

# Die elektronische Kiefergelenkregistrierung

## Neue Wege und Denkansätze in der instrumentellen Funktionsdiagnostik

*Mit dem neu entwickelten Registriergerät FREECORDER® BlueFox und dem modularen FastLink®-Schnellkupplungssystem werden laut Hersteller neue Wege in der instrumentellen Funktionsdiagnostik beschritten. Die elektronische Registriertechnik wird praxisgerecht vereinfacht. Jede Kondylenbewegung und -position bis hin zur zentralen Bissnahme kann computerkontrolliert registriert werden und hilft, die Diagnose bei Funktionsstörungen des Kauorgans und die Auswahl der richtigen Therapie abzusichern. Der exakte Modelltransfer in einen Artikulator ist damit erstmals ohne Gesichtsbogen möglich. Der Entwickler dieses neuen Registriergeräts, Dr. Dr. Rolf Klett, stellt das Gerät und seine Funktionsweise im Folgenden vor.*

Die elektronische Registriertechnik zur Aufzeichnung von Kondylen- und Kieferbewegungen kann heute auf eine mehr als 25-jährige Geschichte zurückblicken. Vor dieser Zeit stellten mechanische Verfahren wie die STUART-Pantografie den höchsten Stand der Registriertechnik dar. Diese Verfahren blieben nicht unumstritten, denn sie waren für den Patienten belastend und galten als sehr zeitraubend, nicht einfach durchzuführen und daher auch fehleranfällig. Man versuchte deshalb die mechanische Aufzeichnung zu vereinfachen und auf die Messung der sagittalen Kondylenbahn sowie der Side-Shift zu beschränken (PANADENT-System, SAM-Axiografie). Mechanische Registrierungsverfahren dienten vornehmlich der Artikulatorprogrammierung und konnten nur sehr beschränkt für diagnostische Zwecke verwendet werden. Dafür war die Auflösung zu gering und die informative Zeitkomponente der Bewegung fehlte völlig, d. h., Beschleunigungen oder Verzögerungen waren nicht darstellbar.

Dies änderte sich nach dem Einzug der elektronischen Registriertechnik in die tägliche Praxis. 1981 wurde durch KLETT mit dem STRING-LR-Recorder, dem Vorgänger des heutigen CONDYLOCOMP LR3, das erste praxisreife elektronische Registriersystem vorgestellt. Es konnte berührungslos und simultan die dreidimensionalen Kondylenbewegungen beider Seiten mit hoher Auflösung aufzeichnen. Heute konkurrieren

mehrere Produkte auf dem Markt. Sie sind aus der modernen Kiefergelenk- und Funktionsdiagnostik nicht mehr wegzudenken.

## Die verschiedenen elektronischen Registrierverfahren

Die für die Kiefergelenkdiagnostik relevanten Registriergeräte unterscheiden sich im Wesentlichen durch ihr Messprinzip. Die Auswertung der Messsignale erfolgt heute computerunterstützt und projektionsfehlerkorrigiert, d. h. externe Messsignale werden fehlerfrei auf die realen Positionen der Kondylen umgerechnet.

Beim SAM-Axiotron und dem davon abgeleiteten CADIAX-System werden die Kondylenbewegungen in der Sagittalebene auf zweidimensionalen Widerstandstabletts (ähnlich dem Touchpad eines Notebooks) durch Abfahren mittels eines Taststiftes aufgezeichnet. Der Taststift selbst ist z. B. ein induktiver Wegstreckenaufnehmer und er registriert gleichzeitig die horizontale Bewegung senkrecht zum Widerstandstablett. Diese Verfahren messen kiefergelenknah, jedoch nicht kabel- und berührungslos.

