

Conrad Kühnöl, Bernd Kordaß

## Digital workflow for TMD diagnostics and bite alteration: description of a case treated using Sicat Function

### Digitaler Workflow bei CMD-Diagnostik und Bisslageänderung – eine Fallbeschreibung in Anwendung von Sicat Function

#### Zusammenfassung

Es wird ein Patientenfall mit arthrogenen CMD-Beschwerden vorgestellt, bei dem neben der klinischen eine instrumentelle Diagnostik mit Sicat Function (Fa. Sicat, Bonn, Deutschland) durchgeführt wurde. Dazu wurden Bewegungen der Unterkieferfunktion mit einem ultraschallbasierten Messsystem (JMT+) aufgezeichnet und mit DVT-Bilddaten in Beziehung gesetzt. Ein Kopplungslöffel (Fusionbite) sicherte die räumliche Übereinstimmung. Zusätzlich wurden Ganzkieferscans (IO-Scanner Omnicam, Fa. Dentsply Sirona, Bensheim, Deutschland) mit den DVT-Daten „gematched“. Aus den Bewegungsdaten wurde eine biomechanisch optimale Gelenkposition ermittelt, in der eine gefräste Aufbissschiene angefertigt wurde. In der Folge wurde das erzielte funktionelle Ergebnis mit CAD/CAM-gefertigten Provisorien und Tabletops gesichert und bis zur definitiven Rekonstruktion mit Sicat Function kontrolliert. Dafür wurde die Bewegungsfunktion mit dem JMT+ nach jedem Behandlungsschritt erneut aufgezeichnet. Der Kopplungslöffel wurde sukzessive angepasst und ergänzt, wodurch die ursprüngliche Kieferrelation im Fusionbite beibehalten werden konnte, was die Vergleichbarkeit mit der Ausgangssituation garantierte, ohne dass ein weiteres DVT angefertigt werden musste. Sicat Function erweist sich als ein exzellentes System für den digitalen Workflow, wenn eine kontrollierte Bisslageänderung bei Patienten mit arthrogenen CMD-Beschwerden angestrebt wird.

**Schlüsselwörter:** Instrumentelle digitale Funktionsdiagnostik, Sicat Function, CAD/CAM, Cerec, Digitaler Workflow, CMD-Diagnostik, digitale Bisslageänderung

#### Abstract

A patient with arthrogenic temporomandibular dysfunction (TMD) complaints presented. In addition to a clinical diagnosis, an instrumental one with Sicat Function (Sicat) was performed. For this purpose, movements of the mandibular function were recorded with an ultrasonic-based measuring system (JMT+) and correlated with cone beam computed tomography (CBCT) image data. A reference tray (FusionBite) ensured spatial agreement. In addition, full-arch scans taken with the Cerec Omnicam intraoral scanner (Dentsply Sirona) were matched to the CBCT data. From the movement data, a biomechanically optimized joint position was determined, for which an occlusal splint was milled. Subsequently, the functional result achieved was retained with computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) temporary restorations and tabletops and was monitored with Sicat Function until delivery of the final rehabilitation. To this end, the movements were tracked with the JMT+ after each treatment step. The reference tray was successively adapted and augmented so that the original jaw relation in the FusionBite could be maintained, which guaranteed comparability with the initial situation without the need for an additional CBCT image. Sicat Function has proven to be an excellent system supporting a digital workflow in situations where controlled bite-position changes are indicated in patients with arthrogenic TMD complaints.

**Keywords:** *instrumental digital functional diagnostics, Sicat Function, CAD/CAM, Cerec, digital workflow, TMD diagnostics, digitally guided bite-position change*

## Introduction

In daily dental practice, the diagnosis and treatment of painful temporomandibular dysfunction (TMD) is still a time-consuming task. The TMD rapid screening test and the clinical CMDfact test by Ahlers and Jakstat<sup>1</sup> that it is based on allow a fast and reliable basic diagnosis. However, an advanced, specialized diagnosis is often difficult to obtain, although it is crucial if a TMD treatment is to include a definitive restoration. In this context, it would be good if the treatment success of TMD functional therapy could be more clearly objective and transcend mostly subjective assessments ('fewer complaints') – not least for forensic reasons.

Instrumental procedures for diagnosis and therapy are therefore recommended. In the event that an indication exists (arthrogenic pain) and clarification of joint-related causes by way of diagnostic imaging is sought, the Sicat Function system can be used to combine three-dimensional (3D) representations of the temporomandibular joints (TMJs), including the joint spaces (Galileos 3D; Dentsply Sirona, Bensheim, Germany), with instrument-recorded movements. In this way, the dentist can continually monitor the treatment without having to perform a second cone beam computed tomography (CBCT) scan.<sup>2</sup> Questions that this advanced diagnostic approach might be able to answer include:

- **Are there any signs of compression or distraction in the TMJ?** There should be no abnormally narrow or wide joint spaces in static occlusion, nor should any appear during dynamic occlusion.
- **Is the freedom of movement in the TMJ appropriate or are there any movement limitations or hypermobility?** At the same time, firm intercuspation with sufficient support in static occlusion and interference-free excursions in dynamic occlusion should be present.
- **Can a new, therapeutic condylar position be obtained to achieve biomechanical optimization?** It is important that the focus is not only on the centric condylar position, but also on muscular recovery through general relaxation or changes in the recruitment patterns of loaded muscle units when closing the jaws.

