

Die Programmierung von Vertikalbewegungen im Artikulator

Rainer Schöttl

„Artikulatorprogrammierung“ ist unter Gnathologen ein gängiger Begriff. Man versteht darunter zumeist die Einstellung von Winkeln oder auch Spielräumen in der posterioren Artikulatorführung, wie die horizontale Kondylbahnneigung (HCN), den Bennett-Winkel, die Immediate Sideshift oder auch die Retrusion mit ihrer Surtrusion. In der Regel wird versucht, diese Werte individuell am Patienten zu ermitteln, indem der Behandler den Unterkiefer des Patienten entlang seiner Bewegungsgrenzen manipuliert.

Jedoch betrifft diese Art der Artikulatorprogrammierung lediglich die Horizontalbewegungen, indem mit der HCN z. B. eingestellt wird, wie viel interokklusale Distanz im Artikulator zwischen posterioren Zähnen entsteht, wenn man Translationsbewegungen durchführt. Oder mit dem Bennett-Winkel kann eingestellt werden, wie breit der im Artikulator abtastbare okklusale Kompass bei Seitbewegungen ist. Im Gegensatz dazu finden sich im Artikulator keinerlei Einstellmöglichkeiten zur Beeinflussung vertikaler Bewegungen. Doch selbst wenn es solche gäbe, wäre es dann zunächst kaum vorstellbar, nach welchen Gesichtspunkten man diese Einstellungen vornehmen sollte. Im Grunde scheint die Reproduktion der Vertikalbewegungen im Artikulator ein Thema, um das sich kaum jemand Gedanken macht. Dabei ist es offensichtlich, dass ein „falsches“ Absenken im Artikulator in anderen Okklusalkontakten münden muss als die Situation im Mund vorschreibt und dass

Zusammenfassung

Bei der Artikulatorprogrammierung finden sich im Artikulator keine Einstellmöglichkeiten zur Beeinflussung vertikaler Bewegungen. Doch auch bei Vorhandensein solcher Möglichkeiten würde die Frage offen bleiben, nach welchen Gesichtspunkten man diese Einstellungen vornehmen sollte. Dabei kann ein „falsches“ Absenken im Artikulator in anderen Okklusalkontakten münden als die Situation im Mund es vorschreibt und so zu einer fehlerhaften Versorgung führen. Der Autor stellt die Grundlagen vor, wie Horizontalbewegungen im Artikulator programmiert werden können.

Indizes

Funktion, Artikulatorprogrammierung, Vertikalbewegungen, Okklusalwinkel, Bezugsebenen, okklusale Auftreffwinkel, Artikulatorartefakte, Vector-Analyser, Modellmontage

Einleitung

es daher ein Anliegen sein muss, im Artikulator auch vertikal mit den gleichen Bewegungsrichtungen zu arbeiten, wie sie beim Patienten auftreten.

Die Tatsache, dass man hier nicht nach Fehlermöglichkeiten sucht, zeigt einmal mehr, wie verzeihend – oder, besser ausgedrückt, wie kompensationsfähig – das menschliche Kausystem funktioniert. Schließlich ist es kaum vorstellbar, dass Fehler überall auftreten können, nur nicht wenn es um vertikale Bewegungen im Artikulator geht.

Hintergrund Diese vermeintliche Sicherheit beruht auf den Thesen von Beverley McCollum, der Leitfigur einer ursprünglich recht kleinen Studiengruppe im Süden von Kalifornien, die in den 1920er-Jahren gegründet worden war und sich den Namen „Gnathologic Society“ gegeben hatte.³ 1955 veröffentlichte McCollum gemeinsam mit seinem Freund und Kollegen Charles Stuart das Buch „Gnathology – A Research Report“⁶, in dem diese Thesen ausführlich erklärt wurden. Eine zentrale Bedeutung kommt dabei der Überzeugung zu, dass jedem Synovialgelenk eine Bewegungsachse zugeordnet werden könne. In Armen, Beinen, bei Fingergelenken, ja selbst bei Hühnerbeinen hatte man solche Achsen mittels entsprechender Messeinrichtungen darstellen können, also schloss man daraus, dass es eine solche Achse auch im menschlichen Kiefergelenk geben müsse.

Dieses Gedankengebäude, das, wenn man seine Prämissen erst einmal akzeptiert hatte, wunderbar schlüssig aufgebaut war, entstand in einer Zeit der großen Unsicherheit. Bonnwill's Artikulatoren hatten sich als unzulänglich erwiesen, denn Christensen hatte dargestellt, dass der Mensch seinen Unterkiefer keineswegs wie eine Schublade nach vorne schiebt, sondern dass sich dieser dabei auch um seine Querachse bewegt, sodass die Zahnreihen bei einer Vorschubstellung posterior auseinander klaffen. Ihm zu Ehren hatte Gysi diesen Vorgang später als „Christensen-Phänomen“ bezeichnet. Bennett hatte die Kollegenschaft mit seinen Ausführungen vor der „Royal Academy of Medicine“ überrascht, in denen er erläuterte, dass das Zentrum für eine Bewegung des Unterkiefers zwischen der interkuspidalen Position und der Ruhelage (damals noch als Ruheschwebe bezeichnet) im Bereich des Mastoids läge.¹

Allgemein hatte man an der Vorgehensweise von Bonnwill festgehalten und artikulierte zunächst das Modell des Unterkiefers parallel zur Tischebene ein. Jedoch war man sich gerade bei der Reproduktion vertikaler Veränderungen im Artikulator sehr unsicher. Gysi hatte versucht, bei der Entwicklung seines Gysi Simplex Artikulators all dem Rechnung zu tragen, indem er einerseits die Möglichkeit schuf, das untere Modell am Bonnwill-Dreieck auszurichten, andererseits den Artikulator aber posterior und kaudal zur Position der menschlichen Kondylen steuerte, um dem von Bennett geschilderten Bewegungszentrum nahe zu kommen (Abb. 1).⁴

Das obere Modell anstelle des unteren zuerst zu montieren, den Bezug zur Okklusionsebene aufzugeben, stattdessen mit einem Gesichtsbogen die Relation zu einer zuvor ermittelten Scharnierachse zu übertragen, wie dies von McCollum und Stuart vorgeschlagen wurde, das war eine Neuerung geradezu revolutionären Ausmaßes, die alles zuvor Dagewesene auf den Kopf stellte. Der Bann war gebrochen. Bei einer gegebenen „kondylären Konzentrität“⁶ war man im Artikulator bei der Gestaltung der vertikalen Dimension endlich frei von den Vorgaben der Bissregistrierung.

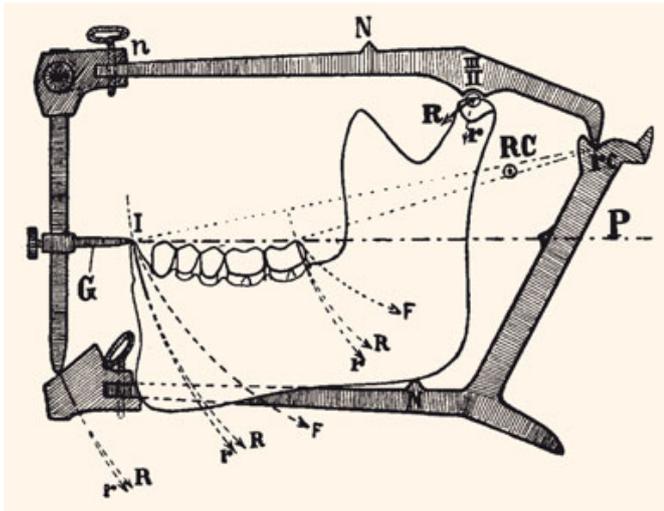


Abb. 1 Zeichnung des Gysi Simplex Artikulators im Bruhns Handbuch der Zahnheilkunde von 1926⁴. Die Kondylzeiger dienen nicht der Steuerung, sondern der Zuordnung des unteren Modells zum Bonwill-Dreieck.

