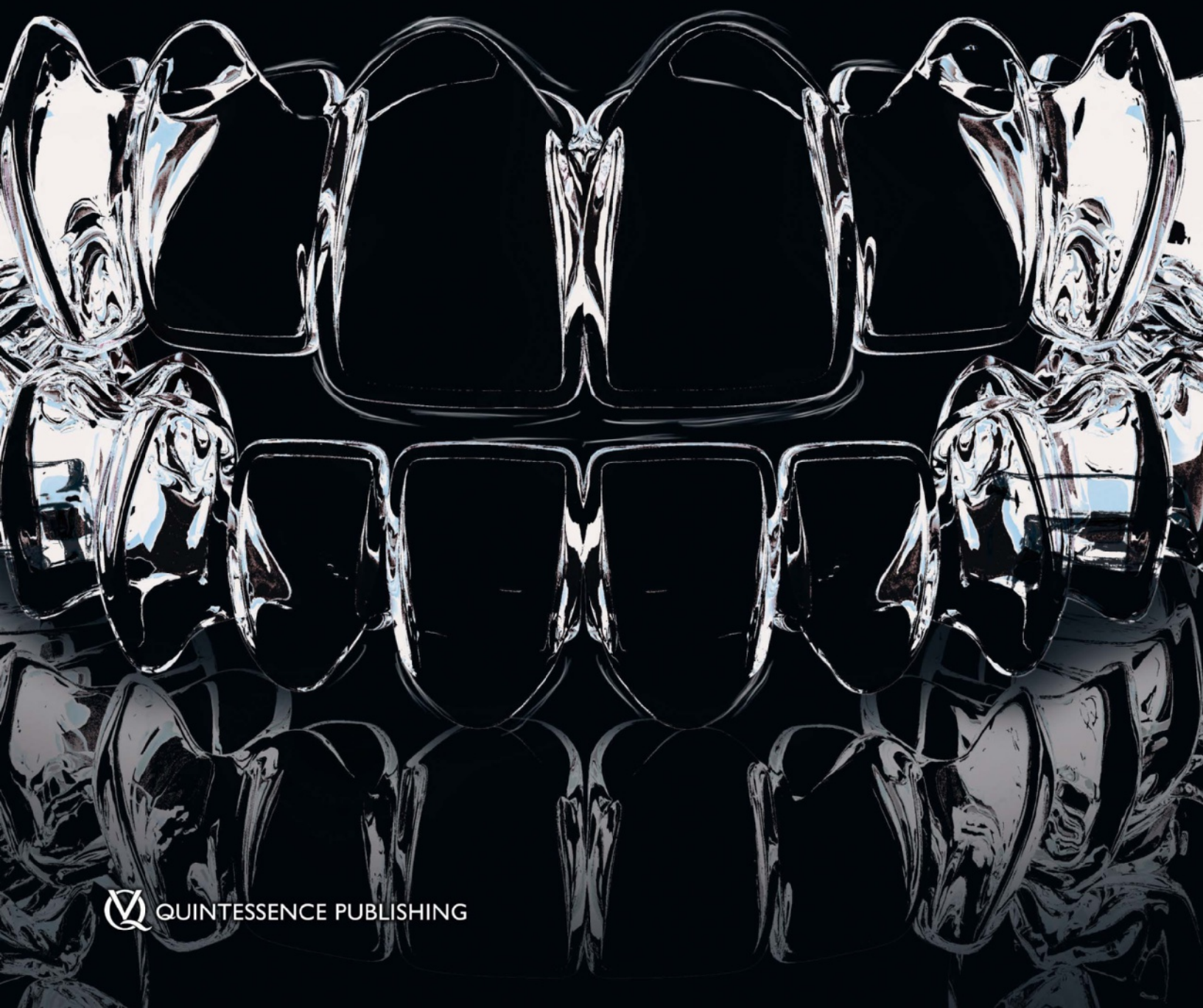


ALIGNERTHERAPY

Sandra Tai

copyright by
not for publication
Quintessenz



Alignertherapie



copyright by
not for publication

ALIGNERTHERAPIE

Sandra Tai

 QUINTESSENCE PUBLISHING

Berlin | Barcelona | Chicago | Istanbul | London | Mailand | Mexiko-Stadt |
Moskau | Paris | Prag | Seoul | Tokio | Warschau



Titel der englischen Originalausgabe:
Clear Aligner Technique
© 2018 Quintessence Publishing, Co, Inc, USA

Da die im Buch vorgestellten Fallbeispiele mithilfe der englischsprachigen Version der Software ClinCheck (Align Technology) behandelt wurden, werden auch in den Abbildungen der deutschen Übersetzung die entsprechenden Screenshots beibehalten.

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.



Quintessenz Verlags-GmbH
Ifenpfad 2-4
12107 Berlin
www.quintessenz.de

© 2019 Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechts ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die im Text genannten Produkte sind zum Teil marken-, patent- und urheberrechtlich geschützt. Aus dem Fehlen eines besonderen Hinweises bzw. des Zeichens ® darf nicht geschlossen werden, dass kein rechtlicher Schutz besteht.

Lektorat, Herstellung und Reproduktionen: Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin
Druck: Grafički zavod Hrvatske d.o.o., Zagreb, Kroatien
ISBN: 978-3-86867-478-1



WIDMUNG

Für meine Eltern Kim und Shirley, deren Glaube, Hoffnung und Liebe mir eine Quelle der Kraft während der Höhen und Tiefen meines Lebens waren.

Für Dr. David Gunaratnam, der mich dazu inspiriert hat, Kieferorthopädin zu werden und mein Leben dem Dienst an anderen zu widmen.

Für Dr. T. Michael Speidel, der mir eine Chance gab und mir sagte, dass ein neues Leben vor mir läge.

Für Dr. Robert Boyd, einen Vorreiter und Visionär auf dem Gebiet der Alignertherapie.

INHALT

Geleitwort VIII

Vorwort IX

Danksagung X

Über die Autorin X

- 1** Kurze Geschichte der kieferorthopädischen Apparatur **1**

- 2** Transparente Aligner und Edgewise-Apparaturen im Vergleich **7**

- 3** Fallselektion für die Alignertherapie **17**

- 4** Behandlungsplanung mit der ClinCheck-Software **23**

- 5** Digitaler Workflow und Verlaufskontrolle **55**

- 6** Fehlerkorrektur, Finishing, Retention **61**

- 7** Auflösen von Engständen **81**





8 Behandlung tiefer Bisse **95**

9 Behandlung frontoffener Bisse **113**

10 Klasse-II-Therapie **131**

11 Klasse-III-Therapie **179**

12 Extraktionstherapie: Extraktion unterer Inzisiven **201**

13 Extraktionstherapie: Prämolarextraktion **223**

14 Orthognathe Chirurgie **253**

15 Interdisziplinäre Behandlung **281**

Sachregister **299**

GELEITWORT

copyright by
not for publication
Quintessenz

Dieses Buch ist ein Muss für jeden Zahnarzt oder Kieferorthopäden, der in seiner Praxis Aligner-Behandlungen anbietet. Natürlich liegt der Schwerpunkt auf der Invisalign-Apparatur, denn sie ist besonders lange im Geschäft und hat die beiden letzten Jahrzehnte dominiert, da immer anspruchsvollere Zahnbewegungen mit der Apparatur möglich geworden sind.

Das Buch beginnt mit einem vergleichenden Überblick über festsitzende Apparaturen und transparente Aligner und zeigt die Entwicklung der Alignertherapie als natürlichen Fortschrittsprozess unseres Verständnisses von bestmöglicher kieferorthopädischer Behandlung. Es folgen Kapitel, in denen die verschiedenen Zahnbewegungen erläutert werden, die inzwischen mit Alignern möglich sind – wieder mit einem Vergleich zwischen den Möglichkeiten von Edgewise-Apparaturen und transparenten Alignern. Das Buch fährt fort mit einer umfassenden Darstellung der Verwendung von ClinCheck (der Invisalign-Software) für die Planung und Ausführung der Behandlung, sobald eine korrekte Diagnose gestellt wurde. Besondere Beachtung findet dabei, wie Zahnbewegungen optimalerweise geplant werden sollten und welche Bewegungen schwieriger, welche zuverlässiger durchführbar sind.

Anschließend geht die Darstellung zu Fehlerkorrektur, Finishing und Retention über und erläutert in der zweiten Hälfte des Werkes die verschiedenen mit Alignern möglichen Zahnbewegungen im Detail. Unter einer Fülle praktischer Tipps finden sich Hinweise zur Planung und Durchführung eventuell notwendiger Überkorrekturen und Überbehandlungen. Auch ein Kapitel zur Behandlungsplanung für die orthognathe Chirurgie ist dabei, das sowohl den konventionellen Ansatz mit vorgängiger Kieferorthopädie als auch den *Surgery-first*-Ansatz berücksichtigt. Das letzte Kapitel bietet eine hervorragende Darstellung zu interdisziplinären Behandlungen, die restaurative und funktionelle Probleme mit ästhetischen Konzepten verbinden.

Der wichtigste Beitrag dieses Buches besteht jedoch in der geradlinigen und klar verständlichen Darstellung. Sandra Tai ist ohne Zweifel eine überaus begabte Kieferorthopädin, eine erfahrene Lehrerin für jedes Niveau und eine hervorragende Autorin. Alle Beispielfälle sind fotografisch exzellent dokumentiert und zeigen die neusten und effektivsten Methoden der Alignertherapie.

Ich empfehle den Lesern nachdrücklich, diesem Buch einen Platz in ihrer Praxisbibliothek zu reservieren.

ROBERT L. BOYD, DDS, MEd
Professor, Abteilung Kieferorthopädie
Zahnmedizinische Fakultät Arthur A. Dugoni
University of the Pacific

VORWORT



Transparente Aligner sind die Zukunft der Kieferorthopädie. Leider ist aufgrund der rasanten Fortschritte auf dem Gebiet der digitalen Kieferorthopädie jedes Buch schnell veraltet, mitunter bereits zum Zeitpunkt der Drucklegung. Die Herausforderung besteht darin, ein Buch zu schreiben, das mit der sich entwickelnden Technik auf Augenhöhe ist und dabei zugleich einen Einstieg für alle bietet, die sich mit grundlegenden kieferorthopädischen Prinzipien vertraut machen und in die Alignertherapie einarbeiten möchten. Das vorliegende Buch versucht genau dies, indem es die Alignertherapie unter den Gesichtspunkten der Diagnostik und Behandlungsplanung darstellt. Behandelt werden bewährte kieferorthopädische Prinzipien der Biomechanik, Verankerung und Okklusion und ihre Anwendung auf die Behandlung mit Alignern – Prinzipien, die trotz technischer Entwicklungen und wechselnder Apparaturen überdauern werden.

Das Buch ist als Handbuch zur Alignertherapie gedacht. werdende und ausgebildete Kieferorthopäden, Zahnärzte und Zahnmedizinstudenten sollen eine nützliche Quelle für die Beschäftigung mit der Funktionsweise von Alignern als kieferorthopädischer Apparatur finden, indem die Grundprinzipien von Alignerbehandlungen dargelegt werden. Die Bibliografien listen jeweils die aktuellsten wissenschaftlichen Publikationen zu transparenten Alignern auf.

Zugleich ist das Werk als praktisches Handbuch konzipiert. Meine Hoffnung geht dahin, dass ein Zahnarzt, der einen bestimmten Patienten mit Alignern therapieren möchte, das Kapitel aufschlägt, welches der betreffenden Dysgnathie gewidmet ist, und anhand der dortigen Informationen in der Lage ist, (1) eine korrekte Diagnose zu stellen, (2) einen geeigneten Behandlungsplan zu formulieren, (3) diejenigen Zahnbewegungen digital zu programmieren, die zum Behandlungsziel führen, sowie (4) die Therapie klinisch durchzuführen, im Fall von Komplikationen die Fehler zu korrigieren und die Behandlung mit geeigneten Finishing-Techniken abzuschließen, um ein hervorragendes Ergebnis zu erreichen.

Doch auch wenn wir immer besser lernen, die Macht des Digitalen einzusetzen, um Zähne zu bewegen und die Okklusion mit einer Genauigkeit zu regulieren, die früher nicht für möglich gehalten wurde, sollten wir nicht vergessen, dass wir im Kern unseres Berufs als Kieferorthopäden das Lächeln der Patienten und damit ihr Leben verändern.

DIE ZUKUNFT IST TRANSPARENT.

DANKSAGUNG



„Wertschätzung ist etwas Wunderbares, denn sie macht das, was an anderen vortrefflich ist, auch uns zu eigen.“

— Voltaire

Ich möchte all denen meine tiefe Wertschätzung aussprechen, die Anteil an der Entstehung dieses Buches hatten: Der Freundin, die als erste meinte, der Ordner mit meinen Vorlesungsnotizen sähe aus, als könne ein Fachbuch daraus werden. Meiner Schwester Anne, die dafür gesorgt hat, dass ich bei der Sache geblieben bin. Catherina, die mich ermutigt hat, das Buch Quintessenz anzubieten. Einer Freundin, die mir einen speziellen Stift kaufte, um mein Buch als Ausdruck meines Glaubens daran zu signieren. Und anderen, die mir Mut gemacht, an mich geglaubt und mich auf vielfältige und unschätzbare Weise unterstützt haben.

Danken möchte ich ferner Dr. Charlene Tai Loh für ihre wertvolle Hilfe bei der Erstellung der Bibliografie, Dr. Brandon Huang, der meine klinischen Verpflichtungen übernahm, wenn ich schreiben musste, und meinem fantastischen Praxisteam, das so hervorragend fotografieren und Patienten betreuen kann – darunter Stephanie Sarino, die mir zu jeder Tages- und Nachtzeit Fotos und Röntgenbilder geschickt hat, wenn ich sie brauchte.

Schließlich geht mein Dank an alle Zahnärzte weltweit, die meine Vorlesungen besucht und nachgefragt haben, ob deren Inhalt irgendwann auch als Buch verfügbar sein würde: Danke für Inspiration und Ermutigung und dafür, dass Sie die Grenzen der Innovation gemeinsam mit mir erweitert haben.

ÜBER DIE AUTORIN

Sandra Tai, BDS, MS, ist seit dem Jahr 2000 Invisalign-zertifizierte Kieferorthopädin und derzeit unter den Invisalign Top 1 %/Diamond Providern. Sie hat bereits über 1500 Fälle mithilfe von Invisalign behandelt. Als Redaktionsmitglied des *Journal of Aligner Orthodontics* und Mitglied der Align Tech Faculty in Nordamerika ist sie an mehreren klinischen Forschungsprojekten und klinischen Studien der FDA zu transparenten Alignern beteiligt. Sandra Tai ist zur Zeit Clinical Assistant Professor in Orthodontics und Koordinatorin für das Invisalign-Programm an der Universität von British Columbia in Vancouver. Auf internationaler Ebene hält sie zahlreiche Vorträge und spricht mit Kieferorthopäden auf der ganzen Welt über transparente Aligner und deren Potenzial. Sandra Tai ist Fellow des College of Dental Surgeons in British Columbia und Fellow des Royal College of Dentists, Kanada, sowie Mitglied mehrerer Berufsverbände. Sie ist außerdem Gründungsmitglied und ehemalige Präsidentin des Orthodontic Ties Seminars Study Club und des Invisalign Study Club in Vancouver, wo sie Zahnärzte unter Verwendung des Invisalign-Systems ausbildet und betreut. Ihre Weiterbildung zur Kieferorthopädin absolvierte sie an der Universität von Minnesota.





2 TRANSPARENTE ALIGNER UND EDGEWISE- APPARATUREN IM VERGLEICH

IN DIESEM KAPITEL

Kraftwirkung, Übertragung und Verankerung 8

Extrusion, Intrusion, Torque und Wurzelneigung 12

Behandlungsmechanik 14

TABELLE 2-1 Form der Kraftwirkung, Übertragung und Verankerung bei festsitzenden Apparaturen und transparenten Alignern

	FESTSITZENDE APPARATUR	TRANSPARENTER ALIGNER
Kraftwirkung	Übt einen „Zug“ am Zahn aus	Übt einen „Druck“ auf den Zahn aus
Übertragung	Drahtbogen im Bracket: je dicker der Draht, umso besser die Übertragung	Kunststoff um Zähne: je mehr Kunststoff am Zahn anliegt, umso besser die Übertragung
Verankerung	Reziproke Verankerung: drittes newtonsches Gesetz	Verankerungssegmente können vorbestimmt werden

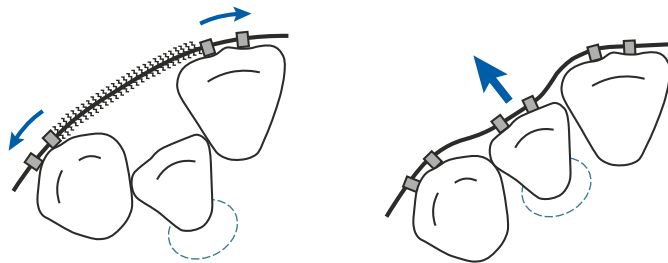


Abb. 2-1 Indem der Bogen zu seiner ursprünglichen Form zurückkehrt, zieht er den palatinal verlagerten Zahn in die Zahnreihe.