Computer-aided diagnostic systems have defined a completely new field. The Sicat Function system offers a practical workflow consisting of the following components:

- Intraoral or extraoral scanner (Cerec Omnicam; Dentsply Sirona).

## Einleitung

In der täglichen zahnärztlichen Praxis sind Diagnostik und Therapie von schmerzhafter CMD immer noch eine zeitintensive Herausforderung. Der Schnelltest CMD-Screening und die darauf aufbauende klinische Befunderhebung CMDfact nach Ahlers und Jakstat<sup>1</sup> bieten eine schnelle und sichere Basisdiagnostik. Die weitergehende, spezialisierte Diagnostik gestaltet sich jedoch häufig schwierig. Diese ist aber wichtig, wenn zur CMD-Therapie auch eine definitive Versorgung mit restaurativen Maßnahmen ansteht und geplant ist. In diesem Zusammenhang wäre es gut, wenn der Behandlungserfolg der CMD-Funktions-therapie über die zumeist subjektive Einschätzung hinausgehend („weniger Beschwerden“) klarer objektivierbar wäre – auch aus forensischen Gründen.

Instrumentelle Verfahren zur Diagnostik und Therapie bieten sich an. Sofern die Indikation gegeben ist (arthrogene Schmerzen) und eine bildgebende Abklärung gelenkbezogener Ursachen angestrebt wird, ist Sicat Function ein System, mit dem man dreidimensionale Darstellungen der Kiefergelenke einschließlich der Gelenkräume (DVT Galileos, Fa. Dentsply Sirona) mit instrumentellen Bewegungsaufzeichnungen kombinieren und zugleich – ohne erneutes DVT – eine fortlaufende Kontrolle des Behandlungsergebnisses vornehmen kann.<sup>2</sup> Fragestellungen für eine solche erweiterte Diagnostik wären zum Beispiel:

- **Gibt es Anzeichen einer Kompression oder Distraktion im Kiefergelenk?** Das heißt, es sollten keine abnorm engen oder erweiterten Gelenkräume in statischer Okklusion vorhanden sein, aber auch nicht während der dynamischen Okklusion auftreten.
- **Gibt es adäquate Bewegungsfreiheiten in der Kiefergelenkbewegung oder ist die Bewegung limitiert beziehungsweise hypermobil?** Zugleich sollten eine sichere Verzahnung mit ausreichend Abstützung in statischer Okklusion vorliegen, sowie interferenzfreie Gleitbewegungen der dynamischen Okklusion vorhanden sein.
- **Lässt sich eine neue, therapeutische Kondylenposition im Sinne einer biomechanischen Optimierung einstellen?** Wichtig ist dabei, dass nicht nur die „Zentrische Kondylenposition“ im Fokus steht, sondern auch eine muskuläre Erholung durch allgemeine Entspannung oder Veränderung der Rekrutierungsmuster belasteter Muskeleinheiten beim Aufbiss eintreten kann.

Ein neues Feld öffnet sich durch den Einsatz von computergestützten diagnostischen Systemen. Einen praxisorientierten Workflow bietet das Sicat Function System mit diesen Komponenten:

- Intra- oder extrorales Scansystem (Cerec Omnicam, Fa. Dentsply Sirona)
- DVD mit Kondylen, ohne Kondylen, von Gipsmodellen (Sirona Galileos, Orthophos XG 3D)
- Bewegungsaufzeichnungen der Mandibula (JMT +)

Bei dieser Technologie werden die Daten der jeweils dreidimensionalen Datensätze von gescanntem Kiefer, der DVT und der Bewegungen fusioniert. Im Ergebnis entsteht ein Zusammenspiel aller Komponenten bei dem sich völlig neue Einblicke in Zusammenhänge ergeben, welche dann maßgeblich in die Diagnostik und die Therapie einfließen.<sup>2-4</sup>

## Fallbeschreibung

Eine 59-jährige, beruflich erfolgreiche Patientin suchte die Praxis mit morgendlichen Schmerzen im Bereich der Wangen sowie Ohren links und rechtsseitig auf. Zusätzlich lag eine Hypersensibilität aller Zähne vor – vermutlich als Folgeerscheinung von alio loco durchgeführten Einschleifmaßnahmen.

Die Erstanamnese ergab ein unauffälliges Gebiss. Die Zähne 36, 46, 18 und 28 fehlten. Lückenschluss bestand bei Zahn 36 und 46 durch teilweise Kippung der distalen Molaren. Lediglich auffällig waren größere Abrasionen im Frontzahnbereich. Die Molaren und Prämolaren waren durch großflächige Füllungen und Teilkronen versorgt. Zahn 47 trug eine Krone. Bis auf den endodontisch versorgten Zahn 12 reagierten alle vorhandenen Zähne auf den Sensibilitätstest positiv. Ein horizontaler Knochenabbau lag bei den gekippten Zähnen 37 und 47 vor. Die Verzahnung war regelgerecht.