Zumindest so lange man die beschriebene Prämisse akzeptieren konnte, dass die Kiefergelenke sich bei Vertikalbewegungen um eine Achse drehen. Arne Lauritzen dürfte der größte Verdienst für die Verbreitung der Gnathologie in Europa zukommen. In seinem Buch schreibt er 1974, dass sich die einzige reine Rotationsbewegung, zu der der menschliche Unterkiefer in der Lage ist, innerhalb der ersten 19 mm Öffnung abspielt und zuvor vom Patienten eingeübt oder vom Behandler manipuliert werden müsse.⁵ Fast niemand bewegt seinen Unterkiefer also habituell in dieser Weise. Posselt hatte zwar gezeigt, dass bei weniger als 3 % der Probanden die habituelle Interkuspitation durch eine reine Rotationsbewegung um die terminale Scharnierachse erreicht wird.⁹ Jedoch wurden seine Erkenntnisse dahingehend umgedeutet, dass man nun konstatierte, dass alle Menschen in der Lage seien, eine solche Scharnierachsenbewegung auszuführen, so lange sie diese nur genug eingeübt hätten oder sie sich von einer außenstehende Person manipulieren ließen.

Diese Bewegung ist es, welche wir in der Vertikalen in unseren Artikulator einprogrammieren, wenn wir für die Übertragung einen Gesichtsbogen mit einem direkten oder mittelwertigen Bezug zur terminalen Scharnierachse einsetzen. Und im Endeffekt wurde einfach postuliert, dass es auch diese Bewegung sein müsse, und nicht eine andere, habituelle Bewegung des Patienten, welche in der maximalen Interkuspitation mündet.⁵

So mag es, in der Retrospektive betrachtet, erstaunen, dass sich so viele mit dieser Vorgehensweise anfreunden konnten, insbesondere vor dem Hintergrund, dass heute die wenigsten noch mit Bisslagen arbeiten, die tatsächlich entlang der retralen Bewegungsgrenze des Unterkiefers erreicht werden. Jedoch wird hierbei vielleicht verständlich, warum der Programmierung der vertikalen Artikulatorbewegungen keine Beachtung geschenkt wird: Sie gilt als schon lange gelöst und man hat schlicht übersehen, dass Bisslagen außerhalb der terminalen Scharnierbewegung die ursprünglichen gnathologischen Prämissen verletzen und natürlich nicht mit einer Bewegung um die terminale Scharnierachse eingenommen werden können, sondern andere Bewegungen nötig machen. Sobald aber im Mund solch andere Bewegungen auftreten, der Artikulator hingegen nach wie vor mit der terminalen Scharnierachse programmiert wird, kommt es zu Diskrepanzen. Dies geschieht sobald dort

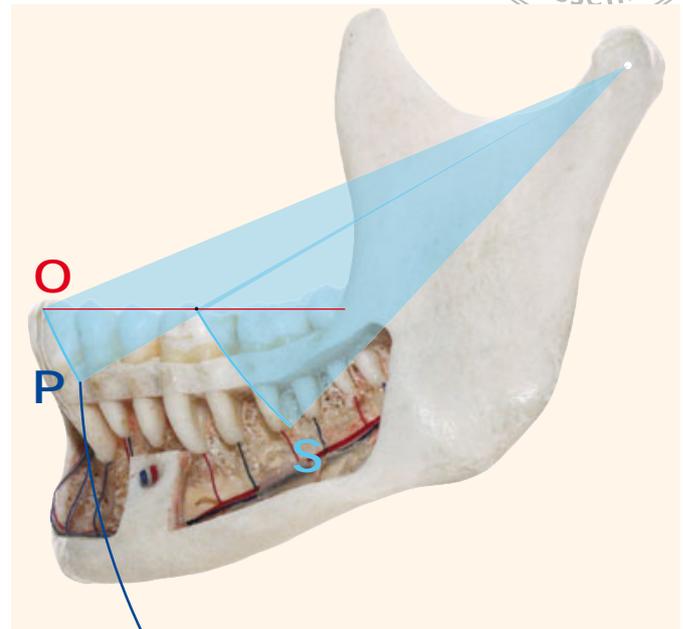


Abb. 2 Bewegungen um die terminale Scharnierachse beschreiben Kreisbahnen um eine die Kondylen verbindende Achse – am Schneidezahnpunkt ebenso wie an jedem anderen Punkt der unteren Zahnreihe. Ab dem Punkt P muss diese Kreisbahn verlassen werden, da Ligamente eine Translation im oberen Gelenkspalt erzwingen. Erfolgt die Rotation gemeinsam mit der Translation, drückt sich dies in einer steileren Bewegungsbahn am Messpunkt aus.

eine andere Vertikale angesteuert wird als diejenige, die bei der Bissregistrierung im Mund festgehalten wurde. Das Ziel der Programmierung der Vertikalbewegungen im Artikulator ist daher, beim Absenken möglichst die gleichen Vektoren zu erzeugen, mit denen bei der Bissregistrierung im Mund angehoben wurde, bzw. den Artikulator so zu programmieren, dass er in der Vertikalen habituelle Bewegungen wiedergibt, statt Grenzbewegungen um die terminale Scharnierachse.

Habituelle versus Achsenbewegungen

Posselt widmet dem Unterschied zwischen habituellen Bewegungen und Grenzbewegungen ganze Passagen seines 1968 erschienenen Buchs.⁸ Dabei betont er, dass sich der Mund bei der Aktivierung der Depressoren öffnet, ohne dabei auf ein Ziel gerichtet zu sein. Insofern die Translation in den oberen Gelenkspalten nicht behindert ist, steht daher zu erwarten, dass diese gleichzeitig mit der Rotation einsetzt und der Unterkiefer einfach dem Weg des geringsten Widerstands folgt. Wenn die Translation nicht am retralen Anschlag fixiert wird, wie von McCollum und Stuart empfohlen, müsste in der Tat ein anderer Mechanismus erkennbar sein, der die Kondyle in einem bestimmten Punkt ihrer Translation so fixiert, dass eine isolierte Bewegung im unteren Gelenkspalt erfolgen kann, also eine Rotation um eine Achse, die durch beide Kondylpole tritt. Posselt führt weiterhin aus, dass beim Schließen des Unterkiefers ein Ziel getroffen werden muss, die maximale Interkuspidation. Der Unterkiefer muss also zwangsweise so bewegt werden, dass er die habituelle Interkuspidation erreicht, auch wenn Bewegungen um irgendwelche Achsen anderswohin führen würden.

