

Die elektronische Vermessung der Gelenkbahn

Autor
Wissenschaftler
Status
Aktuell
Kategorie
Übersicht

Bereits im 19. Jahrhundert gab es Versuche, die Bewegungen des Unterkiefers instrumentell aufzuzeichnen. Obwohl seitdem einige Jahrzehnte vergangen sind, so hat sich doch an der Zielsetzung nur wenig verändert: Durch ein besseres Verständnis der Biomechanik der Kiefergelenke sollen mögliche Fehlfunktionen diagnostiziert und therapiert werden können. Zudem soll durch die Anwendung der patientenspezifischen Gelenkparameter im Artikulator bei der Anfertigung von Zahnersatz die Notwendigkeit einer intraoralen Adjustierung minimiert werden.

Seit Beginn der Versuche zur Aufzeichnung der Kondylenbewegung sind die besonderen Schwierigkeiten bei der Registrierung der Unterkieferbewegung bekannt. Das Kiefergelenk verfügt über drei Bewegungsachsen, die zusätzlich zu Rotations- auch Translationsbewegungen zulassen. Dabei folgt die Translationsbewegung nicht einer Geraden, sondern einem gekrümmten Verlauf. Die Bewegungen des Unterkiefers werden hierbei einerseits durch die Führungsfunktion der Kiefergelenke im Sinne eines neuromuskulären Regelkreises und andererseits durch die Kaumuskulatur und die jeweilige Zahnstellung bestimmt. Da im Bereich des Kiefergelenks keine sichere Fixierung von Aufzeichnungs- beziehungsweise Messgeräten möglich ist, müssen diese in der Regel gelenkfern an den Zähnen oder an bestehendem Zahnersatz fixiert werden. All diese Faktoren erschweren die Analyse der Biomechanik des Kiefergelenks. Innerhalb jahrelanger Forschungen an verschiedenen Messapparaturen wurde versucht, diese Problemstellungen auf unterschiedliche Weise zu lösen.

Inzwischen ist die instrumentelle Funktionsanalyse – und damit auch die elektronische Gelenk-

Dr. Oliver Schierz, Dr. Daniel R. Reißmann (Teil 1)

bahnvermessung – ein wissenschaftlich anerkanntes Verfahren. In einer Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) aus dem Jahre 2003 werden sowohl diagnostische als auch therapeutische Indikationen für diese Verfahren angegeben^[1]. Dennoch gibt es auch kritische Stimmen, die deutlich weniger Indikationen für diese Verfahren sehen^[2].

Es existiert eine schwer zu überblickende Anzahl von Registriersystemen, welche zur elektronischen Vermessung der Gelenkbahn und zur Bestimmung ihrer Neigung geeignet sind. Laut der Angaben der Hersteller bietet sich die Anwendung dieser Verfahren bei einer Vielzahl von Indikationen an. Die Systeme kommen unter anderem zur Diagnostik des Kiefergelenkes, bei Funktionsstörungen des Kauorgans, bei der okklusalen Schienentherapie, zur Artikulatorprogrammierung bei der Herstellung hochwertiger Zahnersatzes, aus forensischen Gründen in der Kieferorthopädie und nicht zuletzt in der Wissenschaft und Forschung zum Einsatz.

Auch werden von den Herstellern elektronischer Systeme vielfältige Vorteile gegenüber mechanischen Messeinrichtungen beschrieben. Aufgeführt werden beispielsweise die einfache Montage, die Zeiteffizienz und Genauigkeit der Messungen, ein vergleichsweise höherer Informationsgehalt der Messergebnisse sowie verbesserte Diagnose- und Therapiemöglichkeiten. Auch das geringere Gewicht eines Unterkiefermessbogens, die geringere Einschränkung des Blickfeldes des Patienten und der Verzicht auf mechanische Kopplung werden als vorteilhaft beschrieben, während die oftmals notwendigen Kabelverbindungen zum Ober- und Unterkieferbogen als Nachteil gegenüber mechanischen Messeinrichtungen gelten. Laut Herstellerangaben sind die Anfertigung von Zahnersatz und die Diagnostik von Funktionsstörungen der

Kiefergelenke ohne Einbeziehung dieser instrumentellen Diagnostiksysteme kaum noch denkbar.

