

Werner Schupp, Wolfgang Boisserée, Julia Haubrich, Manfred Läkamp, Max Meinzer

## Die interdisziplinäre Behandlung einer kranio-mandibulären und muskuloskelettalen Dysbalance unter besonderer Berücksichtigung digitaler Verfahren



**INDIZES**     *CMD, Okklusion, Okklusionsschiene, manuelle Medizin, muskuloskelettales System, Kieferorthopädie, Invisalign®, Prothetik, CAD/CAM*

Die Okklusion kann Ursache für funktionelle Störungen sein, die das kranio-mandibuläre und das muskuloskelettale System (MSS) betreffen. Ist eine Okklusionskorrektur notwendig, sollte diese immer mit dem geringstmöglichen Aufwand erfolgen, um die irreversible Reduktion von Zahnhartsubstanz auf das Notwendigste zu reduzieren. Die Lösung liegt häufig in der interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen Kieferorthopädie und Prothetik. An einem Patientenbeispiel wird das interdisziplinäre Zusammenwirken dargestellt. Digitale Verfahren nehmen ein immer größeres Spektrum in der Zahnheilkunde und Zahntechnik ein.

**Werner Schupp**  
Prof. Dr. med. dent.  
Fachzahnarzt für  
Kieferorthopädie  
Hauptstraße 50  
50996 Köln  
E-Mail:  
schupp@schupp-ortho.de

**Wolfgang Boisserée**  
Dr. med. dent., M.D.Sc.  
Zahnarzt in Köln

**Julia Haubrich**  
Dr. med. dent.  
Fachzahnärztin für Kieferorthopädie in Köln

**Manfred Läkamp**  
Zahntechniker  
Ostbevern

**Max Meinzer**  
Zahntechnikermeister  
Ostbevern

### ■ Einleitung

In der komplexen Ätiologie und Pathogenese der kranio-mandibulären Dysfunktion (CMD) zählen okklusale Störungen mit zu den auslösenden Faktoren<sup>1-4</sup>. Ein Grund dafür liegt im unmittelbaren Einfluss der Okklusion beim Kieferschluss auf die Unterkieferlage und auf die Kiefergelenkfunktion<sup>5,6</sup>. Die Halswirbelsäule (HWS), speziell der atlantookzipitale Übergang, das kranio-mandibuläre System (CMS) und das muskuloskelettale System (MSS) sind als funktionelle Einheit anzusehen<sup>7-9</sup>. Marx<sup>10</sup> schreibt, dass das kranio-mandibuläre System innerhalb des muskuloskelettalen Systems eine Sonderstellung einnimmt. Funktionsstörungen aus dem CMS können sich auf das gesamte Bewegungssystem im Sinne einer primären Läsion auswirken<sup>11</sup>. Durch diese Verkettung kann die Okklusion absteigend zu Störungen im muskuloskelettalen System der Körperperipherie führen<sup>4,10-14</sup>, die sich unter anderem in Kopfschmerzen, HWS- und Rückenbeschwerden äußern können<sup>3,4,15</sup>.

Aufgrund dieser Zusammenhänge ist es notwendig, die gezielte Untersuchung des muskuloskelettalen Systems in die zahnärztliche Funktionsdiagnostik einzubeziehen. Mithilfe der manuellen Tests nach Marx und der Veränderung der Propriozeption der Kiefergelenke lässt sich recht sicher erkennen, ob die Okklusion eine Beteiligung an muskuloskelettalen Störungen im Sinne einer geschlossenen kinematischen Kette hat. Diese Tests bilden gleichzeitig die Basis für die Kommunikation in der interdisziplinären Diagnostik und Therapie zwischen manueller Medizin und Zahnheilkunde<sup>10</sup>.

In der Therapie der kranio-mandibulären Dysfunktion ist die Rekonstruktion der statischen und dynamischen Okklusion häufig von entscheidender Bedeutung für den Behandlungserfolg. Im Einzelfall ist dabei eine enge Zusammenarbeit zwischen der Zahnmedizin, der Orthopädie und der manuellen Medizin notwendig. Die Aufgabe des Zahnarztes besteht darin, die Okklusion den Änderungen der Ober- und Unterkieferrelation anzupassen, die sich aus einer Normalisierung der Muskelfunktion und

Die Originalfassung des Beitrags ist in der ManMed 2014;52:527-532 erschienen. Die vorliegende Fassung wurde von den Autoren überarbeitet.

**Abb. 1a bis c** Die zentrisch montierten Modelle zeigen, dass in physiologischer Kieferrelation lediglich Kontakte in der Front bestehen, während die Seitenzähne eine erhebliche Nonokklusion aufweisen.



einer Verbesserung der Körper- und Kopfhaltung ergeben<sup>4</sup>.

Aufgrund der multifaktoriellen Ätiopathogenese der CMD sind okklusionsverändernde Maßnahmen jedoch zunächst mittels okklusaler Schienen eingehend zu testen, um die Wirksamkeit der vorgesehenen okklusalen Korrekturen sowohl in der Funktionsdiagnostik als auch im subjektiven Patientenempfinden zu belegen, bevor irreversible Maßnahmen zur Okklusionskorrektur angewendet werden<sup>16</sup>.

Ergibt sich im speziellen Behandlungsfall die Notwendigkeit zu okklusionsverändernden Maßnahmen, sollte der Behandlungsaufwand für den Patienten so gering wie möglich gehalten werden, um insbesondere die irreversible Reduktion von Zahnhartsubstanz auf das Notwendigste zu beschränken, zu vermeiden, beziehungsweise nur dann durchzuführen, wenn eine zusätzliche restaurative Behandlungsindikation für die einzelnen Zähne besteht.

In einer Reihe von Behandlungsbeispielen kann die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Kieferorthopädie und Prothetik diese Forderung erfüllen, indem zunächst Zahnfehlstellungen kieferorthopädisch behandelt werden, um die anschließende prothetische Rekonstruktion der Zähne auf das Notwendigste zu beschränken. Eine solche Zusammenarbeit wird im Artikel am Beispiel einer Kasuistik aufgezeigt. Gleichzeitig sollen dabei moderne Möglichkeiten computergestützter Verfahren in der Zahnheilkunde und Zahntechnik vorgestellt werden.

## ■ Kasuistik

Eine 28-jährige Patientin litt seit vier Jahren an beidseitigen Kiefergelenkschmerzen mit Krepitation und ausstrahlenden Schmerzen zu den Ohren. Außerdem

klagte sie über regelmäßige Nackenschmerzen und litt bereits seit sechs Jahren unter Rückenschmerzen. Von orthopädischer Seite war eine Skoliose bereits im Kindesalter diagnostiziert worden. In ihrer Jugend war eine festsitzende kieferorthopädische Behandlung alio loco erfolgt. In diesem Zusammenhang waren der Patientin aus kieferorthopädischen Behandlungsgründen die ersten Prämolaren des Oberkiefers und ein erster Prämolare im rechten Unterkiefer entfernt worden.

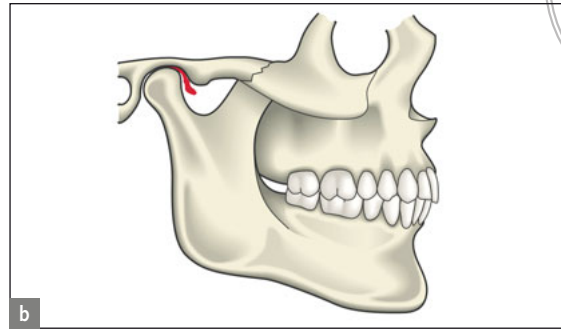
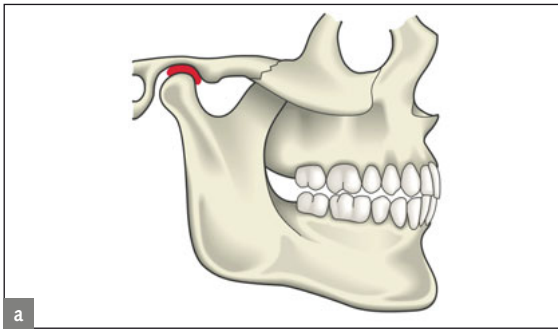
## ■ Diagnostik

### Untersuchung des kranio-mandibulären Systems

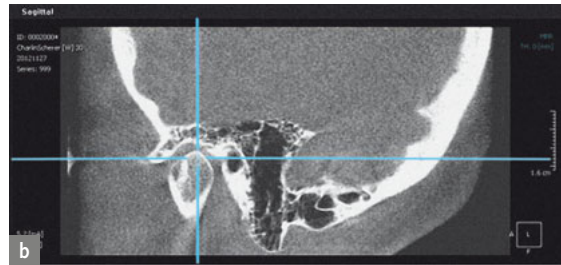
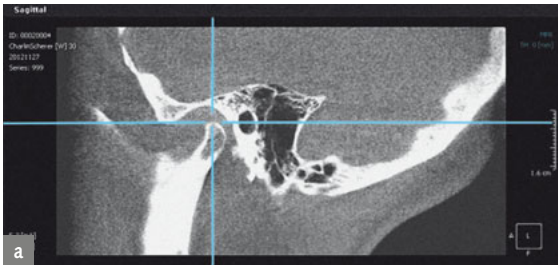
Die Funktionsuntersuchung ergab einen Zusammenhang zwischen den Beschwerden der Patientin und ihrer Okklusion. Leitsymptom war eine beidseitige Kiefergelenkkompression in habitueller Okklusion (HIKP), die durch einen Frühkontakt in der Front und fehlende Abstützung im Seitenzahngebiet in zentrischer Kieferrelation ausgelöst wurde (Abb. 1a bis c).