Die Behandlung mit transparenten Alignern ist eine kieferorthopädische Technik. Daher müssen auch die kieferorthopädischen Prinzipien der Kraftanwendung, Übertragung, Verankerung und Biomechanik auf die Alignertechnik angewendet werden. Transparente Aligner bewegen die Zähne jedoch anders, als festsitzende Apparaturen dies tun. Daher ist ein klares Verständnis der Gemeinsamkeiten und Unterschiede festsitzender Apparaturen und transparenter Aligner eine Grundvoraussetzung für die Entscheidungsfindung in der Frage, ob ein Fall festsitzend oder mit Alignern behandelt werden soll. Transparente Aligner sind für die Behandlung bestimmter Fehlstellungen besser geeignet als festsitzende Apparaturen, da sie eine bessere vertikale Kontrolle und bessere Lösungen für das Problem der Verankerung bieten. Eine genaue Kenntnis der Stärken und Schwächen von transparenten Alignern als kieferorthopädischer Apparatur hilft dem Kieferorthopäden bei der Wahl der bestgeeigneten Apparatur für eine spezielle Fehlstellung.

KRAFTWIRKUNG, ÜBERTRAGUNG UND VERANKERUNG

Tabelle 2-1 vergleicht festsitzende Apparaturen und transparente Aligner hinsichtlich Kraftwirkung, Übertragung und Verankerung.

Kraft

Ein grundlegender Unterschied zwischen der Art und Weise, wie eine Multibracket-Apparatur und ein transparenter Aligner Zähne bewegen, liegt darin, dass festsitzende Apparaturen Zug, Aligner dagegen Druck auf die Zähne ausüben.

Abbildung 2-1 zeigt einen Bogen, der mit einem palatinal verlagerten Zahn verbunden ist. Aufgrund seiner Elastizität strebt der Bogen die Rückkehr zu seiner ursprünglichen Form an. Indem er zu seiner alten Form zurückkehrt, übt der Bogen Zug auf den verlagerten Zahn aus und bewegt ihn in die Zahnreihe.

Die auf den Zahn wirkende Kraft hängt von der Elastizität des Drahtes und dem Umfang der Ver-

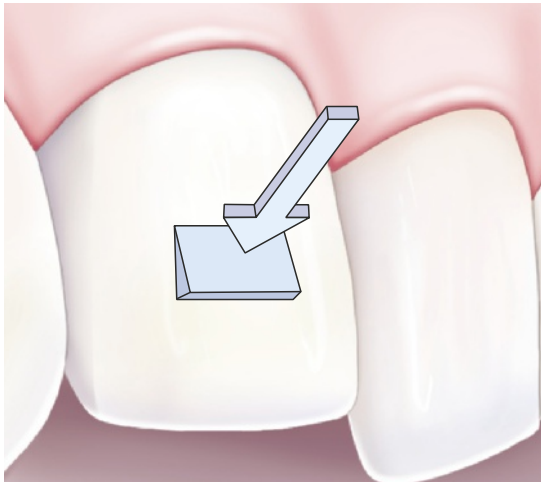


Abb. 2-2 Ein transparenter Aligner drückt auf die plane Fläche eines Attachments, um den Zahn zu bewegen.

formung ab, die der Bogen durch das Einligieren im Bracket des betreffenden Zahns erfährt. Ähnlich wird beim Lückenschluss mit einer festsitzenden Apparatur eine Gummikette gedehnt und mit den Zähnen auf der anderen Seite der Lücke verbunden. Indem diese elastische Kette sich kontrahiert und in ihre Ausgangsform zurückkehrt, zieht sie die Zähne zusammen und die Lücke schließt sich.

Dagegen bewegen transparente Aligner die Zähne durch Ausübung von Druckkräften. Wird ein Aligner auf die Zähne gesetzt, kommen geringfügige Differenzen zwischen der Position der Zähne im Mund und der in den Aligner eingearbeiteten Zahnposition zum Tragen. Der Aligner verformt sich auf den Zähnen und drückt die Zähne dank der Elastizität des Alignermaterials in ihre neue Position. Auf die Zähne geklebte optimierte Attachments bieten eine plane, aktive Fläche, gegen die der Aligner drücken kann, um auch Zahnbewegungen wie Extrusion oder Rotation zu bewirken (Abb. 2-2).

Übertragung

Festsitzende Apparaturen wirken über einen Drahtbogen, der in das Schloss der Brackets einligiert wird, auf die Zähne. Je dicker und starrer der Draht, desto besser die Übertragung. Die Bogensequenz beginnt

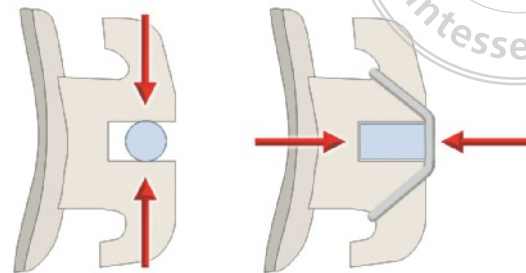


Abb. 2-3 Der initiale Bogen aus rundem, elastischem Draht wirkt auf den Zahn, um ihn in die gewünschte Position zu bringen. Ein Vierkantdraht mit entsprechendem Querschnitt füllt das Bracketschloss voll aus, sodass der Torque und die Kippung, die im Schloss programmiert sind, klinisch wirksam werden können. (Nachdruck aus: Burstone CJ, Choy KC. *The Biomechanical Foundation of Clinical Orthodontics*. Chicago: Quintessenz, 2015, mit freundlicher Genehmigung)

mit Bögen aus elastischem Runddraht mit großem Aktivierungsbereich und hoher Elastizität und geht schrittweise zu Bögen aus starrem Vierkant-Edelstahldraht über. Durch einen Bogen, dessen Querschnitt der Größe des Bracketschlusses entspricht, werden Kippungen, Torques und In-Outs, die im Schloss bzw. der Basis des Brackets programmiert sind, am vollständigsten zur Ausprägung gebracht (Abb. 2-3).

Transparente Aligner wirken auf die Zähne durch das den Zähnen anliegende Material ein. Je mehr Alignermaterial einen Zahn umgibt, umso besser die Übertragung. Bei Zähnen mit langen klinischen Kronen und großen Oberflächen ist die Übertragung besser und damit die Zahnbewegung ausgeprägter (Abb. 2-4a). Kurze klinische Kronen und kleinere Oberflächen führen zu einer schlechteren Übertragung mit geringer ausgeprägter Zahnbewegung (Abb. 2-4b). Eine Möglichkeit, die Übertragung des Aligners auf Zähne mit kleiner Morphologie, bspw. auf als Zapfenzähne ausgebildete laterale Inzisiven, zu verbessern, ist die Platzierung eines Attachments auf dem Zahn. Dieses Attachment vergrößert die Zahnoberfläche und verbessert die Übertragung des Aligners, sodass die Zahnbewegung klinisch realisiert werden kann. Ebenso ist es bei einer geplanten sequenziellen Distalisation wichtig, die Distalfläche des distalsten Zahns zu registrieren, damit der Aligner voll auf diesen Zahn wirken kann.



Abb. 2-4 Lange klinische Kronen (a) führen zu einer besseren Übertragung mit transparenten Alignern, kurze klinische Kronen (b) zu einer schlechteren.

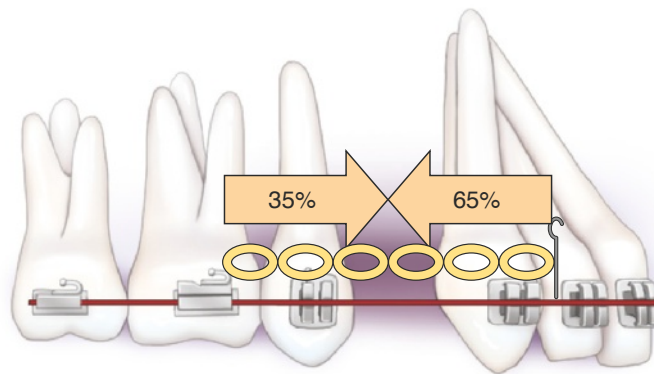


Abb. 2-5 Konzept der reziproken Verankerung beim Extraktionslückenschluss mit einer festsitzenden Apparatur.

Verankerung

Bei festsitzenden Edgewise-Apparaturen ist das am häufigsten verwendete Verankerungskonzept die reziproke Verankerung im Sinne des dritten newtonschen Gesetzes: Zu jeder wirkenden Kraft existiert eine gleich große, entgegengesetzt wirkende Kraft (Abb. 2-5). Eine Zahngruppe fungiert als Verankerung für eine andere Zahngruppe. So dient bspw. beim Lückenschluss nach Extraktion erster Prämolaren das posteriore Segment als Verankerung für die Frontzähne, während gleichzeitig die Frontzahngruppe als Verankerung für die Seitenzähne fungiert. Da die Gesamtwurzelfläche der Seitenzähne größer ist als die der Frontzähne, wird die Frontzahngruppe in größerem Maße retrahiert werden, als sich das Seitenzahnsegment nach anterior bewegt. Diese Mesialisation der Seitenzähne wird auch als Verankerungsverlust bezeichnet. Der Verankerungsverlust wird vom Kieferorthopäden bei der Behandlungsplanung für Extraktionsfälle normalerweise mit eingerechnet, um sicherzustellen, dass die abschließende Verzahnung in einer Höcker-Fossa-Beziehung endet.

Bei der Alignertherapie können die Verankerungssegmente vorher festgelegt werden und sich zwi-

schen den einzelnen Behandlungsetappen ändern. Transparente Aligner bieten eine sehr gute Verankerungskontrolle, da die Ankerzähne für einzelne Behandlungsetappen immobilisiert werden können. So werden beim Staging einer sequenziellen Distalisation im oberen Zahnbogen während der ersten Behandlungsphase nur die zweiten Molaren distalisiert. Die übrigen Zähne im Oberkiefer von erstem Molar zu erstem Molar bewegen sich in dieser Phase nicht und fungieren als Verankerungssegment, um die zweiten Molaren im Rahmen der anteroposterioren Korrektur nach distal zu bewegen (Abb. 2-6).

Im G6-Protokoll für die Prämolarenextraktion (Align Technology) werden zur Maximierung der Verankerung zunächst nur die Eck- und Seitenzähne bewegt. Die Schneidezähne bewegen sich nicht, sondern dienen als anteriore Verankerungsgruppe für den Lückenschluss durch Distalisation des Eckzahns in die Extraktionslücke. An einem bestimmten Punkt der Behandlung stoppt die Bewegung des zweiten Prämolaren und der Molaren, die nun zum posterioren Verankerungssegment für die Retraction der Eckzähne und Inzisiven werden, bis die Extraktionslücke vollständig geschlossen ist (Abb. 2-7). Verankerungskonzepte werden ausführlich in Kapitel 13 erörtert.

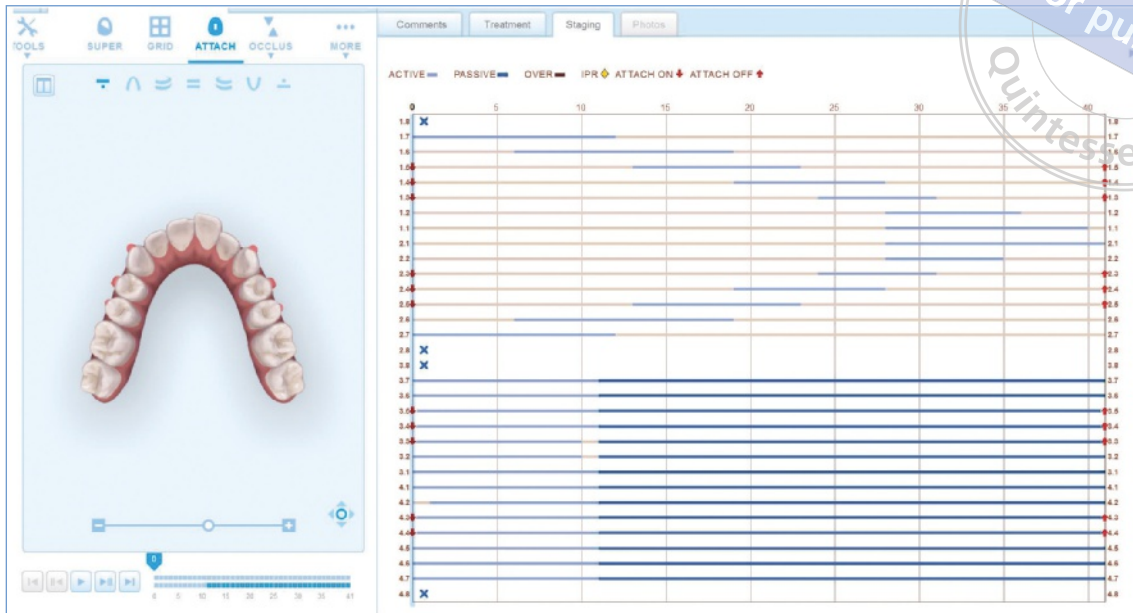


Abb. 2-6 Ablaufplan für die sequenzielle Distalisation oberer Molaren. Von Phase 1 bis 12 bewegen sich nur die oberen zweiten Molaren. Die übrigen Oberkieferzähne von 16 bis 26 fungieren als Verankerungssegment.

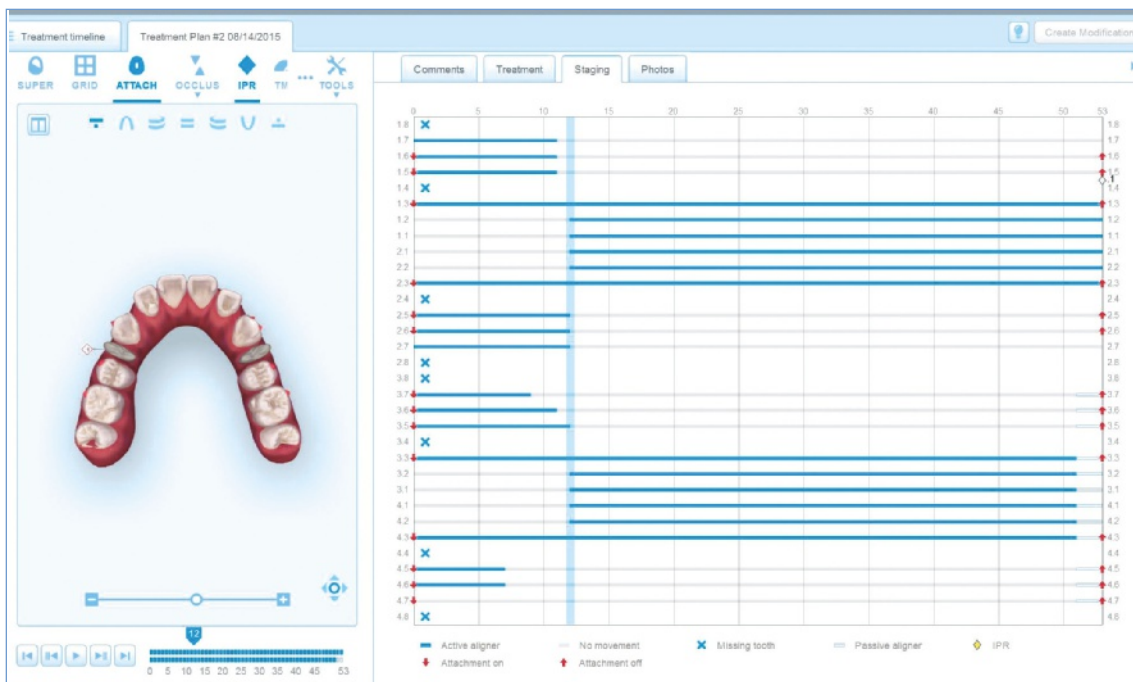
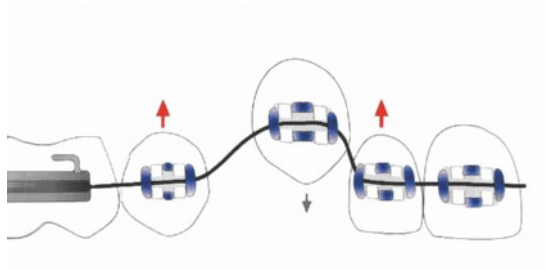


Abb. 2-7 G6-Ablaufplan für den Lückenschluss nach Exztraktion der ersten Prämolaren. Diese bewegen sich während der ersten Behandlungsphasen nicht und dienen als Verankerungssegment für die Distalisation des Eckzahns in die Exztraktionslücke. Nach Phase 14 werden die Seitenzähne nicht mehr bewegt, die nun als Verankerungssegment für die allmähliche Retraktion der Eck- und Schneidezähne dienen, bis die Exztraktionslücke vollständig geschlossen ist.