Ist diesen Werbeaussagen zu trauen und stellt die elektronische Vermessung der Gelenkbahn eine empfehlenswerte oder gar notwendige Maßnahme dar? Dieser Beitrag möchte einen Überblick über die gängigsten Systeme zur elektronischen Gelenkbahnvermessung in Deutschland geben, deren Möglichkeiten kurz darstellen und die Anwendungsindikationen kritisch diskutieren.

Hintergrund

Ziel der dynamischen Aufzeichnung der Unterkieferbewegungen, der sogenannten Axiografie – auch als Kondylografie oder Pantografie bezeichnet – ist die Erfassung der Bewegungen beider Kondylen, um die daraus resultierende Bewegungsbahn der Rotationsachse erfassen und interpretieren zu können. Die Rotationsachse ist die dem Unterkiefer ortsfest zugeordnete kinematische Achse, welche sowohl bei der Mundöffnungs- als auch bei der Protrusionsbewegung ähnliche Bahnen beschreibt^[3]. Während sich bei der Protrusions- und Mundöffnungsbewegung im funktionell unauffälligen Gelenk beide Kondylen nach anterior bewegen, findet bei Laterotrusionsbewegungen die Bewegung im Wesentlichen nur im Gelenk der Mediotrusionsseite, dem schwingenden Kondylus, statt. Im Gelenk der Laterotrusionsseite, dem ruhenden Kondylus, tritt bis auf einen geringen Seitwärtsversatz und eine Rotation keine Translationsbewegung auf. Der schwingende Kondylus beschreibt dabei nicht ausschließlich eine nach anterior gerichtete Translationsbewegung, sondern bewegt sich zeitgleich nach medial. Dieser Vorgang wird als Bennettbewegung bezeichnet. Der Winkel, den diese Bewegung mit der Protrusionsbahn in der Horizontalebene bildet, der sogenannte Bennettwinkel, beträgt im Mittel beim funktionell gesunden Gelenk 8° bis 33°^[4]. Die Angaben zur sagittalen Kondylenbahnneigung beim funktionell gesunden Gelenk schwanken in der Literatur bei Bezugnahme auf die Achs-Orbital-Ebene zwischen 34° und 62°^[4]. Der Begriff Achs-Orbital-Ebene bezeichnet die Schädelbezugsebene, die durch den untersten Punkt des linken knöchernen Orbitarandes und den rechten und linken virtuellen Durchtrittspunkten der kinematischen Scharnierach-

se durch die Haut in zentrischer Kondylenposition gebildet wird.

Als Indikationen für Maßnahmen der instrumentellen Funktionsanalyse können zwei Anwendungsgebiete unterschieden werden: Einerseits in der Kiefergelenkdiagnostik^[1] und zum anderen zur Programmierung von Artikulatoren. Bei rein mechanischer Betrachtungsweise des Kiefergelenks sowie der Statik und Dynamik der Okklusion ergeben sich aus der von Rudolph Hanau 1926^[5] aufgestellten und 1938 von Konrad Thielemann^[6] modifizierten Artikulationsquint einige Anhaltspunkte über die Notwendigkeit der Bestimmung der Gelenkbahnneigung zur Programmierung von Artikulatoren. Diese Artikulationsquint beschreibt dabei das Zusammenspiel von Gelenkbahnneigung, Ausprägung und Neigung der Okklusionskurven und der Frontzahnführung sowie der Höckerneigung. Die Abhängigkeit dieser Parameter voneinander wird in der Thielemann'schen Formel beschrieben:

$$\frac{\text{Gelenkbahnneigung} \times \text{Frontzahnführung}}{\text{Neigung der Okklusionsebene} \times \text{Kompensationskurven} \times \text{Höckerneigung}} = \text{Balancierte Okklusion}$$

Der Gelenkbahnneigung kommt eine besondere Bedeutung zu. Im Gegensatz zu allen anderen Faktoren ist sie nicht modifizierbar und dient daher als ein Anhaltspunkt für die korrekte Aufstellung der Zähne zur Herstellung von Totalprothesen in bilateral balancierter Okklusion. Bei Beachtung dieser Zusammenhänge lassen sich aber auch bei der Anfertigung von festsitzenden Versorgungen oder kombiniert festsitzend-abnehmbarem Zahnersatz spezifische Führungsmuster bei Laterotrusionsbewegungen realisieren und Störkontakte in dynamischer Okklusion vermeiden. Die klinische Bedeutung dieser Maßnahmen und damit der Nutzen für den Patienten sind aber umstritten^[7].

