

Möglichkeiten und Grenzen der Invisalign-Behandlung

Indizes

Invisalign, ClinCheck, Aligner, Attachments, Zahnbewegungen

Zusammenfassung

Mit seiner Serie von klaren, herausnehmbaren Schienen (Aligner) ermöglicht das Invisalign-System dem Patienten einen hohen Tragekomfort, eine gute Ästhetik und eine optimale Mundhygiene. Während in der Vergangenheit die Behandlung von leichten bis moderaten Engständen, Lücken im Frontzahnbereich und gekippten Zähnen im Vordergrund stand, bietet Invisalign in Kombination mit Attachments, zusätzlichen Verankerungselementen oder Teilbracketapparaturen seit einiger Zeit auch die Möglichkeit, selbst schwierigste Zahnbewegungen durchzuführen. Der Beitrag gibt einen Überblick über die Möglichkeiten und die Grenzen, die dieses System mit sich bringt.

Einleitung

Die Kieferorthopädie ist aus den anspruchsvollen Behandlungskonzepten der ästhetischen und funktionellen Zahnheilkunde nicht wegzudenken. Durch innovative Methoden und Apparaturen lassen sich selbst komplizierte Zahnfehlstellungen korrigieren. Kieferorthopädische Behandlungen werden von jugendlichen und erwachsenen Patienten jedoch häufig aus kosmetischen Gründen gescheut, und der Großteil empfindet festsitzende Multi-bracketapparaturen als unattraktiv und inakzeptabel¹¹.

Dem Kieferorthopäden stehen in der heutigen Zeit mehrere „unsichtbare“ Behandlungsmöglichkeiten zur Verfügung. Eine davon ist das Invisalign-System (Fa. Align Technology, Santa Clara, USA). Diese Technik, die 1999 auf den US-amerikanischen Markt gekommen ist und seit 2001 in Deutschland angewandt wird, ist inzwischen eine weit verbreitete kieferorthopädische Therapiemethode mit über 1 Million behandelten Patienten weltweit. Mit Hilfe eines speziellen Computergrafik-Verfahrens, dem ClinCheck, wird ausgehend vom Ist-Zustand der Zahnreihen, der in virtuellen Kiefermodellen festgehalten wird, ein durch den Kieferorthopäden vorher bestimmtes Behandlungsziel dreidimensional dargestellt und in einzelne Behandlungsphasen unterteilt. Somit zeigt der ClinCheck schrittweise die zu erwartende Zahnbewegung im Lauf der Behandlung. Für jede dieser Phasen werden dann die einzelnen individuellen Schienen (Aligner) produziert, die



Werner Schupp
Dr. med. dent.

Visiting Professor an der
Universität Ferrara, Italien

Julia Haubrich
Dr. med. dent.

Praxis Dr. Werner Schupp
Hauptstraße 50
50996 Köln
E-Mail: praxis@schupp-ortho.de



Abb. 1 Herausnehmbarer Aligner

jeweils 2 Wochen lang 22 Stunden täglich getragen werden (Abb. 1). Der Behandlungsplan und der damit verbundene Clincheck sind dabei exakt und detailliert vom Behandler auszuarbeiten.

Ein großer Vorteil dieser computertechnischen dreidimensionalen Umsetzung ist die Möglichkeit, das rechner-simulierte Behandlungsergebnis im Voraus mit dem Patienten ebenso wie mit den zahnärztlichen Kollegen besprechen zu können. Dies erlaubt ein optimal aufeinander abgestimmtes interdisziplinäres Behandlungskonzept, in dem der Patient kieferorthopädisch vorbehandelt und anschließend wenn notwendig prothetisch, konservierend, orthognath-chirurgisch oder implantologisch weiterbehandelt werden kann. Durch eine enge Zusammenarbeit mit dem behandelnden Zahnarzt lassen sich Zahnfehlstellungen auch bei tiefen parodontalen Läsionen bis ins hohe Alter korrigieren.

Die Serien der klaren, herausnehmbaren Aligner ermöglichen dem Patienten einen hohen Tragekomfort, eine gute Ästhetik sowie eine optimale Mundhygiene und weisen dadurch wesentlich weniger Nachteile auf als die herkömmlichen festsitzenden Apparaturen^{1,2,10,14}. Mögliche Nebenwirkungen der Multibracketapparaturen wie beispielsweise White-Spot-Läsionen oder Entkalkungen, Karies, Schmelzabrasionen durch Bracketkontakt, Schmelzläsionen beim Abnehmen der Brackets und parodontale Risiken sind bei Invisalign minimiert bzw. nicht vorhanden.

