

Adäquate DVT-Diagnostik zur Evaluation der KFO-Therapie

Prof. Dr. Gerhard Polzar (KKU)
Dipl.-Ing., Dipl.-Inform. Frank Hornung

Moderne diagnostische Mittel erfordern ein Umdenken in der Befunderhebung, Diagnostik und Therapieplanung. Dabei kann häufig nicht quasi als Blaupause auf die vorhandenen alten und zum Teil bewährten Verfahren zurückgegriffen werden. Hier sind völlig neue, innovative Denkansätze gefragt. Dadurch steht oft gerade die anerkannte Lehrmeinung im Weg und der Gegenwind von Seiten konservativer Universitäten lässt nicht lange auf sich warten (siehe Prof. Axel Bumann zum Thema manuelle Funktionsdiagnostik, die heute als absolut etabliertes diagnostisches Kriterium gilt), da diese doch fürchten, ihre akademische Dominanz über die Lehrmeinung zur Definition von *lege artis* und Co. zu verlieren.

Natur und Gesellschaft

In der Geschichte finden wir immer wieder solche Umwälzungen, die nicht auf einer deduktiven, auf Erfahrung basierenden Ableitung von Wissen beruhen, sondern einen induktiven Quantensprung in der Welt der Wissenschaft darstellen. Einer der wichtigsten Meilensteine des Wissenstransfers ist die Nutzung der Schrift, die über lange Zeiträume die Sitte und Tradition um ein Vielfaches übertraf. Die Notwendigkeit, Schriftsymbole zu entwickeln, ergab sich aus einer Besonderheit der Natur. Die Überschwemmungen des Nils unterbrachen etwa alle sieben Jahre die Düngung und Bewässerung des Nildeltas. Hier mussten Ordnungssysteme geschaffen werden, um diese Dürreperiode zu überbrücken. Aus diesen Ordnungssystemen entwi-

Abb. 1



Ägyptische Hieroglyphen dienen schon seit über 5000 Jahren dem Wissenstransfer

ckelten sich die Hieroglyphen und das der Sippe übergeordnete Gesellschaftssystem des Staates. Damit war das Überleben der Menschen in der „Gruppe“ Staat gesichert (Abb. 1).

Erfindung - Erfahrung - Wissen

Jede neue Erfindung eröffnet neue Horizonte, aber nicht immer zwingend, denn die Dampfmaschine war schon vor 2.000 Jahren bekannt und in der Bibliothek von Alexandria archiviert. Da Sklaven billiger und in großer Zahl verfügbar waren, bestand kein Bedarf an einer Kraftmaschine, die nicht direkt vom Menschen ausging. Anders im Zeitalter der Industrialisierung. Hier wurde das dampfende Ungetüm neu erfunden und prägt unsere Gesellschaft bis heute. Ohne die Erfindung des Mikroskops würden wir Viren und Bakterien heute noch nicht verstehen und Antibiotika vielleicht noch nicht kennen.

Kopernikus beschrieb in seinen Vorlesungen ein scheinbar neues Weltbild, in dem sich die Sonne nicht mehr um die Erde drehte und die Erde keine Scheibe mehr sein musste, sondern in den Köpfen der Gelehrten zu einer Kugel mutierte (Abb. 2).

Abb. 2



Nikolaus Kopernikus (1473-1543) – Domherr, Arzt, Astronom und Mathematiker – Copyright, Wikimedia gemeinfrei

Trotz aller Widerstände der Gelehrten gelang es ihm, seine Mitstreiter zu überzeugen und ein Umdenken in der Astronomie und in der Betrachtung des damals vorherrschenden Weltbildes zu erreichen. Ohne die Erfindung des Teleskops wäre ihm dies sicher nicht gelungen. Kopernikus setzte sich mit seiner durch Induktion gesteuerten Wissensvermittlung durch. Da in der Medizin nicht jeder Schritt so einfach zu erklären ist und z.B. bei der Anwendung von 3 oder mehr Medikamenten mit so vielen Kreuzreaktionen zu rechnen ist, dass ein chaotisches System entsteht, bedient sich die moderne Medizin des Standards der Evidenz.

