

Th. Klinke¹, R. Biffar¹, C. Schwahn¹, B. Kordaß¹

Die Lage der Okklusionsebene für die Totalprothetik – APF versus APF-NT

Eine klinische Kohortenstudie*



Th. Klinke

Die Lage der Okklusionsebene (OE) hat wesentlichen Einfluss auf die Stellung der Zähne im Mundraum. Unterschiedliche Methoden bedienen sich in der Totalprothetik unterschiedlicher Referenzpunkte. Dabei besteht die Frage, ob die Ausrichtung der OE nach der Methode der APF- (Aesthetik – Phonetik – Funktion) bzw. APF-NT-Methode (APF-Neue Technologie) zur Camperschen Ebene (CE) eine geringere Winkeldifferenz aufweist. Bei 46 Probanden wurde die OE auf einer Registrierschablone halbseitig nach der APF- und APF-NT-Methode ausgerichtet und mittels Fernröntgenseitenbild (FRS) zweidimensional dargestellt. Der Winkel der OE zur CE wurde metrisch vermessen. Die Winkeldifferenz der CE zur APF-Methode lag im Median bei $7,8^\circ$ ($\pm 31,2$), während die Differenz der APF-NT-Methode im Median bei 5° ($\pm 18,3$) dargestellt werden konnte. Dabei war die Differenz der APF-NT-Methode zur Camperschen Ebene geringer als bei der APF-Methode. Durch die mittelwertige Orientierung der Modelle und die Ausrichtung der Kauebene ist ein weiterer Schritt in eine verbesserte Systemprothetik beschritten worden.

Schlüsselwörter: totale Prothese, herausnehmbarer Zahnersatz, Okklusionsebene, Zahnaufstellung, Kaukraftvektoren, Camper'sche Ebene

The position of the occlusal plane in full denture prosthetics – APF versus APF-NT. A clinical cohort study *

The position of the occlusal plane (OP) is significant in that it determines the position of the denture teeth in the mouth. Different methods of registration for full dentures require different reference planes. The question is which method has a smaller angle of deviation between the OP and Camper's Line (CL), the APF method (Aesthetics – Phonetics – Function) or the APF-NT method (APF-New Technology)? For each of the 46 participants, the OP was positioned on a registration template, one half was adjusted to the APF method and the other according to the APF-NT method before taking a two dimensional image using a lateral cephalometric radiograph (LCR). The angle between the OP and CL was measured metrically.

The mean angle of deviation from the CL was found to be 7.8° (± 31.2) according to the APF method and only 5° (± 18.3) according to the APF-NT method.

The results show that the deviation of the OP to CL when adjusted to APF-NT was less than with the APF method. With the average alignment of the models and the position of the occlusal plane, one further step has been taken in the improvement of prosthetic technology.

Keywords: full denture, removable dentures, occlusal plane, denture teeth position, mastication force vectors, Camper's Line.

¹Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Poliklinik für zahnärztliche Prothetik, Alterszahnheilkunde und medizinische Werkstoffkunde (Direktor: Prof. Dr. R. Biffar) Greifswald

*Die vorliegende Studie wurde durch DeguDent, Hanau, Deutschland und KaVo, Biberach/Riss, Deutschland unterstützt. Diese klinische Prüfung erfüllte die Kriterien der ICH-GCP-Leitlinien und wurde durch das Votum der Ethikkommission (Nr.: III PV 6/00 der Ärztekammer Mecklenburg-Vorpommern bei der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald) genehmigt.

¹Ernst-Moritz-Arndt University, Center of Oral Health, Polyclinic of Prosthodontics, Gerostomatology and Biomaterials (Chair: Prof. Dr. R. Biffar) Greifswald, Germany.

*The clinical investigation was supported by DeguDent, Hanau, Germany and KaVo, Biberach/Riss, Germany. It fulfils the criteria stipulated in the ICH-GCP guidelines and was approved by the Ethics Commission (No.: III PV 6/00 of the Medical Association Mecklenburg-Vorpommern in the Ernst-Moritz-Arndt University, Greifswald, Germany).

1 Einleitung

Die räumliche Lage der Okklusionsebene (OE) bei der Versorgung zahnloser Patienten ist immer wieder Ausgangspunkt von Betrachtungen und führte zu regen Diskussionen in der Zahnheilkunde [5–8, 24–26, 30]. Sie dient als wesentliche Orientierungsebene bei der Ausrichtung der künstlichen Zähne. Basierend auf der Tatsache, dass durch den Zahnverlust sämtliche Informationen über den Verlauf der OE fehlen, ist die Forderung nach Referenzpunkten, die dem Praktiker helfen, durch deren Bestimmung die Determinanten, die eine Rekonstruktion der Lage der OE ermöglichen, nachvollziehbar [8, 10]. Dabei ist die Rekonstruktion der OE nur eine Voraussetzung, die die Herstellung von totalprothetischen Rekonstruktionen erfordert.

Als weitere Voraussetzung für die Herstellung von totalprothetischen Therapiemitteln wird auch die lagerichtige Position der Modelle im Artikulator neben der Lage der OE definiert [1, 4, 5, 8, 21].

Für die Positionierung der Modelle wurde seit langer Zeit die mittelwertige Montage basierend auf dem Bonwill'schen Dreieck und dem Balkwill-Winkel herangezogen. Dabei liegt der Symphysenpunkt des Unterkiefers in einem Abstand von 10,5 cm zu den Kondylen entsprechend dem Bonwill-Dreieck, das mit der OE, die als Verbindungslinie zwischen dem Inzisivenpunkt (Kontaktpunkt der unteren 1er) und den disto-bukkalen Höckern der unteren 2. Molaren definiert wird, einen Winkel von 22° (Balkwill-Winkel) bildet [20]. Einstellhilfen wie Flügelwaagen, Fundamentwaagen und Einrichtschlüssel vieler Artikulatorsysteme bedienen sich dieser Mittelwerte und setzen sie in Relation zu den anatomischen Strukturen. Bei der Einstellung der Modelle nach Mittelwerten (d. h. 50 % der so versorgten Patienten haben diese Position) muss jedoch mit Interferenzen gerechnet werden [12], die sich auch in okklusalen Unstimmigkeiten widerspiegeln.

