

S2k-Leitlinie (Kurzversion)

# Instrumentelle zahnärztliche Funktionsanalyse

AWMF-Registernummer: 083-017

Stand: Dezember 2015

Gültig bis: Dezember 2020

**Federführende Fachgesellschaften:**

- Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie (DGFDT)
- Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK)

**Beteiligung weiterer Fachgesellschaften/ Organisationen:**

- Arbeitskreis Psychologie und Psychosomatik in der DGZMK (AKPP)
- Bundeszahnärztekammer (BZÄK)
- Deutscher Arbeitskreis für Zahnheilkunde (DAZ)
- Deutsche Gesellschaft für ästhetische Zahnmedizin (DGÄZ)
- Deutsche Gesellschaft für computergestützte Zahnheilkunde (DGCZ)
- Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (DGMKG)
- Deutsche Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien (DGPro)
- Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung (KZBV)
- Verband Deutscher Zahntechniker-Innungen (VDZI)
- Verband medizinischer Fachberufe (VMF)

publiziert  
bei:

**Autoren:**

Prof. Dr. Karl-Heinz Utz (DGFD, Leitlinienkoordination)  
Prof. Dr. Alfons Hugger (DGFD, Leitlinienkoordination)  
Priv.-Doz. Dr. M. Oliver Ahlers (DGFD)  
Dr. Wolf-Dieter Seeher (DGFD)

**Ko-Autoren:**

Klaus Bartsch (VDZI)  
ZA Jochen Feyen (DGÄZ)  
Dr. Gunnar Frahn (DAZ)  
Sylvia Gabel (VMF)  
Prof. Dr. Bernd Kordaß (DGCZ)  
Dr. Birgit Lange-Lentz (KZBV)  
Prof. Dr. Dr. Andreas Neff (DGMKG)  
Prof. Dr. Peter Ottl (DGPro)  
Dr. Diether Reusch (DGÄZ)  
Prof. Dr. Olaf Winzen (BZÄK)  
Priv.-Doz. Dr. Anne Wolowski (AKPP)

**Methodische Begleitung:**

Dr. Silke Auras (DGZMK, Leitlinienbeauftragte)  
Dr. Cathleen Muche-Borowski (AWMF)

**Jahr der Erstellung:** Dezember 2015

**vorliegende Aktualisierung/ Stand:** Dezember 2015

**gültig bis:** Dezember 2020

*Die "Leitlinien" der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften sind systematisch entwickelte Hilfen für Ärzte/ Zahnärzte zur Entscheidungsfindung in spezifischen Situationen. Sie beruhen auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und in der Praxis bewährten Verfahren und sorgen für mehr Sicherheit in der Medizin, sollen aber auch ökonomische Aspekte berücksichtigen. Die "Leitlinien" sind für Ärzte/ Zahnärzte rechtlich nicht bindend und haben daher weder haftungsbegründende noch haftungsbefreiende Wirkung.*

## INHALTSVERZEICHNIS

Informationen zur Leitlinie .....	1
Einleitung.....	2
Teil 1: Instrumentelle Bewegungsanalyse.....	3
1.1 Definition.....	3
1.2 Ziele und Verfahrensbewertung.....	3
1.3 Nutzen .....	5
Teil 2: Kondylenpositionsanalyse .....	8
2.1 Definition.....	8
2.2 Ziele und Verfahrensbewertung.....	8
2.3 Nutzen .....	9
Teil 3: Kieferrelationsbestimmung: Horizontale Kieferrelationsbestimmung mittels Stützstift- Registrierung .....	10
3.1 Definition.....	10
3.2 Ziele und Verfahrensbewertung.....	10
3.3 Nutzen .....	12
Teil 4: Oberflächen-Elektromyographie der Kaumuskulatur in der zahnärztlichen Anwendung .....	14
4.1 Definition.....	14
4.2 Ziele und Verfahrensbewertung.....	14
4.3 Nutzen .....	14

## Informationen zur Leitlinie

Die Inhalte dieser Kurzversion beziehen sich auf die Langversion der S2k-Leitlinie „Instrumentelle zahnärztliche Funktionsanalyse“ (AWMF-Registernummer 083-017), die über folgende Seiten zugänglich ist:

- <http://www.dgzmk.de/zahnaerzte/wissenschaft-forschung/leitlinien/details/document/instrumentelle-zahnaerztliche-funktionsanalyse-s2k.html>
- <http://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/083-017.html>

Die Langversion enthält ausführliche Hintergrundinformationen zu den Empfehlungen inklusive der Literaturbelege. Die abgestimmten Statements und Empfehlungen selbst sind in Kurz- und Langversion übersichtshalber in Kästen geschrieben.

Neben der Kurz- und der Langversion gibt es den Leitlinienreport, der die Methodik zur Erstellung der Leitlinie beschreibt. Der Leitlinienreport ist ebenfalls auf den oben genannten Internetseiten abrufbar.

## Einleitung

Unter dem Begriff der instrumentellen Funktionsanalyse werden im zahnärztlichen Bereich Untersuchungsmethoden verstanden, die unter Zuhilfenahme spezieller Instrumente und Geräte eine in quantitativer bzw. qualitativer Hinsicht ausgerichtete Beurteilung der Funktion ermöglichen.