Auf der Grundlage einer Ultraschall-Laufzeitmessung arbeiten die Registriergeräte Zebris JMA, KaVo Arcus Digma und SAM Axioquick Recorder. Die Messgenauigkeit von Ultraschallsensoren ist aus physikalischen Gründen grundsätzlich



**Dr. Dr. Rolf Klett**  
Zahnarzt und Diplom-Physiker

Studium der Physik und Zahnmedizin an der Universität Würzburg  
Seit 1980 niedergelassener Zahnarzt in Würzburg  
1981 Vorstellung des weltweit ersten praxisreifen elektronischen Registriergerätes für die Kiefergelenkdiagnostik (Condylocomp®)  
2006 Einführung einer neuen Registriertechnik (FreeCorder® BlueFox, FastLink®-System). Weitere Entwicklungen im Bereich intraoraler Videokameras nach dem Mundspiegelprinzip (DentalScout®, CaddyCam®) und in der Bildverarbeitung (ViewBase®)  
Intensive Forschungs- und Kurstätigkeit im Bereich Diagnostik und Therapie von Kiefergelenkerkrankungen  
Zahlreiche wissenschaftliche Veröffentlichungen in nationalen und internationalen Fachzeitschriften  
Jahresbestpreis 1985 der DGZMK über das Thema „Zur Biomechanik des Kiefergelenkknackens“  
Tagungsbestpreis 2004 der Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie (DGFD) über das Thema „Instrumentelle Funktionsanalyse“

auf deren Schallwellenlänge begrenzt. Da mehrere Sensoren je Seite eingesetzt werden und diese nicht alle in Kiefergelenknähe anzubringen sind, ergeben sich bei der Transformation der gelenkfernen Messwerte auf das Kiefergelenk weitere Ungenauigkeiten infolge des Gauß'schen Fehlerfortpflanzungsgesetzes.

Optoelektronisch messende Registriergeräte sind der CONDYLOCOMP® LR3 und der FREECORDER® BlueFox. Beide Geräte wurden vom Autor entwickelt, arbeiten jedoch mit verschiedenen Messverfahren.

Der **CONDYLOCOMP® LR3** (Abb. 1) funktioniert nach dem Lichtreflexionsprinzip. An einer Kopfkappe angebrachte Infrarotsensoren emittieren in drei Raumrichtungen Licht. Dieses wird durch Reflektoren, die sich an den Enden eines symmetrischen Unterkieferbogens befinden, zurückgeworfen und von den Sensoren wieder empfangen. Die reflektierten Lichtintensitäten sind abstandsabhängig und werden in Wegsignale umgerechnet. Die Registrierung erfolgt berührungslos und gelenknah mit ca. 0,01 mm Auflösung. Unter- und Oberkiefer bleiben frei von störenden Kabeln.

Die neueste Entwicklung des Verfassers ist der **FREECORDER® BlueFox**. Er bricht mit gewohnten Arbeitsweisen und geht völlig neue Wege, welche die gesamte Registrierung von der Montage bis zur Modellübertragung in einen Artikulator extrem vereinfachen und beschleunigen. Übliche Arbeitsgänge wie die klassische Gesichtsbogenübertragung entfallen vollständig oder werden durch einfachere Methoden ersetzt. Das zum Patent angemeldete Verfahren wird nachfolgend näher beschrieben.



Abb. 1: CONDYLOCOMP® LR3.

Der **FREECORDER® BlueFox** (Abb. 2) misst berührungslos mithilfe eines sehr genauen Mustertracking-Verfahrens. Der Kopf des Patienten befindet sich ähnlich wie bei einem Panorama-Röntgengerät frei, aber angelehnt unter einem C-Bogen, in dem mehrere Spezialkameras mit integrierten Hochleistungsrechnern untergebracht sind. Diese erkennen, analysieren und verfolgen mehrere kodierte grafische

Muster (Abb. 3), die an einem sehr leichten, symmetrischen Unterkieferbogen befestigt sind und in Kiefergelenknähe positioniert werden. Der Oberkiefer bleibt unberührt. Das Gesichtsfeld ist frei und zum Kopf führen keinerlei Kabel.

Hochkomplexe, automatisch ablaufende Bildverarbeitungsroutrinen schärfen in Echtzeit die Position der Muster bis in den Genauigkeitsbereich von Lichtwellenlängen (wenige Tausendstel mm) nach. Mit dieser außergewöhnlich hohen Auflösung hat die instrumentelle Funktionsdiagnostik einen hohen Genauigkeitsstandard und die Grenze des technisch Machbaren und Sinnvollen erreicht, da nun andere Störeinflüsse, wie mechanische Erschütterungen des Messsystems, ins Spiel kommen und die Messgenauigkeit begrenzen.



Abb. 2: FREECORDER® BlueFox.

