglich. Da es zum Wesen der Aligner gehört, dass sie nun mal nicht auf den Zähnen festgeklebt sind, sollten die alignerspezifischen Parameter bei jeder Therapieplanung gründlich berücksichtigt werden. Dies setzt zum einen eine geeignete Indikationsstellung auf Erhebung einer individuellen, umfassenden Anamnese und Diagnostik voraus, zum anderen verlangt es vom verantwortungsbewussten, behandelnden Kieferorthopäden ein gewisses Maß an Erfahrung und fachlichen Kenntnissen, die eigens in der Aligner-Therapie erforderlich sind, um auch komplexere Behandlungsaufgaben erfolgreich lösen zu können. Dabei sollte der Fachzahnarzt unter Anwendung moderner technologischer Soft- und Hardware-Tools, die die verschiedenen Aligner-Hersteller mit z. T. sehr unterschiedlichem Entwicklungsgrad mittlerweile bieten, unbedingt die Prinzipien der bekannten biomechanischen Grundsätze wahren. Daneben sind die patientenindividuellen Eigenheiten, wie skelettale Konfiguration, eventuelle Para- oder Dysfunktionen, Parodontalbefund, das Alter sowie bei allen herausnehmbaren Therapiemitteln grundsätzlich unbedingt erforderliche, zuverlässige Compliance der Patienten zu beachten. Dann bieten transparente Aligner aufgrund ihrer Unauffälligkeit, ihres Tragekomforts, der geringeren Wartungsintensität, der Schonung der Zahnhartsubstanz sowie einer wahrscheinlich geringeren White-Spot- oder Kariesinzidenz nicht unerhebliche Vorteile sowohl für den Patient als auch für den Behandler. Nicht zuletzt auch aufgrund ihres digitalen Planungs- und Herstellungsprozesses kann die Aligner-Therapie in den Händen des ausgebildeten Fachzahnarztes das traditionelle kieferorthopädische Therapiespektrum sinnvoll ergänzen und wird in Zukunft wohl auch immer mehr an Bedeutung gewinnen.



► **Abb. 23** **a** Intraorale Okklusalaufsicht des Oberkiefers nach Behandlungsabschluss. **b** Intraorale Okklusalaufsicht des Unterkiefers nach Behandlungsabschluss. **c** Intraorale Frontalansicht der klinisch erfolgten Bisshebung mit sichtbarer Verbesserung der Parodontalsituation bei Behandlungsabschluss. **d** Intraorale rechte Seitenansicht unmittelbar zu Behandlungsende bei moderatem passagerem seitlich offenem Biss im Bereich der zweiten Molaren. **e** Intraorale linke Seitenansicht unmittelbar zu Behandlungsende bei moderatem seitlich offenem Biss distal als Nebeneffekt bei Tiefbissbehandlung.



► **Abb. 24** Harmonisch erscheinende Zahn-Lippen-Relation zu Behandlungsende.

Literatur

- [1] Align Technology, Inc., Material Safety Data Sheet, Date: 01/07/13
- [2] Deutschen Gesellschaft für Aligner Orthodontie (DGAO). Auskunft. Jan 2019
- [3] Align Technology, Inc. Align Technology Reaches 6 Millionth Invisalign® Patient Milestone With Tween Patient From China December 17 2018
- [4] Göz G. Stellungnahme der DGKFO zur Behandlung mit Alignern. Januar 2010
- [5] Gu J, Shengyu Tang J, Skulski B.W et al. Evaluation of Invisalign treatment effectiveness and efficiency compared with conventional fixed appliances using the Peer Assessment Rating index. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2017; 151: 259–266

- [6] Papadimitriou A, Mousouleas S, Gkantidis N et al. Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. *Orthodontics* 2018; 19: 37
- [7] Rossini G, Parrini S, Castroflorio T et al. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement, A systematic review. *Angle Orthodontist* Vol 85: No 5 2015
- [8] Company information, Align Technology, Inc., 2000–2019
- [9] Drechsler T. Möglichkeiten und Grenzen der kieferorthopädischen Erwachsenenbehandlung mit wenig sichtbaren Therapiemitteln. *Quintessenz* 2017; 68: 515–523
- [10] Erbe C, Drechsler T, Hartmann L et al. White Spot Lesion in Adolescents During Aligner Therapy – A Novel Method, Abstract Archives. PLANet Systems Group 2019
- [11] Djeu G, Shelton C, Maganzini A. Outcome assessment of Invisalign and traditional orthodontic treatment compared with the American Board of Orthodontics objective grading system. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod* 2005; 128: 292–298 discussion 298
- [12] Giancotti A, Garino F, Mampieri G. Use of clear aligners in open bite cases: an unexpected treatment option. *J Orthod* 44: 114–125 2017
- [13] Shin K. The Invisalign Appliance Could Be an Effective Modality for Treating Overbite Malocclusions Within a Mild to Moderate Range. *J Evid Based Dent Pract. Sep* 2017; 17: 278–280
- [14] Align Technology Inc. Ranges applied to tooth movement categories, Invisalign tooth movement assessment overview, align techninstitute, 2011
- [15] Align Technology (BV) SmartForce feature default protocol B10095-00 Rev. C., 2015
- [16] Khosravi R, Cohan B, Hujoel P et al. Management of overbite with the Invisalign appliance. *Am J Orthod Dentofac Orthop Off Publ Am Assoc Orthod Its Const Soc Am Board Orthod* 2017; 151: 691–699.e2
- [17] Dayan Willy, Aliaga-Del Castillo A, Janson G. Open-Bite Treatment with Aligners and Selective Posterior Intrusion. *Journal of Clinical Orthodontics: JCO* 2019; 53: 53–54
- [18] Schupp W, Haubrich J, Neumann I. Treatment of anterior open bite with the Invisalign system. *J Clin Orthod* 2010; 44: 501–507
- [19] Grummons D. *Orthodontics For The TMJ TMD Patient*, Wright Co. Publishers, Incorporated Scottsdale, Arizona; ISBN: 0-9635961-9-5 1997
- [20] Bumann A, Lotzmann U. *Funktionsdiagnostik und Therapieprinzipien*. 8. Auflage Thieme; ISBN 978-3-13-240061-0 2015
- [21] Samai A. *Untersuchung zur Evaluation der Muskelkraft des M. masseter und M. temporalis anterior bei unterschiedlichen Registrierungsverfahren*. Inaugural-Dissertation Medizinischen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, 2016
- [22] Schmidt E. *Mikroskopische Analyse von Wurzelresorptionen nach initialer orthodontischer Therapie*, Dissertation der Zahnmedizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, 2005