

# Die Berechnung der prospektiven Zahnposition anhand einer Modellanalyse – das Staub™ Cranial-System

Eckart Teubner<sup>1</sup>, Carlo P. Marinello<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Klinik für Rekonstruktive Zahnmedizin und Myoarthropathien, Universitätskliniken für Zahnmedizin, Universität Basel

Schlüsselwörter: Modellanalyse, Zahnaufstellung, Okklusionsebene, vertikale Dimension

Korrespondenzadresse:

Eckart Teubner, Dr. med. dent.  
Oberassistent, Klinik für Rekonstruktive Zahnmedizin und Myoarthropathien  
Universitätskliniken für Zahnmedizin, Universität Basel  
Hebelstrasse 3, CH-4056 Basel  
Tel. +41-61-267 26 36, Fax +41-61-267 26 60  
E-Mail: eckart.teubner@unibas.ch

(Text français voir page 754)

## Einleitung

Die Bestimmung der Zahnposition und der Okklusionsebene ist bei abnehmbarem und fest sitzendem Zahnersatz komplex, zeitaufwendig und stark von der klinischen Erfahrung des Behandlers abhängig. Beim konventionellen Vorgehen kann sich der Zahnarzt an der natürlichen Restbeziehung (HARTONO 1967; IVANHOE et al. 2002) und/oder an anatomischen Referenzen wie der Camper'schen Ebene, der Bipupillarlinie, der Kieferkammmitte, der Papilla inzisiva u.Ä. orientieren (KARKAZIS et al. 1986). Ästhetische (Physiognomie, Lippenschlusslinie, Lachlinie, Mittellinie, Nasenbreite etc.), phonetische (S-, F-Laut-Bildung) und

funktionelle (Wangenstütze, Zungenraum etc.) Gesichtspunkte werden zusätzlich am Patienten beurteilt und berücksichtigt (LUNDQUIST & LUTHER 1970). Vorhandene Fotos, Modelle und/oder Röntgenaufnahmen der Ausgangssituation können hilfreich sein (FAYZ & ESLAMI 1988; KARKAZIS & POLYZOIS 1991; REUSCH et al. 2004).

Interpretationen dieser Anhaltspunkte werden durch den Behandler subjektiv, individuell eingesetzt (ISMAIL 1968; FAYZ & ESLAMI 1988; BAKER et al. 2005). Um die Orientierung der Okklusionsebene bzw. der Wachswälle an anatomischen Strukturen für den Behandler zu vereinfachen, werden Hilfsmittel (Holzspatel, Kois Analyser, Concluser) zur Unterstützung genommen.

Auch in der modernen rekonstruktiven Zahnmedizin steht der Praktiker bei der Anfertigung von abnehmbarem und fest sitzendem Zahnersatz weiterhin vor dem Problem der Bestimmung der prospektiven Zahnbogenform und Zahnposition. Dabei haben sich bestimmte anatomische Referenzebenen bzw. -linien wie die Camper'sche Ebene, die Bipupillarlinie u. a. zur Ausrichtung von Okklusionsebene und Zahnposition etabliert. Die Fähigkeit und Erfahrung des Behandlers spielen hierbei eine ausschlaggebende Rolle. Die Ausrichtung der Zahnbögen in der Klinik ist zeit- und damit kostenintensiv. Um eine Vereinfachung und Standardisierung zu bieten, steht dem Zahntechniker und dem Zahnarzt seit einiger Zeit das so genannte Staub™ Cranial-System zur Verfügung. Dieses System besteht aus drei Geräten (Positionierer Ortho 1A, Einbaustativ Ortho 2A mit Adapter und Cranialstativ Ortho 3A) sowie einer Computersoftware. Mittels definierter anatomischer Punkte wird zunächst eine Modellvermessung durchgeführt. Mithilfe dieser Daten kann eine Pentafläche durch die Computersoftware errechnet und ausgedruckt werden, die dreidimensional im Raum ausgerichtet, den Zahnbogen des Zahnersatzes exakt definieren soll. Das Staub™ Cranial-System wird vorgestellt und anhand einer Kasuistik dokumentiert.

Systeme wie die hirschgeweihähnliche Bissgabel, der Indikator der Camper'schen Ebene, das Papillameter u.Ä. werden auf dem Markt angeboten und sollen die Analyse unterstützen (LUNDERSHAUSEN 1968; PRETI et al. 1992; SANTANA-PENIN & MORA 1998). Eine Standardisierung dieser Schritte vereinfacht die aufwändige Zahnaufstellung für den Zahntechniker und Zahnarzt und kann Behandlungszeit und -kosten sparen bzw. zahnaufstellungsbedingte Misserfolge verhindern.

Zur reproduzierbaren Bestimmung des Zahnbogens und der Zahnposition bietet das seit einigen Jahren erhältliche, aber noch wenig bekannte Analyse- und Fertigungssystem Staub™Cranial in der Zahntechnik einen Lösungsansatz. Mit diesem System soll es laut Hersteller mittels anatomischer Referenzpunkte, welche durch eine Modellanalyse definiert werden, möglich sein, eine mathematische Rekonstruktion der prospektiven Okklusions-ebene und der Prothesenzahnposition schädelbezüglich durchzuführen. Das System ist für den abnehmbaren und fest sitzenden Zahnersatz konzipiert. Mit der Modellanalyse werden im Ober- und Unterkiefer die Referenzpunkte und -linien festgelegt, die als Direktionspunkte, Induktionspunkte und Conclusionslinien bezeichnet werden. Diese sollen anatomisch stabil bzw. konstruierbar und auf jedem Kiefergipsmodell eindeutig aufzufinden sein. Die Längen der daraus entstehenden bzw. konstruierbaren Linien können vermessen werden und definieren eine mittels der Staub™Cranial-Software errechnete Pentafläche. Diese Pentafläche wird patientenspezifisch ausgedruckt und mit der vom Hersteller mitgelieferten Ausrüstung nach definierten Kriterien dreidimensional im Raum ausgerichtet. Mit der Pentafläche sind die prospektive Zahnposition und die Okklusions-ebene des Zahnersatzes bestimmt. Auf diese Weise soll eine reproduzierbare Referenz für den Zahnarzt bzw. Zahntechniker geschaffen sein (STAUB 2002). Das Vorgehen wird im Folgenden erläutert und mithilfe einer Kasuistik dokumentiert.

## Zahntechnische Bestandteile des Staub™Cranial-Systems

Die zahntechnische Ausrüstung des Staub™Cranial-Systems besteht aus drei Geräten: dem Positionierer Ortho 1A (Abb. 1/2), dem Einbaustativ Ortho 2A mit Adapter (Abb. 3) und dem Cranialstativ Ortho 3A (Abb. 4); diese werden durch eine Computersoftware zur Errechnung der Pentafläche (Abb. 5) ergänzt. Im Positionierer Ortho 1A (Abb. 1/2) wird das Ober- bzw. Unterkiefermodell anhand der Referenzpunkte dreidimensional



Abb. 1 Positionierer Ortho 1A, Bügel geschlossen.

Fig. 1 Positionneur Ortho 1A, étrier fermé.



Abb. 2 Positionierer Ortho 1A, Bügel offen.

Fig. 2 Positionneur Ortho 1A, étrier ouvert.



Abb. 3 Einbaustativ Ortho 2A mit montiertem Adapter.

Fig. 3 Support de montage Ortho 2A avec adaptateur monté.

ausgerichtet. Hierzu sind am Positionierer eine Messskala und eine Messspitze angebracht. An der drehbaren Messspitze muss vor der Modellausrichtung eingestellt werden, ob es sich um einen Ober- oder Unterkiefer handelt. Am Bügel, der geöffnet und geschlossen werden kann, ist die Montage des Adapters des Einbaustativs Ortho 2A zur Befestigung und Übertragung des ausgerichteten Modells möglich.

Das Einbaustativ Ortho 2A (Abb. 3) besteht aus einer in den Artikulator montierbaren Basis und einem Adapter. Eine Kompatibilität der Basis mit allen gängigen Artikulatorsystemen wird vom Hersteller garantiert. Der Adapter weist zwei verstellbare Bügel auf, die sich am Modell befestigen lassen. Auf diesen Bügeln wird das justierte Modell zur Übertragung vom Positionierer Ortho 1A in den Artikulator fixiert.