TABELLE 2-2 Möglichkeiten festsitzender Apparaturen und transparenter Aligner bezüglich Extrusion, Intrusion, Torque und Wurzelkippen

	FESTSITZENDE APPARATUREN	TRANSPARENTE ALIGNER
Extrusion	einzelne Zähne	Frontzahnsegment
Intrusion	nur relative Intrusion	Ganze Segmente oder selektive Intrusion
Torque	vestibulärer und oraler Wurzeltorque	vestibulärer Wurzeltorque durch Power Ridges
Wurzelkippen	Kontrolle von Wurzelkippen durch Bracketpositionen und Biegungen im Bogen	Kontrolle von Wurzelkippen durch optimierte Attachments durch virtuelle Giebelbiegungen (<i>v-bends</i>)

**Abb. 2-8** Bei festsitzenden Apparaturen induzieren auf den Eckzahn wirkende Extrusionskräfte Intrusionskräfte an den benachbarten Zähnen.**Abb. 2-9** Extrusion oberer Inzisiven mit optimierten Extrusionsattachments für mehrere Zähne, um einen frontoffenen Biss zu schließen. (Abdruck mit freundlicher Genehmigung von Align Technology.)

EXTRUSION, INTRUSION, TORQUE UND WURZELAUFRICHTUNG

Tabelle 2-2 bietet eine Gegenüberstellung der Möglichkeiten festsitzender Apparaturen und transparenter Aligner in Bezug auf Extrusion, Intrusion, Torque und Wurzelkippen.

Extrusion

Mit festsitzenden Edgewise-Apparaturen ist die Extrusion eines einzelnen Zahns relativ problemlos zu bewerkstelligen. Da alle Zähne des Zahnbogens über einen Bogen verbunden sind, treten jedoch reziproke Bewegungen der angrenzenden Zähne auf. Bspw. werden bei einem Fall, wo ein labial verlagertes Eckzahn extrudiert werden muss, der laterale und zentrale Schneidezahn sowie der erste Prämolare dessel-

ben Quadranten eine Intrusion erfahren (Abb. 2-8). Hieraus kann sich eine vorübergehende Neigung der Okklusionsebene ergeben. Wenn die Bogen-Sequenz bei starrereren Bögen angelangt ist, wird sich die Okklusionsebene schließlich wieder nivellieren. Sind reziproke Zahnbewegungen unerwünscht, kann die Okklusion über einen starren Bogen stabilisiert werden, während ein zweiter, elastischer Overlay-Bogen zur Extrusion des labial verlagerten Eckzahns benutzt wird.

Für transparente Aligner ist die Extrusion eines einzelnen Zahns je nach dem erforderlichen Umfang eine Zahnbewegung von mittlerem Schwierigkeitsgrad. Gegebenenfalls müssen Hilfsmittel wie Knöpfchen und Gummizüge eingesetzt werden, um eine Einzelzahnextrusion zu unterstützen. Dagegen kann die Extrusion ganzer Zahngruppen, bspw. der oberen Schneidezähne zur Korrektur eines frontoffenen Bisses, mit transparenten Alignern erfolgreich durchgeführt werden (Abb. 2-9).

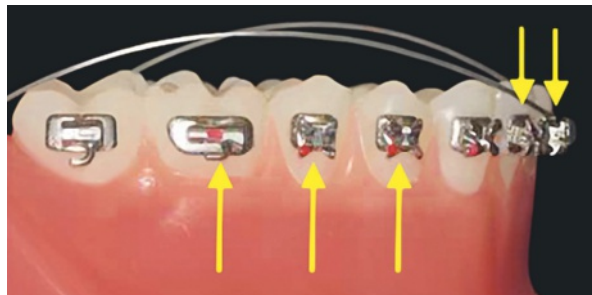


Abb. 2-10 Relative Intrusion mit einem Reverse-Curve-Bogen.

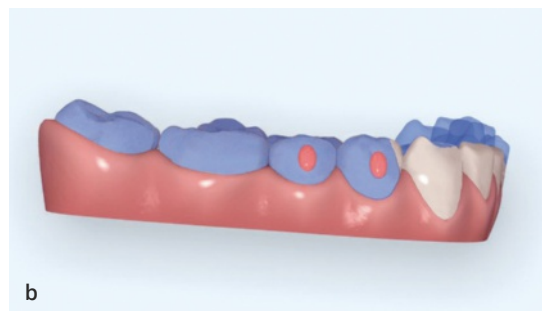
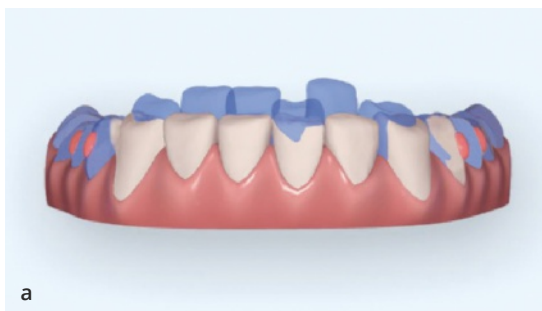


Abb. 2-11 (a, b) Virtuelle Überlagerung: Intrusion der Frontzahngruppe zur Nivellierung der Spee-Kurve.

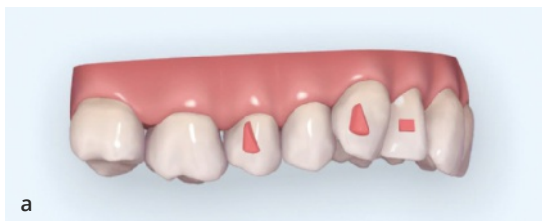


Abb. 2-12 (a, b) Virtuelle Überlagerung: Intrusion des posterioren Segments, um interokklusalen Freiraum zu schaffen.

Intrusion

Bei festsitzenden Edgewise-Apparaturen erfolgt die Nivellierung des Zahnbogens durch relative Intrusion mit Reverse-Curve-Bögen (Abb. 2-10). Während die Frontzähne intrudiert werden, kommt es zu einer gewissen begleitenden Extrusion der Seitenzähne. Alternativ können intrusive Teilbögen mit sorgfältiger Kontrolle der posterioren Verankerung durch einen Gaumenbügel oder Lingualbogen oder ein High-Pull-Headgear im Oberkiefer verwendet werden, um eine unerwünschte reziproke Extrusion der Seitenzahngruppe zu verhindern.

Die Behandlung mit transparenten Alignern gestattet eine erfolgreiche Intrusion ganzer Zahngrup-

pen. Auch die selektive Intrusion einzelner Zähne zur Regulierung einer unregelmäßigen Okklusionsebene oder Nivellierung der Gingivaränder kann programmiert werden. Sofern gewünscht lässt sich dies ohne begleitende Extrusion des posterioren Segmentes durchführen. Transparente Aligner bieten also eine hervorragende vertikale Kontrolle. In Abbildung 2-11 wurde eine Intrusion der Frontzähne zur Nivellierung der Spee-Kurve im Unterkiefer und Korrektur eines Tiefbisses programmiert. Abbildung 2-12 zeigt die Programmierung einer Intrusion des posterioren Segmentes, um nach Elongation der Seitenzähne okklusalen Freiraum zu schaffen.



Abb. 2-13 Power Ridges sind ein Element für die Regulierung des Schneidezahntorques im Ober- und Unterkiefer.

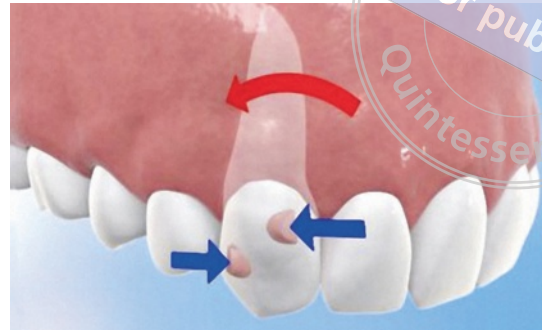


Abb. 2-14 Optimierte Attachments für die Korrektur von Wurzelkippungen. (Abdruck mit freundlicher Genehmigung von Align Technology.)

Torque

Bei Edgewise-Apparaturen ist der Torque bereits im Bracketschloss vorgegeben. Der Umfang der Torquebewegung hängt vom Querschnitt des Bogens und dem Betrag des Torques ab, der in das Bracketschloss programmiert ist. Unterschiedliche Bracketssysteme haben unterschiedliche Torquevorgaben. Einige Kieferorthopäden benutzen für einzelne Patienten in Abhängigkeit von der initialen Fehlstellung Brackets mit unterschiedlichen Torque-Werten. Zusätzlicher Torque kann durch Torque-Biegungen im Draht hinzugefügt werden. Ist der Bogen kleiner als das Bracketschloss, kann sich der Draht bis zu einem gewissen Winkel frei im Schloss bewegen, d. h. er hat Spiel. Dieses Spiel zwischen Bracketschloss und Bogen ist dafür verantwortlich, dass bei einer feststehenden Apparatur der tatsächlich erreichte Torque immer unter der Torquevorgabe liegt.

Transparente Aligner verwenden sogenannte Power Ridges, um einen oralen Wurzelortorque zu erreichen (Abb. 2-13). Der Schneidezahntorque der endgültigen Okklusion kann für den individuellen Patienten abhängig vom Grad der Fehlstellung, der angestrebten definitiven Okklusion und der gewünschten Weichgewebeunterstützung individuell programmiert werden. In Fällen, in denen ein übermäßiger Torque vermieden werden soll, lässt sich der Schneidezahntorque mit Alignern hervorragend steuern. Unerwünscht ist übermäßiges Torquen bei leichter Schneidezahnprotrusion, die ohne Extraktionen behandelt wird, in der Unterkieferfront bei Extraktion eines unteren Inzisiven und wenn der Schneidezahn-Unterkiefernebenenwinkel besonders vorsichtig behandelt werden muss. Wie bei den feststehenden Apparaturen gibt es auch hier ein gewisses Spiel zwischen Aligner und Zähnen, sodass der klinisch erreichte Torque hinter dem programmierten

Wert zurückbleibt. In Extraktionsfällen, in denen ein gewisser Verlust beim Schneidezahntorque antizipiert werden kann, sollte daher in der Software etwas zusätzlicher Torque in die definitive Okklusion eingebaut werden. Die Regulierung des Interinzisalwinkels wird in Kapitel 6, das Management von Schneidezahn-Torqueverlust bei Extraktionsfällen in Kapitel 13 besprochen.

Wurzelinklination

Bei Edgewise-Apparaturen ist die Kippung in das Bracketschloss eingebaut. Muss die Wurzelinklination darüber hinaus justiert werden, wird eine entsprechende Biegung im Bogen vorgenommen. Wieder kann zwischen Bracketschloss und Bogen etwas Spiel auftreten, was die vollständige Realisierung der im Bracket programmierten Aufrichtung verhindert.

Bei der Alignertherapie kann die Wurzelneigung durch optimierte Attachments für die Kontrolle der Wurzelinklination reguliert werden (Abb. 2-14). Lange vertikale Rechteckattachments ermöglichen ebenfalls eine Regulierung der Wurzelneigung. Bei Extraktion eines unteren Schneidezahns oder bei Prämolarenextraktionsfällen sind gegebenenfalls virtuelle Giebelbiegungen (*v-bends*) nötig, um eine genaue Steuerung der Wurzelneigung beim Lückenschluss zu erreichen.

BEHANDLUNGSMECHANIK

Einen Vergleich feststehender Apparaturen und transparenter Aligner bezüglich Schneidezahnneigung, vertikaler Kontrolle, Mittellinienkorrektur und Zahngrößendiskrepanzen bietet Tabelle 2-3.

TABELLE 2-3 Möglichkeiten festsitzender Apparaturen und transparenter Aligner in Bezug auf Schneidezahnneigung, vertikale Kontrolle, Mittellinienkorrektur und Zahngrößendiskrepanz

	FESTSITZENDE APPARATUREN	TRANSPARENTE ALIGNER
Schneidezahnneigung	Schneidezähne tendieren zur Proklination während der Behandlung	hervorragende Steuerung der Schneidezahninklination
Vertikale Kontrolle	Overjet und Overbite nehmen mit zunehmender Schneidezahnproklination während der Regulierung ab	hervorragende vertikale Kontrolle in Fällen mit geringem Overjet und Overbite
Mittellinienkorrektur	abhängig vom regelmäßigen Tragen von Cross-Elastics	vorhersagbar
Zahngrößendiskrepanz	muss im Verlauf der Behandlung berechnet und ausgeglichen werden	lässt sich mithilfe der ClinCheck-Software exakt berechnen

Schneidezahninklination

Während der Behandlung mit festsitzenden Apparaturen besteht die Tendenz zu einer Proklination der Schneidezähne. Dagegen ermöglichen transparente Aligner eine hervorragende Kontrolle über die Schneidezahnneigung. Das ClinCheck-Behandlungsformular bietet sogar die Möglichkeit, anzugeben, dass keine Proklination gewünscht ist. Die vestibuloorale Stellung der oberen und unteren Inzisiven vor und nach der Behandlung lässt sich zudem mithilfe des Überlagerungswerkzeugs verfolgen, um sicherzustellen, dass die Neigung und vestibuloorale Position der Schneidezähne in der endgültigen Okklusion erhalten bleiben.

Vertikale Kontrolle

Bei Verwendung festsitzender Apparaturen nehmen der Overbite und Overjet tendenziell ab, während die Schneidezähne im Verlauf der Regulierung proklinieren. Das ist günstig, wenn die Ausgangssituation durch einen Tiefbiss mit vergrößertem Overjet gekennzeichnet ist, aber ungünstig, wenn zu Beginn ein geringer Overbite und Overjet vorliegen.

Transparente Aligner ermöglichen eine hervorragende vertikale Kontrolle bei Fällen mit geringem Overbite und Overjet. Da die Aligner die Zähne okkusal überdecken und Intrusionen im Behandlungsplan programmiert werden können, lässt sich die Vertikaldimension während der Nivellierung und Regulierung sehr gut steuern.

Mittellinienkorrektur

Zur Mittellinienkorrektur bei festsitzenden Behandlungen müssen in der Regel anteriore Gummizüge getragen werden. Die Behandlung ist in diesem Punkt stark von der Mitarbeit der Patienten abhängig und für den Behandler frustrierend, wenn die Mittellinienkorrektur misslingt, da Elastics im Frontzahnbereich besonders unangenehm zu tragen sind.

Mit transparenten Alignern gelingt die Mittellinienkorrektur zuverlässiger, da normalerweise eine approximale Schmelzreduktion in den Behandlungsplan aufgenommen wird, um die dentalen Mittellinien zu korrigieren. Wenn die Mittellinien in der Softwareplanung der definitiven Okklusion als korrigiert erscheinen, wird es auch klinisch sehr wahrscheinlich zur Korrektur kommen.

Zahngrößendiskrepanz

Mit festsitzenden Apparaturen wird eine anteriore Zahngrößendiskrepanz (Bolton-Diskrepanz) normalerweise erst im Verlauf der Behandlung berechnet und ausgeglichen. Typischerweise wird das relevant, wenn der Kieferorthopäde Schwierigkeiten hat, Lücken im Oberkiefer zu schließen oder den Eckzahn in eine stabile Klasse-I-Relation zu führen. Bei der Korrektur der Diskrepanz muss entschieden werden, ob neben den in Relation zu kleinen lateralen Inzisiven Platz gelassen wird oder die Eckzähne in einer leichten Klasse-II-Beziehung bleiben, d. h. ein Kompromiss bei der Verzahnung gesucht wird.

Bei einer Alignertherapie rechnet die Behandlungsplanungssoftware Zahngrößendiskrepanzen exakt mit ein und löst das Problem je nach Präferenz des Kieferorthopäden entweder, indem um die lateralen Inzisiven Platz gelassen wird, oder durch eine zusätzliche approximale Schmelzreduktion im Gegenkiefer. Die Entscheidung wird während der Behandlungsplanung getroffen und in die endgültige Okklusion eingerechnet.

SCHLUSSFOLGERUNG

Die in diesem Kapitel diskutierten Unterschiede feststehender Apparaturen und transparenter Aligner in Bezug auf die Mechanismen der Zahnbewegung sollten dem Kieferorthopäden eine Vorstellung von der Anwendung kieferorthopädischer Prinzipien auf die Alignertechnik vermitteln. Bei der Entscheidungsfindung, welche Apparatur zur Korrektur der Fehlstellung am besten geeignet ist, sollte klar sein, dass es sich nicht um die Entscheidung zwischen einer ästhetischen und einer unästhetischen Apparatur handelt und nicht um die Materialwahl zwischen Kunststoff und Metall. Vielmehr ist es die Entscheidung zwischen unterschiedlichen Mechanismen zur Herbeiführung von Zahnbewegungen.

