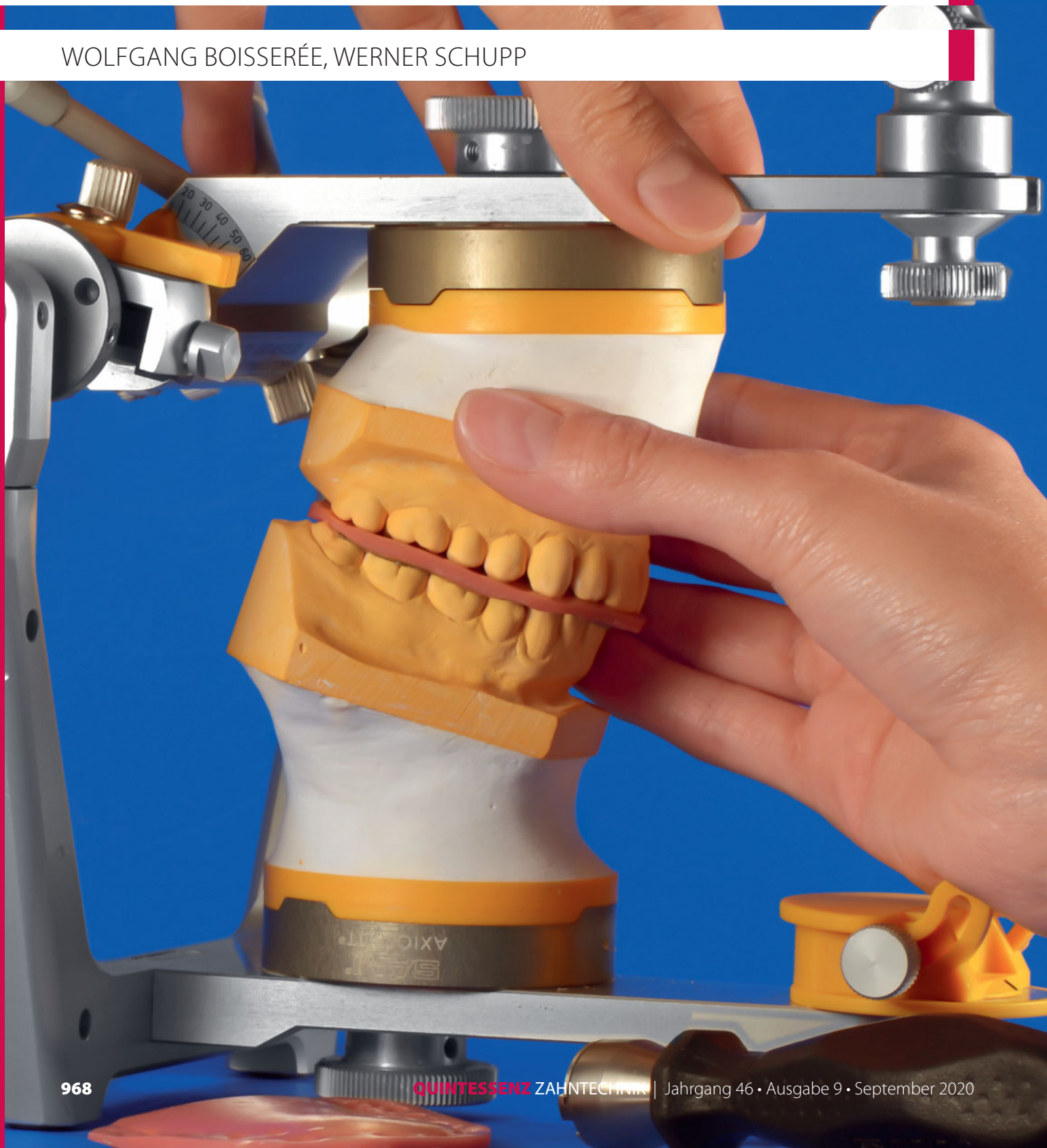
ERFAHRUNGSBERICHT

copyright by all rights reserved Quintessenz

Der Artikulator in der okklusalen Analyse und Therapie

WOLFGANG BOISSERÉE, WERNER SCHUPP



Copyright by Quintessenz all rights reserved

Zusammenfassung
Kaufunktionsstörungen hängen häufig mit einer Diskrepanz zwischen habitueller Okklusion und einer physiologischen (zentrischen) Kondylenposition zusammen. Wenn die bestehende Okklusion einer funktionellen Vorbehandlung bedarf, ermöglicht der Artikulator eine praxisnahe Analyse der okklusalen Situation. Um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, werden auf zahnärztlicher Seite dimensionsgenaue Scans oder Abformungen gefordert, eine korrekte Gesichtsbogenübertragung und repräsentative Registrate, die eine Kieferrelation in physiologischer Kondylenposition ermitteln. Zahntechniker brauchen dimensionsgenaue Modelle und eine präzise Artikulatormontage. Ist eine okklusale Korrektur indiziert, kann die therapeutische Kieferrelation im Artikulator nahtlos in den digitalen Workflow für die Herstellung einer Positionierungsschiene überführt werden.

Indizes
Artikulator, Kondylenposition, Okklusion, Kaufunktionsstörung, Positionierungsschiene

Einleitung

In der komplexen Ätiologie der kraniomandibulären Dysfunktion (CMD) zählen okklusale Störungen mit zu den auslösenden Faktoren[6,19,24,34]. Insofern können nicht erkannte und unbehandelte Kaufunktionsstörungen den Verlauf restaurativer Behandlungen ungünstig beeinflussen und letztlich zu Misserfolgen führen[10,13,18], mit gegebenenfalls langwierigen Folgen für die Patienten, aber auch für die Behandler.

Weil die Okklusion in unmittelbarer Wechselwirkung mit der Kiefergelenkfunktion steht[11], ist die Identifikation von Kaufunktionsstörungen von besonderer Wichtigkeit für alle restaurativen Maßnahmen. Insofern gehört die Funktionsdiagnostik zur grundsätzlichen Eingangsdiagnostik vor jeglicher prothetischen Behandlung[17].

Aufgrund der Komplexität der Kaufunktion ist eine umfassende Diagnostik sehr aufwendig[6,33]. Aus diesem Grund wurden in der Vergangenheit zeitsparende Schnelltests entwickelt, die möglichst zuverlässig auf ein Risiko von Kaufunktionsstörungen hinweisen sollen. Sofern sich aus dem Kurzscreening kein Verdacht auf eine Funktionsstörung ergibt, erübrigt sich die ausführliche und sehr aufwendige klinische und instrumentelle Funktionsdiagnostik[17].

Das funktionelle Kurzscreening

Ein Kurzscreening der Kaufunktion sollte grundsätzlich bei jedem Patienten vor einer restaurativen Behandlung[1,17] schon aus forensischen Gründen[23] durchgeführt werden. Eine solche funktionelle Kurzuntersuchung basiert auf den Vorgaben von Krogh-Poulsen und wurde in Deutschland von Ahlers und Jakstat eingeführt[3,4,15]. Das Screening erfolgt in fünf diagnostischen Schritten, deren Ergebnisse nur mit ja oder nein zu beantworten sind. Bei einem oder weniger positiven Befunden ist CMD unwahrscheinlich, während bei zwei oder mehr positiven Befunden CMD wahrscheinlich ist. Mit steigender Anzahl der positiven Befunde steigt auch die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer CMD.

Meyer hat diese Untersuchung modifiziert[17] und um den sogenannten Watterollentest erweitert, mit dem die physiologische Zentrik überprüft wird (Abb. 1).

Der Watterollentest deckt eine mögliche Diskrepanz zwischen maximaler Interkuspidation (IKP) und der Okklusion in physiologischer Unterkieferposition auf. Dazu werden bei normaler Kopfhaltung zwei leicht angefeuchtete Watterollen für ca. zwei Minuten im Bereich der ersten Prämolaren eingelegt. Diese Entkopplung der Okklusion führt in der Regel zu einer reflektorischen Entspannung der Muskulatur. „Nach Entfernen der Watterollen wird der Patient unter leichter Berührung der Kinnspitze durch den Behandler aufgefordert, ganz entspannt zu schließen bis zum ersten Zahnkontakt. Gibt der Patient an, in allen Quadranten gleichmäßig aufzukommen, besteht eine Übereinstimmung von entspannter Muskulatur und maximaler IKP. Wenn aber der Patient angibt, bei diesem Test zunächst auf einzelne Zähne aufzukommen und erst bei stärkerem Zusammenbiss in seine maximale Okklusion zu gleiten, besteht ein Missverhältnis zwischen entspannter Muskulatur und maximaler Interkuspidation, das auf ein erhöhtes Risiko für CMD hinweist“, so Meyer. Gleiches gilt, wenn aufgrund extremer Muskelverspannungen dieser Test nicht durchführbar ist[17].