Da die Bewegung des Unterkiefers um seine terminale Scharnierachse geometrischen Gesetzmäßigkeiten unterliegt, kann sie an jedem Punkt des Unterkiefers relativ einfach abgegriffen werden, so lange dessen Dimensionen bekannt sind. Dies gilt jedoch nur für die Kreisbewegungen um die terminale Scharnierachse (Abb. 2). Sobald diese mit einer Trans-

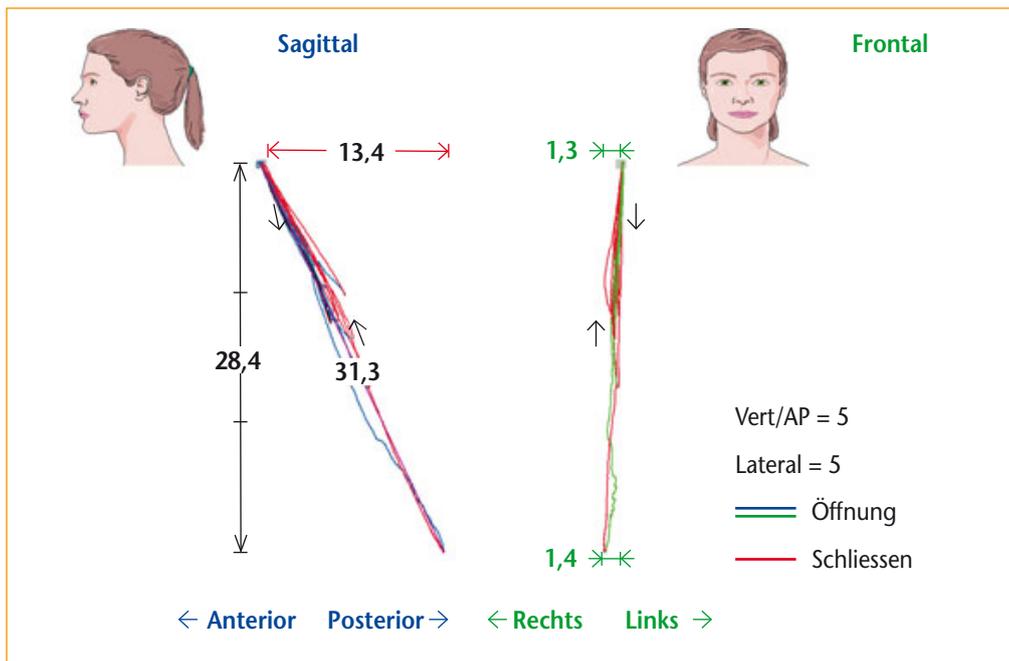


Abb. 3 Voluntäre Bewegungen treffen unmittelbar in die maximale Interkuspitation und haben einen glatten Verlauf, sofern keine Störkonturen Ausweichbewegungen nötig machen. Einen Knick, wie am Punkt P in Abbildung 2, findet man selten, da kaum jemand entlang der retralen Bewegungsgrenze zubeißt und dort i. d. R. die habituelle Interkuspitation auch nicht angesiedelt ist.

lation gekoppelt sind, hängt die Bewegungsrichtung vom Verhältnis der Bewegungskomponenten Rotation/Translation ab. Jedoch kann prinzipiell festgehalten werden, dass eine solche Kombinationsbewegung im Bereich der Kauflächen mit Respekt zur Okklusalebene steiler ausfällt als eine isolierte Rotation, welche in einem spitzeren Winkel im Okkusalkontakt mündet.

Registriert man jedoch habituelle Bewegungen des Unterkiefers bei einer aufrecht sitzenden Person ohne Interferenz durch Manipulation seitens des Behandlers, so stellt man fest, dass Schließbewegungen in einer glatten Bahn direkt in die maximale Interkuspitation treffen, selbst wenn die von Lauritzen beschriebene Grenze der reinen Rotation bei 19 mm überschritten wird (Abb. 3). Ein Knick in der Bewegungsbahn, wie im Punkt P der Abbildung 2 dargestellt, lässt sich dann nicht finden. Das bedeutet auch, dass die habituelle Schließbewegung zu keinem Zeitpunkt in die oftmals postulierte Scharnierachsenbewegung übergeht.

Zumindest kann dies in der Regel bei den Fällen beobachtet werden, bei denen ein freier Zugang in die habituelle Interkuspitation besteht. Gelegentlich machen zu steil stehende obere Schneidezähne oder andere dentale Störkonturen eine Modifikation der Schließbewegung erforderlich, um vorzeitige Zahnkollisionen beim Schließen zu vermeiden. Oft sieht man dann auch einen deutlichen Unterschied im Verlauf der Öffnungs- und Schließbewegungen, welcher jedoch nichts mit irgendwelchen Bewegungsachsen zu tun hat.

Posselt beschreibt im erwähnten Buch auch, dass die Bewegungsrichtung beim Zubeißen nicht nur vom Zielpunkt der maximalen Interkuspitation abhängt, sondern auch vom Startpunkt der Bewegung. Da dieser, neben anderen Einflüssen, auch solchen durch die Kopfhaltung ausgesetzt ist, wird verständlich, warum die habituelle vertikale Kieferbewegung so schwer zu definieren ist.

Okklusalwinkel statt Achsen

Ein Ausweg aus dem Dilemma besteht darin, dass man sich zur Reproduktion der vertikalen Bewegungszentren im Artikulator von der Suche nach Bewegungszentren abwendet. Entweder eine Bewegung verläuft kreisförmig um ein geometrisches Zentrum, hat somit eine Bewegungsachse, oder sie hat eine solche nicht. Der Versuch, ihr ein solches Zentrum zu verleihen indem man sie manipuliert – und gleichzeitig verfälscht – macht den Sinn ihrer Reproduktion im Artikulator hinfällig.

Jedoch lassen sich Bewegungen auch ganz anders ablesen bzw. definieren. Im Endeffekt interessiert es nur, wie sich die Kauflächen einander annähern bzw. voneinander entfernen, wenn der Mund etwas weiter geschlossen respektive geöffnet wird. Man möchte im Artikulator so weit als möglich die gleiche Situation herbeiführen. Es sind diese Informationen, die wir benötigen, um Kauflächen möglichst störungsfrei zu gestalten.

Statt dabei den Umweg über eine Scharnierachse zu gehen, deren Manipulation am Patienten das, was gemessen und reproduziert werden soll, notgedrungen verfälscht, bestehen heute die technischen Möglichkeiten, Bewegungen direkt an bestimmten Zähnen abzugreifen. Was dann verbleibt ist zum einen die Notwendigkeit, diese zu einer Referenz in Bezug zu setzen, die am Patienten und im Artikulator gleichermaßen vorhanden ist. Zum anderen bleibt die Aufgabe einen Weg zu finden, auf dem sich die im Patienten zu dieser Referenz gemessene Bewegungsrichtung im Artikulator reproduzieren lässt. Zwei Voraussetzungen sind also für einen neuen Denkansatz erforderlich:

1. Die Lösung von der Vorstellung einer Scharnierachse, wie vom Autor an anderer Stelle ausführlich beschrieben.¹⁸
2. Eine Bezugsebene, die sich nicht an Punkten orientiert, die im Artikulator nicht nachvollziehbar sind.

Bezugsebene

Der Wahl der Bezugsebene kommt auch deswegen eine große Bedeutung zu, weil sie nicht nur die im Artikulator wiedergegebenen Bewegungen, also die Funktion, entscheidend beeinflusst, sondern auch ästhetische Entscheidungen bei der Herstellung von Zahnersatz.¹⁷ Ein typisches Missverständnis dabei ist, dass diese Bezugsebene unbedingt eine Horizontale bilden muss. Horizontal oder waagrecht ist, was im rechten Winkel zur Lotrechten steht, welche auf den Erdmittelpunkt zeigt und die Richtung der Schwerkraft wiedergibt. Wie jedoch die Zahnreihen zur Schwerkraft ausgerichtet sind, ist eher unbedeutend. Es wurde gelegentlich behauptet, dass die Okklusalebene horizontal stehe, jedoch gibt es hierzu keinerlei gesicherte Erkenntnisse.