## Montage des Unterkieferbogens

Die Anbringung des Unterkieferbogens mit den grafischen Mustern kann sowohl peri- als auch paraokklusal erfolgen. Dies geschieht mithilfe des neu entwickelten FastLink®-Schnellkupplungssystems, bei dem nach Art eines modularen Baukastenprinzips genormte und exakt dimensionierte Elemente untereinander austauschbar sind und formschlüssig miteinander verbunden werden können.

Bei der periokklusalen Registrierung sind die Okklusalfächen bedeckt. Sie lässt sich besonders zügig durchführen und eignet sich für Aufzeichnungen der

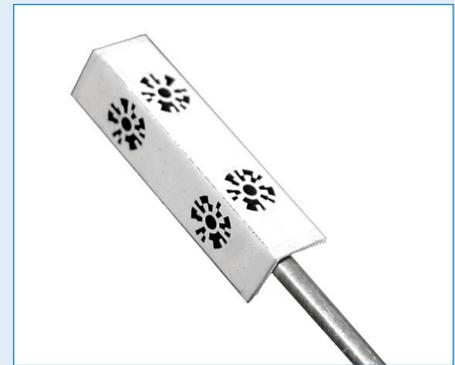


Abb. 3: Kodierte grafische Muster.

Kondylenbewegungen ohne den Einfluss der Okklusion und für die schnelle Artikulatorprogrammierung. Dazu benutzt man eine Art teilbaren Unterkieferabdrucklöffel mit einer Steckkupplung für den Unterkieferbogen. Der Löffel selbst besteht aus einer Bissgabel, über die eine Manschette gestülpt ist. Er wird mit Bissregistrierpaste besetzt und auf den Unterkiefer aufgebracht (Abb. 4 a). Dabei verhindert die Manschette das unkontrollierte Abfließen der Bissregistrierpaste. Der Unterkieferbogen wird annähernd symmetrisch zu beiden Kiefergelenken positioniert. Eine exaktere Ausrichtung ist nicht nötig. Sobald die Registrierpaste ausgehärtet ist, kann mit der Registrierung begonnen werden.

Nach der Registrierung wird der Löffel aus dem Mund entfernt und die Manschette abgenommen (Abb. 4 b). Zurück bleibt eine Bissgabel mit Impressionen der Unterkieferzähne in der Registrierpaste. Sie enthält bereits alle Informationen für eine exakte Modellübertragung in einen Artikulator (Abb. 4 c).

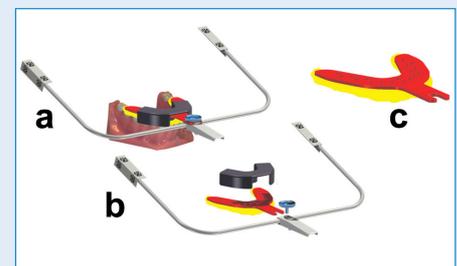


Abb. 4: Teilbarer Unterkieferlöffel mit Unterkieferbogen für die periokklusale Registrierung. Er enthält die Bissgabel mit den Impressionen der Unterkieferzähne.

Bei der paraokklusalen Registrierung will man zusätzlich den Einfluss der Okklusion auf das Kiefergelenk messen. Dazu wird zunächst ein gebogener Metallstreifen, der mittig eine Kugel trägt, mittels selbsthärtenden Kunststoffs für Provisorien an die Unterkieferfrontzähne angepasst und angeklebt (Abb. 5 a). Der Unterkieferbogen wird jetzt wie mit einer Wäscheklammer an die Kugel angeklammert (Abb. 5 b). Dabei ist darauf zu achten, dass der Unterkieferbogen, der in allen Richtungen frei um die Kugel dreh- und kippbar ist, annähernd symmetrisch zu beiden Kiefergelenken ausgerichtet wird. Danach ist das Gerät bereits registrierbereit.

Das Besondere an der Klemme ist eine Magnetkupplung für den Unterkieferbogen. Diese wird nach Ende der Registrierung gelöst und der Unterkieferbogen nach oben abgenommen. Auf die noch an der Kugel befestigte Klemme, deren Lage und Ausrichtung sich nicht verändert hat, wird mittels einer zweiten, formidentischen Kupplung eine Bissgabel mit Bissregistrierpaste auf die Unterkieferzähne aufgelegt und durch Magnetkraft festgehalten, bis die Paste ausgehärtet ist (Abb. 5 c). Dann wird die Bissgabel entfernt (Abb. 5 d).