Weiterführende Diagnostik des Kiefer- und Bewegungsapparates[6,29]

Bei Anzeichen einer CMD im Kurzscreening-Test ist vor weiterführenden restaurativen Maßnahmen eine detail-

copyright by all rights reserved Quintessenz

Findings	Yes	No
1. Mouth opening asymmetrical	❑	❑
2. Mouth opening limited	❑	❑
3. Traumatic excentric movements	❑	❑
4. TMJ noises, pain	❑	❑
5. Muscle palpation (M. masseter/temporalis) asymmetrically positive finding	❑	❑
Evaluation		
• max. 1 pos. finding: health probable • 2 pos. findings: insecure area • 3 or more pos. findings: TMD probable		
Supplement finding	**Yes**	**No**
6. Physiological centric position unequal max. intercuspation "Cotton-Roll-Test" (early contacts, occlusal gliding,enamel chipping, grinding facettes, wedge-shaped defects, tooth mobility, tongue impressions etc.)	❑	❑
Evaluation		
• With pos. finding: TMD probable		

Abb. 1 Der CMDcheck besteht aus einer Folge von sechs klinischen Tests, von denen jeder eine einfache Ja- oder Nein-Antwort erfordert. Von besonderer Bedeutung ist Punkt 6, der den Cotton Roll Test zur Überprüfung der physiologischen zentrischen Beziehung verwendet.

lierte Funktionsanalyse, gegebenenfalls einschließlich des muskuloskelettalen Systems (MMS), erforderlich[6]. In manchen Fällen ist es notwendig, die Diagnostik durch bildgebende Verfahren zu spezifizieren, wie beispielsweise DVT- oder MRT-Aufnahmen der Kiefergelenke[26].

Die erweiterte Funktionsuntersuchung besteht im Einzelnen aus:

- funktionsspezifische Anamnese
- Untersuchung in Bezug auf Störungen des kraniomandibulären Systems (CMS)
  - Untersuchung der Beweglichkeit des Unterkiefers
  - Untersuchung der Kiefergelenke durch
    - laterale Palpation der Kiefergelenke
    - intraaurikuläre Palpation der Kiefergelenke
    - Identifizierung von Geräuschen (Knacken, Krepitation)
    - Endfeel-Tests
  - Untersuchung der Muskulatur des kraniomandibulären Systems (CMS) und der Halswirbelsäule durch Palpation
  - Bestimmung der Okklusionskontakte
    - in habitueller statischer Okklusion
    - in dynamischer Okklusion
- Bestimmung der Okklusionskontakte in zentrischer/physiologischer Kondylenposition

Abhängig vom Beschwerdebild oder vom vorgesehenen Behandlungsumfang im individuellen Patientenfall ist es notwendig, die Okklusion in einer physiologischen Kondylenposition zu analysieren. So können Rückschlüsse auf die Rolle der Okklusion am Dysfunktionsgeschehen gezogen werden.

Analyse und Therapie der Okklusion in zentrischer Kondylenposition

Ausgangspunkt: der analoge Artikulator

Sobald eine Korrektur der bestehenden Okklusion angestrebt wird, bleibt der analoge Artikulator unverzichtbarerer Baustein für die okklusale Diagnostik in der physiologischen bzw. therapeutischen Kondylenposition[12,22]. Die montierten Modelle spiegeln die Kieferrelation in der neuen Kondylenposition wider. Ist eine Korrektur der Okklusion indiziert, kann die Vertikaldimension unproblematisch und gelenkbezogen für die Okklusionsschiene eingestellt werden. Zur digitalen Herstellung des Aufbissbehelfs wird die Artikulatorsituation digitalisiert und damit die therapeutische Kieferrelation präzise in den digitalen Workflow überführt[22].

Dieses einfach durchzuführende und praxisgerechte Verfahren hat den besonderen Vorteil großer Sicherheit, weil jeder Schritt digitaler Fertigung analog nachgeprüft werden kann. Entsprechend bleibt auch in der restaurativen Phase der Artikulator zentrales Element der Orientierung bei der zahntechnischen Herstellung der prothetischen Rekonstruktionen.

Copyright by all rights reserved Quintessenz

Voraussetzungen für eine Analyse der Okklusion

Ermittlung der Kieferrelation in physiologischer, zentrischer Kondylenposition

Die zentrische Kiefergelenkposition, die Ruheposition des Gelenks, die zentrische Relation wird noch immer kontrovers diskutiert. Entsprechend dem aktuellen Verständnis sollten die Kondylen in Ruheposition bilateral in der am meisten anterosuperioren Position vor dem Tuberculum artikulare positioniert sein. Die Ligamente sind dann maximal entspannt. Das Integral der Muskelaktivität ist auf dem niedrigsten Niveau[14,21]. Diese Position ist abhängig von gegenseitiger Beeinflussung zur Okklusion und unterliegt individuellen Variationen. Sie kann sich im individuellen Fall von Tag zu Tag verändern, abhängig von verändertem Muskeltonus, Körperhaltung, Zungen- und Zungenbeinlage und von psychologischen Faktoren. Deswegen ist eine exakte Definition schwierig, wenn nicht unmöglich. In der Praxis ist es demzufolge notwendig, eine Kondylenposition zu finden, die zum individuellen kraniomandibulären und muskuloskelettalen System des Patienten passt[16,20].

Ermittlung der Unterkieferposition

Viele Methoden sind beschrieben, um die physiologische Kondylenposition zu ermitteln, aber keine kann für sich die absolute Wahrheit beanspruchen. Auch digitale Messungen scheitern noch an der Genauigkeit, wie einige Hersteller attestierten. Keine Methode ist bisher vollkommen verlässlich.

Weltweit setzte sich die unten beschriebene Kieferrelationsbestimmung mit unterschiedlichen Modifikationen durch. Zentrales Element dieser Methode ist die Schaffung eines frontalen Adduktionsfeldes, auf dem die Unterkieferfrontzähne gleichmäßig auftreffen, ohne in eine Richtung abgelenkt zu werden. Studien belegen, dass sich bei diesem Vorgehen die Kondylen unmittelbar physiologischer positionieren, unabhängig von der Okklusion. Auch wird bei diesem Vorgehen eine gute Wiederholbarkeit attestiert[25].

Die Kieferrelationsbestimmung

Vorbereitende Maßnahmen

Ein Zentrikregistrat ist immer ein „Blueprint", eine Momentaufnahme. Um möglichst nahe an eine physiologische Kieferrelation heranzukommen, ist es notwendig, möglichst viele propriozeptive Störungen aus dem kraniomandibulären und dem muskuloskelettalen System herauszunehmen, bevor eine Kieferrelationsbestimmung durchgeführt wird. Idealerweise geht der Patient vor einer Zentriknahme zum Manualmediziner, damit dieser das muskuloskelettale System vorbehandelt[6,24]. Der Patient wird gebeten, anschließend mit eingesetzten Watterollen oder einem Aqualizer (Fa. Bausch Dental, Köln) bis zur Zentriknahme nicht mehr zu okkludieren.

Die Zentriknahme wird am Patienten in aufrechter Sitzhaltung durchgeführt, und zwar in gerader Kopfhaltung. Dabei sollte keine Manipulation am Unterkiefer erfolgen, allenfalls eine leichte Berührung des Kinns, um dem Patienten eine Orientierung zu geben[16,20].

Kieferrelationsbestimmung in physiologischer Kondylenlage

Eine sehr praxisnahe Methode, die keine besondere Vorbereitung im zahntechnischen Labor erfordert, ist die Kieferrelationsbestimmung mit einer drei Millimeter starken Beauty Pink Wachsplatte (Integra Miltex, York, USA)[6]. Im Wasserbad bei 52 Grad erwärmt, wird die Platte mit einer Schere trapezförmig zugeschnitten, auf der Oberkieferzahnreihe adaptiert und palatinal eingedrückt, um der Zunge Raum zu geben.