Klinisch imponierten in Anwendung der Systematik von CMDfact folgende Befunde:

1. symmetrische uneingeschränkte Mundöffnung, keine Mittellinienabweichung;
2. keine Kiefergelenksgeräusche, aber arthrogene Schmerzen und deutliche Druckdolenzen bei Palpation der Kiefergelenke;
3. Palpationsschmerzhaftigkeit der Mm. masseter sowie Mm. Temporales;
4. normale Mundöffnungskapazität inzisal;
5. keine mehrzeitigen Okklusionsgeräusche;

- CBCT with or without the condyles, or of plaster casts (Sirona Galileos, Orthophos XG 3D; Dentsply Sirona).
- Jaw motion tracking (Sicat JMT+; Sicat).

This technology merges the data of the respective 3D datasets of the scanned jaw, CBCT, and movements. The result presents as an interplay of all components, delivering completely new insights into the various correlations that inform the diagnosis and treatment.<sup>2-4</sup>

## Case report

A 59-year-old patient, a successful professional, presented with morning pain near her left and right cheeks and ears. In addition, all her teeth were hypersensitive, presumably as a consequence of occlusal adjustments performed *alio loco*.

A first examination revealed an inconspicuous dentition. Teeth 18, 28, 36, and 46 were missing. The edentulous spaces left behind by teeth 36 and 46 were closed by partial tilting of the distal molars. Only the anteriors exhibited major abrasion. The molars and premolars had been restored with extensive fillings or partial crowns. Tooth 47 had been restored with a full crown. With the exception of tooth 12, which had been treated endodontically, all teeth responded positively to the sensitivity test. Horizontal bone resorption was present around the tilted teeth 37 and 47. Intercuspatation was normal.

A systematic appraisal following the logic of CMDfact revealed the following:

1. Symmetrical unrestricted mouth opening; no midline deviation.
2. No TMJ clicking but arthrogenic pain and pronounced pain on pressure during palpation of the TMJs.
3. Pain on palpation of the masseter and temporal muscles.
4. Normal incisal mouth opening.
5. No multiple tooth impact sounds.
6. Occlusal contacts in habitual intercuspation in all supporting areas, including the anterior region.
7. Anterior abrasion inappropriate in a patient of that age.

The orthopantomogram (OPG) of the TMJ area showed no relevant findings.

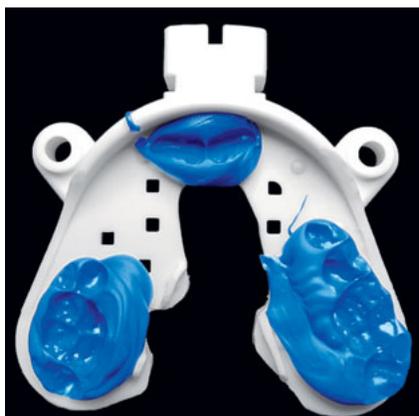
Due to the obvious arthrogenic symptoms presented by the condyles that were otherwise inconspicuous in the OPG, advanced computer-assisted instrumental functional diagnosis and therapy using the Sicat Function system was initiated.

The previously described CBCT (volume: 18 cm) was employed for this purpose. The mandible was secured with a



**Fig 1** Custom FusionBite tray.

**Abb.1** Individualisierter Fusionbite.



**Fig 2** Baseline FusionBite.

**Abb.2** Fusionbite Anfangsbefund.



**Fig 3** Modified FusionBite following the delivery of temporary palatal veneers.

**Abb. 3** Umbau Fusionbite nach Eingliederung von provisorischen palatinalen Veneers.

coupling tray. The FusionBite was adapted to the new situation after each one of the following steps, which resulted in a change in the occlusal situation. For this purpose, the silicone was detached in the corresponding sextant and a new silicone stop was attached to the support, where the new design was inserted. In this way, the FusionBite was successively adapted and complemented, and the original jaw relation was preserved. Furthermore, no additional CBCT was needed to represent the functional changes and their effects on the TMJ. The adaptation process was documented with silicone bite registration material in different colors (Figs 1 to 3).

The reference tray ensures the conformity of the reference system and its synchronization with the recording of the movements, made using the ultrasonic JMT+ system. In addition, both jaws were scanned intraorally. All the data records obtained were digitally merged in Sicat Function. The exact procedure has been described in detail elsewhere<sup>2,4</sup> and is therefore not repeated here.

Figure 2 shows the initial condylar position (FusionBite inserted). No position anomalies or structural changes were detected in this position.

The average values for the intraarticular space are shown in Table 1.

The TMJ positions in habitual intercuspation and in the physiological rest position, derived in association with the electronic measurements, were inconspicuous. Not until the patient was asked to close with maximum force during the electronic measurement was the final right intraarticular

6. Okklusionskontakte in habitueller Interkuspitation bei allen Stützzonen, inklusive Frontzahnbereich sowie
7. nicht altersgerechte Abrasion im Frontzahnbereich.

Das OPG war im Kiefergelenksbereich unauffällig.