Kieferorthopäden sind normalerweise darauf eingestellt, zu reagieren. D. h., die Apparatur wird auf bestimmte Werte eingestellt, und anhand der Behandlungsreaktion des Patienten und der erzielten Zahnbewegungen wird beim Folgetermin über den weiteren Verlauf der Behandlung entschieden und der Bogen entsprechend nachjustiert. Jede Behandlungsentscheidung erfolgt reaktiv auf Grundlage des bisherigen Behandlungsverlaufs und der vorigen Anpassungen der kieferorthopädischen Apparatur.

Die Alignertechnik erfordert ein proaktiveres, disziplinierteres Vorgehen. Bevor die erste reale Zahnbewegung beginnen kann, wird die Korrektur der Fehlstellung in Form einer computerberechneten Sequenz virtueller Zahnbewegungen visualisiert und die abschließende Okklusion als angestrebtes Behandlungsergebnis entworfen. Dies erfordert allerdings auch einen Paradigmenwechsel von einem reaktiven kieferorthopädischen Denkansatz zu proaktiver Kieferorthopädie.

LITERATUR

- Abbate GM, Caria MP, Montanari P, et al. Periodontal health in teenagers treated with removable aligners and fixed orthodontic appliances. *J Orofac Orthop* 2015;76:240–250.
- Archambault A, Lacoursiere R, Badawi H, Major PW, Carey J, Flores-Mir C. Torque expression in stainless steel orthodontic brackets. A systematic review. *Angle Orthod* 2010;80:201–210.
- Baccetti T, Franchi L, Camporesi M, Defraia E. Orthodontic forces released by low-friction versus conventional systems during alignment of apically or buccally malposed teeth. *Eur J Orthod* 2011;33:50–54.
- Baldwin DK, King G, Ramsay DS, Huang G, Bollen AM. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 3: Premolar extraction patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:837–845.
- Buschang PH, Shaw SG, Ross M, Crosby D, Campbell PM. Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces. *Angle Orthod* 2014;84:391–396.
- Cai Y, He B, Yang X, Yao J. Optimization of configuration of attachment in tooth translation with transparent tooth correction by appropriate moment-to-force ratios: Biomechanical analysis. *Biomed Mater Eng* 2015;26(suppl 1):S507–S517.
- 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 Dentofacial Orthop* 2005;128:292–298.
- Gomez JP, Peña FM, Martínez V, Giraldo DC, Cardona CI. Initial force systems during bodily tooth movement with plastic aligners and composite attachments: A three-dimensional finite element analysis. *Angle Orthod* 2015;85:454–460.
- Isaacson RJ, Lindauer SJ, Davidovitch M. On tooth movement. *Angle Orthod* 1993;63:305–309.
- Kassas W, Al-Jewair T, Preston CB, Tabbaa S. Assessment of Invisalign treatment outcomes using the ABO Model Grading System. *J World Fed Orthod* 2013;2:e61–e64.
- Kusy RP, Whitley JQ. Resistance to sliding of orthodontic appliances in the dry and wet states: Influence of archwire alloy, interbracket distance, and bracket engagement. *J Biomed Mater Res* 2000;52:797–811.
- Levrini L, Mangano A, Montanari P, Margherini S, Caprioglio A, Abbate GM. Periodontal health status in patients treated with the Invisalign® system and fixed orthodontic appliances: A 3 months clinical and microbiological evaluation. *Eur J Dent* 2015;9:404–410.
- Li W, Wang S, Zhang Y. The effectiveness of the Invisalign appliance in extraction cases using the ABO model grading system: A multicenter randomized controlled trial. *Int J Clin Exp Med* 2015;8:8276–8282.
- Rosvall MD, Fields HW, Ziuchkovski J, Rosenstiel SF, Johnston WM. Attractiveness, acceptability, and value of orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:276–277.
- Shalish M, Cooper-Kazaz R, Ivgi I, et al. Adult patients' adjustability to orthodontic appliances. Part I: A comparison between labial, lingual, and Invisalign. *Eur J Orthod* 2012;34:724–730.
- Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C. Forces and moments generated by removable thermoplastic aligners: Incisor torque, premolar derotation, and molar distalization. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;145:728–736 [erratum 2014;146:411].
- Soncini M, Pietrabissa R. Quantitative approach for the prediction of tooth movement during orthodontic treatment. *Comput Methods Biomech Biomed Engin* 2002;5:361–368.



BEHANDLUNGS- PLANUNG MIT DER CLINCHECK- SOFTWARE



IN DIESEM KAPITEL

Entwicklungen bei der Behandlungsplanungssoftware und den Attachments 24

Attachments 24

Prüfen des ClinCheck-Plans 26

Kommunikation mit dem Techniker 34

Staging der Zahnbewegungen in ClinCheck 37

Zuverlässige klinische Umsetzung anspruchsvoller Zahnbewegungen 47

Fallbericht 51

ENTWICKLUNGEN BEI DER BEHANDLUNGSPLANUNGS SOFTWARE UND DEN ATTACHMENTS

ClinCheck ist die herstellereigene Software von Align Technology, mit der die Sequenz der Zahnbewegungen bis in die abschließende Okklusion simuliert wird. Sie ist ein leistungsstarkes Werkzeug für die Behandlungsplanung, mit dem der Zahnarzt die Abfolge der Zahnbewegungen, die endgültigen Zahnpositionen und die abschließende Okklusion bestimmen kann.

In der klassischen Therapie mit festsitzenden Apparaturen werden bei jedem Behandlungstermin Anpassungen der Apparatur vorgenommen, um die Zahnbewegungen auf das Behandlungsziel hinzusteuern. Jede Behandlungsentscheidung basiert auf der Reaktion auf die in der vorigen Sitzung vorgenommene Modifikation an der Apparatur, d. h. der erreichten Zahnbewegung. So wird eine Reihe von Anpassungen während der einzelnen Behandlungstermine vorgenommen, bis die definitive Okklusion erreicht ist.

In der Alignertherapie erfolgt die Behandlungsplanung digital: Bevor ein einziger Zahn real bewegt wird, kann der Behandler in einer Software die Sequenz der Zahnbewegungen bestimmen und bearbeiten, die zur definitiven Okklusion führt. Dies setzt einen Paradigmenwechsel in der gedanklichen Herangehensweise des Kieferorthopäden voraus, der nun „am Anfang bereits das Ende vor Augen haben“ muss. Während der digitalen Behandlungsplanung können verschiedene Behandlungsoptionen in der Software angewählt werden (bspw. Extraktions- vs. Nichtextraktionstherapie, Belassen vs. Schließen von Lückenstellungen). Für jede Behandlungsoption lassen sich die Behandlungsdauer, der Schwierigkeitsgrad der Zahnbewegungen und das Ergebnis darstellen. Behandler und Patient können dann die Therapieoption auswählen, mit der das Behandlungsziel am besten erreicht wird. Die Möglichkeit, das Behandlungsergebnis zu visualisieren, ist darüber hinaus für kieferorthopädisch-prothetische Behandlungspläne von hohem Wert, die ein interdisziplinäres Vorgehen erfordern.

In der Frühzeit der Alignertechnik vor 20 Jahren hielten die meisten Kieferorthopäden Aligner nur für geeignet, einfache Zahnbewegungen herbeizuführen, die zudem eine approximale Schmelzreduktionen (ASR) erforderten, um Engstände aufzulösen und die Zahnbögen auszuformen. Die einzigen verfügbaren Attachments waren oval geformt und dienten Verankerungszwecken. Allmählich entwickelte sich die Technik und stellte nun auch rechteckige Attachments bereit, die vertikal oder horizontal platziert werden konnten. Diese älteren Attachments wirkten als „Griffe“, um die Übertragung der Aligner für Zahn-

bewegungen oder Wurzelinklinationen zu verbessern.

Auf dem aktuellen Stand der Alignertechnik er rechnen komplexe Softwarealgorithmen die auch als Staging bezeichnete Sequenz der Zahnbewegungen. Die Algorithmen liefern auch ein Setup der definitiven Okklusion nach den vom Behandler im Behandlungsformular spezifizierten Behandlungszielen.

Vor allem die Attachments haben sich deutlich weiterentwickelt. Heute richtet sich die Attachmentform nach der Art der erforderlichen Zahnbewegung, nach der unter biomechanischen Gesichtspunkten nötigen Kraft, um diese Bewegung an einem bestimmten Zahn mit seiner individuellen Wurzelfläche und Form zu erreichen, und nach der Kraftentwicklung des elastischen Alignermaterials. Die Formen dieser neuen, sogenannten optimierten Attachments (*optimized attachments*) werden vom Algorithmus der Software definiert und von dieser automatisch platziert, wenn die Zahnbewegungen bestimmte Grenzwerte überschreiten.




Zunächst kommunizierte der Kieferorthopäde seinen Behandlungsplan und die angestrebten Zahnpositionen durch schriftliche Anweisungen und Kommentare mit einem Software-Techniker. In der aktuellen Version der ClinCheck-Pro-Software kann der Behandler nun die individuellen Zahnpositionen über eine 3D-Steuerung modifizieren, konventionelle Attachments und sogenannte Precision Cuts (Ausschnitte bzw. Aussparungen im Aligner) hinzufügen und entfernen und den Betrag der ASR anpassen. Darüber hinaus können die Okklusionskontakte analysiert und die definitive Okklusion modifiziert werden.

Künftige Weiterentwicklungen der Behandlungsplanung mittels Software werden die Behandlung komplexerer Bissanomalien mit transparenten Alignern möglich machen. Die Leistungsfähigkeit digitaler Behandlungsplanung mit ihrer Möglichkeit, die finale Okklusion zu definieren und zu gestalten, stellt die Zukunft der Kieferorthopädie dar.

ATTACHMENTS

Die Kraftübertragung von Alignern erfolgt über das an den Zähnen anliegende Alignermaterial. Wenn der Zahn durch den Digitalscan bzw. die digitale Abformung vollständig erfasst worden ist, dann wirkt das die Okklusal-, Vestibulär-, Oral-, Mesial- und Distalfläche des Zahns bedeckende Alignermaterial auf den Zahn und induziert eine Zahnbewegung. Ein verbreiteter Fehler besteht in der Annahme, Attachments würden als Brackets und Aligner wie Bögen wirken und jeder einzelne Zahn benötige ein Attachment, an dem der Aligner wirken könne. Attachments sind kei-



TABELLE 4-1 Indikationsbereiche konventioneller und optimierter Attachments		
SITUATION	STANDARDGRÖSSE/-POSITION	BEISPIEL
Wurzelkontrolle oberer und unterer lateraler und zentraler Inzisiven	optimierte Attachments für die Wurzelkontrolle: An lateralen Inzisiven ein labiales Attachment und bis zu zwei Druckpunkte (falls nötig)	
Wurzelkontrolle von Eckzähnen und Prämolaren	optimierte Attachments für die Wurzelkontrolle: An Prämolaren zwei bukkale Attachments (sofern der Platz ausreicht) oder ein Attachment und ein Druckpunkt	
Mehrebenenbewegung oberer lateraler Inzisiven	optimierte Mehrebenenattachments: Ein optimiertes Attachment labial und ein Druckpunkt oral (falls nötig)	
Derotation von Eckzähnen und Prämolaren	optimierte Derotationsattachments	
Extrusion einzelner und mehrere Zähne	optimierte Extrusionsattachments	
Lückenschluss nach Prämolarenextraktion	optimierte Wurzelkontrollattachments am Eckzahn und vertikale 1-mm-Rechteckattachments an zwei Zähnen distal der Lücke	
Lückenschluss nach Extraktion eines unteren Inzisiven	vertikale 1-mm-Rechteckattachments an den beiden die Lücke begrenzenden Zähnen	
Frontzahnintrusion ohne Prämolarenderoation	ein horizontales, okklusal abgeschrägtes 1-mm-Attachment bilateral auf den ersten Prämolaren (ein Attachment pro Quadranten)	
Frontzahnintrusion mit Prämolarenderoation	ein horizontales, okklusal abgeschrägtes 1-mm-Attachment: auf den zu rotierenden Prämolaren werden optimierte Attachments platziert; sollen beide rotiert werden, wird kein Retentionsattachment eingesetzt	

(Abdruck mit freundlicher Genehmigung von Align Technology.)

ne Voraussetzung für Zahnbewegungen. Sie können aber aus verschiedenen Gründen benötigt werden. Bestimmte Zahnbewegungen (z. B. Intrusion) erfordern eine Verankerung an verschiedenen Stellen des Zahnbogens. Andere Zahnbewegungen (z. B. Translation) setzen eine Wurzelkontrolle voraus, um die Wurzelkipfung steuern zu können. Die Derotation von Zähnen mit rundem Kronenquerschnitt, wie Prämolaren, erfordert gegebenenfalls einen zusätzlichen Ansatzpunkt des Aligners in Form von Attachments, um die Zahnbewegung klinisch vollumfänglich realisieren zu können. Studien haben gezeigt, dass bestimmte Arten von Zahnbewegungen Attachments benötigen, um klinisch wirksam zu werden.

Attachments lassen sich in zwei Gruppen einteilen:

(1) konventionelle Attachments und (2) optimierte Attachments. Tabelle 4-1 listet die Indikationen für die verschiedenen verfügbaren Attachmentstypen auf.

Konventionelle Attachments

Konventionelle Attachments sind passive Attachments, welche die Kraftübertragung des Aligners auf den Zahn verbessern. Sie fungieren als „Griffe“ für den Aligner, über die er den Zahn bewegen kann. Sie werden automatisch durch die Software, nach schriftlicher Anweisung an den Software-Techniker oder mittels „Drag-and-drop“ in der 3D-Steuerung der

Software auf den Zähnen platziert. Konventionelle Attachments gibt es in drei Typen.

1. Ovale Attachments

Ovale Attachments sind passive Attachments, die hauptsächlich zur Retention bzw. Verankerung dienen. Es handelt sich um die ursprünglichsten Attachments aus den frühen Tagen der Alignertechnik. Sie kommen immer noch manchmal zum Einsatz, insbesondere wenn die Zahnfläche klein ist, wie bspw. die Labialfläche der oberen lateralen Inzisiven oder die Lingualfläche eines nach lingual gekippten unteren zweiten Molaren.

2. Rechteckattachments

Rechteckattachments sind ebenfalls passive Attachments; sie können vertikal oder horizontal ausgerichtet sein.

Vertikale Rechteckattachments. Vertikale Rechteckattachments dienen zur Kontrolle der Wurzelbewegungen und können an die Stelle optimierter Wurzelkontrollattachments gesetzt werden, wo die Software aufgrund programminterner Konflikte nicht in der Lage ist, Letztere zu platzieren. Außer in Fällen mit Extraktion unterer Schneidezähne, platziert die Software gemäß Voreinstellung keine Attachments zur Wurzelkontrolle auf den Unterkiefer-Schneidezähnen. Ist eine umfangreichere Wurzelaufrichtung bei unteren Schneidezähnen erforderlich, sollte ein vertikales Rechteckattachment platziert werden.

Horizontale Rechteckattachments. Horizontale Rechteckattachments können ebenfalls zur Wurzelkontrolle eingesetzt werden, vor allem in vestibuloraler Richtung, bspw. wenn ein bukkaler Wurzeltorque bei Molaren bewirkt werden soll. Sie kommen ferner zum Einsatz, wenn eine kurze klinische Krone oder okklusale Interferenzen keine Platzierung eines vertikalen Rechteckattachments zulassen.

3. Abgeschrägte Attachments

Vertikale und horizontale Attachments können auch abgeschrägt sein. Dabei ist zu beachten, dass immer die abgeschrägte Fläche die aktive ist. Die Abschrägung liefert eine glatte Fläche, gegen die der Aligner pressen kann, um die gewünschte Zahnbewegung zu bewirken. Für die Molarenextrusion kommen horizontale Attachments zum Einsatz, deren nach apikal weisende Fläche abgeschrägt ist, und für die Intrusion okklusal abgeschrägte horizontale Attachments.

Optimierte Attachments

Optimierte Attachments (*optimized attachments*) werden von der Software automatisch platziert, wenn die Zahnbewegung einen bestimmten Grenzwert überschreitet. Sie dienen der Kontrolle des Punktes der Kraftwirkung sowie der Richtung und Größe der Kraft, die für jeden Zahn individuell bestimmt werden. Alle optimierten Attachments besitzen eine aktive Oberfläche, deren Geometrie entsprechend der einzigartigen Morphologie jedes einzelnen Zahns variiert. Die Vertiefung im Aligner wird mit einem etwas spitzeren Winkel konstruiert als dem der aktiven Attachmentfläche, um Kraft auf die aktive Fläche wirken zu lassen, die den Zahn in die gewünschte Richtung bewegt. Die Größe des Attachments am Zahn unterscheidet sich daher von der Größe der korrespondierenden Vertiefung im Aligner. Wenn ein optimiertes Attachment im Lauf der Behandlung ersetzt werden muss, so muss der Behandler deshalb die ursprüngliche Attachmentsschablone benutzen oder eine Ersatzschablone bestellen, um das Attachment wieder auf dem Zahn zu erstellen, während der aktuell getragene Aligner hierfür nicht benutzt werden kann.