Im Rahmen der Kiefergelenkdiagnostik wird eine instrumentelle Bewegungsaufzeichnung dann als indiziert angesehen, wenn klinisch vorliegende Bewegungsstörungen nicht eindeutig einer Gelenkpathologie zugeordnet werden können^[1, 8]. Zudem wird beschrieben, dass aus Form, Länge und Symmetrie der Aufzeichnungsspuren indirekt auf zugrunde liegende Krankheitsbilder geschlossen werden kann.

Die Versuche zur instrumentellen Registrierung der Bewegungen des Unterkiefers reichen bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts zurück und wurden Anfangs durch die Entwicklung von rein mechanischen Systemen geprägt. William G. A. Bonwill präsentierte 1864 seine Erkenntnisse zur vorwärtsgerichteten Bewegung der Kondylen und stellte einen selbst entwickelten Artikulator^[9] vor. Wahrscheinlich war aber Charles E. Luce der Erste, der unter Verwendung eines am Unterkiefer befestigten Bogens die Kondylarbewegungen 1889 erfassen und aufzeichnen konnte^[10]. Norman G. Bennett versuchte 1908 nachzuweisen, dass kein fixes Rotationszentrum im Bereich der Kiefergelenke existiert, sondern dass sich dieses konstant bewegt^[11]. Als Nebenergebnis beschrieb er die später nach ihm benannte transversale Bewegung der Kondylen. Im Jahr 1910 berichtete Alfred Gysi über ein vereinfachtes Verfahren zur Aufzeichnung der Kondylarpfade, den sogenannten Gysi Condyle Register. Das Grundprinzip dieses Systems spiegelt sich noch heute in den gelenknahen Aufzeichnungsverfahren wider. Charles Stuart verbesserte kontinuierlich das Aufzeichnungsverfahren. Dies resultierte in der Entwicklung des Gnathographen. Für das von ihm entwickelte gnathologische System, welches auch den Artikulator Gnathoscope beinhaltete, wurde Stuart 1955 ein Patent zuerkannt^[12].

Die Entwicklung elektronischer Registriersysteme begann in den 60er und 70er Jahren des 20. Jahrhunderts. Neben elektronischen Verfahren wurden auch bildgebende – fotografische, fotoelektronische oder röntgenografische – sowie magnetische und ultraschallbasierte Aufzeichnungsverfahren auf ihre Realisierbarkeit und Anwendbarkeit erprobt^[4].

Theodore Messerman stellte 1967 mit dem Case-Gnathic-Replicator eines der ersten elektronischen Registriersysteme vor, mit dem die Bewegungen der Kiefergelenke und jedes Punktes des Unterkiefers in der funktionellen Bewegung dargestellt werden konnten. Georg Meyer und H. dal Ri erweiterten 1985 den von Heinz Mack entwickelten Axiografen, der wiederum eine Verfeinerung des von Robert I. Lee entwickelten Axio-Pantografen darstellt, indem sie die mechanischen Messuhren gegen induktive Wegaufnehmer austauschten. Die wissenschaftlichen Grundlagen dafür lieferten Rudolf Slavicek

und Peter Lugner. Rolf Klett modifizierte 1982 den Stuart Pantografen durch optoelektronische Messfühler zum computergestützten Registriersystem, das zu dem heutigen CONDYLOCOMP® LR3 (Dentron, D-Höchberg) weiterentwickelt wurde^[13]. Als einer der Ersten nutzte 1986 Hans-Ulrich Häring die Ultraschalltechnologie, um Unterkieferbewegungen computergestützt grafisch darzustellen und auszuwerten. Seine Arbeiten bildeten vermutlich die Grundlage für die heutigen ultraschallbasierten Aufzeichnungsverfahren.

Aktuell basieren elektronische Registriersysteme vorwiegend auf elektromechanischen, optoelektronischen, ultraschall- oder magnetbasierten Messvorrichtungen. Da nach unserem Kenntnisstand derzeit kein magnetbasiertes System auf dem deutschen Markt erhältlich ist, wird auf dieses Verfahren nicht näher eingegangen.