Bei der Verwendung eines Gesichtsbogens sind die Interferenzen verringert, jedoch nicht beseitigt, da bei der Konstruktion der Gesichtsbögen die arbiträre Scharnierachseposition als Mittelwert in den Gesichtsbögen verankert ist [11]. Utz stellte folgende Trefferquoten arbiträrer und realer Scharnierachsepositionen verschiedener Autoren fest: 8 % für die Ermittlung der Scharnierachseposition mit Gehörgangübertragungsbögen (Quick-Mount-Ohrbögen), 62 % – 75 % für die Ermittlung über jenem Hautpunkt, der sich 11 mm ventral auf der Verbindungslinie Mitte Tragus-äußerer Augenwinkel und 3 mm kranial davon befindet und 91 % für die Ermittlung über dem Referenzhautpunkt, der sich 3 mm hinter dem lateralen Kondylenpol auf einer Geraden, Lateraler Kondylenpol – Infraorbitalpunkt' und 6 mm rechtwinklig davon kranial befindet [28]. Nachteil der gelenk- bzw. schädelbezüglichen Orientierung der Modelle sind zusätzliche Behandlungsschritte und

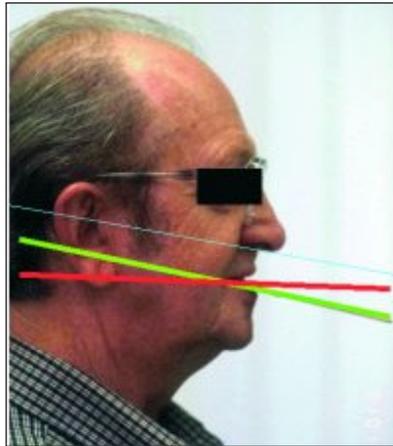


Abbildung 1 Fotografische Darstellung der OE ausgerichtet nach APF- (rot) und APF-NT-Methode (grün) in Relation zur Camper'schen Ebene (blau).

Figure 1 Photographic portrayal of the OP according to the APF (red) and APF-NT methods (green) in relation to Camper's line (blue).



Abbildung 2 Fernröntgenseitenaufnahme zu Abbildung 1. Die Kraftvektoren im Kaukraftbelastungszentrum weisen eine unterschiedliche Richtung auf; rot = APF, grün = APF-NT, blau = Camper'sche Ebene.

Figure 2 X-ray of Figure 1. The load vectors in the masticatory force centre show different directions; red = APF, green = APF-NT, blue = Camper's line.

1 Introduction

The three-dimensional position of the occlusal plane (OP) in edentulous patients has been the cause of many a discussion in dentistry [5–8, 24–26, 30]. It serves as an important guideline when aligning denture teeth. Bearing in mind that when a patient loses all his teeth, all information about the course of the OP is lost too, so the demand for reference points, which aid the practitioner with identification of the determinants and therefore enable accurate reconstruction of the OP, is understandable [8, 10]. However, reconstruction of the OP is only one of many requirements for fabricating removable full dentures. Another important requirement for the fabrication of removable full dentures is the correct alignment of the models in the articulator [1, 4, 5, 8, 21].

For a long time the most favorable method for the average positioning of a model in an articulator, has been using the Bonwill triangle and the Balkwill angle.

Hereby, the symphysis point in the mandible, which lies at a distance of 10.5 cm to both condyles, corresponds to the Bonwill triangle, and the OP which is defined as the connecting line between the incisal contact point (contact point of the lower incisors) and the disto buccal cusps of the lower 2nd molars, is at an angle of 22° (Balkwill angle) [20].

Alignment aids belonging to various articulator systems such as flanked scales, base scales and articulating aids also underline these average guideline values and implement them in relation to the anatomical structures. Models which have been aligned according to average values (as is the case with 50 % of patients) often encounter interferences [12], in the form of occlusal discrepancies.

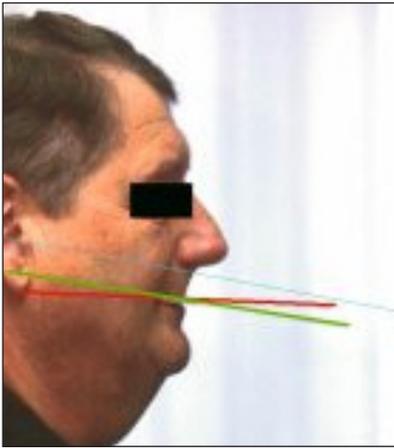


Abbildung 3 Fotografische Darstellung der OE ausgerichtet nach APF- (rot) und APF-NT-Methode (grün) in Relation zur Camper'schen Ebene (blau).

Figure 3 Photographic portrayal of the OP according to the APF (red) and APF-NT methods (green) in relation to Camper's line (blue).



Abbildung 4 Fernröntgenseitenaufnahme zu Abbildung 3. Die Kraftvektoren im Kaukraftbelastungszentrum weisen eine unterschiedliche Richtung auf; rot = APF, grün = APF-NT, blau = Camper'sche Ebene.

Figure 4 Lateral X-ray of Figure 3. The load vectors in the masticatory force center show different directions; red = APF, green = APF-NT, blue = Camper's line.

der daraus resultierende Zeitaufwand. Der erhöhte Zeit- und Behandlungsaufwand führt dazu, dass in der täglichen Praxis die Verwendung des Gesichtsbogens eher die Ausnahme als die Regel ist [18, 22].

Ein weiteres Problem stellt die Ausrichtung der OE dar. Ausgehend von der Auffassung, dass die OE parallel zur Camper'schen Ebene ausgerichtet sein sollte [12, 19, 24, 30], kann diese Information am Patienten „abgegriffen“ werden. Hierfür steht die Registrierschablone an zentraler Stelle. Im anterioren Bereich wird die OE entsprechend dem Kreuzungspunkt der Medianebene (Gesichtsmitte) und der Lippenschlusslinie angegeben. Im weiteren Verlauf soll sie im Unterkiefer entsprechend dem Zungenäquator ausgerichtet sein, um schließlich im posterioren Bereich auf dem Trigonum retromolare zu enden.

Im Oberkiefer kann sie im dorsalen Bereich z. B. nach Gerber mit Hilfe des Rim-Formers (Fa. Candulor, Wangen/ZH, CH) als mittelwertiger Abstand zur Plica pterygomandibularis, dorsal des Tubers definiert werden. Der parallele Verlauf zur Camper'schen Ebene hat sich seit langem bewährt [14–18, 24, 27] und ist das Ziel bei der Ausrichtung der Registrierschablonen. Als Hilfsmittel für die Ausrichtung in lateraler Ansicht am Patienten dient z. B. das Okklusionom von Gerber bzw. das Okklusionom nach Hempel [12, 24], mit deren Hilfe die OE zur Camper'schen Ebene ausgerichtet wird. Wesentlich ist dabei, dass durch die Lage der OE der funktionelle Raum in einen funktionellen oberen und einen funktionellen unteren Mundraum eingeteilt wird, der wiederum in einen durch die Zahnreihe abgegrenzten oralen und vestibulären/bukkalen Raum geteilt wird und den funktionellen Korridor definiert. Innerhalb dieses funktionellen Korridors sollten die künstlichen Zähne aufgestellt werden, um Interferenzen zu umgehen.

Um die Belastung der älteren, meist multimorbiden oder pflegebedürftigen Patienten durch die zahnärztliche Behand-

The use of a face bow can reduce these interferences, but not entirely eliminate them, as its arbitrary hinge axis position is fixed at an average value [11].