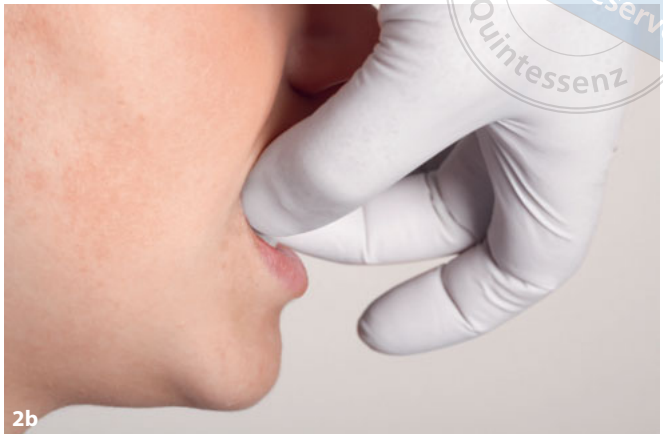
Im Weiteren wird die noch weiche Platte mit einer Schere so beschnitten, dass sie nur geringfügig über die Okklusal- und Inzisalbereiche der Oberkieferzähne hinaussteht und dem Oberkieferzahnbogen spannungsfrei aufsitzt. Danach reponiert der Behandler die immer noch weiche Platte auf die Oberkieferzähne und fixiert sie mit der linken Hand (Abb. 2a).

Der Patient sitzt jetzt völlig aufrecht im Behandlungsstuhl, frei vor der Rückenlehne mit leicht nach vorn geneigtem Kopf und okkludiert in die noch weiche Wachsplatte, bis die Unterkieferfrontzähne sicher in die Platte eintauchen. Es findet dabei keine Manipulation des Unterkiefers statt (Abb. 2b), allenfalls eine leichte Berührung der Kinnspitze, um dem Patienten eine Orientierung zu geben.

Sofort wird mit einer zweiten Wachsplatte gleichermaßen verfahren. Die Wachsplatten werden anschließend in Eiswasser (Behälter mit Wasser und Eiswürfeln) gekühlt und alle Unterkieferimpressionen mit einem Messer (X-acto Messer Nr. 5, Klinge Nr. 22) zurückgeschnitten, bis nur noch Spuren der Impressionen erkennbar sind. Beim Zurückschneiden in der Front sollte ein Plateau entstehen, auf dem die Unterkieferschneidezähne im rechten Winkel auf die Wachsplatte auftreffen können.

Mit schwarzer Okklusionsfolie prüft der Behandler die Unterkieferkontakte auf der Wachsplatte. Es ist weiterhin auf aufrechten Sitz und gerade Kopfhaltung zu achten. Die Kontakte werden

copyright by all rights reserved Quintessenz



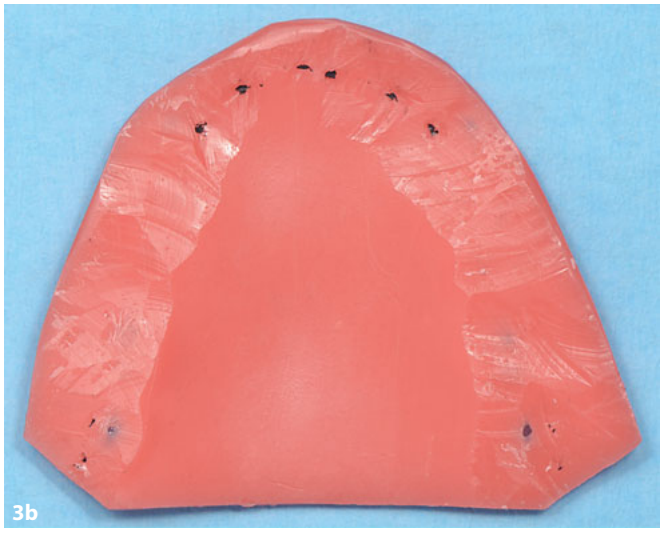


Abb. 2a und b Aufrechte Kopfhaltung während der Okklusion in die noch warme Wachsplatte. **Abb. 3a und b** Wiederholte Reduktion der Kontakte, bis ein gleichmäßiges Auftreffen der Unterkieferfrontzähne im Sinne eines Adduktionsfeldes entsteht. Im Seitenzahngebiet werden die Kontakte entfernt. **Abb. 4** Es werden zwei Registrate für den späteren Vergleich angefertigt.

weiterhin so reduziert, dass letztlich nur noch ein gleichmäßiges Adduktionsfeld in der Region 33–43 verbleibt (Abb. 3a und b)

Abschließend werden die Unterkieferkontakte mit Aluminiumwachs (Aluminiumwachssticks, Fa. George Dental, Ostbevern) dargestellt. Das mit Gasflamme erhitzte Wachs wird zunächst in der Front, dann gleichzeitig in den Seitenzahnbereichen aufgetragen, in das der Patient jeweils okkludiert (Abb. 4).

Copyright by all rights reserved Quintessenz

Arbiträre Gesichtsbogenübertragung und Oberkiefermodellmontage[6]

Für die korrekte Montage des Oberkiefermodells ist die arbiträre Gesichtsbogenübertragung ausreichend[12]. Der Bogen wird symmetrisch zu den anatomischen Strukturen und in Orientierung zur sogenannten Achs-Orbital-Ebene angelegt (Referenzparameter sind der linke Orbitaboden und die Scharnierachse der Kiefergelenke) (Abb. 5a und c). Die Ohrolivenen sind in Bezug zur Scharnierachse des Patienten nach Mittelwerten orientiert, sodass die Vertikaldimension später im Artikulator nach Mittelwerten möglichst analog zur Drehachse der Kiefergelenke verändert werden kann.

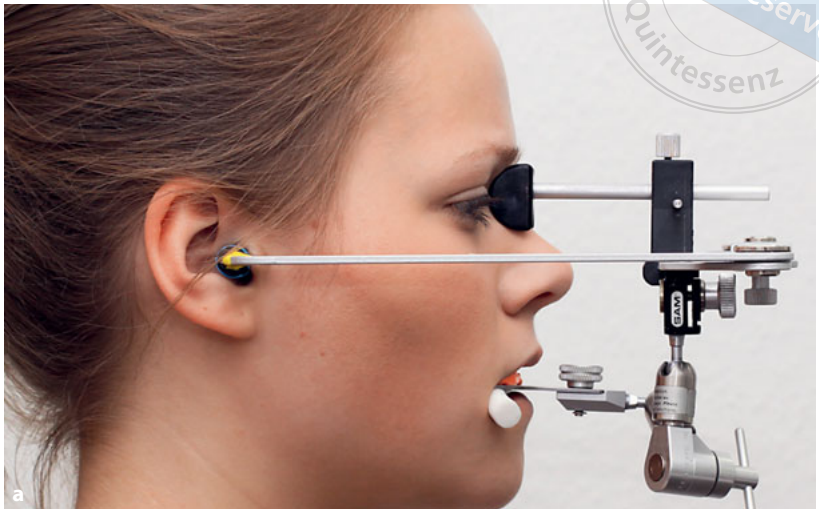
Bei der Montage des Oberkiefer-Modells in das Artikulator-Oberteil muss die Unterstützung des Modells beachtet werden (Abb. 5b), damit es möglichst präzise in Bezug zur Drehachse der Kiefergelenke montiert wird.

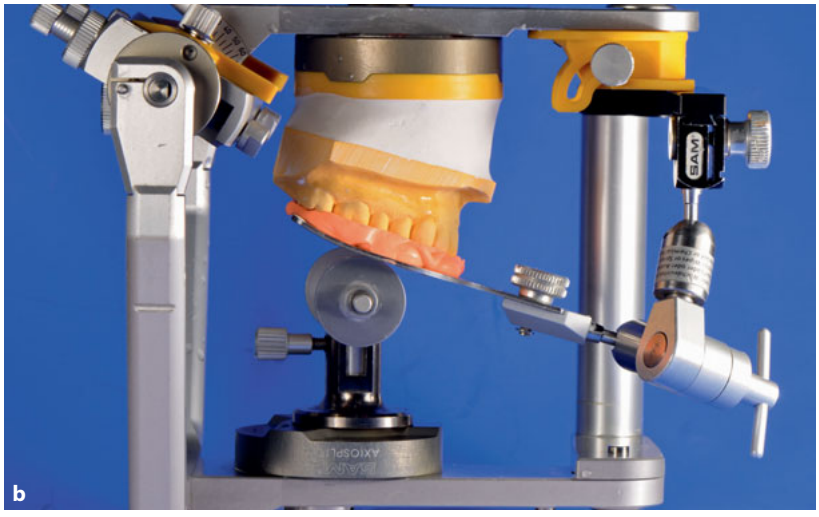
Unterkiefermodellmontage[6]

Das Unterkiefermodell muss sorgfältig montiert werden, da kleinste Fehler eine unmittelbare Wirkung auf die Diagnostik und die weiterführende okklusale Therapie haben.

Liegen zwei Registrate vor, wird die vom Zahnarzt vorgesehene und markierte Wachsplatte für die Montage benutzt. Das andere wird später zum Vergleich der Registrate untereinander verwendet.