Vorteile der Invisalign-Behandlung

Die Invisalign-Behandlung bietet folgende Vorteile:

- uneingeschränkte Mundhygiene möglich, dadurch bessere parodontale Verhältnisse;
- Ausmaß der approximalen Schmelzreduktion vor Behandlungsbeginn bekannt und exakt berechnet;
- einfaches parodontales Recall ohne Brackets, Bänder, Bögen oder Drähte;
- stark reduziertes Dekalzifikationsrisiko;
- minimale bis keine Notfälle, keine Schleimhautverletzungen oder -entzündungen;
- beim Alignerwechsel weniger Schmerz für den Patienten als beim Bogenwechsel;
- keine Möglichkeit von Schmelzabrasionen durch Bracketkontakt;
- Debonding ohne Risiko von Schmelzverletzungen;
- computerberechnetes und dadurch vorhersehbares und planbares Behandlungsziel;
- leichte und intermittierende Kräfte;
- kein so genanntes Jiggling, dadurch keine Wurzelresorptionen;
- keine Einschränkung beim Sport oder beim Spielen von Blasinstrumenten;
- keine Metallallergie möglich;
- keine Verblockung der Maxilla.

Nachteile der Invisalign-Behandlung

Auch diese Methode ist jedoch nicht völlig frei von Nachteilen. Da die Schienen herausnehmbar sind, hängt der Therapieerfolg von der Mitarbeit des Patienten ab. Am Anfang der Behandlung kann es außerdem zu leichten Sprachbeeinträchtigungen kommen, die sich nach ein paar Tagen jedoch wieder legen. Einige wenige Zahnbewegungen sind mit dieser Technik alleine nicht durchführbar.

Behandlungsmöglichkeiten

Nach jahrelanger Erfahrung mit dem System kann die Invisalign-Technik nicht nur als erfolgreiches Behandlungsmittel bei leichten bis moderaten Engständen, Lücken im Frontzahnbereich und gekippten Zähnen verwendet werden, sondern auch in umfassenderen Fällen wie etwa Ex-



traktionen⁷, offenen und tiefen Bissen, dentalen Klasse-II-¹² und -III-Behandlungen sowie bei der komplexen Therapie von kranio-mandibulären Dysfunktionen⁹ oder als kieferorthopädischer Bestandteil einer kombinierten kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Behandlung¹⁵. Die Expansion des Zahnbogens, In- und Extrusionen von einzelnen Zähnen oder Zahngruppen wie beim tiefen Biss⁵, relative Torquebewegungen und die Korrektur von Zahnachsenstellungen sind zum festen Bestandteil der Invisalign-Behandlung geworden³. Auch schwarze Dreiecke im Frontzahnbereich, die häufig durch parodontalen Attachmentverlust, divergierende Wurzelstellungen oder ungünstige dreieckige Kronenformen entstehen können¹³, sind mit dieser kieferorthopädischen Behandlungstechnik therapierbar. Mit Invisalign-Teen steht die Technik auch für Kinder und Jugendliche zur Verfügung. Die kieferorthopädische Vorbehandlung bietet oftmals die Voraussetzung für eine optimale konservierende, chirurgische oder prothetische Anschlussbehandlung^{4,8}.

Fester Bestandteil fast jeder Invisalign-Therapie sind die Verankerungselemente, die so genannten Attachments. Sie können in verschiedenen Formen, Größen und Positionen im ClinCheck geplant werden. Die Attachments ermöglichen die Verankerung für einzelne Zahnbewegungen wie Rotationen und Extrusionen oder für die Bewegung von Zahngruppen wie im Fall der Frontzahnintrusion beim tiefen Biss. In unserer Praxis werden die Attachments bereits vor der Abformung auf den Zähnen angebracht, so dass es nicht nur möglich ist, ohne Schmelz-Ätz-Technik zu arbeiten, sondern die Attachments auch exakt entsprechend den erforderlichen Zahnbewegungen platziert werden können.