Mit der weiteren Entwicklung der Alignertechnik und Einführung künftiger Neuerungen kann sich die Form der Attachments in der Zukunft ändern. Die Grundfunktion eines Attachments bleibt jedoch, unabhängig von seiner Form und Größe, die eines Ansatzpunktes für die Kraftübertragung durch den Aligner, um die Zahnbewegung zu realisieren.

ÜBERPRÜFEN DES CLINCHECK-PLANS

Die Planung der ClinCheck-Software wird generiert, wenn der Behandler die kieferorthopädischen Befunde analysiert, eine Diagnose bezüglich der Dysgnathie gestellt und ein Behandlungsziel formuliert hat. Der Behandlungsplan für den jeweiligen Patienten wird dann mithilfe eines in der Software ausgefüllten Behandlungsformulars, das die Zahnbewegungen und Behandlungsziele erfasst, an den Software-Techniker übermittelt. Die Software erstellt daraufhin eine Simulation der Zahnbewegungen bis in die abschließende Okklusion. Der Behandler prüft diesen ClinCheck-Plan, nimmt Änderungen vor und gibt den endgültigen Plan frei. Nach der Freigabe werden die Aligner gefertigt. Nun muss der Kieferorthopäde den Plan klinisch umsetzen, um die geplante definitive Okklusion zu erreichen (s. Abb. 5-2). Die ClinCheck-Planung lässt sich in der folgenden Reihenfolge systematisch überprüfen (Kasten 4-1).





Kasten 4-1 Zehn Schritte beim Gegenprüfen des ClinCheck-Plans

- | | |
|--|---|
| 1. Prüfen der Ausgangssituation | 6. Prüfen des Überlagerungswerkzeugs |
| 2. Prüfen des Kommentarfelds | 7. Prüfen der Zahnbewegungsbeurteilung |
| 3. Prüfen der Anzahl der Behandlungsschritte | 8. Prüfen der Attachmentformen |
| 4. Prüfen der Animation und Staging-Tabelle | 9. Prüfen der ASR |
| 5. Prüfen der abschließenden Okklusion | 10. Prüfen der Konfiguration der Precision Cuts |

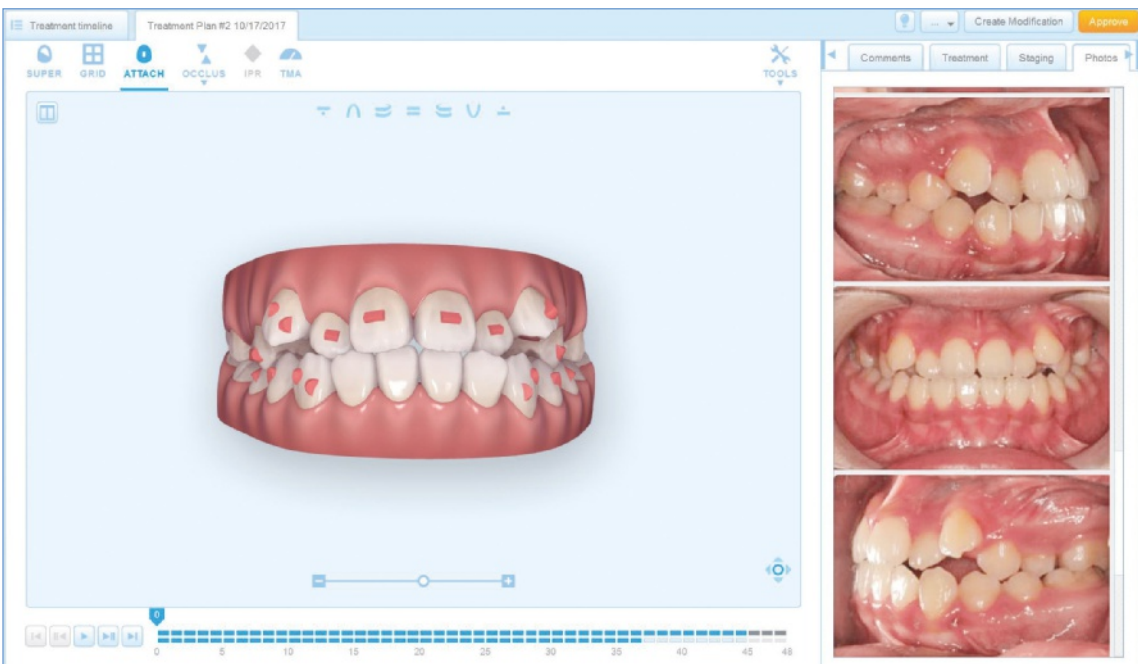


Abb. 4-1 Gegenprüfen des virtuellen Setups der initialen Okklusion mit den Fotografien der Ausgangssituation.

1. Prüfen der Ausgangssituation

Das Setup der initialen Okklusion sollte anhand der initialen Fotografien gegengeprüft werden, um sicherzustellen, dass die Okklusion korrekt wiedergegeben ist. Wenn Abformungen genommen werden, kann zusammen mit den Abformungen ein Bissregistrat bereitgestellt werden, um die Kieferrelation zu übermitteln. Zusätzlich können Fotografien mit Okklusionsfolien-Markierungen übermittelt werden, die dem Techniker beim Setup der initialen Okklusion helfen. Digitalscans bieten eine höhere Genauigkeit, weil hierbei auch die Kieferrelation gescannt wird. Tritt in der anfänglichen Dysgnathie ein Gleiten in die Interkuspitation auf, sollte die Ausgangssituation in der Software bis zum Punkt des ersten Okklusionskontaktes reproduziert werden. In diesem Fall müssen auch das Bissregistrat und die Fotos den Punkt

des Erstkontaktes der dysgnathen Ausgangssituation wiedergeben. Die ursprüngliche Okklusion kann in der Ansicht von vorn, den Ansichten von rechts und links und als frontale Overjet-Ansicht dargestellt und geprüft werden (Abb. 4-1).

2. Prüfen des Kommentarfelds

Der Kommentarbereich dient der Kommunikation zwischen Techniker und Behandler (Abb. 4-2). Dieser Bereich kann Folgendes enthalten:

- Anmerkungen zur Qualität der Abformungen und Erfassung der endständigen Zähne
- Bitte um mehr Instruktionen des Behandlers bezüglich eines bestimmten Behandlungsziels
- Hinweise zur Platzierung der Attachments und Precision Cuts

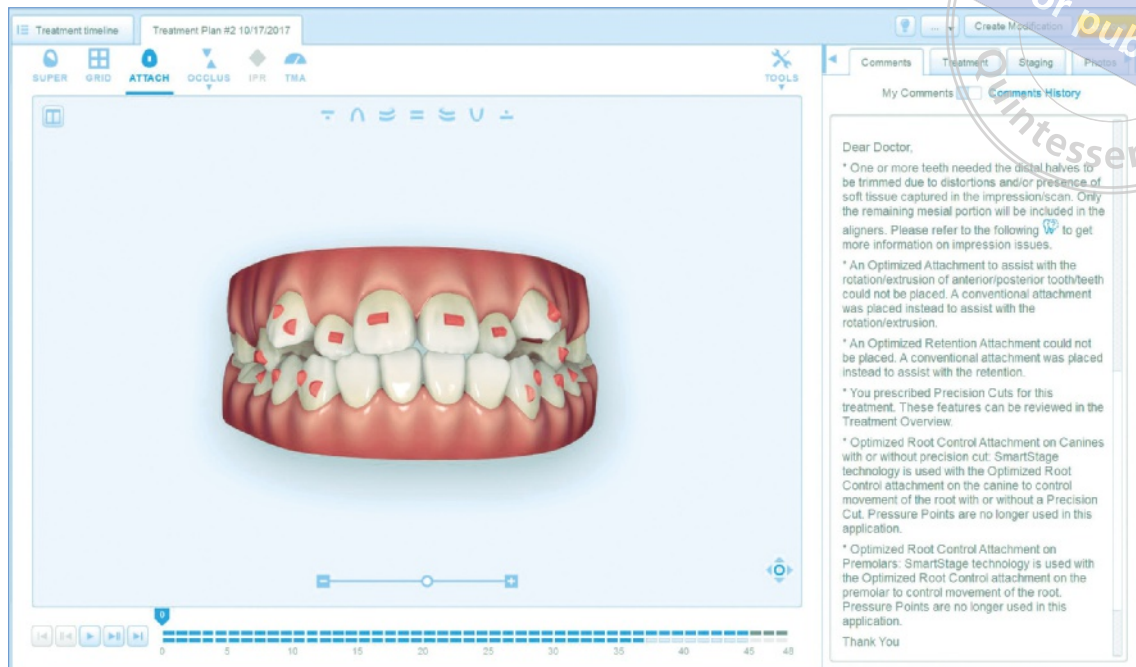


Abb. 4-2 Prüfen des Kommentarfelds am rechten Rand auf Anmerkungen des Technikers.

Weist der Techniker auf Verzerrungen in den Abformungen oder Zahnfleischkapuzen auf den distalsten Zähnen hin, die zu einer Verkürzung des Aligners führen würden, muss der Behandler entscheiden, ob er neue, verzerrungsfreie Abformungen anfertigt und/oder das distale Weichgewebe chirurgisch entfernt, um eine bessere Erfassung der endständigen Zähne zu ermöglichen, wenn neue Abformungen bzw. ein neuer Digitalscan angefertigt werden. Für eine Distalisation unterer oder oberer Molaren ist es wichtig, die Distalflächen der endständigen Zähne im Zahnbogen als Ansatzfläche für den Aligner mit zu erfassen.

3. Prüfen der Anzahl der Behandlungsschritte

Die Anzahl der Schritte (*stages*) der aktiven und passiven Behandlung wird in einem Balken am unteren Bildschirmrand angezeigt. Aktive Schritte werden tiefblau, passive hellblau und Überkorrekturen grau dargestellt (Abb. 4-3). Die Anzahl der Schritte hängt von der Schwere der Fehlstellung und den erforderlichen Zahnbewegungen ab. Ist die Korrektur der Fehlstellung auch vom Wachstum oder dem Tragen

von Gummizügen abhängig, muss der Behandler sicherstellen, dass ausreichend Aligner für den gesamten zur Korrektur benötigten Zeitraum eingeplant werden.

4. Prüfen der Animation und der Staging-Tabelle

Der nächste Schritt ist das Überprüfen der Zahnbewegungen in Form einer Animation, die durch Anklicken der Wiedergabe-Schaltfläche in der linken unteren Bildschirmecke gestartet wird. Die Animation zeigt die Zahnbewegungen von der initialen Fehlstellung bis in die abschließende Okklusion. Gleichzeitig zeigt die Staging-Tabelle die Zähne, die sich während der einzelnen Behandlungsschritte bewegen (Abb. 4-4). Die Animation der Zahnbewegung sollte in der Frontalansicht, der Ansicht von rechts und links und den Okklusalanansichten auf den Ober- und Unterkiefer angesehen werden. Der Behandler muss sowohl die individuellen Zahnbewegungen als auch die Sequenz der Zahnbewegung, d. h. das Staging, kontrollieren. Das Staging der Zahnbewegungen wird später in diesem Kapitel behandelt.

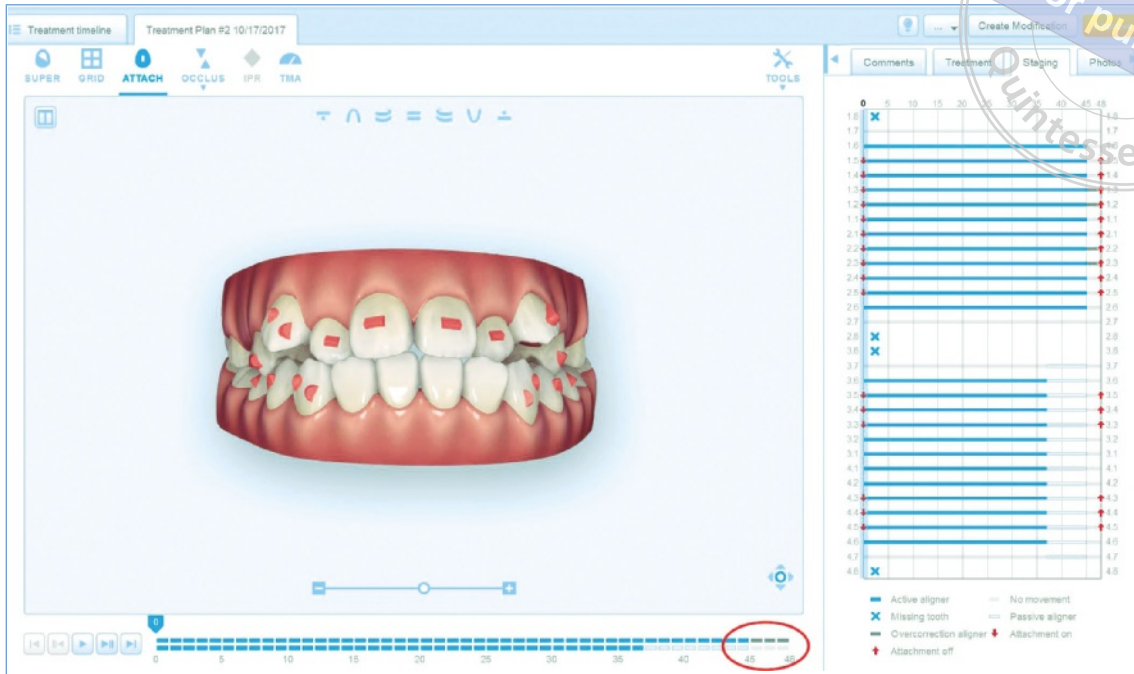
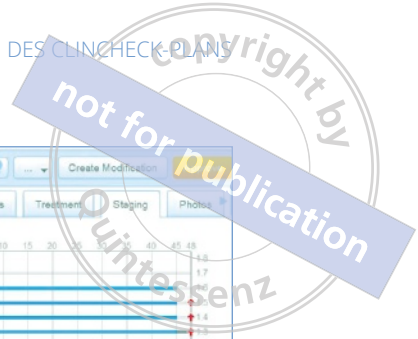


Abb. 4-3 Prüfen der Anzahl der Behandlungsschritte.



Abb. 4-4 Prüfen der Animation und der Staging-Tabelle.

5. Prüfen der abschließenden Okklusion

Nun sollte der Behandler das Setup der abschließenden Okklusion darauf hin prüfen, ob es den Behandlungszielen entspricht. Ein guter Anhaltspunkt für die Bewertung der endgültigen Zahnposition sind die „sechs Schlüssel zur Okklusion“ von Andrews. Die Panoramaschichtaufnahme der Ausgangssituation sollte hinzugezogen werden, um sicherzustellen, dass alle ursprünglichen Wurzelneigungen in der abschließenden Okklusion korrigiert sind. Folgende zentrale Punkte müssen beurteilt werden:

- Frontalansicht (Abb. 4-5a):
 - Ästhetik der Zahnstellung
 - Dentale Mittellinien
 - Overbite
 - Zahnbogenform, bukkale Korridore
- Ansicht von rechts und links (Abb. 4-5b):
 - Schneidezahntorque/Interinzisalwinkel
 - Eckzahn- und Molarenbeziehung
 - Verzahnung der Seitenzähne
 - Stellung der zweiten Molaren
- Overjet-Ansicht (Abb. 4-5c):
 - Frontzahn-Overjet und Okklusionskontakte in der Front
 - bukkaler Overjet der Seitenzähne links und rechts
- Okklusalanalysen des Ober- und Unterkiefers (Abb. 4-5d):
 - Zahnbogenform
 - reguläre Zahnstellung
 - Randleisten und zentrale Fossae
- Oralansicht (Abb. 4-5e):
 - Höcker-Fossa-Beziehungen
 - vestibuloorale Neigung der Seitenzähne.

6. Prüfen des Überlagerungswerkzeugs

Das Überlagerungswerkzeug vergleicht die Ausgangs- und Endpositionen der Zähne (Abb. 4-6). Darüber hinaus kann es zur Beurteilung folgender Aspekte verwendet werden:

- Vestibuloorale Position der oberen und unteren Schneidezähne
- Umfang der Schneidezahnretraktion oder -proklination
- Zahnbogenexpansion
- Hin- und Rückbewegungen während der Regulierung
- Umfang der Distalisation oder des Verankerungsverlustes bei Extraktionsfällen
- Umfang der Intrusion oder Extrusion.