Wegen der deutlichen arthrogenen Beschwerden bei ansonsten unauffälligen Kondylen im OPG wurde eine weiterführende, computergestützte, instrumentelle Funktionsdiagnostik und –therapie mit dem Sicat Function System eingeleitet.

Das bereits beschriebene DVT mit 18 cm Messvolumen wurde eingesetzt. Dazu wurde der Unterkiefer mit einem Kopplungsöffel fixiert. In der Folge wurde Fusionbite nach jedem einzelnen neuen Arbeitsschritt, der die okklusale Situation änderte, an die neue Situation angeglichen. Hierzu wurde in dem entsprechenden Sextanten das Silikon gelöst und ein neuer Silikonstopp zur Abstützung dort angebracht, wo die neue Konstruktion eingegliedert wurde. Fusionbite wurde auf diese Weise sukzessive angepasst und ergänzt, wobei die ursprüngliche Kieferrelation im Fusionbite beibehalten und gesichert wurde. Auf diese Weise benötigte man kein weiteres DVT, um die funktionellen Änderungen und deren Auswirkungen auf das Kiefergelenk darstellen zu können. Der Fortgang der Anpassung wurde mit Registriermaterial Silicon in unterschiedlicher Färbung dokumentiert (Abb. 1 bis 3).

Der Kopplungsöffel sichert zugleich die Übereinstimmung des Bezugssystems und Synchronisierung mit der

Bewegungsaufzeichnung. Diese erfolgte mit dem ultraschallbasierten Messsystem JMT+. Beide Kiefer wurden zudem intraoral gescannt. All diese gewonnen Datensätze wurden digital in Sicat Function fusioniert. Die genaue Vorgehensweise ist an anderer Stelle ausführlich beschrieben und soll hier nicht wiederholt werden.<sup>2,4</sup>

Die Kondylenposition in Ausgangsstellung (eingesetzter Fusionbite) zeigt Abbildung 2. In dieser Position ist keine Stellungsanomalie oder Strukturveränderung erkennbar.

Durchschnittliche Werte den Gelenkspalt betreffend können Tabelle 1 entnommen werden.

Die Kiefergelenkpositionen in habitueller Interkuspitation und in der Ruheschwebelage, die sich in Kopplung mit der elektronischen Messung zeigten, waren unauffällig. Erst bei einer Position, bei der die Patientin aufgefordert wurde, während der elektronischen Messung mit maximaler Beißkraft zu schließen, wurde in Kopplung mit dem DVT final der Gelenkspalt rechts von 3,6 auf 4,7 mm und links von 3,5 auf 5,7 mm erweitert – jeweils im Sinne einer deutlichen Distraction im Kraftschluss. Hier fungieren die gekippt stehenden Zähne 17, 27 und dazu antagonistisch die Zähne 38 und 48 als Hypomochlion. Diese passagere Distraction zeigte sich auch bei Aufzeichnung der Kondylenbewegung bei Kautätigkeit als distrahierende „Abtropfbewegung“ aus der Kondylenbahn (Abb. 5).

Da diese Distraction bei nächtlichen Parafunktionen auftreten kann und vermutlich auch auftritt, ist ein erster Anhaltspunkt gefunden, der insbesondere die morgendlich stark auftretenden, arthrogenen Schmerzen erklären kann. Als die Patientin mit dem Sachverhalt konfrontiert wurde, erwähnte Sie, dass sie sich gewundert hätte, dass die Beschwerden nach dem Einschleifen des Vorbehandlers eher schlimmer geworden wären. In der Folge wird es deswegen therapeutisch darauf ankommen, mit additiven Maßnahmen die Okklusion so zu adjustieren, dass die okklusionsbedingten Distractionen ausgeschlossen sind. Zuvor sollte eine optimierte therapeutische Position eingestellt werden, die mit einer Aufbißschiene getestet werden kann (Abb. 6).

Die Therapie der Patientin erfolgte in drei Stufen:

1. Eingliederung einer Zentrik-Schiene im Oberkiefer (Typ Michigan);
2. Eingliederung von provisorischen Tabletops basierend auf den Daten der Michiganschiene;
3. Überführung des Provisoriums in eine finale vollkeramische Restauration wiederum basierend auf Daten des Provisoriums.

**Table 1** Average values for the intraarticular space

Tabelle 1 Durchschnittswerte für den intraartikulären Raum.

Joint space (mm)/ Gelenkspalt [mm]	Literature/Literatur
3.5–4.5	5. Schumacher (1972)
3.5	6. Hansson et al (1977)
2.5 ± 1	7. Leary et al (1988)
3.9	8. Helfgen (2000)

space found to be extended from 3.6 to 4.7 mm, and the final left intraarticular space from 3.5 to 5.7 mm when associated with the CBCT – in each case showing a positive distraction by frictional locking. Here the tilted teeth 17 and 27 and their antagonists, teeth 38 and 48, function as hypomochlions, ie, as structures that force a muscle to change its direction. This transient distraction was also shown in the recording of condylar movement while chewing, in the form of ‘dripping movements’ away from the condylar pathway (Fig 5).

