

91 8195

Prothetik im Unterkiefer

In-vivo-Messungen zur Unterkieferdeformation und Konsequenzen für implantatverankerte Suprastrukturen

Ernst-Jürgen Richter

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
der Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Schlüsselwörter:
Implantatprothetik, Biomechanik, Deformation,
Zahnersatzplanung

Korrespondenzadresse:
Prof. Dr. Dipl.-Ing. Ernst-Jürgen Richter
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
der Julius-Maximilians-Universität Würzburg
Pleicherwall 2, 97070 Würzburg

(Texte française voir page 127)

Einleitung

Die Vorstellung, dass die Mm. pterygoidei laterales auf Grund ihres schrägen Verlaufes einen komprimierenden Einfluss auf den Unterkiefer ausüben müssten, äusserte erstmals GRUNEWALD im Jahre 1921. Heute ist es unumstritten, dass sich die Mandibula sowohl bei Leerbewegungen als auch beim Kauakt elastisch deformiert. Zahlreiche Autoren konnten zeigen, dass sich die horizontalen Äste der Unterkieferspange bei der Retrusion, der Mundöffnung und der Protrusion entfernen oder annähern (JUNG 1960, McDOWELL & REGLI 1961, BURCH & BORCHERS 1970, GOODKING & HERINGLAKE 1972, DE MARCO & PAINE 1974, GRANT 1986, FISHMAN 1990). Über das Ausmass der Deformationen besteht keine einheitliche Meinung. Für die Annähe-

rung bei der Öffnungsbewegung werden Distanzen zwischen 0,0 und 1,5 mm angegeben und für die Protrusion fast ebenso grosse Abstandsänderungen von 0,1 bis ebenfalls 1,5 mm. Besonders ist zu erwähnen, dass für die verschiedenen Unterkieferpositionen nicht immer Übereinstimmung über die jeweilige Deformationsrichtung besteht. Die Interpretation der Messergebnisse wird zudem aus heutiger Sicht erheblich erschwert, da die Messpunkte der Abstandsänderungen verschieden sind und nach heutigen Massstäben zum Teil fragwürdige Messmethoden und -mittel eingesetzt wurden.

Über die Auswirkung statisch einwirkender okklusaler Kräfte auf die Deformation berichten vor allem MARX (1967) und KOECK & SANDER (1978). Auf der Arbeitsseite ergeben sich danach Durchbiegungen des horizontalen Astes nach kaudal und reziproke Verformungen nach kranial auf der Mediotrusionsseite. Beim Frontabiss stellen sich beidseits Konvex-Verformungen der horizontalen Unterkieferäste nach kranial ein (MARX 1967). Auch in der Transversalen sind Deformationen der horizontalen Kieferäste als Annäherung der Molaren und eine linguale «Konkavität» im Eckzahn-Prämolarenbereich der Mandibula nachweisbar (KOECK & SANDER 1978). Diese Ergebnisse basieren allerdings auf Untersuchungen bei nur zwei Probanden.

Bis heute sind die Erkenntnisse über das genaue Deformationsverhalten der menschlichen Mandibula eher lückenhaft und

Starrer prothetischer Zahnersatz kann die natürliche Deformation des Unterkiefers behindern und letztlich zum Versagen der Restauration führen. Zwar ist bekannt, dass sich die Mandibula verformt, jedoch ist das genaue Schema dieser Formänderung unbekannt. Ziel der Untersuchung war es daher, bei neun mit Molaren-Implantaten versorgten Probanden die Änderung der Relation dieser Implantate zueinander auf dem Niveau der Kauebene zu ermitteln. Es zeigten sich weder beim Pressen noch bei maximaler Mundöffnung einheitliche Deformationsformen. Einerseits liessen sich Abstandsvergrößerungen bis zu 350 µm, andererseits auch Annäherungen um fast 90 µm messen. Diese Deformationen sollten nicht eingeschränkt werden, so dass im zu restaurierenden Unterkiefer grundsätzlich mindestens dreigeteilte Rekonstruktionen eingegliedert werden sollten, insbesondere wenn ankylo-tisch verankerte Implantate versorgt werden sollen.

Anstelle der Suprastruktur werden zwei vielfach verstellbare Befestigungsarme in die Implantate starr verschraubt. Diese berühren weder Zähne noch Weichgewebe. An den vorderen Enden sind zwei Dreiecksplatten befestigt.

En lieu et place des suprastructures prothétiques déposées, on visse fermement sur les implants deux bras de fixation du dispositif de mesure, réglables dans de multiples directions, afin d'éviter toute interférence avec les dents et les tissus mous. Aux extrémités antérieures de ces bras sont fixées deux plaques triangulaires.

widersprüchlich. Fest steht jedoch, dass die Verformungen des Unterkiefers klinisch von Bedeutung sein können, denn es zeigt sich immer wieder, dass sich das Zementsiegel längerer, definitiv auf Unterkieferseitenzähnen verankerter Brückenkonstruktionen löst. Des weiteren stellt sich im Rahmen der Planung ausgedehnter implantat-prothetischer Konstruktionen die Frage, inwieweit starr im Kieferknochen verankerte Implantate durch die Suprastruktur verblockt werden dürfen. Heute werden zwar im allgemeinen Kronenblöcke auf Implantaten verschraubt oder zementiert, was biologisch tolerabel zu sein scheint, solange sich die Konstruktion nicht von einer Unterkieferseite bis in die Front oder sogar darüber hinaus bis zur Gegenseite erstreckt. Allerdings ist nicht sicher, ob nicht manche Komplikation (Schraubenlockerung, periimplantärer Knochenabbau, Implantatfraktur bzw. -verlust) letztlich verursacht wird durch die konstruktionsbedingte Einschränkung der natürlichen Deformation der Mandibula (HOBKIRK & SCHWAB 1991). Es ist zu befürchten, dass durch diese Behinderung der elastischen Verformung möglicherweise hohe dynamische Kräfte auftreten, die mittel- oder langfristig zu den genannten Komplikationen führen können.

Die vorliegende Untersuchung hat das Ziel, durch In-vivo-Versuche die Deformation der Mandibula, insbesondere der horizontalen Äste, zu erfassen. Der Verfasser nutzt die unbewegliche Verankerung osseointegrierter Implantate, um Lageänderungen der Implantate zueinander und damit dieses Kieferabschnittes zu bestimmen. Daher werden Probanden untersucht, deren zuvor verkürzte Unterkieferzahnreihen beidseits durch Implantate im Molarenbereich und kombiniert parodontal-ossär verankerte Konstruktionen verlängert wurden.

Die Idee, mit Hilfe von Implantaten die Deformation der Mandibula zu erfassen, wendeten auch HOBKIRK & SCHWAB (1991) an. Die jeweils posterioren der interforaminal lokalisierten Implantate wurden zunächst mit Weg-, anschliessend mit Kraftmessern versehen. Es ergaben sich bei dem Kollektiv von fünf Probanden zwar vom Trend her einheitliche Ergebnisse, aber das Ausmass der Deformationen und der dazu nötigen Widerstandskräfte des Knochens variierte stark. Sowohl bei der Protrusion, der Laterotrusion und der maximalen Mundöffnung näherten sich die – in Position des zweiten Prämolaren verankerten – Implantate an. Allerdings waren die Veränderungen bei einem der Probanden im Vergleich zu den anderen 3–10mal grösser. Die bei der elastischen Deformation zwischen den Implantaten auftretenden Kräfte lagen in einer Dimension von 3 bis 15 N und fielen für den Patienten mit grossen Deformationen besonders gross aus. Die untersuchten Unterkieferstellungen waren an Zahnlosen vorgenommen worden, so dass keine statische Belastung über Zähne eingeleitet werden konnte.