Messsysteme

Die relevanten Registriersysteme unterscheiden sich im Wesentlichen durch ihr Messprinzip. Die Registrierung der Bewegungen des Unterkiefers kann dabei in unmittelbarer Nähe des Kiefergelenks als sogenannte gelenknahe Aufzeichnung erfolgen oder sie wird in größerer Entfernung vom Kiefergelenk – in der Regel vor dem Gesicht des Patienten – als sogenannte gelenkferne Aufzeichnung durchgeführt. Elektronische Systeme ermöglichen die computergestützte Auswertung der Messsignale bei gleichzeitiger Korrektur der Projektionsfehler. Alle Systeme bieten je nach Ausstattungsvariante verschiedene Programmierparameter für die gängigen Artikulatoren wie z. B. Kondylenbahnwinkel oder eine Auswahl von Gelenkeinsätzen. Der Registrierbogen ist am Unterkiefer mittels okklusionsbedeckendem Registrierlöffel oder paraokklusalem, individuell anpassbarem Adapter zu befestigen. Letzterer erlaubt bei eugnathen Verhältnissen und ausreichend hohen klinischen Kronen die Befestigung des Registrierbogens ohne hierdurch okklusale Störungen hervorzurufen oder die vertikale Kieferrelation zu erhöhen.

Gelenknahe Aufzeichnung

Allen existierenden Systemen ist gemein, dass eine gelenknahe Fixierung der Messapparatur nicht möglich ist, da hierzu im Bereich des Kiefergelenks keine

entsprechenden anatomischen Strukturen vorhanden sind. Daher wird der Registrierbogen bei der gelenknahen Aufzeichnung intraoral an den Zähnen oder am Zahnersatz im Unterkiefer befestigt. Gegebenenfalls muss der Zahnersatz zusätzlich mit Klemmen am Unterkiefer fixiert werden. Bei ruckartigen Bewegungen kann die erhebliche Distanz zwischen dem intraoralen Messort und dem Registrierbogen zu einer Anfälligkeit der Systeme für schwingungsbedingte Artefakte in der aufgezeichneten Gelenkbahn führen.

Das System CADIAX®

Das System CADIAX (Gamma, A-Klosterneuburg) umfasst zwei verschiedene elektromechanische Registrier Systeme – CADIAX® Diagnostic (Abb. 1) und CADIAX® Compact 2 (Abb. 2) – die sich durch die jeweilige Registriervorrichtung und den Analyseumfang der Software unterscheiden.



Abb. 1: Das System CADIAX Diagnostic.



Abb. 2: Elektronikbox des CADIAX Compact 2.

Beide Systeme bestehen aus einem maxillären und einem mandibulären Gesichtsbogen. An dem maxillären Gesichtsbogen wird im Bereich der Kondylen ein Sensortablett (zweidimensionales Widerstandstablett) zur Aufzeichnung der Bewegung der Scharnierachse in der Sagittalebene befestigt. Beim CADIAX Diagnostic werden am mandibulären Gesichtsbogen, auch Schreibbogen genannt, im Bereich der Gelenke je zwei Taststifte, sogenannte Styli, angebracht. Diese Styluspaare dienen der kinematischen Lokalisation der Scharnierachse. Am Unterkieferbogen kann die Position der Styli dann entsprechend der Lage der Scharnierachse individuell justiert werden. Des Weiteren ist das Gerät durch den zweiten Stylus in der Lage, die Rotationsbewegung zu erfassen und damit den Mundöffnungswinkel zu bestimmen. Dieser Vorteil wird allerdings mit dem Nachteil eines höheren Gewichtes des mandibulären Bogens erkauft. Das CADIAX Compact 2 verzichtet auf den zweiten Stylus und bedient sich einer arbiträren Scharnierachse. Als Referenzebene dient eine vom Hersteller definierte Patientenhorizontale, sodass das Oberkiefermodell mittels eines Gesichtsbogens desselben Herstellers in der gleichen Ebene montiert werden sollte. Eine Justierung auf die Achs-Orbital-Ebene ist nur beim CADIAX Diagnostic möglich. Um die Beeinflussung der Unterkieferbewegungen durch den Anpressdruck des Taststiftes zu minimieren, wurde dieser modifiziert und arbeitet in der aktuellen Version nicht mehr mit einem Federmechanismus, sondern auf Basis eines magnetischen Verfahrens.