Diese Art von okklusaler Abweichung führt bei habituellem Kieferschluss (HIKP) zu einer Verlagerung des Unterkiefers über die Funktionsflächen der Zähne nach retral, wodurch gleichzeitig die Kondylen der Kiefergelenke in den Fossae glenoidale nach retral und kranial forciert werden (Abb. 2a und b).

In der Untersuchung des kranio-mandibulären Systems konnten eine beidseitige Druckdolenz der bilaminären Zone und die deutlich retral palpierbaren Kondylen als diagnostisches Korrelat für eine beidseitige Kiefergelenkkompression erhoben werden. Aufgrund der Kiefergelenkschmerzen wurde aus differenzialdiagnostischen Gründen eine digitale Volumentomographie (DVT) beider Kiefergelenke angefertigt, welche die retrale Verlagerung



**Abb. 2a und b** Der alleinige Frontkontakt in physiologischer Kieferrelation und einer fehlenden posterioren Abstützung bei zentrierten Kondylen (a) führt in maximaler Okklusion zu einer Kiefergelenkkompression (b)<sup>18</sup>.



**Abb. 3a und b** Die DVTs des rechten und linken Kiefergelenks bestätigen den Befund der Kiefergelenkkompression.

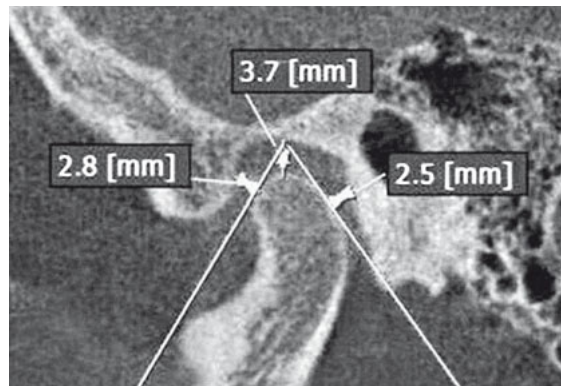
beider Kondylen in maximaler Okklusion bestätigen (Abb. 3 und 4).

### Vergleichende Untersuchung

Um Aufschluss darüber zu bekommen, ob und in welcher Weise die Okklusionsstörung kompensatorische Reaktionen im MSS hervorruft, wurden folgende Tests nach Marx<sup>17</sup> zunächst in maximaler Okklusion durchgeführt:

- Rotation der HWS
- Flexion und Extension der HWS
- Seitneigung der HWS
- Rumpfrotation
- Beinlängendifferenz
- variable Beinlänge
- „Leg-turn-in“-Test
- Priener Abduktionstest

Nach der Dokumentation der Ergebnisse wurden die Kiefergelenke durch Traktion mobilisiert, mit der Intention, eine physiologische artikuläre Funktion wiederherzustellen sowie Schmerzen und Muskelspannung zu reduzieren. Es empfiehlt sich, den Patienten danach gehen und schlucken zu lassen, um alle wesentlichen neuromuskulären Rezeptorsysteme gemäß der neuen temporär therapeutischen Kiefergelenkposition zu reorganisieren. Der Patient sollte dann nicht mehr okkludieren. Anschließend



**Abb. 4** Zum Vergleich ist eine physiologische Kiefergelenksituation dargestellt. Der Kondylus ist mittig in der Fossa positioniert. Nach anterior und posterior besteht ein Freiraum von 2,8 mm, nach posterior 2,5 mm und nach kranial von 3,7 mm<sup>37</sup>.

wurden die gleichen manuellen Tests zum Vergleich erneut durchgeführt<sup>10,18</sup>.

In dieser weiterführenden Untersuchung zeigte sich, dass die unphysiologische Unterkieferposition Ursache für eine veränderte Kopfhaltung, im Sinne eines kompensatorischen Geschehens zu sein schien, die einen entsprechenden muskulären Hypertonus der HWS-Muskulatur und Bewegungseinschränkungen der HWS hervorrief. Ebenfalls konnten in maximaler Okklusion eine positive variable Beinlänge, ein positiver „Leg-turn-in“-Test und ein positiver Priener Abduktionstest diagnostiziert werden. Alle Befunde verbesserten sich nach Traktion und Mobilisation der Kiefergelenke, sodass von einer deszendierenden, von der Okklusion auf das MSS wirkenden Funktionsstörung ausgegangen werden konnte.



## Zentrikregistrat unter Berücksichtigung des MSS

Da nach dreidimensionaler Traktion der Kiefergelenke zur osteopathischen Mobilisation der Kondylen mit anschließender neurologischer Reorganisation nahezu alle vorherigen Befunde am MSS aufgehoben waren, wurde gleich anschließend, ohne dass die Patientin zwischenzeitlich okkludierte, eine Kieferrelationsbestimmung durchgeführt. Mit dieser Zentriknahme sollte die ermittelte physiologische Relation zwischen Ober- und Unterkiefer erfasst werden, um mittels arbiträr (gelenkbezüglich) in einem Mittelwertartikulator montierter Gipsmodelle zu analysieren, welche okklusale Abweichung zu einer Verlagerung des Unterkiefers in maximaler Okklusion (HIKP) führt.

In den Fällen, in denen sich die peripheren Befunde nicht so klar darstellen, sollten Patienten vor einer Zentriknahme beim Manualmediziner vorbehandelt werden und danach mit eingesetztem Gelkissen in unsere Praxis kommen. Diese interdisziplinäre Maßnahme dient dem Zahnarzt ebenfalls zur Diagnostik des MSS.

Die Zentriknahme selbst ist unbedingt am entspannt und aufrecht sitzenden Patienten vorzunehmen. Dafür ist die Kopfhaltung gerade ausgerichtet, aufrecht und auf keinen Fall rekliniert. Die Kieferrelationsbestimmung findet ohne Manipulation des Unterkiefers statt, damit der Patient selbst seine physiologische Unterkieferposition definieren kann<sup>5,18,19</sup>.

Die anschließende Modellanalyse mit arbiträr im Mittelwertartikulator montierten Modellen zeigt die schon oben beschriebene Diagnose der okklusionsbedingten beidseitigen Kiefergelenkkompression (Abb. 1 und 3).

### ■ Okklusionsschientherapie

Ist die Okklusion Ursache für funktionelle Beschwerden, wird im ersten Schritt der Funktionstherapie eine zeitlich befristete reversible Korrektur der statischen und dynamischen Okklusion mit einer herausnehmbaren Okklusionsschiene durchgeführt. Erstes Ziel ist die physiologische Zentrierung der Kiefergelenke, um die diagnostizierten Verkettungssyndrome mit dem MSS aufzuheben. Entsprechend besteht in dieser Behandlungsphase in der Regel eine

enge interdisziplinäre Zusammenarbeit in Diagnostik und Therapie mit manueller Medizin<sup>10</sup>.

Die von uns favorisierte, im Unterkiefer getragene Okklusionsschiene wird als kranio-mandibuläre orthopädische Positionierungsapparatur (COPA)<sup>18</sup> bezeichnet, da sie exakt in der am MSS getesteten Kieferrelation angefertigt wird. Die Schienen sollten, außer zum Essen und zur Mundhygiene, möglichst Tag und Nacht getragen werden, um während der gesamten Zeit interdisziplinärer zahnärztlich-manualmedizinischer Therapie Kontakt zwischen den natürlichen Zähnen zu vermeiden, sodass sich das MSS an die therapeutische Okklusion der COPA adaptieren kann. Der Grund hierfür liegt in der schnellen Reprogrammierung des alten Reaktionsstereotyps<sup>4</sup>. Das kontinuierliche Tragen gibt außerdem im subjektiven Patientenempfinden und in der interdisziplinären Diagnostik verlässliche Hinweise auf die therapeutische Wirksamkeit der Okklusionskorrektur im kranio-mandibulären und im muskuloskeletalen System. Die Behandlungsdauer liegt bei drei bis sechs Monaten. In der Regel kann in diesem Zeitraum auch eine mögliche Notwendigkeit zu weiterführender okklusaler Therapie festgestellt werden.