Wenn wir jedoch die Zahnreihen im Artikulator horizontal stellen, dann aus einem ganz anderen Grund: Die Okklusalebene ist am Modell ebenso darstellbar wie am Patienten. Sie gibt uns daher die Möglichkeit, ohne Umwege – und ohne die damit verbundenen Fehlerquellen – Bewegungen mit dem gleichen Bezug am Patienten abzugreifen, zu dem wir sie dann im Artikulator reproduzieren.

Der okklusale Auftreffwinkel

Als den okklusalen Auftreffwinkel α definieren wir den Winkel zwischen der Okklusalebene und der Tangente auf einer bogenförmigen Bewegungsbahn im Punkt des Okklusalkontakts. Abbildung 4 zeigt im Bereich des ersten Molars einen solchen Winkel α von 60° . Paraokklusal unter den mittleren Schneidezähnen gemessen ergibt sich ein ähnlicher Winkel von 61° ,

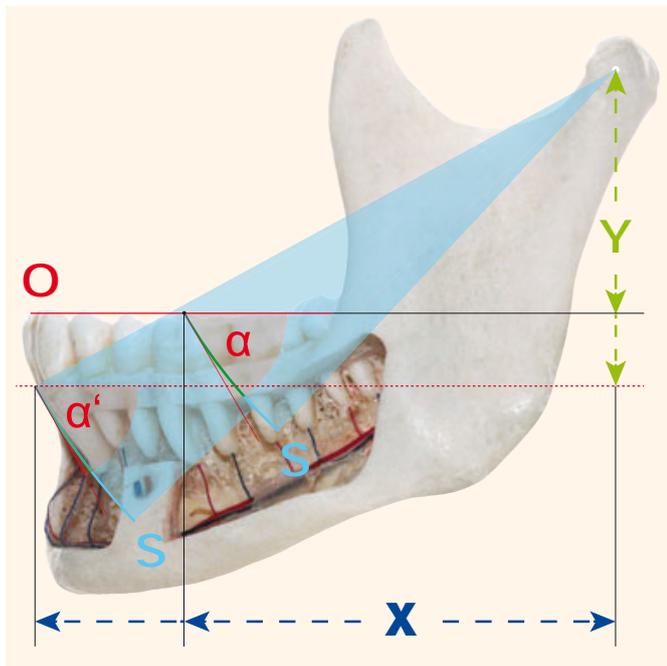


Abb. 4 Scharnierachsenbewegungen lassen sich mit diversen Aufzeichnungsgeräten an unterschiedlichen Positionen abgreifen, z. B. anterior paraokklusal unter den Schneidezähnen oder direkt am ersten Molar. So lange sich das Verhältnis X : Y nicht nennenswert ändert, werden dabei die gleichen Auftreffwinkel α gegenüber der Okklusalebene O ermittelt.

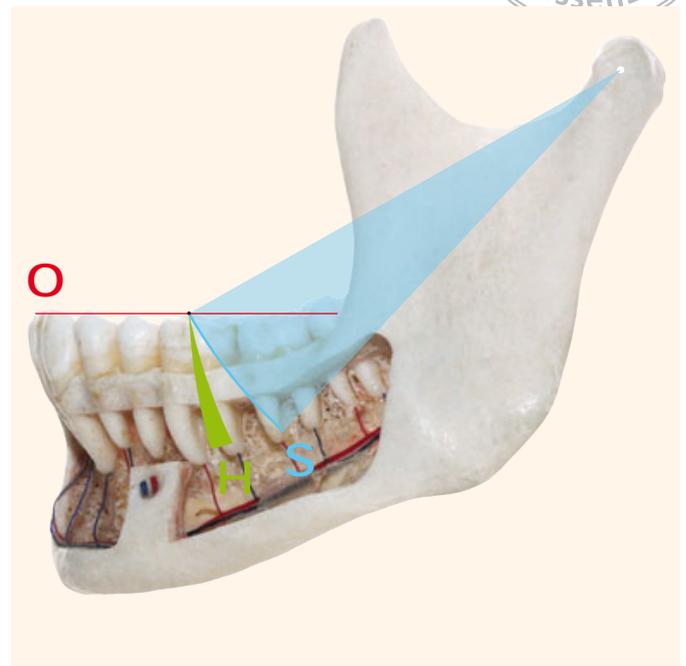


Abb. 5 Der in Studien ermittelte okklusale mittlere Auftreffwinkel von $86,4^\circ$ wies zwischen den Probanden eine erstaunlich geringe Streuung von maximal $5,9^\circ$ auf (grafisch dargestellt in H), trotz unterschiedlicher Angle-Klassen. Davon unterscheiden sich Bewegungen um die terminale Scharnierachse mit einem Winkel um die 60° deutlich.

da dieser Messpunkt sowohl weiter kaudal als auch weiter anterior liegt und das Verhältnis zwischen dem horizontalen und vertikalen Abstand vom Achsenpunkt daher ähnlich ist.

Klinische Messungen des Autors kommen zu dem gleichen Ergebnis wie diese theoretischen Betrachtungen: Schließbewegungen um die terminale Scharnierachse münden in der Regel mit einem Winkel von etwa 60° mit Respekt zur Okklusalebene im Okklusalkontakt. Es ist diese vertikale Bewegung, die bei der von McCollum und Stuart empfohlenen Gesichtsbogenübertragung in den Artikulator einprogrammiert wird. Daher ist dort ein solcher okklusaler Auftreffwinkel zu erwarten, wenn bei der Übertragung keine allzu großen Fehler gemacht wurden. Allerdings wird dies im Artikulator gewöhnlich durch eine Referenzebene maskiert, zu der die Okklusalebene geneigt steht.

Ebenso wie eine geführte Bewegung um die terminale Scharnierachse (möglicherweise mit dem Patienten in Rückenlage) lässt sich jedoch eine freie, ungeführte Bewegung bei aufrechter Körperhaltung des Patienten aufzeichnen. An der Kyushu Universität in Fukuoka, Japan, befasste man sich in den 1990er-Jahren ausgiebig mit solchen Untersuchungen,⁷ wobei man dem Faktor von okklusalen Störkontakten und entsprechenden Ausweichbewegungen Rechnung trug, indem man die letzten Millimeter der Schließbewegung herausrechnet. Ogawa et al.⁷ kamen bei diesen Studien zu der Erkenntnis, dass der Mensch in der Funktion seinen Unterkiefer habituell annähernd rechtwinklig zur Okklusalebene bewegt, egal wie diese zu anderen Schädelebenen ausgerichtet ist. Die größte

