

Wissenschaftliche Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien e.V. (vormals DGZPW): Kieferrelationsbestimmung



1 Einleitung

1.1 Zielgruppen und Grundlagen

Diese Stellungnahme ist auf die Zielgruppen der Zahnärztinnen und Zahnärzte sowie der Zahntechnikerinnen und Zahntechniker ausgerichtet.

Die Kieferrelationsbestimmung dient der Zuordnung von Ober- und Unterkiefermodellen in verschiedenen Formen von Modellhaltern bis hin zu individuellen Artikulatoren. In der vorliegenden Stellungnahme beschränken sich die Autoren auf die Kieferrelationsbestimmung für die Anfertigung von indirekt hergestellten Restaurationen im funktionell gesunden Kauorgan. Verfahren im Rahmen kieferorthopädischer Behandlungen oder für funktionsdiagnostische oder funktionstherapeutische Zwecke sind nicht Gegenstand dieser Stellungnahme.

Eine Kieferrelationsbestimmung ist als entscheidender Arbeitsschritt für die Herstellung von indirekt hergestellten Restaurationen, wie Inlays, Teilkronen, Kronen, Brücken, implantatgestütztem Zahnersatz sowie Teil- und Totalprothesen unerlässlich, um die Modelle von Oberkiefer und Unterkiefer in einer Relation, die möglichst genau die Verhältnisse am Patienten widerspiegelt, in den Artikulator zu montieren. Die Beziehung zwischen Ober- und Unterkiefer wird vor allem durch die Kiefergelenke, die Kaumuskulatur und die Okklusion bestimmt. Für die Anfertigung von im Labor hergestellten Restaurationen können grundsätzlich zwei Positionen des Unterkiefers in Relation zum Oberkiefer unterschieden werden, die maximale Interkuspitation und die zentrische Kondylenposition.

1.2 Definitionen

Die maximale Interkuspitation wird bei weitgehend erhaltenen Stützzonen und stabiler Verzahnung ausschließlich durch die Okklusion determiniert. In maximaler Interkuspitation ist die Lage des Unterkiefers in Relation zum Oberkiefer in allen drei Raumrichtungen definiert [1, 32].

Die zentrische Kondylenposition ist durch eine idealisierte Position beider Kondylen der Kiefergelenke in den Fossae bestimmt. Hierbei ist die horizontale Lage des Unterkiefers festgelegt, die vertikale Kieferrelation ist im Rahmen der Rotationsmöglichkeiten unbestimmt und muss anhand weiterer Anhaltspunkte, wie Ruhelage, Sprechabstand oder Profilanalyse festgelegt werden.

Die Stellung der Kondylen in maximaler Interkuspitation ist in der Regel nicht identisch mit der zentrischen Kondylenposition. Die Unterschiede betragen bei gelenknaher Messung im Mittel weniger als 0,8 mm im Raum, die vorwiegend in sagittaler Raumrichtung auftreten können. Sagittale Abweichungen von bis über 1 mm werden jedoch auch im gesunden Kauorgan gefunden [10, 11, 60, 101].

Wechselnde Definitionen für die zentrische Kondylenposition in der nationalen und internationalen Nomenklatur haben in der Vergangenheit zu Verunsicherungen geführt, wobei sich die gewünschte optimale Lage der Kondylen in den Definitionen von posterior über kranial nach ventro-kranial geändert hat. Diese unterschiedlichen Definitionen haben zur Bevorzugung von unterschiedlichen Techniken geführt. Die durch verschiedene Praktiken vermuteten Unterschiede liegen im Zehntelmilli-

meterbereich. Eine Überprüfung (Validierung) verschiedener Verfahren, ob die angestrebte Position der Kondylen in den Fossae auch erreicht wurde, ist klinisch unmöglich und bei funktionell gesunden Patienten auch nicht nötig.

1.3 Zuverlässigkeit

Die Reliabilität (Reproduzierbarkeit) der Positionen wird aufgrund von direkten gelenknahen Messungen am Patienten auf ca. 0,02 mm für die maximale Interkuspitation und 0,2 mm für die zentrische Kondylenposition abgeschätzt [10, 11], wobei nur letztere eine deutliche Untersucherabhängigkeit aufweisen kann [60]. Durch die Übertragung in den Artikulator kommen zusätzliche Fehlerquellen hinzu, so dass sich die Abweichungen räumlich auf ca. 0,1 mm für die maximale Interkuspitation und 0,3 mm für die zentrische Kondylenposition erhöhen [101]. Die Festlegung, welche der beiden oben genannten Kieferrelationen für die Anfertigung von indirekten Restaurationen herangezogen wird, hängt maßgeblich vom Restzahnbestand, von der Reproduzierbarkeit der Positionen und den hierfür eingesetzten Verfahren und Materialien ab.

2 Kieferrelationsbestimmung bei zahnlosen Patienten

2.1 Problembeschreibung

Mit dem Verlust der Zähne geht die über die Okklusion gesicherte dreidimensionale Beziehung zwischen Ober- und Unterkiefer unwiederbringlich verloren. Die Kieferrelationsbestimmung als wesentlicher Behandlungsschritt bei der

Herstellung totaler Prothesen hat daher das Ziel, eine dem ursprünglichen bezahnten Zustand und dem ursprünglichen Aussehen nahe kommende, das stomatognathe System nicht schädigende und vom Patienten sowie seiner Umgebung tolerierte neue dreidimensionale Zuordnung des Unterkiefers zum Oberkiefer einzustellen. Die Kieferrelation lässt sich didaktisch und praktisch in eine vertikale und eine horizontale Relationsbestimmung unterteilen.

2.2 Vertikale Kieferrelationsbestimmung

2.2.1 Literaturrecherche zur vertikalen Kieferrelation

Eine in Medline PubMed im September 2008 durchgeführte Recherche lieferte für eine Suche mit Limits für die Suchbegriffe „complete denture(s) AND vertical dimension“ 75 Studien und 21 Reviews, für „complete dentures AND jaw relation“ 70 Studien und 17 Reviews, und für „complete denture(s) AND rest vertical dimension“ 6 Studien, wovon insgesamt 19 Artikel verwendbar waren.

Bei einer ergänzenden Suche in Medline PubMed im November 2008 ohne Limits wurden für die Suchbegriffe „complete denture(s) AND centric relation“ 240 Studien und 9 Reviews sowie für „complete denture(s) AND centric occlusion“ 402 Studien und 13 Reviews identifiziert, wovon nur 10 zusätzlich zu den obigen verwendbar waren.

Darüber hinaus wurde in der Deutschen Zahnärztlichen Zeitschrift im Oktober 2008 mit den Begriffen „Totalprothesen“ 19 Studien, mit den Begriffen „Vertikale Relation ODER Kieferrelation ODER Bisshöhe“ 0 Studien und mit „Vertikale“ 52 Studien identifiziert, von denen insgesamt 2 verwendet werden konnten. Alle weiteren Studien wurden mittels Handsuche identifiziert.

2.2.2 Bedeutung der vertikalen Kieferrelation

Die Festlegung einer adäquaten Kieferrelation hat eine grundlegende Bedeutung, weil bei einer fehlerhaften vertikalen Relation funktionelle und ästhetische Probleme zu erwarten sind [36, 74, 75]. Folgende Schwierigkeiten wurden bei zu hoch gewählter Kieferrelation beschrieben:

- verändertes Aussehen
- Prothesenklappern beim Sprechen, Sprachprobleme

- Schleimhautbrennen, Schleimhautreizung, flächige Druckstellen, Prothesenstomatitis
- Mundtrockenheit
- unspezifische Beschwerden, wie Patient „kommt nicht zurecht“, „Unwohlsein“, „Müdigkeit der Muskeln“
- verstärkte Knochenresorption
- craniomandibuläre Dysfunktion, Gelenkschmerzen.

Aber auch bei zu niedrig gewählter Kieferrelation wurden schädliche Auswirkungen auf das stomatognathe System berichtet:

- verändertes Aussehen (Untergesicht zu kurz)
- Lippen eingerollt und/oder faltig, Lippenrot schmal
- Mundwinkel faltig und abfallend, Perlèche
- mangelhafte Kaufunktion
- Schluckprobleme
- craniomandibuläre Dysfunktionen.

Ohne Zweifel gibt es einen Mangel an validen klinischen Nachuntersuchungen über die funktionellen Konsequenzen von zu hoch oder zu tief eingestellten vertikalen Kieferrelationen bei Totalprothesenträgern [77]. Dies hängt sicher damit zusammen, dass solche Studien ethisch nicht vertretbar wären.