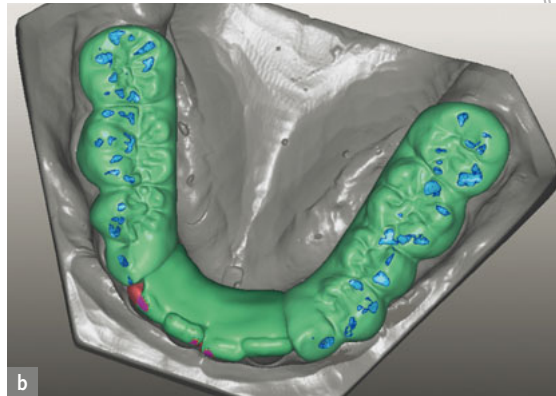
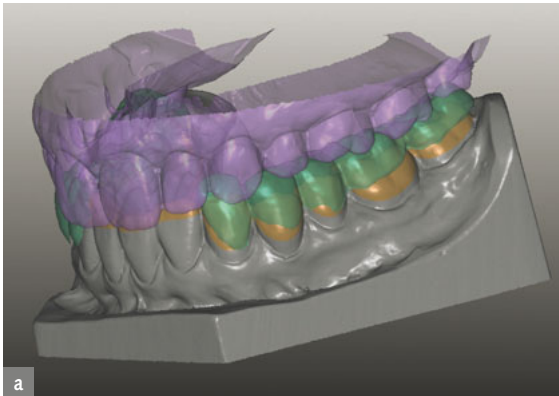
### Traditionelle und digitale Herstellungsverfahren

Der Herstellungsprozess der Okklusionsschiene erfolgt traditionell in einem Spritzgussverfahren<sup>18</sup>. Die hier vorgestellte digitale Herstellung hat dem traditionellen Spritzgussverfahren gegenüber viele Vorteile. Da die virtuell designte Schiene aus einem massiven Kunststoffblank herausgefräst wird, ist sie frei von allergenem Restmonomer, hat keine Polymerisationsschrumpfung und passt ideal, da die Friktion präzise eingestellt werden kann.

### CAD/CAM-Verfahren

Der digitale Herstellungsprozess erfolgt in drei Phasen und wird hier am Beispiel der Zirkonzahn®-Technologie (Gais, Italien) dargestellt.

Für das computeranimierte Design (CAD) werden als erstes die einzelnen Ober- und Unterkiefermodelle mit ihren Zahnsituationen durch Scannen digitalisiert. Anschließend erfolgt durch einen sogenannten Artikulators-Scan die exakte räumliche digi-



**Abb. 5a und b** Virtuelle Gestaltung der COPA-Schiene mithilfe der Zirkonzahn®-Technologie. Dieser Vorgang wird als „computer animized design“ (CAD) bezeichnet.

tale Zuordnung der virtuellen Modelle in der erprobten Kieferrelation zueinander.

Im zweiten Schritt kann das computeranimierte Design der Okklusionsschiene mithilfe der speziellen Programme der Zirkonzahn®-Technologie entworfen werden (Abb. 5a und b). Innerhalb des Programms stehen verschiedene „Bibliotheken“ von Kauflächenkonzepten zur Verfügung. Wir bevorzugen die okklusale Gestaltung nach dem biomechanischen Konzept von H. M. Polz<sup>18</sup>.

Im dritten Schritt erfolgt die computeranimierte Fertigung (CAD) der Schiene, in dem das fünfachsige Frässystem des Zirkonzahn-Systems die designte Schiene aus dem Kunststoffblank herausfräst. Abbildung 6 zeigt die fertiggestellte Schiene nach dem COPA-Konzept.

Bei einer vollbezahnten Situation reichen die Kauflächen jeweils vom Eckzahn bis zum endständigen Zahn. Die Schienen rekonstruieren die Stützzonen im Prämolaren- und Molarengbiet und führen damit zu einem möglichst funktionsgerechten Ausgleich der statischen Okklusion. Für die Dynamik reichen die Schienen bis zu den Eckzähnen, die die Führung in Protrusion und Laterotrusion übernehmen, bei gleichzeitiger Disklusion im Seitenzahngebiet.

Die unteren Inzisivi sind nicht bedeckt. Der Grund hierfür liegt neben den Vorzügen hinsichtlich des Komforts für den Patienten und der damit verbundenen erhöhten Compliance darin, dass der Unterkiefer sich während der Tragedauer der Okklusionsschiene horizontal frei einstellen kann, ohne dass ein erneuter Frontzahnkontakt entsteht. Da die Schienentherapie auf vier bis sechs Monate beschränkt ist, spielt die Gefahr einer Stellungsver-



**Abb. 6** Das Design der COPA-Schiene.

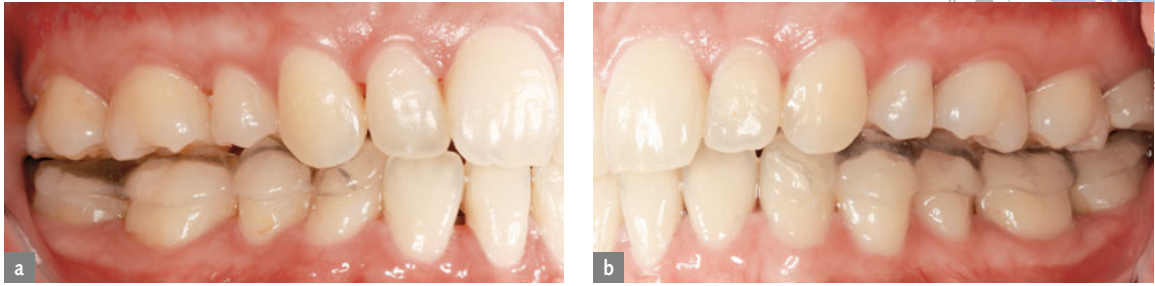
änderung von Frontzähnen eine untergeordnete Rolle<sup>20</sup>. Bei absehbarer längerfristiger Tragedauer ist es auch möglich, die Unterkieferinzisivi in die Okklusionsschiene mit einzubeziehen. Dabei darf es nicht zu einem Frontkontakt kommen, der zu einem retrusiven Impuls auf die Unterkieferposition führen könnte (Abb. 7 und 8).

### ■ Kieferorthopädische Therapie

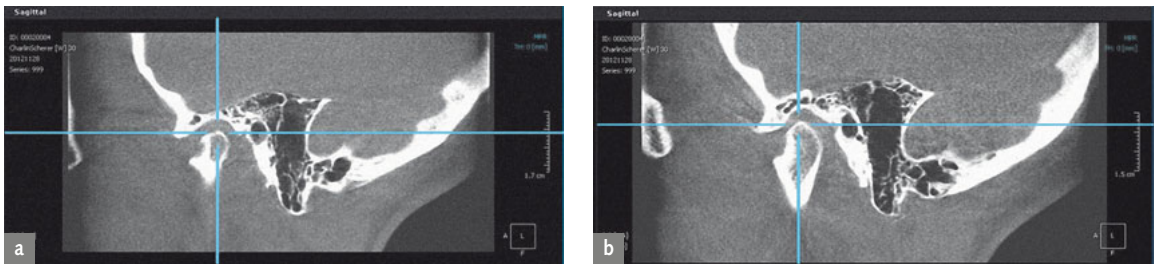
Nach der erfolgreich abgeschlossenen Okklusionsschientherapie war die Patientin nahezu schmerzfrei und die Dauermedikation konnte abgesetzt werden. Das Okklusionspunkteprotokoll blieb über einige Wochen gleich, sodass die kieferorthopädische Therapie in Form einer Kombination aus fest-sitzenden Aufbissen und dem Invisalign-System<sup>21-32</sup> durchgeführt werden konnte.

Für die kieferorthopädische Folgebehandlung übernehmen wir 1:1 die Unterkieferlage, wie wir sie vorab mit Schiene eingestellt hatten, also die getestete Position, mit welcher der Patient beschwerdefrei ist.

**Abb. 7a und b** Die eingesetzte Schiene zum physiologischen Ausgleich der Okklusion.



**Abb. 8a und b** Physiologisch eingestellte Kondylenpositionen mit eingesetzter COPA



Mithilfe der Aufbisse, die aus der Schiene herausgetrennt werden, halten wir den Unterkiefer in der schmerzfreien und korrekten Position<sup>33,34</sup>. Das Invisalign-System (Align Technology B.V., Amsterdam, Niederlande) ermöglicht Therapieoptionen, wie sie bei der festsitzenden Mechanik – der Multibracket-Apparatur – zur Verfügung stehen, vereint diese jedoch mit einer Mundhygienefähigkeit, die der einer herausnehmbaren Behandlung entspricht. Die durchsichtigen Schienen (Aligner), die nur die Zähne bedecken und keinen Kontakt zur Gingiva aufweisen, werden 22 Stunden am Tag getragen und nur beim Zähneputzen, Essen und Trinken zucker- und säurehaltiger Flüssigkeiten herausgenommen. Der Patient kann dadurch während einer Invisalign-Behandlung seine gewohnten Hygienemaßnahmen durchführen und wird nicht in seinem Habitus eingeschränkt. Für manche orthodontischen Zahnbewegungen werden an einigen Zähnen sogenannte Attachments benötigt, um eine kontrollierte dreidimensionale Zahnbewegung durchführen zu können.

Zu Beginn werden die Zahnbögen und die Okklusionsbeziehung gescannt. Mithilfe der TREAT-Software von Align Technology erfolgen exakt nach den Angaben des Kieferorthopäden die virtuellen Zahnbewegungen. Auf diese Weise entsteht der „ClinCheck“, der dem Behandler zur weiteren Kontrolle und Planung per Internet übermittelt wird. Nach Freigabe der ClinCheck-Software durch den Kieferorthopäden werden von jedem einzelnen

Schritt mittels Stereolithografie Modelle erstellt, über die die Aligner tiefgezogen werden. Jede einzelne Zahnbewegung kann schrittweise im „Staging“ in der ClinCheck-Software schneller oder langsamer durchgeführt werden. Die Genauigkeit der klinischen Zahnfehlstellung und der ClinCheck-Darstellung zeigen dabei unerhebliche Abweichungen<sup>35</sup>. Da die Aligner zum Essen sowie zur Mundhygiene herausgenommen werden, ist es möglich, mit intermittierenden Kräften orthodontische Zahnbewegungen zu initiieren.