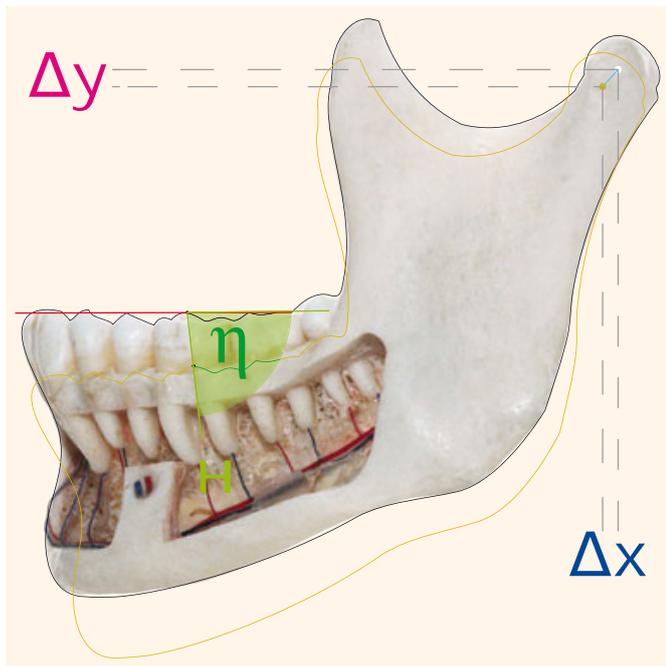


Abb. 6 Bei einer Anhebung der vertikalen Dimension ohne Manipulation von außen ist zu erwarten, dass auch eine Translation in den Kiefergelenken stattfindet, welche den Unterkiefer um den Wert x nach anterior und y nach kaudal verlagert. Daraus resultiert der Winkel η gegenüber der Okklusalebene beim Anheben.

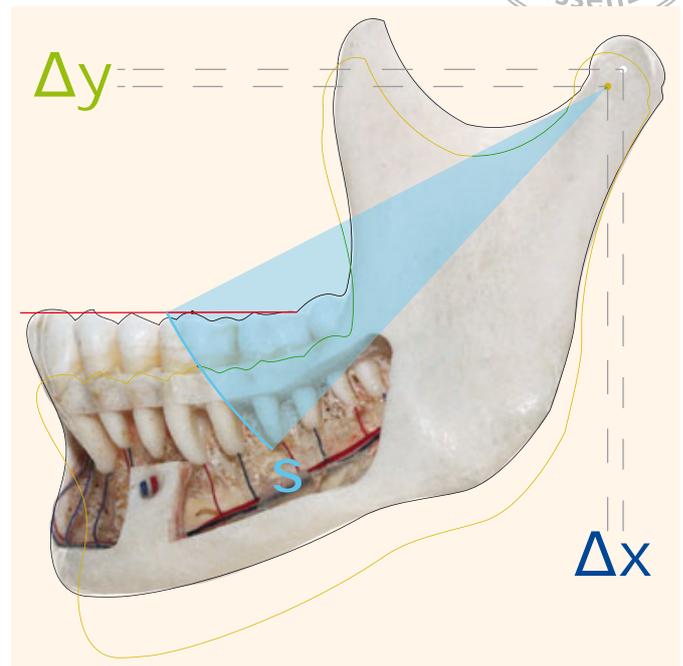


Abb. 7 Werden die Modelle, in die Position im Winkel η gehoben, im Artikulator positioniert und dort mit der Bewegung S um die terminale Scharnierachse abgesenkt, erfolgt eine Rotation in der translatierten Stellung der Kiefergelenke. Diese nimmt im Bereich der Zahnreihen eine mehr nach anterior geneigte Richtung.

gefundene Abweichung vom mittleren okklusalen Auftreffwinkel von $86,4^\circ$ betrug gerade einmal $5,9^\circ$.

Abbildung 5 verdeutlicht, wie schmal der gefundene Korridor der habituellen Funktionsbewegungen in der Sagittalen zwischen den untersuchten Probanden war. Schließbewegungen um die terminale Scharnierachse weisen einen deutlich größeren Vektor nach anterior auf. Der Unterschied in den jeweiligen Bewegungsrichtungen muss von der Beteiligung von Translationsbewegungen im oberen Gelenkspalt bei habituellen Bewegungen herrühren und zeigt, dass diese eben nicht als isolierte Rotationsbewegungen im unteren Gelenkspalt ablaufen.

Artikulatorartefakte

Probleme entstehen nun, wenn zwei unterschiedliche Bewegungsrichtungen miteinander vermischt werden. Wird z. B. bei der Bissregistrierung in vivo eine „Wohlfühlzentrik“ registriert, bei der der Patient eine aufrechte Körperhaltung einnimmt und niemand dessen Unterkiefer nach retral manipuliert, so ist in diesem Registrat ein dem Behandler unbekanntes Maß an Translation enthalten. Wird nun im Artikulator um die terminale Scharnierachse abgesenkt, so wird das Ausmaß an Translation, das im Mund in einer auf dem Registrat gehobenen Stellung beinhaltet war, im Artikulator nicht wieder zurückgeführt. Vielmehr bleiben die Artikulorkondylen in dieser Translationsstellung stehen und werden beim Absenken lediglich rotiert.

Wie aus den Abbildungen 6 bis 8 ersichtlich ist, bleibt beim Absenken um die terminale Scharnierachse eine Verlagerung des Unterkiefers bestehen. Diese resultiert aus der Trans-

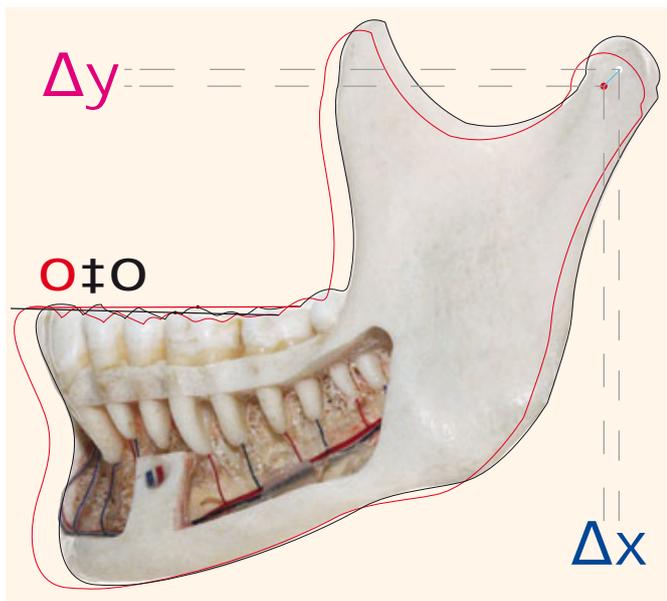


Abb. 8 Da im Artikulator beim Absenken die Translation nicht zurückgeführt wird, bleibt der Unterkiefer um die Werte x und y verlagert. Da sich die Achse, um die abgesenkt wird, deutlich oberhalb der Okklusalebene befindet, entsteht eine zusätzliche Verlagerung nach anterior.

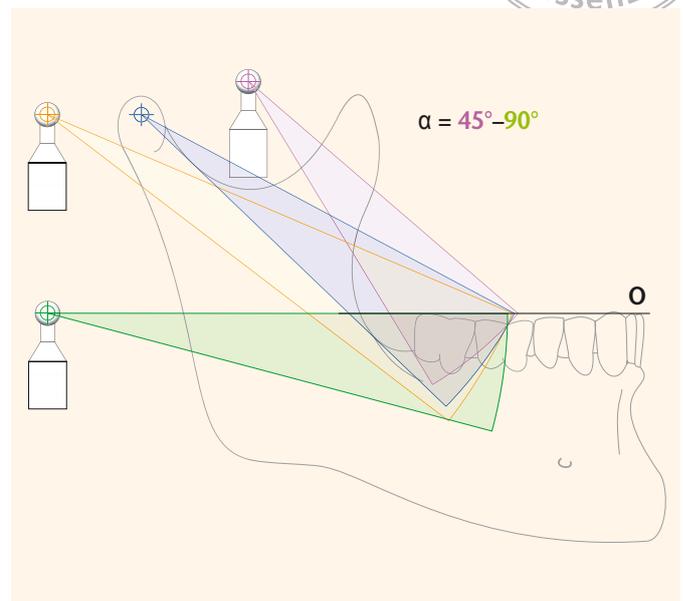


Abb. 9 Je nach der Relation der Artikulatorachse zur Okklusalebene O werden im Artikulator völlig unterschiedliche okklusale Auftreffwinkel erzeugt.

lation, die bei jeder Bissregistrierung vor der retralen Bewegungsgrenze zu erwarten ist. Die terminale Scharnierachse, die deutlich über der Okklusalebene liegt, führt die untere Zahnreihe beim Absenken im Artikulator außerdem zu weit nach anterior.