2.2.3 Vorschläge zur Einstellung der vertikalen Kieferrelation

Im letzten Jahrhundert wurden für die vertikale Kieferrelationsbestimmung bei unbezahnten Patienten zahlreiche unterschiedliche Vorschläge erarbeitet. Eine Vielzahl dieser teils historischen Verfahren kommt jedoch über eine Beschreibung der Methode und deren Vorzüge nicht hinaus.

2.2.4 Geeignete Verfahren zur Einstellung der vertikalen Kieferrelation

Zu den einzelnen Verfahren existieren eine Reihe von vergleichenden Studien, allerdings nicht selten mit einander widersprechenden Resultaten [2, 4, 15, 19, 20, 24, 28–31, 33, 54, 55, 57, 59, 62, 64–66, 72, 78–80, 82, 83, 92, 105, 106, 112, 114].

Am besten untersucht ist die Bestimmung der Ruhelage in Zusammenhang mit dem Interokklusalabstand bei bezahnten Probanden [3, 5, 6, 14, 16, 28, 30, 39, 43, 52, 58, 68, 76, 87, 88, 90, 107]. Unter der Ruhelage versteht man die unbewusste Abstandshaltung des Unterkiefers vom Oberkiefer bei auf-

rechter Körper- und Kopfhaltung. Der interokklusale Spalt ist definiert als Abstand der Seitenzähne von Ober- und Unterkiefer bei Einnehmen der Ruhelage bzw. der Bestimmung des engsten Sprechabstandes [1, 32]. Dabei ist zu beachten, dass die Ruhelage von verschiedenen äußeren Faktoren, wie z. B. der Körperhaltung, beeinflusst werden kann.

Die meisten Untersuchungen konnten zeigen, dass sich zur Einstellung der vertikalen Kieferrelation zur Herstellung von Totalprothesen die Verfahren „Bestimmung des engsten Sprechabstandes“ [18, 20–22, 28, 32, 49, 53, 73, 135, 141, 159, 163] und „Einnehmen der Ruhelage“ eignen [7, 30, 31, 81, 82, 95, 116, 129, 144–146, 151, 165].

Der „engste Sprechabstand“ wird in der Regel während der Aussprache des Konsonanten „s“ z. B. in dem Wort „Mississippi“ oder in ähnlichen Wörtern bzw. eingebettet in geeignete Sätze festgelegt. Die Ruhelage kann über die Methoden „Lockerlassen des Unterkiefers aus maximaler Interkuspidation“ oder „Lippenschluss nach Öffnung“ einigermaßen zuverlässig bestimmt werden, ohne dass die Schwierigkeiten, die mit der jeweils einige Millimeter betragenden Standardabweichung verbunden sind, außer Acht gelassen werden sollten. Die praktische Bestimmung der vertikalen Relation wird nicht einfacher dadurch, dass sich die Ergebnisse beider Methoden durchaus unterscheiden können und entgegengesetzte Konsequenzen erfordern würden.

Neben der Variationsbreite der Ruhelage ist ein weiteres Problem bei der praktischen Bestimmung der vertikalen Relation, dass die extraoral auf der Haut z. B. zwischen Nasenspitze und Kinn gemessenen Distanzen nicht den intraoral tatsächlich vorhandenen Strecken entsprechen müssen [17, 25, 35, 63, 91].

Alle Autoren sind sich einig, dass zusätzlich zu den oben angeführten und als geeignet angesehenen Verfahren auch ästhetische Gesichtspunkte die Entscheidung wesentlich beeinflussen müssen, allerdings mit nachgeordneter Bedeutung. Bei Patienten, die bereits Totalprothesen tragen, ist die Untersuchung der vertikalen Kieferrelation der alten Prothese oft eine Entscheidungshilfe. Alle anderen Vorschläge zur Festlegung der vertikalen Kieferrelation haben sich in der Praxis oder den Studi-

en entsprechend nicht in gleicher Art bewährt oder sind nicht geeignet! Da die vertikale Kieferrelation nicht punktgenau festgelegt werden kann [115], muss sie während der Herstellung einer Totalprothese mehrfach und kritisch mit verschiedenen Verfahren kontrolliert und bei Bedarf entsprechend korrigiert werden.

2.3 Horizontale Kieferrelationsbestimmung

2.3.1 Literaturrecherche zum Thema horizontale Kieferrelation

Eine Literaturrecherche erfolgte im September 2008 in Medline PubMed zunächst ohne Limits. Mit den Suchkriterien „Complete denture(s) AND horizontal relation“ oder „check bite“ wurde keine Studie, mit „Complete denture(s) AND jaw relation“ 70 Studien, mit „Complete denture(s) AND central bearing point“ 8 Studien, mit „complete denture(s) AND centric relation“ 15 Studien sowie mit „Complete denture(s) AND centric occlusion“ 21 Studien identifiziert, wovon insgesamt nur 4 verwendbar waren.

Bei der Suche in Medline PubMed ohne Limits wurden bei den Suchbegriffen „Complete denture(s) AND centric relation“ 240 Studien und 9 Reviews, bei „Complete denture(s) AND centric occlusion“ 402 Studien und 13 Reviews, sowie bei „Complete denture(s) AND Gothic arch“ 11 Studien gefunden, wobei insgesamt 12 verwendet werden konnten.

Die Suche in der Deutschen Zahnärztlichen Zeitschrift im Oktober 2008 ergab für den Suchbegriff „Totalprothesen“ 19 Studien, wovon eine verwendbar war, während die Suchbegriffe „Horizontale Relation“ und „Horizontale“ keine brauchbaren Resultate lieferte. Die restlichen Studien wurden per Hand-suche identifiziert.

2.3.2 Bedeutung der horizontalen Kieferrelation

Für die Lagezuordnung des Unterkiefers in sagittal-transversaler Richtung sind die Ziele allgemein anerkannt: Beim Zahnkontakt während des Kieferschlusses in maximaler Interkuspitation sollen sich die Prothesen rechts und links gleichzeitig und gleichmäßig berühren, ohne dass sich die obere und die untere Prothese auf dem Tegument verschie-

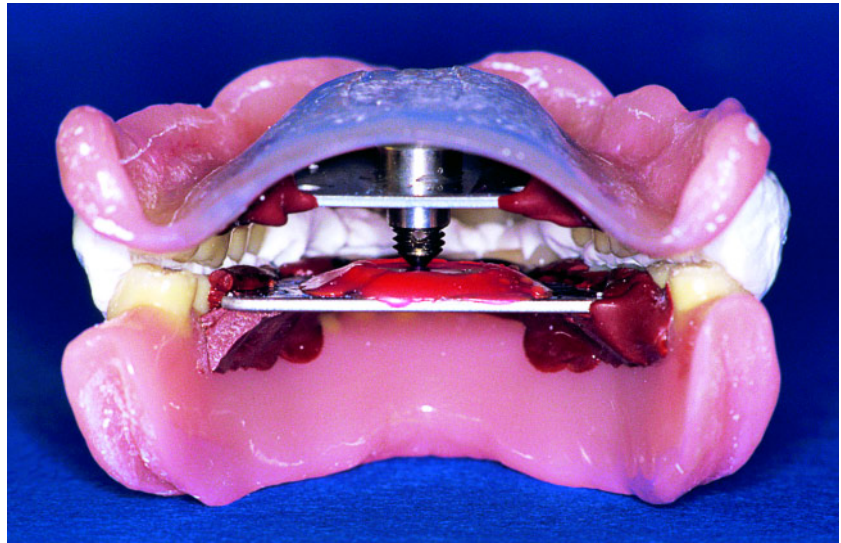


Abbildung 1 Zentrales Stützstiftregistat bei der Remontage von Totalprothesen nach der intraoralen Verschlüsselung von dorsal.

ben. Wird dieses Ziel nicht erreicht, dann werden folgende negative Auswirkungen beschrieben, die für die Akzeptanz und die Funktionstüchtigkeit des Zahnersatzes von Bedeutung sind [75]:

- verändertes Aussehen
- schlechter sitzende (= weniger gut saugende) Prothesen
- Schleimhautreizungen, Druckstellen, Schleimhautbrennen, Prothesenstomatitis
- Prothesenklappern, Phonationsprobleme
- Pressen, Knirschen (indirekt)
- unspezifische Beschwerden: Suchen der Unterkieferposition („Kontrollkontakte“)
- Unwohlsein, Müdigkeit der Muskeln
- verstärkte Knochenresorption
- craniomandibuläre Dysfunktion.