Die Leitlinie gliedert sich in vier Kapitel:

Teil 1: "Instrumentelle Bewegungsanalyse",

Teil 2: "Kondylenpositionsanalyse",

Teil 3: "Kieferrelationsbestimmung",

Teil 4: "Oberflächen-Elektromyographie der Kaumuskulatur in der zahnärztlichen Anwendung"

## Teil 1: Instrumentelle Bewegungsanalyse

### 1.1 Definition

Die instrumentelle Bewegungsanalyse stellt eine zahnärztliche Untersuchungsmethode dar, die die Unterkiefer-Bewegungsfunktion eines Patienten mit speziellen Messsystemen (so genannten Registriersystemen) erfasst. Die Bewegungsaufzeichnungen, die neben eigentlichen Bewegungsabläufen auch den Vergleich verschiedener Unterkiefer-Positionen umfassen können, werden anschließend von der Zahnärztin / dem Zahnarzt anhand von Auswertungskriterien analysiert und daraus Schlussfolgerungen gezogen. Diese Schlussfolgerungen betreffen einerseits die **funktions- und strukturbezogene Diagnostik** des Kausystems, andererseits die **okklusionsbezogene sowie die zahnärztlich-restaurativ orientierte Therapieplanung, Therapiegestaltung und Rehabilitation**.

Von der instrumentellen Bewegungsanalyse ist die instrumentelle Okklusionsanalyse zu unterscheiden:

- Die instrumentelle Bewegungsanalyse erfasst die Bewegungsfunktion mit geeigneten Messsystemen auf kinematischer Grundlage. Im Fokus der Betrachtung stehen Unterkieferbewegungen mit zahngeführten und nicht zahngeführten Bewegungsanteilen.
- Die instrumentelle Okklusionsanalyse beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit einem spezifischen Ausschnitt von Bewegungen und Positionen, d. h. mit der okklusalen Situation bei statischer und dynamischer Okklusion. Zu diesem Zweck bedient man sich bei der instrumentellen Okklusionsanalyse in der Regel eines Artikulators, der die okklusale Situation anhand montierter Kiefermodelle veranschaulicht. Mit Hilfe moderner Computertechnologie ist zunehmend auch die Darstellung und Analyse der okklusalen Situation in virtueller Simulation möglich.

Bei extraoraler Applikation zeichnen die verschiedenen praxistauglichen elektronischen Messsysteme Unterkieferbewegungen mit Hilfe entsprechender Sensoren gelenknah (kondylennah), inzisalnah oder okklusionsebenennah auf. Folgende Systemgruppen lassen sich unterscheiden:

- Gruppe 1: gelenkfern/ inzisalnah messende Systeme
- Gruppe 2: gelenknah und berührungshaft messende Systeme
- Gruppe 3: gelenknah und berührungslos messende Systeme
- Gruppe 4: okklusionsebenennah und berührungslos messende Systeme.

Bei Erfassung aller sechs Freiheitsgrade sind diese Systeme in der Lage, auf beliebige Punkte des Unterkiefers umzurechnen.

### 1.2 Ziele und Verfahrensbewertung

Die instrumentelle Unterkiefer-Bewegungsanalyse hat zum Ziel, Informationen zu einem oder mehreren der nachfolgenden Punkte zu liefern:

- Patientenindividuelle Werte mit dem Ziel, zahnärztliche Maßnahmen und zahntechnische Prozesse auf funktionell individuelle Gegebenheiten des Patienten auszurichten und zu optimieren (sog. individuelle Artikulatoreinstellung, Artikulatorprogrammierung bzw. Bewegungssimulation).
- Präzisierung dysfunktioneller bewegungsbezogener Erscheinungsformen im Rahmen funktionsorientierter Diagnostik (Funktionsdiagnostik). Im diagnostischen Prozess liefert die instrumentelle Bewegungsanalyse als weiterführendes Untersuchungsverfahren zusätzliche, auf der klinischen Funktionsanalyse aufbauende Informationen, die zur Spezifizierung klinisch basierter Diagnosen führen (qualitativer Aspekt). Ferner erlaubt sie, das Ausmaß bzw. den Schweregrad funktioneller Beeinträchtigung differenzierter darzustellen (quantitativer Aspekt).
- Auswertung und Dokumentation bewegungsbezogener Veränderungen im Verlauf der Anwendung therapeutischer Maßnahmen im Rahmen der Funktionstherapie. Im therapeutischen Kontext liefert die instrumentelle Bewegungsanalyse Anhaltspunkte für die Verbesserung des Funktionsgeschehens und dokumentiert funktionsbasierte Veränderungen im Behandlungsverlauf.

### Spezielle Zielsetzungen

Im Zuge des sich entwickelnden digitalen Workflows in der restaurativen Zahnmedizin ist die instrumentelle Bewegungsanalyse als eine wichtige Ergänzung anzusehen, um die individuelle Bewegungsfunktion des Unterkiefers messtechnisch für die okklusale Gestaltung von Restaurationen im CAD/CAM-Prozess abzubilden.

Im Bereich der zahnärztlichen Funktionsdiagnostik baut die instrumentelle Bewegungsanalyse auf der klinischen Funktionsanalyse auf. Die klinische Funktionsanalyse ist der erste Schritt zur Beurteilung des Funktionszustandes eines Patienten mit Funktionsstörungen des Kausystems und soll daher der instrumentellen Bewegungsanalyse vorausgehen.