Utz documented the following rates on arbitrary and real hinge axis points from various authors: 8 % for the determination of the hinge axis position with the Quick Mount Ear Bow, 62 % – 75 % with determination using a spot on the skin, positioned 11 mm ventrally on the connecting line mid Tragus, outer canthus and 3 mm cranially and 91 % for determination over reference points on the skin which are positioned 3 mm behind the lateral condyle head on a straight “lateral condyle head – infra-orbital point” and can be found 6 mm at a right angle to the cranial [28].

The disadvantage of aligning the models according to joint or cranial based orientation is that these additional treatment steps are time consuming.

The additional time and treatment means that using a face bow is more of an exception rather than standard practice [18, 22]. Alignment of the OP involves another problem. The concept that the OP is parallel to Camper's line [12, 19, 24, 30] means this information can be obtained from the patient himself. For this technique, the registration template is placed in a central position. In the anterior region the OP is marked at the crossing point between the median line (middle of the face) and the lip line. The continuation of this line is marked along the mandible, corresponding to the tongue equator, and finally ends in the posterior region on the retromolar trigonum.

In the maxilla this line can be defined in the dorsal region, e. g. with the aid of a rim former according to Gerber (Candulor, Wangen/ZH, CH) by taking the average distance to the Plica pterygomandibularis, dorsal to the tubercle.

Taking the parallel line to Camper's line has proven to be the correct method for a long time now [14–18, 24, 27] and is the main guideline when aligning the registration template. The occlusionom according to Gerber or the occlusion aid according to Hempel [12, 24], can be used as a positioning aid for lateral registration on the patient, to determine the OP to Camper's line.

Importantly, by determining the OP, the entire functional area in the mouth is divided into a functional upper and functional lower, and this in turn is divided by the row of teeth into an oral area, a vestibular/buccal area and a functional corridor.

The denture teeth should be positioned within this functional corridor in order to avoid interferences.

The patients are often elderly, possibly suffering from multimorbidity or are in need of extra care, so dental treatment times in private practice should be kept to a minimum to reduce unnecessary stress. For this reason, methods were developed in “full denture prosthetics with system” (system prosthetics) whereby certain steps are omitted, which also compensate to some extent for the dentist's lack of specifications.

lung zu minimieren, wurden Methoden in der ‚Totalprothetik nach System‘ (Systemprothetik) entwickelt, die auf den einen oder anderen notwendigen Schritt verzichten, teilweise auch, um fehlende Vorgaben des Zahnarztes zu kompensieren. In der APF-Methode wird für die Lage des Modells ein Einrichtschlüssel zur mittelwertigen Rekonstruktion des Schädel-Gelenkbezuges verwendet.

Es werden hierbei Referenzpunkte verwendet: Im posterioren Bereich sind es die retromolaren Polster des Unterkiefers, die aufgrund der skelettalen Wachstumsrichtung gewissen Varianzen unterliegen, und im anterioren Bereich der höhenverstellbare Symphysendorn, der mit seiner variablen Gabel die Position des Inzisivenpunktes (10 mm bis 16 mm kranial des Symphysenpunktes) fixiert [9]. Dabei gibt es in der Literatur unterschiedliche Empfehlungen und Auffassungen zur Anlage der Flügelwaage bzw. Lage der OE im posterioren Bereich: Einmal soll die OE auf die Mitte der Tubercula ausgerichtet sein, ein anderes Mal im oberen Drittel, und wiederum andere Empfehlungen geben die kranialste Begrenzung der Tubercula retromolaria als posteriore Referenz an [13]. Wird nach diesen Richtlinien die Position der Unterkiefer gewählt, kommt es zu sagittalen und transversalen Varianzen in Abhängigkeit der Alveolarkammstruktur [8] und der Gefahr der im Verlauf nach dorsal kaudalwärts gekippten OE.

Eine Weiterentwicklung stellt die APF-NT-Methode (Fa. Dentsply/DeguDent GmbH, Hanau, Deutschland) dar. Im Gegensatz zur Einstellung des Unterkiefers in den Artikulator (APF-Methode) wird bei der APF-NT-Methode der zahnlose Oberkiefer in den Artikulator eingestellt. Mit Hilfe des Oberkiefermodellpositionierers (OMP, Fa. KaVo, Biberach/Riss, Deutschland) werden die Modelle mittelwertig in Relation zu den Kiefergelenken positioniert. Im anterioren Oberkieferbereich werden die beiden beweglichen Haltebügel an der tiefsten Stelle der Umschlagfalte (oberhalb der Linea girlandiformis) und im dorsalen Bereich die beiden Ansatzpunkte im Bereich der Plica pterygomandibularis, dorsal des Tuber maxillare symmetrisch abgegriffen [8, 25]. Als mittelwertige Abstände wurden die Inzisalkanten der Oberkieferfrontzähne zur Papilla incisiva und zur Linea girlandiformis berechnet und in die Bemaßung des OMP einkalkuliert. Nach Positionierung des Oberkiefermodells werden die Frontzähne entsprechend den Anzeichnungen der Registrierschablone aufgestellt. Im Weiteren wird die OE durch den Okklusionsebenenneigungsanzeiger (OEA, Fa. KaVo, Biberach/Riss, Deutschland) dargestellt [6]. Einer Kalotte mit helikoidaler Verwindung ähnelnd, verfügt der OEA über ein Frontzahninsert (FZI), das die Position der oberen vorderen Schneidezähne nach phonetisch-mittelwertiger Position nach *Stuck* als anterioren Referenzpunkt definiert [25, 26]. Im dorsalen Anteil wird die OE über den Distanzhalter des OEA als mittelwertiger Abstand zur Plica pterygomandibularis, dorsal des Tubers definiert.

Ziel dieser Untersuchung war es, die Lage der OE in Abhängigkeit der beiden Methoden im Mundraum darzustellen und die Neigung der OE in Relation zu der Camperschen Ebene zu stellen. Dabei sollte die Fragestellung klären, ob die räumliche Lage der OE basierend auf dem Konzept von APF- und APF-NT-Methode signifikante Unterschiede innerhalb der Winkeldifferenz zur Camper'schen Ebene im klinisch-anatomischen Vergleich aufweist oder ob die Unterschiede zu vernachlässigen sind.

In the APF method an articulating aid is used to reconstruct the position of the plaster models in an average cranio-temporomandibular relationship.

The following reference points are used: In the posterior region, the reference points are found at the retromolar pads in the mandible. This can be subject to certain variations due to the direction of skeletal growth. In the anterior region the reference points are determined using the height adjustable symphysis broach, with its variable fork, to fix the position of the incisal point (10 mm to 16 mm cranial to the symphysis broach) [9].