Die Firma Align Technology selbst nimmt eine Unterscheidung der notwendigen Zahnbewegungen in drei Gruppen vor: einfache Bewegungen, die sich mit Alignern alleine erreichen lassen, mittelschwere Bewegungen, die durch Aligner und zusätzliche Verankerungsmittel wie Knöpfchen und Gummizügen bewirkt werden können, und schwierigere Bewegungen, die nur vom „Invisalign-Experten“ durchgeführt werden sollten, da hierbei Kombinationen mit festsitzenden Teilapparaturen benötigt werden und dementsprechend ausreichende Erfahrungen mit der Invisalign-Technik sowie den gängigen festsitzenden Multibrackettechniken erforderlich sind. In der Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie (DGKFO) zur Behandlung mit Alignern vom Januar 2010 schreibt Göz⁶: „Aligner-Methoden sind deshalb nur gut ausgebildeten Behandlern zu empfehlen, die in

Diagnostik und Therapie das gesamte kieferorthopädische Spektrum beherrschen.“

Nach unserer Erfahrung lassen sich die Zahnbewegungen mit Invisalign in die nachstehenden Gruppen einteilen:

1. einfache Bewegungen, die nur mit Alignern und Attachments behandelt werden können:
 - Ausformung bei leichten Eng- und Drehständen im Frontzahnbereich,
 - Lückenschluss im Frontzahnbereich,
 - leichte Rotationen von Front- und Eckzähnen sowie Prämolaren,
 - transversale Zahnbogenerweiterung,
 - In- und Extrusionen (für reine Extrusionsbewegung benötigt der Zahn selbst ein Attachment, bei Intrusionsbewegungen benötigen die benachbarten Zähne Attachments) sowie
 - Überstellen eines anterioren Kreuzbisses.
2. Bewegungen, die eine zusätzliche Verankerung benötigen:
 - Distalisierung (mit Klasse-II-Gummizügen).
3. Bewegungen, die eine zusätzliche kieferorthopädische Vorbehandlung benötigen:
 - Derotation von stark rotierten Prämolaren und Eckzähnen,
 - Überstellung eines posterioren Kreuzbisses (ggf. Vorbehandlung mit Knöpfchen und Criss-Cross-Gummizügen) sowie
 - Lückenschluss nach Exzision von Prämolaren (ggf. Vorbehandlung mit Teilbebänderung).

Grenzen der Invisalign-Behandlung

Es gibt Zahnbewegungen, die mit Alignern alleine nicht möglich sind, so dass eine Teilmultibracketapparatur benötigt wird. Hierzu gehören:

- Mesialisierung von Molaren um mehr als 1,5 mm,
- Aufrichtung von gekippten Molaren und
- absoluter Torque.

Für die genannten Bewegungen ist aufgrund der besonderen Verankerung mindestens eine festsitzende Behandlungstechnik erforderlich, die häufig mit zusätzlichen skelettalen Verankerungsmethoden wie Minischrauben kombiniert wird.



Abb. 2a und b Oberkieferfront mit nach mesial inklinierten Zähnen 11 und 21 sowie interdentalen schwarzem Dreieck (a). Vertikale rechteckige Attachments wurden auf den Zähnen 11 und 21 und auf den benachbarten Frontzähnen befestigt. Behandlungsergebnis nach Aufrichtung der Zähne 11 und 21 und Schließen des schwarzen Dreiecks (b)

Zahnbewegungen mit der Invisalign-Technik – Überblick

Im Folgenden wird anhand von Patientenbeispielen ein Überblick über die möglichen Behandlungen mit dem Invisalign-System ohne zusätzliche Hilfsmittel gegeben.

Angulation/Deangulation

Deangulationen von gekippten Frontzähnen sind mit dem Invisalign-System möglich. Hierbei sollten auf den bewegten Zähnen Attachments verwendet werden, die eine zusätzliche Verankerung bieten. Abbildung 2a zeigt ein Patientenbeispiel mit nach mesial inklinierten Zähnen 11 und 21 mit einem Diastema und einem großen interdentalen schwarzen Dreieck. Über die Attachments erfolgte die Deangulation der Kronen 11 und 21 mit Lückenschluss und Schließen des schwarzen Dreiecks mit dem Invisalign-System (Abb. 2b).

Derotation und Aufrichtung

Mit dem Invisalign-System können frontale Dreh- und Engstände sehr effizient behandelt werden. Auch die Aufrichtung nach lingual gekippter Zähne ist mit Hilfe des Systems möglich. Abbildung 3a zeigt im Unterkiefer starke frontale Dreh- und Engstände sowie nach lingual gekippte Prämolaren 34 und 35. Durch eine zusätzliche Verankerung über Attachments auf den Zähnen 36 und 34 konnten die Prämolaren aufgerichtet werden. Die Ausformung des frontalen Engstandes erfolgte ohne zusätzli-

che Verankerungselemente mittels approximaler Schmelzreduktion. Abbildung 3b zeigt das Behandlungsergebnis nach Beendigung der Invisalign-Therapie. Im Anschluss wurde die abradierte Schmelzkante des Zahnes 31 konservierend weiterversorgt.