Nachfolgend wird das **Vorgehen im Einzelnen** beschrieben:

1. *Erste Phase: Behandlungsschritte nach abgeschlossener Funktionstherapie (Abb. 9 bis 12)*

Labor:

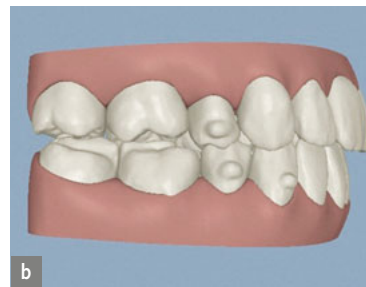
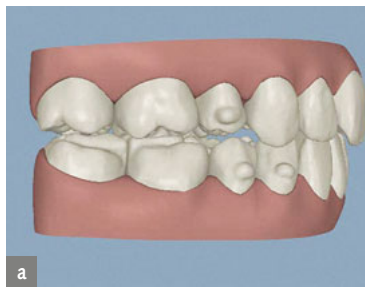
Aus der COPA-Schiene werden die COPA-Onlays direkt hergestellt, indem sie von der distalen Höcker Spitze der unteren ersten Molaren bis zur distalen Randleiste der zweiten oder dritten Molaren ausgeschnitten werden.

Praxis:

- Zum Kleben der COPA-Onlays wird ein dünn fließendes Bondingmaterial verwendet (beispielsweise MaximumCure™ unfilled, Reliance Orthodontic Products, Itasca, Illinois, USA),



**Abb. 9** Für die 1. Phase der Invisalign-Behandlung wurden Aufbisse (COPA-Onlays) auf die unteren Molaren gebondet, die aus der herausnehmbaren Okklusionsschiene ausgeschnitten wurden.



**Abb. 10a und b** Die COPA-Onlays fixieren die schmerzfreie, physiologische Kiefergelenkposition während der 1. Phase der Invisalign-Behandlung. In der 1. Phase werden die Unterkieferprämolen extrudiert bis zum vollständigen Antagonistenkontakt.

**Abb. 11a und b** Die virtuelle Behandlungsplanung, der ClinCheck®, zeigt die Abstützung auf den COPA-Onlays und Attachments auf den Prämolaren (a). Das virtuelle Behandlungsende (b) wurde mit einem kompletten Kontakt der Prämolaren eingestellt.



**Abb. 12a bis c** Am Ende der 1. Behandlungsphase sind die Prämolaren in Okklusionskontakt und halten die vertikale Abstützung (a und b), sodass die COPA-Onlays für die 2. Phase entfernt werden können (c).

- Anfertigung einer Alginatabformung für die Herstellung einer Tiefziehschiene im Unterkiefer zur Retention bis zum Einsetzen des ersten Aligners,
  - Intraorales Scanning und intraorale Fotos,
  - Einsetzen der Retentionsschiene; Tragezeit: nachts.
  - Andere Zahnbewegungen sind ebenfalls zu diesem Zeitpunkt anterior der Molaren möglich.
2. Zweite Phase: „Midcourse correction“ nach Erreichen von okklusalem Kontakt im Prämolarenbereich (Abb. 13 bis 20)

#### Erster „online Treatment“-Plan:

- Korrektur der Zahnfehlstellung von regio 15 bis 25 und regio 35 bis 45,
- Nicht bewegt werden die oberen und unteren Molaren, da über die gebondeten COPA-Onlays die therapeutische Unterkieferposition gehalten wird,
- Anfordern einer reinen Extrusionsbewegung der Prämolaren im „Treatment“-Plan mit „hard collision“,
- Attachments auf allen zu extrudierenden Zähnen zur Verankerung der Aligner sowie auf allen weiteren Zähnen, die für die angeforderten Bewegungen Attachments benötigen,

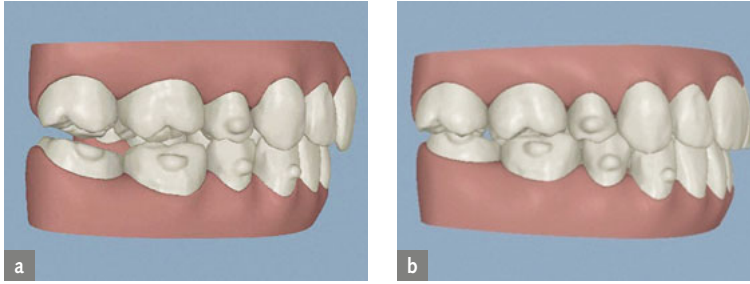
#### Praxis:

- Abnahme der COPA-Onlays auf den Molaren,
- Anfertigung einer Alginatabformung für die Herstellung einer Tiefziehschiene im Unterkiefer zur Retention bis zum Einsetzen des ersten Aligners der „midcourse correction“,
- Intraorales Scanning und intraorale Fotos,
- Einsetzen der Biolon-Retentionsschiene; Tragezeit: 16 Stunden.

#### Zweiter „online Treatment“-Plan:

- Attachments auf Molaren zur Extrusion,
- Extrusion der Molaren in „hard collision“,
- Alle anderen Zahnbewegungen möglich.

**Abb. 13a und b** Zu Beginn der 2. Phase sind die COPA-Onlays entfernt und Attachments auf den Molaren ergänzt (a). Das virtuelle Behandlungsende (b) zeigt eine physiologische Verzahnung mit vertikaler Abstützung in der physiologischen Zentrik.



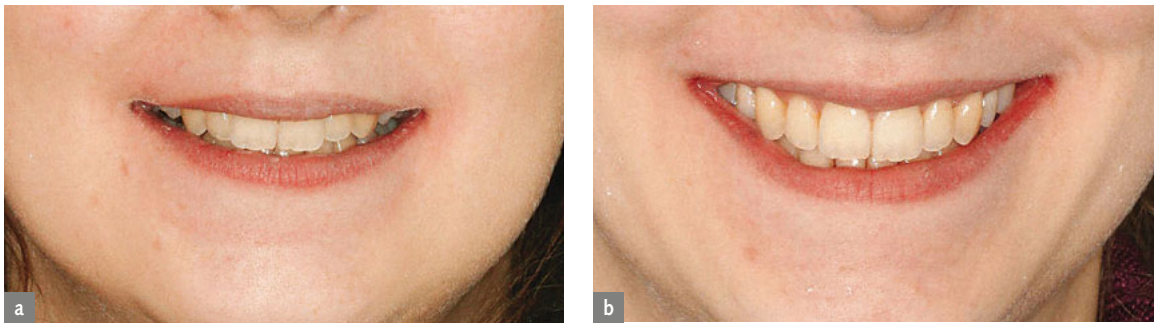
**Abb. 14a bis c** Die Eckzähne sind am Ende der kieferorthopädischen Behandlung in einer Klasse I und übernehmen in dynamischer Okklusion die Führung. Es fehlt die physiologische Anatomie an einigen Molaren, die später restaurativ behandelt werden (siehe Abb. 23 bis 33).



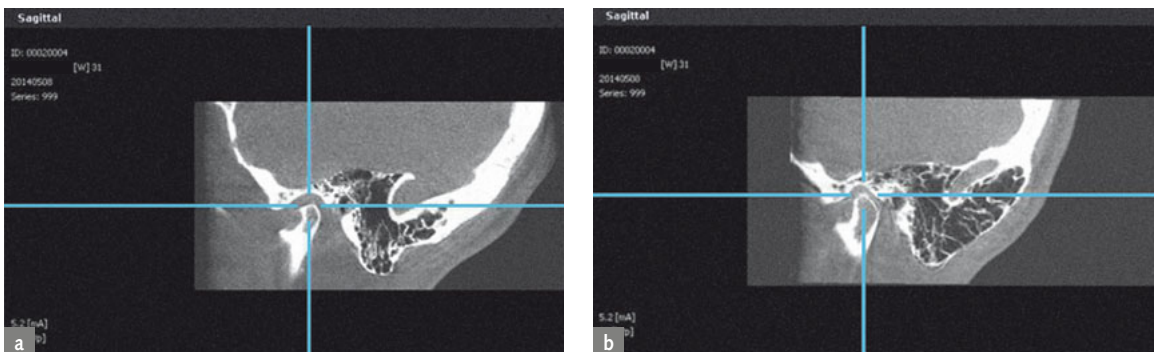
**Abb. 15a und b** Die Zahnbögen sind bis ins Detail ausgeformt. Die Inzisiven weisen keine Kontaktpunkte auf, die Front ist „Shimstock offen“.