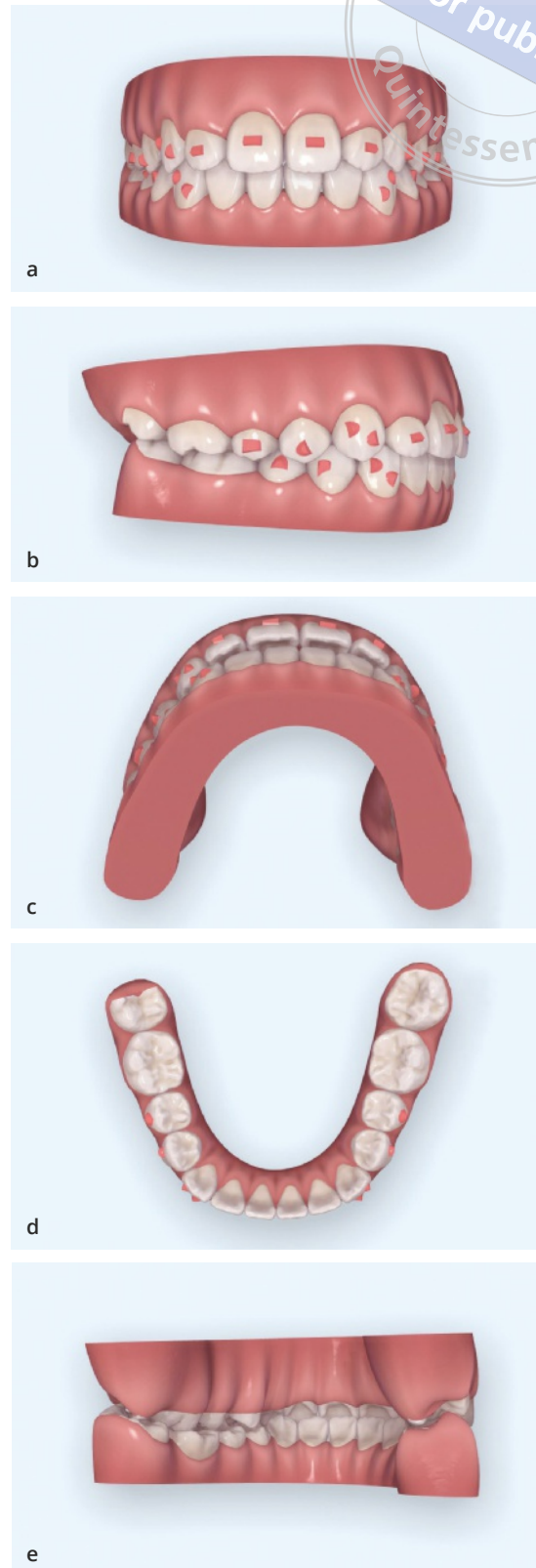


Abb. 4-5 Setup der angestrebten Okklusion. (a) Frontalansicht, (b) Lateralansicht, (c) Overjet-Ansicht, (d) Okklusalanalysen des Ober- und Unterkiefers, (e) Oralansicht.

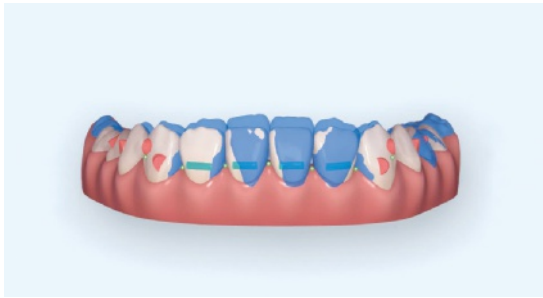
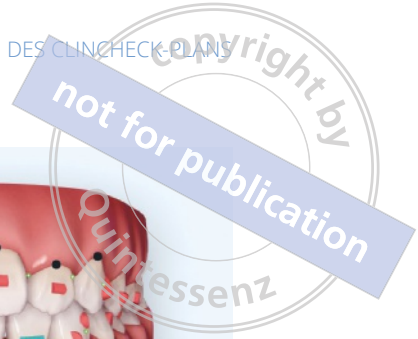


Abb. 4-6 Das Überlagerungswerkzeug zeigt in diesem Fall den Umfang der Intrusion der Unterkieferinzisiven.

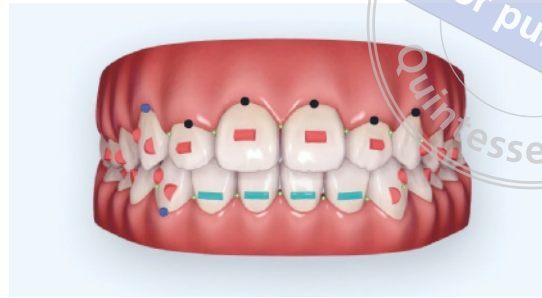


Abb. 4-7a Der Schwierigkeitsgrad der Zahnbewegungen lässt sich in der Software durch blaue und schwarze Punkte auf den jeweiligen Zähnen anzeigen.

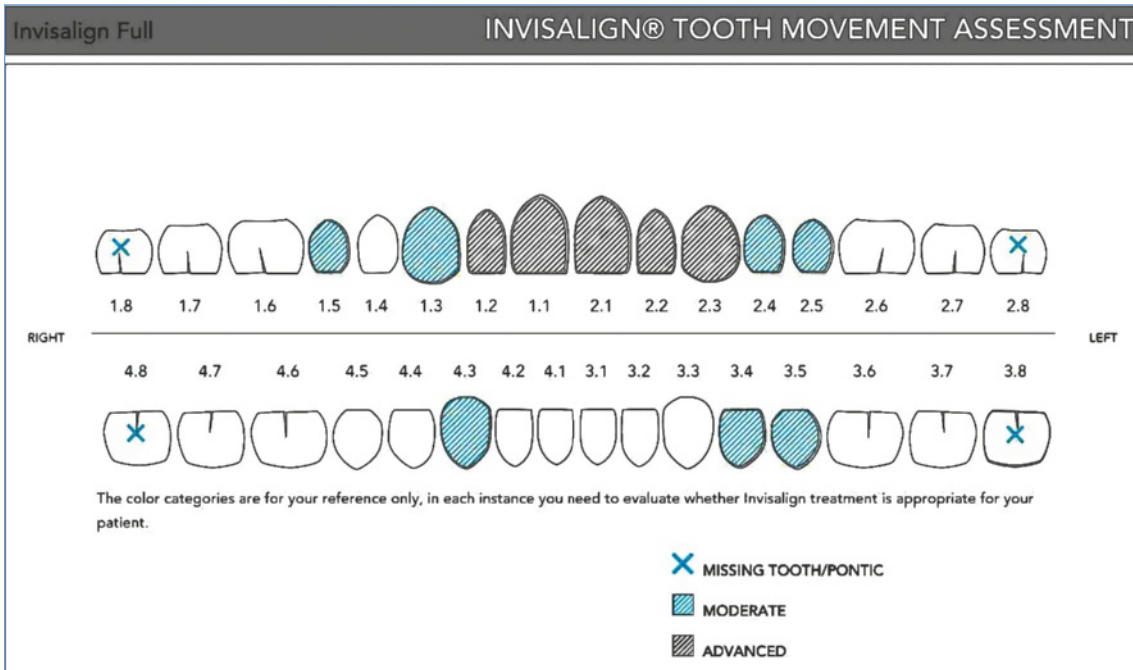


Abb. 4-7b Die Zahnbewegungsbeurteilung.

7. Prüfen der Zahnbewegungsbeurteilung

In der ClinCheck-Software sind Werte für den Umfang von Zahnbewegungen hinterlegt, anhand deren die aktuell geplanten Zahnbewegungen drei Schwierigkeitsgraden zugeordnet werden: einfach, mittel, anspruchsvoll; dies gilt für Intrusionen, Extrusionen, Wurzelbewegungen und Derotationen. Auf dieser Grundlage kann der Zahnarzt den Schwierigkeitsgrad der Korrektur einer Dysgnathie beurteilen. Die Zahnbewegungsbeurteilung (Tooth Movement Assessment, TMA) weist den Behandler darauf hin, wenn ein Zahn in die anspruchsvolle Kategorie fällt (Abb. 4-7).

In diesem Fall muss der Behandler sich fragen, mit welchen Mitteln sich die anspruchsvolle Zahnbewegung klinisch realisieren lässt. Diese Thematik wird später in diesem Kapitel erörtert.

8. Prüfen der Attachments

Die Attachmentformen und -konfiguration sollten im Hinblick auf die im Aligner programmierten Zahnbewegungen kontrolliert werden (Abb. 4-8). Standardmäßig setzt die Software keine Attachments an Molaren und Unterkieferinzisiven, sofern nicht ein Protokoll für eine Extraktionstherapie oder

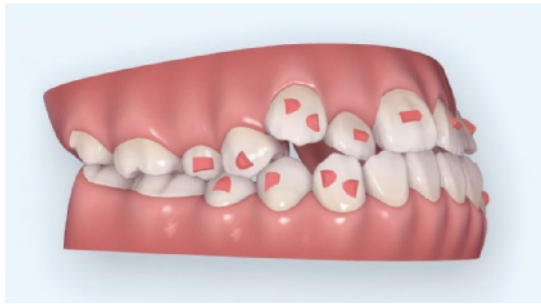


Abb. 4-8 Im hier gezeigten Fall finden sich optimierte Extrusionsattachments auf den oberen Schneidezähnen und Wurzelkontrollattachments auf den oberen Eckzähnen und dem oberen ersten Prämolaren. Auf dem unteren rechten zweiten Prämolaren ist ein optimiertes Tiefbissattachment platziert.



Abb. 4-9 (a) Im Unterkiefer wurden 0,3 mm ASR von Eckzahn zu Eckzahn geplant. (b) Die ASR wird umverteilt auf 0,5 mm mesial und distal des Eckzahns und 0,2 mm zwischen den zentralen Inzisiven.

Frontzahnextrusion gewählt ist. Zahnbewegungen der Molaren und unteren Schneidezähne müssen daraufhin geprüft werden, ob Attachments nötig sind, um die angestrebte Bewegung zu realisieren. So erfordert eine deutliche Wurzelkipfung eines unteren Schneidezahns die Platzierung eines vertikalen Rechteckattachments. Ein substantieller Wurzeltorque oberer Molaren macht vor allem bei kurzen klinischen Kronen ggf. ein horizontales Rechteckattachment für eine bessere Kraftübertragung durch den Aligner erforderlich. Attachments werden zudem zu Verankerungszwecken eingesetzt. Der Verankerungsbedarf variiert je nach den in der Software programmierten Zahnbewegungen. In Tiefbissfällen sind bspw. Verankerungsattachments auf den Prämolaren nötig, um die Schneidezahnintrusion zu unterstützen.

9. Prüfen der approximalen Schmelzreduktion

Eine Möglichkeit, Engstände aufzulösen und eine korrekte Zahnstellung zu erreichen, ist die ASR. Über das Behandlungsformular kann der Kieferorthopäde eine ASR im Frontzahnbereich und/oder im rechten und

linken Seitenzahnbereich anordnen. Der Umfang, die Lokalisation und der Zeitpunkt der ASR sollten überprüft werden.

Umfang der ASR

Der Betrag der ASR im ClinCheck-Plan sollte daraufhin überprüft werden, ob er für die Auflösung des Engstands angemessen ist (s. Abb. 4-10). Der Behandler hat die Möglichkeit, den Betrag der vorgegebenen ASR entweder über die 3D-Steuerung oder über eine schriftliche Anweisung im Kommentarfeld zu erhöhen oder zu verringern. Bei jüngeren Patienten empfiehlt sich eine Behandlungsplanung mit möglichst geringer ASR, während bei älteren Patienten mit dreieckigen Zahnformen und entsprechenden schwarzen interdentalen Dreiecken mehr ASR eingeplant werden kann.

Lokalisation der ASR

Die Software berechnet den Umfang der ASR, der nötig ist, um alle Engstände und Zahngrößendiskrepanzen zu korrigieren. Wenn der Kieferorthopäde eine ASR im Frontzahnbereich vorgegeben hat, wird der ASR-Betrag gleichmäßig auf die approximalen Kon-



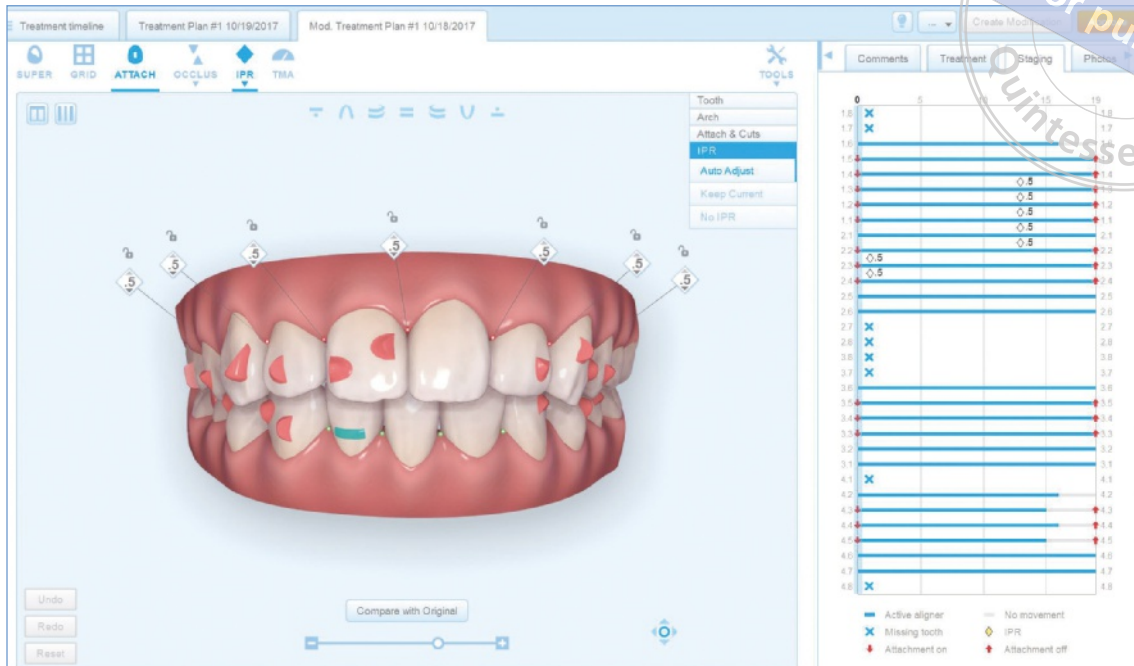
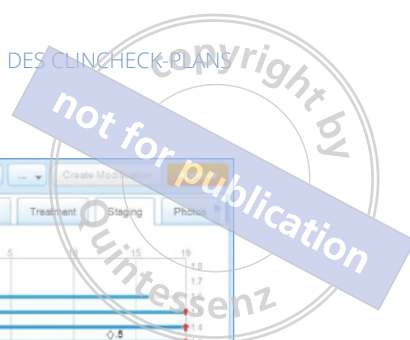


Abb. 4-10 Die Staging-Tabelle auf der rechten Seite zeigt, dass die ASR mit oder vor Schritt 14 durchgeführt werden muss.

taktbereiche der Frontzähne aufgeteilt. Im Beispiel in Abb. 4-9a wurden jedem Kontaktbereich zwischen Eckzahn und Eckzahn gleichmäßig 0,3 mm ASR zugeteilt. Der Behandler kann die ASR jedoch ausgehend von der Zahnmorphologie (mehr ASR an Zähnen mit dickerem Schmelz) umverteilen. In Abbildung 4-9b wurde die ASR bei demselben Patienten auf weniger Kontaktbereiche, vor allem mesial und distal der unteren Eckzähne, umverteilt und in der Mittellinie reduziert, wo die zentralen Schneidezähne derotiert werden sollen.

Zeitpunkt der ASR

Die ASR wird von der Software für eine bestimmte Behandlungsphase zur Durchführung angesetzt. Standardmäßig reguliert die Software zuerst die Zahnstellung, sodass der Behandler die Kontaktbereiche für die ASR bewerten kann, und retrahiert anschließend die Zähne in die ASR-Lücken. Werden die Zähne für die Regulierung in größerem Umfang hin- und rückbewegt, sollte der Behandler die Animation Schritt für Schritt durchgehen und prüfen, ob die ASR zu einem früheren Zeitpunkt der Behandlung durchgeführt werden kann, um überflüssige Zahnbewegungen zu reduzieren (Abb. 4-10).

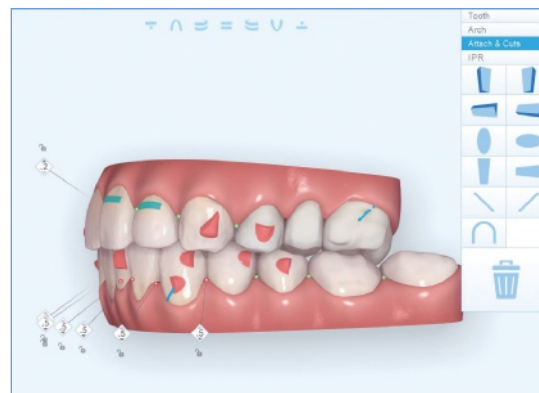


Abb. 4-11 Hakenausschnitte werden an den oberen ersten Molaren und den unteren Eckzähnen platziert, um das Tragen von Klasse-III-Elastics zu ermöglichen.