Auch hier ist sicher ein Mangel an validen, vergleichenden Studien zu verzeichnen, die in einem begrenzten Rahmen ethisch vertretbar wären.

2.3.3 Vorschläge zur Einstellung der horizontalen Kieferrelation

2.3.3.1 Übersicht

Da beim Zahnlosen die Zähne zur Einstellung der horizontalen Relation nicht mehr herangezogen werden können, bleiben nur noch zwei Möglichkeiten: Entweder dominiert die Muskulatur die Lagebestimmung, oder der Behandler positioniert den Unterkiefer durch seine Führung in eine Grenzposition der Kie-

fergelenke. Die empfohlenen Methoden zur Festlegung der horizontalen Kieferrelation sind vielfältig.

2.3.3.2 Zentrische Kondylenposition

Zur Einstellung der zentrischen Kondylenposition als Ausgangspunkt zur Etablierung der statischen Okklusion existieren unterschiedliche Verfahren. Nur wenige Studien zur Reproduzierbarkeit dieser Unterkieferhaltung sind für unbezahnte Patienten vorhanden, wobei nur eine Untersuchung einen systematischen Methodenvergleich beschreibt. Das übliche Verfahren, die horizontale Relationsbestimmung durchzuführen, ist die sogenannte „Handbissnahme“, die im Sinne der im Jahre 2006 neu aufgelegten Nomenklatur besser als „handgeführte Kieferrelationsbestimmung“ bezeichnet wird. Dem steht die Relationsbestimmung mit zentralen Stützstiftplatten gegenüber.

a) Handgeführte Kieferrelationsbestimmung

Die handgeführte Kieferrelationsbestimmung kann auf den Funktionsabformungen, mit Registrierschablonen (Wachswallschablonen, „Bisschablonen“) oder mit Prothesen erfolgen. Als Registat-Materialien haben sich geeignete Wachse oder thermoplastische Massen bewährt. Hilfreich ist es, Eingriffmulden oder Fingerstützen im Belastungszentrum seitlich der Wachswälle bzw. der Prothesen anzubringen. Während der bimanuellen Durchführung der Rela-

tionsbestimmung liegen die Daumen am horizontalen Unterkieferast, die Zeigefinger fixieren gleichzeitig die untere Schablone/Prothese auf dem Tegument. Man achtet auf die Position der Unterarme, die in der Verlängerung der Medianebene des Kopfes liegen sollten, während der Unterkiefer in die zentrische Kondylenposition geführt wird.

Gegenüber dem Stützstiftverfahren bietet die handgeführte Kieferrelationsbestimmung zeitlich deutliche Vorteile und lässt sich mit Registrierschablonen ohne zusätzliches technisches Equipment am Patienten durchführen. Das ist sicher der wesentliche Grund, warum dieses Verfahren in der Praxis das übliche ist. Allerdings ist nicht nur die Reproduzierbarkeit der „Handbissnahme“ der der Pfeilwinkelregistrierung geringfügig unterlegen. Darüber hinaus ist die Gefahr von Fehlregistrierungen wegen der begrenzten Kontrollmöglichkeiten höher [102, 103].

Die handgeführte Kieferrelationsbestimmung – mag sie auch noch so präzise durchgeführt werden – resultiert immer in einer Grenzposition der Kiefergelenke und somit in einer vom Behandler manipulierten Unterkieferhaltung: Ohne Führung des Unterkiefers und Stabilisierung der Schablonen lässt sich keine Relationsbestimmung bei zahnlosen Patienten durchführen.

b) Zentrale Stützstiftregistrierung

Bei der zentralen Stützstiftregistrierung sind folgende Probleme zu berücksichtigen [47, 48, 56, 61, 69, 71, 81, 110, 113, 116]:

- Die Aufzeichnung erfordert eine Aktivität der Muskulatur, die die Unterkieferlage möglicherweise ungünstig beeinflussen kann.
- Die den Zungenraum verkleinernden Platten können das „muskuläre Gleichgewicht“ stören.
- Es ist unklar, was mit dem Begriff „zentral“ gemeint ist.
- Zahlreiche Einflussfaktoren können das Ergebnis der Registrierung verändern.

Die Position des Stützstifts soll die gleichmäßige Belastung der Registrierschablonen und des Teguments gewährleisten, so dass die Schablonen nach dem leichten Kieferschluss bei dann zunehmender Schließkraft in zentrischer Kondylenposition in Ruhe liegen bleiben und keinesfalls auf dem Prothesenlager rutschen.

Die handgeführte Kieferrelationsbestimmung und die Verschlüsselung auf der Pfeilwinkelspitze haben unterschiedliche Unterkieferpositionen zur Folge [13, 50, 53, 85, 99, 103, 116]. Die Differenzen können im Gelenkbereich räumlich um die 1 mm betragen. Da die Studien bei Totalprothesenträgern durchgeführt wurden, kann über die Abweichungsrichtung allerdings keine valide Aussage getroffen werden: Bei den Messungen kann nicht zwischen Verlagerung der Prothesen und Verlagerung des Unterkiefers differenziert werden. Dies wäre nur bei bezahnten Probanden möglich. Nicht nur die Positionen, auch die Reproduzierbarkeit der beiden Verfahren sind verschieden (im Kiefergelenkbereich räumlich: handgeführte Kieferrelationsbestimmung: $0,7 \pm 0,4$ mm; Pfeilwinkelregistrierung: $0,5 \pm 0,3$ mm). Etwas präziser ist also die Relationsbestimmung mit zentralen Stützstiftplatten und der Verschlüsselung auf der Pfeilwinkelspitze [99, 100, 102, 103]. Die Genauigkeit korrespondiert hier eher mit der tatsächlich beim Patienten erforderlichen Präzision der Einstellung der Okklusion (interokklusale Tastempfindung bei Totalprothesenträgern: $0,4 \pm 0,3$ mm) [104]. Für die Pfeilwinkelregistrierung spricht, dass okklusale Diskrepanzen besser sichtbar werden [8].

Nur eine Studie ist uns zu der sicher letztlich entscheidenden Frage bekannt, ob Patienten mit der einen oder anderen Methode auf Dauer besser zurechtkommen. Auch hier scheint die Pfeilwinkelmethode Vorteile zu besitzen (allerdings ohne statistisch signifikante Unterschiede festzustellen) [102, 103].

Für eine gute Reproduzierbarkeit ist generell die Aufzeichnung des Pfeilwinkels unter Handführung des Behandlers und die Verschlüsselung auf der Pfeilwinkelspitze empfehlenswert. Eine anteriore Verschlüsselung hinter der Pfeilwinkelspitze, möglicherweise in der individuell zu definierenden Mitte eines Adduktionsfeldes, mit dem Ziel eine unphysiologisch weit dorsale oder manipulierte Unterkieferposition zu vermeiden, lässt dagegen keine brauchbare Überprüfung der Position zu. Für die Verschlüsselung auf der Pfeilwinkelspitze spricht auch die Tatsache, dass unter Führung des Unterkiefers durch den Behandler eine gegenüber der handgeführten Kieferrelationsbestimmung weiter anteriore Lage der Mandibula resultiert [41]. Es ist also nicht notwendig (wäre aber auch nur bei diesem Verfah-

ren möglich), „hinter der Pfeilwinkelspitze“ zu verschlüsseln, um gezielt einen Abstand zwischen ZKP und der neuen maximalen Interkuspidation zu erzeugen.

Die Aufzeichnung des Pfeilwinkels lässt sich heute mit elektronischer Unterstützung durchführen [109]. Die Möglichkeit, die aufgewendete Kieferschließkraft während der Registrierung zu kontrollieren, ist von Vorteil. Allerdings gibt es keine Studien zu der Frage, wie hoch die Kraft sein muss/darf. Die Schließkräfte liegen unkontrolliert meist unter 10 N [44]; Kräfte über 5 N scheinen negative Einflüsse zu haben [47, 48, 113]. Unklar ist auch, inwieweit die Höhe der aufgewendeten Kieferschließkraft etwas mit dem späteren Zurechtkommen der Patienten mit den Prothesen zu tun hat. Die bei dieser oder vergleichbarer Technik vorgegebene Platzierung des Unterkiefers zur Pfeilwinkelspitze lässt sich weder nachvollziehen noch trifft sie mit den natürlichen Gegebenheiten überein [21].