Since this distraction can and presumably does occur during nightly parafunction, a first clue was therefore identified that could explain the pronounced arthrogenic pain in the mornings. When the findings were laid out for the patient, she mentioned that she had been surprised when the complaints had exacerbated after the previous treatment provider had performed an occlusal adjustment. An important therapeutic objective was therefore to use additive methods to adjust the occlusion in such a way that the distractions caused by the occlusion were precluded. Prior to this, an optimized therapeutic position was to be found, which could be tested with a bite splint (Fig 6).

The patient was treated in three stages:

1. Delivery of a maxillary centric splint (Michigan type).
2. Delivery of temporary tabletops based on the Michigan splint data.
3. Conversion of the temporary tabletops and the data derived from it into a final all-ceramic restoration.

After each of these steps, the movements were tracked with the JMT+ using the appropriately adapted reference tray. This approach made it possible to document and evaluate the individual treatment steps and their respective outcomes. In addition to objective documentation, clinical parameters were also evaluated.

For the Michigan splint, both jaws were scanned intraorally, and a slightly protruded therapeutic position was determined from the opening movement. The patient initially assumed the maximum intercuspation position. Using a black pen, a vertical line was drawn over the vestibular surfaces of the tooth pairs 16/47 and 26/37 to provide a mark across the teeth. Subsequently, a 1-mm bite opening was achieved by placing an occlusal temporary bite block made of composite resin (Tetric Flow; Ivoclar Vivadent, Ellwangen, Germany) on tooth 47. The patient was instructed to carefully explore the new contact point. A visual inspection allows the protrusion to be compared with the previously measured 1 mm. Most patients can already feel the contact point with this procedure, much as intended. Then, another bite block was placed on tooth 37 and aligned with the raised bite in the fourth quadrant. The patient performed the exploring movements while standing upright. Once the same satisfactory result had been achieved bilaterally in multiple attempts, a bite registration silicone (Blue Bite Granit PluLine; Pluradent, Offenbach, Germany) was placed occlusally using a short blue mixing cannula at a ratio of 1:1 (Pluradent). The bite was thus blocked only occlusally, which served exclusively for stabilization during the further procedure. This was followed by the performance of a vestibular scan. In order to achieve an acceptable result in the Cerec connect program at this time, the anterior vestibular portion was deleted from the scan. Finally, the temporary tabletops were removed from the teeth and the markings erased. The occlusal splint was designed using the inLab Splint 16 program (Dentsply Sirona) and fabricated using the MC X5 5-axis milling unit (Dentsply Sirona), then w and inserted.

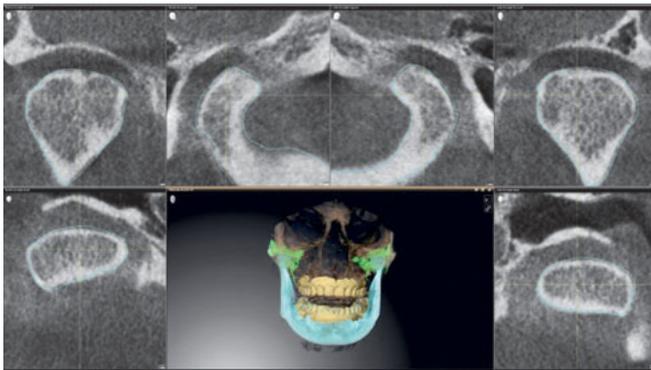
The patient reported that her symptoms had been significantly relieved by wearing the occlusal splint. The measurements obtained with the JMT+ and their association with the representation of the TMJs in the Galileos 3D indicated an improvement in the movement paths that can occur when masticatory movements are simulated with a splint (Fig 7).

Based on the data obtained from the Michigan splint, temporary tabletops from teeth 34 to 38 and from teeth 44 to 48 as well as palatal veneers from teeth 13 to 23 were designed using the inLab program after the splint had been worn for approximately 12 weeks. The tabletops and restorations were splinted interdentally to provide extra stability. The restorations were designed as non-prep restorations to make the procedure reversible. The virtual data were once again implemented in the final restorations using the MC X5 milling unit. The composite resin used was CAD-Temp Monocolor (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany). The table-

Nach jedem dieser Schritte erfolgte eine Bewegungsaufzeichnung durch das JMT+ unter Verwendung des entsprechend angepassten Kopplungsöfffels. Durch diese Vorgehensweise konnten die einzelnen Therapieschritte und somit die Therapieerfolge dokumentiert und evaluiert werden. Zusätzlich zur objektiven Dokumentation fanden die klinischen Parameter Beachtung.