Diesen Ansatz greifen KORIOETH & HANNAM (1994) auf, allerdings in einem computersimulierten Modell. Sie bestätigen im wesentlichen die schon bekannten Hauptverformungsrichtungen der Mandibula bei statischer Lastübertragung. Mit Hilfe ihres Modells gelang es ihnen darüber hinaus, die Deformation der Mandibula sehr viel genauer als bisher bekannt zu beschreiben. So zeigt sich, dass sich der Unterkieferrand beim Pressen in maximaler Okklusionsposition nach aussen, die Zahnreihe auf Kaueneniveau dagegen nach oral neigt. Des weiteren gehen mit dieser Torsion der horizontalen Äste erhebliche Sagittalverschiebungen der Frontregion einher. Dies führt dazu, dass sich die posterioren Anteile der horizontalen Unterkieferäste entfernen, die anterioren dagegen annähern und gleichzeitig das Pogonion nach ventral wandert, also eine Tendenz zur Ausformung eines Spitzkiefers besteht. Nach dieser Untersuchung

stellt sich die Verformung der Mandibula als ein viel komplexeres Geschehen dar als üblicherweise angenommen.

Vor diesem Hintergrund ist es auch Ziel der klinischen Studie festzustellen, ob es eher ein einheitliches Verformungsmuster für die belastete Mandibula gibt – wie in der Studie von HOBKIRK & SCHWAB (1991) – oder ob sich die in KORIOETHS Untersuchungen (1994) abzeichnende Komplexität bestätigt. Die Ergebnisse der Untersuchung sollen in Empfehlungen für die Gestaltung ausgedehnter implantatverankerter Konstruktionen im Unterkiefer münden, für die insbesondere die Deformation der horizontalen Äste interessiert.

Material und Methode

Für Messungen der Deformation der Mandibula stellten sich neun Probanden zur Verfügung, bei denen vor mindestens vier Jahren rechts und links je ein IMZ-Implantat mit 3,3 mm Durchmesser in der Region der ehemaligen Unterkiefer-Molaren verankert wurde (Abb. 1). Diese waren mit bedingt abnehmbaren Verbundbrücken zu den endständigen Zähnen (erster oder zweiter Prämolare) versorgt worden (Abb. 2). Bei zwei der sechs weiblichen und drei männlichen Testpersonen (Alter zwischen 44 und 63 Jahren) wurde Bruxismus festgestellt.

Nach Entfernung der implantatprothetischen Restaurationen, die sich im Unterkiefer jeweils beidseits von einem Prämolaren zum «Molarenimplantat» erstreckte, wurde den Probanden die Messvorrichtung eingegliedert (Abb. 3, 4). Diese bestand aus zwei feinmechanisch gefertigten Armen, deren jeweils eines Ende nach Entfernung des intramobil Elementes im Implantat verschraubt wurde. Die Arme wurden so justiert, dass kein Kontakt zu den Zähnen bestand. Während der Messungen wurden die Weichgewebe mit Fotohaken abgehalten. An den nach extraoral reichenden Enden waren zwei Dreiecksplatten montiert. In den drei Ecken der einen Platte waren Infrarot-Miniatur-Reflexlichtschranken (Typ SFH 900, Fa. Siemens AG, München) montiert, die andere Dreiecksplatte im Abstand von ca. 2,5 mm dazu diente als Reflexgeber. Durch die Ausrichtung zweier Sensoren parallel zur Kauenebene und durch die definierte Position des dritten Sensors (rechtwinklig zur Verbindungslinie der ersten zwei Sensoren) war es möglich, die Positionsänderungen der Implantate im Raum, die durch Anspannung der Muskulatur und die damit verbundene Deformation des Unter-

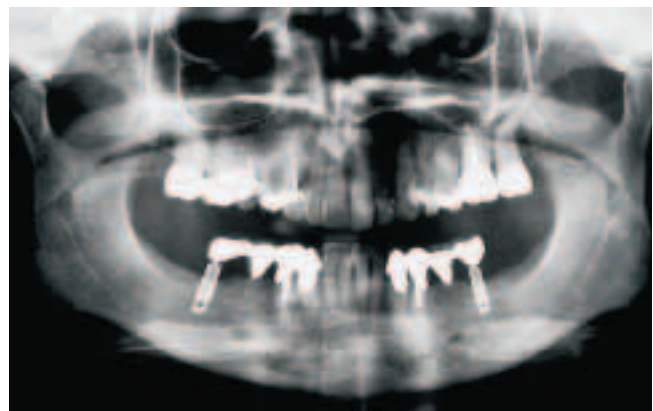


Abb. 1 Das OPG zeigt IMZ-Implantate in Position der jeweils ersten Unterkiefermolaren.

Fig. 1 L'OPT montre les implants IMZ à la place des ex-premières molaires mandibulaires.



Abb. 2 Die Verbundbrücken von den jeweils ersten Prämolaren zu den Implantaten sind keramisch verblendet. Entsprechend der damaligen Technik imponieren metallische Schubverteilungsarme und die Köpfe der Befestigungsschrauben für die bedingt abnehmbare Suprastruktur.

Fig. 2 Les bridges amovo-inamovibles céramo-métalliques à support mixte, joignant chaque première prémolaire aux implants molaires. La possibilité de démontage de la suprastructure est assurée, selon les moyens techniques de l'époque, par un bras métallique en extension distale de la prémolaire, permettant un vissage horizontal à travers l'élément intermédiaire.

kieferkörpers verursacht wurde, zu bestimmen. Die dreifache, berührungslose Abstandsmessung mit Hilfe der Fotodioden ist technisch deshalb möglich, weil zwischen der Emittor-Kollektor-Spannung und einem Abstand der Sender-Empfänger-Sensoren von der Reflexplatte im Bereich zwischen 2 und 3 mm ein linearer Zusammenhang besteht. Es wurden auf diese Weise nur die Relativbewegungen der beiden Implantate zueinander erfasst.

Die Spannungssignale wurden zunächst mit Hilfe einer Eichgeraden in Wegstrecken umgewandelt, welche jedoch auf die Verhältnisse am Ort der Implantate umgerechnet werden mussten. Daher wurden bei jedem Probanden nach Installation der Messvorrichtung die jeweiligen geometrischen Abmessungen erfasst, die für trigonometrische Berechnungen erforderlich waren. Ziel dieser Kalkulationen war es, die transversale Abstandsänderung der Implantate bezogen auf das Niveau der jeweiligen Kauebene für bestimmte Situationen zu ermitteln.

Die möglichen bzw. messbaren Deformationsformen ergaben sich aus theoretischen Überlegungen zu den prinzipiell auftretenden Rotations- und Translationsbewegungen. Die rein translatorischen Deformationsarten spielten bei physiologischer Muskelanspannung keine Rolle, da die an der Mandibula ansetzenden Muskel- und Reaktionskräfte ausschliesslich zur Verbiegung des Unterkiefers führen. Somit verblieben die drei Freiheitsgrade der Rotation, die sich als überlagernde Biegebeanspruchungen auf die Ausrichtung der zwei Implantate zueinander auswirkten. Als Ursache waren die auf die Mandibula einwirkenden Muskelkräfte und – gegebenenfalls – okklusionsbedingte Widerstandskräfte anzusehen. Diese Biegebeanspruchungen sind achsenbezogen, so dass prinzipiell Überlagerungen von Verbiegungen um die drei Raumrichtungen möglich sind. Die hier benutzte Messvorrichtung gestattete es, Deformationen des Unterkieferkörpers um eine (para-)sagittale und um eine vertikale Achse zu bestimmen, nicht jedoch um eine transversale Achse. Derartige Verformungen interessierten hier jedoch aufgrund obiger Fragestellung nicht und waren deshalb im Belastungstestprogramm nicht vorgesehen.