Im Gegensatz zur handgeführten Kieferrelationsbestimmung hat die zentrale Stützstiftregistrierung Kontraindikationen, die auf der prinzipiellen Systematik beruhen:

- ausgedehnte Schlotterkämme, die ein ungleichmäßiges Einsinken der Prothesen bei Belastung bewirken
- Defektprothesen, bei denen das Tegument nicht gleichmäßig belastet werden kann
- stark abweichende Prothesenschwerpunkte in Ober- und Unterkiefer
- keine stabile Lage der Prothesen (große Zunge, Proglissement u. a.)
- Patienten, die nicht mitarbeiten können (Bewusstseinslage!).

2.3.3.3 Neuromuskulär bestimmte Position

Beim Bezahnten führt die Muskulatur den Unterkiefer in der Regel komplikationslos in die maximale Interkuspidation hinein. Daher liegt es nahe, die Schließbewegungen der Mandibula zur Registrierung der Unterkieferlage beim unbezahnten Patienten heranzuziehen, in der Annahme, dass dadurch eine der ursprünglichen maximalen Interkuspidation nahekommende und damit physiologische horizontale Unterkieferhaltung festgelegt wird.

Dies ist aus mehreren Gründen kritisch zu sehen:

1. Registrierungen der neuromuskulär bestimmten Lage resultieren nicht in

einer punktförmigen, eindeutigen Position. Mit Stützstiftplatten ergeben sich verschieden geformte „Adduktionsfelder“. Daraus eine „richtige“ Position für den Unterkiefer herauszulesen, ist der individuellen Interpretation des Behandlers überlassen und deshalb mit Fehlern behaftet. Auch mit anderen muskelorientierten Verfahren ist keine eindeutige Interkuspitation zu erhalten, die später eine sichere Zuordnung der Schablonen außerhalb des Mundes erlaubt. Die Reproduzierbarkeit dieses Verfahrens ist daher zwangsläufig reduziert [34, 98].

2. Messergebnisse zeigen, dass selbst bei Bezahnten die mit zentralen Stützstiftplatten erzielte neuromuskulär bestimmte Position nicht mit deren maximaler Interkuspitation identisch ist [12, 21, 26, 34, 38, 42, 46, 49, 51, 86, 98, 111]. Das Ziel, die ursprüngliche maximale Interkuspitation im idealen Fall zu übertragen, wird nicht erreicht.
3. Die praktische Durchführung einer von der Muskulatur dominierten Registrierung wird zusätzlich dadurch kompliziert, dass die Stützstiftplatten die Muskulatur in nicht voraussehender Weise beeinflussen und dem Unterkiefer eine fremdkörperbedingte Lage geben, mit mannigfaltigen Einflüssen auf die Registrierung [12, 37, 52, 70, 84, 98].
4. Registrierungen nach vorhergehender Stimulation der Kaumuskulatur z. B. mit dem Myomonitor [45] aktivieren nur einen kleinen Anteil der Kaumuskulatur. Die resultierende Position kann daher nicht als physiologisch angesehen werden.
5. Die Unterkieferlage verändert sich bei Patienten mit Totalprothesen im Laufe der Tragezeit in eine zunehmend anteriore Haltung, bedingt durch Einlagerung der Prothesen, Abrasion der Zähne, Resorption der Alveolarknochen und resultierende Verschiebung der Okklusion der Prothesen [18, 23, 89, 93–97]. Die Muskulatur adaptiert sich. Das würde im Laufe der Jahre eine immer weiter nach anterior verschobene Unterkieferhaltung bedeuten.

Aus den oben dargelegten Gründen sollte die neuromuskuläre Registrierung zur Herstellung von Totalprothesen keinesfalls als alleiniges Verfahren eingesetzt werden.

2.4 Fazit zur Kieferrelationsbestimmung bei zahnlosen Patienten

Die Kieferrelationsbestimmung bei zahnlosen Patienten beinhaltet bei der Festlegung der vertikalen und der horizontalen Dimension einige Unsicherheitsfaktoren, die in der Fehleranfälligkeit dieser Arbeitsschritte begründet sind. Daher ist die kritische Kontrolle der eingestellten vertikalen und horizontalen Unterkieferlage sehr zu empfehlen. Für den Erfolg ist neben der für das Vorgehen vorausgesetzten Gesundheit des stomatognathen Systems [73] auch die Aufklärung des Patienten von wesentlicher Bedeutung: In jedem Fall darf nicht vergessen werden, dass eine Adaptation an die neue Unterkieferhaltung bzw. an den neuen Zahnersatz insgesamt nach der Eingliederung einer Prothese erforderlich ist [67]. Die Bedeutung der Adaptation machen indirekt solche Studien deutlich, die in der Mehrheit keinen Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Herstellungsverfahren von Totalprothesen und der Zufriedenheit der Patienten nachweisen konnten (allerdings ist in einigen Fällen die Methodik in Zweifel zu ziehen, weil oft zu viele Parameter miteinander vermischt wurden) [7, 9, 22, 27, 40, 108].

2.5 Forschungsbedarf

Es fehlen prospektive, doppelblinde klinische Studien, die mehrere unterschiedliche Verfahren vergleichend untersuchen und die eine größere Stichprobe unter Beachtung folgender Parameter beinhalten:

- Adaptierbarkeit/Zurechtkommen
- Reproduzierbarkeit
- Validität des verwendeten Untersuchungsprotokolls
- Aufwand
- Behandlerinfluss
- Kosten.

3 Kieferrelationsbestimmung beim Teil- und Vollbezahnten

3.1 Bestimmung der zentrischen Kondylenposition

3.1.1 Grundlagen

Wenn nicht ausreichend viele okkludierende Zahnpaare zur Verfügung stehen,

oder wenn Änderungen der vertikalen oder horizontalen Kieferrelation angestrebt werden, muss beim Teil- und Vollbezahnten die Registrierung der zentrischen Kondylenposition erfolgen. In den übrigen Fällen kann die Zuordnung des Unterkiefer- zum Oberkiefermodell in maximaler Interkuspitation durchgeführt werden [2, 11]. Auch bei der Bestimmung der zentrischen Kondylenposition beim funktionsgesunden Teil- und Vollbezahnten muss auf die Verwendung der geeigneten Technik und die Materialauswahl geachtet werden [7].

3.1.2 Literaturrecherche

Die folgende Literaturübersicht beruht auf einer Literaturrecherche vom September 2008. Es wurde eine MeSH-Suche in PubMed mit folgenden Begriffen durchgeführt: „Jaw relation record“ OR „centric relation“ NOT „craniomandibular disorders“ NOT „dental occlusion, traumatic“ NOT „dental occlusion, balanced“. Die Suche erbrachte 93 Treffer, wobei 10 Publikationen für die Fragestellung gänzlich ungeeignet waren und 2 Publikationen nicht auf Deutsch oder Englisch vorlagen. Zusätzlich wurde in der Datenbank des Deutschen Ärzte-Verlags (Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift) eine Suche durchgeführt (9 Treffer). Ferner wurden die Literaturverzeichnisse der gefundenen Studienartikel analysiert; es konnten 13 weitere relevante Beiträge identifiziert werden. Alle gefundenen Artikel wurden hinsichtlich der Fragestellung „Materialauswahl“ und „Technik“ (s. u.) untersucht. 32 Studienartikel erfüllten die Kriterien.

3.1.3 Reproduzierbarkeit

Die Reproduzierbarkeit des intraoralen Stützstiftregistrats liegt im Kiefergelenkbereich bei Vollbezahnten räumlich bei ca. 0,4 – 0,5 mm und positioniert den Unterkiefer weiter anterior und kranial als andere Methoden [8, 12]. Zusätzlich ist dieses Verfahren recht aufwendig und erfordert die aktive Mitarbeit des Patienten. Die Reproduzierbarkeit der Registrierung mittels Kinnmanipulation (z. B. Lauritzen-Griff) liegt zwischen 0,4 und 0,5 mm, wobei die Erfahrung des Behandlers bei der Führung des Patienten generell einen Einfluss hat [15]. Eine gute Reproduzierbarkeit weist die bimanuelle Führung auf [7, 14]. Hier ist eine mittlere Schwankungsbreite von 0,3 – 0,4 mm zu



Abbildung 2 Intraorale Adaptation eines Checkbiss-Registrates. Der Unterkiefer muss dabei in die zentrische Kondylenposition geleitet werden.