Nachdem der korrekte Sitz der Registratplatte auf den Zahnreihen überprüft wurde, werden die Modelle mit Drahtstiften und Heißkleber verschlüsselt (Abb. 6a). Der Stützstift wird auf +4 eingestellt. Bei einem großem Abstand zwischen Modell und Artikulator ist eine zweizeitige Montage dringend notwendig (Abb. 6b und c),





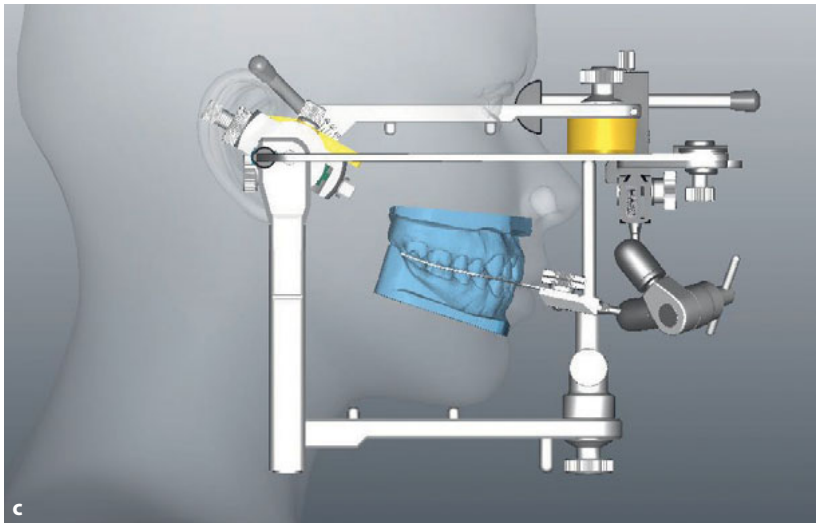
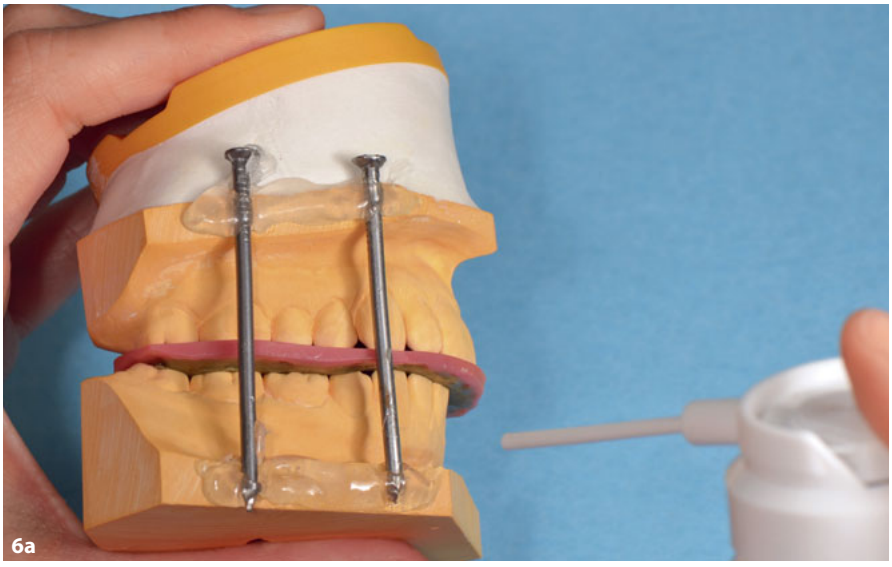
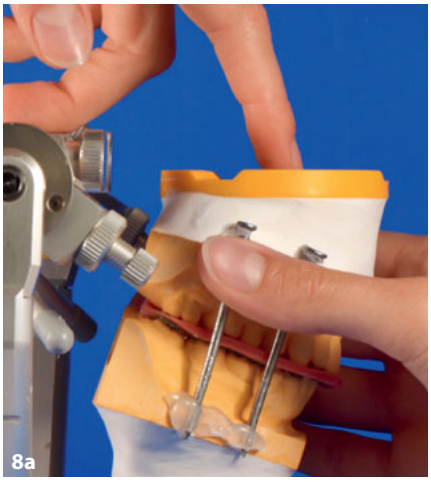
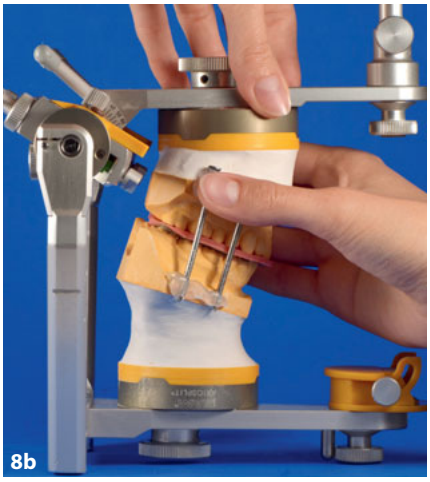


Abb. 5a bis c Der arbiträre Gesichtsbogen wird symmetrisch in Bezug zu den anatomischen Strukturen und in Ausrichtung zur Achs-Orbital-Ebene angelegt. Entsprechend wird das Oberkiefermodell in Orientierung zur Drehachse der Kiefergelenke montiert (Abb. 5c mit freundlicher Genehmigung der SAM Präzisionstechnik).

copyright by
all rights reserved
Quintessenz







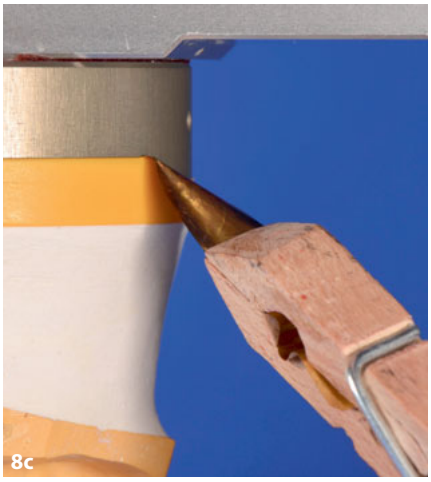


Abb. 6 a bis c Verschlüsselung des Modellpaares und zweizeitige Montage des Unterkiefermodells bei großem Modell-Artikulator-Abstand. **Abb. 7** Ablauf der Splitcast-Kontrolle: **a** Die Modelle bleiben verschlüsselt. Der Stützstift wird umgekehrt in das Oberteil geschraubt und das Oberteil geöffnet. **b** Der Magnet wird entnommen. **Abb. 8a** Das Oberkiefermodell wird zentriert und fixiert. **b** Nach dem Schließen des Oberteils wird das spaltfreie Auftreffen der Metallplatte kontrolliert. **c** Zusätzlich kann der spaltfreie Schluss mit Shimstockfolie an den Schrägflächen geprüft werden.

Copyright by Quintessenz all rights reserved

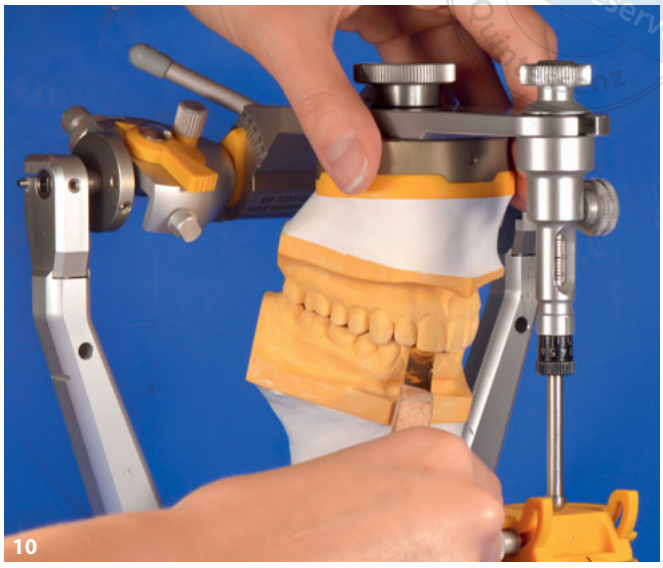


Abb. 9 Vergleich der Registrate über die Split-Cast Kontrolle. **Abb. 10** Analyse der statischen Okklusion in Zentrik: Wo ist der zentrische Erstkontakt? Wohin wird der Unterkiefer durch den Erstkontakt versetzt?

damit Montagefehler durch die Gipsexpansion vermieden werden.

Die anschließende Splitcast-Kontrolle nach der Methode von A. Gutowski (Abb. 7 und 8) bestätigt die korrekte Artikulatormontage. Ist diese inkorrekt, selbst bei minimalen Diskrepanzen, sollte der Vorgang der Unterkiefermodellmontage zwangsläufig wiederholt werden.