10. Prüfen der Precision Cuts

Precision Cuts können auf dem Behandlungsformular angefordert worden sein oder nicht. Der Behandler hat immer noch die Möglichkeit, bei seiner Beurteilung der programmierten Zahnbewegungen Precision Cuts über die 3D-Steuerung hinzuzufügen oder anzupassen, indem er entweder einen Haken- oder einen Knöpfchenausschnitt per Drag-and-Drop auf den Zahn zieht. Precision Cuts ermöglichen den Einsatz intraoraler Gummizüge zu Verankerungszwe-



Abb. 4-12 Platzierung von Ausschnitten für Knöpfchen auf den oberen und unteren Eckzähnen zur Unterstützung extrusiver Zahnbewegungen.

cken und werden für anteroposteriore Korrekturen der Verzahnung empfohlen (Abb. 4-11). Knöpfchenausschnitte können zur Unterstützung bestimmter schwieriger Extrusionsbewegungen hinzugefügt werden (Abb. 4-12).

TIPPS FÜR DIE KOMMUNIKATION MIT DEM TECHNIKER

Nach der Überprüfung des ersten ClinCheck-Plans nimmt der Behandler seine Modifikationen an diesem Plan vor. Diese Modifikationen können die endgültige Okklusion, abschließende Zahnposition, das Staging, die Attachmentkonfiguration, die ASR-Planung und die Precision Cuts betreffen. Die Modifikationen werden entweder durch schriftliche Hinweise an den Software-Techniker oder mithilfe der 3D-Steuerung vorgenommen. Sind die Änderungen geringfügig, bspw. eine Korrektur der endgültigen Wurzelneigung oder Hinzufügung eines konventionellen Attachments oder Precision Cuts, dann bietet sich die 3D-Steuerung an. Betreffen die Änderungen hingegen die definitive Okklusion und die Alignersequenz, werden sie am besten dem Techniker durch schriftliche Hinweise im Kommentarfeld mitgeteilt. Es folgen einige Tipps für die Kommunikation von Modifikationen des ClinCheck-Plans mit dem Techniker (Kasten 4-2).

1. Kommentarfeld lesen

Kommunikation ist ein Prozess in zwei Richtungen. Die Kommunikation des Technikers mit dem Behandler läuft über das Kommentarfeld (Abb. 4-13). Hier kann der Techniker mitteilen, dass die vorgegebenen

Kasten 4-2 Acht Regeln für die Kommunikation mit dem Techniker

1. Kommentarfeld lesen
2. Ansicht spezifizieren
3. Zahn bezeichnen
4. Zahnbewegung quantifizieren
5. Richtung der Zahnbewegung angeben
6. Problem beschreiben und Lösung angeben
7. Referenzpunkte verwenden
8. Kommentare als Stichpunkte formulieren

Behandlungsziele in der Softwareplanung nicht umgesetzt werden konnten und er mehr Anweisungen vom Behandler braucht, um ein bestimmtes Behandlungsziel zu realisieren. Das Kommentarfeld kann auch Standardkommentare zu Präferenzen der Software, zur Platzierung von Attachments und zu Unzulänglichkeiten der Abformungen oder Digital-scans enthalten.

2. Ansicht spezifizieren

Es ist hilfreich die Ansicht zu bestimmen, damit der Techniker dieselbe Ansicht wie der Behandler vor Augen hat, wenn er versucht die Modifikationen nachzuvollziehen. Auch kann ein Screenshot erstellt werden, der die Ansicht wiedergibt, die der Behandler dem Techniker zeigen möchte (Abb. 4-14). Bspw. könnte der Behandler schreiben: „In der Frontalansicht stimmen die dentalen Mittellinien in der abschließenden Okklusion nicht überein.“ oder „In der Okklusalan-sicht auf den Unterkiefer bei Verwendung des Überlagerungswerkzeugs, bitte die intercanine Distanz nicht expandieren.“

3. Zahn bezeichnen

Es ist wichtig, eindeutig anzugeben, welcher Zahn eine Korrektur benötigt. In Abbildung 4-15 sind die oberen Schneidezähne noch nicht vollständig reguliert und der Behandler möchte einige Überkorrekturen für die am stärksten rotierten Zähne aufnehmen. In dieser Situation sollte nicht einfach darauf hingewiesen werden, dass die Oberkiefer-Frontzähne nicht vollständig reguliert sind, sondern es ist wichtig, die Zähne genau zu bezeichnen (entweder nach einem



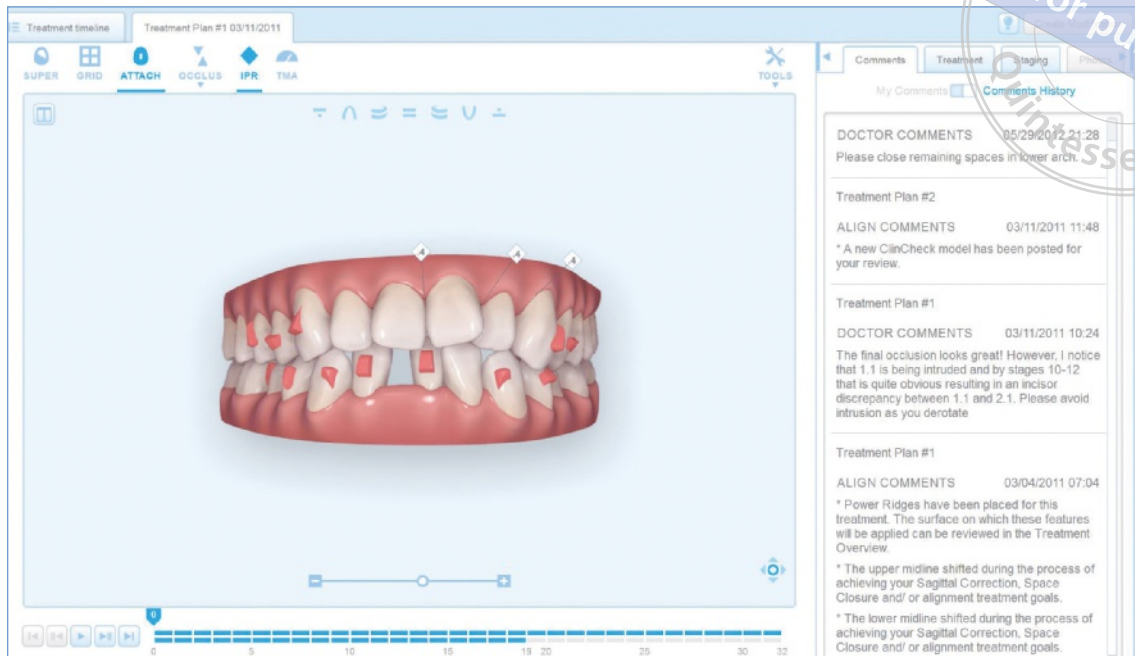


Abb. 4-13 Zuerst sollte das Kommentarfeld gelesen werden, das vom Techniker mitgeteilte Informationen enthält.

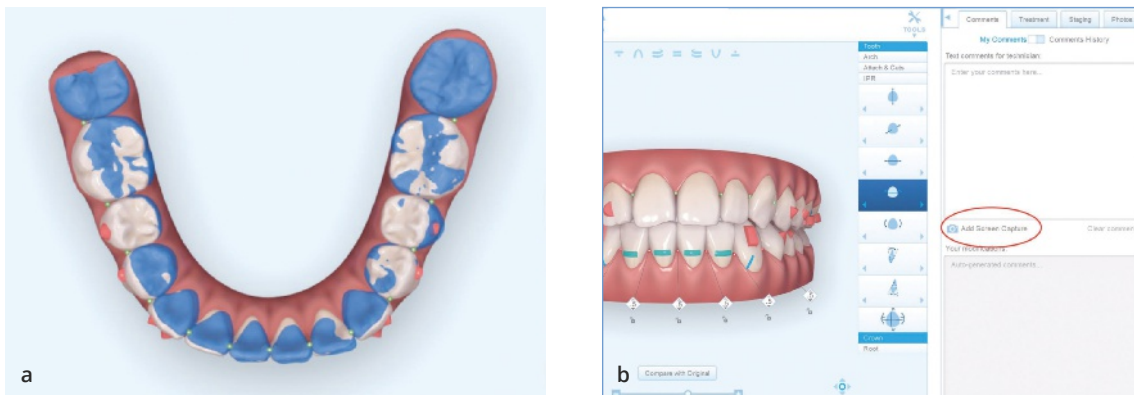


Abb. 4-14 Spezifizieren der Ansicht. (a) Okklusalanzeige Unterkiefer. (b) Schaltfläche für die Aufnahme von Screenshots.

Zahnschema, bspw. „11“ [FDI] oder „#8“ [Universal Numbering System] bzw. verbal: „oberer rechter zentraler Schneidezahn“).

4. Zahnbewegung quantifizieren

Der Umfang der gewünschten Zahnbewegung sollte mit einem genauen Wert angegeben werden: „Bitte bei der distolabialen Rotation um 0,2 mm überkorrigieren.“ Alternativ kann das gewünschte Maß der Zahnbewegung in Form eines Behandlungsziels spezifiziert werden: „Bitte bei der distolabialen Rotation soweit überkorrigieren, bis die Labialfläche hinter dem Kontaktbereich liegt.“



Abb. 4-15 Der Zahn sollte eindeutig bezeichnet werden.

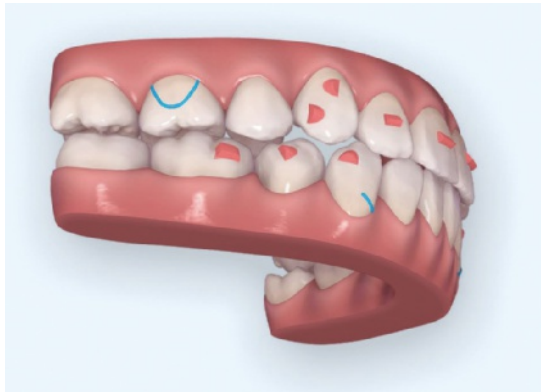


Abb. 4-16 Problem beschreiben und Lösung angeben.

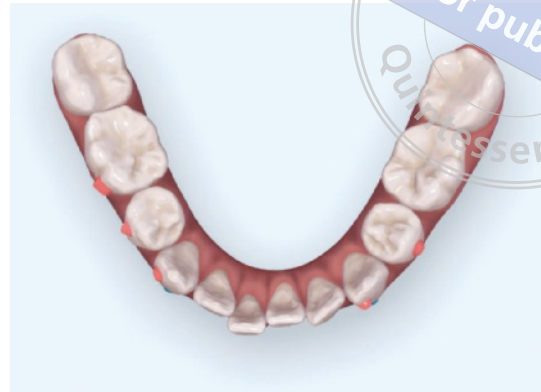


Abb. 4-17 Referenzpunkte verwenden.

5. Richtung der Zahnbewegung angeben

Die Richtung einer Zahnbewegung sollte genau spezifiziert werden (mesial/distal, vestibulär/oral, okklusall/gingival). Im Beispiel der Abbildung 4-15: „Bitte bei der distolabialen Rotation von Zahn 11 um 0,2 mm überkorrigieren. Distal einwärts rotieren.“

6. Problem beschreiben und Lösung angeben

In Abbildung 4-16 gibt es in der finalen Okklusion keinen Okklusionskontakt zwischen dem rechten oberen Eckzahn und dem rechten unteren Eckzahn und dem rechten unteren Eckzahn und ersten Prämolaren. Dieses Problem sollte genau beschrieben werden: „Zahn 13 hat keinen Kontakt mit 43 und 44.“ Dann sollte die Lösung in Form eines Behandlungsziels formuliert werden: „Bitte Zahn 13 extrudieren bis Okklusionskontakt und Eckzahnführung gegeben sind.“

7. Referenzpunkte verwenden

Ein Punkt der Okklusion sollte als Referenzpunkt festgelegt werden. Wenn in der Situation der Abbildung 4-17 die Anweisung „Schneidezähne regulieren“ übermittelt wird, führt das zu einer Zahnbewegung, wie sie mit einem Nickel-Titan-Bogen im Unterkiefer erreicht würde. Der am weitesten labial stehende Schneidezahn 41 würde lingual, die anderen Schnei-



Abb. 4-18 Kommentare als Stichpunkte formulieren.

dezähne aber zugleich labial bewegt werden und die abschließende Schneidezahnposition irgendwo zwischen dem labialsten und dem lingualsten Zahn der ursprünglichen Fehlstellung liegen. In einer Situation, in der eine weitere Proklination der unteren Schneidezähne unerwünscht ist, könnten diese Schneidezähne als fester Referenzpunkt verwendet werden: „Während der Einordnung des Zahns 41 in den Zahnbogen bitte die Position der übrigen unteren Schneidezähne beibehalten.“

8. Kommentare als Stichpunkte formulieren

Durch Formulierung der Kommentare als nummerierte Stichpunkte entsteht eine To-Do-Liste für den Techniker, anhand deren auch der Behandler die Umsetzung der angeforderten Änderungen zuverlässig nachprüfen kann. Bspw. könnten die Hinweise für den Unterkiefer in Abbildung 4-18 folgendermaßen lauten:

1. Beim Lückenschluss zwischen den zentralen Schneidezähnen eine 15°-Giebelbiegung platzieren.
2. Untere Schneidezähne intrudieren, um den Tiefbiss zu verringern.



SACHREGISTER



A

- Achterbahneffekt 250, 251
- Aligner siehe Transparente Aligner
- Angle, Klassifikation der Dysgnathie 2
- Angle-Klasse I mit leichten Engständen, frontoffener Biss 122–125
- Angle-Klasse I mit Mittellinienabweichung, frontoffener Biss 118–121
- Angle-Klasse-II-Dysgnathie, frontoffener Biss 126–129
- Animation, Überprüfen 28–29
- Ansicht spezifizieren 34
- Anteroposteriore Diskrepanzen 20–21
- Anteroposteriore Korrektur, Neuerungen 182
- Approximale Schmelzreduktion (ASR) 32–33, 87–89, 185–191
 - Seitenzähne 183, 191
- Approximalkontakte 59, 65, 77, 92, 233
- ASR siehe Approximale Schmelzreduktion
- Ästhetik, Verbesserung 286
- Attachments,
 - abgeschrägte 26
 - Indikationen 25
 - konventionelle 25–26
 - Korrektur frontoffener Bisse 115–116, 120, 126
 - nicht greifende 62
 - optimierte 4, 9, 12, 14, 24–26, 96, 114, 128, 136, 183, 237, 285
 - Tiefbisskorrektur 99
 - Überprüfen 31–32
- Ausgangssituation, Überprüfung 27

B

- Behandlungsmechanik 14–15
- Behandlungsplanung 57
- Behandlungsplanungssoftware 23–54
- Behandlungsschritte, Überprüfen der Anzahl 28
- Behandlungsziel formulieren 36
- Bissöffnung im Seitenzahnbereich 74–76
- Bolton-Diskrepanz 208–209, 213, 222, 256

C

- c-chains 77
- ClinCheck Software,
 - Attachments 24–26, 31–32, 99, 116
 - diagnostisches Setup bei Extraktionstherapie 204–208
 - Klasse-II-Dysgnathie 92, 149–150, 159, 166–167
 - Kommunikation mit dem Techniker 34–35
 - Interproximale Reduktion 32–33, 85
 - Staging der Zahnbewegungen 37–47
 - Staging-Muster für Extraktionslückenschluss 229–223
- ClinCheck-Planung, 23–54, 82
 - erfolgreiche 47
 - Extraktion 204–208, 229–232
 - frontoffene Bisse 116–117
 - Klasse-II-Behandlung mit Unterkiefervorschub 166
 - Planungsphasen mit Unterkiefervorverlagerung 166
 - Planungsphase, Staging der Zahnbewegungen 64, 66
 - Prüfen und Freigeben 57
 - Tiefbisskorrektur 99
 - Überprüfung 26–33
 - Zahnbewegungen 35–50, 64, 229–232
- Compliance 59
- Criss-Cross-Elastics 20, 38, 39, 48



D

- Deep-Bite-Protokoll 96
- Dentale Dekompensation 255
- Dentale Mittellinie 88, 94, 108, 118, 142, 153
- Diagnose 57
- Diamantinstrumente 89
- Diastema mediale 282–284, 294–295
- Digital Smile Design 282
- Digitale Behandlungsplanung 23–54
- Digitaler Workflow 55–60
- Digitalscan 27, 56, 57, 58
- Diskrepanzen 78–79, 82
- Distalisation 37–38
- Dokumentation, abschließende 58–59
- Drehstände, Korrektur 66–68
- Dysgnathie,
 - Kompensation über Zahnbögen 255
 - skelettal bedingte 133–134, 180–182