The available literature provides differing advice and opinions regarding the flanked scales or position of the OP in the posterior region: The OP should be aligned according to a posterior reference point, which some state is the centre of the tubercle, others say is in the upper third region of the tubercle and the next stipulates the most cranial edge of the tubercle. [13]. If all these guidelines were used to determine the position of mandible, this would result in sagittal and transversal differences depending on the structure of each individual alveolar ridge [8] and risk that the OP could tilt caudally. The APF-NT method (Dentsply/DeguDent GmbH, Hanau, Germany) is a further development. Instead of positioning the plaster model of the mandible in the articulator (APF method), the APF-NT method uses the edentulous maxilla to be positioned in the articulator. With the aid of the maxilla model positioner (KaVo, Biberach/Riss, Germany) the plaster models are aligned in an average position to the temporomandibular joint. In the anterior maxilla region, the adjustable mounting brackets are set at the lowest point in the sulcus (above the linea girlandiformis) and in the dorsal region at both starting points symmetrically in the Plica pterygomandibularis region, dorsal to the tuber maxillaries [8, 25].

The average distance is taken from the incisal edge of the upper anterior teeth to the incisal papilla and the linea girlandiformis, and articulated according to the dimensions in the maxilla model positioner. After articulating the upper model, the anterior teeth can be set-up according to the registration template. The OP is aligned according to the occlusal plane indicator (KaVo, Biberach/Riss, Germany) [6]. The occlusal plane indicator has an anterior insert, similar to a curved set-up plate, which defines the position of the upper anterior teeth according to the average phonetic position according to *Stuck*, for anterior reference points [25, 26]. In the dorsal region, the OP is defined by the occlusal plane indicator – distance holder at the average distance to the plica pterygomandibularis, dorsal to the tubercle.

The aim of this clinical investigation was to determine the position of the OP in the mouth using both methods and to define the angle of the OP in relationship to Camper's line.

The purpose of this clinical, anatomical comparison was to clarify whether the deviation on angle, from the position of the OP to Camper's line according to the APF or APF-NT method, was critical or whether the differences were insignificant.

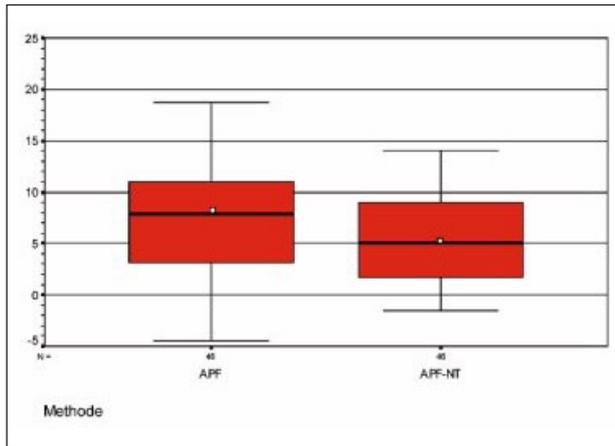


Abbildung 5 Winkeldifferenz zur Camperschen Ebene: APF-Methode versus APF-NT-Methode. Der Medianwert der APF-Methode liegt mit $7,9^\circ$ ($\pm 23,9^\circ$) oberhalb der APF-NT-Methode mit $5,0^\circ$ ($\pm 15,5^\circ$). Der Mittelwert der APF-Methode liegt mit $7,33^\circ$ (SD $5,38^\circ$) oberhalb der APF-NT-Methode mit $5,6^\circ$ (SD $4,37^\circ$).

Figure 5 Angle of deviation to Camper's line: APF method versus APF-NT method. The APF method resulted in a median value of 7.9° ($\pm 23.9^\circ$), higher than the APF-NT method at 5.0° ($\pm 15.5^\circ$). The APF method resulted in a mean value of 7.33° (SD 5.38°) which is higher than the APF-NT method at 5.6° (SD 4.37°).

2 Material und Methode

Aus dem Patientenpool des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde wurden randomisiert 46 Patienten ausgewählt. Die zahnlosen Patienten wurden im Zeitraum 2001 bis 2003 mit Totalprothesen versorgt.

Als Eingangsvoraussetzung wurde definiert, dass die Probanden ($n = 20$, weiblich, $n = 26$, männlich) zahnlos waren und mit einer Prothese innerhalb der letzten ein bis zwei Jahre versorgt wurden. Das mittlere Alter der Probanden lag bei 70 Jahren (Min: 43 Jahre, Max: 81 Jahre).

Nach Aufklärung und Einwilligung zur Studienteilnahme wurden die Totalprothesen der Probanden abgeformt und die Modelle mit dem OMP in den Protar 7 (Fa. KaVo, Biberach/Riss, Deutschland) eingestellt. Die Positionen der Frontzähne der Ober- und Unterkieferprothesen wurden abgeformt und mit der Vorwalltechnik in Kunststoff überführt. Die räumliche Zuordnung der Modelle wurde mit einem Zentrikregistrat auf den vorhandenen Prothesen durchgeführt und der Gegenkiefer im Artikulator zugeordnet. Damit konnte eine horizontale und vertikale Zuordnung der Modelle gewährleistet werden. Auf den hergestellten Modellen wurde eine Röntgenschablone hergestellt und die Frontzähne mit Wachs als anteriorer Referenzpunkt festgesetzt. Anschließend wurden Wachswälle, die die Lage der OE nach der APF- sowie APF-NT-Methode darstellten, in der Seitenzuordnung randomisiert zugeordnet. Auf der Seite der APF-Methode wurden die Wachswälle entsprechend den Referenzpunkten der unteren Inzisiven und der Mitte des Tuberculum mandibulare umgesetzt. Auf der Seite der APF-NT-Methode wurden die Wachswälle mit Hilfe der aufgewachsenen

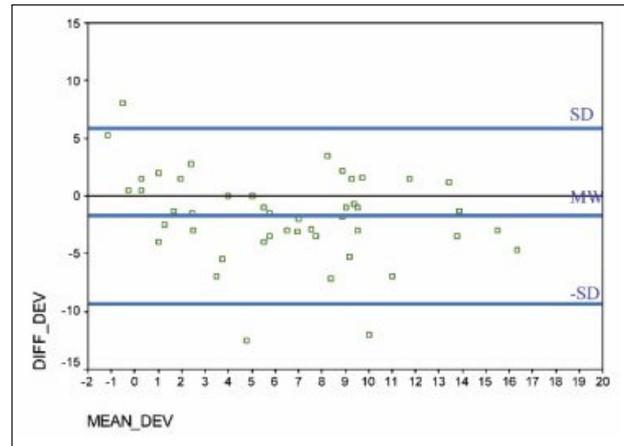


Abbildung 6 Bland und Altman Plot des Methodenvergleiches von APF-NT zu APF. Je größer die Differenz, umso größer ist der Winkelunterschied zwischen den beiden Systemen.

Figure 6 Bland and Altman Plot diagram comparing the APF-NT and APF methods. The greater the difference between the two methods, the larger the angle of deviation between the two systems.

2 Materials and Method

46 patients were randomly selected from the patient pool at the Center of Oral Health of the Greifswald University. These edentulous patients were treated with full dentures between the years 2001 and 2003.