AXIOGRAPH® und AXIOTRON®

Das Unternehmen SAM Präzisionstechnik (D-Gauting) hat zum mechanischen Standardgerät AXIOGRAPH das digitale Zusatzgerät AXIOTRON (Abb. 3) entwickelt. Dadurch wird eine gelenknahere elektromechanische Registrierung der Unterkieferbewegung ermöglicht. Das System bietet auch die Möglichkeit, diese Bewegungen hinsichtlich Zeit und Geschwindigkeit auszuwerten.

CONDYLOCOMP® LR3 und Freecorder® BlueFox

Sowohl der CONDYLOCOMP LR3 (Dentron, D-Höchberg) als auch der Freecorder BlueFox

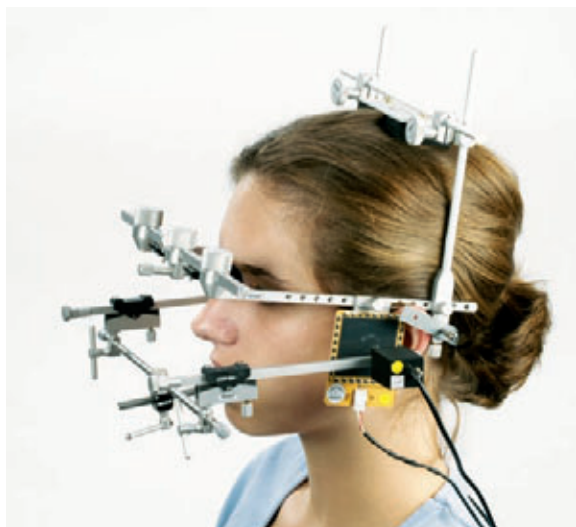


Abb. 3: Das Zusatzgerät AXIOTRON ermöglicht die digitale Datenaufnahme inklusive der Zeit- und Geschwindigkeitsmessung.

(Dentron) sind optoelektronische Registriersysteme desselben Herstellers, welche sich aber in ihrer Konstruktion wesentlich voneinander unterscheiden.

Der CONDYLOCOMP LR3 funktioniert nach dem Lichtreflexionsprinzip. An der Kopfkappe sind Infrarotsensoren installiert, die in drei Richtungen des Raumes Licht emittieren. Dieses wird durch Reflektoren, die sich an den kiefergelenknahen Enden eines Unterkieferbogens befinden, zurückgeworfen und von den Sensoren wieder empfangen. Diese Registrierung ist berührungsfrei und ohne Kabelverbindung zum Unterkieferbogen. Die Datenauswertung erfolgt mittels der zugehörigen Software JAWS (Dentron). Ein Vorteil dieses Systems ist das geringe Gewicht des Unterkieferbogens von circa 50 g und die laut Herstellerangaben einfache Montage. Aufgrund des neuen Systems Freecorder BlueFox ist der Vertrieb des CONDYLOCOMP LR3 aktuell eingestellt worden.

Der Freecorder BlueFox nutzt ebenfalls optische Signale zur Ortsbestimmung und Objektverfolgung. Im Unterschied zum CONDYLOCOMP LR3 wird nur der Unterkieferbogen am Kopf des Patienten fixiert und in Kiefergelenknähe positioniert. Auf das Verbinden über Kabel kann vollkommen verzichtet werden, sodass Probleme durch Kabelbrüche oder Behinderungen durch Kabel vermieden werden. Im Gegensatz zum Vorgängermodell ist die Einheit zur

optischen Erfassung nicht am Schädel, sondern ähnlich wie bei einem Panorama-Röntgengerät stationär untergebracht. Durch komplexe Bildverarbeitungsroutinen wird die Position des Musters, der Drehwinkel und die Bewegung erfasst. Die Darstellung der Bewegung in allen drei Dimensionen des Raums erfolgt dabei in Echtzeit.