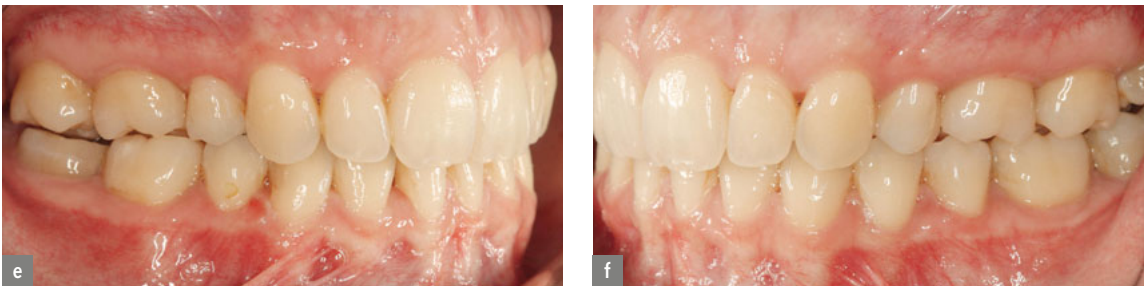
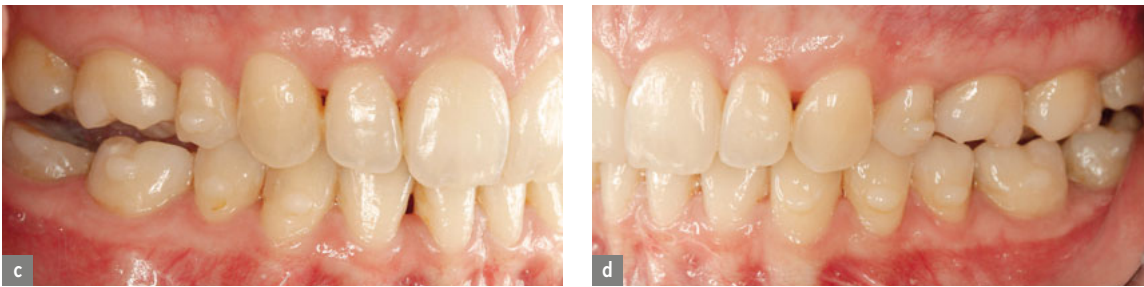
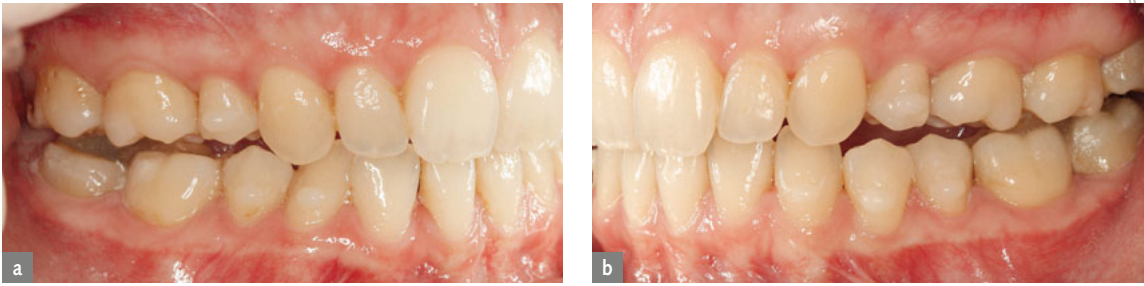
**Abb. 16a und b** Neben der Funktion ist die Ästhetik ebenfalls verbessert. Auffällig sind vor der Behandlung (a) die schwarzen Lippenkorridore, die nach der kieferorthopädischen Behandlung (b) durch die transversale Nachentwicklung ausgefüllt sind.



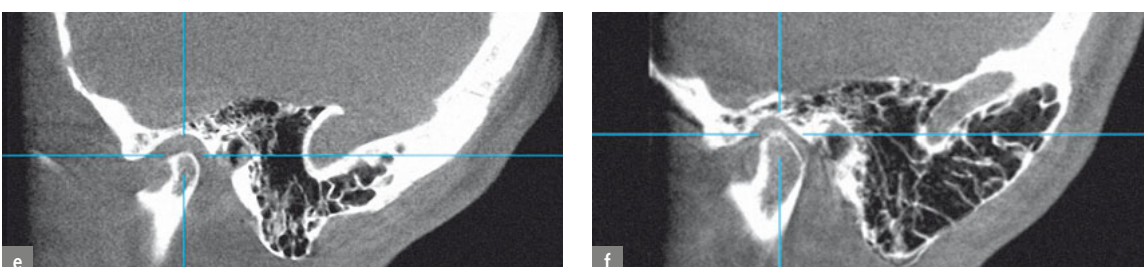
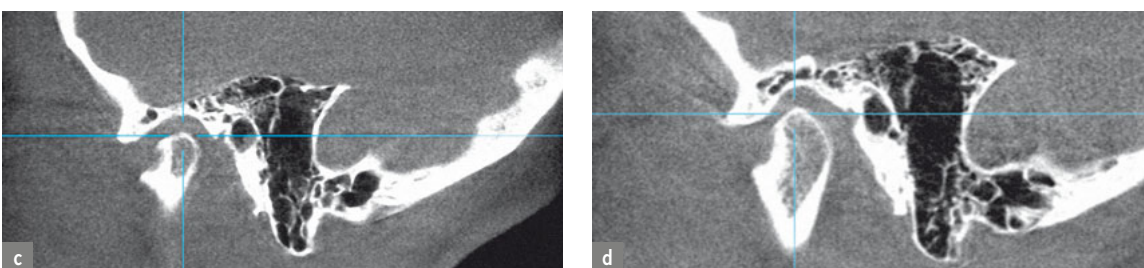
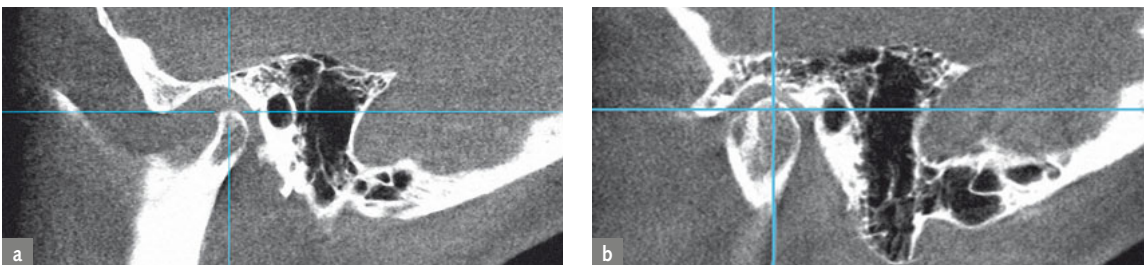
**Abb. 17a und b** Die DVT-Aufnahmen des rechten Kiefergelenkes (a) und auch des linken Kiefergelenkes (b) nach der kieferorthopädischen Behandlung zeigen eine physiologische Positionierung, wie sie vor der kieferorthopädischen Behandlung mittels der COPA eingestellt wurde.







**Abb. 18a bis f** Behandlungsverlauf: Situation vor der kieferorthopädischen Behandlung mit COPA-Onlays (a und b). Situation nach der 1. Phase der Invisalign-Behandlung (c und d). Situation nach der kieferorthopädischen Behandlung (e und f).



**Abb. 19a bis f** Vergleich der DVTs während des Behandlungsverlaufes des rechten Kiefergelenks. DVT des rechten und linken Kiefergelenks vor der Behandlung (a und b). DVT des rechten und linken Kiefergelenks mit herausnehmbarer COPA in situ (c und d). DVT des rechten und linken Kiefergelenks nach der kieferorthopädischen Behandlung mit der Invisalign-Technik kombiniert mit COPA-Onlays (e und f).

**Abb. 20a und b** Die im Mittelwertartikulator (SAM®) montierten Modelle zeigen die Kontaktpunktverteilung (blau) und die Führung in dynamischer Okklusion (rot).



Am Ende der Behandlung sind die Prämolaren und Molaren in Kontakt, es besteht Eckzahnführung und die Inzisivi sind in HIKP „Shimstock offen“. Das DVT am Ende der kieferorthopädischen Behandlung zeigt die Position der Kondylen in der gleichen Lage, wie sie mit der Okklusionsschiene eingestellt wurden.

### ■ Restaurative Therapie

Das Ziel der restaurativen Abschlussbehandlung ist es, durch gezielte Rekonstruktion von Okklusalfächern eine stabile maximale Verzahnung zu erreichen, in der *alle* Seitenzähne simultan und gleichmäßig, mit axial gerichteten Kräften in Kontakt treten, während die Frontzähne allenfalls schwachen Kontakt haben. In der dynamischen Okklusion sollen die Seitenzähne interferenzfrei diskludieren.

Aufgrund der kieferorthopädischen Vorbehandlung beschränkten sich die abschließenden notwendigen restaurativen Maßnahmen auf die Rekonstruktion der physiologischen Kauflächenanatomie einzelner Zähne, zur Optimierung der antagonistischen Kontakte, unter Beibehaltung der erreichten Vertikaldimension. So wurde geplant, die Zähne 46, 35, 36 und 37 unter Austausch der vorhandenen, nicht mehr randdichten Füllungen mit adhäsiven, CAD/CAM-gefrästen Vollzirkon-Onlays zu rekonstruieren. Für den endodontisch behandelten Zahn 47 wurde eine Überkronung vorgesehen.

Analog zum kieferorthopädischen Vorgehen wurde die therapeutisch gewonnene Unterkieferlage, das heißt die Position, in der der Patient beschwerdefrei ist, 1:1 in die definitive Versorgung überführt.