Das Cranialstativ Ortho 3A (Abb. 4) besteht aus einer in den Artikulator montierbaren Basis und einem okklusalen Tisch. Dieser Tisch weist eine Nullstellung auf und kann bei Bedarf über zwei

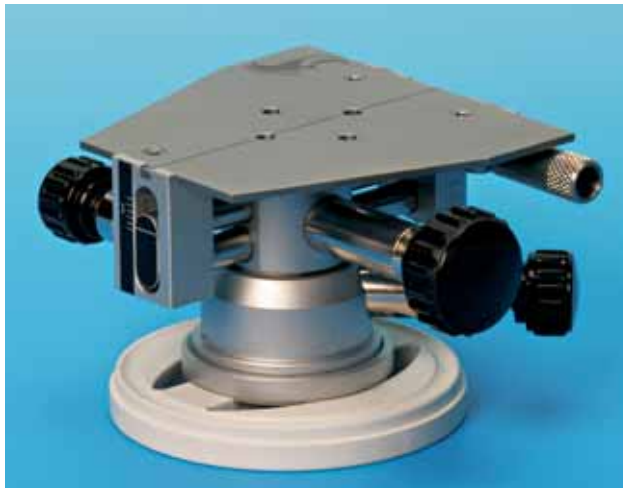


Abb. 4 Cranialstativ Ortho 3A.

Fig. 4 Support crâniens Ortho 3A.



Abb. 5 Staub™ Cranial-Software zur Berechnung und zum Ausdruck der Pentafläche.

Fig. 5 Logiciel Staub™ Cranial de calcul et d'impression du pentagone.

Verstellschrauben zusätzlich in Höhe und Neigung variiert werden. Auf dem okklusalen Tisch wird ein mit der Computersoftware ausgedruckter Pentaplot aufgeklebt. Dabei müssen die eingravierte Medianlinie des okklusalen Tisches mit der Medianlinie und die hintere Kante mit der Basis des Pentaplots übereinstimmen. Das Cranialstativ Ortho 3A wird zur Festlegung der Okklusalfäche sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer verwendet. Die Staub™ Cranial-Software (Abb. 5) läuft unter dem Betriebssystem Windows auf PC. Nach Eingabe der patientenspezifischen Daten (Name, Auftragsnummer, behandelnder Zahnarzt) müssen die in der Modellanalyse ausgemessenen Strecken  $\overline{AB}$ ,  $\overline{BC}$  und  $\overline{BC_1}$  zur Berechnung des Pentaplots eingegeben werden. Dieser wird ausgedruckt und zur Befestigung auf dem Cranialstativ Ortho 3A ausgeschnitten. Dieser Ausdruck definiert die patientenspezifische Pentafläche und damit den Zahnbogen.

### Modellanalyse Oberkiefer

Als Voraussetzung für die Modellanalyse wird ein genaues Situationsmodell gefordert, welches die anatomische Situation, insbesondere distal der Tubera und der Umschlagfalte, blasenfrei



Abb. 6 Situationsmodell des Oberkiefers für die Modellanalyse.

Fig. 6 Modèle représentant le maxillaire supérieure pour l'analyse.

wiedergibt (Abb. 6). Abformfehler, wie durchgedrückte Abformlöffel oder Deformationen, sind unbedingt zu vermeiden. Die Modellanalyse im Oberkiefer beinhaltet die Kennzeichnung (z. B. mit einem Minenbleistift) der folgenden Referenzpunkte oder -linien: rechter und linker Direktionspunkt A bzw. B, vorderer und hinterer Induktionspunkt C bzw.  $C_1$ , rechte und linke Conclusionslinie CR bzw. CL und Oberkiefer-Medianachse. Diese Punkte werden bis auf den vorderen, konstruierbaren Induktionspunkt C als anatomisch stabil und exakt reproduzierbar angesehen (Abb. 11).

Der rechte und der linke Direktionspunkt A bzw. B werden durch die Richtungsänderung (konvex zu konkav) der Fortsetzung der Verlaufskurve der Kieferkammmitte zum Hamulus pterygoideus bestimmt (Abb. 7/8). Dieser soll zur Schädelbasis stabil sein. Die Oberkiefer-Medianachse definiert sich als Lot auf den Mittelpunkt der Strecke  $\overline{AB}$ , der Verbindungslinie der beiden Direktionspunkte.

Nach Kennzeichnung des Umrisses der Papille wird der hintere Induktionspunkt  $C_1$  bestimmt. Er wird durch den Schnittpunkt der rückwärtigen Umrisslinie der Papilla mit der Medianachse des Oberkiefers definiert und soll mit den beiden Direktionspunkten A und B ein gleichschenkliges Dreieck bilden (Abb. 9). Der vordere Induktionspunkt C bildet sich aus dem Schnittpunkt der vorderen Umrisslinie der Papilla und der Medianachse. Er wird als einziger Cranialpunkt als topografisch nicht stabil angenommen. Falls der anteriorste Punkt des Umrisses der Papilla von der Medianlinie abweichen sollte, kann der vordere Induktionspunkt C rekonstruiert werden. In diesem Fall ist C der anteriore Schnittpunkt zwischen einem Kreis und der Medianen, wobei der Kreis aus dem Mittelpunkt  $C_1$  und dem Radius zwischen dem Punkt  $C_1$  und dem anteriorsten Punkt des Umrisses der Papilla definiert ist.

Die so genannte Conclusionslinie ist beidseitig der Medianen angeordnet. Sie bildet die Grenzlinie zwischen beweglicher und unbeweglicher Schleimhaut und ist in der Richtungsänderung (konvex zu konkav) der Verlaufskurve der labialen Umschlagfalte definiert (Abb. 10). Dabei wird der Minenbleistift rechts bzw. links des Lippenbandes, vom Kieferkamm kommend, in die Umschlagfalte geführt. Dies wird in geringem Abstand wieder-



Abb.7 Darstellung der Verlaufskurve der Kieferkammmitte zum Hamulus pterygoideus.

Fig.7 Représentation de la courbe allant du milieu de la crête alvéolaire au crochet ptérygoïdien (Hamulus pterygoideus).

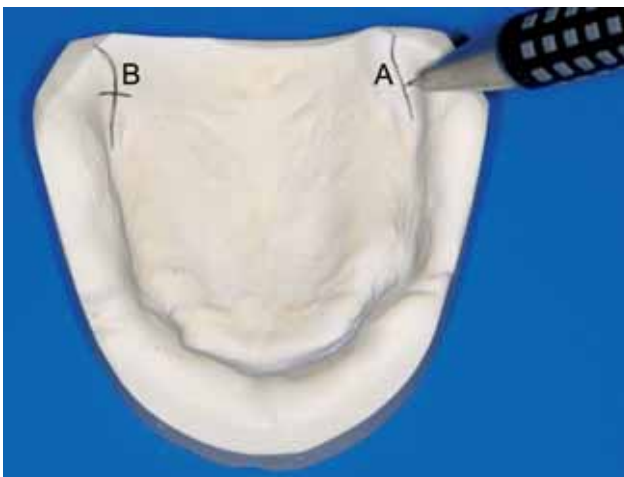


Abb.8 Kennzeichnung der Direktionpunkte A und B bei der Richtungsänderung (konvex zu konkav) der Verlaufskurve der Kieferkammmitte.

Fig.8 Repérage des points directionnels A et B au niveau du changement de direction (convexe à concave) de la courbe du milieu de la crête alvéolaire.

holt. Werden diese nun sichtbaren Richtungsänderungen markiert und verbunden, ergibt sich die Conclusionslinie. Dabei liegen die linke und rechte Conclusionslinie CL bzw. CR auf derselben Höhe und befinden sich parallel zur Verbindungslinie  $\overline{AB}$  (Abb. 11). Bei der Herstellung eines individuellen Löffels können die Conclusionslinien zur Definition der Löffelausdehnung nach distal entsprechend verlängert werden (Abb. 11). Die beiden Direktionpunkte A und B bilden mit den Induktionpunkten C und  $C_1$  ein gleichschenkliges Dreieck, wobei die Strecke  $\overline{AB}$  die Hypotenuse bildet. Nach Abschluss der Modellanalyse müssen die Längen der Strecken  $\overline{AB}$ ,  $\overline{BC}$  bzw.  $\overline{BC}_1$  zur Eingabe in die Computersoftware vermessen werden (z.B. mit einem Messzirkel) (STAUB 2002).