Neben der Erfassung der subjektiv vom Patienten angegebenen Beschwerden (insbesondere Schmerzen, aber auch Bewegungsbeeinträchtigungen oder als störend empfundene Gelenkgeräusche) ist das Erheben von objektivierenden Befunden für die Zahnärztin / den Zahnarzt bedeutsam. Die instrumentelle Bewegungsanalyse ergänzt und spezifiziert die objektivierende Befunderhebung: Für den Aspekt der Unterkieferbewegungen ermöglicht sie eine differenzierte Beurteilungen des Funktionszustandes in qualitativer und quantitativer Hinsicht. Damit ist die instrumentelle Bewegungsanalyse also kein Untersuchungsverfahren, das die klinische Funktionsanalyse und die sich daraus ableitende Diagnosegenerierung unter Einsatz von Messgeräten *ersetzt* und überflüssig macht, sondern ein Verfahren, das die Untersuchung des Kausystems unter dem Blickwinkel der Mobilität (Kapazität, Koordination und okklusale Zentrierung) des Unterkiefers spezifisch erweitert.

Bei Störungen der Funktion (Dysfunktionen) kann eine instrumentell basierte Diagnostik und Verlaufskontrolle angezeigt sein. Dies gilt auch bei biomechanischer Umstellung der Gebisse Erwachsener im Rahmen kieferorthopädischer und/oder kieferchirurgischer Maßnahmen.

Die instrumentelle Bewegungsanalyse ist keine Methode der Schmerzerfassung und soll nicht als solche eingesetzt werden.

Die instrumentelle Bewegungsanalyse ist auch keine Form der objektiven "Schmerzbefundung" oder eine Methode der Schmerzbehandlung. Vielmehr dient die instrumentelle Bewegungsanalyse dazu, Auswirkungen eines orofazialen Schmerzgeschehens auf die Bewegungsfunktion zu beurteilen, und hilft, die Beziehung zwischen Schmerzgeschehen einerseits und Funktionsfähigkeit andererseits auf der Stufe der Diagnosestellung wie auch auf der Stufe des Therapieverlaufs zu klären.

Die instrumentelle Bewegungsanalyse ermöglicht das detaillierte Erkennen und Abschätzen des Ausmaßes an Funktionsbeeinträchtigung sowohl für den Patienten wie auch für die Zahnärztin / den Zahnarzt im Hinblick auf Bewegungskapazität, Koordination und okklusale Zentrierung.

Angewendet in der Phase der therapeutischen Bemühungen (Funktionstherapie) ist die instrumentelle Bewegungsanalyse auch als Feedback im Sinne einer verstärkten Einbindung des Patienten im Behandlungsprozess nutzbar. Anhand der instrumentellen Bewegungsanalyse können Veränderungen in der Funktionsfähigkeit bzw. -tüchtigkeit dargestellt und verfolgt werden; sie ist hilfreich in der klinischen Entscheidungsfindung bei Fragestellungen, die weitere/ergänzende Maßnahmen im Rahmen der Funktionsdiagnostik bzw. Funktionstherapie betreffen oder die Art und Weise der okklusalen Gestaltung bei zahnärztlich-restaurativen Maßnahmen beinhalten.

Einzelne Bewegungsabläufe sollen mehrfach aufgezeichnet werden, um zufällige Erscheinungen (qualitativ wie auch quantitativ) von konstant auftretenden Befunden zu unterscheiden.

Insgesamt sind Bewegungsaufzeichnungen des Unterkiefers – unter Beachtung messtechnischer und untersuchungsbezogener Einflüsse und in Kenntnis physiologischer Prozesse – ausreichend zuverlässig (reliabel), um im Kontext anamnestischer und klinischer Befunde diagnostische und therapeutische Schlussfolgerungen zu treffen.

### 1.3 Nutzen

Die Analyse der Bewegungsfunktion des Unterkiefers soll entsprechend der Kriterien des Konsensuspapiers der DGFDT<sup>1</sup> erfolgen (zusammengefasst in einer Kriterienmatrix).

Mit Hilfe der instrumentellen Bewegungsanalyse lassen sich folgende Daten für die **Einstellung eines Artikulators bzw. die Programmierung eines Bewegungssimulators** (dynamische Funktionsparameter) erheben: u. a.

- Werte für sagittale Kondylenbahnneigungswinkel (Winkel der Protrusionsbahnen)
- Bennett-Winkel
- immediate Side shift
- sagittale und frontale Frontführungswinkel.

<sup>1</sup> "Stellungnahme im Rahmen der Erarbeitung von Diagnostischen Kriterien für Dysfunktion: Die Bewegungsfunktion des Unterkiefers: Konzept zur Strukturierung von Analysekriterien und zur Standardisierung bei der computerunterstützten Aufzeichnung" (Konsensus-Workshop des Arbeitskreises Kaufunktion und Orale Physiologie am 16.11.2012 im Rahmen der 45. Jahrestagung 2012 der DGFDT in Bad Homburg)



Zur **Einstellung eines Artikulators bzw. der Programmierung eines Bewegungssimulators** mit dem Ziel, zahnärztliche Maßnahmen und zahntechnische Prozesse auf funktionell individuelle Gegebenheiten des Patienten auszurichten und zu optimieren, werden individuelle Werte für dynamische Funktionsparameter (s.o.) aus Bewegungsaufzeichnungen – vor allem aus Protrusions- und Laterotrusionsbewegungen – gewonnen. Das Ziel der Übertragung der individuell ermittelten Werte in den Artikulator / Bewegungssimulator ist es, die Bewegungen des technischen Gerätes "Artikulator / Bewegungssimulator" soweit wie möglich den tatsächlichen Bewegungen des Patienten anzugleichen. Dies zielt u. a. darauf ab, zahntechnische Arbeiten ohne umfangreiche okklusale Korrekturen im Mund des Patienten einzugliedern. Damit wird dem Patienten die Adaptation erleichtert, indem die zahntechnische Gestaltung der Okklusalfächen möglichst optimal auf individuelle funktionelle Gegebenheiten abgestimmt und auf biomechanische Erfordernisse ausgerichtet ist.