Engstandauflösung und Expansion

Neben der approximalen Schmelzreduktion ist die transversale Erweiterung eine weitere Option, Engstände aufzulösen und die Zahnbögen harmonisch auszuformen. Abbildung 4a zeigt die Aufsicht auf einen transversal eingengten Oberkiefer mit starken frontalen Dreh- und Engständen. Mittels zusätzlicher Verankerung auf den Zähnen 14, 13, 23 und 24 durch vertikale Attachments, transversaler Erweiterung, Protrusion des Zahnes 21 und approximaler Schmelzreduktion konnte ein harmonischer Zahnbogen ausgeformt werden (Abb. 4b).

Expansion und Korrektur bukkaler schwarzer Korridore

Bukkale schwarze Korridore stören oftmals erheblich das ästhetische Erscheinungsbild beim Lächeln. Nach palatinal und lingual gekippte Seitenzähne haben ein „Verschwinden“ der posterioren Seitenzähne hinter den Frontzähnen zur Folge, so dass das Lächeln reduziert und nicht voll wirkt (Abb. 5a). Eine Aufrichtung der Seitenzähne mit zusätzlicher Expansion führt zu einem Auffüllen der schwarzen Korridore und einem vollen Lächeln (Abb. 5b).



Abb. 3a und b Unterkiefer mit frontalen Dreh- und Engständen; die Zähne 34 und 35 sind nach lingual gekippt (a). Attachments auf den Zähnen 36 und 34 für zusätzliche Verankerung zur Aufrichtung des Zahnes 35. Intraoraler Befund nach Aufrichtung des Zahnes 35 und Ausformung der Unterkieferfrontzahngruppe (b). Die abradierete Schmelzkante des Zahnes 31 wurde anschließend aufgebaut

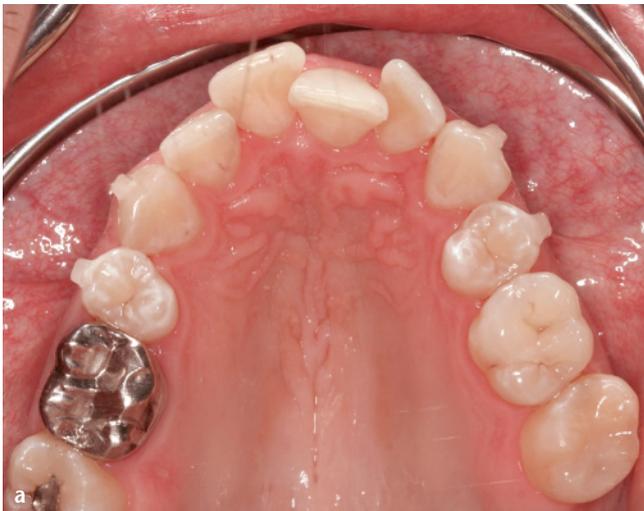


Abb. 4a und b Oberkiefer mit starken Dreh- und Engständen sowie Attachments auf den Zähnen 13, 14, 23 und 24 (a). Intraoraler Befund nach Auflösung der Dreh- und Engstände und leichter transversaler Erweiterung (b)



Abb. 5a und b Extraorale Ansicht mit schwarzen bukkalen Korridoren vor (a) und nach (b) transversaler Erweiterung: Reduktion der Korridore und Verbesserung der Ästhetik



Lücken

Der Lückenschluss im Frontzahnggebiet ist eine einfache Zahnbewegung mit dem Invisalign-System. Abbildung 6a zeigt die intraorale Ansicht einer lückig stehenden Ober- und Unterkieferfront. Die Lücken wurden geschlossen und die Zähne 11 sowie 21 zusätzlich intrudiert. Dafür wurden auf den Zähnen 13, 23, 11 und 21 rechteckige Attachments geklebt. Abbildung 6b zeigt den intraoralen Befund nach erfolgtem Lückenschluss und Reduktion des vertikalen Überbisses.