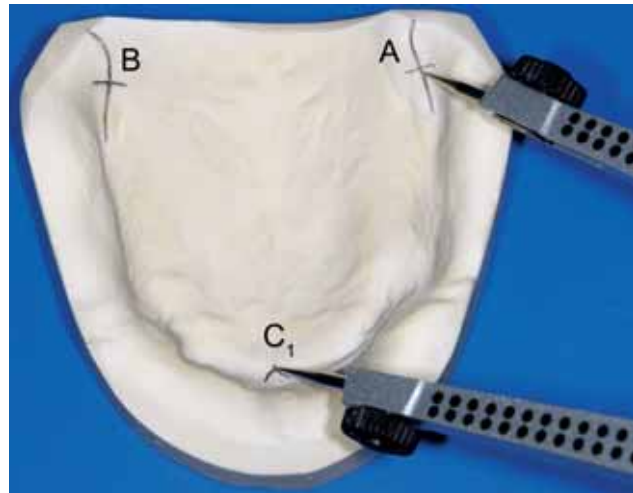


Abb.9 Markierung des Umrisses der Papille;  $C_1$  definiert sich als Schnittpunkt des dorsalen Umrisses der Papille mit der Medianen, wobei die Strecken  $\overline{AC}_1$  und  $\overline{BC}_1$  gleich gross sind. Der Punkt C ist der anteriore Schnittpunkt mit der Medianen und kann konstruiert werden.

Fig.9 Repérage du contour de la papille;  $C_1$  est défini par le point d'intersection du contour dorsal de la papille et de la médiane, les segments  $\overline{AC}_1$  et  $\overline{BC}_1$  étant de même longueur. Le point C est le point d'intersection antérieure avec la médiane et peut être construit.

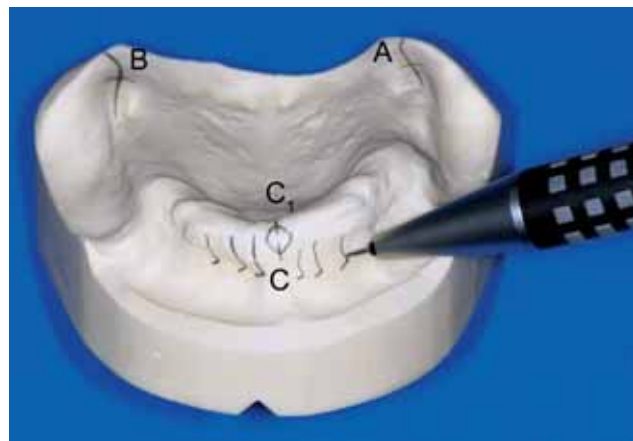


Abb.10 Die Conclusionslinie CL bzw. CR ist die Grenzlinie zwischen beweglicher und unbeweglicher Schleimhaut, welche sich in der Richtungsänderung (konvex zu konkav) der Verlaufskurve der labialen Umschlagfalte definiert.

Fig.10 La ligne de conclusion, CL ou CR, est la ligne de séparation entre la muqueuse attachée et la muqueuse non attachée, définie par le changement de direction (convexe à concave) de la courbe du repli labial.

## Modellanalyse Unterkiefer

Auch vom Unterkiefer muss ein Modell vorliegen, welches die anatomischen Strukturen wie Umschlagfalte, Tubera retromolare etc. möglichst detailgetreu wiedergibt (Abb. 12). Zur Modellanalyse werden die Unterkiefermediane, die Kammverbindungsline, die Direktionpunkte A' bzw. B' und die Conclusionslinien am Modell eingezeichnet.

Zuerst wird die Mediane markiert, wobei man sich am Zungen- und Lippenbändchen orientiert (Abb. 12). Dann erfolgt das Anzeichnen der distalen Kammverbindungsline (Abb. 13). Sie bildet sich durch die höchste Stelle des Kieferkamms. Dabei

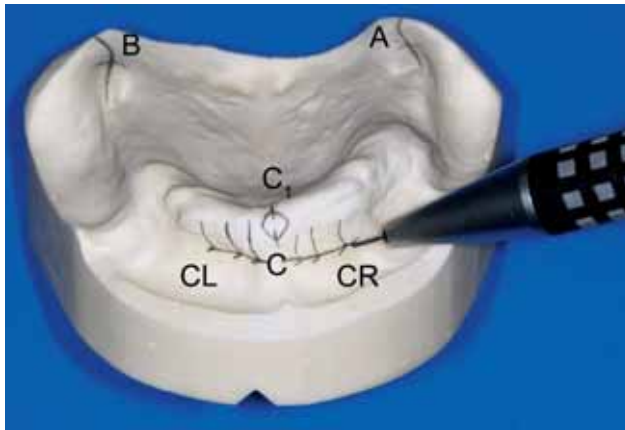


Abb. 11 Einzeichnen der rechten und linken Conclusionslinie CL bzw. CR.

Fig. 11 Tracé des lignes de conclusion gauche et droite, CL, resp. CR.



Abb. 12 Situationsmodell des Unterkiefers für die Modellanalyse.

Fig. 12 Modèle représentant le maxillaire inférieur pour l'analyse.

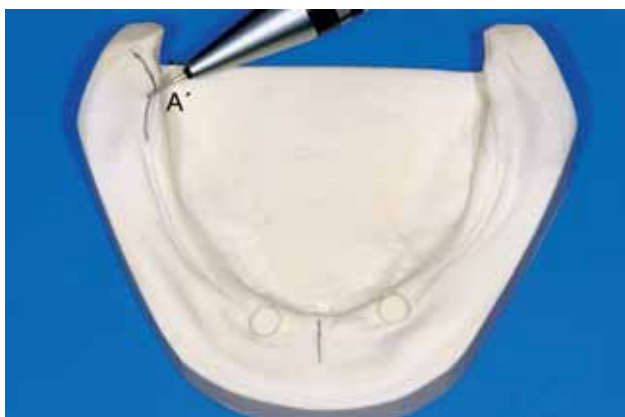


Abb. 13 Einzeichnen der Medianen und der Kieferkammmitte im retromolaren Bereich.

Fig. 13 Tracé des médianes et du milieu de la crête alvéolaire dans la région rétromolaire.

ergeben sich der rechte und der linke Direktionspunkt A' bzw. B' durch die Richtungsänderung der mesio-distalen Verlaufskurve (konvex zu konkav) der Kammverbindungsline am distalen Ende

der Trigona retromolare (Abb. 14). Die Conclusionslinie ist wie im Oberkiefer die Grenzlinie zwischen beweglicher und unbeweglicher Schleimhaut. Sie wird bei der Richtungsänderung (konvex zu konkav) der Verlaufskurve der labialen Umschlagfalte eingezeichnet und ist zu der Verbindungslinie der beiden Direktionspunkte A' und B' parallel (Abb. 15/16). Die Medianachse ergibt sich im Unterkiefer als Lot auf die Mitte der Verbindungslinie der beiden Direktionspunkte A' bzw. B'; sie kann mit einem Zirkel nochmals kontrolliert bzw. bei Bedarf konstruiert werden (Abb. 17). Weiterhin werden jeweils rechts und links die Tubera retromolare und der linguale bzw. vestibuläre Übergang von befestigter zu unbefestigter Mukosa eingezeichnet (Abb. 18/19).