Gelenkferne Aufzeichnung

Den Systemen, die in unmittelbarer Nähe des Kiefergelenks die Bewegungen des Kondylus registrieren, stehen Geräte gegenüber, bei denen die Aufzeichnung der Kieferbewegungen aus größerer Entfernung erfolgt. Auch diese Geräte werden über okklusionsbedeckende oder paraokklusale Löffel an den Unterkieferzähnen beziehungsweise am Zahnersatz befestigt. Charakteristisch für diese Systeme ist eine berührungslose Messmethode. Durch die Entfernung vom Kiefergelenk müssen die Lokalisation der Scharnierachse und deren Bewegung während der Mundöffnung – und somit auch die Gelenkbahnneigung – aus den ermittelten Daten rechnerisch ermittelt werden. Hierdurch sind hohe Anforderungen an die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Messergebnisse zu stellen, da sich Fehler bei den registrierten Daten durch die Projektion bei der Berechnung der Parameter des Kiefergelenks vervielfachen können.

Die gelenkferne Registrierung basiert in praxi aktuell nahezu ausschließlich auf der Ultraschalltechnologie. Dabei werden von mehreren Sendern, welche mittels einer Apparatur am Kopf des Patienten befestigt sind, Ultraschallsignale ausgesendet. Diese werden auf einen am Unterkiefer befestigten Reflektor zurückgeworfen. Durch die Messung der Zeitspanne zwischen Aussenden und Empfangen des Signals kann der Abstand rechnerisch bestimmt werden. Dank der Kombination mehrerer Signale wird die dreidimensionale Erfassung des Kiefers, eine Bewegungsanalyse sowie eine Reduktion von Messungenauigkeiten ermöglicht. Durch die Größe der Unterkiefersensoren und die notwendige Verkabelung kann die Bewegung des Unterkiefers bei der Aufzeichnung beeinträchtigt werden. Ein optisch basiertes, gelenkfern messendes System, der Condylograph XI (Greenball Systems, D-Bonn), wurde für die kommende Internationale Dental-Schau (IDS 2009) angekündigt.

AXIOQUICK® Recorder

Aktuell ist der berührungslos mit Ultraschall messende AXIOQUICK Recorder (Abb. 4), der als Messbasis die Referenzebene Porion-Orbitale (Frankfurter Horizontale) nutzt, erhältlich. Er kombiniert den klassischen AXIOQUICK Transferbogen (SAM Präzisionstechnik) mit einer berührungslosen elektronischen Registriereinrichtung. Bezogen auf die Porion-Orbital-Ebene werden Informationen über Gelenkbahnen und Frontzahnführung grafisch und metrisch dargestellt. Die Schnellregistrierung zur Einstellung eines Artikulators ist ebenso möglich wie die ausgedehnte Datenaufnahme für eine erweiterte Funktionsdiagnostik mit simultaner EMG (Elektromyografie)-Darstellung.

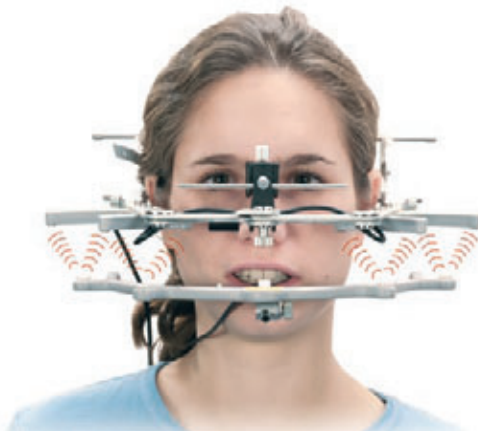


Abb. 4: Vier Ultraschallsender und acht Empfänger erfassen die Unterkieferbewegungen beim AXIOQUICK Recorder.

ARCUSdigma

Die neue Version des Systems ARCUSdigma (KaVo Dental, D-Biberach) arbeitet ebenfalls berührungslos mit Ultraschallsensoren. Das aktuelle System vereint dabei den klassischen Gesichtsbogen mit einem elektronischen Messsystem. Durch vier Sender und acht Mikrofone wurde laut Hersteller die Genauigkeit gegenüber dem Vorgängermodell erhöht. Es können gleichzeitig Bewegungen des Kondylus sowie des Inzisalpunktes errechnet und grafisch in Echtzeit dargestellt werden. Durch Softwaremodule können sowohl Fragestellungen der Kiefergelenkfunktion wie auch der Artikulatorprogrammierung bei Herstellung prothetischer Therapiemittel untersucht werden.

Mithilfe der elektronischen Positionsanalyse können verschiedene Zentrikregistratur untereinander oder in Bezug zur registrierlos und in zentrischer Kondylenposition bestimmten Unterkieferlage quantitativ verglichen werden. Auch ein Vergleich der zentrischen und der habituellen Okklusionsposition im Kondylenbereich ist möglich.