Intrusion

Ein vergrößerter vertikaler Überbiss mit ausgeprägter *Spee'scher* Kurve und Vorkontakt der Unterkieferfront gehört zu den häufigsten Fehlstellungen, die wir in unserem Praxisalltag antreffen. Durch Schaffen einer zusätzlichen Verankerung mit Attachments konnte bei der extrudierten Ober- und Unterkieferfront der in Abbildung 7a gezeigten Patientin ein funktioneller vertikaler und sagittaler Überbiss eingestellt werden (Abb. 7b). Bei der Intrusion der Unterkieferfront ist zu beachten, eine separate Intrusion der Unterkieferfrontzähne 32 bis 42 und anschließend der Zähne 33 sowie 43 durchzuführen.

Extrusion

Relative Extrusionen sind Bewegungen, die sich mit dem Invisalign-System gut vorhersagbar durchführen lassen. Die reine Extrusion ist dagegen weitaus schwieriger und bedarf einer umfangreichen Verankerung sowie langsamer Extrusionsbewegungen. Abbildung 8a zeigt den frontal offenen Biss einer 30-jährigen Patientin. Unter begleitender myofunktionseller Therapie zur Behandlung der Zungendysfunktion wurden im Ober- und Unterkiefer auf allen Front- und Eckzähnen sowie auf sämtlichen Prämolaren Attachments befestigt. Diese dienten zur Verankerung während der extrusiven Bewegung auf den besagten Zähnen. Abbildung 8b zeigt das Behandlungsergebnis mit Herstellung eines physiologischen sagittalen und vertikalen Überbisses mit funktioneller Eckzahnführung.

Nivellierung der gingivalen Höhe

Durch In- und Extrusionen kann nicht nur ein physiologischer vertikaler und sagittaler Überbiss erreicht werden,

sondern ebenfalls eine Nivellierung der gingivalen Höhe erfolgen. Bei dem in Abbildung 9a gezeigten Patienten besteht eine große Diskrepanz des gingivalen Verlaufes zwischen den labial hoch gestellten Zähnen 13 und 23, den extrudierten Zähnen 11 und 21 sowie den Zapfenzähnen 12 und 22. Gleiches gilt für den gingivalen Verlauf der Unterkieferfrontzähne zu den unteren Eckzähnen (Abb. 9a). Die starken Dreh- und Engstände im Ober- und Unterkiefer konnten durch Expansion und proximale Schmelzreduktion aufgelöst werden. Die Nivellierung der Frontzähne und dadurch der gingivalen Höhe erfolgte durch Intrusion der Zähne 11, 21 und 32 bis 42 sowie durch Extrusion der Zähne 13 und 23. Abbildung 9b zeigt den nivellierten gingivalen Verlauf nach der Behandlung mit dem Invisalign-System. Im Anschluss an die kieferorthopädische Versorgung erfolgte eine konservierende Weiterbehandlung mit Veneers auf den Zapfenzähnen 12 und 22.

Eckzahnderotation

Eckzähne sind aufgrund ihrer langen Wurzel und des dadurch bedingten Bewegungswiderstandes etwas schwieriger zu bewegen. Nicht nur die Deangulation, sondern auch die Derotation bei rotierten Eckzähnen, wie in Abbildung 10a dargestellt, erfordert somit eine zusätzliche Verankerung durch Attachments und eine separate Bewegungsanforderung. In dem hier dargestellten Patientenbeispiel wurden somit zuerst der Unterkieferfrontbereich und anschließend separat die unteren Eckzähne derotiert (Abb. 10b).

Kreuzbissüberstellung

Anteriore Kreuzbisse lassen sich mit der Invisalign-Technik auf eine äußerst präzise vorhersagbare Weise überstellen. Die posteriore Kreuzbissüberstellung kann entweder einschließlich einer Vorbehandlung mit Knöpfchen und Criss-Cross-Gummizügen oder alleine mit der Invisalign-Technik erfolgen. Abbildung 11a zeigt eine Klasse-II-Verzahnung mit Kreuzbissituation der Zähne 16 und 46. Die Invisalign-Behandlung umfasste die Distalisierung im Oberkiefer rechts mit Kreuzbissüberstellung durch transversale Erweiterung in Regio 16. Abbildung 11b zeigt die intraorale Situation bei Behandlungsende mit Einstellung einer Klasse-I-Relation und funktioneller Molarenverzahnung.