Man erhält also sowohl bei peri- als auch bei paraokklusaler Registrierung eine Bissgabel mit okklusalen Impressionen der Unterkieferzähne. Nur diese wird zur Modellmontage in einem Artikulator benötigt, da sie zusammen mit den Messwerten des FREECORDER® BlueFox die vollständige Information für den exakten und scharnierachsenbezogenen Modelltransfer enthält. Dadurch sind auch viele

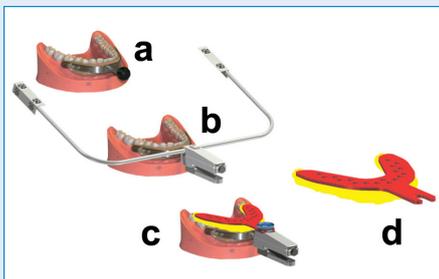


Abb. 5: Paraokklusale Befestigung durch Kugelklemme mit Magnetkupplung für Messbogen bzw. Unterkieferbissgabel.

Transportprobleme zwischen Zahnarzt und zahntechnischem Labor gelöst.

## Festlegen der Referenzebene – Korrektur von Kopfeigenbewegungen – Spurpunkt

Ein Referenzstreifen – das ist ein Streifen mit kodiertem Grafikmuster – wird seitlich auf die Haut aufgeklebt, sodass er parallel zur gewünschten Referenzebene (z. B. Achs-Orbital-Ebene) verläuft (Abb. 6). Durch das Muster wird die Referenzebene automatisch an das Messsystem übermittelt und die Neigung der Kondylenbahn gegen diese Bezugsebene gemessen. Es dient auch der automatischen, rechnerischen Korrektur von Kopfeigenbewegungen.



Abb. 6: Referenzstreifen.

Verzichtet man auf die Anbringung des Referenzstreifens, so legt das Messsystem die Gerätehorizontale als Referenzebene fest, d. h., der Kopf des Patienten muss so gelagert werden, dass die gewünschte Referenzebene mit der Gerätehorizontalen übereinstimmt. Dieses vereinfachte Vorgehen ist für viele Aufgabenstellungen ausreichend genau.

Nach Anbringen des Unterkieferbogens ergibt sich die Situation in Abbildung 7. Zwischen dem Referenzstreifen und dem Unterkieferbogen liegt der so genannte Referenzwinkel  $\varphi$ . Er wird automatisch vom Messsystem registriert und gespeichert und beim späteren Modelltransfer in einen Artikulator benötigt. Außerdem wird die Drehung der Marker bei Mundöffnung gemessen.

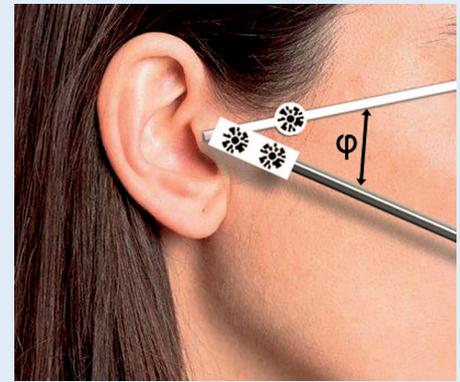


Abb. 7: Situation mit Unterkieferbogen.

Der geometrische Mittelpunkt zwischen den beiden seitlichen Markern wird ermittelt. Er wird als Spurpunkt bezeichnet und bei der Registrierung der Kondylenbewegung in der Sagittalebene aufgezeichnet. Dieser Spurpunkt liegt normalerweise nicht auf der genauen Scharnierachse. Daher beschreibt er zunächst nur eine arbiträre Kondylenspur. Nach erfolgreicher Scharnierachsenbestimmung wird diese Kondylenspur automatisch auf die terminale Achse nachkorrigiert, sodass der Spurpunkt die Bewegung der exakten Achse wiedergibt.