Wie groß das so entstandene Artefakt letzten Endes ist, hängt u. a. von der Kondylbahnneigung und von der Stellung der Schneidezähne ab. Bei einer steilen Kondylbahn wird $\Delta y > \Delta x$ und bei steil stehenden Inzisivi würden Vorkontakte dort bei einer Mesialverlagerung des Unterkiefers besonders schnell und kräftig auftreten. In vielen Fällen wird sich der Fehler Δy bei der Eingliederung von Zahnersatz oder okklusalen Bissbehelfen in Form von Vorkontakten auf die posterioren Zähne auswirken. In den Fällen, in denen in der habituellen Interkuspidation eine Kiefergelenkkompression vorlag, kann diese dadurch aufgelöst werden. Dann ist die Versuchung groß, diesen positiven Effekt einem überlegenen Registersystem zuzuschreiben oder einer besonders präzisen Arbeitstechnik, obgleich es sich doch eigentlich um einen Fehler handelt.

Will man sich nicht auf die von Ogawa ermittelten Winkel verlassen, sondern diese individuell bestimmen, so birgt der Bezug zur Okklusalebene den Vorteil, dass mit einem entsprechendem Messgerät im Patienten Winkel zur gleichen Referenzebene aufgezeichnet werden können, zu der sie dann im Artikulator eingestellt werden. Die Programmierung der vertikalen Bewegungen im Artikulator geschieht dann durch die gezielte Zuordnung der Artikulatorachse in Bezug auf die Zahnreihe, sodass sich der beabsichtigte Schließwinkel ergibt.

Programmierung vertikaler Bewegungen im Artikulator

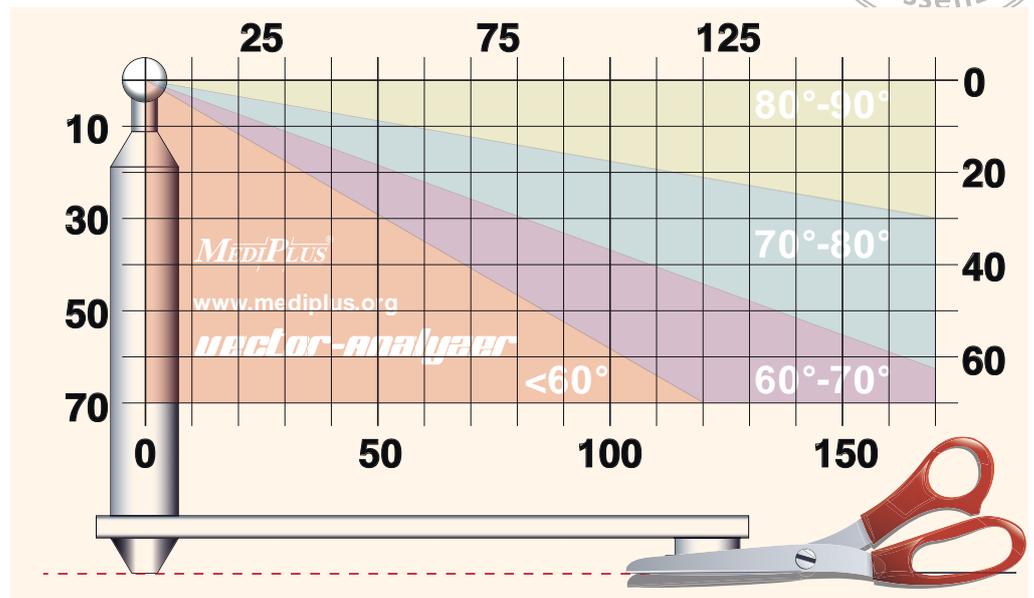


Abb. 10 Der Vector-Analyzer wird zunächst zugeschnitten, sodass der Nullpunkt seines Koordinatensystems mit der Artikulatorachse fluchtet, wenn man ihn vor dem Artikulator auf den Tisch stellt.

Läge die Artikulatorachse auf der gleichen Höhe mit der Okklusalebene, so würde ein okklusaler Auftreffwinkel von 90° unabhängig vom sagittalen Abstand zwischen Achse und Zahnreihe resultieren (Abb. 9, grüne Zeichnung). Sobald die Artikulatorachse über der Zahnreihe liegt, wird das untere Modell beim Absenken auch nach anterior bewegt bzw. das obere nach posterior, da es ja das Artikulatoroberteil ist, welches gewöhnlich bewegt wird. Für die Programmierung der vertikalen Bewegung im Artikulator gilt es also, die Zuordnung der Zahnreihen zur Artikulatorachse in der Vertikalen und Horizontalen zu finden, welche im gewünschten okklusalen Auftreffwinkel resultiert.

Der Vector-Analyzer nach Schöttl

Hierfür wurde durch den Autor eine Durchsichtschablone (Vector-Analyzer, Mediplus, Unterleinleiter) entwickelt. Diese wird zunächst durch Zuschneiden entlang der entsprechenden roten Linie an ihrem Unterrand an die Bauhöhe des Artikulators angepasst, sodass die Kreuzung der X- und Y-Achse links oben mit der Artikulatorachse fluchtet, wenn man sie vor dem Artikulator auf den Tisch stellt (Abb. 10). Die okklusalen Auftreffwinkel sind auf dem Vector-Analyzer in die vier folgenden Gruppen eingeteilt (Abb. 11).

Rot: Winkel unter 60° . Da die Bewegung um die terminale Scharnierachse im spitzesten okklusalen Auftreffwinkel resultiert, der in vivo produziert werden kann, macht die Programmierung der vertikalen Bewegung im Artikulator mit noch kleineren Winkeln in der Sagittalen keinen Sinn und sollte vermieden werden.

Violett: Winkel zwischen 60 und 70° . In diesem Bereich ist der okklusale Auftreffwinkel spitzer als der, welcher im habituellen Bewegungsmuster zu erwarten ist. Allzu freizügige vertikale Veränderung im Artikulator sollten in diesem Bereich vermieden werden. Jedoch ist diese Zuordnung möglich, wenn eine Programmierung der vertikalen Bewegung im Artikulator ähnlich der um die terminale Scharnierachse gewünscht wird.