Für die Zentrik-Schiene (Typ Michigan) wurden beide Kiefer intraoral gescannt und aus der Öffnungsbewegung eine leicht protrusive therapeutische Position bestimmt. Dabei wurde durch den Patienten zunächst die IKP eingenommen. Mit einem schwarzen Stift wurde durch einen vertikalen Strich über die vestibulären Flächen der Zahnpaare 16/47 sowie 26/37 eine zahnübergreifende Markierung angebracht. Anschließend wurde eine 1 mm-Sper rung dadurch erreicht, indem auf Zahn 47 ein okklusaler Aufbau durch Composite (Tetric flow, Fa. Ivoclar Vivadent, Ellwangen, Deutschland) aufgebracht wurde. Der Patient wurde angehalten, den neuen Kontaktpunkt vorsichtig zu ertasten. Eine visuelle Kontrolle ermöglicht die Überprüfung der Protrusion um die zuvor gemessenen 1 mm. Bei dieser Vorgehensweise ertasten die Patienten im Großteil der Fälle den Kontaktpunkt schon sehr wunschgemäß. Anschließend wird ein Aufbiss auf dem Zahn 37 angebracht und an die Bisshebung vom 4. Quadranten angeglichen. Der Vorgang des Tastens wird im Stehen durchgeführt. Ist bei mehrmaligen Versuchen das gleiche und für beide Seiten zufriedenstellende Ergebnis erreicht worden, wird ein Bissilikon (Blue Bite Granit PluLine, Fa. Pluradent, Offenbach, Deutschland) mit einer Mischkanüle blau kurz 1:1 ( Fa. Pluradent) okklusal eingebracht. Der Biss wird somit ausschließlich okklusal fixiert und dient ausschließlich der Stabilisierung während des weiteren Vorgehens. Der Vestibularscan wurde durchgeführt. Um im Programm Cerec connect zu dieser Zeit ein akzeptables Ergebnis zu erzielen, wurde aus dem Scan der vestibuläre Teil im Frontzahnbereich ausgeschnitten. Abschließend wurden die Zähne vom temporären Aufbiss befreit und von der Markierung gereinigt. Mit dem Programm inLab 16 Splint (Fa. Dentsply Sirona) wurde die Aufbisschiene konstruiert. Diese wurde mit der 5 Achs-Schleifmaschine MCX5 (Fa. Dentsply Sirona) geschliffen und nach der Ausarbeitung eingegliedert.

Durch das Tragen der Aufbisschiene gab die Patientin bereits eine deutliche Besserung der Beschwerden an. Eine Messung mit dem JMT+ bzw. deren Ankopplung an die Darstellung der Kiefergelenke im Galileos DVT zeigt bereits eine Verbesserung der Bewegungsbahnen, wobei



**Fig 4** TMJs in the position of the jaw relation of FusionBite. Top center: central sagittal layers. Top left and right: anterior layers. Bottom left and right: horizontal layers. Bottom center: 3D view of the mandible.

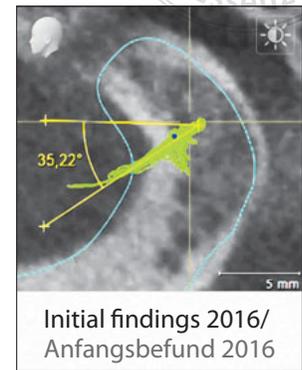
**Abb. 4** Kiefergelenke in der Position der Kieferrelation von „Fusionbite“: zentrale sagittale Schichten (oben Mitte), Frontschichten (rechts und links oben), horizontale Schichten (rechts und links unten), 3-D-Ansicht der Mandibula (unten Mitte).

hier die Kaubewegung ansatzweise mit der Schiene simuliert wurde (Abb. 7).

Basierend auf den Daten der Michiganschiene wurden nach ca. zwölf Wochen Tragezeit der Schiene mit dem Programm inLab provisorische Tabletops von 34 bis 38 und 44 bis 48 sowie palatinale Veneers von 13 bis 23 konstruiert. Aus Stabilitätsgründen wurden diese interdental verbunden. Es handelte sich um Nonpräp-Restaurationen, um „den Weg zurück“ offen zu halten. Die Überführung der virtuellen Daten zur definitiven Restauration erfolgte wiederum durch die Schleifmaschine MCX5 (Fa. Dentsply Sirona). Als Material wurde das Komposit CAD-Temp Monocolor (Fa. Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Deutschland) verwendet. Die Eingliederung erfolgte mit Panavia (Fa. Kuraray Europe, Hattersheim am Main, Deutschland). Zwei Wochen nach Eingliederung erfolgte eine erneute Aufzeichnung der Bewegungsdaten.

Klinisch gab die Patientin Schmerzfreiheit und weiterhin ein subjektiv gutes Gefühl an. Es erfolgte eine neue Kontrollmessung mit dem JMT+. Eine Zusammenstellung der Messungen und Kontrollmessungen zeigt Abbildung 10. Abschließend wurde mit dem Programm inLab eine finale keramische Restauration angefertigt. Schleifmaschine war hier die MCXL (Fa. Dentsply Sirona). Bei der Keramik handelte es sich um Mark II (Fa. Vita Zahnfabrik), geklebt wurde mit Calibra (Fa. Dentsply Sirona). Es handelt sich um Einzelzahnrestaurationen. Alte Füllungen wurden entfernt und durch die jeweilige Restauration ersetzt.