## Steuerung der Registrierung

Die Steuerung des FREECORDER® BlueFox kann drahtlos (WLAN oder Bluetooth) durch ein Touchscreen-Handgerät oder einen Computer (PC, Notebook) oder kabelgebunden (Ethernet) durch einen Computer erfolgen (Abb. 8). Die Netzwerkintegration ist möglich. Die Messdaten lassen sich sowohl mittels des



Abb. 8: Drahtlose Steuerung mit Touchscreen-Handgerät oder PC.

Touchscreen-Handgeräts auf einer SD-Speicherkarte (im C-Bogen) speichern und wieder einlesen oder direkt auf einen PC oder auf ein Notebook überspielen.

Beim Handgerät gehören u. a. die Scharnierachsenbestimmung, Registrierung und Darstellung beliebiger Unterkieferbewegungen sowie die Artikulatorberechnung zum Standard. Für die meisten Anwendungen in der Praxis wird dies ausreichend sein. Zusätzliche, sehr umfangreiche Möglichkeiten für die fortgeschrittene Diagnostik und Therapie sowie für wissenschaftliche Auswertungen bieten sich mit dem Computer und der Software JAWS.

### Scharnierachsenbestimmung

Üblicherweise beginnt man bei der Registrierung mit der Scharnierachsenbestimmung. Dazu wird der Unterkiefer manuell in die zentrale Unterkieferrelation (Zentrik) geführt. Dann lässt man den Mund handgeführt unter Rotation um diese Kondylenposition bis zu einer Schneidekantenöffnung von etwa 5–8 mm öffnen. Ständige Öffnungs- und Schließbewegungen, wie in der mechanischen Registriertechnik üblich, sind überflüssig. Da der Spurpunkt normalerweise nicht auf der Scharnierachse liegt, ergibt sich eine kreisförmige Öffnungsspur, in deren Drehzentrum die zugehörige terminale Scharnierachse angezeigt wird (Abb. 9). Die Achsenbestimmung ist sehr genau, setzt aber wie bei der mechanischen Pantografie voraus, dass die Mundöffnung als reine Rotation ausgeführt wird.

### Registrieren der Kondylenbewegungen und -positionen

Die Aufzeichnung der Kondylenbewegungen (Abb. 10) umfasst üblicherweise die Grenzbewegungen (Protrusion, Mediotrusion auf beiden Seiten) und die Mundöffnung in exkursiver und inkursiver Richtung. Je nach differenzialdiagnostischer Aufgabenstellung können manuell beeinflusste, zahngeführte und freie Bewegungen untersucht und miteinander verglichen werden. Auch das Posselt-

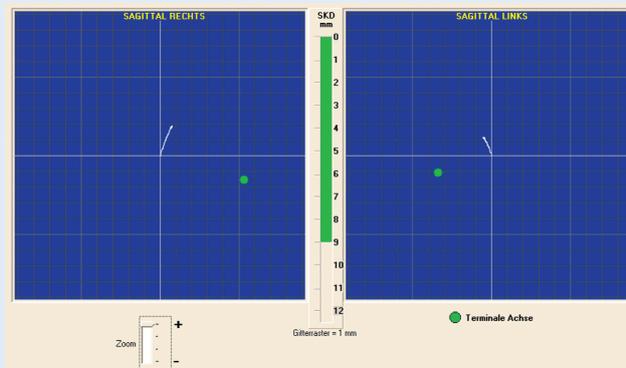


Abb. 9: Achsenbestimmung mit arbiträrer Kreisbogenspur und terminaler Achse im Drehzentrum.

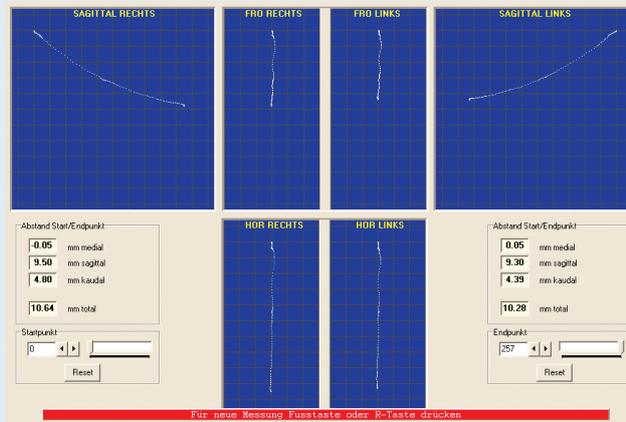


Abb. 10: Aufzeichnung einer Protrusion.