Abb. 6a und b Intraorale Ansicht der lückigen Frontzähne mit Attachments auf den Zähnen 13, 11, 21 und 23 für den Lückenschluss sowie im Unterkiefer auf den Zähnen 33, 34, 35, 43, 44 und 45 zur Verankerung für die Intrusion der Unterkieferfrontzähne (a). Intraoraler Befund nach Lückenschluss und Herstellung eines physiologischen sagittalen und vertikalen Überbisses (b)



Abb. 7a und b Intraoraler Befund mit ausgeprägter Spee'scher Kurve sowie extrudierter Unterkiefer- und Oberkieferfrontzahngruppe (a). Vertikale „Direct Bonded Attachments“ auf den Zähnen 34, 35, 44 und 45 sowie auf den Oberkieferfrontzähnen für zusätzliche Verankerung. Die Bewegungsanforderung umfasste die separate Intrusion der Zähne 32 bis 42 und anschließend der Zähne 33 und 43. Intraoraler Endbefund mit physiologischem sagittalem und vertikalem Überbiss (b)



Abb. 8a und b Intraoraler Befund mit frontal offenem Biss und okklusalen Kontaktpunkten ausschließlich auf den Zähnen 17 zu 47 und 27 zu 37 sowie fehlender Eckzahnführung (a). Attachments auf den Zähnen 15 bis 25 und 35 bis 45 zur extrusiven Bewegung. Endbefund mit physiologischem sagittalem und vertikalem Überbiss mit Eckzahnführung (b)



Abb. 9a und b Intraorale Ansicht mit hoch gestellten Zähnen 13 und 23 sowie Zapfenzähnen 12 und 22 mit disharmonischem gingivalem Verlauf (a). Ansicht nach Invisalign-Behandlung: Ausformung harmonischer Zahnbögen und Nivellierung der gingivalen Höhe (b)



Abb. 10a und b Intraorale Aufsicht auf einen Unterkiefer mit Engständen und Rotationen insbesondere der Zähne 33 und 43 (a). Attachments wurden auf den Zähnen 33 und 43 befestigt. Intraoraler Befund bei Behandlungsende: Ausformung des Zahnbogens mit Derotation der Eckzähne und Inzisivi (b)



Abb. 11a und b Rechte Seitenansicht mit Kreuzbissituation Zahn 16 zu Zahn 46 in Klasse-II-Verzahnung (a). Ansicht nach Überstellung des Kreuzbisses und Einstellung einer Klasse-I-Verzahnung (b)



Abb. 12a und b Frontansicht mit Dreh- und Engständen im Unterkieferfrontzahnbereich (a). Ausformung mit Extraktion des Zahnes 42, Attachments auf den Zähnen 33 bis 44. Intraorale Unterkieferaufsicht mit Lückenschluss und Ausformung eines harmonischen Zahnbogens (b)



Frontzahnextraktion

Bei starkem Platzmangel im Frontzahnbereich muss manchmal ein Frontzahn extrahiert werden, um ausreichend Platz für die Ausformung des Zahnbogens zu gewinnen und einen funktionellen Überbiss einzustellen. Abbildung 12a zeigt die Unterkieferaufsicht eines Patienten mit Platzmangel im Unterkieferfrontzahnbereich, Drehständen der Frontzähne und einem labial gekippten Zahn 43. Bei Extraktionen im Unterkieferfrontzahnbereich werden auf die der Extraktionslücke benachbarten Zähne systematisch Attachments zur Verankerung gesetzt. In diesem Beispiel wurden auf den Zähnen 33, 32 und 44 ebenfalls Attachments befestigt, da nicht nur die Extraktionslücke geschlossen, sondern auch eine Intrusion des Unterkieferfrontzahnbereiches durchgeführt wurde. Abbildung 12b zeigt das Behandlungsergebnis nach Extraktion des Zahnes 42 und Lückenschluss.

Klasse-II-Behandlung

Da die Therapie einer *Angle*-Klasse II mit der Invisalign-Technik komplexer ist, soll sie an dieser Stelle etwas ausführlicher beschrieben werden.

Der Patient stellte sich mit dem nachstehenden Befund in unserer Praxis vor: permanentes Gebiss mit proklinierten Frontzähnen und Mittellinienabweichung, ver-

bliebener Zahn 53, Zähne 13 und 23 im Hoch- und Außenstand, ausgeprägte *Spee*'sche Kurve mit extrudierter Unterkieferfront, Rotationen und Engstände im Ober- und Unterkiefer, *Angle*-Klasse II mit einem sagittalen Überbiss von 4 mm und einem vertikalen Überbiss von 0 mm sowie fehlender Eckzahnführung (Abb. 13a bis c und 14a bis e).