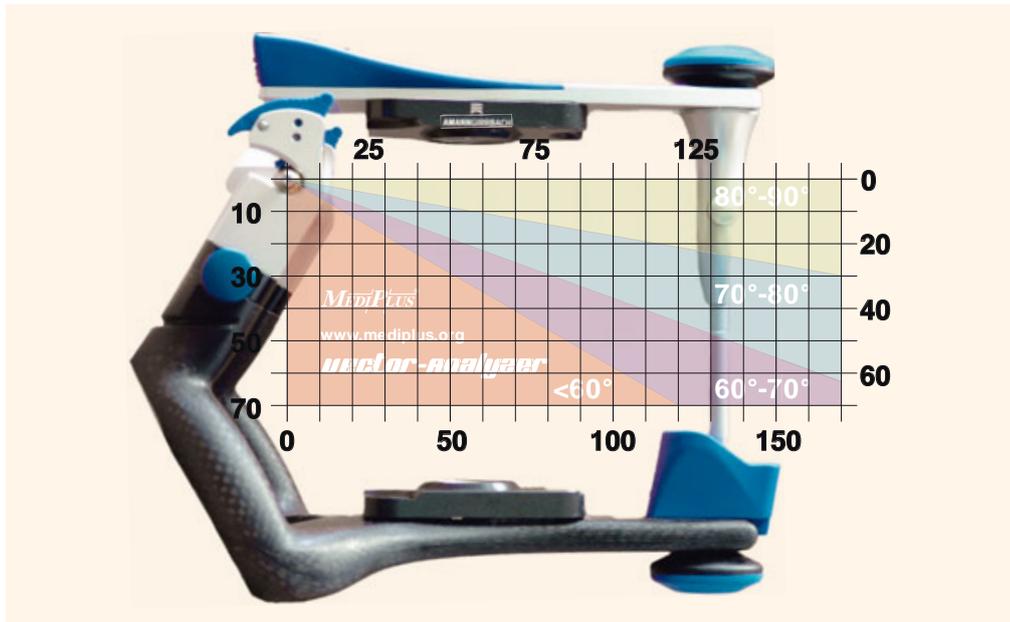


Abb. 11 Die farbigen Segmente des Vector-Analyzers helfen bei der Modelleinstellung.

Blau: Winkel zwischen 70 und 80° liegen unter Umständen bereits nahe am habituellen Bewegungsmuster. In vielen Artikulatoren können keine stumpferen Winkel als im blauen oder violetten Bereich wiedergegeben werden, weil Platzmangel im Artikulatoroberteil die dafür nötige Modellpositionierung verhindert.

Grün: Winkel zwischen 80 und 90° entsprechen den in den zitierten Studien gefundenen okklusalen Auftreffwinkeln.

Das obere Modell kann mit dem HIP-Mount im Artikulator so positioniert werden, dass dort der gewünschte okklusale Auftreffwinkel reproduziert wird (Abb. 12), wobei sich drei Vorgehensweisen anbieten:

1. Die Zahnreihe wird unmittelbar auf die Übertragungsplatte aufgelegt und so parallel zur Tischebene gestellt.
2. Das obere Modell wird auf den HIP-Montageaufsatz aufgelegt, wodurch die von Cooperman beschriebene HIP-Ebene² parallel zur Tischebene gestellt wird.
3. Das obere Modell wird auf ein in vivo angefertigtes Montageregistrat aufgelegt, wodurch unmittelbar am Gesichtsschädel des Patienten abgegriffene Referenzpunkte parallel zur Tischebene in den Artikulator gestellt werden.

Die Vorgehensweise wurde vom Autor bereits mehrfach im Detail beschrieben^{13-15,17} und ist auch unter www.hipmount.de nachzulesen. Zusätzlich existiert ein Kompaktkurs auf DVD, in dem jeder Schritt demonstriert und ausführlich kommentiert wird.¹⁰

Modellmontage



Abb. 12 Die Positionierung des Modells im Artikulator erfolgt mit dem HIP-Mount.

Die Korrektur der Okklusionsebene

Es verbleibt die Fragestellung, was zu tun ist, wenn der Verlauf der Okklusionsebene gestört, durch Prothetik oder Elongation von Zähnen verfälscht oder aufgrund von Zahnverlust nicht mehr nachvollziehbar ist.

Prinzipiell werden die Faktoren und deren Zusammenspiel bei der natürlichen Entwicklung der Okklusionsebene im Laufe des Schädelwachstums noch ungenügend verstanden. Daher sollte man von einer unbedachten Veränderung der gewachsenen Okklusionsebene Abstand nehmen. Den Auswirkungen einer fehlerhaften Übertragung der Referenzebene bei der Darstellung von vertikalen Bewegungen im Artikulator widmete der Autor vor Kurzem einen ausführlichen Artikel.¹¹ Im Grunde geht es einfach darum, dass die Richtung, in der im Artikulator abgesenkt wird, nach Möglichkeit der entsprechen sollte, in der bei der Bissregistrierung angehoben wurde.

Als Beispiel: Während der Bissregistrierung erfolgt eine Hebung der vertikalen Dimension, bei der der untere Zahnbogen, von vorne betrachtet, in der Körpermitte bewegt wird. Nun kann es im Artikulator zu Artefakten beim Absenken kommen, wenn das obere Modell versehentlich um seine Längsachse verdreht übertragen wurde und die Vertikale im Artikulator nicht mehr mit der im Patienten übereinstimmt (Abb. 13).

Bei der Modelleinstellung im Artikulator muss daher auch sichergestellt sein, dass in der Frontalebene die Vertikale am Patienten mit der im Artikulator deckungsgleich ist. Asymmetrisch entwickelte externe Gehörgänge bieten hier beispielsweise Fehlerquellen für die Gesichtsbogenübertragung. Daher ist abzuwägen, ob anstelle der Ohren nicht besser mit Bezugspunkten gearbeitet werden sollte, welche diese Dimensionen unmittelbar sicherstellen. Prinzipiell sollte in Anbetracht der diesbezüglich ungesicherten Erkenntnislage eine natürlich gewachsene Okklusionsebene zum Zweck der Modelleinstellung nur so viel modifiziert werden als erforderlich ist, damit im Artikulator Dimensionen entstehen, die mit denen im Patienten deckungsgleich sind.¹² Der Autor hat jüngst eine eigene kleine Buchpu-