The precondition was that the participants ($n = 20$ female, $n = 26$ male) were edentulous and had been treated with a removable denture within the last two years.

The average age of the participants was 70 years old (min: 43 years, max: 81 years).

After the participants had been informed and consented to participate in the study, impressions of their full dentures were taken and the models articulated in the Protar 7 articulator (KaVo, Biberach/Riss, Germany) using the maxilla model positioner (KaVo, Biberach/Riss, Germany). A mould was taken of the position of the anterior teeth in the upper and lower dentures and with the aid of an overcast, cast in acrylic. The models were aligned by means of centric registration on the existing dentures and the opposing jaw articulated accordingly. This way both horizontal and vertical alignment of the models was possible. An x-ray template was constructed on the models and the anterior teeth were set-up in wax as reference points. Next, the wax registrations, documenting the position of the OP according to APF and APF-NT methods, were randomly assigned to one side or the other. On the APF side the wax registrations were marked with the reference points at the lower incisors and the center of the mandibular tubercle. On the side of the APF-NT method, the wax registrations were positioned with the aid of the set-up anterior denture teeth and the occlusal plane in-

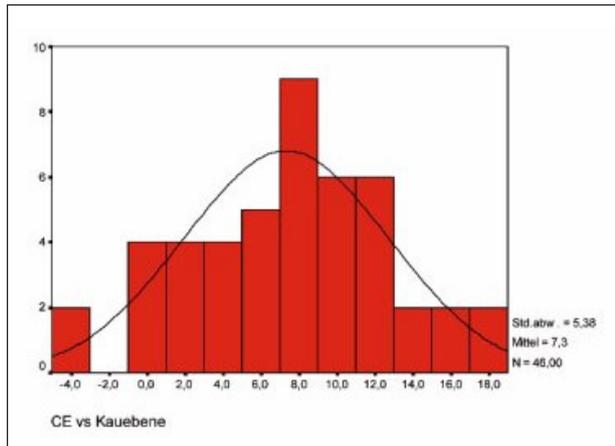


Abbildung 7 Histogramm der ermittelten Differenzen von APF-Methode zur Camperschen Ebene. Mittelwert $7,33^\circ$ (Standardabweichung $5,38^\circ$).

Figure 7 Histogram of the evaluated deviations of the APF method to Camper's line. Mean 7.33° (Standard deviation 5.38°).

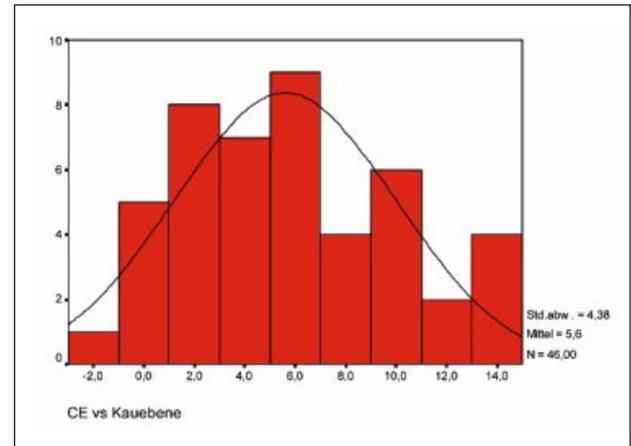


Abbildung 8 Histogramm der ermittelten Differenzen von APF-NT-Methode zur Camperschen Ebene. Mittelwert $5,6^\circ$ mit einer Standardabweichung von $\pm 4,37$.

Figure 8 Histogram of the evaluated deviations of the APF-NT method to Camper's line. Average 5.6° with a standard deviation of $\pm 4.37^\circ$.

(Abb. 1-8: Th. Klinke)

Frontzähne und des OEA im Oberkiefer ausgerichtet. Hierzu wurde als anteriorer Bezugspunkt der auf dem OEA montierte FZI minus 1 mm, im dorsalen Anteil der OEA auf die Referenzpunkte mittelwertiger Abstand zur Plica pterygomandibularis, dorsal des Tubers verwendet. Zur besseren Unterscheidung in der späteren zweidimensionalen Darstellung der angefertigten FRS wurden der Kieferkammverlauf des Ober- und Unterkiefers mit Draht sowie der Verlauf der OE auf den Wachswällen mit Bleifolie markiert und auf- bzw. eingeschmolzen. Nach phonetischer Überprüfung der Frontzahnstellung an der Röntgenschablone und ggf. erfolgter Korrektur wurden von den Probanden eine Lateralaufnahme (Abb. 1 und 3) sowie eine FRS im Schlussbiss angefertigt (Abb. 2 und 4). Vor Durchführung der Lateralaufnahme wurde die Neigung der Okklusionsebene mit Holzspatel extraoral dargestellt (Abb. 1 und 3).

Die räumliche Überlagerung der Okklusionsebenen im FRS ermöglichte die Auswertung und die Vermessung der Neigungswinkel entsprechend den eindeutigen knöchernen Referenzpunkten der Camper'schen Ebene. Die Campersche Ebene wurde im FRS als Linie zwischen der Spina nasalis anterior und dem oberen Rand des Porus acusticus externus dargestellt. Durch den Fixationsbügel im Röntgengerät konnte von einer Überlagerung und einer Verstärkung der knöchernen Struktur des Porus acusticus externus ausgegangen werden. Der Verlauf der Okklusionsebene wurde der Darstellung der Bleifolie entnommen. Die Auswertung umfasste die Winkeldifferenzen im FRS der Okklusionsebenen nach APF bzw. APF-NT zur Camperschen Ebenen.

Zur Sicherheit und Überprüfung der Messwerte am FRS wurden alle Lateralaufnahmen ebenfalls ausgewertet. Im Box-Plot-Diagramm wurden die Winkel nicht-parametrisch dargestellt. Das Signifikanzniveau wurde auf $p = 0,05$ festgelegt. Die statistische Testung zum Vergleich der beiden Methoden erfolgte mittels Wilcoxon-Methode. Die statistische Auswertung untersuchte weiterhin, ob ein geschlechtsspezifischer Unterschied vorlag. Im verteilungsfreien, nicht-parametrischen

indicator in the maxilla. The anterior reference point was taken from the anterior insert, positioned on the occlusal plane indicator, minus 1 mm, and in the dorsal region the occlusal plane indicator reference points, i. e. the average distance to the Plica pterygomandibularis, dorsal to the tubercle. In order to be able to differentiate later on the two dimensional x-ray, the alveolar ridges of the maxilla and mandible were lined with wire and the wax registration was marked with lead foil to show the alignment of the OP. After having carried out the phonetic test with the anterior teeth on the x-ray registration template, possible corrections were undertaken and a lateral cephalometric x-ray (Fig. 1 and 3) of the test person taken for documentation in terminal occlusion (Fig. 2 and 4). Before taking the lateral x-ray, the inclination of the occlusal plane is registered extraorally, using a wooden spatula (Fig. 1 and 3).