Der Behandlungsplan umfasste die Etablierung einer *Angle*-Klasse I mit physiologischem sagittalem und vertikalem Überbiss durch Distalisieren im Oberkieferseitenzahngelände mit Einstellung der Oberkiefer Eckzähne und Herstellen einer gesicherten Eckzahnführung sowie Ausformung harmonischer Zahnbögen mit Beseitigung der Dreh- und Engstände durch approximale Schmelzreduktion und Einstellung der Mittellinien. Alternativ zu einer festsitzenden Apparatur mit Brackets entschloss sich der Patient zur Behandlung mit der Invisalign-Technik. Hierfür wurde auf den Zähnen 13 und 23 sowie im Laufe der Behandlung zusätzlich auf den Oberkieferfrontzähnen und dem Zahn 43 jeweils ein vertikales rechteckiges Attachment für die Verankerung befestigt. Außerdem trug der Patient während der gesamten Behandlung Klasse-II-Gummizüge beidseits von Zahn 14 zu Zahn 46 und von Zahn 24 zu Zahn 36 zur Verankerung während der Distalisierung. Abbildung 15 zeigt die intraorale Situation eines analogen Behandlungsbeispiels mit Häkchen auf den Zähnen 13 und 46. Im Bereich der Häkchen erfolgte eine Kürzung der Aligner. Die Klasse-II-Gummizüge wurden von Zahn 13 zu Zahn 46 zusätzlich zu den Alignern getragen.

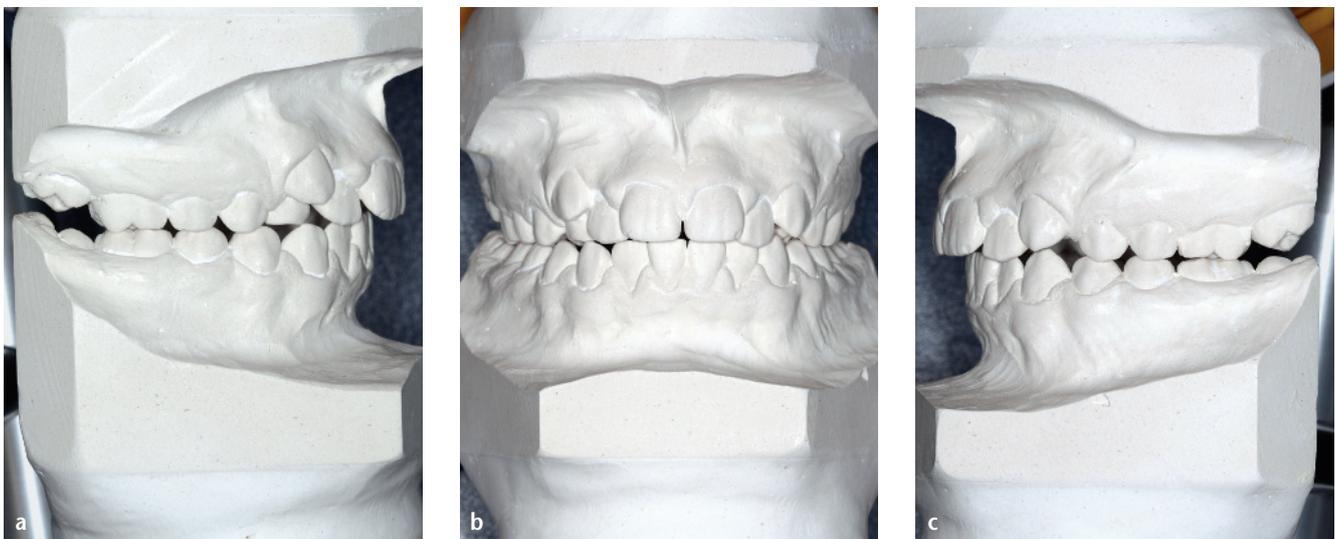


Abb. 13a bis c Zentrisch montierte Modelle zur Behandlungsplanung (persistierender Zahn 53)



Abb. 14a bis e Intraoraler Befund bei Beginn der Behandlung mit Invisalign und Attachments auf den Zähnen 13 und 23 sowie Haken für Klasse-II-Gummizüge auf den Zähnen 14, 24, 36 und 46



Abb. 15 Intraorale Situation eines analogen Behandlungsbeispiels mit Haken auf den Zähnen 13 und 46



Abb. 16a bis e Intraoraler Befund bei Behandlungsende in Klasse-I-Verzahnung mit physiologischer Frontzahnrelation und beidseitiger Eckzahnführung