Folgende weitere Aspekte der Bewegungsfunktion sind mit Hilfe der instrumentellen Bewegungsanalyse – geeignete Messsysteme und Untersuchungsprotokoll mit standardisiertem Vorgehen vorausgesetzt – beurteilbar:

- **Bewegungskapazität** zur Erfassung des Ausmaßes maximaler Bewegungsmöglichkeiten im Sinne der so genannten neuromuskulären Grenzbewegungen
- **Koordination** des Ablaufes von Bewegungen am jeweiligen Betrachtungsort sowie der Beziehung zwischen rechter und linker Unterkieferseite
- **Okklusale Stabilität und gelenkbezogene Zentrierung** zur Erfassung der Reproduzierbarkeit der Ausgangs-/ Referenzposition des Unterkiefers.

Für den Bereich der **zahnärztlichen Funktionstherapie** ergeben sich Folgerungen vor allem aus nachfolgend aufgeführten Befunden. Diese können anhand der klinischen Funktionsanalyse und ggf. der manuellen Strukturanalyse zwar grundsätzlich bestimmt werden, sind jedoch durch die instrumentelle Bewegungsaufzeichnung differenzierter (nach Beeinträchtigung im kondylären und/ oder inzisalen Bereich unterschieden), präziser und detaillierter (in Bezug auf Ausmaß/ Schweregrad und zeitliches Auftreten) beurteilbar und nicht zuletzt metrisch erfassbar (Auflistung nicht abschließend):

- Einschränkungen der Bewegungskapazität (Limitation)
- deutlich erhöhte Mobilitätswerte (Hypermobilität)
- auffällig veränderte/ gestörte Koordination (bei Öffnungs- und Schließbewegungen, bei Seitenschubbewegungen im Seitenvergleich)
- fehlende okklusale und/ oder kondyläre Zentrierung.

Aufzeichnungen der beim Kauen vollzogenen Unterkieferbewegungen (**kinematische Kaufunktionsanalyse**, zum Teil in Kombination mit Elektromyographie) lassen sich dazu nutzen, Daten für spezifische, das Kauen charakterisierende Parameter zu liefern – unter Berücksichtigung der hierzu erforderlichen speziellen Voraussetzungen (Standardisierung des Kaugutes etc.): u. a. Kaufrequenz, Dauer der Kausequenz, Anzahl der Kauzyklen, Dauer der Kauzyklen, kumulative Länge der Inzisalbahn.

Die Auswertung gelenknaher Bewegungsaufzeichnungen (so genannter Kondylenbahnen, die vornehmlich Öffnungs-/Schließbewegungen bzw. Vorschubbewegungen berücksichtigen) erlaubt darüber hinaus diagnostische Struktur bezogene Rückschlüsse auf die intraartikuläre Situation, insbesondere zur Diskus-Kondylus-Beziehung.

Eine auf *inzisale* Bewegungsauffälligkeiten gründende *Gelenkdiagnostik* birgt im Vergleich zur Analyse *kondylärer* Bewegungsbahnen in hohem Maße die Gefahr der Fehldiagnose und soll daher in der klinischen Praxis nicht zur Anwendung kommen. *Kondyläre* Bewegungsaufzeichnungen lassen mit Einschränkungen Rückschlüsse auf die intraartikuläre Situation zu, insbesondere zur Kondylus-Diskus-Beziehung und eingeschränkt zum artikulären Strukturzustand. Die Einschränkungen betreffen den Umstand, dass die Folgerungen aus den Bewegungsbefunden mit Unsicherheit behaftet sind und eine höhere Wahrscheinlichkeit für falsch negative Befunde als für falsch positive Befunde besteht, da die Sensitivität geringer als Spezifität ist.

Infolge der geringen Sensitivität ist die instrumentelle Bewegungsanalyse zum *Screening* hinsichtlich intraartikulärer Störungen nicht geeignet.

## Teil 2: Kondylenpositionsanalyse

### 2.1 Definition

Eine Kondylenpositionsanalyse erfasst dreidimensional vergleichend die Stellungen kondylärer Positionen in relativem Bezug zu definierten Unterkieferlagen.

### 2.2 Ziele und Verfahrensbewertung

Die Vermessung der Kondylenpositionen hat zum Ziel, bei *bezahnten* Patienten die Differenzen zwischen einerseits einer vom Zahnarzt beeinflussten handgeführten Kieferrelationsbestimmung nach dorsal-kranial / kranial / kranial-anterior limitierten sowie von der Zahnstellung unabhängigen Unterkieferhaltung und andererseits der kondylären Position bei maximaler Interkuspitation darzustellen. Auf diese Weise kann man z. B. den physiologischen Streubereich in den kondylären Stellungen herausarbeiten und im Kontext mit den klinischen Befunden entscheiden, welche Positionen des Unterkiefers sich als Ausgangslage für zahnärztliche Rekonstruktionen eignen könnten.