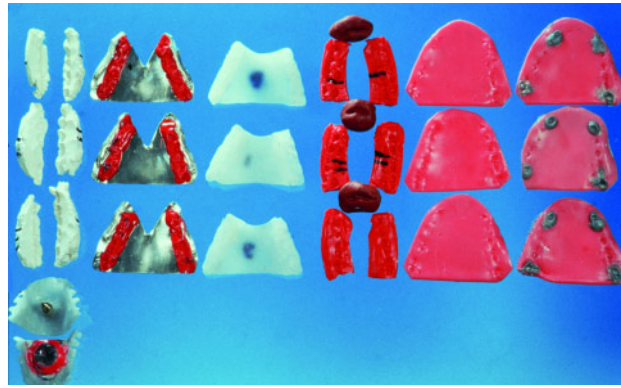


Abbildung 3 Verschiedene Checkbiss-Registrate, mit denen die zentrische Kondylenposition festgelegt werden kann.

(Abb. 1–3: K.-H. Utz)

erwarten [12]. Dabei wird die überlegene Reproduzierbarkeit der bimanuellen Führung gegenüber der intraoralen Stützstiftregistrierung und der Kinnmanipulation durch die Streubreite der Messwerte relativiert. Somit erscheinen die genannten Verfahren grundsätzlich geeignet [4]. Für andere Methoden ist die Datenlage bisher unzureichend [1, 3].

Da jedoch die Reproduzierbarkeit der maximalen Interkuspitation deutlich besser ist als die Reproduzierbarkeit der zentrischen Kondylenposition [13], sollte die maximale Interkuspitation als bevorzugte Kieferrelation verwendet werden, wenn dies möglich und aus zahnmedizinischer Sicht sinnvoll ist.

3.1.4 Materialauswahl

Bei der Materialauswahl zur Registrierung der zentrischen Kondylenposition bei Teil- und Vollbezahnten sollten möglichst dimensionsstabile Werkstoffe zum Einsatz kommen [9]. Hierfür sind grundsätzlich Trägerplatten aus Kunststoff, Zinn oder Wachsen geeignet [12]. Die Reproduzierbarkeit der Wachsträgerplatten [5] (in Kombination mit Aluwachs oder Zinkoxid-Eugenol-Präparaten als Verschlüsselungsmaterial) ist im Vergleich zu den Kunststoffplatten oder Zinnfolien geringfügig besser (0,3 mm versus 0,4 mm), wobei auch hier die Streuung der Messwerte dieses Ergebnis relativiert [12].

3.1.5 Zusammenfassung

Die dargestellten Ergebnisse zeigen, dass die Reproduzierbarkeit von bimanuellen Registraten unter Verwendung von Wachsträgerplatten alleine oder in Kombination mit Zinkoxid-Eugenol-

Präparaten bzw. Aluwachs als Verschlüsselungsmaterial gegenüber den anderen Verfahren/Materialien geringfügig überlegen ist. Ob von dieser verbesserten Reproduzierbarkeit der Patient profitiert, lässt sich durch die derzeitige Datenlage nicht klären [10]. Zusätzlich ist unabhängig vom verwendeten Verfahren eine Adaptationsfähigkeit des Patienten Grundlage eines jeden Behandlungserfolgs.

3.2 Kieferrelationsbestimmung in maximaler Interkuspitation

3.2.1 Literaturrecherche

Bei der Bestimmung der maximalen Interkuspitation beim funktionsgesunden Teil- und Vollbezahnten muss auf die Verwendung der geeigneten Technik und die Materialauswahl geachtet werden [5, 10]. Die folgende Literaturübersicht beruht auf einer Literaturrecherche vom September 2008. Es wurde eine Suche in PubMed mit folgenden Begriffen durchgeführt: „intercuspatation“ or „maximal occlusion“ or „maximum intercuspal contacts“ or „intercuspal contact“. Die Suche erbrachte 240 Treffer, wobei lediglich 20 Publikationen für die Fragestellung geeignet waren. Zusätzlich wurde in der Datenbank des Deutschen Ärzte-Verlags (Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift) eine Suche durchgeführt (3 relevante Treffer). Zusätzlich wurden die Literaturverzeichnisse der relevanten Treffer durchsucht (2 weitere Treffer).

3.2.2 Reproduzierbarkeit

Grundsätzlich lässt sich die maximale Interkuspitation deutlich zuverlässiger/reproduzierbarer bestimmen als die zentrische Kondylenposition. Der Interclass-Correlation-Coeffizient liegt bei ca. 0,8 [4] und die sagittale Reproduzierbarkeit im Kiefergelenkbereich bei 0,1 mm [10]. Es muss jedoch beachtet werden, dass das Vorliegen zweier vollbezahnter Kiefer beim Patienten keineswegs bedeutet, dass die Modelle später schaukelfrei aufeinander positioniert werden können [10]. Daher empfiehlt es sich, auch die maximale Interkuspitation mittels geeigneter Materialien zu fixieren. Zusätzlich spielt offensichtlich die Abformtechnik in diesem Zusammenhang eine Rolle [8].

Bei der Materialauswahl zur Registrierung der maximalen Interkuspitation sollten möglichst dimensionsstabile Werkstoffe zum Einsatz kommen, die einerseits dem Durchbiss einen möglichst geringen Widerstand entgegensetzen, andererseits im ausgehärteten Zustand eine ausreichende Stabilität besitzen [5]. Daher sind hierfür Vinyl-Polysiloxane [7] geeignet, als auch Polyethermaterialien [1, 6] und multifunktionelle Methacrylate auf Bis-Acrylat-Basis [12]. Doch auch bei der Verwendung dieser Materialien ist mit Ungenauigkeiten zu rechnen [12], weshalb das Radieren der Modelle bis zum Auftreten gleich lokalisierter Kontakte wie im Mund, empfohlen wird [11, 3].


3.2.3 Materialauswahl

Wachse erscheinen für die Registrierung der maximalen Interkuspitation hingegen nicht geeignet, da diese bei In-vitro-Studien ca. 4 x größere Abwei-

chungen aufweisen, als z. B. Polyethermaterialien (38 µm versus 8 µm) [6].

3.2.4 Zusammenfassung

Die dargestellten Ergebnisse zeigen, dass die Reproduzierbarkeit der Registrierung der maximalen Interkuspitation unter Verwendung von Vinyl-Polysiloxanen als auch Polyethermaterialien ausreichend genau ist. Das Radieren der ein-

artikulierten Modelle bis zum Auftreten von gleich lokalisierten Kontakten wie im Mund erscheint zielführend. 

K.H. Utz, Bonn

M. Schmitter, Heidelberg

W.B. Freesmeyer, Berlin

T. Morneburg, Erlangen

A. Hugger, Düsseldorf

J.C. Türp, Basel

P. Rammelsberg, Heidelberg

Literatur zu Punkt 2 (Kieferrelationsbestimmung)

1. Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik [AGF]: Nomenklatur der Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik innerhalb der DGZMK. Dtsch Zahnärztl Z 47, 347–347 (1992)
2. Babu CLS, Singh S, Rao SN: Determination of vertical dimension of rest. A comparative study. J Prosthet Dent 58, 238–245 (1987)
3. Bähr U, Schwindling R: Optische Untersuchungen zur Bestimmung der physiologischen Ruhelage. Dtsch Zahnärztl Z 29, 1002–1007 (1974)
4. Basler FL, Douglas JR, Moulton RS: Cephalometric analysis of the vertical dimension of occlusion. J Prosthet Dent 11, 831–835 (1961)
5. Beckenbach K: Untersuchungen der Bisshöhe beim Schlussbiss und während der Ruhelage des Unterkiefers. Med Diss, Mainz (1956)
6. Benediktsson E: Variation in tongue and jaw position in „s“ sound production in relation to front teeth occlusion. Acta Odontol Scand 15, 275–303 (1958)
7. Berg E: The influence of some anamnestic, demographic, and clinical variables on patient acceptance of new complete dentures. Acta Odontol Scand 42, 119–127 (1984)
8. Berg E, Knudsen G: Observer variability of and comparison between visual and central bearing point methods of evaluating denture occlusion. Scand J Dent Res 91, 391–395 (1983)
9. Bergman B, Carlsson GE: Review of 54 complete denture wearers. Patients opinions 1 year after treatment. Acta Odontol Scand 30, 399–414 (1972)
10. Böhm A, Rammelsberg P, May H-C, Pho Duc J-M, Pospiech P, Gernet W: Direkte dreidimensionale elektronische Kondylenpositionsanalysen zur Bestimmung von RKP-IKP-Diskrepanzen. Dtsch Zahnärztl Z 50, 35–39 (1995)
11. Böhm A, Rammelsberg P, Pho Duc J-M, May H-C, Pospiech P, Gernet W: Elektronische Kondylenpositionsanalyse bei Gesunden und Patienten mit anteriorer Diskusverlagerung im Kiefergelenk. Dtsch Zahnärztl Z 50, 553–557 (1995)
12. Boos RH: Intermaxillary relation established by biting power. J Am Dent Assoc 27, 1192–1199 (1940)
13. Borchers L, Jung T, Kpodzo-Yamoah E, Masterson J: Zur Reproduzierbarkeit der Relationsbestimmung. Dtsch Zahnärztl Z 34, 599–602 (1979)
14. Burnett CA: Reproducibility of the speech envelope and interocclusal dimensions in dentate subjects. Int J Prosthodont 7, 543–548 (1994)
15. Burnett CA: Clinical rest and closest speech positions in the determination of occlusal vertical dimension. J Oral Rehabil 27, 714–719 (2000)
16. Carlsson GE, Bratt C-M, Helkimo M, Ingervall B: Die Ruheschwebe („Haltungslage“) des Unterkiefers. Dtsch Zahnärztl Z 28, 443–446 (1973)
17. Carossa S, Catapano S, Scotti R, Preti G: The unreliability of facial measurements in the determination of the vertical dimension of occlusion in edentulous patients. J Oral Rehabil 17, 287–290 (1990)
18. Ciftci Y, Kocadereli I, Canay S, Senyilmaz P: Cephalometric evaluation of maxillomandibular relationships in patients wearing complete dentures: A pilot study. Angle Orthod 75, 821–825 (2005)
19. Cohen S: A cephalometric study of rest position in edentulous persons: Influence of variations in head position. J Prosthet Dent 7, 467–472 (1957)
20. de Souza RF, Compagnoni MA: Relation between speaking space of the / s / sound and freeway space in dentate and edentate subjects. Braz Oral S 18, 333–337 (2004)
21. Delbach HA: Klinisch-experimentelle Evaluation des Intraoral Pressureabhängigen Registrations (IPR)-Systems zur maxillomandibulären Relationsbestimmung. Med Diss, Oberhausen (2009)
22. Diehl RL, Dolan TA: Factors associated with successful denture therapy. J Prosthodont 5, 84–90 (1996)
23. Douglass JB, Meader L, Kaplan A, Ellinger CW: Cephalometric evaluation of the changes in patients wearing complete dentures: A 20-year study. J Prosthet Dent 69, 270–275 (1993)
24. Edwards CL, Richards MW, Billy EJ, Neilans LC: Using computerized cephalometrics to analyze the vertical dimension of occlusion. Int J Prosthodont 6, 371–376 (1993)
25. Ekfeldt A, Jemt T, Mansson L: Interocclusal distance measurement comparing chin and tooth reference points. J Prosthet Dent 47, 560–563 (1982)
26. Felber M: Beeinflussen tageszeitliche Schwankungen die Größe und Lage des Adduktionsfeldes. Med Diss, Bonn (1982)
27. Fenlon MR, Sherriff M, Walter JD: Association between the accuracy of intermaxillary relations and complete denture usage. J Prosthet Dent 81, 520–525 (1999)
28. Ferrario VF, Sforza C, Miani A, D'Addona A, Tartaglia G: Statistical evaluation of some mandibular reference positions in normal young people. Int J Prosthodont 5, 158–164 (1992)
29. Fujii H, Stoltze K, Tryde G, McMillan DR, Brill N: A comparative study of three different approaches to the comfortable zone. J Oral Rehabil 4, 125–130 (1977)
30. Garnick J, Ramfjord SP: Rest position. An electromyographic and clinical investigation. J Prosthet Dent 12, 895–911 (1962)
31. Gattozzi JG, Nicol BR, Somes GW, Ellinger CW: Variations in mandibular rest positions with and without dentures in place. J Prosthet Dent 36, 159–163 (1976)
32. Gemeinsame Stellungnahme der AFDT und DGZPW: Terminologie der Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik und Therapie (AFDT) und der Deutschen Gesellschaft für zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde (DGZPW). Dtsch Zahnärztl Z 61, 8–10 (2006)
33. George JP, Boone ME: A clinical study of rest position using the Kinesiograph and Myomonitor. J Prosthet Dent 41, 456–462 (1979)
34. Graser GN: An evaluation of terminal hinge position and neuromuscular position in edentulous patients. Part. I. Maxillomandibular recordings. J Prosthet Dent 36, 491–500 (1976)
35. Gross MD, Nissan J, Ormianer Z, Dvori