### Die STAUB'sche Pentafläche

Mit den Daten aus der Vermessung der Modellanalyse wird die STAUB'sche Pentafläche mittels des Computerprogramms errechnet und anschliessend ausgedruckt (Abb. 20). Zur Kontrolle der richtigen Dimension des Ausdrucks sollte der mitgedruckte

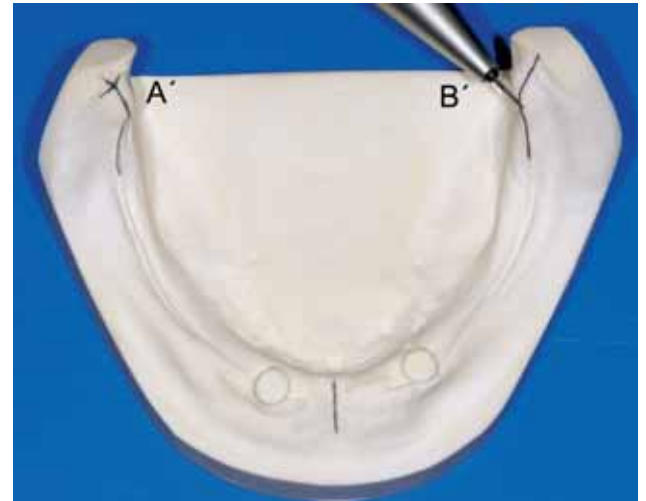


Abb. 14 Darstellung der Direktionspunkte A' und B'.

Fig. 14 Représentation des points directionnels A' et B'.

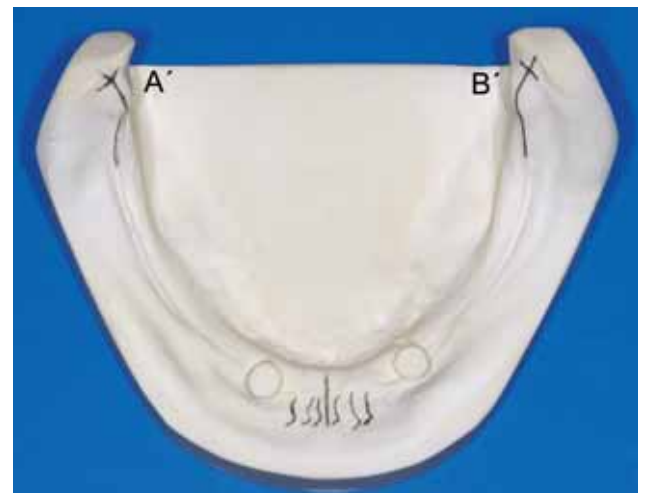


Abb. 15 Kennzeichnen der Grenzlinie zwischen beweglicher und unbeweglicher Schleimhaut.

Fig. 15 Repérage de la ligne entre les muqueuses attachée et non attachée.

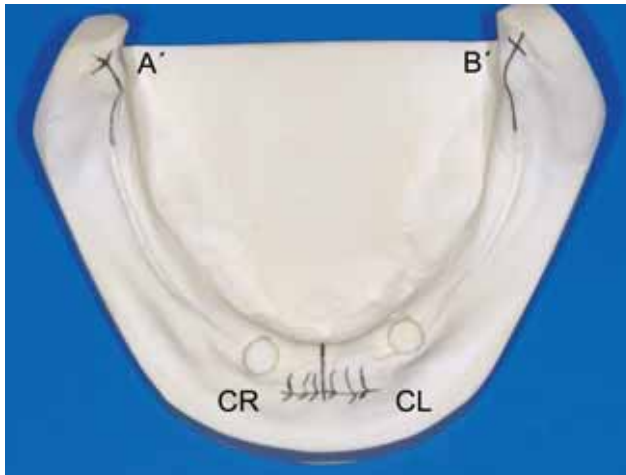


Abb. 16 Einzeichnen der rechten und linken Conclusionslinie.  
 Fig. 16 Tracé des lignes de conclusion gauche et droite.

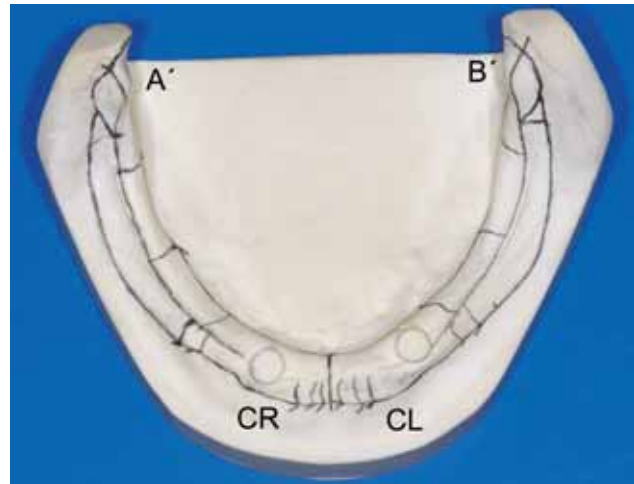


Abb. 19 Fertige Modellanalyse mit Kennzeichnung der Ausdehnung der individuellen Löffels.

Fig. 19 Analyse du modèle terminée avec repérage de l'extension du porte-empreinte individuel.



Abb. 17 Punkte auf der Medianen und die Direktionspunkte A' und B' bilden ein gleichschenkliges Dreieck.

Fig. 17 Points sur la médiane et points directionnels A' et B' formant un triangle isocèle.

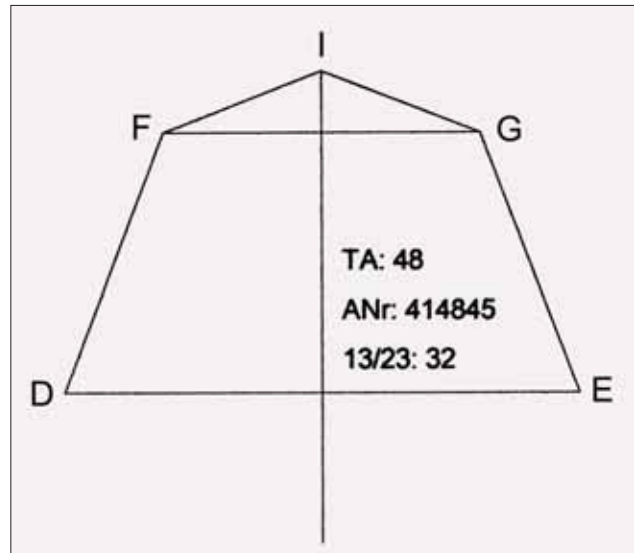


Abb. 20 STAUB'sche Pentafläche, die dreidimensional ausgerichtet die Okklusionsebene und die Zahnposition vorgibt.

Fig. 20 Pentagone de STAUB, qui définit, dans les trois dimensions, le plan occlusal et la position des dents.

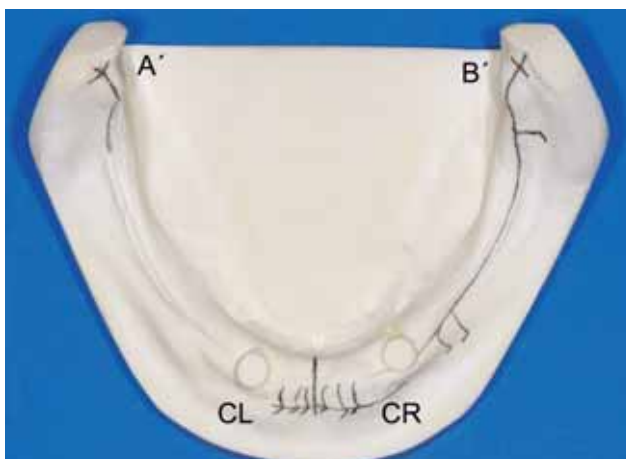


Abb. 18 Darstellung der Kieferkammitte und Markierung des Überganges von beweglicher zu unbeweglicher Schleimhaut.

Fig. 18 Représentation du milieu de la crête alvéolaire et repérage de la transition entre les muqueuses attachée et non attachée.

Kalibrierungsstrich 1 cm betragen. Diese Pentafläche definiert im Staub™Cranial-System die Okklusionsebene und wird schädelbezüglich ausgerichtet. Dabei besteht die Pentafläche aus dem Inzisalpunkt I, dem Eckzahnabstand  $\overline{FG}$ , dem rechten Seitenzahnverlauf  $\overline{DF}$  und dem linken Seitenzahnverlauf  $\overline{EG}$ . Der Inzisalpunkt definiert die Position der mesialen Ecke der oberen Schneidezähne. Mit den Punkten F und G werden die Positionen der Eckzahnspitzen festgelegt. Die Strecken  $\overline{DF}$  und  $\overline{EG}$  verlaufen durch die bukkalen Höcker der Oberkieferseitenzähne.