Wenn das *alleinige* Ziel die Beurteilung *kondylärer* Positionen ist, sollte der Einsatz bildgebender Verfahren nur im Rahmen klinischer Forschungsvorhaben erfolgen.

Vor dem Hintergrund der bisherigen Datenlage sollte in der klinischen Praxis *an der Stelle* der zahnärztlichen Kondylenpositionsanalyse im direkten oder indirekten Verfahren keine Bestimmung der Kondylenposition mittels bildgebender, insbesondere ionisierender, Verfahren vorgenommen werden.

Wenn jedoch ohnehin zur Beurteilung der Situation, z. B. im Rahmen der Funktionsdiagnostik und -therapie, ein Magnetresonanztomogramm (MRT) angefertigt wird, kann im Rahmen der Untersuchung die vom Patienten zuvor eingenommene und in der Kondylenposition erfasste Kieferposition durch Schablonen oder Schienen fixiert und im MRT bildgebend dargestellt werden.

### Reproduzierbarkeit

Die vorliegenden Studien zeigen, dass das Verfahren der Kondylenpositionsanalyse grundsätzlich die erforderlichen Voraussetzungen zur Validität und Reliabilität erfüllt. Die Aussagekraft der Kondylenpositionsanalyse ist jedoch abhängig von der Validität und Reproduzierbarkeit, mit der die kondylären *Stellungen* jeweils festgelegt werden können. Registrare und Messungen sollten zudem mehrfach erfolgen.

### Klinische Stellung des Untersuchungsverfahrens

Generell ist im Einzelnen ohne geeignete bildgebende Verifizierung nicht eindeutig bestimmbar, auf welche konkreten anatomischen Kondylen nahe Strukturen sich der in der Kondylenpositionsanalyse verwendete rechte und linke posteriore Referenzpunkt bezieht. Ohne dieses genaue Kenntnis sind Aussagen zu vermeintlichen "Verlagerungen der Kondylen" oder "Kompressionsphänomenen im Gelenkbereich" - hier beispielhaft aufgeführt - spekulativ und allenfalls als Verdacht zu formulieren.

Die Beurteilung des Befundes aus einer Kondylenpositionsanalyse setzt die Kenntnis der speziellen Anamnese, der klinischen Befunde sowie der kondylären Bewegungsaufzeichnung voraus. Die Kondylenpositionsanalyse allein kann lediglich Hinweise zur Interpretation der klinischen Situation geben. Allein aus einer Differenzmessung der Kondylenpositionen lässt sich eine invasive restaurative Zahnbehandlung oder kieferorthopädische bzw. kieferchirurgische Therapie nicht begründen.

## 2.3 Nutzen

Die Kondylenpositionsanalyse bietet bei Personen, die eine in vier Quadranten abgestützte Bezahnung aufweisen, folgende Möglichkeiten:

- Quantitative und qualitative Darstellung der Abweichungen der individuellen kondylären Referenzpositionen relativ zueinander, i. d. R. zentrische Kondylenposition und die Kondylenposition in maximaler Interkuspitation,
- Beurteilung der Reproduzierbarkeit der maximalen Interkuspitation bei mehrfachen Messungen,
- Beurteilung der Reproduzierbarkeit einer ermittelten zentrischen Kondylenposition bei mehrfachen Messungen,
- Erkennung von Verlagerungsrichtungen und Ausmaß der Referenzpositionen relativ zueinander,
- Beurteilung der Reproduzierbarkeit bei der Ermittlung kondylärer Positionen unter Einsatz verschiedener Registrierverfahren/ -materialien,
- Kontrolle der kondylären Positionen im Therapieverlauf.

Die Kondylenpositionsanalyse im Artikulator mit entsprechendem Funktionsumfang oder im stationären Kondylenpositions-Messinstrument stellt ein geeignetes Verfahren dar, um bei mehrfachen Messungen eine Vorstellung über Abweichungen der zentrischen Kondylenposition zu erhalten.

## Teil 3: Kieferrelationsbestimmung: Horizontale Kieferrelationsbestimmung mittels Stützstift- Registrierung

Im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorliegenden Leitlinie wird lediglich der Bereich der "Stützstift-Registrierung" detailliert aufgegriffen, weil der Stellenwert elektronischer Geräte in diesem Zusammenhang die Kolleginnen und Kollegen zunehmend verunsichert.<sup>2</sup>

### 3.1 Definition

Die zentrale Stützstift-Registrierung stellt ein Verfahren der Zuordnung des Unterkiefers zum Oberkiefer mit dem Ziel dar, über die intraorale Aufzeichnung einer Pfeilwinkelspitze eine horizontale Kieferrelation zu bestimmen (alternative Bezeichnungen: Pfeilwinkel-Registrierung, Aufzeichnung des Gotischen Bogens, grafisches Verfahren, McGrane-Registrierung). Als Hilfsmittel werden sog. "Stützstiftplatten" im Ober- und Unterkiefer im zahntechnischen Labor hergestellt, die auf Höhe der Okklusionsebene und zwischen den Zahnreihen verlaufen und bei Bezahnten mit Kunststoff an den Zahnreihen adaptiert werden. Sie umfassen - i. d. R. im Oberkiefer - einen vertikal befestigten "zentralen Stützstift", der die Okklusionsebene geringfügig überragt und etwa in Höhe zwischen den zweiten Prämolaren und den ersten Molaren sowie über der Mittellinie des Gaumens angebracht wird ("im Zentrum der Belastung"). Passend dazu im Unterkiefer wird in Höhe der Okklusionsebene und transversal zwischen den Zahnreihen - unter Verdrängung der Zunge - eine Metallplatte entsprechend in Unterschnitten der Dentition befestigt. Nach dem Einfügen dieser Hilfsmittel in den Mund kann der höhenverstellbare zentrale Stützstift so eingestellt werden, dass bei Kieferschluss und in zentrischer Kondylenposition lediglich ein "interokklusaler" Kontakt zwischen dem Stift und der Platte entsteht, die Okklusalfächen der Zahnreihen selbst jedoch - möglichst *minimal* - diskludiviert sind. Bei Kieferschluss in zentrischer Kondylenposition besteht intraoral zum Gegenkiefer daher nur noch ein Kontakt über den Stützstift.