- S, Shifman A: The effect of increasing occlusal vertical dimension on face height. *Int J Prosthodont* 15, 353–357 (2002)
36. Harris HL: Effect of loss of vertical dimension on anatomic structures of the head and neck. *J Am Dent Assoc* 25, 175–192 (1938)
37. Hayashi H, Mizokami T: Studies of the antero-posterior tooth contact position through tapping based upon habitual small mandibular movements. *Bull Tokyo Dent Coll* 23, 83–112 (1982)
38. Helkimo M, Ingervall B, Carlsson GE: Variation of retruded and muscular position of mandible under different recording conditions. *Acta Odontol Scand* 29, 423–437 (1971)
39. Herrmann HW: Untersuchungen über die Ruheschwebe. *Dtsch Zahnärztl Z* 21, 948–951 (1966)
40. Heydecke G, Vogeler M, Wolkewitz M, Türp JC, Strub JR: Simplified versus comprehensive fabrication of complete dentures: Patient ratings of denture satisfaction from a randomized crossover trial. *Quintessence Int* 39, 107–116 (2008)
41. Howell PGT: Incisal relationships during speech. *J Prosthet Dent* 56, 93–99 (1986)
42. Howell RA: A clinical study of horizontal jaw relationships in edentulous patients. *J Dent* 9, 318–327 (1981)
43. Hupfaut L: Über die physiologische Ruhelage des Unterkiefers. *Dtsch Zahnärztl Z* 14, 1014–1017 (1959)
44. Jakstat H, Gütschow F: Messung der aufgewendeten Kieferschlußkraft während der Stützstiftregistrierung bei vollbezahnten Probanden. *Dtsch Stomatol* 41, 117–120 (1991)
45. Jankelson B, Sparks S, Crane PF, Radke JC: Neural conduction of the Myo-monitor stimulus: a quantitative analysis. *J Prosthet Dent* 34, 245–253 (1975)
46. Jiménez ID: Electromyography of masticatory muscles in three jaw registration positions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 95, 282–288 (1989)
47. Jüde H-D, Jakstat H, Vogel A, Genieser A: Das Ergebnis der Stützstiftregistrierung in Abhängigkeit von Kraft und veränderter Stiftposition in der Transversalen. *Dtsch Stomatol* 41, 273–275 (1991)
48. Jüde H-D, Vogel A, Jakstat H, Genieser A: Über den Einfluss der Kieferschlußkraft auf das Ergebnis der Stützstiftregistrierung in der Sagittalen. *Dtsch Zahnärztl Z* 45, 561–563 (1990)
49. Kamps N: Untersuchungen über das Adduktionsfeld. *Med Diss, Bonn* (1978)
50. Kapur KK, Yurkstas AA: An evaluation of centric relation records obtained by various techniques. *J Prosthet Dent* 7, 770–786 (1957)
51. Kloos HM: Die zentrale und habituelle Okklusion. *Med Diss, Mainz* (1970)
52. Koeck B, Bierwirth JT: Die Veränderung der Ruheschwebe des Unterkiefers in Abhängigkeit von Schwerkraft, Kopf- und Körperhaltung. *Dtsch Zahnärztl Z* 41, 1161–1165 (1986)
53. Koller MM, Ludwig J, Voß R: Streubereiche von Handbissnahme und Stützstiftregistrierung. *Dtsch Zahnärztl Z* 38, 40–43 (1983)
54. Koller MM, Merlini L, Spandre G, Palla S: A comparative study of two methods for the orientation of the occlusal plane and the determination of the vertical dimension of occlusion in edentulous patients. *J Oral Rehabil* 19, 413–425 (1992)
55. Konchak PA, Thomas NR, Lanigan DT, Devon RM: Freeway space measurement using mandibular Kinesiograph and EMG before and after TENS. *Angle Orthod* 58, 343–350 (1988)
56. Kühl W: Okklusion und Artikulation in der Totalprothetik. *Dtsch Zahnärztl Z* 25, 218–222 (1970)
57. Laird WRE: Intermaxillary relationships during deglutition. *J Dent Res* 53, 127–131 (1974)
58. Landa JS: The free-way space and its significance in the rehabilitation of the masticatory apparatus. *J Prosthet Dent* 2, 756–779 (1952)
59. Lantos M: Die Vertikaldimension von Totalprothesenträgern im Fernröntgenseitenbild. *Med Diss, Bonn* (2006)
60. Lentner E, Rammelsberg P, Böhm A, Pospiech P, Gernet W: Zum Untersuchungseinfluss auf Lage und Reproduzierbarkeit der zentrischen Kondylenposition. *Dtsch Zahnärztl Z* 52, 411–415 (1997)
61. Linsen S, Weisbach M, Grüner M, Koeck B: Über den Einfluss der Kieferschließkraft und der Verschiebung des Stützstiftes in der Transversalen auf die intraorale Stützstiftregistrierung. *Dtsch Zahnärztl Z* 61, 286–290 (2006)
62. Manns A, Miralles R, Palazzi C: EMG, bite force, and elongation of the masseter muscle under isometric voluntary contractions and variations of vertical dimension. *J Prosthet Dent* 42, 674–682 (1979)
63. McMillan DR, Barbenel JC, Quinn DM: Measurement of occlusal face height by dividers. *Dent Practitioner* 20, 177–179 (1970)
64. Millet C, Jeannin C, Vincent B, Malquati G: Report on the determination of occlusal vertical dimension and centric relation using swallowing in edentulous patients. *J Oral Rehabil* 30, 1118–1122 (2003)
65. Miralles R, Dodds C, Pallazi C, Jaramillo C, Quezada V, Ormeno G, Villegas R: Vertical dimension. Part I: Comparison of clinical freeway space. *J Craniomand Practice* 19, 230–236 (2001)
66. Morimoto T, Abekura H, Tokuyana H, Hamada T: Alternation in the bite force and EMG activity with changes in the vertical dimension of edentulous subjects. *J Oral Rehabil* 23, 336–341 (1996)
67. Müller F: Zur Adaptation und Funktion von Totalprothesen. *Med Habil Schr, Mainz* (1996)
68. Niswonger ME: The rest position of the mandible and the centric relation. *J Am Dent Assoc* 21, 1572–1582 (1934)
69. Obrez A, Stohler CS: Jaw muscle pain and its effect on gothic arch tracings. *J Prosthet Dent* 75, 393–398 (1996)
70. Omatsu M: A study on the tapping point drawing method for registration of maxillomandibular relationships in edentulous patients: Part I. Influence of the tapping force on the tapping point. *Bull Tokyo Dent Coll* 37, 63–69 (1996)
71. Omatsu M, Mizokami T: Study on the influence of tapping force for registration of centric maxillomandibular relation on the antero-posterior position of tapping area. *Bull Tokyo Dent Coll* 29, 125–134 (1988)
72. Ott RW: Interokklusalabstand und Bisslageänderung beim Bezahnten und Zahnlosen. *Dtsch Zahnärztl Z* 46, 762–765 (1991)
73. Palla S: Occlusal considerations in complete dentures. In Mc Neill C (Hrsg.): 33. Aufl. Quintessence, Chicago 1997, 457–467
74. Palla S: The vertical dimension: a prosthodontists perspective. In McNamara JA (Hrsg): The enigma of the vertical dimension. 36. Aufl. Center for Human Growth and Development, Michigan 1999, 75–101
75. Palla S: Bestimmung der Kieferrelation. In Koeck B (Hrsg): Totalprothesen. 7. Aufl. Urban & Schwarzenberg, München 2005, 95–151
76. Preiskel HW: Some observations on the postural position of the mandible. *J Prosthet Dent* 15, 625–633 (1965)
77. Rivera-Morales WC, Mohl ND: Relationship of occlusal vertical dimension to the health of the masticatory system. *J Prosthet Dent* 65, 547–553 (1991)
78. Rivera-Morales WC, Mohl ND: Variability of closest speaking space compared with interocclusal distance in dentulous subjects. *J Prosthet Dent* 65, 228–232 (1991)
79. Rizzatti A, Ceruti P, Mussano F, Erovigni F, Preti G: A new clinical method for evaluating the closest speaking space in dentulous and edentulous subjects: A pilot study. *Int J Prosthodont* 20, 259–262 (2007)
80. Roberts M: A comparison of the rest vertical dimension of the face as determined clinically and electromyographically. *Northw Univ Bull Dent Res* 60, 41–44 (1960)
81. Roßbach A: Untersuchungen über die Belastungsveränderungen am unteren Prothesenlager bei der intraoralen Pfeilwinkeltechnik. *Dtsch Zahnärztl Z* 27, 630–634 (1972)
82. Roßbach A, Polanetzki H: Vergleichende Untersuchungen über die Bestim-