### Definition der Kauebene und Bestimmung der prospektiven Zahnposition

Die Zuordnung der STAUB'schen Pentafläche und damit die Definition der Okklusionsebene dreidimensional im Raum erfolgt über definierte Konstanten. Diese wurden durch den Erfinder

auf der Basis von eigenen Modellvermessungen festgelegt. Dabei beträgt der Abstand zwischen der Conclusionslinie und der Pentafläche im Oberkiefer 19 mm bzw. im Unterkiefer 17 mm. Weiterhin beträgt der Abstand der rechten und linken Direktionpunkte im Oberkiefer jeweils 5 mm, wobei die STAUB'sche Pentafläche durch die Direktionpunkte im Unterkiefer verläuft. Dabei bilden die Direktionpunkte im Ober- und Unterkiefer das so genannte rektorale Trapez nach Staub™, dessen Neigung von Patient zu Patient unterschiedlich sein kann. Mit diesen Konstanten ist die Okklusionsebene eindeutig definiert und die vertikale Relation der Kiefer zueinander gegeben.

Die Fixierung der Modelle erfolgt im Positionierer Ortho 1A dreidimensional mit Hilfe der spezifischen Referenzpunkte, wobei am Positionierer Ortho 1A zuvor eingestellt werden muss, ob es sich um einen Ober- oder Unterkiefer handelt (Abb. 21). Dazu werden die Direktionpunkte A und B bzw. A' und B' derart an die Geräteskala angelegt, dass die Medianachse durch den Nullpunkt der Skala verläuft. Die Messspitze des Positionierers Ortho 1A soll auf die Conclusionslinie des Modells gerichtet sein. Dadurch wird der spätere Abstand der Conclusionslinie zur Pentafläche im Oberkiefer mit 19 mm bzw. im Unterkiefer mit 17 mm definiert. Für die Fixierung des Modells im Positionierer Ortho 1A kann Plastilina zu Hilfe genommen werden. Nach Schliessen des Positionierers Ortho 1A werden die Bügel des Adapters des Einbaustativs Ortho 2A an das Modell gelegt (Abb. 22/23) und z.B. mit Heissklebstoff oder Klebewachs fixiert (Abb. 24). Das auf dem Einbaustativ Ortho 2A fixierte Modell (Abb. 25) kann nun in den Artikulator übertragen und montiert

werden (Abb. 26). Der patientenspezifische Pentaplot wird auf das Cranialstativ Ortho 3A aufgebracht (Abb. 27). Nun sind die Okklusionsebene und der Zahnbogen bestimmt, und es kann die Zahnaufstellung im Ober- und Unterkiefer durchgeführt werden. (Abb. 28/29). Dabei definiert sich die zu verwendende Zahngarnitur aus der Zahnbreite, die durch den Eckzahnabstand des ausgedruckten Pentaplots bestimmt wird, und der Zahnhöhe, die sich durch den Abstand vom Inzisalpunkt zum tiefsten Punkt der Papilla inzisiva ergibt.

### Kasuistik – die Anfertigung einer Totalprothese im Ober- bzw. Unterkiefer nach dem Staub™Cranial-System

Ein 69-jähriger zahnloser Patient stellte sich nach Überweisung durch den Hauszahnarzt mit dem Wunsch einer totalprothetischen Neuversorgung in unserer Klinik vor. Vier Monate zuvor musste Zahn 43 aus parodontalen Gründen extrahiert werden; die Unterkiefer-Hybridprothese wurde anschliessend zur Totalprothese umgebaut. Die inserierten insuffizienten Prothesen waren im Oberkiefer sieben Jahre bzw. im Unterkiefer fünf Jahre



Abb. 21 Fixierung des Oberkiefermodells im Positionierer Ortho 1A mittels Plastilina, Ausrichtung der Medianen am Nullpunkt der Messkala und Positionierung der Messspitze auf die Conclusionslinie.

Fig. 21 Fixation du modèle du maxillaire supérieur dans le positionneur Ortho 1A à l'aide de plastiline, alignement de la médiane avec le zéro de l'échelle de mesure et positionnement de la pointe de mesure sur la ligne de conclusion.



Abb. 22 Ausrichten des Unterkiefermodells im Positionierer Ortho 1A und Schliessen des Positionierers Ortho 1A.

Fig. 22 Alignement du modèle du maxillaire inférieur dans le positionneur Ortho 1A et fermeture du positionneur Ortho 1A.



Abb. 23 Adaptieren der Bügel des Adapters des Einbaustativs Ortho 2A an das Modell.

Fig. 23 Adaptation des étriers de l'adaptateur du support de montage Ortho 2A sur le modèle.



Abb.24 Fixierung des Modells mittels Heissklebstoff auf dem Adapter des Einbaustativs Ortho 2A.

Fig.24 Fixation du modèle sur l'adaptateur du support de montage Ortho 2A à l'aide de colle à chaud.

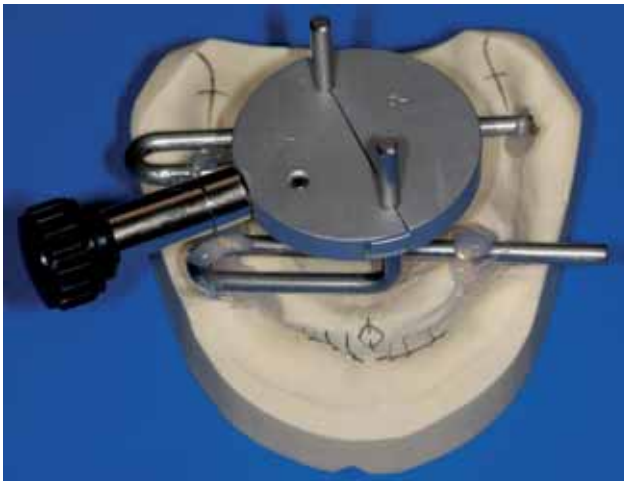


Abb.25 Adapter des Einbaustativs Ortho 2A fixiert auf dem Modell.

Fig.25 Adaptateur du support de montage Ortho 2A fixé sur le modèle.

alt. Das Hauptproblem bestand für den Patienten im mangelhaften Halt der Prothesen, besonders im Unterkiefer. Unter Berücksichtigung der Befunde, der finanziellen Aspekte und des Wunsches nach einem besseren Halt wurden im Rahmen der Vorbehandlung im Unterkiefer interforaminal zwei Implantate der Firma Straumann® (Ø 4,1 mm; Länge 12,0 mm) inseriert und eine neue Totalprothese im Ober- bzw. Unterkiefer angefertigt. Dabei sollte die Aufstellung der Zähne nach dem Staub™Cranial-System erfolgen.

### 1. Sitzung

Nach der Befundaufnahme (Abb. 30–33) wurde zusätzlich zu den Abformungen für die Situationsmodelle jeweils eine Alginateabformung im Ober- bzw. Unterkiefer zur Herstellung der Modelle für die Modellanalyse angefertigt (Abb. 6/12). Die Abformung erfolgte mit konfektionierten Abformlöffeln nach SCHREINEMAKERS®, die mit Stangenkerr individualisiert worden waren. Ferner wurde die Zahnfarbe (Chromaskop 330) zusammen mit dem Patienten bestimmt. Auf Grundlage der auf diesen Modellen angefertigten Modellanalyse nach STAUB erfolgten im



Abb.26 Einbaustativ Ortho 2A mit Modell im Artikulator eingebracht, fertig zum Montieren des Oberkiefermodells.

Fig.26 Support de montage Ortho 2A transféré avec le modèle dans l'articulateur, prêt pour le montage du modèle du maxillaire supérieur.