Abb. 17a bis e Zentrisch montierte Modelle bei Behandlungsende mit markierten okklusalen Kontaktpunkten



Abb. 18 Orthopantomogramm bei Behandlungsende. Die Extraktion der Zähne 38 und 48 wurde angewiesen

Der intraorale Befund bei Behandlungsende (Abb. 16a bis e) zeigt analog zu den in Zentrik montierten Modellen (Abb. 17a bis e) eine *Angle*-Klasse I mit physiologischer Frontzahnrelation und gesicherter Eckzahnführung. Im Abschlussorthopantomogramm sind keine pathologischen Auffälligkeiten zu erkennen; die Extraktion der unteren Weisheitszähne wurde angewiesen (Abb. 18). Der Patient trug zur Retention nachts Schienen aus Imprelon (Fa. Scheu-Dental, Iserlohn).

Diskussion

Das Invisalign-System wurde in der Vergangenheit für die Behandlung von leichten bis moderaten Engständen, Lücken oder gekippten Zähnen verwendet. Nach langjähriger Erfahrung mit diesem System finden sich in der Literatur inzwischen auch Beschreibungen über den Einsatz bei komplexen Fällen wie z. B. Extraktionen, offenen Bissen und Klasse-II-Behandlungen. Die kieferorthopädische



Vorbehandlung bietet oftmals die Voraussetzung für eine optimale konservierende, chirurgische oder prothetische Anschlussbehandlung.

Bei ästhetisch anspruchsvollen erwachsenen und jugendlichen Patienten stellt die fast „unsichtbare“ Invisalign-Technik auch wegen ihrer uneingeschränkten Mundhygienemöglichkeit eine sehr gute kieferorthopädische

Behandlungsalternative dar. In Kombination mit Gummizügen und Teilbracketapparaturen lassen sich selbst ausgesprochen schwierige Zahnbewegungen durchführen. Eine genaue Kenntnis der Möglichkeiten und Grenzen dieser Methode ist jedoch für eine erfolgreiche Behandlung unabdingbar.

Literatur

1. Apajalahti S, Peltola JS. Apical root resorption after orthodontic treatment – a retrospective study. *Eur J Orthod* 2007; 29:408-412.
2. Baumrind S, Korn EL, Boyd RL. Apical root resorption in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;110:311-320.
3. Boyd RL. Esthetic orthodontic treatment using the invisalign appliance for moderate to complex malocclusions. *J Dent Educ* 2008;72:948-967.
4. Cirelli JA, Cirelli CC, Holzhausen M, Martins LP, Brandao CH. Combined periodontal, orthodontic, and restorative treatment of pathologic migration of anterior teeth: a case report. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006; 26:501-506.
5. Giancotti A, Mampieri G, Greco M. Correction of deep bite in adults using the Invisalign system. *J Clin Orthod* 2008;42:719-726; quiz 728.
6. Göz G. Stellungnahme der DGKFO zur Behandlung mit Alignern. Stand Januar 2010. Internet: www.dgkfo.de/Stellungnahme%20Aligner.pdf. Zugriff: Juni 2010.
7. Hönn M, Göz G. A premolar extraction case using the Invisalign system. *J Orofac Orthop* 2006;67:385-394.
8. Lies C, Fernandez S, Limme M, Vanheusden A. Optimalisation des techniques prothétiques de réhabilitation orale grâce à l'orthodontie: analyse d'un cas clinique. *Rev Med Liege* 2008;63: 609-614.
9. Miller DB. Invisalign in TMD treatment. *Int J Orthod Milwaukee* 2009;20: 15-19.
10. Nedwed V, Miethke RR. Motivation, acceptance and problems of invisalign patients. *J Orofac Orthop* 2005;66:162-173.
11. 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.e1-12; discussion 276-277.
12. Schupp W, Haubrich J, Neumann I. Class II correction with the Invisalign system. *J Clin Orthod* 2010;44:28-35.
13. Tanaka OM, Furquim BD, Pascotto RC et al. The dilemma of the open gingival embrasure between maxillary central incisors. *J Contemp Dent Pract* 2008;9:92-98.
14. Vlaskalic V, Boyd RL, Baumrind S. Etiology and sequelae of root resorption. *Semin Orthod* 1998;4:124-131.
15. Womack WR, Day RH. Surgical-orthodontic treatment using the Invisalign system. *J Clin Orthod* 2008;42:237-245. 