Overshadowing of the occlusal plane on the x-ray enables exact measurement and evaluation of the angle of inclination according to the precise bone reference points on Camper's line. Camper's line is shown on the x-ray as a line between the spina nasalis anterior and the upper edge of the Porus acusticus externus. Due to the fixation bracket in the x-ray machine it could be assumed there was overshadowing and strengthening of the bony tissue of the Porus acusticus externus. The alignment of the occlusal plane was defined by the lead foil. The evaluation comprises the angle deviation shown in the x-ray between the occlusal plane and Camper's line according to APF and APF-NT measurements.

For assurance and verification of the x-ray measurements, the lateral images were also evaluated. In the Box-Plot Diagram the angle is not shown parametrically. The significance was set at $p = 0.05$. The statistical test to compare both methods was carried out using the Wilcoxon-Method. The statistical evaluation also examined whether a gender-specific difference had been established. The non-parametrical statistical methods showed the distribution and the median in the Box-Plot-Diagram. A direct comparison of both

Verfahren wurden die Medianwerte im Box-Plot-Diagramm dargestellt. Zum direkten Methodenvergleich wurde in der grafischen Darstellung das Bland-Altman-Diagramm herangezogen [2, 3].

3 Ergebnisse

Bei der Betrachtung konnte bei beiden Methoden eine unterschiedlich große Differenz zur Camperschen Ebene dargestellt werden. Im Mittelwert lagen die Differenzen bei der APF-NT-Methode geringer als bei der APF-Methode. Bei der APF-NT-Methode konnte nach Überprüfung auf Normalverteilung ein Mittelwert von $5,6^\circ$ bei gleichzeitigem Vorliegen einer Standardabweichung von $\pm 4,37^\circ$ dargestellt werden (Abb. 5 und Abb. 8), während bei der APF-Methode der Mittelwert bei $7,33^\circ$ und einer Standardabweichung von $\pm 5,38^\circ$ realisiert werden konnte (Abb. 5 und Abb. 7). Dies bestätigte ebenfalls die Auswertung mit verteilungsfreien Verfahren. Die Winkeldifferenz zur Camperschen Ebene der APF-Methode lag im Median bei $7,9^\circ$ ($\pm 23,2^\circ$), während die Differenz der APF-NT-Methode im Median bei $5,0^\circ$ ($\pm 15,5^\circ$) dargestellt werden konnte (Abb. 5). Die Varianz der APF-Methode war mit $28,9^\circ$ höher als bei der APF-NT-Methode mit $19,1^\circ$. Signifikante Unterschiede zwischen den beiden abhängigen Stichproben konnten auf dem Niveau von $p = 0,001$ nachgewiesen werden. Bezogen auf das Geschlecht zeigten sich signifikante Unterschiede auf dem Niveau von $p = 0,029$ (weiblich) und $p = 0,01$ (männlich).

Die Übereinstimmung beider klinischer Messmethoden kann in den Differenzen der Varianzen quantifiziert werden. Im Methodenvergleich zeigt das Bland-Altman-Diagramm die Differenz von APF-NT zu APF, dem Mittelwert und der Standardabweichung, und dass bei größerer Winkeldifferenz auch eine steigende Differenz innerhalb der beiden Methoden dargestellt werden konnte (Abb. 6).

4 Diskussion

Für den Erfolg bei der totalprothetischen Rehabilitation ist es notwendig, dass viele Teilvoraussetzungen als erfüllt gelten. Der wohl wichtigste Punkt ist die schädelbezügliche und gelenkbezügliche Montage sowie die Positionierung der Modelle im Artikulator, da hiervon die räumliche Lage der OE und damit die funktionelle Stellung der Zähne abhängen. Die OE dient in der weiteren Herstellungsmethodik als Hilfskonstrukt für die Ausrichtung der künstlichen Zähne. Da bei zahnlosen Patienten sämtliche Anhaltspunkte und Referenzpunkte fehlen, ist es notwendig, dass für den Behandler bzw. Zahntechniker Referenzpunkte und Anhaltspunkte geschaffen werden, die den Behandlungserfolg sichern. Gerade dann, wenn vom Behandler die arbiträre Übertragung der Oberkieferposition mittels Gesichtsbogen nicht vorliegt, ist es schwierig, die korrekte Lage der Modelle im Artikulator zu garantieren. In verschiedenen Systemen für die totalprothetische Rehabilitation sind mehrere Ansatzpunkte geschaffen worden, um trotz fehlender Information ein funktionierendes Therapiemittel anbieten zu können. Die APF-Methode bediente sich der Referenzpunkte am Unterkiefer, um die Montage im Artikulator sowie die Lage der OE im zahnlosen Patienten zu ermöglichen. Dabei war oft zu beobachten, dass bei

methods is shown as a graphic illustration in the Bland-Altman-Diagram [2, 3].

3 Results

Overall, both methods showed varying deviations in the alignment of the occlusal plane to Camper's line.

The APF-NT method showed smaller differences than the APF method in the mean deviation angle. After analysis, the APF-NT method showed a normal distribution on average of 5.6° and at the same time a standard deviation of $\pm 4.37^\circ$ (Fig. 5 and Fig. 8), whereas the APF method showed an average of 7.33° and a standard deviation of $\pm 5.38^\circ$ (Fig. 5 and Fig. 7). The mean deviation to Camper's line was 7.9° ($\pm 23.2^\circ$) using the APF method and 5.0° ($\pm 15.5^\circ$) using the APF-NT method (Fig. 5).

The variance in the APF method at 28.9° was higher than with the APF-NT method at 19.1° . There were significant differences between both dependant spot tests at a level of $p = 0.001$. There were significant differences relating to the gender at a level of $p = 0.029$ (female) and $p = 0.01$ (male).

The consistency of both clinical evaluation methods can be quantified in the variance differences.

The Bland-Altman-Diagram method comparison shows the differences between APF-NT and APF, both the average and standard deviation measurements, but also proves when a larger angle deviation was measured an increase in deviation was also observed with both methods (Fig. 6).

4 Discussion

In order for full denture rehabilitation to be successful, a number of prerequisites must be fulfilled. The most important factor is the cranial and joint related mounting and positioning of the models in the articulator, due to the fact that the functionality of the denture teeth depends entirely upon the position of the OP. The OP serves as a guideline for positioning the denture teeth. For edentulous patients, because all information about the tooth position is lost, it is important to define other references, which helps to rebuild the tooth position. If the position of the maxilla cannot be transferred arbitrarily with the aid of a face bow, it is very difficult to reconstruct the correct position of the model in the articulator. Therefore, various systems use different reference points in full prosthetic rehabilitation in order to provide functional results, even though this important information is missing.