Trägt man eine Farbschicht auf der Schreibplatte auf, können - bei entsprechender Kiefer-Sperrung durch die Schraube - die horizontalen Grenzbewegungen der Mandibula ohne weitere interokklusale Kontakte abgefahren werden. Durch wiederholte Lateralbewegungen nach rechts und links wird auf der Unterkieferplatte ein "Pfeilwinkel" (Symphysenbahnwinkel, Gotischer Bogen) sichtbar. An der Stelle, wo sich die beiden Lateralbewegungen in der Medianebene treffen, entsteht eine "Pfeilwinkelspitze". Diese Position des Stützstiftes auf der Platte ist eine gut reproduzierbare dorsale Grenzposition des Unterkiefers. Sie wird bei dieser Methode als "zentrische Kondylenposition" definiert.

### 3.2 Ziele und Verfahrensbewertung

Im Rahmen der Zuordnung des Unterkiefers zum Oberkiefer ist das primäre Ziel einer Stützstift-Registrierung, einen physiologischen Ausgangspunkt z. B. für eine Okklusionsanalyse von Modellen im Artikulator oder für die Herstellung von Okklusionsschienen bzw. Zahnersatz zu bestimmen. Wenn nicht spezielle, abweichend konstruierte Aufzeichnungsplatten eingesetzt werden, ist es selbst bei vollbezahnten Probanden nicht möglich, deren maximale Interkuspitation mit diesem Verfahren zu registrieren. Dies, weil die Stützstiftplatten nicht paraokkusal befestigt sind und eine Einstellung der

---

<sup>2</sup> Die Problematik der Kieferrelationsbestimmung wurde bereits in einer früheren, inhaltlich auch derzeit noch zutreffenden, "Wissenschaftliche Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien e.V. (vormals DGZPW): Kieferrelationsbestimmung" ausführlich erläutert und diskutiert (<http://www.dgfdt.de/documents/266840/266917/wissenschaftliche+Mitteilung+DGZPW+Kieferrelationsbestimmung/db157bde-82d4-44b6-a3c9-d962a713ef99> und <http://www.dgzmk.de/zahnaerzte/wissenschaft-forschung/mitteilungen/details/document/kieferrelationsbestimmung.html?cHash=8aac02274d94caadd74960c25c8af196&type=98>).

maximalen Interkuspitation der natürlichen Zähne gar nicht zulassen. Die Aufzeichnung eines Adduktionsfeldes jedenfalls - von dem man früher annahm, dass diese neuromuskuläre Registrierung die maximale Interkuspitation repräsentieren würde - ist dazu nicht geeignet: Die Aufzeichnungen des Adduktionsfeldes resultieren bei Bezahnten in einem sehr individuellen, ganz unregelmäßig geformten und größeren Feld und nicht in einem exakten Punkt. Zur Aufzeichnung ist weiterhin i. d. R. eine Erhöhung der vertikalen Relation über die Ruhelage hinaus erforderlich. Unter diesen Voraussetzungen erscheint es von vorneherein gar nicht möglich, eine "entspannte" neuromuskuläre Position festzulegen.

Bei Patienten mit Totalprothesen kann über die Aufzeichnung eines Adduktionsfeldes mit Stützstiftplatten ebenfalls keine maximale Interkuspitation festgelegt werden, weil zum einen die natürlichen Zähne fehlen und sich zum anderen im Laufe der Zeit andere Reflexmuster für die Einstellung der Unterkieferhaltung etabliert haben.

Übrig bleibt bei bezahnten und unbezahnten Patienten daher lediglich die Festlegung einer Unterkieferhaltung exakt auf oder in einer definierten Relation zur aufgezeichneten Spitze des Pfeilwinkels. Somit ist allenfalls eine "mittelwertige" maximale Interkuspitation bei dieser Patientengruppe einzustellen, wenn man die Unterkieferlage z. B. "0,5 mm hinter der Pfeilwinkelspitze" festlegt. Dies ist jedoch nicht zielführend und auch nicht notwendig.

Die Beurteilung, ob die nach einer Stützstift-Registrierung resultierende kondyläre Position "richtiger" oder "angemessener" ist als solche, die mit anderen Verfahren erzielt werden, unterliegt exakt der gleichen Problematik, wie sie im Abschnitt "Kondylenpositionsanalyse" diskutiert wurde und wird hier daher nicht wiederholt.

Die Position des Stützstifts auf der Aufzeichnungsplatte übt im Besonderen bei unbezahnten Patienten einen hohen Einfluss auf die Qualität der Registrierung aus.