Jaw Motion Analysis

Auch das System Jaw Motion Analysis (Abb. 5), kurz JMA (zebris Medical, D-Isny), ermittelt durch eine berührungslose Analyse mittels Ultraschall die dreidimensionale Bewegung des Unterkiefers. Der Sensor, der am Unterkiefer befestigt wird, wiegt nur rund 50 g, ist aber mittels Kabel mit der Recheneinheit verbunden. Ein leichter Sensor mit einem Gewicht von 28 g ist als weitere Option erhältlich. Es können gleichzeitig sowohl Bewegungen im Bereich des Kiefergelenks als auch gelenkferner Strukturen, z. B. des Inzisalpunktes, grafisch dargestellt werden. Die Wahl der darzustellenden Strukturen wird nicht vom Gerät festgelegt, sondern kann vom Anwender individuell eingestellt werden. Des Weiteren lassen sich die erhaltenen Bewegungsaufnahmen mit der jeweiligen simultan ermittelten Muskelaktivität vergleichen, da das Gerät als Zusatzoption über die Möglichkeit des Anschlusses eines 4-Kanal-Elektro-Myografie-Systems verfügt.

Tabelle I zeigt die verschiedenen Systeme im Vergleich.



Abb. 5: Der Schallsender des JMA wird paraokklusal am Unterkiefer fixiert. Am Kopf des Patienten wird eine Mikrofon-Sensor-Einheit befestigt.

Hersteller	System	Ort der Messung	Art der Messung	Bemerkung
Gamma	CADIAX Compact II	Gelenknah	Elektromechanisch	Verwendung einer arbiträren Scharnierachse
Gamma	CADIAX Diagnostic	Gelenknah	Elektromechanisch	
Dentron	CONDYLOCOMP LR3	Gelenknah	Optoelektronisch	Produktion kürzlich eingestellt
Dentron	Freecorder BlueFox	Gelenknah	Optoelektronisch	
SAM	AXIOGRAPH mit AXIOTRON	Gelenknah	Elektromechanisch	AXIOTRON als Zusatzmodul für primär mechanischen Gesichtsbogen
SAM	AXIOQUICK Recorder	Gelenkfern	Ultraschall	Optional: EMG
KaVo	ARCUSdigma	Gelenkfern	Ultraschall	
Zebris	Jaw Motion Analyzer	Gelenkfern	Ultraschall	Optional: EMG

Tabelle 1: Übersicht über die bekanntesten elektronischen Registersysteme, die in Deutschland für die Praxis erhältlich sind (ohne Anspruch auf Vollständigkeit).

Die derzeit verfügbaren Systeme zur elektronischen Vermessung der Gelenkbahn verfügen alle sowohl über Vor- als auch Nachteile, welche vor dem Erwerb sorgfältig abgewogen werden sollten. Nicht zuletzt sind auch die Häufigkeit der Anwendung und die Vorlieben des Zahnarztes entscheidend für die Wahl des passenden Systems. ■

Teil 2 des Beitrags erscheint in Ausgabe September 2008.

Die Literaturliste kann bei der Redaktion angefordert werden.

Kontakt

Universität Leipzig – Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde
Nürnberger Straße 57
D-04103 Leipzig
www.prothetik-leipzig.de

Dr. Oliver Schierz
Leipzig, Deutschland



■ 1993-1994 Ausbildung zum Zahntechniker ■ 1995-2000 Studium der Zahnmedizin an der Universität Leipzig ■ 2000 Zahnärztliche Approbation ■ 2004 Promotion ■ seit 2000 Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde des Universitätsklinikums Leipzig ■ seit 2005 Oberarzt an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde des Universitätsklinikums Leipzig

Kontakt
oliver.schierz@medizin.uni-leipzig.de

Dr. Daniel R. Reißmann
Hamburg, Deutschland



■ 1998-2003 Studium der Zahnmedizin an der Universität Leipzig ■ 2003 Zahnärztliche Approbation ■ 2006 Promotion ■ 2003-2008 Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde des Universitätsklinikums Leipzig ■ 2006-2008 Leitung der Kiefergelenksprechstunde an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde des Universitätsklinikums Leipzig ■ Seit 2008 Oberarzt an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf