

Der okklusale Kompass

Aufzeichnung der Bewegungsrichtungen des Unterkiefers und Zuordnung zu bestimmten Funktionsbereichen auf der Kaufläche

Indizes

Okklusion, Kaufläche, zentrale Fossa, Höckerspitze, Protrusion, Mediotrusion, Laterotrusion, Retrusion

Zusammenfassung

Die Beschreibungen des okklusalen Kompasses sollen den Zahnarzt in der täglichen Praxis dabei unterstützen, Schleif- oder Mahlsuren auf der Kaufläche besser zu erkennen. Ebenso sollen die angefertigten Funktionsflächen der zahntechnischen Rekonstruktionen verständlich gemacht werden. Mit dem okklusalen Kompass werden okklusale Bewegungsrichtungen des Unterkiefers aus der maximalen Verzahnung heraus abgebildet. Dadurch wird eine Bewertung des okklusalen Nutzfeldes möglich, und die als Schliffacetten bekannten Spuren lassen sich den okklusalen Bewegungsrichtungen des Unterkiefers zuordnen. Hat ein Patient während des Kauens Probleme, kann mit Hilfe des Kompasses die Analyse von bewegungsinduzierten Störfaktoren erleichtert werden.

Einleitung

Während des Kauzyklus werden durch reibende und mah-lende Bewegungen auf den Kauflächen der Ober- und Unterkieferzähne Spuren in Form von Funktions- oder Gebrauchsflächen ausgebildet. Bei genauer Betrachtung können diese auch als Schliffacetten bezeichneten Flächen gemäß der Aktionsdynamik des Unterkiefers bestimmten Bewegungsrichtungen zugeordnet werden. Da der Unterkiefer grundsätzlich keinen starren Bahnen folgt, sondern aufgrund der anatomischen Gewebe-strukturen eine dreidimensionale Bewegung ausführen kann, entsteht ein räumliches Bewegungsfeld auf den okklusalen Zahnoberflächen.

Um lineare Bewegungsrichtungen des Unterkiefers aus der maximalen Verzahnung heraus nach frontal, lateral, medial und retral nachvollziehbar wiederzugeben, können diese als Richtungsvektoren dargestellt werden. Aufgrund der unterschiedlichen „Pfeilrichtungen“ wird die entstehende Grafik der Richtungsvektoren okklusaler Kompass genannt. Er zeichnet die Protrusion, die



Ulf Krueger-Janson
Zahnarzt

Stettenstraße 48
60322 Frankfurt
E-Mail: ulf.krueger-janson@email.de
Website: www.praxis-krueger-janson.de

Laterotrusion, die Mediotrusion und die Retrusion als „normierte/standardisierte“ Bewegungsrichtungen auf. Historisch gesehen wurden diese Bewegungsrichtungen des Unterkiefers bereits von *A. Gysi* und dann von *P. K. Thomas* sowie *R. Slavicek* beschrieben, aber erst später von *M. H. Polz* als „Okklusaler Kompass“ bezeichnet.

Der Unterkiefer führt nicht nur starre, ungelenke Bewegungsrichtungen aus, sondern bewegt sich in einem dreidimensionalen Aktionsraum. So erfolgt beim Kauen auch durch das okklusale Ein- und Ausgleiten der Zähne des Unterkiefers in das Relief der Zähne des Oberkiefers eine Zerkleinerung der Nahrung. Dabei wird in einer Kombination aus Scher- und Quetschfunktion vor allem durch Abrasiva im Speisebolus die ursprünglich jungfräuliche Morphologie des Zahnes langsam abgenutzt und das Kronenrelief im Laufe eines Lebens mehr und mehr eingeebnet. Es entstehen sogenannte Arbeitsflächen! Etymologisch gesehen ist es kein Wunder, dass diese im Hinblick auf Gestalt und Bedeutung als Kauflächen bezeichnet werden. Denn beim Kauvorgang korrespondieren gegenläufige Strukturen – Stampf- und Scherbereiche –, um das Zerkleinern der Nahrung (bekannt als Mörser-Pistill-Mechanismus) durch sich gegenläufig bewegend antagonistische Zahnpaare bzw. Flächen (komplementäre Flächen) zu ermöglichen.

Diese der Nahrungszerkleinerung zugrunde liegenden Mechanismen (flächige Kontaktbeziehung) haben sich mechanisch im Laufe von Jahrmillionen während der Evolution des menschlichen Kausystems adaptiert. Mit zunehmendem Alter vergrößert sich demgemäß der Flächenbereich. Ebenso wird die Aufschlüsselung der Nahrung durch eine feinere Zermahlung (primäre enzymatische Aktivität durch Speichelamylase) optimiert. Diese Nutzbereiche auf der Kaufläche wurden von *D. Schulz* in den 1990er Jahren farblich markiert^{4,5}. Eine Zuordnung des mechanischen Zusammenspiels von antagonistischen okklusalen Kontaktflächen wird dadurch vereinfacht. Für die Rekonstruktion von „Kauflächen“ bei der Anfertigung von Zahnersatz sind diese farblichen Kodierungen sehr hilfreich. Im Hinblick auf die Gestaltung der feinen funktionellen Strukturen⁶, des eigentlichen mastikatorischen Aktionsfeldes, ergeben

sich so für die Bewegungsrichtungen die Nutzbereiche auf der Kaufläche.

Die technische Vorgehensweise bei der Rekonstruktion kann wie folgt beschrieben werden: Zunächst wird eine sogenannte Primärmorphologie modelliert (Höcker und Fissuren wie bei einem jugendlichen Zahn), in welche dann, gemäß der Artikulatorjustage, auf der Basis der ermittelten funktionsanalytischen Daten individuelle Gebrauchsspuren eingearbeitet werden. Diese Spuren stellen ein Angebot für den Patienten dar, um die Bisspräzision zu erhöhen und somit die Nahrungszerkleinerung zu verbessern. Aufgrund der Resilienz der beteiligten Gewebe finden Verwindungen statt, welche ein Artikulatorsystem nicht nachvollziehen kann. Je präziser jedoch die Passung der miteinander korrespondierenden Flächen erfolgt, umso größer wird der Flächenanteil, der vom Patienten tatsächlich genutzt werden kann (Resilienz). Dass sich die antagonistischen Flächen im Alter vergrößern, ist eine logische und natürliche Konsequenz (Abnutzung) und bedeutet eine Anpassung an das individuelle physiologische Kaumuster². Im Fall einer parafunktionellen Zahnabnutzung kann diese mit der Anwendung der „okklusalen Fingerabdruckanalyse“ auch nachgewiesen werden¹.

Der Nutzen des Kompasses liegt deshalb für uns Zahnärzte darin, eine Analyse der Funktions- und Schliiffacetten vornehmen zu können. Er dient als Wegweiser für das Aufsuchen bewegungsinduzierter oder funktionsbedingter Kauflächen und vereinfacht das Verständnis für deren Entstehung. Somit kann er zur Diagnostik einer Malokklusion oder von okklusalen Störungen herangezogen werden. Eine Zuordnung zu Bewegungsrichtungen des Unterkiefers ist möglich. Wie bereits erwähnt muss bedacht werden, dass aufgrund der Verwindung des Unterkiefers und der Mobilität der beteiligten Strukturen die Bewegungsbahnen während der Okklusion auch eine gewisse Variabilität aufweisen, d. h., dass die Kauzyklen während des „power stroke“ leicht variieren können, je nachdem welche Konsistenz die Nahrung hat. So entsteht (auch durch die Auslenkung der Parodontien) ein dreidimensionales Bewegungs- oder Aktionsfeld, das der Kompass in der dargestellten Form nicht aufzeichnen kann.

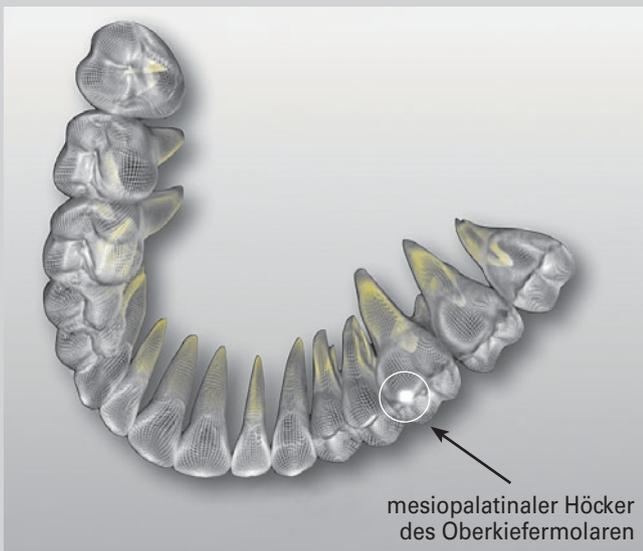


Abb. 1 Grafische Darstellung des Oberkiefers. Die mesio-palatinal Höckerspitze von Zahn 16 ist mit einem weißen Punkt markiert

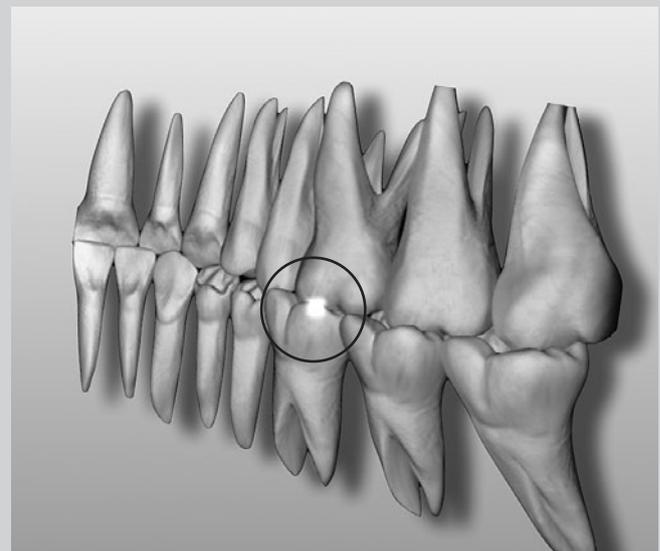


Abb. 2 Grafische Darstellung einer eugnathen Verzahnung von Ober- und Unterkiefer aus intraoraler Sicht auf den ersten und vierten Quadranten. Bei Okklusion steht die Höckerspitze mit der zentralen Fossa des Unterkiefermolaren in Kontakt und wird ebenfalls durch einen weißen Punkt hervorgehoben

Durch die farbliche Kodierung von *D. Schulz* wird jedoch die Zuordnung dieser Aktionsbereiche zu den Bewegungen des Unterkiefers hervorgehoben. Desgleichen wird die Überprüfung von prothetischen Restaurationen bei der Okklusionskontrolle vereinfacht. Okklusale Kontakte oder Funktionsflächen können somit besser bewertet und gemäß den individuellen Anforderungen modifiziert werden. Das Ziel der restaurativen Zahnheilkunde ist die Anfertigung von Zahnersatz, der sich funktionell in ein physiologisches System integriert.

Bewegungsaufzeichnung

Als Referenz für alle Aufzeichnungen wird die Position der mesio-palatinalen Höckerspitze von Zahn 16 verwendet, welche bei Okklusion mit der zentralen Fossa von Zahn 46 in Kontakt steht (Abb. 1). Eine eugnathe Verzahnung der Klasse I wird zugrunde gelegt.

Zur besseren Verbildlichung der Aufzeichnung kann das Mörser-Pistill-Prinzip als Vergleich herangezogen werden. Hierbei steht die Höckerspitze des Oberkiefermolaren für den Stößel und die zentrale Fossa des Unterkiefermolaren für die Schale. Das Bewegungsprinzip ist aber in dem in Abbildung 2 dargestellten Fall umgekehrt. Nicht der Stößel (Höckerspitze des Oberkiefers) bewegt sich, sondern die Schale (zentrale Fossa des Unterkiefermolaren 46).

Zur Verdeutlichung der Bewegungen des Unterkiefers wird in den Abbildungen 3 bis 7 eine Grafik in der Horizontalebene des Unterkiefers verwendet. Diese Projektion des Unterkiefers kann sich jeder Leser als eine physiologische Position des Unterkiefers in seinem Mund vorstellen. Um die Position der Höckerspitze des Oberkiefers aus dieser Perspektive hervorzuheben, wird auf die Abbildung des Unterkiefers eine Grafik des Oberkiefers mit unterschiedlichen Transparenzgraden projiziert.



Abb. 3 Der Oberkiefer wird auf eine Abbildung des Unterkiefers mit grauer Farbe aufprojiziert. Der helle Punkt weist auf die Position der mesiopalatinalen Höckerspitze des Molaren 16 hin. Ein weiterer, auf die zentrale Fossa des gleichen Molaren 16 hinweisender schwarzer Punkt hat für die nachfolgenden Erörterungen keine Relevanz



Abb. 4 Die Projektion des Oberkiefers wird mit höherer Transparenz dargestellt. Der helle Punkt ist jetzt in der zentralen Fossa des Unterkiefermolaren deutlich zu erkennen



Abb. 5 Aus didaktischen Gründen wurde die Oberkiefergrafik transparenter gestaltet und die Kronenform von Zahn 46 in verschiedenen Grautönen dargestellt



Abb. 6 Bei kompletter Entfernung der Oberkiefergrafik verbleibt nur noch der helle Punkt in der zentralen Fossa des Unterkiefermolaren 46, welcher die Lage der mesiopalatinalen Höckerspitze von Zahn 16 repräsentiert

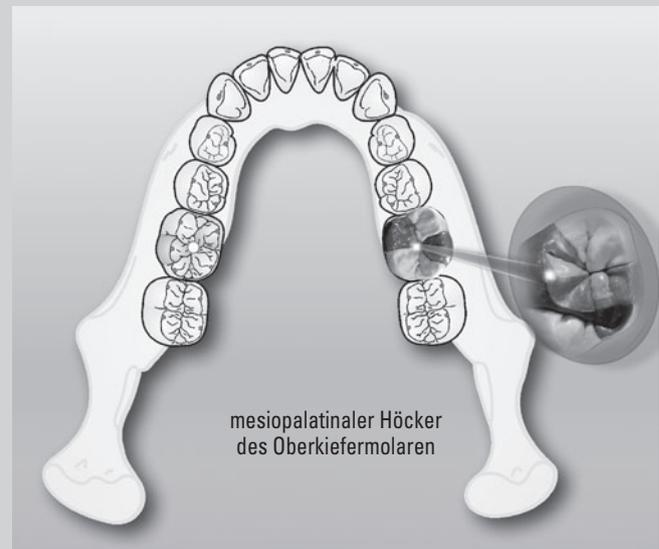


Abb. 7 Seitlich des Unterkieferbogens wird zum besseren Verständnis eine Abbildung des Oberkiefermolaren 16 positioniert und die mesiopalatinalen Höckerspitze wiederum mittels eines hellen Punktes dargestellt. Eine Verbindungslinie hebt die Kontaktbeziehung zwischen Ober- und Unterkiefer hervor

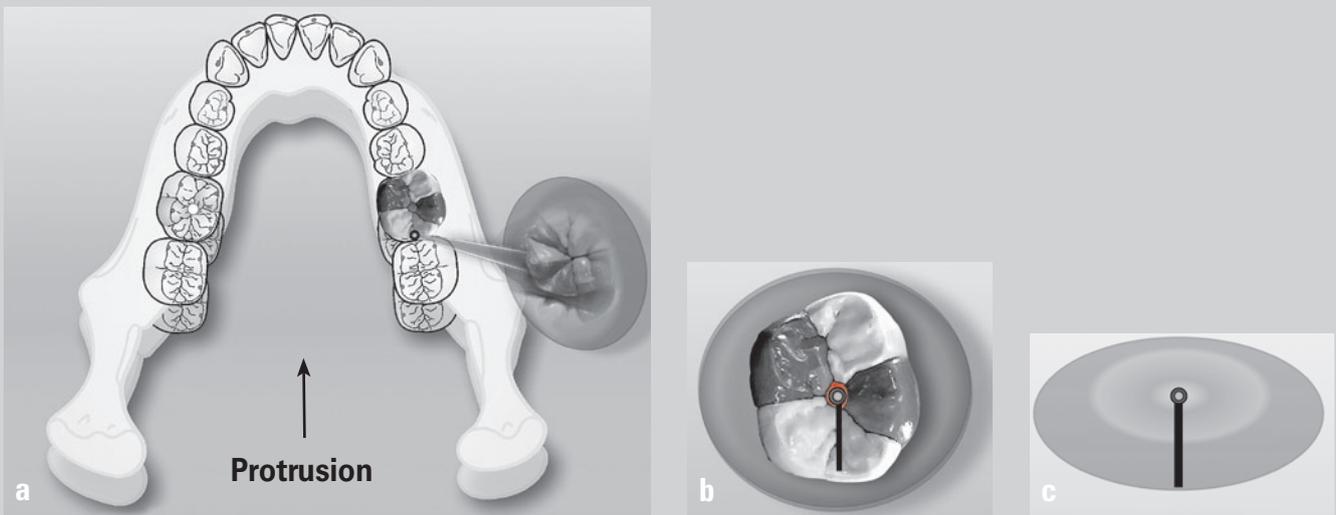


Abb. 8a Bei der Protrusion wird der Unterkiefer nach anterior verschoben. Die Position der Höckerspitze bleibt gleich und befindet sich jetzt im distalen Bereich der Kaufläche

Abb. 8b In der Vergrößerung der Kroneform des Zahnes 46 wird gemäß der Bewegungsrichtung nach anterior ein Vektor nach distal aufgezeichnet. Der Verlauf zieht durch die zentrale Fissur

Abb. 8c In einer weiteren Grafik, im Folgenden als Kompassgrafik bezeichnet, wird der erste Vektor des okklusalen Kompasses dargestellt. Der Nullpunkt liegt in der zentralen Fossa

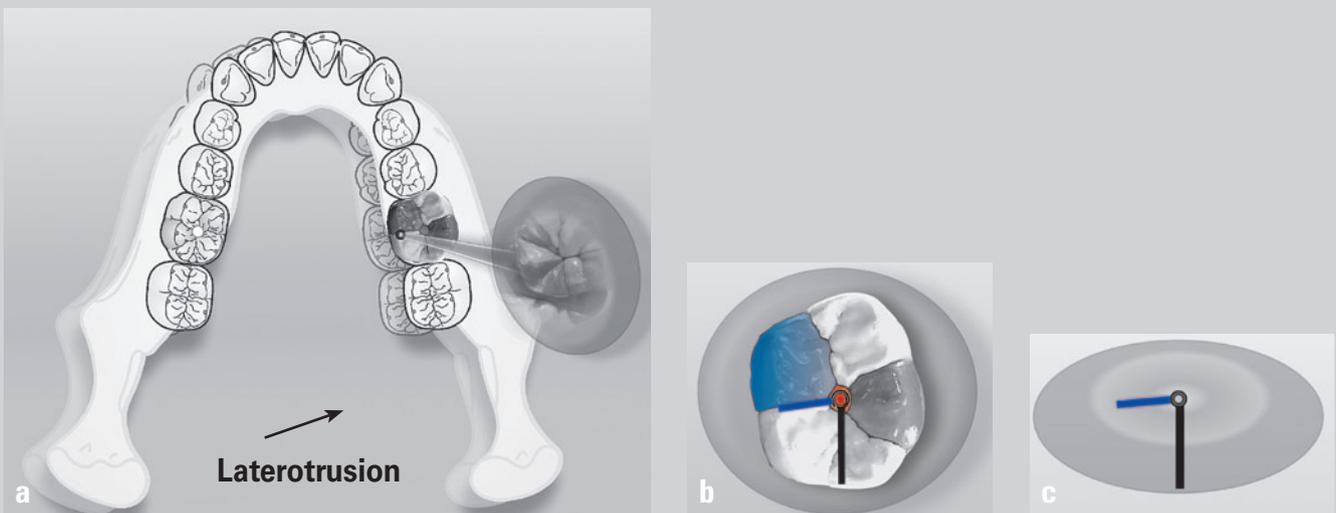


Abb. 9a Bei der Laterotrusion wird der Unterkiefer seitlich nach außen verschoben. Gleichzeitig findet aufgrund der anatomischen Strukturen eine geringe Bewegung nach anterior/frontal statt. Die Höckerspitze hinterlässt ihre Spur in der von zentral nach lingual weisenden Fissur

Abb. 9b In der Vergrößerung wird die Spur aufgezeichnet und mit einer blauen Farbe gekennzeichnet. Ebenso ist eine der Bewegung zugeordnete farbliche Eintonung eines Segmentes (die farbliche Zuordnung der Bewegungsräume wird im Text beschrieben) des Unterkiefermolaren dargestellt. Dieses Segment beschreibt den laterotrusiven Bereich

Abb. 9c In der Kompassgrafik ist der zweite Vektor blau eingezeichnet

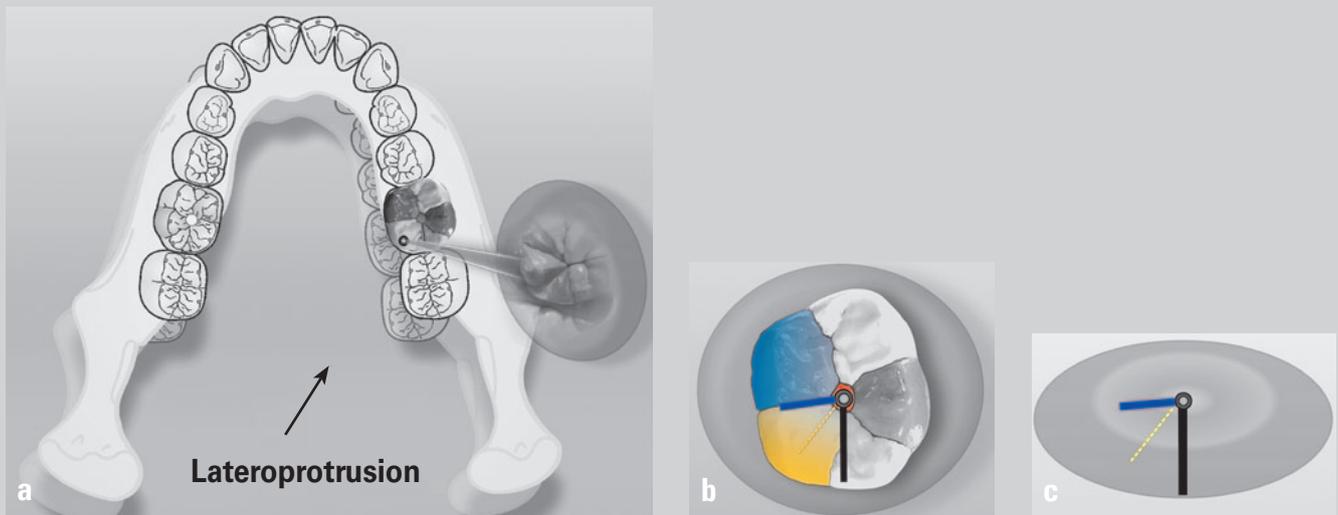


Abb. 10a Bei der Lateroprotrusion bewegt sich der Unterkiefer seitlich nach anterior/vorne/frontal. Bildlich kann man sich das als eine Bewegung vorstellen, bei der die Inzisalkanten der seitlichen Schneidezähne Kontakt haben. Das ist aber häufig nur bei reduzierter Bisshöhe und folglich abgeflachten Funktionsflächen möglich. Im Seitenzahnbereich lässt sich diese Spur sehr deutlich erkennen. Bei prothetischen Arbeiten bleiben solche Bewegungsrichtungen oft unberücksichtigt und werden vom Techniker im Artikulator nicht ausgeführt und überprüft. Es entstehen primäre Störkontakte im distolingualen Höckerbereich, die meist eingeschliffen werden müssen

Abb. 10b In der Vergrößerung wird die Bewegungsrichtung/Spur mit einer gelb gestrichelten Linie gekennzeichnet. Auch hier ist eine der Bewegung zugeordnete farbliche Eintönung eines Segmentes vorgenommen worden, das den Raum zwischen der Protrusions- und Laterotrusionsbewegung beschreibt

Abb. 10c In der Kompassgrafik ist der dritte Vektor mit einer gelb gestrichelten Linie dargestellt

Bei den Detailaufzeichnungen werden die initialen Unterkieferbewegungen aufgezeichnet, bevor eine Disklusion über die Frontzahnführung stattfindet. Die Höckerspitze des Oberkiefermolaren steht als statische anatomische Konstante immer in der gleichen Position, während sich der Unterkiefer mit leichtem Zahnkontakt in eine Richtung bewegt. Die auf der Kaufläche des Unterkiefermolaren hinterlassenen Spuren (Schleifspuren) werden durch die Höckerspitze von Zahn 16 verursacht. Eine Ausnahme bildet hier die reine Protrusionsbewegung (Abb. 8a bis c), bei welcher der mesiopalatinale Höcker sich durch die zentrale Fissur des Unterkiefermolaren nach distal bewegt. Die Bewegung findet bei den folgenden Aufzeichnungen ihren Startpunkt immer in der zentralen Fossa von Zahn 46. Zur besseren Darstellung wird die Höckerspitze als heller Punkt mit einer schwarzen Umrandung dargestellt. Gemäß diesen Aufzeichnungen lässt sich nun der

Bewegungsmechanismus beim Kauen nachvollziehen. Das nutzbare dreidimensionale Bewegungs- oder Aktionsfeld kann nach erfolgter Analyse durch die Farben Blau, Gelb und Grün den einzelnen Richtungen zugeordnet werden (Abb. 9 bis 17).

Eine derartige Hervorhebung der richtungsinduzierten Aktionsflächen oder „Gebrauchsmuster“ ist sehr hilfreich und erleichtert eine Modellanalyse erheblich. Die vom Zahntechniker angefertigten Flächenbereiche werden erkennbar und können wertvolle Informationen darüber liefern, ob sie während des Kauvorgangs auch tatsächlich zum Einsatz kamen. Eine geringe Vergrößerung und Veränderung dieser Funktionsbereiche weist darauf hin, dass sie vom Patienten genutzt und dadurch entsprechend modifiziert bzw. eingearbeitet wurden (beachte die dreidimensionale Bewegungsdynamik des Unterkiefers, welche sich bisher nicht darstellen ließ). Die in den Abbildungen 16 und 17 ge-

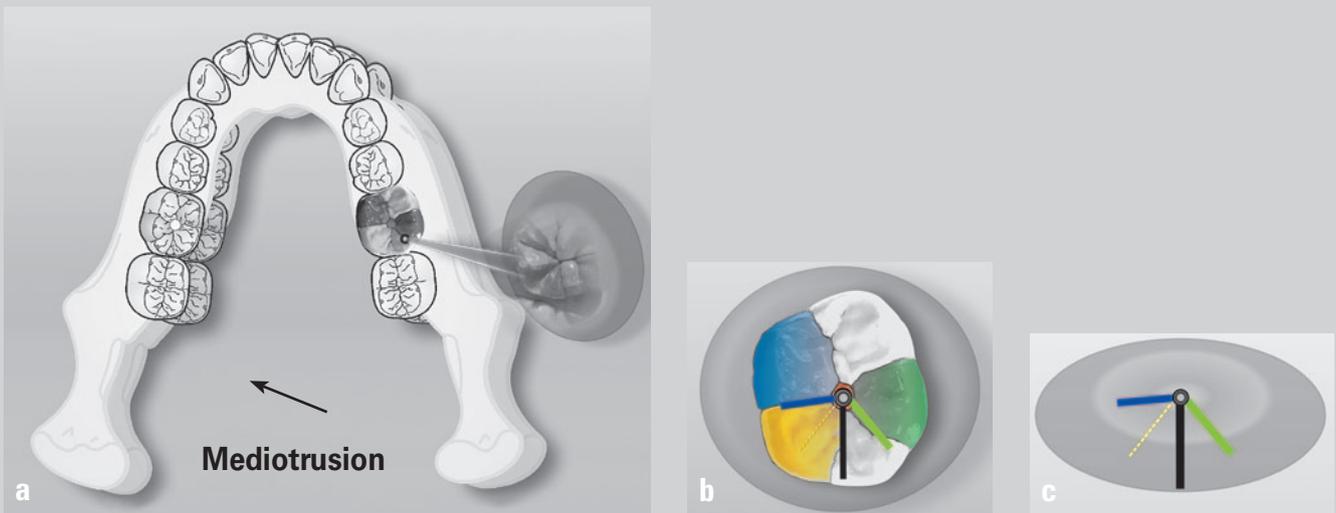


Abb. 11a Die Mediotrusion ist eine Bewegung nach medial und anterior/frontal. Dabei verschiebt sich der Unterkiefer zur Mitte hin und strukturebedingt ebenfalls nach vorne. Während des Kauzyklus kann man sich diese Bewegung als eine wiegende oder schwingende Pendelbewegung vorstellen. Dadurch ist es möglich, dass die Nahrung bei physiologisch korrekten Verhältnissen optimal zerkleinert wird (Mörser-Pistill-Prinzip)

Abb. 11b In der Vergrößerung ist diese Bewegungsrichtung mit einem grünen Vektor dargestellt. Das dazu passende Segment weist eine grüne Kolorierung auf. Die drei wesentlichen Segmente oder Bereiche der Kaufläche, in denen der mesiopalatinale Höcker des Oberkiefermolaren als Stampfhöcker während des Kauens „aktiv“ ist, wurden dargestellt. Aus der zentralen Fossa heraus werden diese Bewegungsrichtungen ausgeführt und ermöglichen durch Quetsch- und Reibvorgänge eine Zerkleinerung der Nahrung

Abb. 11c In der Kompassgrafik ist der vierte Vektor grün eingezeichnet

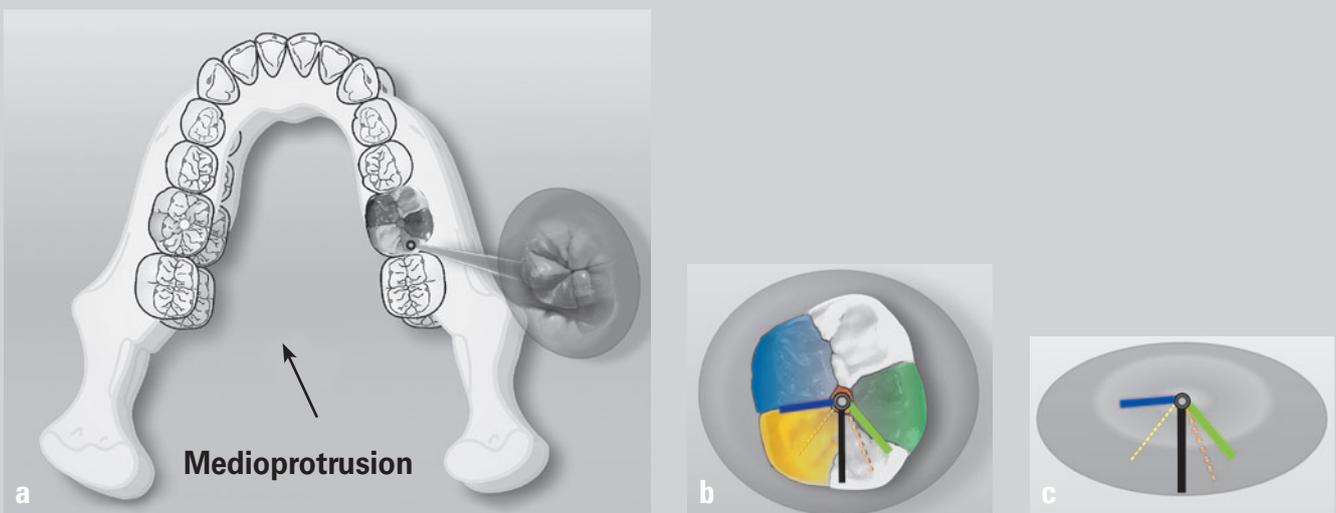


Abb. 12a Analog zur Lateroprotrusion findet auch eine Mediotrusion statt. Die bildliche Vorstellung ist hier die gleiche wie bereits beschrieben

Abb. 12b In der Vergrößerung ist dieser Vektor mit einer orange gestrichelten Linie dargestellt

Abb. 12c In der Kompassgrafik ist der fünfte Vektor orange eingezeichnet

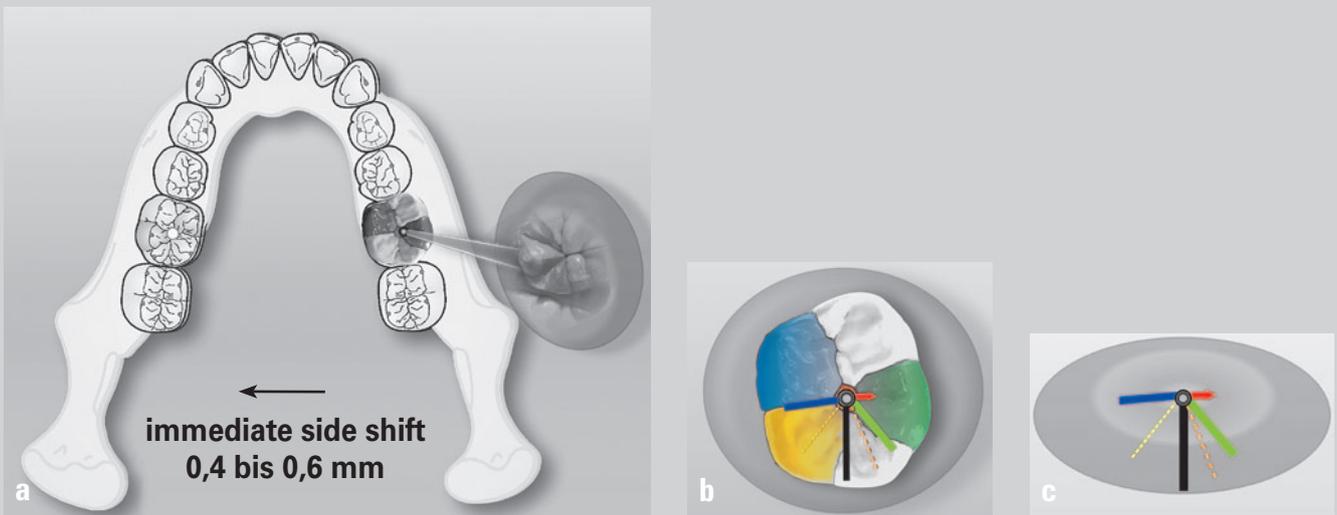


Abb. 13a Bei der Mediotrusion kann zu Beginn der Bewegung eine Verschiebung nach medial stattfinden. Der mesiopalatinal Höcker von Zahn 16 hinterlässt eine Spur nach bukkal. Die Durchschnittswerte dieser Bewegung liegen zwischen 0,4 und 0,6 mm (gemäß Analysen der Funktionsaufzeichnungen von verschiedenen Behandlern mit Condylcomp)

Abb. 13b In der Vergrößerung ist dieser Vektor mit einem kurzen roten Pfeil dargestellt

Abb. 13c In der Kompassgrafik ist der sechste Vektor rot eingezeichnet

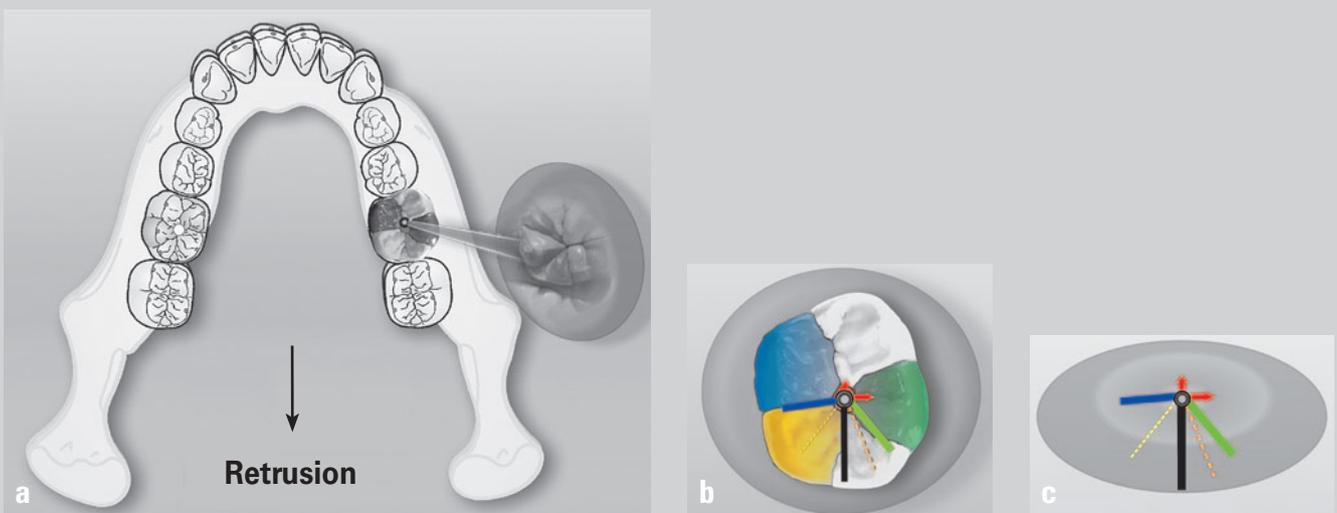


Abb. 14a Retrusion ist eine Bewegung nach dorsal/distal und gegenläufig zur Protrusion. Zusammen mit der Laterotrusion entsteht ein wichtiger Bereich oder „Funktionsraum“, der bei der Rekonstruktion von Kauflächen unbedingt berücksichtigt werden muss, um eine Bewegungseinschränkung im Sinne von Störkontakten zu vermeiden

Abb. 14b In der Vergrößerung ist diese Bewegungsrichtung mit einem kurzen roten Vektor dargestellt

Abb. 14c Bei der Kompassgrafik weist der Pfeil nach anterior



Abb. 15 Auf die Gipsmodelle (Diagnostik- und Analysemodelle) von natürlichen Zähnen wurde der okklusale Kompass aufprojiziert (linke Seite des Bildes). Die Funktionsfelder der Latero- und Mediotrusion wurden im Kompass entsprechend farblich markiert und durch Nummerierung weiter differenziert, um sie den Bewegungsrichtungen (rechte Seite des Bildes) zuordnen zu können