**Fig 5** Movement of the left condyle, eg, during chewing activities (chewing on gummy bears). The distraction movement during loading, away from the condylar trajectory, is clearly visible. The blue dot indicates an appropriate, slightly anteriorized condylar position as a therapeutic position for which a centric splint with an adjusted occlusion and anterior/canine guidance (Michigan type) was to be fabricated.



**Abb. 5** Kondylenbewegung des linken Kondylus u. a. bei Kautätigkeiten (Kaugut: Gummibären). Deutlich sichtbar ist die „Abtropfbewegung“ aus der Kondylenbahn unter Kraftschluss. Der blaue Punkt zeigt eine sinnvolle, leicht anterior gelagerte Kondylenposition als therapeutische Position an, in der eine Zentrik-Schiene mit adjustierter Okklusion und Front-Eckzahnführung (Typ Michigan) angefertigt werden sollte.



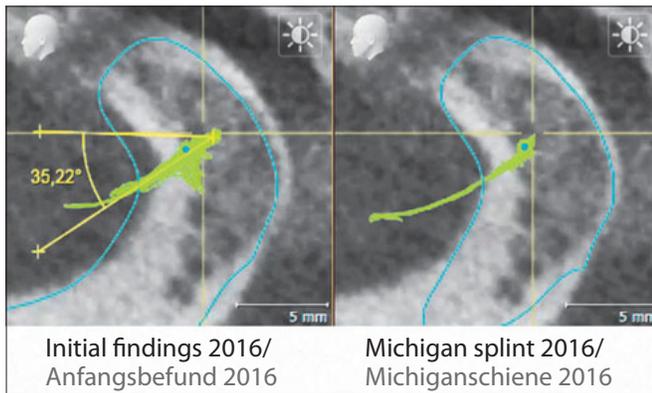
**Fig 6** Michigan splint.

**Abb. 6** Zentrik-Schiene für den Oberkiefer.

tops and restorations were cemented with Panavia (Kuraray Europe, Hattersheim am Main, Germany). Two weeks after delivery, the movement data were rerecorded.

The patient reported being pain-free and continuing to feel good. New control measurements using the JMT+ were performed. Figure 10 shows a summary of the diagnostic and control measurements.

The final ceramic restoration was fabricated using the inLab program and, this time, an MC XL milling unit (Dentsply Sirona). The ceramic material used was Mark II (Vita Zahnfabrik), which was adhesively connected with Calibra cement (Dentsply Sirona). All restorations were single-tooth restor-



**Fig 7** Significant improvement of the condylar trajectory when simulating chewing movements with the splint inserted (right). The distraction movement is no longer present (left). Images show the left TMJ.

**Abb. 7** Deutliche Verbesserung der Kondylenbahn bei Simulation der Kautätigkeit mittels eingesetzter Schiene (rechtes Bild). Die Abtropfbewegung (linkes Bild) ist nicht mehr vorhanden. Hier exemplarisch für das linke Kiefergelenk.



**Fig 8** (a to e) Tabletops in place.

**Abb. 8a bis e** Tabletops in situ.

ations. Any old fillings were removed and replaced with the respective restoration.

Clinically, the patient reported no more pain whatsoever. Subjectively, the situation felt extremely good. In contrast to the initial movement recordings, there were no midline deviations in the protrusive trajectories (Fig 10). The distraction movements during masticatory loading no longer occurred under therapy (Fig 11).

## Conclusion

The procedure shows that continuous measurements of jaw movements allow for an objective assessment of the treatment outcome at every stage (Figs 10 and 11). When combined with the clinical parameters, this enables the dentist to efficiently break new ground in the treatment of TMD.

Klinisch gab die Patientin absolute Schmerzfreiheit an. Das subjektive Empfinden war außerordentlich gut. Im Unterschied zu den Bewegungsaufzeichnungen initial zeigten sich auch keine Mittellinienabweichungen der protrusiven Bewegungsbahnen (Abb. 10). Die distrahierenden „Abtropfbewegungen“ unter Kraftschluss beim Kauen traten im Laufe der Behandlung nicht mehr auf (Abb. 11).

## Fazit

Die Vorgehensweise zeigt, dass eine kontinuierliche Messung der Kieferbewegungen eine Beurteilung des Therapiefortschrittes deutlich objektiviert (Abb. 10 und 11). Kombiniert mit den klinischen Parametern ermöglicht sie uns in der Therapie neue und zugleich effiziente Wege in der Behandlung einer CMD-Problematik zu beschreiben.