Da in diesem Zusammenhang eine logische Schlussfolgerung (Induktionsaxiom) nicht möglich ist, wird auf Erfahrungswerte zurückgegriffen. Je größer die Übereinstimmung der Erfahrungswerte ist, desto höher ist der Grad der Evidenz. Leider birgt gerade dies die Gefahr, dass der eigentliche Hintergrund nicht erkannt wird und das dahinter stehende Prinzip und der Einzelfall nicht dargestellt werden können. Ihm wird in diesem System mitunter die adäquate Therapie verweigert.

Vereinfacht gesagt: Evidenz ist der Krückstock der mangelnden Wissenschaftlichkeit in der Medizin. Wenn ein Vorgang nicht durch Logik und Grundwerte, sogenannte Axiome, erklärt werden kann, muss das Poolwissen der Evidenz, der gesammelten Erfahrung, herangezogen werden, um einen Weg aus der Sackgasse zu finden. Wenn 99 Gelehrte behaupten, die Erde sei eine Scheibe oder $2+2 = 5$ ist, so kann dem noch kein Wahrheitswert beigemessen werden, auch wenn es eine gewisse Evidenz enthält.

Wenn nun ein Kopernikus sagt, $2+2 = 4$ ist logisch, oder ein Künstler zu dem Ergebnis 22 kommt, so sind diesen Erkenntnissen logische Prozesse untergeordnet und nur mit logischen Prozessen können neue Erkenntnisse aufgezeigt, neue Erkenntnisse und neue Wahrheiten geschaffen werden. Logisch begründete neue Wahrheiten gelten als stabil und unerschütterlich. Sie bilden die Grundlage aller Wissenschaften.

Deduktive Prozesse hingegen, ein Baukastenprinzip, sind nicht im Fundament des Wissens verankert, sie können kippen und ein Vakuum oder einen Trümmerhaufen falsch geglaubter Wahrheiten hinterlassen. Evi-

denzbasierte Lehrmeinungen fallen nicht in die Kategorie des Wissens, weil ihnen eine logisch begründete Beweisführung fehlt; sie sind bestenfalls als erprobte und bewährte Strategien oder noch schlechter als bewährte Vermutungen zu verstehen.

Nun könnte man fragen, was diese Einführung mit der DVT-Diagnostik zu tun hat und ob ich der neue Kopernikus der Volumetomographie sein möchte. Sicher nicht, aber wie oben beschrieben, drängen uns neue Techniken, die unsere Sinneswahrnehmungen erweitern und uns einen tieferen Einblick in die Materie, den Mikrokosmos und das Universum ermöglichen, zu neuen Wahrheitsgrundlagen, auf denen wir dann wieder unsere Evidenzbausteine aufbauen können, bis der nächste Sturm kommt oder ein weiteres Fundament der Evolution das bestehende Wissenspuzzle stützt.

Der Umgang mit dem Neuen

Die Diskrepanz im Umgang mit der neuen Technik DVT ist ein deutliches Zeichen für die Unsicherheit der Wissenschaftler und der damit verbundenen Universitäten. Die gerade veröffentlichte Leitlinie zu diesem Thema spiegelt weder den aktuellen Stand der Wissenschaft wider, noch entspricht sie dem Zeitgeist. So sind die Rezitationen der Leitlinie teilweise über 20 Jahre alt, und dies bei einer Technologie, die seit 25 Jahren auf dem Markt ist und in dieser Zeit eine enorme Weiterentwicklung erfahren hat. Ebenso hat es die Industrie versäumt, Druck auf die Universitäten auszuüben und darauf zu drängen, dass neben dem allgemein üblichen Voxel als DICOM-Datensatz auch einheitliche Richtlinien für die Anwendung und Strahlendosismessung festgelegt werden.