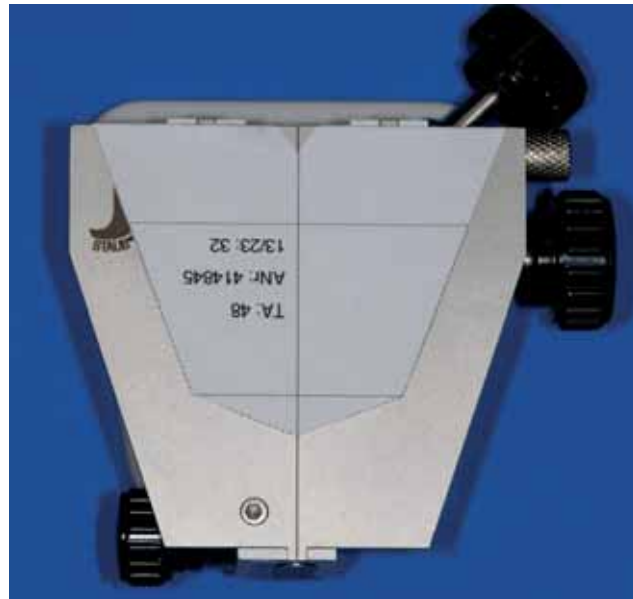


Abb.27 Ausgedruckter Pentaplot ist auf dem Cranialstativ Ortho 3A aufgeklebt. Zur exakten Überlagerung der Medianen des Cranialstativs und des Pentaplots ist dorsal in Letzterem eine Kerbe eingeschnitten.

Fig.27 Pentagone imprimé, collé sur le support crânien Ortho 3A. Une encoche pratiquée dans le pentagone permet de superposer avec précision les médianes du support crânien et du pentagone.

zahntechnischen Labor die Herstellung von individualisierten Löffeln mit einer definierten Randausdehnung für die Meisterabformung im Ober- bzw. Unterkiefer (Abb. 34) sowie zusätzlich eine Zahnaufstellung der Oberkieferzähne und der Unterkieferfrontzähne auf jeweils einer separaten Kunststoffschablone (Rosa





Abb. 28 Oberkieferzahnaufrichtung, orientiert am Pentaplot.

Fig. 28 Montage des dents du maxillaire supérieur par rapport au pentagone.

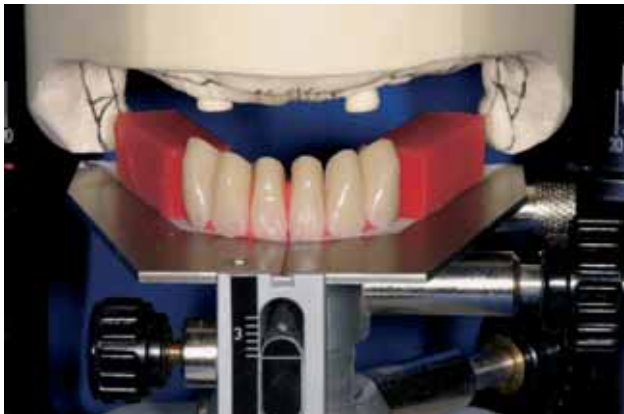


Abb. 29 Unterkieferfrontzahnaufrichtung mit Wachswällen zur horizontalen Kieferrelationsbestimmung.

Fig. 29 Montage des incisives du maxillaire inférieur avec modelage en cire pour la détermination de la relation horizontale entre les maxillaires.

Tray Kunststoff). In den Unterkieferseitensegmenten wurden Wachswälle für eine Handbissnahme aufgestellt. Alternativ zu einer Handbissnahme montierte der Zahntechniker einen Stützstift im Oberkiefer für eine mögliche intraorale Pfeilwinkelregistrierung (Abb. 35).

## 2. Sitzung

Mit den vom Zahntechniker gelieferten individuellen Löffeln wurden mittels Permlastics® die Meisterabformungen im Ober- und Unterkiefer durchgeführt (Abb. 36/37). Aufgrund der modellanalytisch bestimmten Löffelgrenzen war eine zusätzliche Längenkorrektur der Ränder, z.B. mittels Stangenkerr, nicht nötig. Zusätzlich konnten bereits in der 2. Sitzung eine Einprobe, Korrekturen bzw. eine Individualisierung der Oberkieferwachsaufrichtung und der Unterkieferfrontzahnaufrichtung (Abb. 38/39) bei diesem Schritt erfolgen.

Zur horizontalen Kieferrelationsbestimmung wurde aufgrund der stabilen Lage der Schablonen und der guten Führung des Unterkiefers des Patienten eine Handbissnahme durchgeführt. Die Wachseinbisse wurden zusätzlich mit Temp-Bond® verschlüsselt.

Im zahntechnischen Labor erfolgten die Herstellung der Meistermodelle und die zweite Modellanalyse. Anschliessend wurde



Abb. 30 Oberkiefersituation ohne inserierte Prothese.

Fig. 30 Etat du maxillaire supérieur sans prothèse.



Abb. 31 Unterkiefersituation ohne inserierte Prothese nach Implantation.

Fig. 31 Etat du maxillaire inférieur sans prothèse, après pose d'implants.

die Ober- bzw. Unterkieferaufstellung mithilfe der Modellanalyse auf das Meistermodell übertragen. Das Oberkiefermodell wurde mittelwertig und der Unterkiefer nach dem Bissregistrator im Artikulator montiert. Nach Komplettierung der Aufstellung (Unterkieferseitenzähne, eventuelle zusätzliche Veränderungen aufgrund der Wachseinprobe) kann entweder die Fertigstellung der Prothesen erfolgen oder die fertige Aufstellung, wie im aufgeführten Beispiel, nochmals komplett am Patienten einprobiert werden.

## 3. Sitzung (optional)

In einer optionalen dritten Sitzung erfolgte eine Gesamteinprobe der Ober- bzw. Unterkieferwachsaufrichtung. Der Patient war mit dem ästhetischen Resultat zufrieden. Eine Rückkontrolle des Bisses und die funktionelle, phonetische wie ästhetische Beurteilung der Zahnaufrichtung wurden durchgeführt. Veränderungen an der Zahnaufrichtung mussten keine mehr vollzogen werden. Zur Radierung der Ah-Linie auf dem Meistermodell wurden die resilienten Schleimhautareale evaluiert. Die Fertigstellung der Prothesen (Überführung in Kunststoff, Ausarbeitung der Prothesen und Einschleifen der Okklusion)



Abb. 32/33 Bestehende, insuffiziente Ober- und Unterkiefortotalprothesen des Patienten.

Fig. 32/33 Prothèse totale existante, insuffisante, des maxillaires inférieure et supérieure du patient.

erfolgte durch den Zahntechniker. Für eine ausreichende Stabilität der Unterkieferprothese (implantat- und mucosalgetragenen) wurde ein einfaches, gegossenes Verstärkungsgerüst verwendet.

#### 4. Sitzung

Es erfolgte die Abgabe der Prothesen (Abb. 40–42) nach Kontrolle auf mögliche Druckstellen mittels FITCHECKER, der Ausdehnung (Ah-Linie, Randlänge etc.) und der Okklusion. Weiterhin wurde der Patient über die Mundhygiene und Prothesenreinigung instruiert.

#### Nachsorge

Nach Einlagerung der Prothesen in die Schleimhaut wurden am darauf folgenden Tag zwei Dalbo®-Plus-Matrizen mittels SuperT in die Unterkieferprothese einpolymerisiert. Weiterhin erfolgte nach einer bzw. zwei Wochen eine Nachkontrolle inklusive einer sekundären Remontage. Einschleifmassnahmen mussten nur geringgradig vorgenommen werden. Der Abschlussbefund erfolgte eine Woche darauf. Der Patient war ästhetisch und funktionell mit seinen neuen Prothesen zufrieden. Den Halt im Unterkiefer empfand er als sehr gut. Die Recalluntersuchung nach einem Jahr bestätigte die zufrieden stellende Abschluss-situation.



Abb. 34 Individuelle Löffel, die Randausdehnung wurde auf Basis der ersten Modellanalyse bestimmt.

Fig. 34 Porte-empreinte individuel, l'extension marginale a été déterminée sur la base de la première analyse du modèle.