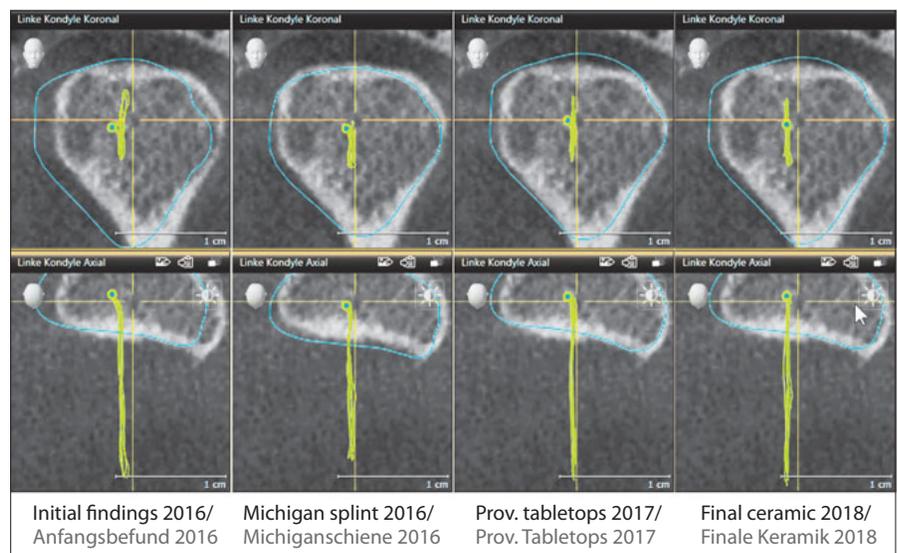


**Fig 9** (a to e) Ceramic restorations in place.

**Abb. 9a bis e** Keramische Restaurationen in situ.

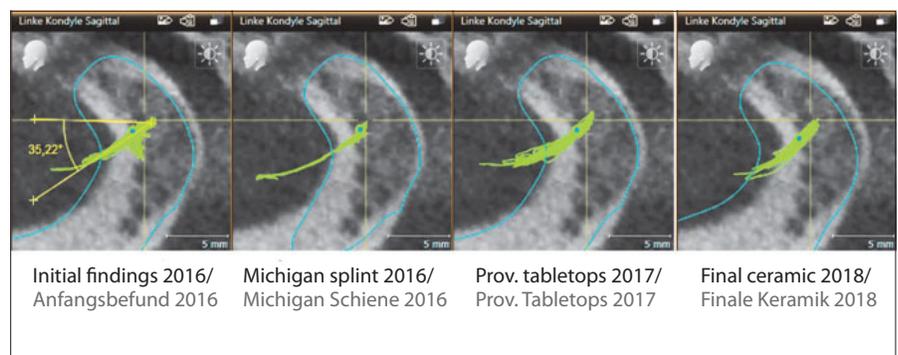
**Fig 10** Compilation of the condylar trajectories as treatment progressed (top: frontal view; bottom: horizontal view). The initial slight lateral horizontal deviation changed over the course of the treatment in favor of a regular, rectilinear trajectory. Images show the left TMJ.

**Abb. 10** Zusammenstellung der kondylären Bewegungsbahnen im Fortgang der Therapie (Frontalansicht oben, Horizontalansicht unten). Auffällig war, dass sich die initiale leichte Seitabweichung horizontal im Verlauf der Behandlung zugunsten einer regelrechten, geradlinigen Bewegungsbahn verändert. Hier exemplarisch für das linke Kiefergelenk.



**Fig 11** Compilation of sagittal views of the trajectories as treatment progressed: the initial distraction movement (right) no longer occurred under therapy. Images show the left TMJ.

**Abb. 11** Zusammenstellung sagittaler Ansichten der Bewegungsbahnen im Verlauf der Behandlung: die initiale Distraktionsbewegung („Abtropfbewegung“, Bild rechts) tritt im Laufe der Therapie nicht mehr auf. Hier exemplarisch für das linke Kiefergelenk.





## References

1. Ahlers MO, Jakstat HA. CMD-Screening mit dem CMD-Kurzbefund. *Quintessenz* 2015;66:1399–1409.
2. Hanssen N, Ruge S, Kordaß B. Sicat function: anatomical real-dynamic articulation by merging cone beam computed tomography and jaw motion tracking data. *Int J Comput Dent* 2014;17:65–74.
3. Kordaß B, Ruge S. On the analysis of condylar path versus real motion of the temporomandibular joint: application for Sicat Function. *Int J Comput Dent* 2015;18:225–235.
4. Kurbad A. Three-dimensional registration of real jaw motion tracking data and its therapeutic consequences. *Int J Comput Dent* 2018;21:57–70.
5. Schumacher GH. Morphology and Function of the temporomandibular joint [in German]. *Dtsch Stomat* 1972;22:561–570.
6. Hansson T, Öberg T, Carlsson GE, Kopp S. Thickness of the soft tissue layers and the articular disk in the temporomandibular joint. *Acta Odontol Scand* 1977;35:77–83.
7. Leary JM, Johnson WT, Harvey BV. An evaluation of temporomandibular joint radiographs. *J Prosthet Dent* 1988;60:94–97.
8. Helfgen E-H. Funktionelle Phylogese des Kiefergelenks. *Dtsch Zahnärztl Z* 2000;55:563–565.



**Conrad Kühnöl, Dr. med. dent.**  
Private practice, Dresden

**Conrad Kühnöl**

**Bernd Kordaß, Prof. Dr. med. dent.**  
University Medical Center Greifswald,  
Center for Dental, Oral and Maxillofacial Surgery  
Polyclinic for dental prosthetics and materials  
science

**Address** Dr. Conrad Kühnöl, Bayreuther Straße 30, 01187 Dresden, Germany; Tel: +49 3514710970; E-mail: kontakt@kuehnoel.de