Obwohl die neue Leitlinie zur DVT praktisch einem strikten Anwendungsverbot bei KFO, insbesondere bei Kindern und Jugendlichen, gleichkommt, hat eine Gruppe namhafter Wissenschaftler, darunter Professoren etablierter Universitäten, auf der diesjährigen Jahrestagung der DGKFO in Freiburg den Arnold-Bieber-Preis auf der Basis von DVT-Aufnahmen erhalten. Hierzu wurden hochauflösende (und nicht Low Dose Protokolle) DVT-Aufnahmen von 8-12 jährigen Kindern angefertigt. Einen deutlicheren Widerspruch zum Umgang mit DVT-Aufnahmen in der KFO kann es kaum geben; oder wird hier mit zweierlei Maß gemessen?

Der Umgang mit der Strahlung

Die Grundlagen zur Bestimmung der Strahlendosis haben sich seit 2002 geändert. Es gibt nun zwei verschiedene Parameter, die zur Bestimmung der Strahlenexposition des Patienten herangezogen werden sollen. Man muss also die Unterschiede zwischen diesen Grundlagen kennen und bei jeder Veröffentlichung auch den Zeitrahmen und die Bezugseinheit, mit der diese Studien zur Strahlenexposition durchgeführt wurden. Dies ist sicherlich kein guter Ansatz für die Abschätzung der Gefährdung durch ionisierende Strahlung. (Abb. 3a)

Abb. 3a

ICRP 1990 versus ICRP 2007			
	ICRP 1990	ICRP 2007	Dosis ICRP 2007
FRS	1,2 µSv	2,5 µSv	2,1 fache
OPT (PANO)	6,7 µSv	27,1 µSv	4,0 fache
Zahnfilm	16,5 µSv	69,1 µSv	4,2 fache
DVT	139,2 µSv	208,9 µSv	1,5 fache

Werte mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. Axel Bumann

Bewertung der eff. Dosis in Abhängigkeit von der Messmethode

Abb. 3b

„HD-ULD“ FoV 17x20 cm				
	Strom mA	Zeit sek.	Voxel	Eff. Dosis
HD-ULD	3,2	12,0	200 µm	26,2 µSv
HD-ULD	4,0	12,0	200 µm	32,7 µSv
HD-ULD	5,0	12,0	200 µm	40,9 µSv
HD-ULD	6,3	12,0	200 µm	49,1 µSv
HD-ULD	7,1	12,0	200 µm	58,1 µSv

Werte mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. Axel Bumann

HD-ULD eff. Dosis in Abhängigkeit von der Stromstärke liegen sämtlich unter der Belastung eines OPT mit alter Folienentwicklung.

Abb. 3c

„Dosisflächenprodukt FoV 8x8				
Hersteller/Gerät	Voxel-Size mm	Modus	DAP mGycm ²	eff. Dosis ca. 13% DAP
Sirona Orthophos SL 3D	0,16	SD	334	43,4 µSv
		HD	657	85,4 µSv
Vatech PaX-i 3D Green	0,12	SD	591	76,8 µSv
		HD	802	141,5 µSv
Planmeca Promax 3D	0,2	SD	726	94,3 µSv
		HD	1.152	149,7 µSv
3D Acuitomo	0,3	SD	1.310	170,3 µSv
		HD	2.300	299,0 µSv
Newtom VGi evo	0,15	SD	195	25,3 µSv
		HD	330	42,9 µSv

Werte mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. Axel Bumann

Dosisflächenprodukt bei einem kleinen FoV

Vergleicht man die Strahlenbelastungen im Ultralow-dose (8ULD) mit noch sichtbarer Auflösung von 200µm bei modernen DVT-Geräten, so sind diese alle in einem Bereich, der herkömmlichen Panoramaaufnahmen älteren Datums entspricht (Abb. 3b).