The APF method uses references in the lower jaw for mounting the model in the articulator and reconstructing the OP in edentulous patients. When average values were taken as references, the OP was often tilted slightly dorsally [13] which possibly caused unphysiological load transmission via the denture base onto the tegument. In contrast to the APF Method,

der mittelwertigen Methode die OE nach dorsal abkippt [13] und möglicherweise die Kraffteinleitung über die Prothesenbasis auf das Tegument der Schleimhaut eher unphysiologisch erfolgt.

Im APF-NT-System wird die Modellpositionierung anhand des Oberkiefermodells durchgeführt. Bereits in früheren Untersuchungen zur Modellmontage für die totale Prothese wurde die Positionierung des Oberkiefers mittels Oberkiefermodellpositioner im Vergleich zur APF-Methode und zur Gesichtsbogenübertragung überprüft und dargestellt [13].

Wenngleich bei Auswertungen von Röntgenbildern immer die Gefahr der Doppelprojektion, der Unschärfe, des Rauschens durch die Körnigkeit des Röntgenfilmes sowie des Vergrößerungsfaktors diskutiert wird, können als wesentliche Vorteile die dimensionsgerechten Relationen knöcherner Strukturen, der geringe Zeitaufwand und die vergleichsweise geringen Kosten gezählt werden. Der Einsatz des FRS wurde gewählt, weil in der Kieferorthopädie das Röntgenverfahren für die zahnärztliche Diagnostik bei Kindern eingesetzt wird und die knöchernen Bezugspunkte in Relation zu den Konstruktionen der OE und Camperschen Ebene eindeutig dargestellt werden. Bezogen auf die Strahlenexposition entspricht die Strahlendosis eines FRS der Belastung durch kosmische Strahlung bei einem zweitägigen Bergaufenthalt. Knöcherne Bezugspunkte, die in dieser Untersuchung als Referenzen für die Campersche Ebene gelten (Spina nasalis anterior sowie Porus acusticus internus), können im FRS in Relation zu dem Kieferkamm dargestellt werden. Der Verlauf des Kieferkammprofils im Ober- und Unterkiefer wurde mit Bleifolie in der Röntgenschablone dargestellt und zweidimensional auf das Bild projiziert, so dass eine Seitenzuweisung trotz Überlagerung möglich war. Die Doppelprojektion konnte auch hier nicht beseitigt werden, jedoch wurde schon bei der Herstellung der Röntgenschablone auf diese Hilfsmittel, die eine spätere Seitenzuordnung ermöglichen, nicht verzichtet. Der Einfluss des Vergrößerungsfaktors kann als gering bezeichnet werden, da sich die Auswertung allein auf die Winkel der Ebenen zueinander bezieht.

Werden beide Methoden miteinander verglichen, kann diskutiert werden, dass der Bezug beider Methoden die mittelwertige Ausrichtung des Modells und Lage der OE ist. In der Darstellung des Bland-Altman-Diagramms (Abb. 6) kann im Methodenvergleich dargestellt werden, dass bei größeren Abweichungen zu dem Mittelwert auch die Differenzen beider Methoden ansteigen. Lediglich drei Probanden (6,52 %) lagen außerhalb der Standardabweichung.

Diese Untersuchungen kamen zu dem Ergebnis, dass die Ausrichtung der OE zur Camperschen Ebene, basierend auf dem System der APF-NT-Methode, einen eher parallelen Verlauf aufweist als die Ausrichtung der Okklusionsebene nach APF. Damit konnten Ergebnisse der vorangegangenen Studie über die Modellpositionierung im Artikulator [6–8, 13] untermauert werden. Eine nach dorsal kippende OE konnte bei der APF-NT nicht beobachtet werden, vielmehr die Tendenz, dass die OE nach dorsal ansteigt [23]. Es bleibt zu diskutieren, ob die Platzverhältnisse und die anatomischen Gegebenheiten nunmehr die Aufstellung der letzten Molaren im Oberkiefer gestatten oder ob nach vorangegangener Modellanalyse auf die Einbeziehung der zweiten Molaren im Ober- und/oder Unterkiefer verzichtet werden kann.

Weiterhin hat die räumliche Lage der OE eine Auswirkung auf die Kraftvektoren und deren Einleitung auf das Tegument. Kraftvektoren mit ungünstigen, anterior gerichteten Verlaufs-

the APF-NT system positioned the model of the upper jaw in the articulator. Previous studies on the mounting method edentulous plaster models have shown similar results in comparison to the mounting method with the face bow [13].

The quality of an x-ray is often criticized as it bears the risk of double projection and blurring due to the granularity of the x-ray film and the enlargement factor, however the main advantages are important, such as the accurate bone structure dimensions and the quick, and comparatively low cost, processing times. In this case the x-ray evaluation method was selected, due to the fact that x-ray procedures are used in orthodontics for dental diagnosis in children and in this case the bone reference points in relation to the OP and Camper's line could be clearly presented. The radiation exposure from one x-ray is equivalent to the cosmic radiation exposure during a two day stay in the mountains. The bone reference points, which are used in this study for determining Camper's line (Spina nasalis anterior and Porus acusticus internus), are shown in relationship to the alveolar ridge on the x-ray. The profile of the alveolar ridge in the maxilla and mandible was defined in the x-ray template with lead foil and portrayed in a two dimensional image so that, despite being superimposed, each side could still be clearly analyzed. In this case, the double projection was unavoidable; however this was compensated for during the production of the x-ray template, so that the different sides could be clearly allocated later. The enlargement factor was not a cause for concern in this case, as the evaluation concentrated solely on the angle of deviation of the lines to one another.

It can be argued that both of these methods use average values for alignment of the models and the position of the OP. As the comparison of the two methods in the Bland-Altman-Diagram (Fig. 6) shows, larger discrepancies to the average values in turn proved larger deviations in both methods. The results of only three participants (6.52 %) were outside of the standard deviation.

The results show that the OP is closer to being parallel to Camper's line when the APF-NT method is used than when the occlusal plane is aligned according to references used in the APF method. This confirms the results of the previous study on model positioning in the articulator [6–8, 13]. An OP, tilted towards dorsal was not observed, far more the tendency to increase toward dorsal [23]. The question now remains, whether space availability and the anatomical situation permit the last molars to be set-up on a removable denture. Sometimes the second molar has to be excluded after having analyzed the model.

Furthermore, the three-dimensional position of the OP influences the load transmission and impact projected onto the tegument. Load vectors with unfavorable, anterior tendencies directed toward the bone tegument (mucosa and bone) were avoided. These non-physiological forces risk redirecting the load vectors and thus displacing the lower denture toward the anterior region. From a lateral view, during closure the mandible almost moves along an arch in a cranial direction [29], thus the load vectors should ideally be situated at an angle to create a similar movement [23].