Die **Rehabilitation** erfolgte in folgenden Schritten:

#### 1. *Idealisierung der Okklusion mittels COPA-Onlays (Abb. 21 und 22)*

Unter Beibehaltung der kieferorthopädisch erreichten Vertikaldimension wurde zunächst mit partiellen, fest aufklebbaren COPA-Onlays die Okklusion idealisiert, um eine detaillierte Verzahnung aller Seitenzähne zu erreichen. Sie ermöglichte dem Patienten das Gefühl der angestrebten restaurativen Okklusion, sodass diese bei Bedarf über einen Zeitraum von etwa vier Wochen getestet werden kann, bevor mit der definitiven und abschließenden prothetischen Therapie begonnen wird<sup>18,36</sup>. Die COPA-Onlays wurden in der kieferorthopädisch vorgegebenen Kieferrelation im Artikulator angefertigt.

#### 2. *Restaurative Behandlung*

Zentrales und wichtiges Element zur exakten Übertragung der therapeutischen Unterkieferposition über die gesamte restaurative Behandlung hinweg, ist in unserer Praxis der sogenannte „frontale Re-



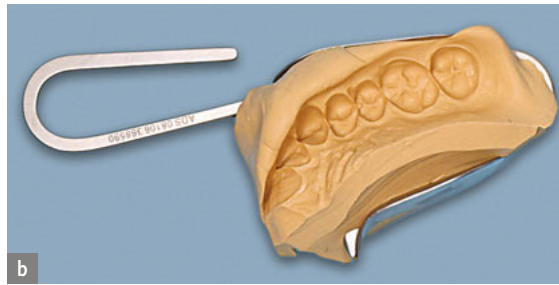
**Abb. 21** COPA-Onlays.



**Abb. 22a und b** Idealisierung der therapeutischen Okklusion mit aufgeklebten COPA-Onlays unter Beibehaltung der kieferorthopädisch erreichten Vertikaldimension.



**Abb. 23a bis c** Vor Beginn der prothetischen Behandlung wird ein abnehmbarer frontaler Referenzbiss zur Fixierung der therapeutischen Okklusion gefertigt. Er bildet eine sichere Orientierung für die therapeutische Ausgangslage.



**Abb. 24a und b** Noch vor Abnahme der COPA-Onlays werden Silikonschlüssel zur Provisorienherstellung angefertigt.

ferenzbiss“. Dieses einfach herzustellende Element bietet eine hervorragende Orientierung für den Patienten und für den Behandler in Bezug zur therapeutischen Unterkieferposition nach Abnahme der COPA-Onlays, während der Präparation, zur Anfertigung der Provisorien, bei der Herstellung der Zentrikregistrare und bei der Anprobe und Eingliederung der Rekonstruktionen.

Nachfolgend werden die **restaurativen** Behandlungsschritte im Einzelnen beschrieben:

### 1. Frontaler Referenzbiss

Noch vor der Anästhesie, zu Beginn der prothetischen Behandlung wird direkt im Mund des Patienten ein abnehmbarer, frontaler Referenzbiss aus GC Pattern Resin (GC Europe, Leuven, Belgien) gefertigt, der exakt mit der therapeutischen Okklusion übereinstimmen muss<sup>18</sup>. Er wird auf die Unterkieferfrontzähne aufgesteckt und trägt auf der Oberseite

die Impressionen der Inzisalkanten der Zähne 12 bis 22 (Abb. 23a bis c). Bei korrekter Anfertigung trifft der Patient beim Schließen in therapeutischer Kieferrelation (die durch die COPA-Onlays vorgegeben wird) völlig zwanglos und exakt mit den Oberkiefer-schneidezähnen in die Impressionen des Kunststoff-

### 2. Silikonschlüssel zur Provisorienherstellung

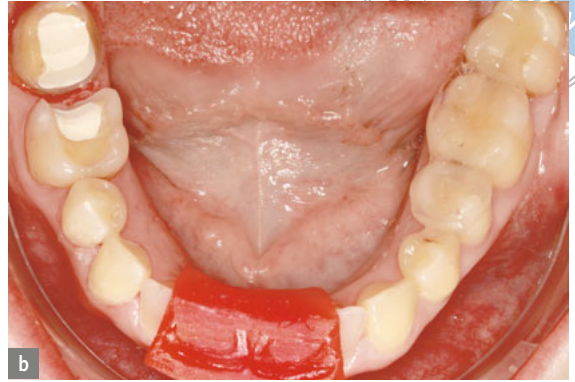
Ebenfalls vor der Präparation und vor der Abnahme der COPA-Onlays werden Silikonschlüssel nach der Methode von Gutowski für die dimensionsgenaue Provisorienherstellung (Abb. 24a und b) angefertigt.

### 3. Quadrantenweise Präparation und Provisorienherstellung

Die Seitenzähne werden streng quadrantenweise restaurativ behandelt. Als Aufbaumaterial verwenden wir schneeweißes dentinadhäsives Kompositmaterial (GDexactoCore, George Dental, Ostbevern), das



**Abb. 25a und b** Präparation der Zähne 46 für ein Onlay, 47 für eine Vollkrone.



**Abb. 26a und b** Die Zähne 46 und 47 sind mit einem Provisorium versorgt. Links ist das COPA-Onlay noch in situ.



sich optisch gut gegen das Zahnmaterial abhebt und die gleiche Härte wie Dentin hat.

Wenn ein Quadrant abschließend präpariert ist, werden die Zähne gleich anschließend mit einem Provisorium versorgt, um die therapeutische Okklusion exakt wiederherzustellen, bevor mit dem nächsten Quadranten begonnen wird (Abb. 25a und b).

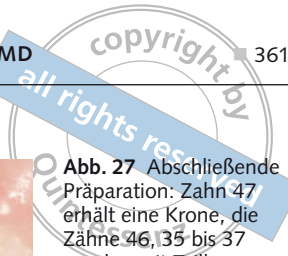
Die Provisorienherstellung erfolgt mit dem Silikon Schlüssel in Abstimmung mit dem frontalen Referenzbiss. Wir benutzen einen PMMA-Kunststoff (Tempron, GC), da er in der Polymerisationsphase im plastischen Zustand aus dem Quetschbiss entnommen und auf die Zahnreihe gesetzt werden kann, damit er in Okklusion, beim eingesetzten frontalen Referenzbiss aushärtet und somit sofort im Bezug zur therapeutischen Ausgangslage ideal okklusal gestaltet ist. Außerdem ist das Material sehr hart und widerstandsfähig und kann mit anderen PMMA-Kunststoffen (beispielsweise Super T, George Dental) leicht auch additiv nachkorrigiert werden. Das fertig ausgearbeitete Provisorium wird durch Einschleifmaßnahmen okklusal korrigiert, bis

der frontale Referenzbiss und die Okklusion auf der kontralateralen Seite stimmig sind. Die Abbildungen 26a und b zeigen die Versorgung der rechten Seite mit eingesetzten Provisorien, während die linke Seite noch die Okklusionsschiene trägt.

Bei sorgfältigem Vorgehen sind schließlich auch die Zähne 35 bis 37 für Onlays präpariert (Abb. 27) und provisorisch versorgt, unter präziser Beibehaltung der therapeutischen Ausgangssituation (Abb. 28a bis c).

#### 4. Registratherstellung

In einer eigenen Behandlungssitzung wird die Registratherstellung ohne Anästhesie durchgeführt. Die Registrarträger werden seitenweise hergestellt, unter steter Abstimmung mit dem frontalen Referenzbiss. Aus Stabilitätsgründen eignet sich GC Pattern Resin als Trägermaterial, das wiederum mit einem Zement (beispielsweise TempBond, Kerr GmbH, Rastatt) verfeinert wird, um die Impressionen der einzelnen Zähne darzustellen (Abb. 29a und b).



**Abb. 27** Abschließende Präparation: Zahn 47 erhält eine Krone, die Zähne 46, 35 bis 37 werden mit Teilkronen zur Rekonstruktion der Kauflächen versehen.