Erst dann werden die Modelle entschlüsselt. Die Registrate können nun untereinander verglichen werden (Abb. 9) und geben einen Hinweis auf die Aussagekraft der Analyse. Stimmen die Registrate sehr gut überein, ist dies ein Zeichen für gute Aussagekraft. Stimmen die Registrate kaum überein, sollte ein erneutes Registrat mit manueller Vorbehandlung erfolgen, um die Aussagekraft der Analyse zu erhöhen.

Der Vergleich der Registrate gibt gleichzeitig Auskunft darüber, wie sicher der Patient seine zentrische Unterkieferposition einnehmen kann. Bei stark fortgeschrittener Pathologie kann es vorkommen, dass der Patient seine Zentrik nicht findet.

Für die Analyse der Okklusion in zentrischer, physiologischer Kieferrelation wird der Stützstift bis zum ersten zentrischen Kontakt abgesenkt, der dann mit Shimstockfolie (8µ; Fa. Coltène/Whaledent, Altstätten, Schweiz) verifiziert wird (Abb. 10). Stimmt der Erstkontakt mit Angaben des Patienten, mit Attritionen, Schlifffacetten und Abrasionen überein, dann bestätigen diese Spuren von Zahnsubstanzverlust die Bestimmung des zentrischen Erst- bzw. Frühkontaktes.

In der weiteren Diagnostik können der Gleitweg und die Distanz abgeschätzt werden, die der Unterkiefer von der zentrischen Okklusion in die maximale Verzahnung (IKP) zurücklegen muss. Dabei geht es um die Frage, in welche Richtung die Kondylen in maximaler Okklusion verlagert werden und ob es dadurch zu einer Kompression, seitlichen Verlagerung oder Distraktion im Gelenkraum kommt.

Eine präzise Darstellung der dreidimensionalen Lageveränderung der Kondylen kann mit dem Mandibular-Positions-Indikator (Fa. SAM Präzisionstechnik, Gauting) oder im Rahmen einer elektronischen Axiografie durchgeführt werden. Diese Präzisionsuntersuchungen sollten dringend am Ende einer erfolgreichen Okklusionsschienentherapie zur Dokumentation durchgeführt werden, wenn sich im Rahmen der Behandlung eine veränderte Kiefergelenkposition eingestellt hat[12].

Okklusionsschienentherapie

Zeigt die bisherige Untersuchung und Artikulatoranalyse, dass die Okklusion in einem ursächlichen Zusammenhang mit funktionellen Beschwerden des Patienten steht, bietet es sich an, in einem ersten Schritt der Funktionstherapie die statische und dynamische Okklusion zeitlich befristet reversibel zu korrigieren[2]. Als primäres therapeutisches Mittel ist eine spezielle Okklusionsschiene, die herausnehmbare Craniomandibuläre-Orthopädische-Positionierungs-Apparatur (COPA) dafür prädestiniert, weil sie zusätzlich gezielt absteigende Verkettungen zum Bewegungssystem aufhebt, insbesondere zur Wirbelsäulenfunktion[5–7,31]. Entsprechend besteht in dieser Behand-

copyright by all rights reserved

lungsphase in der Regel eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit in Diagnostik und Therapie mit Orthopädie und manueller Medizin[32].

Die Schienen sollten, außer zum Essen und zur Mundhygiene, möglichst kontinuierlich getragen werden. Die Behandlungsdauer liegt durchschnittlich bei sechs Monaten. In der Regel kann in diesem Zeitraum festgestellt werden, ob sich ein interdisziplinärer Behandlungserfolg durch die okklusale Therapie einstellt. Ist dies nicht der Fall, sollte die Therapie zeitnah beendet werden.

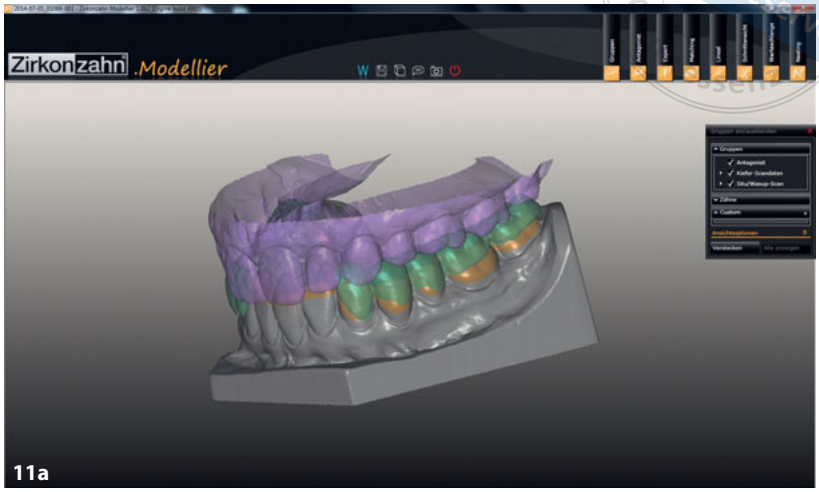
Digitale Herstellung der Positionierungsschiene

Nach patientenindividueller Einstellung der Vertikaldimension am Artikulator werden Ober- und Unterkiefermodell durch Scannen digitalisiert. Anschließend werden durch einen sogenannten Artikulatorscan digital die virtuellen Modelle in der therapeutischen Kieferrelation exakt räumlich einander zugeordnet.

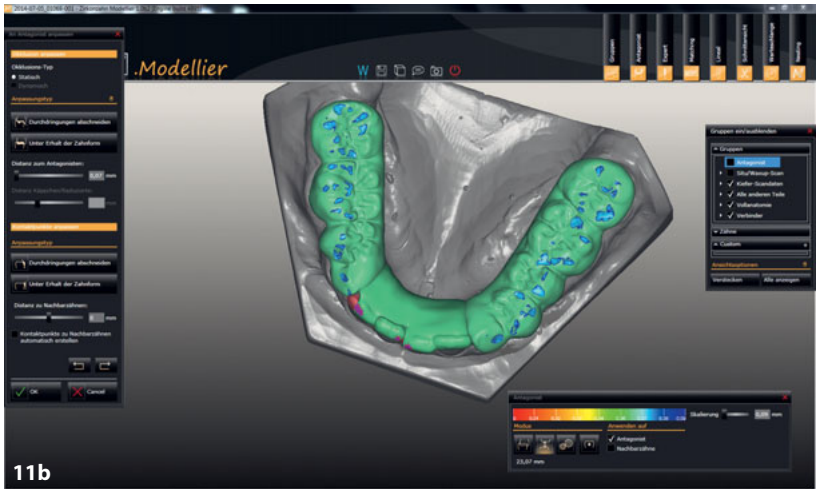
Im zweiten Schritt kann das computeranimierte Design (CAD) der Okklusionsschiene entworfen werden, hier mithilfe der Zirkonzahn® Technologie (Fa. Zirkonzahn, Gais, Italien) (Abb. 11a). Für die okklusale Gestaltung bevorzugen die Autoren das biomechanischen Konzept von H. M. Polz[8,27] aus dem Bibliothekenrepertoire des Systems (Abb. 11b).

Im dritten Schritt wird die Schiene CAD-gefertigt, indem das fünfachsige Frässystem des Zirkonzahn®-Systems die designte Schiene aus dem Kunststoffblank herausfräst. Abbildung 12 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 Molarengebiet und



11a

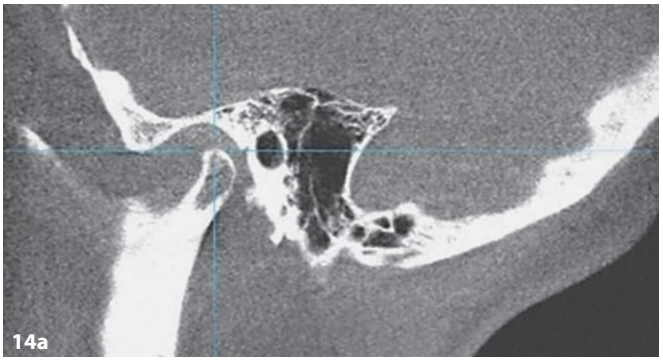


11b

12

Abb. 11a und b Virtuelle Gestaltung der COPA-Schiene mithilfe der Zirkonzahn® Technologie. Dieser Vorgang wird auch als Computer Animized Design (CAD) bezeichnet. **Abb. 12** Das Design der COPA-Schiene.