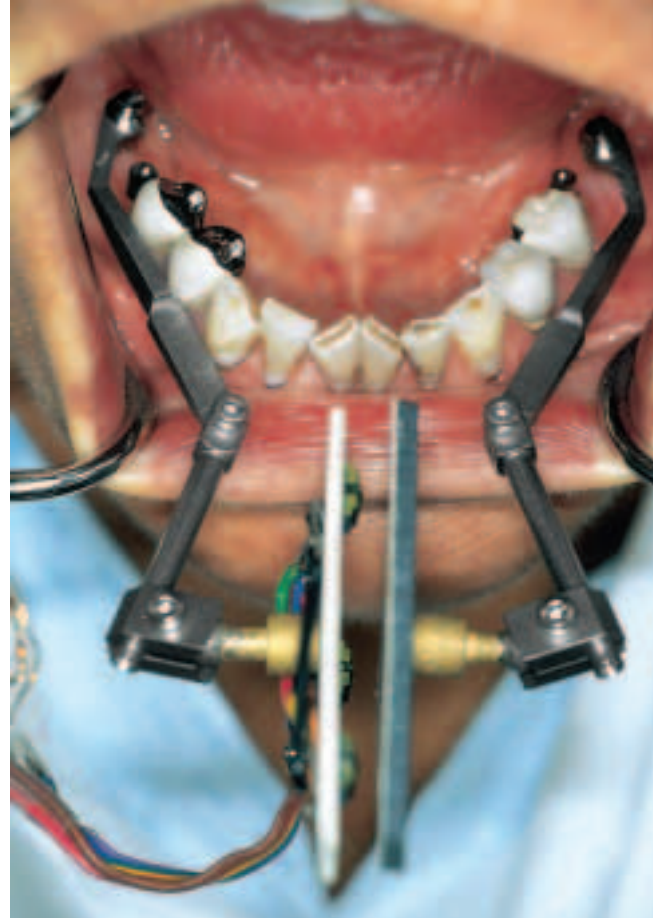


Abb. 3: Anstelle der Suprastruktur werden zwei vielfach verstellbare Befestigungsarme in die Implantate starr verschraubt. Diese berühren weder Zähne noch Weichgewebe. An den vorderen Enden sind zwei Dreiecksplatten befestigt.

Fig. 3 En lieu et place des suprastructures prothétiques déposées, on visse fermement sur les implants deux bras de fixation du dispositif de mesure, réglables dans de multiples directions, afin d'éviter toute interférence avec les dents et les tissus mous. Aux extrémités antérieures de ces bras sont fixées deux plaques triangulaires.



Abb. 4 Die Oberkanten der Dreiecksplatten sind parallel zur Kauebene ausgerichtet, so dass auch die zwei hier lokalisierten Infrarot-Reflexlichtschranken entsprechend ausgerichtet sind. Der dritte Sensor ist in der unteren Ecke einer der Dreiecksplatten befestigt.

Fig. 4 Les bords supérieurs de ces deux plaques triangulaires sont orientés parallèlement au plan masticatoire, de manière à ce que les deux boîtes réfléchissantes de lumière infrarouge qui y sont localisées, soient également placées de façon adéquate. Le troisième capteur est fixé dans l'angle inférieure de l'une des plaques triangulaires.

Das Untersuchungsprogramm sollte vor allem Aufschluss über die Torsion der horizontalen Unterkieferäste geben und hatte daher zum Ziel, die Abstände und Ausrichtungen der Implantate beim Pressen in zentrischer Okklusionsposition und bei maximaler Mundöffnung mit maximaler Kraft zu ermitteln und sie mit der Ausgangsposition in der Ruheschwebelage des Unterkiefers zu vergleichen. Nach der Erläuterung des Procedere führten die Probanden zunächst Testversuche durch, um die Stabilität der Messvorrichtung und die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu ermitteln. Insbesondere musste gewährleistet sein, dass sich nach Rückkehr der Mandibula aus einer Testposition in die Ruheschwebelage bei allen drei Sensoren wieder das Nullpunkt-Signal einstellte. Als Testreihe wurden je fünf Messungen in Folge durchgeführt. Zunächst wurden die Probanden aufgefordert, in habitueller Okklusionsposition «so fest wie möglich» – abgestützt auf der Restbezahnung – zubeissen und anschliessend die Ruheschwebelage einzunehmen. Im Anschluss an diese Messserie öffneten die Probanden den Mund fünfmal hintereinander maximal und nahmen danach ebenfalls wieder die Ruheschwebelage ein. In den Testpositionen wurden die drei Spannungsdifferenzen der Sensoren ermittelt und in Abstandswerte für die drei Messstrecken umgerechnet. Im weiteren wurden aus den fünf Einzelmessungen drei Mittelwerte (einer je Sensor) bestimmt. Mit Hilfe der Geometriedaten zur vorliegenden Situation (Abstand der Sensoren zu den Implantaten, Relation Sensorebene zu Kauenebene usw.) war es möglich, die Änderung der Ausrichtung der Implantate zueinander zu berechnen.

In der bereits erwähnten Veröffentlichung von KORIOTH & HAN-NAM (1994) wird davon ausgegangen, dass beim Pressen auf die Restbezahnung (ohne prothetische Versorgung durch die Verbundbrücken) eine – hier nicht gemessene – Konkavität der horizontalen Unterkieferäste als Biegung um eine transversale Achse entsteht, die zur Kranialverlagerung der Implantate führt. Diese Deformation wird überlagert von einer parasagittalen Torsion dieser Bereiche. Des weiteren ist mit einer Biegedeformation der horizontalen Äste um eine vertikale Achse zu rechnen. Welche Bedeutung und welches Ausmass die jeweilige

Biegedeformation im speziellen klinischen Fall hat, ist unbekannt und soll durch diese Untersuchung evaluiert werden.

Ergebnisse

Als wichtigstes Ergebnis ist hervorzuheben, dass sich innerhalb des untersuchten Kollektivs weder für die Verhältnisse beim Pressen in zentrischer Okklusionsposition noch bei maximaler Mundöffnung ein einheitlicher Trend der Kieferdeformation herausstellte. Ein geschlechtsspezifischer Einfluss war nicht erkennbar.

Pressen in zentrischer Okklusionsposition

Bezogen auf das Niveau der Okklusionsebene ergaben sich maximale Abstandsvergrößerungen zwischen den Implantaten von ca. 0,33 mm (bei einem der Bruxer), keine Abstandsänderung (jeweils einmal) und Annäherungen der Implantate um bis zu fast 80 µm (Abb. 5.1). Diese Dimensionsänderungen waren verursacht durch zwei Effekte: die Torsion der horizontalen Äste und die Rotation der Äste um eine vertikale Achse. Ein Torsionswinkel nach lateral wurde dreimal, einer nach medial fünfmal ermittelt (Abb. 5.2). In einem Falle liess sich keine Torsion des Seitenzahnbereiches nachweisen. In allen Fällen war der Torsionswinkel mit unter 1° sehr klein. Durch die Schenkellänge können sich aber theoretisch durchaus beträchtliche Verformungsstrecken auf Okklusionsebene einstellen. Allerdings liessen diese sich nicht bestimmen, da die Torsionsachse nicht festgelegt werden konnte. Die Rotation der horizontalen Kieferabschnitte um eine vertikale Achse führte zur Annäherung oder Entfernung der sich jeweils anterior bzw. posterior gegenüberliegenden Abschnitte. In sechs Fällen stellte sich im Molarenbereich eine Entfernung dieser Kieferabschnitte ein, wiederum beim dritten Probanden liessen sich keine Änderungen nachweisen und zweimal war eine Annäherung zu verzeichnen (Abb. 5.3). Vergleicht man die Einzelergebnisse miteinander, so ist festzustellen, dass für das Pressen und diese Probandengruppe vier verschiedene Deformationsmuster des Unterkiefers bestanden, die in Abb. 5.4 in der Ansicht von oben