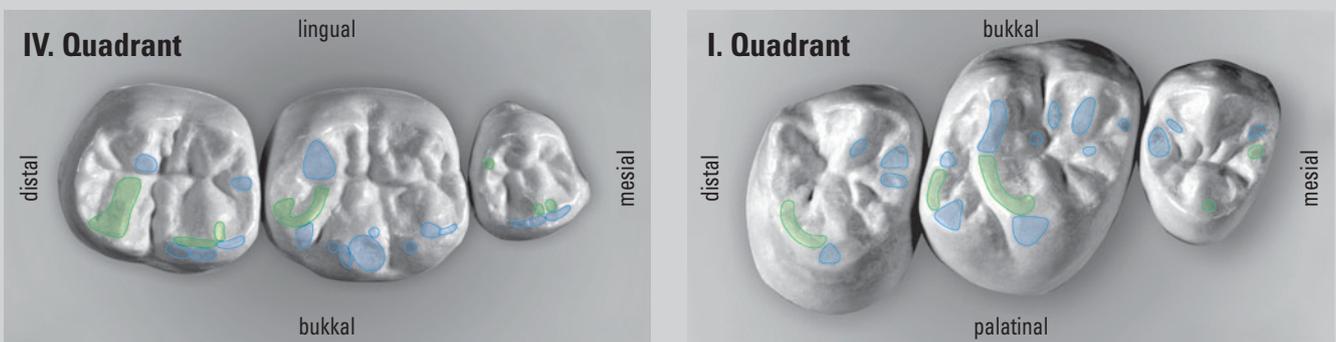


Abb. 16 und 17 Gipsmodelle von keramischen Restaurationen (Presskeramik), die bereits seit 3 Jahren inkorporiert sind. Zur Analyse wurden die Gebrauchsmuster bei der Latero- (blau) und Mediotrusion (grün) dem Kompass gemäß farblich markiert (Fotos und zahntechnische Arbeit: *D. Schulz*)

zeigten antagonistischen Restaurationen wurden mit Presskeramik angefertigt und weisen ein komplementäres Abrasionsmuster auf. Stimmen diese Parameter überein, kann bestätigt werden, dass bei der Modellation funktionsdynamische Bewegungsmuster berücksichtigt wurden.

„Der Kompass ist ein sicherer Wegweiser, der die Bewegungskordinaten des stomatognathen (dentalen) Systems erfasst und bei der Rekonstruktion der Zähne für das Höcker-Fissuren-Relief einen wesentlichen Richtungsverlauf vorgibt.“⁷

Fazit

Die Bewegungsrichtungen können vom Zahnarzt mit Hilfe des okklusalen Kompasses genauer studiert und bewertet werden. Durch Okklusionsfolien wird eine optische Darstellung bewegungsinduzierter Flächen ermöglicht, welche sich mit dem Kompass leichter einer Richtung zuordnen lassen. In der Zahntechnik müssen sie für eine physiologische Rekonstruktion und Anfertigung individueller Gebrauchsmuster nachvollzogen werden, wobei besonders der dreidimensionale Nutzbereich zu berücksichtigen ist, um dem Unterkiefer einen physiologischen Bewegungsraum zu gewährleisten. Das Vorgehen umfasst die Wachsmodellation einer jungfräulichen Kaufläche, auch Primärmorphologie genannt. Bei der Anfertigung werden entsprechend den Bewegungsmustern (Information von computergestützten Funktionsaufzeichnungen sowie Lateralregistrat/exzentrische Registrat) individuelle Flächen konstruiert, die für die Zerkleinerung der Nahrung zur Verfügung stehen. Diese Flächen werden im Artikulator durch eine Bewegung der aufgewachsenen Zahnreihen gegeneinander herausgearbeitet, wodurch eine sogenannte Funktions- oder auch Sekundärmorphologie entsteht.

Die Gestalt der Kaufläche ist dann so beschaffen, dass sie selbst bei Verwindungen des Unterkiefers eine Nahrungszerkleinerung erlaubt. Das Flächenmuster ermöglicht somit diversifizierte Aktionsbereiche, die vom Patienten eingearbeitet bzw. modifiziert werden können. Nur so kann eine physiologische Kaufläche entstehen!

Die Abbildungen 16 und 17 dokumentieren den Ausschnitt einer keramischen Totalsanierung eines 65-jährigen Patienten. Die vom Zahntechniker angebotenen Flächen wurden vom Patienten während der Nahrungszerkleinerung in einer 3-jährigen Tragezeit modifiziert (farbliche Markierung). Dies konnte mit der Kauflächenanalyse bestätigt und nachgewiesen werden³. Die Aussage des Patienten, der über ein sehr angenehmes Gefühl beim Kauen berichtete, bestätigt, dass eine funktionsgerechte Restauration angefertigt wurde.

Um einen Zahnersatz nach biomimetischen Kriterien (Konstruktions- und Funktionsprinzipien der natürlichen Zähne) herzustellen, müssen individuelle Funktionsflächen angefertigt werden. Der okklusale Kompass liefert zu deren Gestaltung wichtige und richtungweisende Informationen.

Literatur

1. Fiorenza L, Benazzi S, Kullmer O. Para-masticatory wear facets and their functional significance in hunter-gatherer maxillary molars. *J Archaeol Sci* 2011;38: 2182-2189.
2. Kullmer O, Benazzi S, Fiorenza L, Schulz D, Bacso S, Winzen O. Technical note: Occlusal fingerprint analysis: quantification of tooth wear pattern. *Am J Phys Anthropol* 2009; 139:600-605.
3. Kullmer O, Schulz D, Benazzi S. An experimental approach to evaluate the correspondence between wear facet position and occlusal movements. *Anat Rec (Hoboken)* 2012;295: 846-852.
4. Schulz D. NAT – Die Naturgemäße Aufwachstechnik. Teil 1: Der anteriore Bereich. Fuchstal: Teamwork Media, 2003.
5. Schulz D. NAT – Die Naturgemäße Aufwachstechnik. Teil 2: Der posteriore Bereich. Fuchstal: Teamwork Media, 2008.
6. Schulz D. Natur- und Funktionsgerechte Rekonstruktionen – N.F.R. Workshopbuch, Dental Workshop Bensheim.
7. Schulz D. Das Beste aus 7 Jahren Bensheimer Treff. Vortrag, Fortbildungstagung „Wieland präsentiert“, Bensheim, 18.-19.02.1994.