E

- Eckzähne,
 - Bewegen in virtuelle Pontics 68
 - Einordnen labial verlagertes 68–71
 - labial verlagerte und
 - Prämolarenextraktion 70–71
- Edgewise-Apparaturen, Vergleich mit
Transparenten Alignern 7–16
- Edelstahl-Multibandapparatur 2, 3
- Einzelzahnimplantate,
 - Frontbereich 283–286
 - Seitenzahnbereich 286–287
- Engstand,
 - Auflösung 18, 56, 57, 81–94
 - Beschreibung 18
 - der unteren Schneidezähne,
 - Fallbeispiele 210–221
 - im Unterkiefer 204–208
 - Klasse-I-Dysgnathie mit 122–125
 - Klasse-II-Dysgnathie mit 84, 90–93
 - Klasse-III-Dysgnathie mit 83–86
- En-masse-Distalisation 43

- Expansion 82
 - und Distalisation 37–38
- Extraktion unterer Schneidezähne, 201–222
 - Bolton-Diskrepanz 208–209
 - Fallbeispiele 210–221
 - Fallselektion 202
 - Patientenaufklärung 208
 - Prinzipien 222
 - Steuerung der Wurzelinklination 208
 - Zahn 31 217–221
 - Zahn 32 210–212
 - Zahn 41 213–216
 - Zahnauswahl 206
- Extraktion von Prämolaren 223–252
 - Anwendung eines G6-Protokolls bei einer
Klasse I 247–249
 - bei Klasse I mit Protrusion des Ober- und
Unterkiefers 233–236
 - bei Klasse-II-Dysgnathie mit frontoffenem
Biss 237–241
 - bei Klasse-II-Dysgnathie 242–246
 - bei Klasse-III-Dysgnathie 224
 - bei labial verlagerten Eckzähnen 70–71
 - Fallbeispiele 233–249
 - Fallselektion 226–228
 - Komplikationen 250–251
 - Prinzipien 252
 - Überbehandlung 79
- Extraktion vs. Nichtextraktion 206
- Extraktionslückenschluss,
 - Biomechanik 225–226
 - Staging-Muster in ClinCheck 229–232
- Extraktionstherapie 181
 - Prämolaren 223–252, 291
 - untere Schneidezähne 201–222
 - Verankerungskonzept 224–225
- Extrusion,
 - Attachments für 25, 32, 83, 92, 124, 172, 294
 - Beschreibung 12
 - Bewegungen 62
 - Frontzähne 66, 114–118, 122, 126, 139,
192, 259
 - Molaren 41, 42, 75
 - Programmierung 62

F

- Fallselektion, Alignertherapie 17-22
- Fauchard-Band 2
- Fehlerkorrektur 61-80
- Festsitzende Apparaturen,
 - Geschichte 2-4
 - Vergleich mit Transparenten Alignern 7-16
- Finishing 61-80
- Frontoffener Biss,
 - Behandlung 113-130
 - bei Angle-Klasse I mit leichten Engständen 122-125
 - bei Angle-Klasse I mit Mittellinienabweichung 118-121
 - bei Angle-Klasse-II-Dysgnathie 126-129
 - Diagnose und Biomechanik 114-115
 - Neuerungen für die Korrektur 114
 - Prinzipien der Behandlungsplanung 130
 - Verankerung bei der Korrektur 115
 - Wachstumsmuster 115
- Frontzähne siehe Schneidezähne
- Fühlerlehren 88, 89

G

- G4-Konzept 114
- G6 Maximum Anchorage Protocol 11, 230-231, 247-249
- Gesichtsasymmetrie 291-293
- Gesichtsmittellinie 88, 94, 258, 282
- Gestaffeltes Staging 231-232
- Giebelbiegung, virtuelle 12, 14, 208, 225, 251

- Gingivaränder, ungleichmäßige 286
- Gingivasichtbarkeit beim Lächeln 261
- Gummiketten, virtuelle 77
- Gummizüge,
 - extrusive 68
 - Klasse-II- 137-144

H

- Häkchenausschnitte 135-136
- Horizontale Rechteckattachments 26

I

- Implantate,
 - Frontzahnbereich 283-286
 - nach Öffnung des interokklusalen Freiraums 289-291
 - Seitenzahnbereich 286-287
 - und orthognathe Chirurgie 260
 - vierter Quadrant 289-291
- Interdisziplinäre Behandlung 281-298
- Interokklusalen Freiraum öffnen,
 - zwischen den Frontzähnen 288-289
 - zwischen den Seitenzähnen 289-291
- Intrusion 12, 13
 - ungleichmäßige 40
 - Ursache 63-64
- Inzisiven siehe Schneidezähne



K

- Keramikbrackets 3
- Kieferorthopädie,
 - Geschichte 2-4
 - künftige Entwicklungen 5
- Kinnplastik 261-274
- Klasse-I-Verzahnung mit Tiefbiss 100-103
- Klasse-II/1-Dysgnathie,
 - Behandlung durch Unterkiefervorverlagerung mit Alignern 168-171
 - Biomechanik der Therapie 156
 - Sequenzielle Distalisation 147-151
- Klasse-II/2-Dysgnathie,
 - Behandlung durch Unterkiefervorverlagerung mit Alignern 172-176
 - Behandlung mit Twin Blocks und Alignern 162-165
- Klasse-II-Behandlung mit Unterkiefervorschub 166
- Klasse-II-Dysgnathie,
 - mit Engständen 83-86, 90-93
 - mit frontoffenem Biss,
 - Prämolarenextraktion 237-241
 - mit schwerem Tiefbiss und Engständen 108-110
 - mit Tiefbiss 104-107
 - skelettale 261-267
 - und frontoffener Biss 157-160
 - und Prämolarenextraktion 242-246
- Klasse-II-Gummizüge,
 - Prinzipien der Behandlung 145
 - Simulation für 137-144
- Klasse-II-Therapie, 131-177
 - Diagnose und Fallselektion 132-134
 - Entscheidungsfindung für 132
 - Indikationen 134
 - mit Mandibular Advancement Feature,
 - Prinzipien 177
 - Neuerungen 135

- Klasse-III-Dysgnathie,
 - mit generalisierter Lückenstellung 51-53
 - Diagnose und Fallselektion 180-182
 - skelettale 268-274, 275-279
 - Therapieoptionen 180

- Klasse-III-Gummizüge,
 - ASR im Unterkiefer 185-190
 - Simulationssprung 183-184
- Klasse-III-Therapie 179-200
 - Indikationen 183
 - Prinzipien 191
 - sequenzielle Distalisation der unteren Molaren 191-199

- Knöpfchenausschnitte 135-136
- Kommentare formulieren 36-37
- Kommentarfeld 34
 - Überprüfen 27-28
- Kommunikation mit dem Techniker,
 - Tipps 34-37
- Komplikationen,
 - Bissöffnung im Seitenzahnbereich 74-76
 - Prämolarenextraktion 250-251
- Kontrolltermin 58
- Kraftwirkung 8-9
- Kräftepaar 66
- Kreuzbiss 37-38, 47-48, 51-52, 82, 166, 181, 183, 185-190, 192-196, 294
- Kronenkipfung in die Extraktionslücke 225

L

- Lingualansicht, Okklusion 30
- Linguales Bracketsystem 3
- Lücke, nach Extraktion 291
- Lückenbreite für Implantatsetzung 283-287
- Lückenmanagement für
 - Veneerversorgung 281-285

M

- Mandibular Advancement Feature 161, 166–167, 177
- Miniimplantate 260, 275, 277, 291
- Mittellinienabweichung 142, 157, 256
- Mittellinienkorrektur 15, 88, 118–121, 258
- Molar(en),
 - Distalisation im Oberkiefer 10–11, 145
 - Distalisation im Unterkiefer 191–199
 - oberer zweiter, Bukkalstand 47
 - Oberkiefer 41, 117, 257–258
 - Unterkiefer 41, 117
- Mundhygiene 59

N

- Nichtanlage,
 - Oberkiefereckzähne 283
 - Zahn 12 285
- Nichtextraktion vs. Extraktion 206
- Nichtextraktionsbehandlung 133, 181, 202–205, 291
- Null-Grad-Apparaturen 3

O

- Oberkiefervorverlagerung 275–279
- Okklusion 24–30
- Okklusionsebene 12, 13
- Orthognathe Chirurgie 253–280
 - Behandlungsablauf 254
 - Diagnose und
 - Behandlungsplanung 255–256
 - Fallbeispiele 261–279
 - Planung in ClinCheck 257–259
 - Postchirurgisches Finishing und
 - Retention 260
 - Prächirurgische Zahnbewegungen bei
 - Klasse-II-Dysgnathien 257–258
 - Klasse-III-Dysgnathien 259
 - Prächirurgische Zielsetzungen 256–257
 - Prinzipien 280
 - skelettale Klasse-II-Dysgnathie 261–267
 - skelettale Klasse-III-Dysgnathie 268–274, 275–279
 - Spee-Kurve im Unterkiefer 255–256
- Overjet-Korrektur 43



P

- Parodontale Unterstützung, fehlende 202, 204, 206
- Patienten,
Aufklärung mit
Softwarebehandlungsplan 208
- Compliance 59
- Erstvorstellung 56
- im Wachstum 161
- Pontic 68, 208
- Power Ridges 14, 136, 182, 226
- Prämolar, rotierter 66
- Prämolarenextraktion siehe Extraktion von Prämolaren
- Precision Bite Ramps 96–97, 99, 100, 102, 110
- Precision Cuts,
bei Klasse-II-Dysgnathie 135, 136, 147, 149, 155, 157, 167
- bei Klasse-III-Dysgnathie 182, 192, 195–196
- ClinCheck 33, 34
- für Klasse-II-Gummizüge 226
- für Klasse-III-Gummizüge 188, 191
- Prüfen 32
- Precision Wings 161, 166, 167, 174
- Pressure Areas zur Tiefbisskorrektur 96, 99
- Probleme beschreiben 36
- Proklination 87

R

- Rechteckattachments 26
- Referenzpunkte verwenden 36
- Retention 59, 61–80, 138, 260
- Retroklinieren 226
- Reverse-Curve-Bögen 13
- Reziproke Retraktion 229–230
- Ribbon-Arch-Appliance 2
- Röntgenkontrolle 208

S

- Schmelzreduktion, approximale siehe approximale Schmelzreduktion
- Schneidezähne,
elongierte, retroklinierte 39
- Extraktionstherapie unterer 201–222
- Hin- und Rückbewegung unterer 46
- Inklination 14–15
- Intrusion der oberen zentralen 40
- Öffnung des interokklusalen Freiraums 288–289
- palatinal verlagerte laterale 64–65
- Retroklination 251, 258, 268
- Veneer- und Kronenversorgungen 282–290
- Schwarze Dreiecke zwischen Zähnen 213, 215, 220
- Seitenzahnbereich,
ASR 136–137, 183
- Einzelimplantate 286
- interokklusalen Freiraum öffnen 289–290
- Bissöffnung 74–76
- Sequenzielle Distalisation 43, 145–160
- der Unterkiefermolaren 191–199
- Software siehe ClinCheck
- Spee-Kurve 13, 41, 42, 167, 172, 255–256, 258
- Staging,
Definition 24
- Korrektur frontoffener Biss 116–117
- lingual verlagerte Zähne 37
- Overjet 43, 45
- Tabelle überprüfen 28–29
- Tiefbisskorrektur 99
- Zahnbewegungen 37–47
- Straight-Wire-Appliance 3
- Surgery-first-Strategie 254–255

T

temporäre skelettale Verankerungselemente
(TSAD) 19, 145, 191, 224, 225, 250, 254, 257,
260
interdisziplinäre Behandlung 291–297
Öffnung des interokklusalen
Freiraums 289–291
Zusammenfassung 297
Thermozangen 76–77
Tiefbiss,
Attachments 96, 99
Behandlung 95–111
bei elongierten, retroklinierten
Schneidezähnen 39
Beschreibung 18–19
Diagnose 97–98
schwerer 108–110
Überbehandlung 79
Ursachen 97–98
Tiefbisskorrektur,
bei Klasse-I-Dysgnathie 100–103
bei Klasse-II-Dysgnathie 104–110
ClinCheck 99
Diagnostik und Biomechanik 97–98
Neuerungen 96–97
Precision Bite Ramps 96–97, 100, 102, 110
Verankerung 98
Torque 12, 14
Torqueverlust 226

Transparente Aligner,
Behandlungsmechanik 14–15
Digitale Behandlungsplanung 24
Eingliedern 57
Extrusion 12
Geschichte 4, 24
inadäquater Sitz auf den Zähnen 62–63
Indikation 21
Intrusion 12, 13
Kraftwirkung 8–9
mit dem Mandibular Advancement Feature,
Indikation 166
Mittellinienkorrektur 15
Torque 12, 14
Übertragung 8–9
Verankerung 8–10
Vergleich mit Edgewise-Apparaturen 7–16
Wurzelkipfung 12, 14
zusätzliche 58
Transversale Diskrepanzen 19–20
Überbehandlung 79

U

Überbehandlung, Tiefbisskorrektur 99
Überkorrektur und Überbehandlung 78–79
Überlagerungswerkzeug, Überprüfen 30–31
Überprüfen der ClinCheck-Planung 26–33
Übertragung 8–9
Unterkieferengstand, ClinCheck als diagnostisches
Setup 204–208
Unterkiefermolaren, sequenzielle
Distalisation 191–199
Unterkieferrückverlagerung 268–274
Unterkiefervorschub 166
Unterkiefervorverlagerung 261–267
mit Alignern 168–176
Unterlippe, vorspringende 268



V

- v-bends 14, 208, 225
- Veneerversorgung 282–286
- Verankerung 8–10
- Verankerungskonzepte 224–226
- Verankerungsverlust 226, 251
- Verlaufskontrolle 55–60
- Vertikale Diskrepanzen 18–19
 - Überbehandlung 79
- Vertikale Kontrolle 15
- Vertikale Rechteckattachments 26
- Virtuelle c-chains 77
- Virtuelle Giebelbiegung 208, 222, 225
- Vollkeramikronen 289
- Vorverlagerungsphase 166–175

W

- Wachstumsmodifikation 180–182
 - mit Mandibular Advancement Feature 161
- Wachstumsmuster,
 - frontoffene Bisse 115
 - Tiefbiss 98
- Wechselgebissphase 161
- Wurzelinklination,
 - Clear Aligner 12–14
 - Frontzähne 202–206, 257
 - Korrektur 72–73
 - Oberkieferfront 257
 - Steuerung 208
 - Überbehandlung 79
 - Unterkiefer 72–73
 - Unterkieferfront 202–206
- Wurzelkontrollattachments 136, 183

Z

- Zahn bezeichnen, ClinCheck 34
- Zahnabnutzung, fortgeschrittene 288–289
- Zahnbewegung,
 - anspruchsvolle 47
 - klinische Durchführung 64–65
 - Mechanismen 8–16
 - mit Brackets 8
 - mit transparenten Alignern 8, 9
 - Nachverfolgen 59
 - quantifizieren 34
 - Richtung 35
 - Staging 37–47, 64
 - unerwünschte 224–225
- Zahnbewegungsbeurteilung, Überprüfen 31
- Zahnbogen, Erweiterung 82
- Zahnbogenlängendiskrepanzen 18
- Zahnbreite, Korrektur 87
- Zähne,
 - lingual/palatinal verlagerte 37
 - stark gekippte, im dritten
 - Quadranten 72–73
 - stark gekippte, im vierten Quadranten 73
- Zahngrößendiskrepanz 15, 87, 136, 202, 207–208
- Zahnkipfung in Extraktionslücke 251
- Zahnpositionen, Diskrepanzen zwischen Mund und Aligner 63
- Zangen 76–78
- Zugbrückeneffekt 115



Die Alignertherapie hat heute ihren Platz innerhalb der kieferorthopädischen Therapien gefunden und erfreut sich bei Patienten aufgrund der ästhetischen Vorteile der transparenten Schienen zunehmend größerer Beliebtheit.

Dieses Buch widmet sich der Therapie mit Alignern mit dem Fokus auf Diagnostik und Behandlungsplanung. Dabei werden zunächst lange bewährte kieferorthopädische Prinzipien der Biomechanik und Verankerung und ihre Übertragung auf die Behandlung mit Alignern diskutiert. Eine Reihe praktisch ausgerichteter Kapitel erklärt anschließend den Einsatz von Alignern zur Behandlung verschiedener Dysgnathieformen: Es zeigt dem Behandler, wie sich mit der verfügbaren Software ein geeigneter Behandlungsplan erstellen lässt, wie die Zahnbewegungen digital programmiert werden müssen, um das Behandlungsziel zu erreichen, und wie die Behandlung schließlich klinisch umgesetzt wird.

Dieses umfassende Handbuch zeigt Praktikern, wie sie den Wunsch vieler ihrer Patienten nach einer unsichtbaren Behandlung erfüllen können.

ISBN: 978-3-86867-478-1



9 783868 674781

www.quintessenz.de