Schema und der gotische Bogen als inziales Pfeilwinkelregisrat in der Horizontalebene sind darstellbar (Abb. 11).

Kondylenbewegungen können mit jeder beliebigen Bisslage in Bezug gesetzt werden. So lässt sich z. B. die zentrische oder habituelle Bissposition direkt am Patienten überprüfen oder der Kondylus bewusst auf einen therapeutisch angestrebten Bahnpunkt setzen und verschlüsseln. In

Sekundenbruchteilen ist am Patienten messbar, ob eine Okklusionsstörung oder eine parafunktionelle Bissstellung zu einer Distraction oder Kompression des Kiefergelenkes führt. Aufbisschienen können sehr präzise in der gewünschten therapeutischen Position hergestellt werden.

### Modellübertragung in einen Artikulator ohne Gesichtsbogen

Die präzise Modellübertragung in einen Artikulator erfolgt zeitsparend und sehr exakt allein mithilfe der Unterkieferbissgabel und eines speziellen Montagestandes.

Im Unterschied zu allen anderen Verfahren wird nicht die Lage des Oberkiefers, sondern die des Unterkiefers in Bezug zur Scharnierachse und Referenzebene übertragen. Bisher war es notwendig, zuerst die Scharnierachse zu messen, die Achse auf die Haut zu übertragen, einen Gesichtsbogen auf diese Achsen-

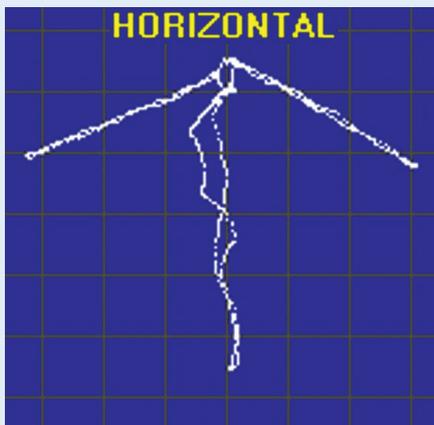


Abb. 11: Gotischer Bogen.

punkte einzustellen und dann die Lage des Oberkiefers mittels des Gesichtsbogens in einen Artikulator zu übertragen. Ersatzweise konnte ein arbiträrer Gesichtsbogen mit entsprechendem Verlust an Genauigkeit verwendet werden. Beide Methoden bergen zahlreiche Fehlermöglichkeiten und kosten zusätzliche Zeit.

Beim FREECORDER® BlueFox entfallen diese Schritte vollständig. Physikalischer Hintergrund ist, dass die Scharnierachse definitionsgemäß dem Unterkiefer zugeordnet ist und bereits bei der Montage des Unterkieferbogens und der Messung der Scharnierachse in eindeutiger Weise räumlich zur Unterkieferbissgabel gehört. Der Computer errechnet präzise diese Zuordnung. Man benötigt zum Modelltransfer lediglich einen speziellen Montagetisch (Abb. 12), der auf das Fast-Link®-Schnellkupplungssystem abge-



Abb. 12: Artikulormontagetisch.

stimmt ist und an den die Bissgabel angesteckt wird. Das Montageprinzip ist in Abbildung 13 dargestellt. Am Montagetisch werden entsprechend den Vorgaben der Registrierung die Lager für die Kondylarkugeln des Artikulators und die Referenzebene (Referenzwinkel  $\varphi$  und inzisale Artikulorauflage) eingestellt (Abb. 13 a). Dann wird das Unterkiefermodell auf die Bissgabel gelegt und an das Artikulatorunterteil angekippt (Abb. 13 b). Anschließend wird das Oberkiefermodell mittels eines üblichen Bissregistrats dem Unterkiefermodell zugeordnet und eingegipst (Abb. 13 c).