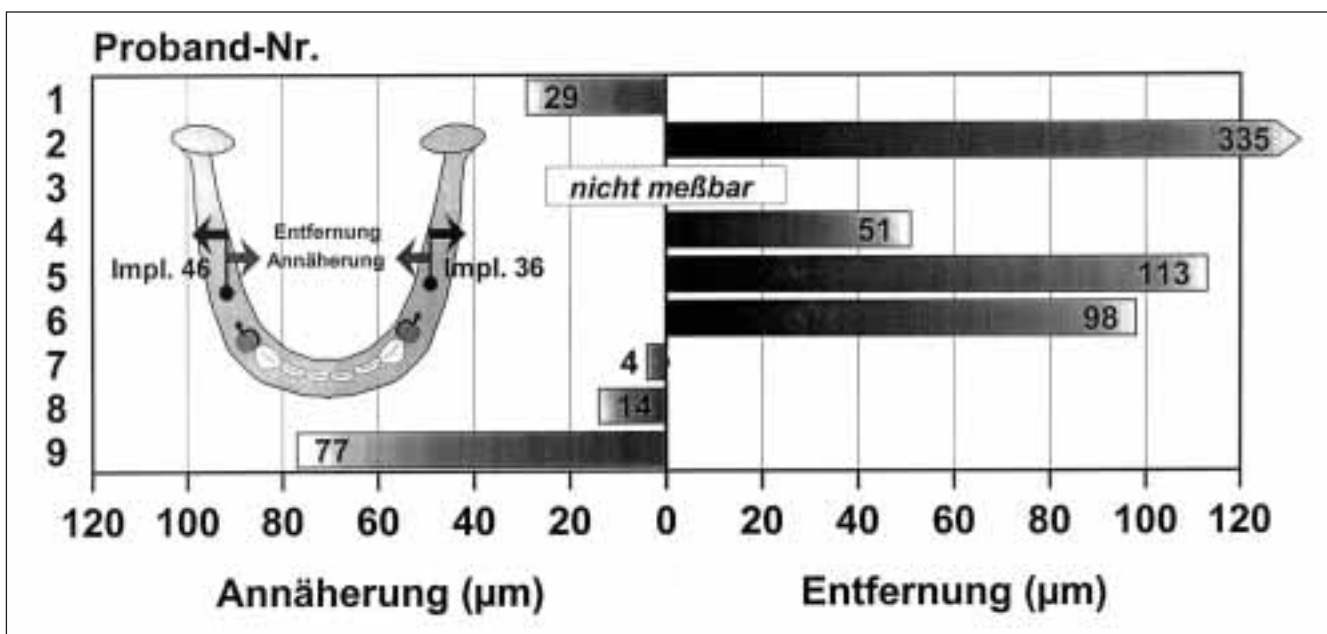


Abb. 5.1 Abstandsänderung der Molaren-Implantate auf Kauenebenenniveau beim Pressen in maximaler Interkuspidationsposition.

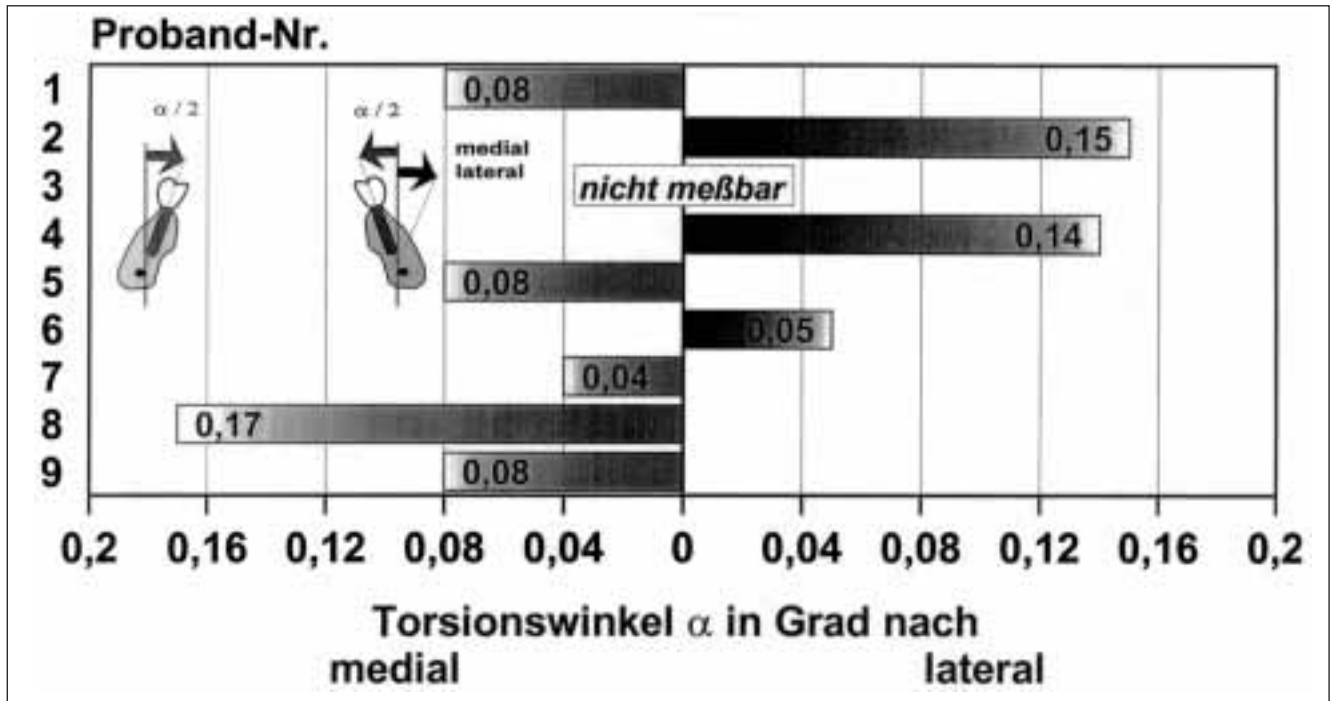


Abb. 5.2 Gesamt-Torsionswinkel der horizontale UK-Äste im Bereich der Implantate als eine der zwei Komponenten, aus denen sich die Dimensionsänderungen der Abb. 5.1 zusammensetzen.