If however, these load vectors are directed anteriorly, the prosthesis is displaced and the load vectors, stemming from the posterior region are then directed to the anterior region, lingual onto the alveolar ridge of the mandible. By aligning the

richtungen auf das knöcherne Tegument (Schleimhaut und Knochen) konnten vermieden werden. Durch die unphysiologischen Belastungen besteht ein Risiko, dass durch Umlenkung der Kraftvektoren ein Proglissement der Unterkieferprothese nach anterior ausgelöst werden kann. Da die Schließbewegung des Unterkiefers in der lateralen Ansicht zu einer annähernd bogenförmigen, nach kranial gerichteten Bewegungsrichtung führt [29], sollten die Belastungsvektoren in ihrem Winkel einen ebenso gerichteten Verlauf aufweisen [23]. Sind diese Kraftvektoren nach anterior gerichtet, kommt es zum Proglissement der Prothesen und zu Kraftvektoren, deren Richtung von posterior kommend nach anterior lingual auf den Unterkieferalveolarfortsatz gerichtet sind. Durch die Ausrichtung der zur Camperschen Ebene eher parallelen OE mit Hilfe von APF-NT können Kraftvektoren im Vergleich zum APF-Verfahren eher senkrecht auf das Prothesenlager wirken und tragen zur Stabilisierung der Prothese bei.

Die APF-NT-Methode scheint der APF-Methode in der Systematik überlegen zu sein. Durch die im Oberkiefer liegenden Referenzpunkte ist sie weniger anfällig gegen anatomische Variabilitäten, und die gefürchtete Dorsalkippung der OE kann vermieden werden. Mit der APF-NT-Methode wurde ein weiterer Schritt in ein System für Totalprothesen beschritten, der zu einem suffizienten, mittelwertigen und funktionierenden Zahnersatz führen kann, wenn keine ausreichenden Vorgaben und Unterlagen des Zahnarztes für die Modelljustage vorliegen.

OP almost parallel to Camper's line using the APF-NT method, the load vectors take effect in a more vertical direction on the denture in comparison to the APF method, and therefore have a more stabilizing effect on the removable prosthesis.

The APF-NT method seems a more systematically superior method than the APF method. The fact that the reference points are taken from the maxilla mean there is a lower risk of anatomical variation and the dreaded dorsal tilting of the OP can be avoided. The APF-NT method is another step ahead for full denture prosthetics in the quest to achieve a self sufficient, balanced, functional restoration. DZZ

Korrespondenzadresse:

OA Dr. Th. Klinke
Poliklinik für zahnärztliche Prothetik,
Alterszahnheilkunde und medizinische Werkstoffkunde
Ernst-Moritz-Arndt-Universität
Walther-Rathenau-Strasse 42a
17475 Greifswald
Tel.: 0 38 34 – 86 71 40
Fax: 0 38 34 – 86 71 48
E-Mail: klinke@uni-greifswald.de

Literatur

- Bauer A, Gutowski A: Gnathologische Aspekte der totalen Prothese. Quintessenz, Berlin 1975
- Bland JM AD: Statistical method for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1, 307–310 (1986)
- Bland JM AD: Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Methods Med Res* 8, 135–160 (1999)
- Briede C, Klötzli A, Körber E: Untersuchungen zur Prothesendynamik an totalen und partiellen Prothesen. *Dtsch Zahnärztl Z* 25, 793–800 (1970)
- Fuhr K, Reiber T: Die Totalprothese. Urban & Schwarzenberg, München 1993
- Genenger-Sommerschuh M: Die mittelwertige Darstellung der Okklusionsebenenneigung. *Dent Lab* 46, 59–66 (1998)
- Genenger-Sommerschuh M: Die Lagebestimmung der Modelle im Artikulator als Teilbereich der totalprothetischen Problematik. *Quintessenz Zahntech* 15, 1191–1196 (1999)
- Genenger-Sommerschuh M: Alternative Referenzpunkte eröffnen neue Möglichkeiten zur Anfertigung funktionsgerechter Totalprothesen. *DZW Zahntech* 4, 23–25 (2000)
- Gründler H, Person M: Herstellung systemorientierter Totalprothesen. *De-Trey/Dentsply*, Dreieich 1991
- Gysi A, Bruhn C, Kantorowicz A, Partsch C (Hrsg): *Handbuch der Zahnheilkunde*. Bergmann, München 1926
- Horn R, Opitz H: Untersuchung zur Achsendifferenz bei Modellmontage im Artikulator nach dem Bonwillschen Dreieck und nach Gesichtsbogenübertragung. *Dtsch Zahnärztl Z* 40, 218–220 (1985)
- Jüde HD, Kühl W, Roßbach A: Einführung in die Zahnärztliche Prothetik. Deutscher Ärzte Verlag, Köln 1997
- Klinke Th, Kordass B: Modellmontage für die totale Prothese – APF versus APF-NT. *ZWR* 111, 587–592 (2002)
- Körper E: Die Bißnahme beim zahnlosen Kiefer. *Österr Z Stomatol* 11, 424–430 (1964)
- Körper E: Fragen der Nachuntersuchung prothetischer Behandlungsfälle und deren statistische Auswertung. *Dent Labor* 8, (1972)
- Körper E: Erfahrungen bei der Kieferrelationsbestimmung und Ergebnisse von Nachuntersuchungen. *Dtsch Zahnärztl Z* 35, 656–657 (1980)
- Körper E: Die Kieferrelationsbestimmung. *Der Freie Zahnarzt* 4, (1981)
- Körholz KH: Totalprothetik in Funktion. Quintessenz, Berlin 1999
- Lerch P: Die totale Prothetik. Quintessenz, Berlin 1986
- Ohm E, Silness J: The size of the Balkwill angle and the height of the Bonwill triangle. *J Oral Rehabil* 9, 301–306 (1982)
- Querfurth CS: Klinische Untersuchungen zum Okklusionskonzept bei Totalprothesenträgern. 1999
- Schmidt G: Wertewandel in der Zahn-technik? *Dent Dialog* 3, 2–15 (2002)
- Schumacher GH: Anatomie für Zahnmediziner: Lehrbuch und Atlas. Hüthig, Heidelberg 1997
- Strub JR, Türp JC, Witkowski S, Hürzeler MB, Kern M: *Prothetik I – III*. Quintessenz, Berlin 1994
- Stuck J, Horn R: Zahnaufstellung in der Totalprothetik. Quintessenz, Berlin 1987
- Stuck J: Das APF-NT Totalprothetik System. *teamwork media*, Fuchstal 2000
- Suckert R: Okklusions-Konzepte. Verl. Neuer Merkur, München 1992
- Utz KH: Zur Indikation des Gesichtsbogens. *Mitteilung Berliner Zahnärzte* 4, 19–22 (1997)
- Weiskopf J: Die Öffnungs- und Schließbewegungen des Unterkiefers bei ungestörter und gestörter Funktion der Kiefergelenke. Leipzig 1961
- Zänglein R: Stellt die sogenannte Camper'sche Ebene die geeignete Bezugsebene für die Kauebene bei Totalprothesen dar? *Diss Tübingen* 1966