Durch die getakteten Aufnahmen und verbesserte Sensortechnik kam es zu einer zusätzlichen erheblichen Reduzierung der Strahlenbelastung. In der Tabelle C schneidet eines der ersten DVT-Geräte deshalb mit sehr hohem Dosisflächenprodukt ab, während neuere Fabrikate für diese Aufnahmen nur einen Bruchteil der Strahlenbelastung benötigen (Abb. 3c).

Eine weitere Diskrepanz ergibt sich, wenn man sich anschaut, worauf sich die wissenschaftlichen Hochschulen beziehen und was z.B. das Bundesamt für Strahlenschutz dazu sagt: Vergleichsgrundlage für die Bewertung der Strahlenexposition von universitärer Seite ist hier das Dosisflächenprodukt. Das Dosisflächenprodukt (DFP) ist eine Dosisgröße aus der Röntgendiagnostik. Es errechnet sich aus der Multiplikation der nutzbaren Strahlungsfläche mit der von der Messkammer am Strahlenaustrittsfenster gemessenen Dosis. Die Dosisfläche wird über eine Untersuchung aufsummiert. Die übliche Einheit für das Dosisflächenprodukt ist Gray pro cm².

In Abhängigkeit von kV, mA, Anzahl der Aufnahmen und FOV wird das Dosisflächenprodukt wie folgt berechnet: $DFP [Gycm^2] = [E \cdot Ka \cdot dA]$
(E = Schnittebene, A = Fläche, Ka = Luftkerma)

Dass dies für den Vergleich der effektiven Strahlenexposition überhaupt keine Aussage zulässt, ergibt sich aus folgender Tatsache. Im Bereich von 30 kV bis 120 kV nimmt die Strahlenbelastung mit steigender Spannung ab, da die Strahlen mit höherer Spannung das empfindliche Weichgewebe mit geringerer Ionisationswirkung durchdringen und somit zu einer geringeren Belastung führen als Röntgenstrahlen, die aufgrund ihrer niedrigeren Spannung vom weichen Gewebe absorbiert werden und somit schädliche Einflüsse ausüben können. So sind Mammographie und CT der inneren Organe einer ungleich höheren Strahlenbelastung ausgesetzt als die Darstellung von Hartgeweben wie Knochen und Zähnen. Je höher die Spannungsleistung

eines DVT ist, desto geringer ist die Strahlenbelastung. Ein Gerät mit 120 kV hat bei gleicher oder besserer Bildqualität eine deutlich geringere Strahlenbelastung als ein Gerät mit 80-90 KV.

Vergleicht man eine DVT-Aufnahme mit 110 kV und 10 mA mit einer Weichteilaufnahme mit nur 11 kV aber 100 mA, also gleichem Dosisflächenprodukt, so ergibt sich für die 110 kV-Aufnahme des Schädels eine noch vertretbare Äquivalentdosis im Bereich von 100-300 μSv , die Weichteilaufnahme mit 11 kV liegt jedoch weit oberhalb einer vertretbaren Äquivalentdosis.

Je höher die Spannung und je kürzer die Zeit, desto geringer ist die Strahlenexposition. Gleichzeitig minimiert eine kürzere Zeit die Verwackelungsunschärfe. In der Regel ist ein Niedrigdosisprotokoll für die Kieferorthopädie ausreichend. In dem hier gezeigten Beispiel hat die Low Dose Aufnahme nur ca. 1/6 der Strahlenbelastung verursacht. Dennoch sind die anatomischen Strukturen sehr gut sichtbar und für die meisten Befunde in der Kieferorthopädie völlig ausreichend (Abb. 4.5).

Umgang mit Strahlendosen

Die effektive Dosis (Äquivalentdosis) ist ein Maß für die Strahlenbelastung. Sie berücksichtigt die unterschiedliche Wirksamkeit der verschiedenen Strahlungsarten und zusätzlich die unterschiedliche Strahlenempfindlichkeit der einzelnen Organe. Die effektive Dosis errechnet sich aus der Summe der gewichteten Organdosen. Die gewichtete Organdosis ergibt sich durch Multiplikation der Organdosis HAT mit dem Gewebewichtungsfaktor wT. Der Wichtungsfaktor ist z. B. für Augenlinse, Schilddrüse höher als für Haut, Knochen usw. Die Einheit der effektiven Dosis ist wie bei der Organdosis das Sievert (Sv, mSv, μSv).

Was sagt die für den Strahlenschutz zuständige Aufsichtsbehörde, das Bundesamt für Strahlenschutz, zur Strahlenbelastung? Zitat: „Ein Flug von Frankfurt nach New York und zurück führt zu einer mittleren effektiven Dosis von etwa 100 Mikrosievert (μSv).

Abb. 4



DVT Frontzähne in High-Resolution enhanced 5,4 Sec 71 mAs v bei 110 KV 2895 DAP. durch die lange Belichtungszeit können Verwischungen entstehen und die Schärfe beeinträchtigen.

Abb. 5



Gleiche Patientin in Low Dose. 1,4 Sec 16,3 mAs 500DAP. Trotz wesentlich niedrigerer Dosis sind alle notwendigen anatomischen Strukturen deutlich sichtbar.

Für Gelegenheitsflieger ist die zusätzliche Strahlenbelastung durch das Fliegen sehr gering und gesundheitlich unbedenklich, das gilt auch für Schwangere und Kleinkinder. So erhöht eine solche Transatlantikreise die mittlere jährliche Strahlenexposition um etwa fünf Prozent“.

Weiter schreibt das Institut: „Für Gelegenheitsflieger, wie es die meisten Urlaubsflieger sind, ist die zusätzliche Exposition durch Höhenstrahlung beim Fliegen sehr gering und gesundheitlich unbedenklich; dies gilt auch für Schwangere und Kleinkinder und fügt dann eine Tabelle an, die einen einfachen Flug nach San Francisco oder Tokio mit bis zu 110 μSv angibt. Da die Urlaubsflieger in absehbarer Zeit auch wieder nach Hause fliegen wollen, ergibt sich aus der Sicht des Bundesamtes für Strahlenschutz eine völlige Unbedenklichkeit, wenn eine Person, egal ob Schwangere oder Kleinkind, einer Strahlenexposition von 220 μSv ausgesetzt wird.

220 μSv entsprechen aber in etwa der Strahlenexposition einer hochauflösenden Weitwinkelaufnahme oder eines viertägigen Aufenthalts im Schwarzwald. Bei einer das Strahlenfeld begrenzenden Aufnahme im Ultra-Low-Dose-Verfahren werden mit neueren Geräten Strahlenexpositionen von unter 50 μSv erreicht, was einem eintägigen Aufenthalt im Schwarzwald entsprechen würde.

Wenn das Bundesamt für Strahlenschutz feststellt, dass gelegentliche zusätzliche Strahlenexpositionen (z. B. durch jährliche Urlaubsflüge) im Bereich von 220 μSv selbst für Schwangere und Kleinkinder unbedenklich sind, dann ist es absolut fragwürdig, warum in der Kieferorthopädie eine maximale jährliche Strahlenexposition von unter 100 μSv (entspricht einem Niedrigdosisprotokoll einer DVT-Aufnahme mit Kiefergelenk und Atemwegen) verboten sein soll.

Wissenschaftliche Untersuchungen einer japanischen Gruppe kamen zu dem Ergebnis, dass bei Aufnahmen unter 100 μSv kein Einfluss mit gesundheitlichen Einschränkungen verbunden ist. In den Leitlinien der DGZMK wird zur Strahlenbelastung eine wohl nicht mehr ganz aktuelle Studie zitiert, die zu dem Ergebnis kommt, dass bei der Anwendung von DVT-Aufnahmen auf 1 Million Aufnahmen 5 Fälle kommen, die als Spät-

folge dieser diagnostischen Maßnahme an Krebs sterben. Ich würde kein einziges Kind röntgen, wenn das richtig wäre, selbst wenn die Todesrate 1:1.000.000 wäre.

Die zitierten Quellen zur Abschätzung der Strahlenbelastung einer DVT stammen aus Publikationen überwiegend aus den Jahren 1999 bis 2012. Die Leitlinie SK2 wurde 2022 veröffentlicht und von namhaften Professoren getragen. Wie intensiv sich diese mit der Thematik beschäftigt haben, erkennt man daran, dass in der zitierten Leitlinie keine einzige (aktuelle) Studie aus einer Universität der für die Leitlinie verantwortlichen Hochschullehrer stammt. Hier besteht unseres Erachtens dringender Nachholbedarf, damit Deutschland nicht auf Dauer das wissenschaftliche Schlusslicht in der kieferorthopädischen Diagnostik zu werden droht.

Nach dieser sehr ausführlichen Einleitung möchten wir nun zwei Patienten vorstellen (der erste ist bereits aus früheren Publikationen bekannt) und an ihrem Beispiel die neueren Analysemethoden erläutern, die erst durch die dreidimensionale Bildgebung möglich geworden sind. Es scheint ein Fehler oder zumindest eine Einschränkung zu sein, die Tradition der Landmarken, die sich in der FRS-Analyse bewährt haben, eins zu eins auf die 3D-DVT-Bildgebung übertragen zu wollen. Zum einen wird der Fehlerquotient der FRS-Analyse durch die konische Vergrößerung der kontralateralen Seite im DVT ohnehin eliminiert. Eine Divergenz der Messpunkte in Abhängigkeit vom Fokus-Film-Abstand ist im DVT nicht gegeben. Zum anderen würden die neuen Möglichkeiten der dritten Dimension nicht genutzt. Im Folgenden werden sechs von den Autoren entwickelte neue Analyseverfahren anhand von Patientenbeispielen vorgestellt:

Fall 1: Dorsocraniale KG-Kompression; KL III Kreuzbiss

Der hier vorgestellte Fall eines 50-jährigen Patienten mit einer progeneren Verzahnung im Frontzahnbereich wurde bereits in der Ausgabe 2/2011 vorgestellt. Daher möchten wir nicht auf die Behandlungsabläufe eingehen, sondern uns neben dem Ausgangs- und Endbefund auf die neuen Möglichkeiten der 3D-Röntgendiagnostik beschränken und Ihnen diese so anschaulich wie möglich erläutern, damit Sie die Vorteile dieser

Technik erkennen und in Ihren kieferorthopädischen Alltag integrieren können. Der Ausgangsbefund zeigt einen Patienten mit deutlich prognem Gesichtsprofil (Abb. 6, 7).

Intraoral zeigt sich eine reduzierte Verzahnung mit Schaltlücken im zweiten und dritten Quadranten sowie ein frontaler Kreuzbiss der Zähne 21 bis 23 (Abb. 8, 9).

Abb. 6, 7



Frontalansicht vor Behandlungsbeginn (links) und Profil vor Behandlung mit fehlender Unterstützung der Oberlippe.

Abb. 8



Intraoral links mit frontalem Kreuzbiss und Schaltlücke im 2. Quadranten

Abb. 9



Intraoral rechts mit Schaltlücke im 4. Quadranten

An den Frontzähnen 11 im OK und 41, 42 im UK sind inzisal deutliche Attritionsspuren erkennbar (Abb. 10). Die OK-Frontzähne stehen gekippt zueinander, in der UK-Front sind proximale Lücken sichtbar.

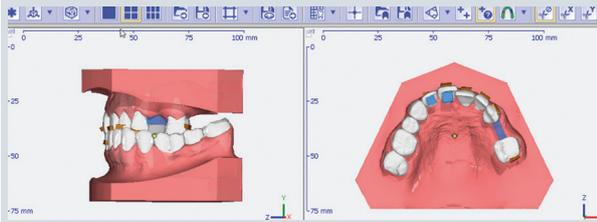
Die Therapieplanung erfolgte mit dem Programm Onyx-Ceph^{3TM} zur Herstellung individualisierter Aligner (Mediligner®). Attachments sichern die geplanten Bewegungen in ihrem Verlauf. Zur besseren Übertragung des frontalen Kreuzbisses wurden an den oberen Alignern palatinal der Zähne 12, 11 Aufbissblöcke angebracht. Diese wurden nicht mit Komposit verstärkt. Zur Stabilisierung der Schaltlücken wurden sagittale Verbindungsstege eingesetzt (Abb. 11, 12, 13).

Abb. 10



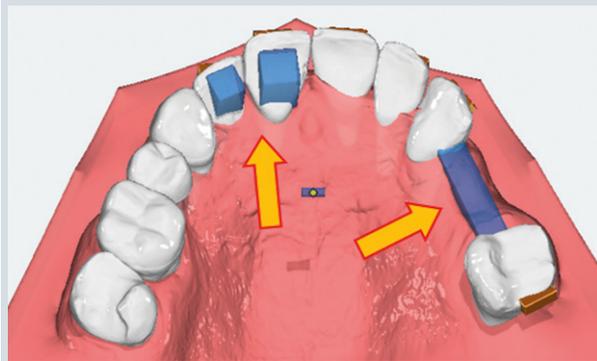
Attritionsspuren der Frontzähne 11 u. 41

Abb. 11



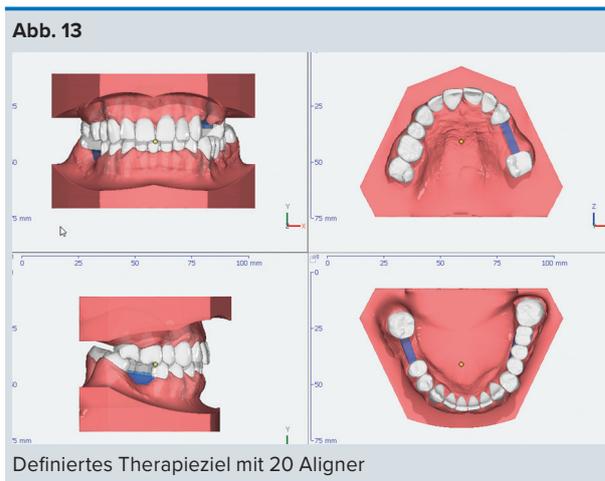
Startsituation der Alignertherapie in Onyx Ceph

Abb. 12



Quick Ceph Therapieziel, OK

Die Zahnbewegungen erfolgten in Einzelschritten von 0,2 mm. Nach 20 Alignern konnte sowohl im ClinCheck als auch in situ ein akzeptables Ergebnis erzielt werden (Abb. 14). Das Gesichtsprofil hat sich zu einem harmonischen, ausgeglichenen Verlauf entwickelt (Abb. 15, 16).