- mung der vertikalen Kieferrelation beim Zahnlosen. Dtsch Zahnärztl Z 30, 257–259 (1975)
83. Rugh JD, Drago CJ: Vertical dimension: A study of clinical rest position and jaw muscle activity. J Prosthet Dent 45, 670–675 (1981)
 84. Sakurai K, Mizokami T: Fundamental study of the influence of stylus position of tracer on tapping area. Bull Tokyo Dent Coll 24, 147–174 (1983)
 85. Schröder D: Untersuchungen zur Differenz zwischen Handbissnahme und Stützstiftregistrierung bei der Relationsbestimmung am Zahnlosen. Dtsch Zahnärztl Z 31, 725–729 (1976)
 86. Smola A: Untersuchungen über das Adduktionsfeld und die Long Centric bei Probanden mit einer Distalbisslage des Unterkiefers. Med Diss, Bonn (1986)
 87. Stoller C: Reihenuntersuchungen über den engsten Sprechabstand an 2000 Probanden. Schweiz Monatsschr Zahnheilk 79, 735–751 (1969)
 88. Tallgren A: Changes in the mandibular rest position in adults. Trans Eur Orthod Soc 34, 316–327 (1958)
 89. Tallgren A: Positional changes of complete dentures – A 7-year longitudinal study. Acta Odontol Scand 27, 539–561 (1969)
 90. Thompson JR: The rest position of the mandible and its significance to dental science. J Am Dent Assoc 33, 151–180 (1946)
 91. Tryde G, McMillan DR, Christensen J, Brill N: The fallacy of facial measurements of occlusal height in edentulous subjects. J Oral Rehabil 3, 353–358 (1976)
 92. Tueller VM: The relationship between the vertical dimension of occlusion and forces generated by closing muscles of mastication. J Prosthet Dent 22, 284–288 (1969)
 93. Utz K-H: Veränderungen der Okklusion nach dem Einfügen von Totalprothesen. Zahnärztl Welt 104, 444–450 (1995)
 94. Utz K-H: Studies of changes in occlusion after the insertion of complete dentures. Part I. J Oral Rehabil 23, 321–329 (1996)
 95. Utz K-H: Studies of changes in occlusion after the insertion of complete dentures. Part II. J Oral Rehabil 24, 376–384 (1997)
 96. Utz K-H: Unterkiefer-Haltung und intraorale Registrierung bei bezahnten Patienten. In: Heidemann D (Hrsg): Deutscher Zahnärzte Kalender 1997. 56. Aufl. Carl Hanser, München, Wien 1997, 145–168
 97. Utz K-H: Veränderungen der Okklusion nach dem Einfügen von Totalprothesen. Teil II. Zahnärztl Welt 106, 659–669 (1997)
 98. Utz K-H, Bernard N, Hültenschmidt R, Kurbel R: Differenzen zwischen myozentrischer und zentrischer Kondylenposition bei Totalprothesenträgern. Dtsch Zahnärztl Z 49, 557–562 (1994)
 99. Utz K-H, Bernard N, Hültenschmidt R, Wegmann U, Kurbel R: Reproduzierbarkeit der Handbissnahme bei Totalprothesenträgern. Schweiz Monatsschr Zahnmed 103, 561–566 (1993)
 100. Utz K-H, Bernard N, Wegmann U, Huntebrinker W: Reproduzierbarkeit der Pfeilwinkelregistrierung bei der Remontage von Totalprothesen. Schweiz Monatsschr Zahnmed 101, 438–444 (1991)
 101. Utz K-H, Duvenbeck H, Oettershagen K: Distanz zwischen terminaler Scharnierachsenposition und Interkuspitationsposition im Kiefergelenkbereich. Schweiz Monatsschr Zahnmed 100, 42–49 (1990)
 102. Utz K-H, Müller F, Bernard N, Hültenschmidt R, Kurbel R: Handbissnahme oder Stützstiftregistrierung zur Einstellung der maximalen Interkuspitation bei Totalprothesenträgern. Zahnärztl Welt 102, 780–791 (1993)
 103. Utz K-H, Müller F, Bernard N, Hültenschmidt R, Kurbel R: Comparative studies on check-bite and central-bearing point method for the remounting of complete dentures. J Oral Rehabil 22, 717–726 (1995)
 104. Utz K-H, Wegmann U: Die interokklusale Tastsensibilität bei Vollprothesenträgern. Dtsch Zahnärztl Z 41, 1174–1177 (1986)
 105. van Mens P, de Vries H: Interocclusal distance determined by electromyographic biofeedback compared with conventional methods. J Prosthet Dent 52, 443–446 (1984)
 106. van Sickels JE, Rugh JD, Chu GW, Lemke RR: Electromyographic relaxed mandibular position in long-faced subjects. J Prosthet Dent 54, 578–581 (1985)
 107. van Thiel H: Die Bissnahme für die totale Prothese. Dtsch Zahnärztl Z 1, 829–836 (1952)
 108. van Waas MAJ: Determinants of dissatisfaction with dentures: A multiple regression analysis. J Prosthet Dent 64, 569–572 (1990)
 109. Vogel A: Objektive Messtechnik zur physiologischen Bestimmung der Unterkieferposition. Zahnärztl Welt 108, 136–138 (1999)
 110. Vogel A, Jakstat H, Jüde H-D: Experimentelle Untersuchungen zum Einfluß der Registrierkraft auf das Ergebnis der Stützstiftregistrierung. Dtsch Stomatol 40, 363–365 (1990)
 111. Walter M: Unterkieferpositionen bei totalem Zahnersatz nach dem Kalottenprinzip. Zahn-, Mund-, Kieferheilk 80, 159–164 (1992)
 112. Ward BL, Osterholtz RH: Establishing the vertical relation of occlusion. J Prosthet Dent 13, 432–437 (1993)
 113. Weisbach M: Über den Einfluss der Kieferschließkraft und der Verschiebung des Stützstiftes in der Transversalen auf die intraorale Stützstiftregistrierung. Med Diss, Bonn (2005)
 114. Wessberg GA, Epker BN, Elliot AC: Comparison of mandibular rest positions induced by phonetics, transcutaneous electrical stimulation, and masticatory electromyography. J Prosthet Dent 49, 100–105 (1983)
 115. Woda A, Pionchon P, Palla S: Regulation of mandibular postures: mechanisms and clinical implications. Crit Rev Oral Biol Med 12, 166–178 (2001)
 116. Yurkstas AA, Kapur KK: Factors influencing centric relation records in edentulous mouths. J Prosthet Dent 14, 1054–1065 (1964)

Literatur zu Punkt 3.1 (Zentrische Kondylenposition)

1. Baba K, Tsukiyama Y, Clark GT: Reliability, validity, and utility of various occlusal measurement methods and techniques. J Prosthet Dent 83, 83–89 (2000)
2. Becker CM, Kaiser DA, Schwalm C: Mandibular centricity: centric relation. J Prosthet Dent 83, 158–160 (2000)
3. Braun S, Marcotte MR, Freudenthaler JW, Hönigle K: An evaluation of condyle position in centric relation obtained by manipulation of the mandible with and without leaf gauge deprogramming. Am J Orthodont Dentofac Orthop 111, 34–37 (1997)
4. Dixon DL: Overview of articulation materials and methods for the prosthodontic patient. J Prosthet Dent 83, 235–247 (2000)
5. Gross M, Nemcovsky C, Tabibian Y, Gazit E: The effect of three different recording materials on the reproducibility of condylar guidance registration in three semi-adjustable articulators. J Oral Rehabil 25, 204–208 (1998)
6. Keshvad A, Winstanley RB: Review: an appraisal of the literature on centric relation. Part I and II. J Oral Rehabil 27, 823–833 und 1013–1023 (2000)
7. Keshvad A, Winstanley RB: Comparison of the replicability of routinely used centric relation registration techniques. J Prosthodont 12, 90–101 (2003)
8. Kohno S, Körber E, Hüls A, Tabata T: Vergleich der Reproduktionsgenau-

- igkeit verschiedener Registrierungen zur Bestimmung der Kieferrelation. *Stomatol DDR* 11, 721–730 (1988)
9. Murray MC, Smith PW, Watts DC, Wilson NF: Occlusal registration: science or art? *Int Dent J* 49, 41–46 (1999)
 10. Rivera-Morales WC, Mohl ND: Relationship of occlusal vertical dimension to the health of the masticatory system. *J Prosthet Dent* 65, 547–553 (1991)
 11. Squier RS: Jaw relation records for fixed prosthodontics. *Dent Clin North Am* 48, 471–486 (2004)
 12. Utz KH, Müller F, Lückerrath W, Fuss E, Koeck B: Accuracy of check-bite registration and centric condylar position. *J Oral Rehabil* 29, 458–466 (2002)
 13. Utz KH, Müller F, Lückerrath W, et al.: The lateral leeway in the habitual intercuspatation: experimental studies and literature review. *J Oral Rehabil* (2007)
 14. Williamson EH, Steinke RM, Morse PK, Swift TR: Centric relation: a comparison of muscle-determined position and operator guidance. *Am J Orthod* 2, 133–145 (1980)
 15. Yamashita S, Igarashi Y, Ai M: Tooth contacts at the mandibular retruded position, comparison of two different methods for bite registration. *J Oral Rehabil* 29, 823–826 (2002)

Literatur zu Punkt 3.2 (Maximale Interkuspitation)

1. Balthazar-Hart Y, Sandrik JL, Malone WF, Mazur B, Hart T: Accuracy and dimensional stability of four interocclusal recording materials. *J Prosthet Dent* 45, 586–591 (1991)
2. Becker CM, Kaiser DA, Schwalm C: Mandibular centricity: centric relation. *J Prosthet Dent* 83, 158–160 (2000)
3. Boyarsky HP, Loos LG, Leknius C: Occlusal refinement of mounted casts before crown fabrication to decrease clinical time required to adjust occlusion. *J Prosthet Dent* 82, 591–594 (1999)
4. Celar AG, Kundi M, Piehslinger E, Fürhauser R, Kohlmaier B: Mandibular position at chin-point guided closure, intercuspatation and final deglutition in asymptomatic and temporomandibular dysfunction subjects. *J Oral Rehabil* 27, 70–78 (2000)
5. Campos AA, Nathanson D: Compressibility of two polyvinyl siloxane interocclusal record materials and its effect on mounted cast relationship. *J Prosthet Dent* 82, 456–461 (1999)
6. Ghazal M, Albashaireh ZS, Kern M: The ability of different materials to reproduce accurate records of interocclusal relationship in the vertical dimension. *J Oral Rehabil* (2008)
7. Karthikeyan K, Annapurni H: Comparative evaluation of dimensional stability of three types of interocclusal recording materials: an in vitro study. *J Indian prosthodontic society* 7, 24–275 (2007)
8. Parker MH, Cameron SM, Hughbanks JC, Reid DE: Comparison of occlusal contacts in maximum intercuspatation for two impression techniques. *J Prosthet Dent* 78, 255–259 (1997)
9. Squier RS: Jaw relation records for fixed prosthodontics. *Dent Clin North Am* 48, 471–486 (2004)
10. Utz KH, Müller F, Lückerrath W, et al.: The lateral leeway in the habitual intercuspatation: experimental studies and literature review. *J Oral Rehabil* 34, 406–413 (2007)
11. Utz KH: Statische Modellokklusion: Charakteristika und Reproduzierbarkeit. *Dtsch Zahnärztl Z* 62, 601–611 (2007)
12. Vergos VK, Tripodakis APD: Evaluation of vertical accuracy of interocclusal records. *Int J Prosthodont* 16, 365–368 (2003)