Ziel der Stützstift-Registrierung ist es, bei zahnlosen Patienten obere und untere Registrierschablonen oder Prothesen in zentrischer Kondylenposition so gleichmäßig zu belasten, dass der Zahnersatz sich nach leichtem Kieferschluss und bei dann zunehmender Schließkraft im Ober- wie im Unterkiefer möglichst wenig bewegt: Die Tegumente sollen gleichmäßig belastet werden und beide Prothesen nicht dislozieren.

### Computergestützte Verfahren

Die Aufzeichnung des Pfeilwinkels lässt sich heute auch computergestützt durchführen. Dabei kann auch die Schließkraft während der Aufzeichnung gemessen werden.

Die Möglichkeit, den Pfeilwinkel während der Entstehung der Aufzeichnung auf einem Monitor vergrößert darzustellen und damit für den Patienten zu visualisieren (Feedback), stellt ebenso einen Vorteil dar, wie die aufgewendete Kieferschließkraft während der Registrierung oder u. U. sogar während der Verschlüsselung zu messen und zu kontrollieren. Die für die Aufzeichnung notwendige Kieferschließkraft liegt bei einigen elektronischen Verfahren bisher zwischen 10 N und 30 N. Beim herkömmlichen Verfahren - ohne elektronische Kontrolle - sind die Schließkräfte während der Aufzeichnung geringer und betragen meist unter 10 N.

Es liegen keine Studien zu der Frage vor, welche Höhe die Kieferschließkraft während der Aufzeichnung bzw. während der Verschlüsselung haben sollte bzw. haben darf. Ebenso ist die für die Übertragung in den Artikulator bei einigen Systemen berechnete und von der Pfeilwinkelspitze sowie *gleichzeitig auch von der maximalen Interkuspitation abweichende* Platzierung des Unterkiefers wissenschaftlich bisher nicht belegt. Inwieweit die Höhe der aufgewendeten Kieferschließkraft oder

die abweichende Positionierung des Unterkiefers - weg von der Pfeilwinkelspitze - mit der späteren Akzeptanz der Patienten mit den Prothesen in Beziehung steht, ist ebenfalls nicht belegt.

### Reproduzierbarkeit

Die Reproduzierbarkeit der Stützstift-Registrierung wurde in vielen Studien sowohl bei Bezahnten als auch bei Totalprothesenträgern einerseits zweidimensional auf Höhe der Okklusionsebene, andererseits mit zusätzlichen Hilfsmitteln direkt oder indirekt dreidimensional im Kondylarbereich gemessen. Die Reproduzierbarkeit zwischen den klassischen und den computergestützten Systemen unterscheidet sich nicht, denn beide Verfahren beruhen auf der gleichen Grundlage. Nur bei *Totalprothesenträgern* ist die Reproduzierbarkeit der Stützstift-Registrierung gegenüber der handgeführten horizontalen Kieferrelationsbestimmung besser (im Mittel 0,5 mm gegenüber 0,7 mm im Kondylarbereich). Bei *bezahnten* Patienten attestieren neuere Studien dem Stützstiftverfahren eine Genauigkeit von im Mittel ca. 0,3 mm. In diesen Werten ist die Präzision der Platzierung des Plexiglasrondells auf der Schreibplatte integriert. Das entspricht exakt der Reproduzierbarkeit, die auch die handgeführte horizontale Kieferrelationsbestimmung bei den entsprechenden Indikationen aufweist.

In der Reproduzierbarkeit bestehen daher zwischen den grundlegend verschiedenen Methoden der handgeführten horizontalen Kieferrelationsbestimmung und der Pfeilwinkel-Registrierung keine Unterschiede.

### Stützstift-Registrierung und zentrische Kondylenposition

Nachdem Studien zeigten, dass die Kondylenposition in maximaler Interkuspidation und die zentrische Kondylenposition bei der Stützstift-Registrierung nicht zwangsläufig übereinstimmen (s. o.), ging man lange davon aus, dass die handgeführte horizontale Kieferrelationsbestimmung ("Checkbiss-Registrierung") und zentrale Stützstift-Registrierung in einer ganz ähnlichen - wenn nicht sogar der "gleichen" - Unterkieferlage resultieren würden (= "gleiche" Kondylenposition). Dies ist heute widerlegt: Handgeführte horizontale Kieferrelationsbestimmung und die Verschlüsselung auf der Pfeilwinkelspitze haben unterschiedliche Unterkieferlagen zur Folge.

### 3.3 Nutzen

Die Stützstift-Registrierung ist ein valides Verfahren, um die Unterkieferposition einzustellen. Die Reproduzierbarkeit ist bei bezahnten Patienten dem weiter verbreiteten Checkbiss-Verfahren vergleichbar. Ein normal belastbares Tegument vorausgesetzt, ist die Stützstift-Registrierung besonders für die Restauration zahnloser Patienten geeignet, weil bei unbezahnten Patienten die Registrierschablonen oder Totalprothesen während der Pfeilwinkelaufzeichnung und der Verschlüsselung auf das Tegument gedrückt werden und bei richtiger Indikation nicht dislozieren. Bei unbezahnten Patienten ist das Verfahren besser reproduzierbar als eine handgeführte horizontale Kieferrelationsbestimmung.