Copyright by Quintessenz all rights reserved



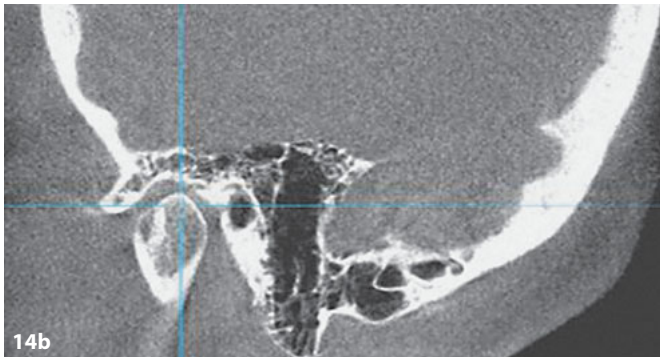


Abb. 13 a bis c Die zentrisch montierten Modelle zeigen, dass in physiologischer Kieferrelation lediglich Kontakte in der Front bestehen, während die Seitenzähne eine erhebliche Nonokklusion aufwiesen. **Abb. 14 a und b** Die DVT des rechten und linken Kiefergelenkes bestätigen den Befund der Kiefergelenkkompression in habitueller (maximaler) Okklusion.

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 Stellungsveränderung von Frontzähnen eine untergeordnete Rolle. Bei absehbarer längerfristiger Tragedauer sollten die Unterkieferinzisivi nachträglich in die Okklusionsschiene einbezogen werden[6,9].

Ein Patientenbeispiel aus der Praxis

Eine 28-jährige Patientin litt seit 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 Rückenbeschwerden. Von orthopädischer Seite wurde eine Skoliose bereits im Kindsalter diagnostiziert. In ihrer Jugend erfolgte alio loco eine festsitzende kieferorthopädische Behandlung. In diesem Zusammenhang waren der Patientin die ersten Prämolaren des Oberkiefers und ein erster Prämolar im rechten Unterkiefer entfernt worden.

Diagnostik

Die Funktionsuntersuchung zeigte einen Zusammenhang zwischen den Beschwerden der Patientin und ihrer Okklusion. Im Vordergrund stand eine beidseitige Kiefergelenkkompression in habitueller Okklusion (HIKP), ausgelöst durch einen Frühkontakt an den Frontzähnen in zentrischer Kieferrelation (Abb. 13). Bei gleichzeitig fehlender Abstützung im Seitenzahngebiet wurde der Unterkiefer bei habituellem Kieferschluss in eine retrale Position verlagert, damit gleichzeitig wurden die Kondylen der Kiefergelenke in den Fossae glenoidale nach retral und kranial forciert.

Im Rahmen der erweiterten Funktionsuntersuchung konnte 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 differentialdiagnostischen Gründen eine digitale Volumentomographie (DVT) beider Kiefer-

copyright by all rights reserved Quintessenz

gelenke angefertigt, die die retrale Verlagerung beider Kondylen in maximaler Okklusion bestätigte (Abb. 14).

Okklusionsschienentherapie

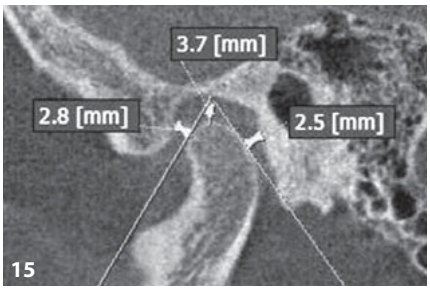
Eine COPA-Positionierungsschiene wurde im gleichen Workflow, wie oben beschrieben, gefertigt (Abb. 16). Die physiologische Abstützung der Kiefergelenke konnte durch eine DVT-Aufnahme bestätigt werden (Abb. 17). Nach ca. drei Monaten war die Patientin nahezu schmerz- und beschwerdefrei, das Okklusionsprotokoll über Wochen unverändert. Die Okklusionsschienentherapie konnte erfolgreich abgeschlossen werden, allerdings mit der dringenden Notwendigkeit, die okklusale Behandlung weiterzuführen, zum physiologischen Ausgleich der statischen und dynamischen Okklusion sowie zur funktionsgerechten Abstützung der Kiefergelenke.

Eine okklusale Therapie sollte 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 restaurativer Zahnheilkunde[32]. Im interdisziplinären Workflow werden zuerst die Zahnfehlstellungen korrigiert, bis eine weitgehend physiogische statische und dynamische Okklusion erreicht ist. Die dann noch notwendigen Korrekturen betreffen meist okklusale Defizite, die nicht mehr kieferorthopädisch, sondern nur noch restaurativ rehabilitiert werden können.

Kieferorthopädische Therapie[28,30,31]

Für die kieferorthopädische Folgebehandlung wird die therapeutische Unterkieferlage 1:1 beibehalten, indem die Molarenkauflächen aus der COPA-Schiene herausgeschnitten und als COPA-Onlays auf die endständigen Zähne aufgeklebt werden. So kann der Unterkiefer zunächst sicher in der korrekten und schmerzfreien Position gehalten werden.

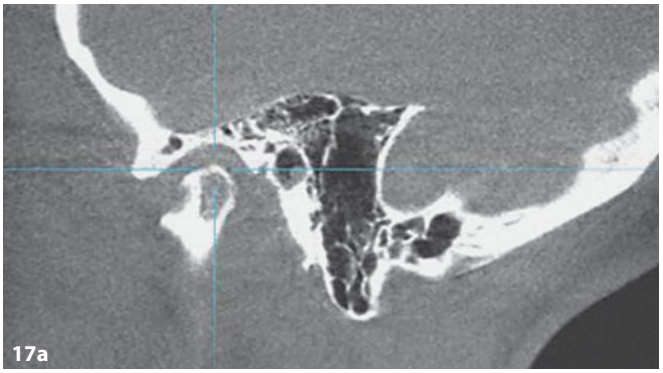
Die kieferorthopädische Behandlung erfolgte mit einer Aligner-Therapie (Fa.



15

16a

16b


17a

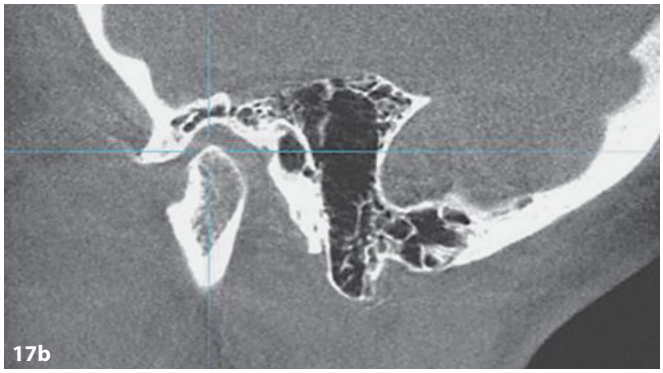

17b

Abb. 15 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 Millimetern, nach posterior 2,5 Millimeter und nach cranial von 3,7 Millimetern. **Abb. 16a und b** Die eingesetzte Schiene zum physiologischen Ausgleich der Okklusion. **Abb. 17a und b** Therapeutisch eingestellte Kondylenpositionen mit eingesetzter COPA.

Copyright by Quintessenz all rights reserved

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

Invisalign, San Jose, USA) in einem volldigitalen Workflow. Zu Beginn werden die Zahnbögen und die Okklusionsbeziehung mit den aufgeklebten COPA-Onlays gescannt. Die Software ermöglicht virtuelle Zahnbewegungen, die über den „Clin Check" in eine Sequenz dünner, transparenter Kunststofffolien, sogenannter Aligner, überführt werden, die gezielte Kräfte auf die Zähne ausüben. Die Anzahl der Aligner ist abhängig von der individuellen Situation und vom Behandlungsumfang. Indem der Patient diese beim Tragen wöchentlich wechselt, können sehr schonende und äußerst präzise Zahnbewegungen durchgeführt werden. Im Falle einer Okklusionskorrektur mit funktionstherapeutischem Hintergrund bietet es sich an, die Behandlung in zwei Phasen durchzuführen.

- Phase 1: Korrektur der Zahnfehlstellung von 15 bis 25 und 35 bis 45. Nicht bewegt werden die oberen und unteren Molaren, da über die aufgeklebten COPA-Onlays die therapeutische Unterkieferposition gehalten wird (Abb. 18a und b).
- Phase 2: nach Erreichen von okklusalem Kontakt im Prämolarenbereich (Abb. 18b und c) Abnahme der COPA-Onlays auf den Molaren; Anfertigung einer Alginat-Abformung für die Herstellung einer Retentionsschiene bis zum Einsetzen der nächsten Aligner Sequenz. Zweiter Online-Treatment-Plan: Attachments auf Molaren zur Extrusion. Extrusion der Molaren in Vollkontakt.

Am Ende der Behandlung sind die Prämolaren und Molaren in Kontakt, es besteht Eckzahnführung und die Frontzähne sind in maximaler Okklusion shimstock-offen (Abb. 18 e und f, Abb. 19 und 20). Das

copyright by all rights reserved

Abb. 19 a bis c Die Eckzähne sind am Ende der kieferorthopädischen Behandlung in einer Klasse I und übernehmen in dynamischer Okklusion die Führung. **Abb. 20a und b** Die Zahnbögen sind bis ins Detail ausgeformt. Die Inzisiven weisen keine Kontaktpunkte auf, die Front ist Shimstock-offen.

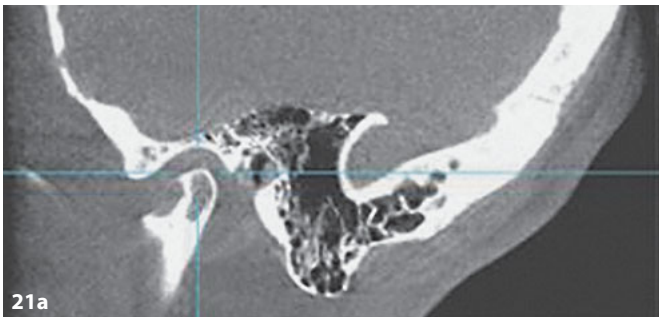
DVT am Ende der kieferorthopädischen Behandlung zeigt die Position der Kondylen in gleicher Lage, wie sie mit der Okklusionsschiene eingestellt wurden (Abb. 21).

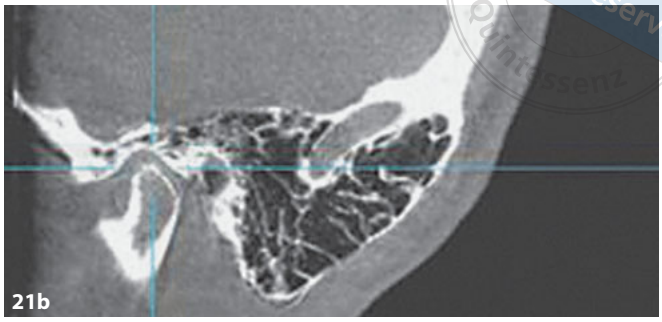
Prothetische Therapie[5–7,28,30]

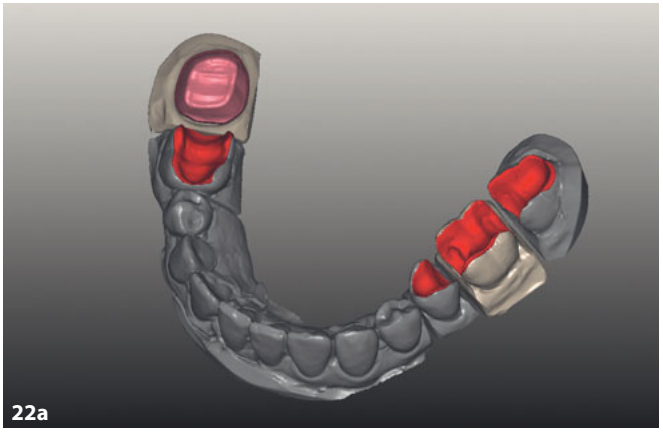
Ziel der prothetischen Abschlussbehandlung ist, durch die gezielte Rekonstruktion von Okklusalflächen eine stabile maximale Verzahnung zu erreichen, in der alle Seitenzähne simultan und gleichmäßig, mit axial gerichteten Kräften in Kontakt treten, während die Frontzähne allenfalls schwachen Kontakt haben.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

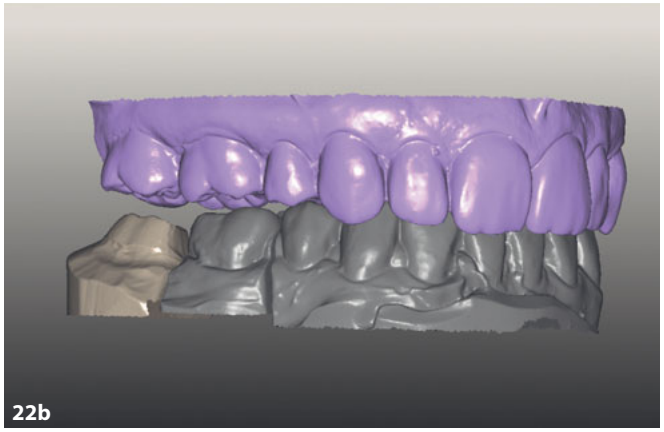
Aufgrund der abgeschlossenen kieferorthopädischen Vorbehandlung beschränkten sich die abschließenden notwendigen restaurativen Maßnahmen auf das Notwendigste. So wurde geplant, die Zähne 46, 35, 36 und 37 unter Austausch der vorhandenen, nicht mehr randdichten Kompositfüllungen mit IPS e.max(Fa. Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)-Teilkronen und den endodontisch behandelten Zahn 47 mit einer Krone aus dem gleichen Material zu versorgen.

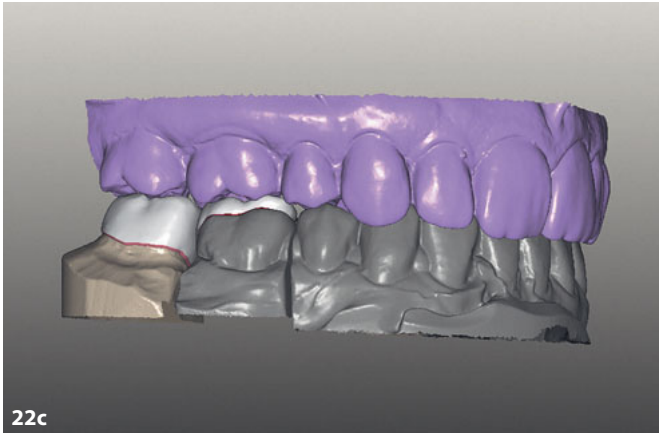
Copyright by Quintessenz all rights reserved











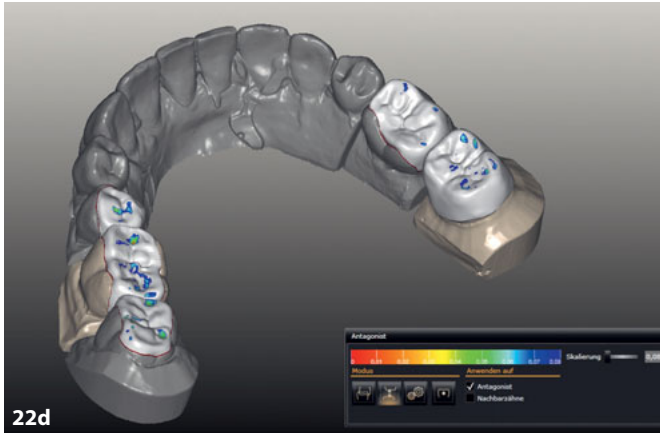


Abb. 21a und b Die DVT des rechten Kiefergelenkes (a) und des linken Kiefergelenkes (b) nach der kieferorthopädischen Behandlung zeigen die Beibehaltung der therapeutischen Kondylenpositionen. **Abb. 22** Nach Digitalisierung der im Artikulator montierten Modelle: Schritte der digitalen Planung: **a** Eingescanntes Unterkiefer-Präparationsmodell. Die Präparationsgrenzen werden automatisch erfasst. **b** Dimensionsgenaue Orientierung zum Oberkiefer. **c** Automatisches Design der Versorgungen. **d** Optimierung der Kontaktbeziehungen.

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

Dafür ist es meist notwendig, vor den restaurativen Maßnahmen eine erneute zentrische Artikulatormontage durchzuführen und die Okklusion gegebenenfalls mit COPA-Onlays nochmals zu idealisieren, um damit das zukünftige Ergebnis der restaurativen Maßnahmen vorwegzunehmen. Der Patient kann auf diese Weise seine finale Okklusion erneut eingehend testen, bevor die prothetischen

copyright by all rights reserved Quintessenz

Maßnahmen starten. Ebenso sind aufseiten des Zahnarztes noch Korrekturen an der therapeutischen Okklusion möglich.

Bei den anschließenden restaurativen Maßnahmen sollte bei Patienten mit langer Dysfunktionshistorie auf einen rein digitalen Workflow verzichtet werden. Hier ist es notwendig, dass über montierte Modelle eine Kontrolle aller digitalen Fertigungsschritte gewährleistet ist.

Die Abbildungen 24 a bis f zeigen den Behandlungsabschluss mit adhäsiv eingegliederten Rekonstruktionen. Zur Retention der Zähne nach der kieferorthopädischen Therapie werden abwechselnd im Oberkiefer oder im Unterkiefer dünne adjustierte nächtliche Schienen getragen.

Fazit

Im Zeitalter zunehmender Digitalisierung der zahnärztlichen und zahntechnischen Prozesse bleibt der analoge Artikulator bei der Diagnostik und Therapie von Kaufunktionsstörungen bis heute ein unerlässlicher Wegbegleiter. Da er nahtlos in den digitalen Workflow integriert werden kann, bringt die Kombination aus analogen und digitalen Verfahren erhöhte Sicherheit bei korrigierenden okklusalen Maßnahmen. Voraussetzung ist, dass die Modelle exakt in den Artikulator montiert werden.

Abb. 23a bis c Die fertig aufgepassten Versorgungen aus IPS e.max (Fa. Ivoclar Vivadent; Fertigungsprozess Dentallabor Manfred Läkamp).

Copyright by Quintessenz all rights reserved

Abb. 24a bis d Kieferorthopädisch-prothetischer Behandlungsabschluss mit funktionsgerechten Stützzonen und simultanen Kontakten aller Seitenzähne in statischer Okklusion (schwarze Markierungen). Die dynamische Okklusion wird interferenzfrei über die Front-Eckzähne geführt (Laterotrusion: rote Markierungen; Protrusion: blaue Markierungen). **e und f** Ästhetisches Ergebnis in der Frontalansicht.

Literatur

1. Ahlers MO. Update zahnärztliche Funktionsanalyse – aktuelle Verfahren, Instrumente und digitale Befundauswertung. Informationen aus Orthodontie & Kieferorthopädie 2018;50:247–269.
2. Ahlers MO, Freesmeyer WB, Fussnegger M. Zur Therapie der Erkrankungen des kraniomandibulären Systems. Gemeinsame Wissenschaftliche Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und Therapie (DGFDT) 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) 2005;60:10.
3. Ahlers MO, Jakstat HA. CMD-Screening mit dem „CMD-Kurzbefund. ZWR – Das Deutsche Zahnärzteblatt 2015;124: 102–106.

copyright by all rights reserved

4. Ahlers MO, Jakstat HA. Indikationsstellung per Screening: CMD-Kurzbefund. In: Ahlers MO, Jakstat HA. Klinische Funktionsanalyse. Interdisziplinäres Vorgehen mit optimierten Befundbögen. 3. Aufl. Hamburg: dentaConcept, 2007:145–158
5. Boisserée W. Zahnärztlich prothetische Maßnahmen nach Therapie einer kraniomandibulären Dysfunktion. Manuelle Medizin 2003;41:386–392.
6. Boisserée W, Schupp W. Kraniomandibuläres und Muskuloskelettales System. Berlin: Quintessenz, 2012.
7. Boisserée W, Schupp W. Zweiphasiges Konzept zum Okklusionsausgleich durch Unterkiefer-Okklusionsschienen. J Craniomand Func 2012;4:79–94.
8. Boisserée W, Schupp W, Läkamp M. Das biomechanische Okklusionskonzept nach H. M. Polz in der interdiziplinären Funktionstherapie. Quintessenz Zahntech 2010;36:2–15.
9. Gelb H. New Concepts in Craniomandibular and Chronic Pain Management. St. Louis, Barcelona: Mosby-Wolfe, 1994.
10. Gesch D, Bernhardt O, Alte D, Kocher T, John U, Hensel E. Malocclusions and clinical signs or subjective symptoms of temporomandibular disorders (TMD) in adults. Results of the population-based Study of Health in Pomerania (SHIP). J Orofac Orthop 2004;65:88–103.
11. Grunert I. Die Kiefergelenke des Zahnlosen. Eine anatomische und klinische Untersuchung. Habilitationsschriften. Berlin: Quintessenz, 1995.
12. Hugger A, Kordaß B. Handbuch instrumentelle Funktionsanalyse und funktionelle Okklusion. Wissenschaftliche Evidenz und klinisches Vorgehen. Berlin: Quintessenz, 2018.
13. Kopp S, Seebald WG. Kraniomandibuläre Dysfunktion – Versuch einer bewertenden Übersicht. Man Med 2008;46:389–392.
14. Kubein-Meesenburg D, Weber S, Hansen C, Fricke-Zech S, Sadat-Kohnsari R, Nägerl H, Ihlow D, Gersdorff N. Bewegungsstruktur der Mandibula und morphologische Anordnung (Norm-Teratologie). teratologie heute 2014:71.
15. Maghsudi M. Maghsudi M. Untersuchung zur Validität und diagnostischen Aussagekraft der „kleinen Funktionsanalyse“ nach Krogh-Poulson als Screening-Test für kraniomandibuläre Dysfunktionen. Hamburg: Universität Hamburg, 2001.
16. Meyer G. Die physiologische Zentrik im Rahmen der instrumentellen Okklusionsdiagnostik. Funktionslehre. Schriftenreihe APW. München: Carl Hanser, 1993.
17. Meyer G. Short clinical screening procedure for initial diagnosis of temporomandibular disorders. J Align Orthod 2018;2:91–98.
18. Meyer G, Bernhardt O, Küppers A. Der Kopfschmerz – ein interdisziplinäres Problem. Aspekte der zahnärztlichen Funktionsdiagnostik und -therapie. Quintessenz 2007;58:1211–1218.
19. Meyer G, Motsch A. Von der Artikulationslehre zur Funktionsdiagnostik. In: Das funktionsgestörte Kauorgan. Eine Herausforderung an das gesamte Fach. Hrsg: Akademie Praxis und Wissenschaft in der DGZMK. München: Hanser, 1987.
20. Meyer G, Schülein H, Bernhardt O. Aspekte der physiologischen Okklusion. ZWR – Das Deutsche Zahnärzteblatt 2017;126:94–100.
21. Nägerl H, Kubein-Meesenburg D, Fanghänel J, Berndt A. Retrusive Gelenkfunktion und Stabilitätsbereich der Mandibula. Dtsch Zahnarztl Z 1990;45:51–53.
22. Pröschel P, Morneburg T, Hugger A, Kordass B, Ottl P, Niedermeier W, Wichmann M. Articulator-related registration – a simple concept for minimizing eccentric occlusal errors in the articulator. Int J Prosthodont 2002;15:289–294.
23. Raff A. Mehr Stress, mehr CMD-Screening. Der Freie Zahnarzt 2020;64:44–45.
24. Ridder, P. Craniomandibuläre Dysfunktion: Interdisziplinäre Diagnose-und Behandlungsstrategien. 4. Aufl. München: Elsevier, 2019.
25. Schindler HJ, Türp JC. Konzept Okklusionsschiene: Basistherapie bei schmerzhaften kraniomandibulären Dysfunktionen. Berlin: Quintessenz Publishing, 2017.
26. Schnabl D, Rottler A-K, Schupp W, Boisserée W, Grunert I. CBCT and MRT imaging in patients clinically diagnosed with temporomandibular joint arthralgia. Heliyon 2018;4:e00641.
27. Schulz D. Der Natur auf der Spur. Das biomechanische Aufwachskonzept und seine Anwendung. In: Suckert, R. (Hrsg.) Okklusionskonzepte. München: Neuer Merkur, 1999:53–86.
28. Schupp W, Haubrich J. Aligner Orthodontics: Diagnostics, Biomechanics, Planning, and Treatment. Berlin: Quintessence Publishing, 2016.
29. Schupp W, Funke J, Boisserée W. Continuing diagnostics and therapy of the temporomandibular and musculoskeletal system (TMS/MSS). J Aligner Orthodont, 2018;2:267–281.
30. Schupp W, Funke J, Boisserée W. Follow-up treatment after initial splint therapy. J Aligner Orthodont 2019;3:147–164.
31. Schupp W, Boisserée W, Funke J. Initial therapy of occlusion. J Aligner Orthodont 2019;3:31–41.
32. Schupp W, Haubrich J, Boisserée W, Läkamp M, Schuppan K. Interdisziplinäre Behandlung von Patienten mit kraniomandibulärer Dysfunktion. Manuelle Medizin 2008;46:393–400.
33. Siebert GK. Zahnärztliche Funktionsdiagnostik mit und ohne Hilfsmittel. München: Hanser, 1987.
34. Slavicek R. Das Kauorgan: Funktionen und Dysfunktionen. Klosterneuburg: Gamma Medizinisch-wissenschaftliche Fortbildung, 2000.

Dr. med. dent. Wolfgang Boisserée
Heidelweg 4
50999 Köln
E-Mail: mail@dr-boisseree.de

Dr. med. dent. Werner Schupp
Hauptstr. 50
50996 Köln