**Abb. 28a bis c** Beidseitige provisorische Versorgung in unveränderter therapeutischer Ausgangssituation.



**Abb. 29a und b** Der Registrarträger aus Kunststoff wird in Abstimmung mit dem frontalen Referenzbiss hergestellt.

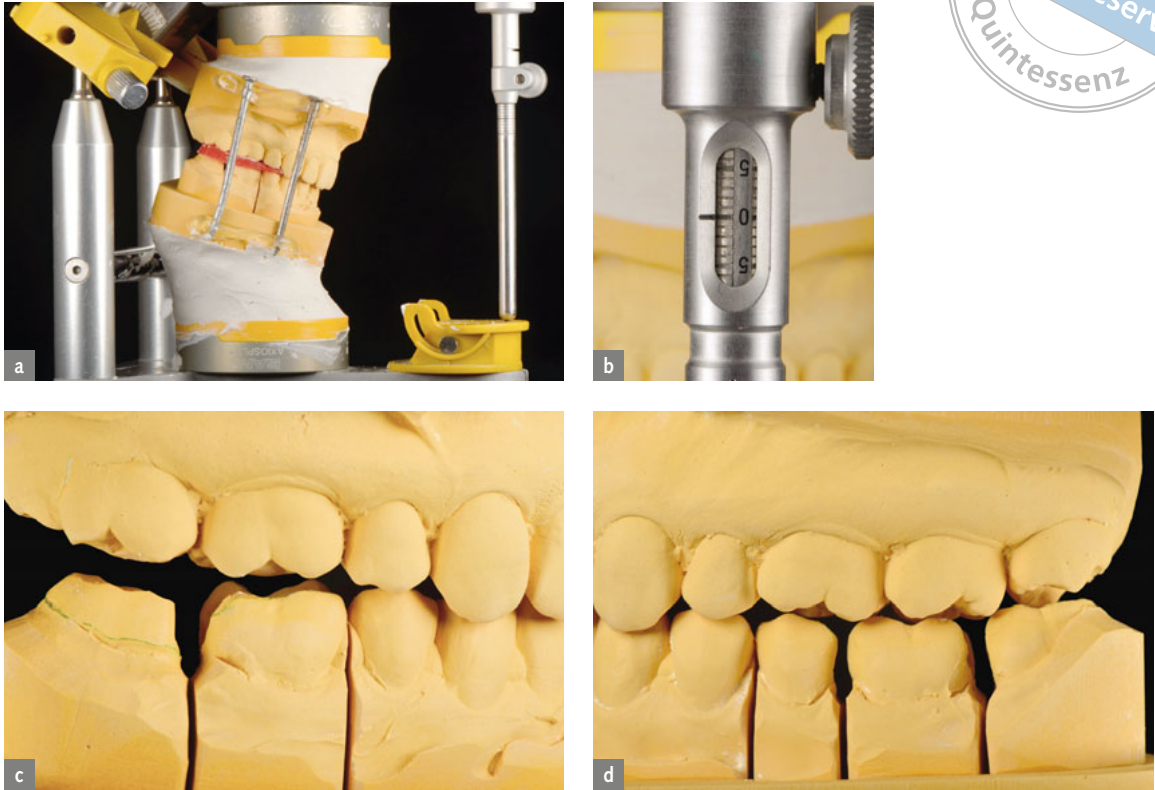
##### 5. Modellherstellung, Artikulormontage, Anfertigung der prothetischen Arbeit im CAD/CAM-Verfahren, Eingliederung

Die Modelle werden konventionell durch Abformungen erstellt. Das Oberkiefermodell wird arbiträr in einen Artikulator (SAM-System, Gauting) montiert und das Unterkiefermodell mithilfe der Kunststoffregistrare zum Oberkiefer orientiert. Da die Vertikaldimension der therapeutischen Ausgangssituation im Behandlungsverlauf exakt beibehalten wurde, erfolgte keine Veränderung an der Stützstiftheöhe, die bei „Null“ eingestellt war. (Abb. 30a bis d). Die

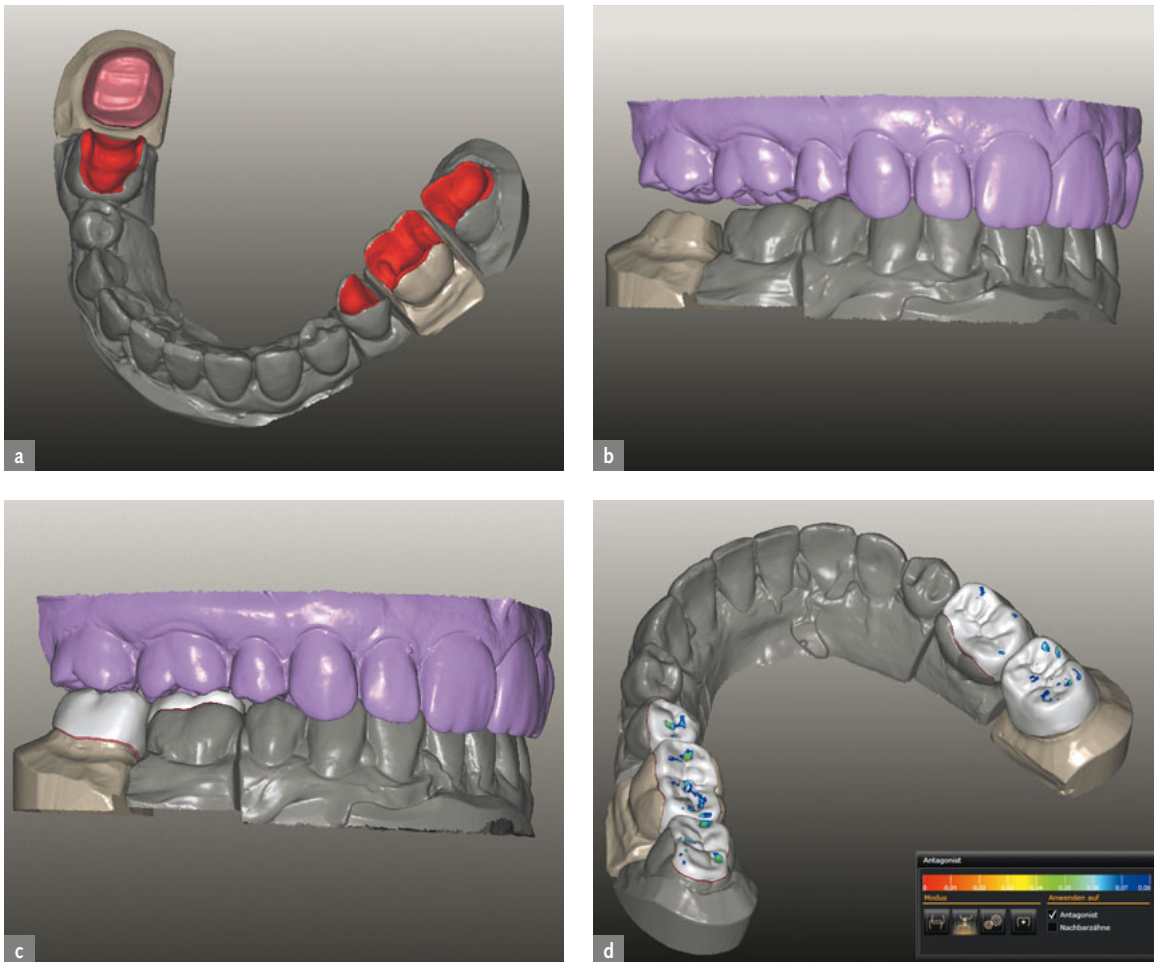
Artikulatoreinstellungen wurden durch ein Protrusionsregistrat individualisiert.

Für das computeranimierte Design (CAD) wurden als erstes das Oberkiefermodell und das Unterkiefermodell durch Scannen digitalisiert. Anschließend wurde durch den sogenannten Artikulatorsan die exakte räumliche digitale Zuordnung der Ober- und Unterkiefermodelle zueinander erreicht. In den Abbildungen 31a bis d sind die einzelnen Schritte der digitalen Herstellung durch das Zirkonzahn-System dargestellt.

Die monolithischen Seitenzahnversorgungen aus transluzentem Zirkon (Prettau, Zirkonzahn®)



**Abb. 30a bis d** Die Sägemodelle sind in der therapeutischen Kieferrelation und Vertikaldimension montiert, vorbereitet zum Scannen durch die Zirkonzahn-Technologie.



**Abb. 31a bis d** Schritte der digitalen Planung: eingescanntes Unterkieferpräparationsmodell (a). Die Präparationsgrenzen werden automatisch erfasst. Dimensionsgenaue Orientierung zum Oberkiefer (b). Automatisches Design der Versorgung (c). Optimierung der Kontaktbeziehungen (d).

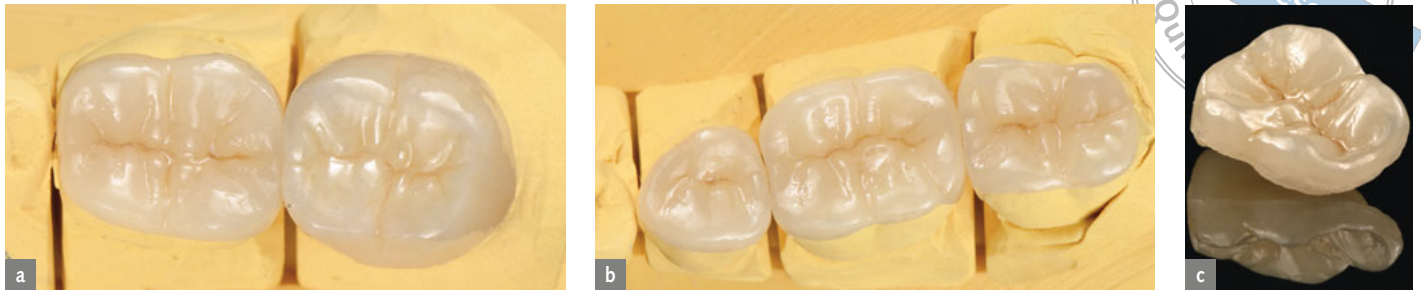


Abb. 32a bis c Gefräste und fertig aufgepasste Versorgungen aus Prettau®-Zirkon.