Sollten solche Dislokationen der Prothesen bei der horizontalen Kieferrelationsbestimmung auftreten, dann ist die Folge, dass die fertiggestellten Prothesen bei jedem Kieferschluss diese Dislokationen auch aufweisen. Kontraindikationen des Einsatzes der Stützstifttechnik stellen folgerichtig Situationen dar, bei denen z. B. die Prothesenschwerpunkte im Ober- und Unterkiefer in sagittaler Richtung stark unterschiedlich positioniert, ausgeprägte Resilienzunterschiede (Schlotterkämme) vorhanden sind oder Kieferdefekte vorliegen. Hier soll auf die handgeführte horizontale Kieferrelationsbestimmung zurückgegriffen werden.

Elektronische Stützstift-Registrier-Verfahren sind lediglich computergestützte Varianten, die die Vor- und Nachteile der Stützstift-Methode nicht grundsätzlich verändern. Eine kondyläre Diagnostik ist

mit diesen Verfahren durch das Prinzip bedingt nur mit erheblichen Einschränkungen möglich und ist derzeit nicht belegt. Sie erleichtern den Patienten aber möglicherweise das Verständnis der Methode und bieten eine gute Dokumentationsmöglichkeit.



## Teil 4: Oberflächen-Elektromyographie der Kaumuskulatur in der zahnärztlichen Anwendung

### 4.1 Definition

Die Methode zur Ableitung bioelektrischer Signale der Muskulatur wird als Elektromyographie (EMG) bezeichnet. Die Aufnahme der Signale kann mittels auf der Haut angebrachter Oberflächen-elektroden durchgeführt werden. Die Elektromyographie liefert Informationen anhand metrischer Daten über die Funktion der Aktivität einzelner Muskeln. Sie registriert zeitabhängige intra- oder intermuskuläre Aktivierungsmuster und gibt Hinweis auf die zugrunde liegenden zentralen Kontrollmechanismen.

Das mit Hilfe *bipolarer Oberflächenelektroden* gemessene Elektromyogramm ist die am häufigsten angewandte Technik der Elektromyographie, da sie schnell und atraumatisch eingesetzt werden kann und zuverlässige und weitgehend reproduzierbare Ergebnisse liefert. Bei Ableitungen der Kaumuskulatur für die zahnärztliche Funktionsanalyse ist diese nicht-invasive Technik Mittel der Wahl, da die aus klinischer Sicht wichtigsten Muskeln M. masseter und M. temporalis relativ oberflächlich liegen.

### 4.2 Ziele und Verfahrensbewertung

Im Rahmen der zahnärztlichen Tätigkeit ist die Anwendung der Oberflächen-EMG mit bipolaren Hautelektroden im Bereich des M. masseter und des M. temporalis anterior relativ unproblematisch durchführbar. Auf der Basis einer fundierten klinischen Funktionsdiagnostik unter Beachtung spezieller methodischer Empfehlungen ermöglicht die Oberflächen-Elektromyographie (EMG) die zusätzliche Ermittlung valider und reliabler quantitativer Daten zum Funktionszustand einzelner Kaumuskeln im Sinne einer "neuromuskulären Funktionsanalyse".

### 4.3 Nutzen

#### EMG in der zahnärztlichen Prothetik

Bei der Beurteilung der funktionellen Wertigkeit rekonstruktiver Maßnahmen werden klassischerweise die technische Ausführung und die Zufriedenheit des Patienten betrachtet. Die Einbeziehung der EMG liefert hierzu zusätzlich ergänzende, neuromuskuläre Aspekte berücksichtigende Informationen. So kann beispielsweise der Einsatz von EMG-Ableitungen im klinischen Alltag zum Vergleich erfolgen, um das neuromuskuläre Balanceverhalten in Interkuspitation vor und nach restaurativer Versorgung oder bei Korrektur der Okklusion nach Inkorporation von Zahnersatz zu überprüfen.

#### EMG in der zahnärztlichen Funktionsdiagnostik und Funktionstherapie

Das neuromuskuläre System reagiert mit reproduzierbaren, elektromyographisch erfassbaren Veränderungen auf Schmerzen. Die Oberflächen-Elektromyographie ist jedoch kein direktes Verfahren zur Objektivierung von Schmerzen. Die für die klinische Beurteilung wichtigsten Abweichungen sind bei (maximaler) Kontraktion der Muskulatur, in der Ruheaktivität und beim Frequenzspektrum unter Belastung zu finden. Ferner wird über Symmetrieunterschiede im Kontraktionsverhalten der Muskulatur berichtet.

Aus EMG-Ableitungen sind folgende ergänzende Informationen ableitbar:

- Erhöhte Erschöpfbarkeit als Indikator für das Ausmaß der individuellen Muskelläsion
- Minderung der Kontraktionsfähigkeit als Indikator für das Ausmaß der individuellen Muskelläsion
- Erhöhte Ruheaktivität als Hinweis auf Kiefergelenkläsionen, klinisch nicht manifeste Muskelläsionen, Stressfaktoren oder hypervigilante Disposition des Patienten
- Darstellung der Veränderung des Rekrutierungsmusters der Muskulatur bei okklusaler Modifikation von Okklusionsschienen (Veränderung der maximalen Kontraktionsfähigkeit, Veränderung des Rechts-Links-Balanceverhaltens) als Indikator für therapeutisch wirksame Effekte und zur Verlaufskontrolle.

Der klinische Einsatz der Elektromyographie setzt spezifische Kenntnisse des Verfahrens voraus, das - wie andere kinematische Verfahren im zahnärztlichen Bereich - immer im Kontext einer eingehenden Anamnese und klinischen Funktionsdiagnostik zu sehen ist.