Schließlich wird der Artikulator nach den vom Computer berechneten individuellen Einstellwerten programmiert. Alle

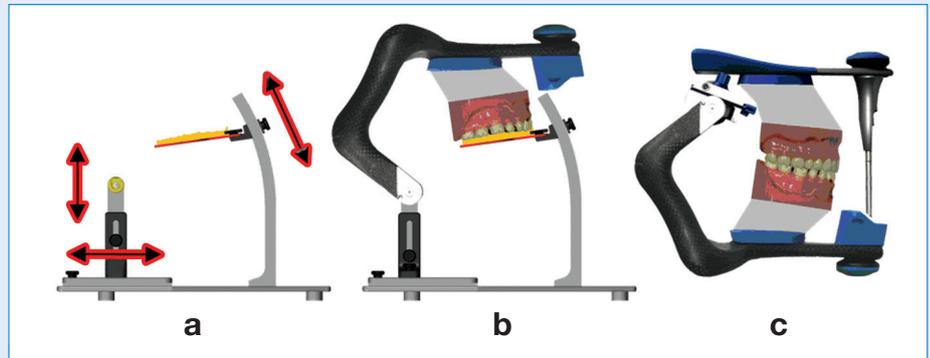


Abb. 13: Prinzip des gesichtsbogenfreien Modelltransfers in einen Artikulator.

gängigen teil- und volladjustierbaren Artikulatoren werden unterstützt.

### Kurveninterpretation

Jede Funktionsstörung im Kiefergelenk, die mit einer Beeinflussung des Bewegungsablaufs der Kondylen einhergeht, äußert sich zwangsläufig in einer Besonderheit der registrierten Kondylenbahn. Dies kann eine Richtungsabweichung von der normalen Spur oder auch eine Veränderung des zeitlichen Ablaufs in Form einer Beschleunigung oder Verzögerung sein. Die Deutung dieser Bahnbesonderheiten und insbesondere ihre therapeutische Konsequenz sind keineswegs trivial.

Für die restaurative Zahnheilkunde können v. a. zentriknabe Bahnbesonderheiten problematisch sein, da sie in die Planung des Okklusionskonzeptes einbezogen werden müssen, um okklusale Interferenzen und iatrogene Funktionsstörungen zu

vermeiden. So zeigt Abbildung 14 ein nicht seltenes Phänomen: Der Kondylus beschreibt initial einen kranial gewölbten Bahnbogen. Welches Okklusionskonzept realisiert werden muss, hängt davon ab, auf welchen Punkt dieses Bahnabschnittes der Kondylus bei der Bissnahme positioniert wird. Dies ist ein ernst zu nehmendes Problem und grundsätzlich nicht durch eine „zentrische Handbissnahme“ lösbar, weil die Kontrolle der exakten Bahnzuordnung fehlt. Es erfordert spezielle Vorgehensweisen in der elektronischen Registriertechnik, auf die aber hier nicht näher eingegangen werden kann.

Bei Kiefergelenkknacken durch partielle oder totale Diskusverlagerung sehen die zugehörigen Kondylenbahnkurven oft verblüffend ähnlich aus. Beide sind durch typische Hystereseschleifen (Abb. 15) gekennzeichnet und auf den ersten Blick schwer zu unterscheiden. Daher müssen präzisere Diagnosekriterien als die bloße Katalogisierung von Kurvenformen her-

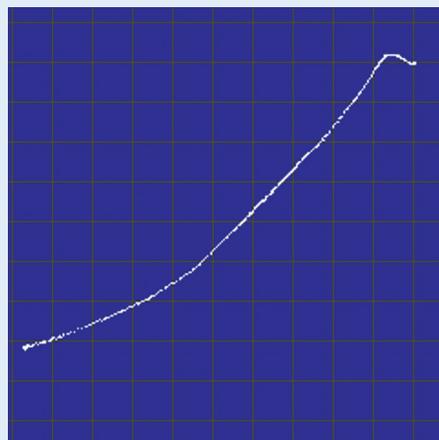


Abb. 14: Initiale Störung.

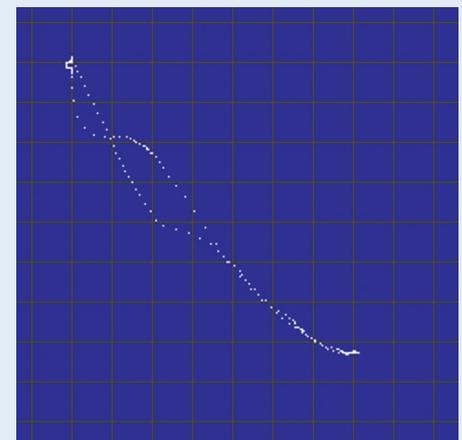


Abb. 15: Hystereseschleife.

angezogen werden. Dies setzt eine genaue Kenntnis der funktionellen Anatomie des Kiefergelenkes und ein gutes dreidimensionales Vorstellungsvermögen voraus. Auch Kenntnisse in der Magnetresonanztomografie und in der Elektromyografie der Kaumuskeln sind von Vorteil. Dann erschließen sich dem Geübten wertvolle Diagnosemöglichkeiten.

Es würde den Rahmen dieser Abhandlung sprengen, alle Möglichkeiten und Varianten bei Diskusverlagerungen abzuhandeln. Für Interessierte darf daher auf entsprechende Fortbildungskurse des Autors verwiesen werden. Es kann hier nur angedeutet werden, welche Kriterien zur Unterscheidung verschiedener Formen von Diskusverlagerungen bei Kiefergelenkknacken zu beachten sind.

Grundsätzlich gilt, dass der Kondylus eine um die Diskusdicke kranialere Bewegungsbahn beschreibt, wenn der Diskus komplett verlagert ist und sich nicht mehr im Gelenkspalt befindet. Wenn es bei exkursiver oder inkursiver Kondylenbewegung zur Reposition, d. h. zur Wiedereinlagerung des Diskus zwischen Kondylus und Fossa articularis kommt, muss eine kaudalere Kondylenposition resultieren. Es gibt daher bei reponiertem bzw. luxiertem (total verlagertem) Diskus zwei verschieden hohe Bewegungsniveaus für die Kondylenbewegung (Abb. 16). Jede mögliche Kondylenbahn bei Diskusverlagerung mit Gelenkknacken durch Reposition oder Luxation muss also durch Bahnübergänge zwischen diesen beiden Bewegungsniveaus erklärbar sein. Erschwerend kommt hinzu, dass sich weite-

re Deviationen ergeben, weil der Diskus bikonkav ist und der Kondylus beim Überqueren des dickeren Diskusrandes oder durch Diskusauffaltung eine zusätzliche Kaudalabweichung erfahren kann. Außerdem spielen Bahnbesonderheiten in der Horizontalebene sowie Beschleunigungen und Verzögerungen eine wichtige Rolle.

Im Rahmen dieser Abhandlung sei lediglich erwähnt, dass eine Kurveninterpretation zur exakten Diagnose einer partiellen oder totalen Diskusverlagerung mit Kiefergelenkknacken auf der Basis einer Kurveninterpolation in ex- und inkursiver Richtung möglich ist.

Gelegentlich behaupten Autoren, die mit der elektronischen Registriertechnik bislang wenig vertraut sind, dass aus den Bewegungsspuren der Kondylen keine Diagnose von Diskusverlagerungen abgeleitet werden könne. Hier ist der Verfasser gänzlich anderer Meinung. Unzählige Untersuchungen belegen dies in eindeutiger Weise. Es darf sogar behauptet werden, dass die elektronische Registriertechnik heute in vielen Situationen anderen Verfahren (z. B. der Magnetresonanztomografie oder der manuellen Funktionsdiagnostik), welche die z. T. extrem schnellen Bewegungsabläufe beim Knacken nicht verfolgen oder verifizieren können, verfahrensbedingt deutlich überlegen ist. Sie bietet eine gute und äußerst praxisnahe Möglichkeit, die Diagnose und Auswahl der richtigen Therapieform abzusichern.

*Korrespondenzadresse:*

*Dr. Dr. Rolf Klett  
Ludwigstraße 20  
97070 Würzburg  
[www.dr-klett.de](http://www.dr-klett.de)*

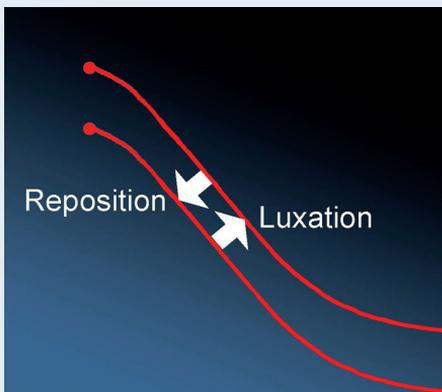


Abb. 16: Grenzbahnen.