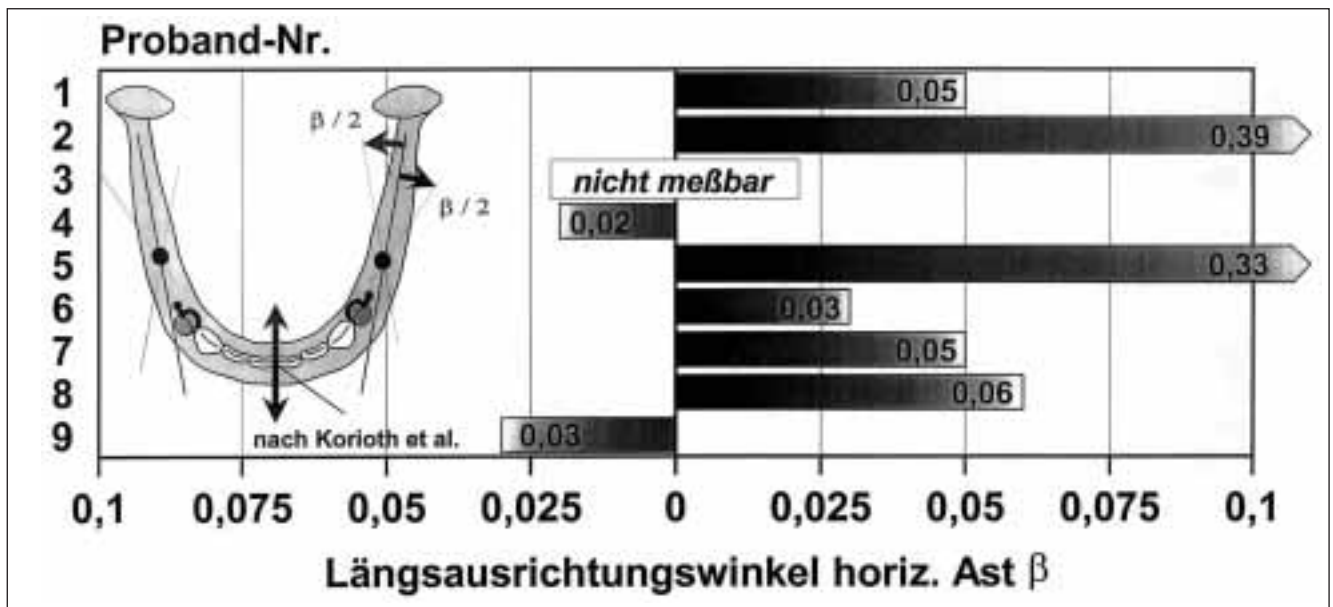


Abb. 5.3 Änderungswinkel der Sagittalausrichtung der horizontalen UK-Äste als zweite der Komponenten, aus denen sich die Dimensionsänderungen der Abb. 5.1 zusammensetzen.

dargestellt sind. Es liessen sich Kombinationen von zwei grundsätzlichen Effekten unterscheiden: der Unterkiefer wurde spitzer oder eckiger und die horizontalen Äste verdrehten sich nach medial oder nach lateral.

Maximale Mundöffnung

Bei maximaler Mundöffnung liessen sich ebenfalls grosse Abstandsvergrößerungen (bis 0,35 mm), keine Veränderung (einmal gemessen) und Annäherungen der Implantate (bis 86 μ m)

– jeweils bezogen auf die Kauebene – feststellen (Abb. 6.1). Die Torsion der horizontalen Äste des Unterkiefers war überwiegend nach medial gerichtet. Nur in zwei Fällen war eine Lateralrotation festzustellen, wobei bei einem Patienten ein vergleichsweise ungewöhnlich hoher Torsionswinkel von fast einem Grad gefunden wurde (Abb. 6.2). Das Ausmass der Deformation der horizontalen Äste des Unterkiefers zeigt Abb. 6.3. In der Summe überwog das Deformationsschema «eckiger Kiefer» (bei sechs der neun Probanden). Zusammenfassend be-

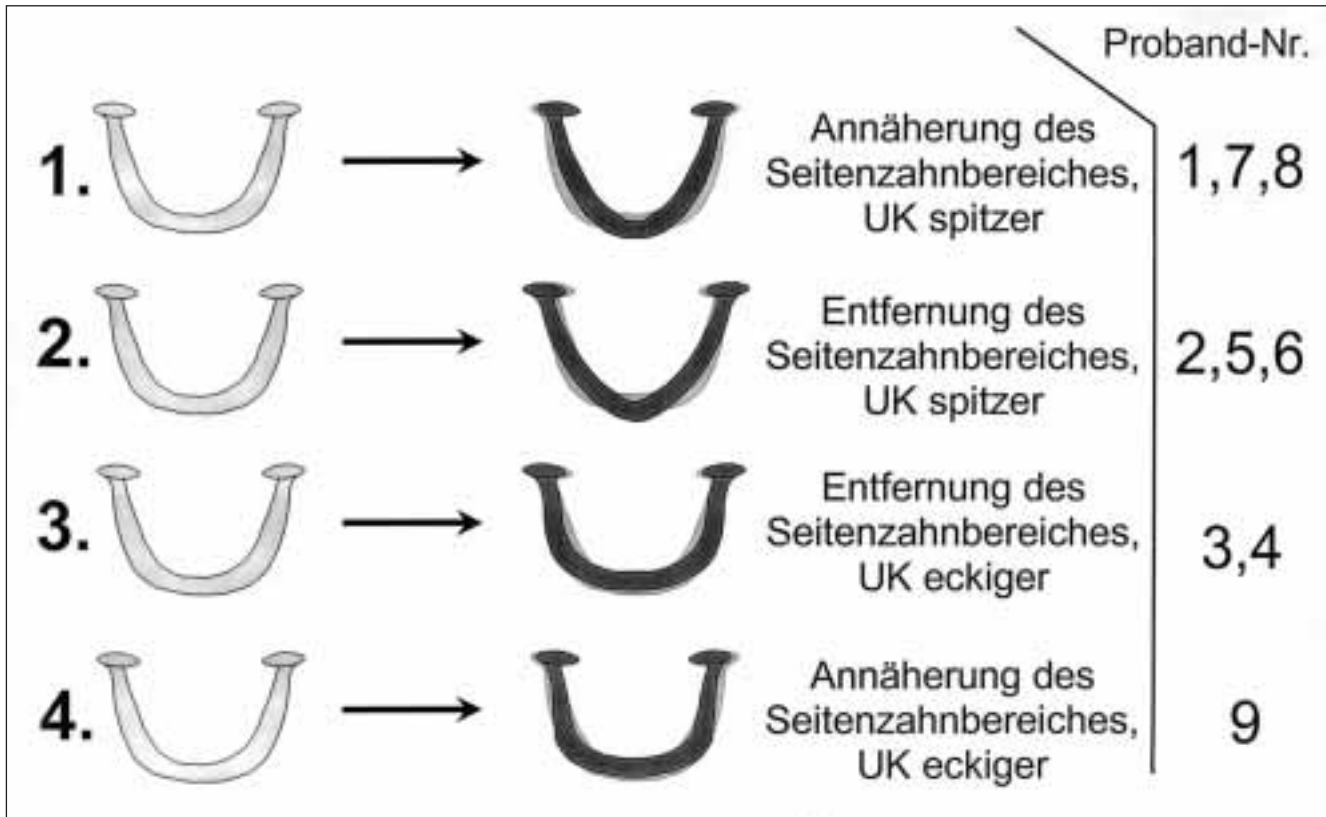


Abb. 5.4 Deformationscharakteristik der Mandibula und Verteilung der untersuchten Probanden für das Pressen in maximaler Interkuspidationsposition.

trachtet ergaben sich hier im Vergleich zum Pressen nur drei Deformationsmuster, weil innerhalb dieses Kollektivs Abstandsannäherungen der Implantate nur in Verbindung mit der Bildung des eher eckigen Kiefers auftraten (Abb. 6.4).

Diskussion und Schlussfolgerungen

Erstmals ist es gelungen, In-vivo-Untersuchungen zur Deformation des Unterkiefers bei statischer Lasteinleitung an einem vergleichsweise grossen Probandengut durchzuführen. Es zeigte sich, dass weder beim Pressen in zentrischer Okklusionsposition noch bei maximaler Mundöffnung ein einheitliches Deformationsmuster des Unterkiefers bestand. Im Bereich der Unterkiefermolaren bzw. -implantate überlagerte sich die Torsion der horizontalen Äste mit deren Ausrichtungsänderung in der Sagittalen (Rotation um eine vertikale Achse), wobei die mögliche Durchbiegung nach kranial bzw. kaudal (MARX 1967) nicht gemessen wurde. Bezogen auf die Kauebene im Bereich der Unterkiefermolaren setzte sich deren Abstandsänderung daher aus den genannten zwei Komponenten zusammen, die sich verstärken oder vermindern bzw. aufheben können. Es resultierte daraus ein Deformationstyp des Unterkiefers hin zu einem eher spitzer oder eher eckiger werdenden Kiefer.

Die Bildung des letzteren ist zunächst schwer verständlich, obwohl schon HYLANDER (1979) darauf hingewiesen hat, dass sich die Mandibula gleichzeitig posterior komprimieren und anterior ausdehnen, also «eckiger», werden kann. Eben diesen Effekt konnten GRANT (1986) an einem speziell lackierten menschlichen Unterkiefermodell und KORIOTH & HANNAM (1994) in ihrem Finite-Elemente-3D-Modell nachweisen. Sie verwiesen darauf, dass jegliche Deformation der horizontalen Unterkie-

feräste stets einherging mit einer Verformung des symphysären Bereiches. In ihren Untersuchungen konnte regelmässig eine Anterior-Verlagerung dieses Bereiches festgestellt werden, die an den Unterkieferinzisiven bis zu 0,62mm ausgemacht haben soll, d.h. mit der Bildung eines Spitzkiefers einherging. Eine Erklärung für diese Art der elastischen Deformation sahen sie darin, dass zum einen die Abmessungen der Mandibula und zum anderen die anteilige Verteilung von kortikaler «Aussenhaut» und spongiösem «Inneren» dafür verantwortlich sind. Dies leuchtet aus technisch-mechanischer Sicht ohne weiteres ein und ist wahrscheinlich die Ursache, warum zwei grundsätzliche Deformationsmuster bestehen. Wenn die Eckzahn-Prämolarenbereiche gegenüber dem symphysären Bereich vergleichsweise stabil gebaut sind, wird sich der Unterkiefer eher in der Mitte deformieren und spitzer werden. Ist dieser Bereich dagegen kräftig dimensioniert, werden sich eher die Eckzahn-Prämolarenbereiche verformen, was zur mehr eckigen Kieferform führt.

Diese Unterschiede in der Deformationsform der Mandibula erscheinen jedoch durchaus als physiologisch und – was das Ausmass angeht – im Rahmen des Normalen liegend. Von Natur aus ist die Mandibula – im Gegensatz zur Maxilla – für Bewegungen und damit einhergehende Deformationen ausgelegt, und das sehr effektiv. In Bereichen der grössten Beanspruchung findet sich eine mehr oder weniger dicke Kortikalis, im Innern wird an Knochenmasse gespart. Daraus ergeben sich – wie oben beschrieben – unterschiedlich gelegene Zonen verschiedenen grosser Verformungen, die zwar individuell determiniert sind, jedoch niemals die regelrechte Funktion des Unterkiefers mit der natürlichen Bezahnung in Frage stellen. Erst wenn durch den umfangreichen Verlust von Zähnen ausgedehnter

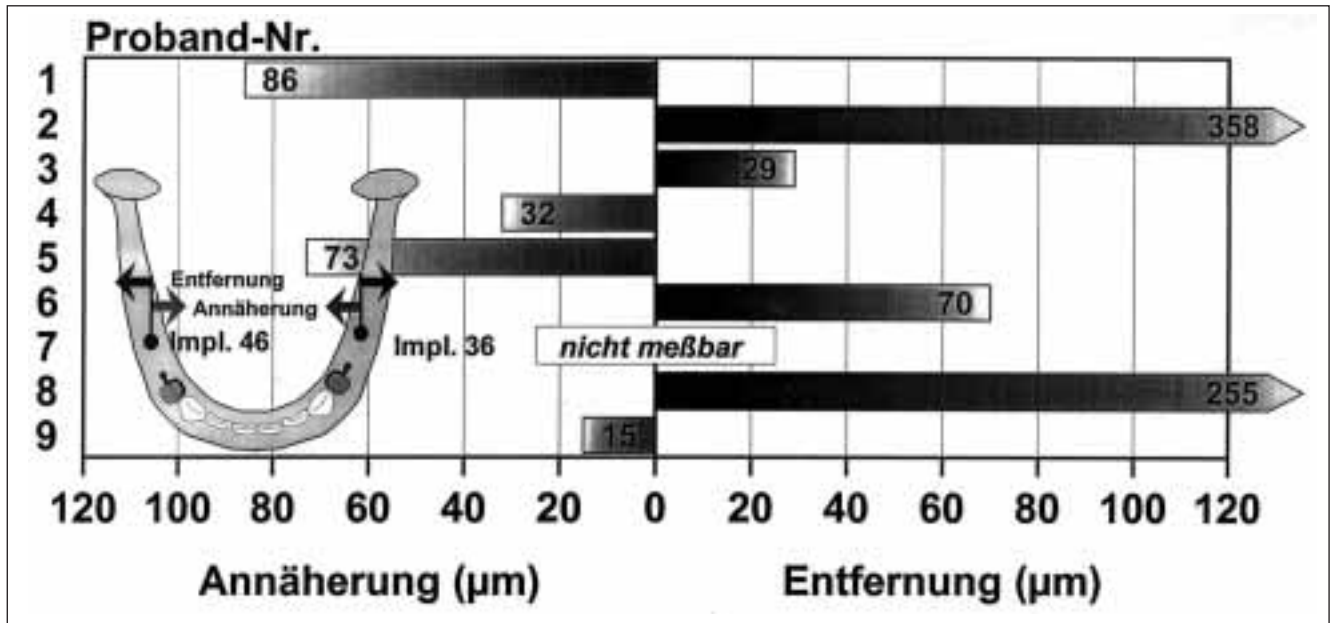


Abb. 6.1 Abstandsänderung der Molaren-Implantate auf Kauebenniveau bei maximaler Mundöffnung.

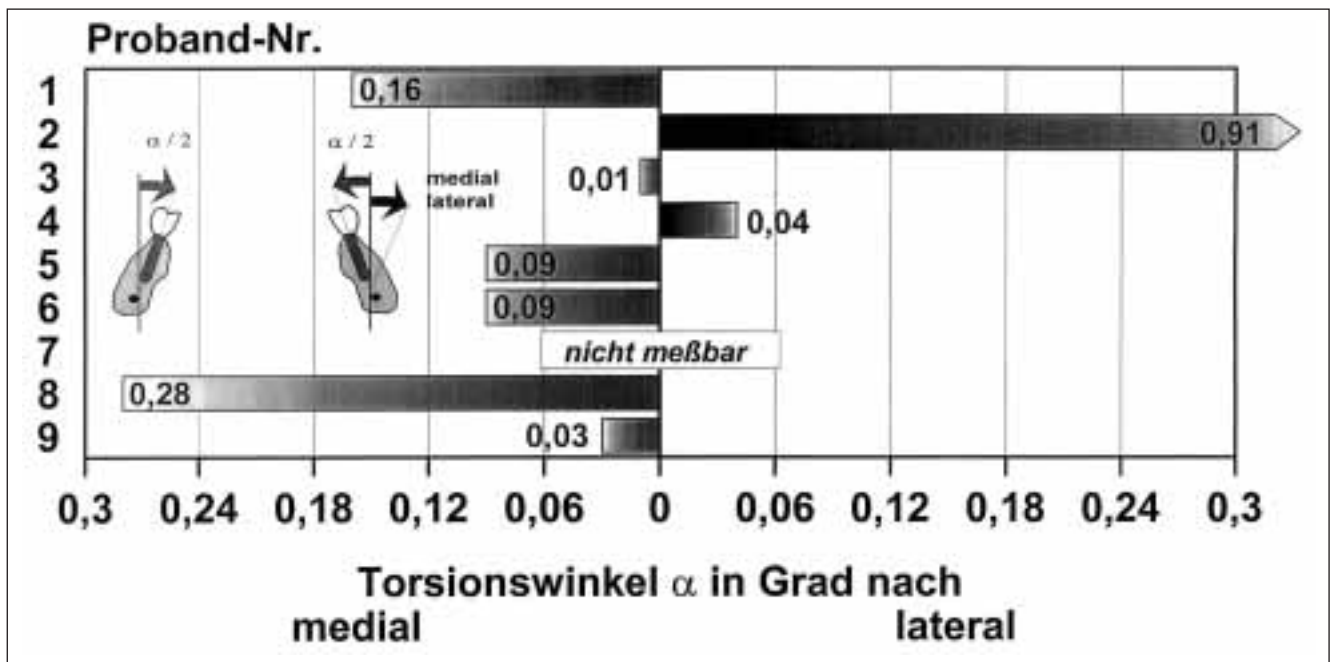


Abb. 6.2 Gesamt-Torsionswinkel der horizontalen UK-Äste im Bereich der Implantate bei maximaler Mundöffnung.

prothetischer Ersatz erforderlich wird, kann es in manchen Fällen zu Problemen kommen, so dass es für den Prothetiker hilfreich wäre, den Deformationstyp eines Patienten zu bestimmen, was jedoch ohne aufwendige Messmittel nicht möglich ist. Diesbezüglich ist auch keine Abhilfe in Sicht. Um daher in jedem Falle Spannungsspitzen in der Zahnersatzkonstruktion, die durch die Behinderung der elastischen Deformation der Unterkieferspanne auftreten können, zu vermeiden, ist es ratsam, die folgenden Besonderheiten zu berücksichtigen.

Abformungen des Unterkiefers sollten möglichst in der Ruheschwebelage vorgenommen werden, weil diese Kieferhaltung nur kurzzeitig verlassen wird. In dieser Position angefertigter

Zahnersatz übt nur bei Funktionsbewegungen der Mandibula gewisse Spannungen auf das Befestigungsmaterial zum Kronenstumpf und das Parodontium bzw. bei Implantatkonstruktionen auf die Schraubenverbindungen und das Interface zwischen Implantat und Knochen aus. Kurzzeitige Belastungen sind in aller Regel jedoch unkritisch und daher nicht mit Destruktionen verbunden. Allerdings können wiederholte Kurzzeitbelastungen in manchen Fällen zum Versagen der Zahnersatzkonstruktion durch Materialermüdung führen. Bei verschraubten Implantatkonstruktionen sind wiederholte Schraubenlockerungen ein Zeichen für zu ausgeprägte Deformationen der Ersatzkonstruktion und sollten Anlass zur Überprüfung

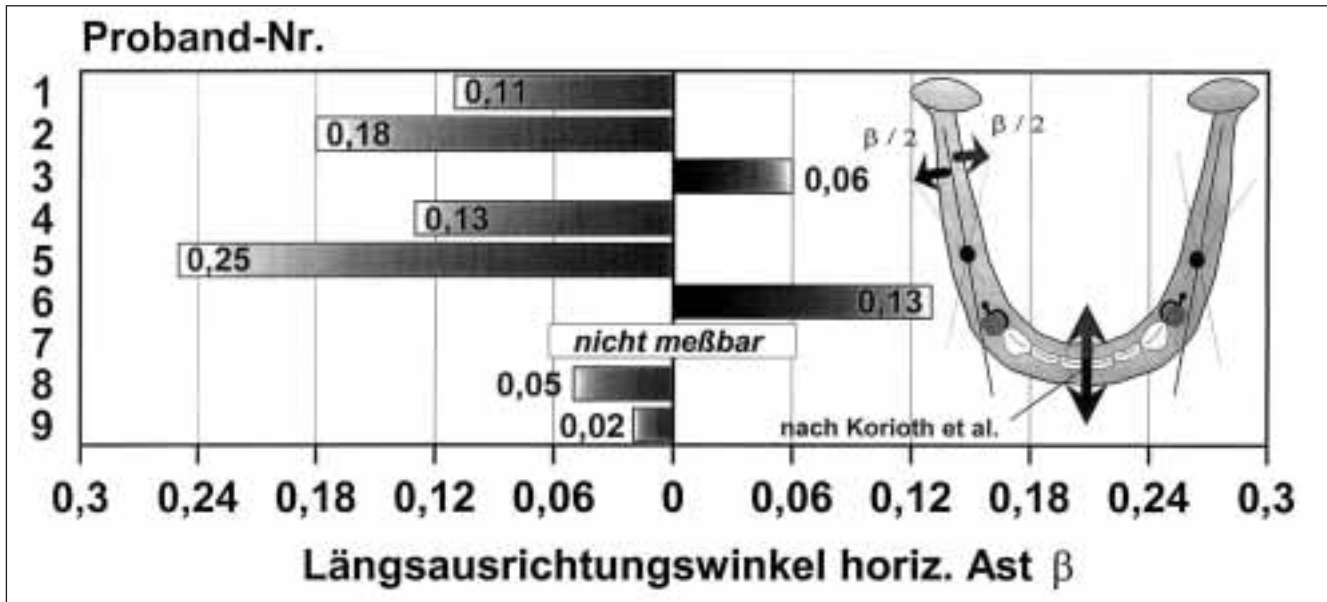


Abb. 6.3 Änderungswinkel der Sagittalausrichtung der horizontalen UK-Äste bei maximaler Mundöffnung.

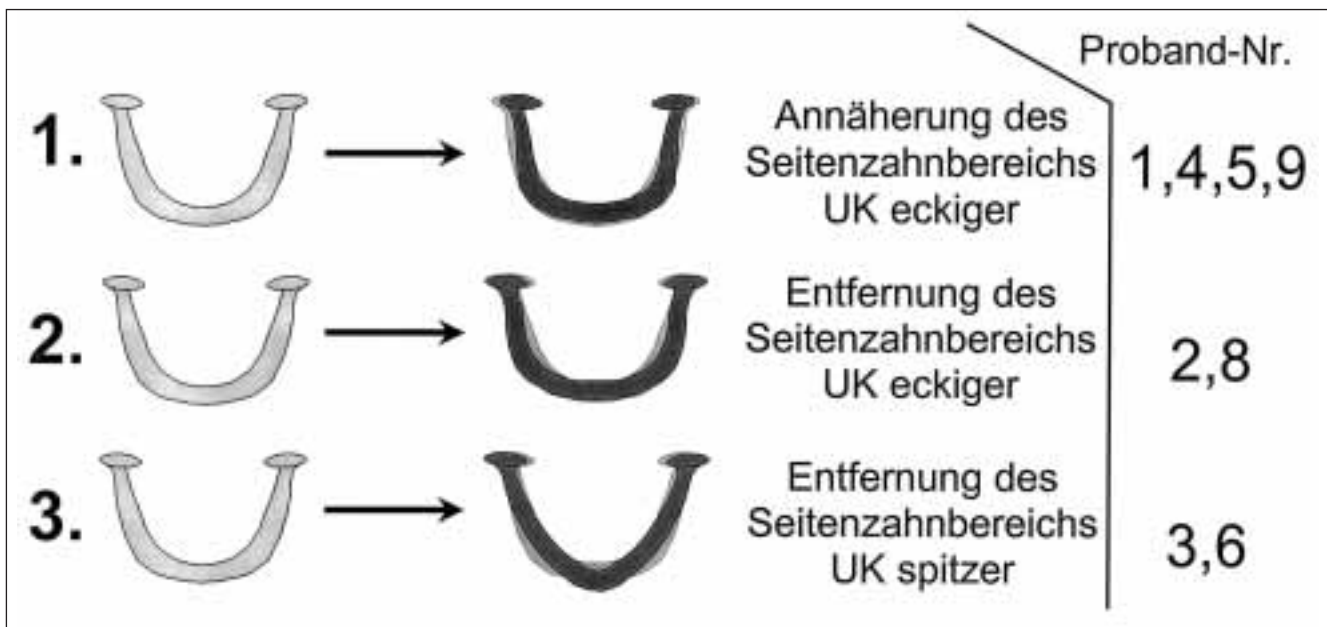


Abb. 6.4 Deformationscharakteristik der Mandibula und Verteilung der untersuchten Probanden für die Verhältnisse bei maximaler Mundöffnung.

bzw. Änderung der Konstruktion geben. Um die genannten Probleme in der Klinik zu umgehen, empfiehlt es sich, zur Durchführung der Abformung in der Ruheschwebelage des Unterkiefers grazile und dennoch starre individuelle Löffel aus lichthärtendem Kunststoff zu verwenden.

Die Planung implantatprothetischer Rekonstruktionen sollte eine mögliche Deformation nicht nur der horizontalen Äste des Unterkiefers, sondern auch des symphysären Bereiches berücksichtigen. Daher sind einteilige, hufeisenförmige Konstruktionen kontraindiziert. Stattdessen ist eine Dreiteilung ausgehnter Ersatzkonstruktionen zu empfehlen, und entsprechend ist die Anzahl und Verteilung der Implantate zu wählen (Abb.

7–10). Die Seitenzahn-Suprastrukturen sollten vom ersten Prämolaren bis zum ersten oder zweiten Molaren reichen und nicht mehr als drei Implantate enthalten. In der sagittalen Ausdehnung ist diese Konstruktion damit so ausgelegt, dass mit einer schädigenden Einschränkung der Beweglichkeit der Mandibula in diesen Bereichen nicht zu rechnen ist. Ein zahnloser Frontbereich sollte durch eine separate Konstruktion ersetzt werden (Abb. 7, 8, 10). In der Position der ehemaligen Eckzähne sollten Implantate verankert und diese mit einer Brücke zum Ersatz der Inzisiven versehen werden. Weitere hier verankerte Implantate, die in die verblockende Suprastuktur einbezogen werden, können die elastische Ausbildung eines »Spitzkiefers«

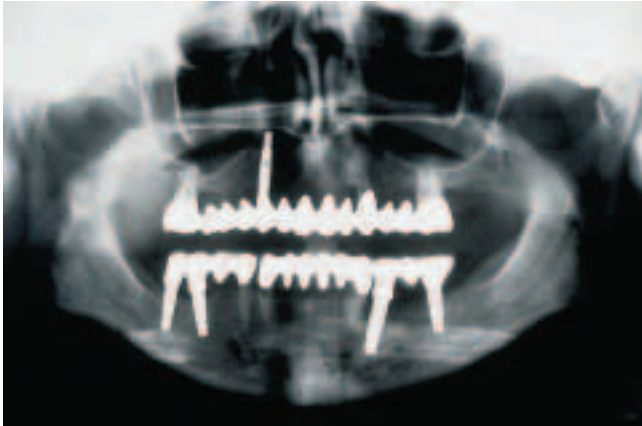


Abb. 7 Die Röntgenübersichtsaufnahme zeigt im Unterkiefer eine dreigeteilte Suprakonstruktion auf Zähnen und Implantaten. Im Oberkiefer wurde zwecks Wiederherstellung des strategisch wichtigen Eckzahnes ein Implantat verankert.

Fig. 7 Le cliché radiographique d'ensemble montre une supra-structure prothétique mandibulaire en trois segments et à support mixte dento-implantaire. Au maxillaire, la canine droite, importante sur le plan stratégique, a été remplacée par un implant.



Abb. 9 Die Verbundbrücke im rechten Quadranten besteht aus einer Zahnkrone mit extrakoronalem, im Querschnitt quadratischen Zapfen mit Querverschraubung. Der Kopf der Minischraube durch den Brückenkörper ist von lingual zugänglich. Ein Schubverteilungsarm ist unnötig.

Fig. 9 Le bridge reliant la denture restante aux implants se compose, dans le quadrant droit, d'une couronne céramo-métallique sur la 44 avec une petite extension extracoronaire métallique distale, de section rectangulaire, et vissage transversal horizontal. La tête de la vis miniature qui traverse la travée de bridge est engagée en lingual. Un repeteur de forces est inutile.



Abb. 8 Die Einzelteile der bedingt abnehmbaren Restauration auf Frialit-II-Implantaten. Die fehlenden Inzisivi wurden durch eine einfache Brücke mit den Eckzähnen als Pfeilern ersetzt.

Fig. 8 Chacune des parties de la restauration amovo-inamovible à support mixte, (dento-implantatoportée) sur implants Frialit-II. Les incisives manquantes ont été remplacées par un bridge scellé simple avec les canines comme piliers.



Abb. 10 Die Okklusalansicht zeigt einer natürlichen Bezahnung sehr ähnlich. Die zwei Schraubenzugangsstellen in der rein-implantatverankerten Brücke sind mit Kunststoff verschlossen; dies liess sich aus Platzgründen beim distalen Implantat der Verbundbrücke nicht zufriedenstellend erreichen.

Fig. 10 La vue occlusale révèle un aspect très semblable à une denture naturelle. Les deux orifices d'accès aux vis du bridge implanto-porté ont été obturés avec de la résine. La vis transocclusale de la 47 reste difficile d'accès par manque de place.

behindern und sollten daher vermieden werden. Eine derartige «Dreiteilung der Konstruktion» ist auch zu empfehlen, wenn parodontal verankerter, ausgedehnter Zahnersatz geplant wird. Weiterhin ist es ratsam, bei Fehlen bestimmter Pfeilerzähne diese nach obigen Vorgaben durch Implantate und Verbundbrückenkonstruktionen in der Weise zu ersetzen, dass die «Dreiteilung» der gesamten Unterkieferversorgung möglich ist.

Literatur

BURCH J G, BORCHERS G: Method for Study of Mandibular Arch Width Change. J Dent Res 49: 463–471 (1970)

DE MARCO T J, PAINE S: Mandibular dimensional change. J Prosthet Dent 31: 482–485 (1974)

JUNG F: Die funktionell-elastische Deformation des Kieferknochens und die Eigenbeweglichkeit der Zähne. Schweiz Mschr Zahnheilk 70: 17–30 (1960)

FISHMAN B: The rotational aspect of mandibular flexure. J Prosthet Dent 64: 483–485 (1990)

GOODKING R J, HERINGLAKE C B: Mandibular flexure in opening and closing movements. J Prosthet Dent 30: 134–138 (1972)

GRANT A A: Some Aspects of Mandibular Movement: Acceleration and Horizontal Distorsion. Ann Acad Med 15: 305–310 (1986)

- GRUNEWALD J: Über die Beanspruchung und den Aufbau des menschlichen Unterkiefers und die mechanische Bedeutung des Kinnes. Arch Anthropol 46: 100–109 (1921)
- HOBKIRK J A, SCHWAB J: Mandibular Deformation in Subjects With Osseointegrated Implants. Int J Oral Maxillofac Implants 6: 319–328 (1991)
- HYLANDER W L: The functional significance of primate mandibular form. J Morphol 160: 223–240 (1979)
- KOECK B, SANDER G: Über die elastische Deformation der Unterkieferspanne. Dtsch Zahnärztl Z 33: 254–261 (1978)
- KORIOTH T W P, HANNAM A G: Deformation of the Human Mandible During Simulated Tooth Clenching. J Dent Res 73(1): 56–66 (1994)
- MARX H: Zur Dynamik der aus der elastischen Kieferdeformation stammenden Zahnbewegungen. Dtsch Zahnärztl Z 22: 1310–1323 (1967)
- MCDOWELL J A, REGLI C P: A quantitative analysis of the decrease in width of the mandibular arch during forced movements of the mandible. J Dent Res 40: 1183–1185 (1961)