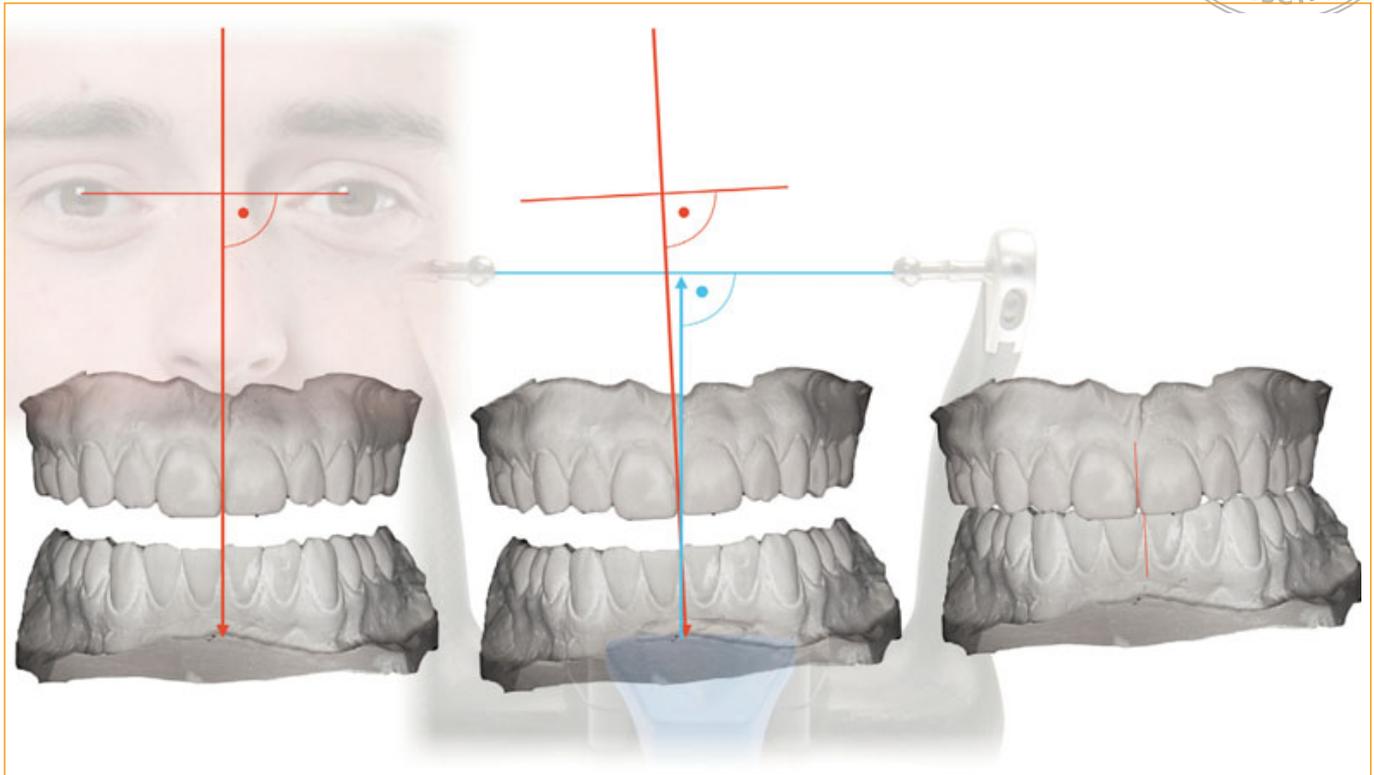


Abb. 13 Das Absenken mit fehlerhaften Vektoren im Artikulator kann auch zu Fehlern in anderen Dimensionen führen. In der Koronalebene kann so bei einem Übertragungsfehler um die Modelllängsachse ein lateraler Zuordnungsfehler nach dem Absenken entstehen (Foto: Nachdruck mit freundlicher Genehmigung der MediPlus Verlagsgesellschaft, aus Myobite 2013;4).

blikation zum Thema „Ebenenkorrektur“ verfasst, in dem auch auf die Vor- und Nachteile anderer Bezugsebenen, wie der NHP (Natural HeadPosition), eingegangen wird.¹⁶

Die Reproduktion der menschlichen Funktionsbewegungen im Artikulator ist nach wie vor ein komplexes Unterfangen. Die enorme Anpassungsfähigkeit des menschlichen Kau-systems ist dabei Segen und Fluch zugleich. Zum einen kompensiert es Fehler bei der Anfertigung von Zahnersatz oder Bissbehelfen so weit als möglich, sodass diese oft gar nicht in Erscheinung treten. Zum anderen fällt das Augenmerk dadurch aber nicht automatisch auf Fehler, wie sie z. B. durch die geschilderten Artikulatorartefakte entstehen können. So sind dann scheinbar Zufälle involviert, wenn die eine Arbeit bei der Eingliederung passt, die andere hingegen nicht. Es bleibt sorgfältig abzuwägen, inwieweit man sich solchen Artefakten gegenüber exponieren möchte.

Registrierverfahren, welche systemimmanent große Unterschiede zwischen der Höhe, in der registriert wird, und der später angestrebten Arbeitshöhe beinhalten, machen es zwangsweise erforderlich, dass man sich beim Absenken im Artikulator solchen Artefakten vermehrt aussetzt. Andere Verfahren, bei denen unmittelbar in der angestrebten Arbeitshöhe registriert wird, haben den Vorzug, dass die Kieferrelation in allen Dimensionen im

Fazit

Mund des Patienten entstanden ist. Sie kann daher mit Sicherheit bei der Eingliederung von Behelfen oder Restaurationen wieder eingenommen werden.

Das Kausystem des Menschen ist in seiner Bewegungsvielfalt zu komplex, als dass zu erwarten wäre, dass es sich in absehbarer Zukunft wirklich präzise in einem mechanischen Gerät abbilden ließe. Dennoch lässt sich ein Artikulator durchaus sinnvoll einsetzen. Dann nämlich, wenn man ihn als ein Werkzeug versteht, das einem behilflich ist, bei der Konstruktion von Kauflächen möglichst wenige okklusale Störkonturen zu übersehen. Hierfür ist dann allerdings auch die korrekte Programmierung der Horizontalbewegungen wichtig. Ein Thema, dem jedoch ein eigener Beitrag gewidmet werden soll.

- Literatur*
1. Bennett NG. A contribution to the study of the movement of the mandible. Proc Roy Soc Med 1908;1:79-98.
 2. Cooperman HN. HIP plane of occlusion in oral diagnosis. Dental survey 1975;51:60-62.
 3. GnathologyIAo. History. 2013 [cited 2013; Available from: <http://www.gnathologyusa.org/History.html>, Zugriff: 23.06.2014.
 4. Gysi A. Artikulation. In: Handbuch der Zahnheilkunde Teil II. München: Bergmann, 1926.
 5. Lauritzen A. Atlas of occlusal Analysis. Colorado Springs: HAH Publications, 1974.
 6. McCollum BB, Stuart CE. A research report. South Pasadena, Calif.: Scientific Press, 1955:123.
 7. Ogawa T, Koyano K, Suetsugu T. The relationship between inclination of the occlusal plane and jaw closing path. J Prosthet Dent 1996;76:576-580.
 8. Posselt U. Physiology of occlusion and rehabilitation. 2nd ed. Oxford: Blackwell, 1968.
 9. Posselt U. Studies in the mobility of the human mandible. Kopenhagen: o. A., 1952.
 10. Schöttl R. Die Gleichschaltung des Artikulators mit dem Patienten. Ein Kompaktkurs auf DVD. MediPlus, Unterleinleiter, 2011.
 11. Schöttl R. Die Kauebene: Referenzen und deren Konsequenzen im Artikulator. Myobyte 2013;5: 27-38.
 12. Schöttl R. Die Kauebene – von Camper bis zur Gegenwart. Myobyte 2013;5:5-11.
 13. Schöttl R. Die Wertigkeit der Kauebene und Methoden zur Analyse im Artikulator. ICCMO-Brief 2000;7:3-12.
 14. Schöttl R. Kontrolle der Modellorientierung. Myobyte 2009;3:49-52.
 15. Schöttl R. Modelleinstellung im Artikulator. ICCMO-Brief 2003;9:22-9.
 16. Schöttl R. Plane Correction – Die Korrektur der Referenzebene bei der Artikulation von Modellen. Unterleinleiter: MediPlus, 2014.
 17. Schöttl R, Plaster U. Modellübertragung und Kommunikation zwischen Zahnarzt und Zahntechniker. Quintessenz Zahntech 2010;36:528-543.
 18. Schöttl R. Scharnierachse ade! Myobyte 2008;2:7-14.



Rainer Schöttl, D.D.S.(USA)

International College of Cranio-Mandibular Othopedics
 Institut für Temporomandibuläre Regulation
 Schuhstraße 35
 91052 Erlangen
 E-Mail: rs@itmr.info