Abb. 33a bis f Kieferorthopädisch-prothetischer Behandlungsabschluss mit funktionsgerechten Stützzonen und simultanen Kontakten aller Seitenzähne (b und d) in statischer Okklusion (schwarze Markierungen [a und e]). Die dynamische Okklusion wird interferenzfrei über die Fronteckzähne geführt (Laterotrusion: rote Markierungen. Protrusion: blaue Markierungen [a und e]). Ästhetisches Ergebnis in der Frontalansicht (c und f).

können auf die Gipsstümpfe aufgepasst und nachkorrigiert werden. Eine abschließende Glasurschicht gewährleistet die Langlebigkeit der Versorgung (Abb. 32a bis c). Die Abbildungen 33a bis f zeigen den Behandlungsabschluss mit adhäsiv eingegli-

ederten Vollkeramikrekonstruktionen. Zur Retention der Zähne nach der kieferorthopädischen Therapie werden abwechselnd im Oberkiefer oder im Unterkiefer dünne adjustierte nächtliche Schienen getragen.



## ■ Fazit

Am Anfang jeder kieferorthopädischen und/oder prothetischen Rehabilitation steht die Funktionsanalyse. Ist eine Okklusionskorrektur indiziert, kann diese zunächst reversibel mit herausnehmbaren Okklusionsschienen durchgeführt werden. Vor weiterführenden irreversiblen kieferorthopädischen und/oder prothetischen Maßnahmen sollte die therapeutische Okklusion eingehend getestet sein. Die Voraussetzung für den Behandlungserfolg besteht in der strikten Beibehaltung der mit der Schiene eingestellten therapeutischen Okklusion über den gesamten Therapieweg hinweg. Eine manuelle Begleitbehandlung ist in vielen Fällen unerlässlich.

## ■ Literatur

- Fink M, Tschernitschek H, Stiesch-Scholz M, Wähling K. Kraniomandibuläres System und Wirbelsäule. *Man Med* 2003;41:476–480.
- Keil B, Keil H. Dysfunction in connection with functional disorders of the cervical spine. *Dtsch Stomatol* 1991;41:249–252.
- Kopp S, Seebald WG. Kraniomandibuläre Dysfunktion – Versuch einer bewertenden Übersicht. *Man Med* 2008;46:389–392.
- Plato G, Kopp S. Kiefergelenk und Schmerzsyndrome. *Man Med* 1999;37:143–151.
- Bumann A, Lotzmann U. Funktionsdiagnostik und Therapieprinzipien. Stuttgart: Thieme 2000.
- Grunert I. Funktionelle Anatomie der Kiefergelenke. In: Boisserée W, Schupp W (Hrsg). Kraniomandibuläres und muskuloskelettales System: Funktionelle Konzepte in der Zahnmedizin, Kieferorthopädie und Manualmedizin. Berlin: Quintessenz-Verlag 2012.
- Danner H. Orthopädische Einflüsse auf die Funktion des Kauorgans. In: Ahlers MO (Hrsg). Klinische Funktionsanalyse. Hamburg: dentaConcept 2011;442–445.
- Hansson, T.L., Honée, W. and Hesse, J., eds. Funktionsstörungen des Kauorgans. 1990, Hüthig: Heidelberg.
- Wolff HD. Gestörte Halswirbelsäule mit Gesichts- und Kopfschmerzen – orthopädische manualmedizinische Aspekte. In: Siebert GK (Hrsg). Gesichts- und Kopfschmerzen – ein interdisziplinärer Überblick für Mediziner, Zahnmediziner und Psychologen. München: Hanser 1992;316–346.
- Marx G. Über die Zusammenarbeit mit der Kieferorthopädie und Zahnheilkunde in der manuellen Medizin. *Man Med* 2000;38:342–345.
- Beyer L. Das tonische motorische System als Zielorgan manueller Behandlungstechniken. *Man Med* 2009;47:99–106.
- Plato G, Kopp S. Der Weg zur Chronifizierung der kraniomandibulären Dysfunktionen (CMD). *Man Med* 2008;46:384–385.
- Saito ET, Akashi PM, Sacco Ide C. Global body posture evaluation in patients with temporomandibular joint disorder. *Clinics (Sao Paulo)* 2009;64:35–39.
- Slavicek R. Funktion – die Haltung. In: Slavicek R (Hrsg). Das Kauorgan: Funktionen und Dysfunktionen. Klosterneuburg: Gamma Medizinisch-wissenschaftliche Fortbildungsgesellschaft 2000.
- Cooper BC, Kleinberg I. Relationship of temporomandibular disorders to muscle tension-type headaches and a neuromuscular orthosis approach to treatment. *Cranio* 2009;27:101–108.
- Ahlers MO, Freesmeyer WB, Fussnegger M et al. Zur Therapie der funktionellen Erkrankungen des kraniomandibulären Systems. Gemeinsame Wissenschaftliche Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und Therapie (DGFD) in der DGZMK, der Deutschen Gesellschaft für Prothetische Zahnheilkunde und Biomaterialien (DG Pro), der Deutschen Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (DGMKG), der Arbeitsgemeinschaft für Kieferchirurgie (AGKi) und der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie (DGKFO) und der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK). *DZZ* 2005;60.
- Marx G. Über die Zusammenarbeit mit der Kieferorthopädie und Zahnheilkunde in der manuellen Medizin. *Man Med* 2000;38:342–345.
- Boisserée W, Schupp W. Kraniomandibuläres und Muskuloskelettales System: Funktionelle Konzepte in der Zahnmedizin, Kieferorthopädie und Manualmedizin. Berlin: Quintessenz Verlag 2012.
- Lotzmann U. Okklusion, Kiefergelenk und Wirbelsäule. *Zahnärztl Mitt* 2002;92:48–54.
- Gelb H. New concepts in craniomandibular and chronic pain management. St. Louis, Barcelona: Mosby-Wolfe 1994.
- Ali SA, Miethke RR. Invisalign, an innovative invisible orthodontic appliance to correct malocclusions: advantages and limitations. *Dent Update* 2012;39:254–256, 258–260.
- Garino F, Garino GB, Castroflorio T. The iTero intraoral scanner in Invisalign treatment: a two-year report. *J Clin Orthod* 2014;48:98–106.
- Li S, Zhou J, Ren C. [Adult orthodontic technique: development and challenge]. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi* 2013;31:549–551.
- Mampieri G, Giancotti A. Invisalign technique in the treatment of adults with pre-restorative concerns. *Prog Orthod* 2013;20:40.
- Ojima K, Dan C, Nishiyama R, Ohtsuka S, Schupp W. Accelerated extraction treatment with Invisalign. *J Clin Orthod* 2014;48:487–499.
- Schupp W, Haubrich J. Möglichkeiten und Grenzen der Invisalign-Behandlung. *Quintessenz* 2010;61:951–962.
- Schupp W, Haubrich J, Hermens E, Boisserée W. Diagnose und Therapie des kraniomandibulären und muskuloskelettales Systems in der kieferorthopädischen Praxis unter besonderer Berücksichtigung des Invisalign-Systems. *Inf Orthod Kieferorthop* 2013;45:93–103.
- Schupp W, Haubrich J, Hermens E. Möglichkeiten und Grenzen der Schienentherapie in der Kieferorthopädie. *Zahnmedizin up2date* 2013;2:171–184.
- Schupp W, Haubrich J, Neumann I. Invisalign treatment of patients with craniomandibular disorders. *Int Orthod* 2010;8:253–267.
- Schupp W, Haubrich J, Neumann I. Treatment of anterior open bite with the invisalign system. *J Clin Orthod* 2010;44:501–507.
- Schupp W, Haubrich J, Neumann I. Class II Correction with the Invisalign System. *J Clin Orthod* 2010;44:28–35.
- 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.
- Cozzani G, Guiducci A, Mirengi S. Kieferorthopädische Maßnahmen bei Kiefergelenkerkrankungen. *Inf Orthod Kieferorthop* 2003;35:129–139.
- Crismani AG, Celar AG, Bantleon HP. Chair-side-Methoden zur Herstellung okklusaler Minisplints in der Therapie kraniomandibulärer Dysfunktionen. *Inf Orthod Kieferorthop* 2004;36:31–35.
- Krieger E, Seiferth J, Saric I, Jung BA, Wehrbein H. Accuracy of Invisalign treatments in the anterior tooth region. First results. *J Orofac Orthop* 2011;72:141–149.
- Boisserée W, Schupp W. Zweiphasiges Konzept zum Okklusionsausgleich durch Unterkiefer-Okklusionsschienen. *J CranioMand Func* 2012;4:79–94.
- Dziedzina G. Vermessung und vergleichende Untersuchung der Gelenkspaltbreite von physiologischen und pathologischen Kiefergelenken mittels digitaler Volumentomographie. Diplomarbeit in der medizinischen Univ.-Klinik Innsbruck. 2011: Innsbruck.



## Interdisciplinary treatment of a craniomandibular and musculoskeletal imbalance with special emphasis on digital procedures

**KEYWORDS** *CMD, occlusion, occlusal splint, manual therapy, musculoskeletal system, orthodontics, Invisalign, prosthodontics, CAD-CAM*

Occlusion can be the cause of functional disorders that also affect the craniomandibular and musculoskeletal system. If correction of occlusion is necessary, it should always be conducted minimally invasively, in order to keep the irreversible reduction of hard tooth tissue to an absolute minimum. The solution often lies in interdisciplinary cooperation between orthodontics and prosthetics as presented in this article. Digital procedures are becoming increasingly more important in dentistry and dental engineering.