Abb. 35 Oberkieferaufstellung und Unterkieferfrontzahnaufstellung auf der Basis der Modellvermessung der Situationsmodelle. Zur Bissnahme wurden alternativ für eine Handbissnahme Wachswälle im Unterkieferseitenzahnbereich und ein Schreibstift für ein intraorales Pfeilwinkelregistrat montiert.

Fig. 35 Mise en place des dents du maxillaire supérieur et des incisives du maxillaire inférieur sur la base des mesures du modèle d'état. Pour le relevé de l'occlusion, des modelages de cire ont été effectués en alternatif au niveau des dents latérales du maxillaire inférieur et un pointeau susceptible de servir de stylet scripteur lors d'un éventuel enregistrement de l'arc gothique.

#### Diskussion

Mithilfe des Staub™Cranial-Systems sollen die Berechnung der Kauebene bzw. des Zahnbogens und die Bestimmung der vertikalen Relation auf der Basis eines Modellpaares allein im zahntechnischen Labor durchgeführt werden können (STAUB 2002).

Im Unterschied zum konventionellen Vorgehen wird aber als Orientierung nicht die Camper'sche Ebene (auch Naso-Aurikularebene) (HARTONO 1967; BOJANOV et al. 1972; HOFMANN 1979) bzw. eine ästhetische, phonetische oder myofunktionelle Bestimmung zur Ausrichtung der Zahnbögen (WEINBERG 1982) herangezogen, sondern es wird ohne Patientendaten eine Modellanalyse unter Berücksichtigung definierter Punkte und Linien als Referenz verwendet.

Das Staub™Cranial-Equipment kostet 7846.90 CHF, die Kieferplotberechnungssoftware inkl. Lernprogramm 913.60 CHF. Die Einweisung vor Ort und die Betreuung bei Anwenderfragen via Internet sind gratis. Weiterhin werden Verbrauchsmaterialien



Abb. 36/37 Meisterabformungen des Ober- und Unterkiefers mit Permlastics®.

Fig. 36/37 Empreintes des maxillaires supérieur et inférieur en Permlastic® pour la fabrication des maîtres-modèles.

(Rosa Tray Kunststoff, Plastilina etc.) angeboten. Die zusätzliche zahntechnische Arbeit für das Staub™Cranial-System, bestehend aus der Modellanalyse, der Berechnung der STAUB'schen Pentafläche und deren Ausrichtung, ist gering und kann vom geübten Anwender innerhalb weniger Minuten durchgeführt werden. Die Vorteile wie eingesparte Patientensitzungen, weniger Misserfolge, schnellere und reproduzierbare Zahnaufstellungen sollen zur Amortisation des Systems führen, was laut Hersteller bei durchschnittlich 20 Neuanfertigungen im Monat innerhalb eines Jahres erfolgt. So kann zum Beispiel die Anfertigung einer Ober- und Unterkiefortotalprothese bei vorhandenen Situationsmodellen in nur zwei Behandlungssitzungen erfolgen. Im dokumentierten Beispiel wurden zusätzlich eine Befundaufnahme und eine Gesamteinprobe der Zahnaufstellung zur Kontrolle und Individualisierung durchgeführt.

Durch die Festlegung der Referenzpunkte der Modellanalyse und deren Vermessung soll gemäss Hersteller durch den Kieferplot die Kauebene sowohl bei zahnlosen als auch bei teilbezahnten Patienten reproduzierbar bestimmt werden können. Dabei ist die Stabilität der Messpunkte, welche die Basis der Modellanalyse und Berechnung der prospektiven Zahnposition

nach STAUB bilden, eine systembedingte Voraussetzung. Die Grösse und Progredienz der Knochenresorption des Kieferkammes ist individuell sehr unterschiedlich (BERGMANN & CARLSON 1985); gewisse knöcherne Referenzpunkte werden jedoch als stabil betrachtet (L'ESTRANGE & VIG 1975; NIEKERK et al. 1985). Bei der Auswertung von Fernröntgenseitenbildern konnte gezeigt werden, dass die HIP-Ebene, die sich eng an den Referenzpunkten orientiert (Papilla Inzisiva entspricht der Region des Punktes C bzw. C<sub>1</sub> und der Hamulus pterygoideus den Induktionspunkten A bzw. B), eine gewisse Stabilität aufweist und neben klinischen Parametern eine Referenz zur Bestimmung der Kauebene sein kann (KARKAZIS & POLYZOIS 1991). Anatomische Weichgewebstrukturen (z.B. Zungenäquator, Ausführungsgang der Gl. parotidea) werden auch beim konventionellen Vorgehen als Referenz verwendet. Hier wird ebenfalls eine gewisse Stabilität vorausgesetzt (LUNDQUIST & LUTHER 1970; FOLEY & LATTI 1985). Weiterhin müssen die laut STAUB anatomisch stabilen Referenzpunkte exakt und reproduzierbar für die Modellanalyse aufgefunden werden können. Eine Überprüfung der interindividuellen Reliabilität (bzw. der Variabilität) zur Auffindung der definierten anatomischen Punkte erfolgte im Rahmen einer Untersuchung durch LAMPROPOULOS. An 100 Gipsmodellen wurde eine Modellanalyse von zwei instruierten Behandlern unabhängig durchgeführt. Eine Übereinstimmung der spezifischen anatomischen Referenzpunkte konnte in 86% bzw. 99% der Messungen erreicht werden (LAMPROPOULOS 2004).

Weiterhin wurde die Eignung des Systems zur Rekonstruktion der Zahnposition in einer Studie überprüft. An 20 dublierten Modellen des Oberkiefers erfolgte nach Radierung der Zähne und eines Teils des Alveolarfortsatzes eine Rekonstruktion mit dem Staub™Cranial-System. Nach Vermessen der Ausgangs- und der rekonstruierten Modelle mittels der Streifenprojektionsmethode wurde die Behauptung der mathematischen Rekonstruktion der individuellen Zahnposition und der individuellen Okklusionsebene bestätigt (LAMPROPOULOS 2004).

Bei der Berechnung stützt sich das Staub™Cranial-System mit der gelieferten Computersoftware auf empirisch ermittelte Funktionen, die für Patienten aus dem mitteleuropäischen Raum gelten sollen. Die Grundlage für die Berechnung bzw. für die Ausrichtung der Pentafläche bilden die Mittelwerte von 2000 Modellanalysen.

Systembedingte Einschränkungen können sich durch Abformfehler ergeben. Die Modellanalyse soll auf der Basis eines Modells erfolgen, das vollständig und detailgetreu die anatomischen Strukturen wiedergibt. Blasen in der Abformung, unvollständig abgeformte Vestibula, in die Schleimhaut durchgedrückte Abformlöffel etc. können die anatomische Situation verzerrt darstellen und sich zu Folgefehlern in der Berechnung aufsummieren. Weiterhin sind bei ausgeprägten Hart- bzw. Weichgewebesresorptionen, Tumorpatienten oder grösseren traumatisch bedingten Defekten eine Modellanalyse und damit die Rekonstruktion der Kauebene mit dem Staub™Cranial-System nur bedingt möglich. Nach STAUB können fehlende Referenzpunkte der Modellanalyse durch die vorausgesetzte Symmetrie rekonstruiert werden, die Grenzen sind jedoch nicht festgelegt bzw. wissenschaftlich fundiert. Auch wird durch die Staub™Cranial-Analyse nur der Zahnbogen rekonstruiert. Anatomische Variationen in der Zahnaufstellung wie Lücken oder Engstände werden durch die Analyse nicht berücksichtigt und können daher von der Ausgangssituation abweichen.

Der dokumentierte Fall zeigt die Möglichkeit der praktikablen klinischen Umsetzung und die Effizienz des Staub™Cranial-Systems. Eine Integration des Systems in konventionelle Be-

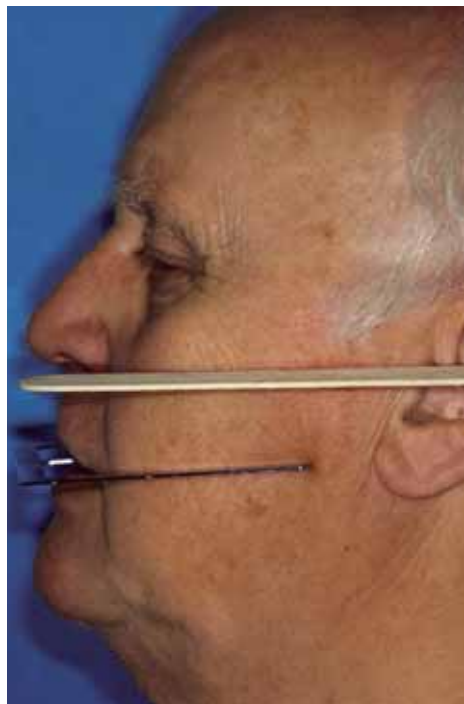


Abb. 38/39 Vergleich der mittels der Staub-Cranial-Modellanalyse ermittelten Okklusionsebene mit der Bipupillarlinie von frontal bzw. Camper'schen Ebene von lateral. Eine Parallelität zu beiden Linien war bereits bei der ersten Einprobe vorhanden.

Fig. 38/39 Comparaison du plan occlusal déterminé à l'aide de l'analyse du modèle Staub-Cranial avec la ligne bipupillaire, vue de face, ou du plan de Camper, vue de profil. Un parallélisme par rapport aux deux lignes existait dès le premier essai.



Abb. 40 Fertig ausgearbeitete Prothesen vor der Abgabe.

Fig. 40 Prothèses terminées avant la mise en bouche.

handlungsabläufe ist einfach möglich. Neue Möglichkeiten der Diagnostik wie z.B. in der Kieferorthopädie, bei prothetischen Rekonstruktionen und in der Implantologie könnten durch dieses System umgesetzt werden. Dabei ist vieles denkbar, von der einfachen Festlegung der Randlänge von individuellen Abformlöffeln bis hin zu Planungen bzw. zur Herstellung von komplexen Set-ups. Um diese und andere Anwendungsgebiete des Systems zu erschliessen bzw. die Vorteile des Systems gegenüber dem konventionellen Behandlungsvorgehen zu belegen, sind weitere Untersuchungen nötig.

### Materialliste

- Bissgabel (Candulor, Zürich, Schweiz)
- Dalbo®-Plus-Matrize (Cendres & Métaux SA, Biel-Bienne, Schweiz)
- FITCHECKER (GC EUROPE N.V., Leuven, Belgien)
- Kunststoff-Klebewachs (Bredent Dentaltechniken, Senden-Wullenstetten, Deutschland)
- Paladon 65 (Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Deutschland)
- Permlastics (KerrHawe, Bioggio, Schweiz)
- Plastilina (Staub Cranial GmbH, Ulm, Deutschland, Ulm)

- Positionierer Ortho 1A, Einbaustativ Ortho 2A, Cranialstativ Ortho 3A, Staub™Cranial-Software, Concluser (Staub Cranial GmbH, Ulm, Deutschland)
- Remanium GM 800+ (Dentaurum J. P. Winkelstroeter KG, Ispringen, Deutschland)
- Rosa Tray Kunststoff (Staub Cranial GmbH, Ulm, Deutschland)
- Schreinemakers SET OK/UK (CLAN, ZG Maarheeze, Niederlande)
- Stangenkerr (KerrHawe, Bioggio, Schweiz)
- SuperT (AMCO International, Conshohocken, USA)
- Temp-Bond (KerrHawe, Bioggio, Schweiz)
- VITAPHYSIODENS (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Deutschland)

### Summary

In modern reconstructive dentistry, practitioners delivering removable or fixed dentures still face problems when determining prospective tooth arch and tooth positions. Certain anatomical planes and reference lines, such as Camper's plane, interpupillary axis, etc. have been established as a guide. However, the ability and experience of the dentist remain essential. Adjusting the tooth arches is time-consuming and, therefore, expensive. To simplify and standardise the procedure, dental technicians and dentists may use the Staub™Cranial System. It consists of three devices (Positionierer Ortho 1A, Einbaustativ Ortho 2A and Cranialstativ Ortho 3A) and the Staub™Cranial software. With its aid, dental casts are surveyed and a penta-area is calculated. This penta-area, three-dimensionally adjusted, may define exactly the site and position of the dental arch. In this article, the Staub™Cranial System is presented and documented by a clinical case.

### Literatur

BAKER P S, PARKER M H, IVANHOE J R, GARDNER F M: Maxillomandibular relationship philosophies for prosthodontic treatment:



Abb. 41/42 Porträt von frontal und seitlich nach Behandlungsabschluss.

Fig. 41/42 Portrait vue de face et de profil après le traitement.

- a survey of dental educators. *J Prosthet Dent* 93: 86–90 (2005)
- BERGMANN B, CARLSON G E: Clinical long-term study of complete denture wearers. *J Prosthet Dent* 53: 56–61 (1985)
- BOJANOV V B, JORDANOV J, RAITSCHINOVAR E: Über die Parallelität der Camperschen Ebene und der Okklusionsebene. *Dtsch Zahnärztl Z* 27: 474–477 (1972)
- FAYZ F, ESLAMI A: Determination of occlusal vertical dimension: A literature review. *J Prosthet Dent* 59: 321–323 (1988)
- FOLEY P F, LATTI G H: A study of the position of the parotid papilla relative to the occlusal plane. *J Prosthet Dent* 53: 124–126 (1985)
- HARTONO R: The occlusal plane in relation to facial types. *J Prosthet Dent* 17: 549–558 (1967)
- HOFMANN V M: Die sogenannte «Campersche» Ebene als Bezugsebene für den Aufbau der künstlichen Zahnreihen. *Dtsch Zahnärztl Z* 34: 606–608 (1979)
- ISMAILY H: Position of the occlusal plane in natural and artificial teeth. *J Prosthet Dent* 20: 407–411 (1968)
- IVANHOE J R, CIBIRKA R M, PARR G R: Treating the modern complete denture patient: A review of the literature. *J Prosthet Dent* 88: 631–635 (2002)
- KARKAZIS H C, POLYZOIS G L: Cephalometrically predicted occlusal plane: Implications in removable prosthodontics. *J Prosthet Dent* 65: 258–264 (1991)
- KARKAZIS H C, POLYZOIS G L, ZISSIS A J: Relationship between ala-tragus line and natural occlusal plane. Implications in denture prosthodontics. *J Prosthet Dent* 17: 253–255 (1986)
- L'ESTRANGE P R, VIG P S: A comparative study of the occlusal plane in dentulous and edentulous subjects. *J Prosthet Dent* 33: 495–503 (1975)
- LAMPROPOULOS P: Das Staub™Cranial-System – Reliabilität der Messpunkte zur Rekonstruktion der Zahnstellung im zahnlosen Kiefer. Zahnmed Diss., Med. Fak., Universität Freiburg im Breisgau (2003)
- LUNDERSHAUSEN K: Anwendung des Dental-Libellen-Systems bei der Herstellung von Zahnersatz (I). *Dtsch Zahnärztl Z* 9: 51–56 (1968)
- LUNDQUIST D O, LUTHER W W: Occlusal plane determination. *J Prosthet Dent* 23: 489–498 (1970)
- NIEKERK F W V, MILLER V J, BIBBY R E: The ala-tragus line in complete denture prosthodontics. *J Prosthet Dent* 53: 67–69 (1985)
- PRETI G, KOLLER M M, BASSI F: A new method for positioning the maxillary anterior arch, orienting the occlusal plane, and determining the vertical dimension of occlusion. *Quintessence Int* 23: 411–414 (1992)
- REUSCH D, WOLF M, KORZINSKAS T, STRÜDER J: Rehabilitation von zahnlosen Patienten unter der Berücksichtigung des individuellen Gesichtsschädelaufbaus. *Quintessenz Zahntech* 30: 1354–1364 (2004)
- SANTANA-PENIN U A, MORA M J: The occlusal plane indicator: a new device for determining the inclination of the occlusal plane. *J Prosthet Dent* 80: 374–375 (1998)
- STAUB K H: Staub™Cranial. Gesunder Zahnersatz. Neu Ulm: Eigenverlag. (2002)
- WEINBERG L A: Vertical dimension: A research and clinical analysis. *J Prosthet Dent* 47: 290–302 (1982)