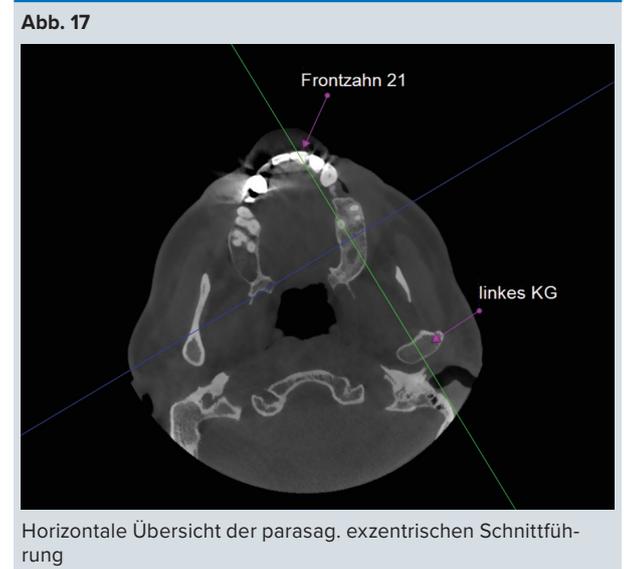


DVT-Diagnostik

1. Die parasagittale exzentrische Aufnahme (PEP) und 2. Kontrolle der KG-Lage in der Fossa articularis

Mit der parasagittalen exzentrischen Projektion erhalten wir einen hervorragenden Überblick über die Position der Kiefergelenke in der Fossa in Verbindung mit der Relation der vorhandenen Okklusion und der inzisalen Relation der OK- und UK-Schneidezähne. Die PEP-Schnittebene verläuft von der Mitte des jeweiligen Kondylus entlang der ipsilateralen Okklusionsebene bis zum oberen mittleren Frontzahn dieser Seite (Abb. 17, 18).

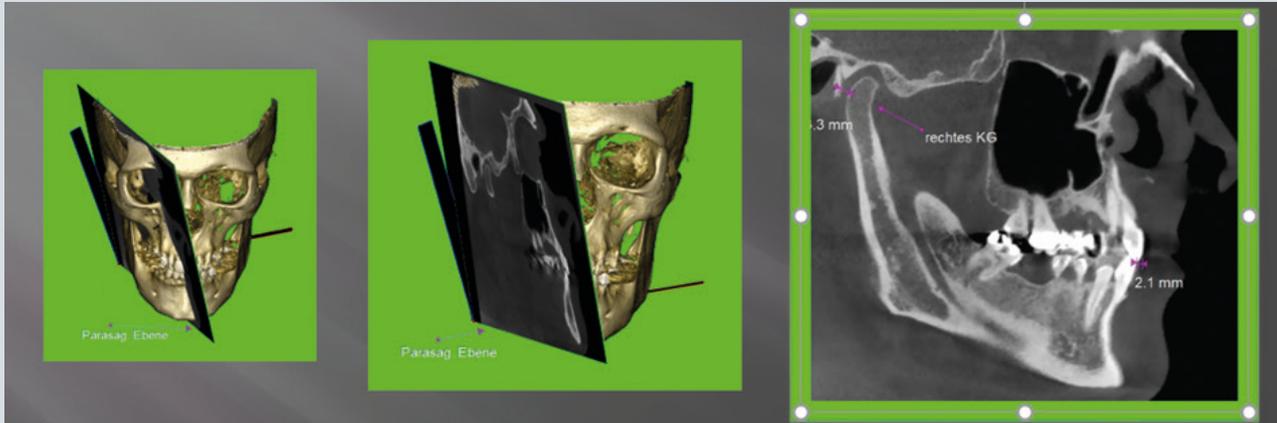
Befund: Während auf der rechten Seite sowohl vor als auch nach der kieferorthopädischen Therapie eine ausgeglichene Position des Kiefergelenks in der Fossa mit einem dorsocranialen Abstand des Kondylus zur Fossa articularis von 3,3 mm gemessen werden kann (Abb. 19), stellt sich der KG-Befund auf der kontralateralen Seite völlig anders dar. Das linke Kiefergelenk hatte vor Behandlungsbeginn eine deutlich dorsokraniale Verschiebung nach hinten in die Gelenkpfanne (Abb. 20a). Dieser Befund deutet auf einen dorsalen Zwangsbiss hin. Dementsprechend ist zu erwarten, dass mit dem Bestreben des KG, sich aus diesem Zwangsbiss zu befreien, eine günstige Prognose für den Therapieverlauf zu erwarten ist. Wie günstig diese Prognose ist, bestätigt der zügige Therapiefortschritt und die Tatsache, dass nach erfolgreicher Verlagerung des frontalen Kreuzbisses und Abschluss der Therapie der Kondylus nun sogar mit 3,7 mm dorsal seine individuelle Ideal-



stellung in leicht anteriorer Position gefunden hat (Abb. 20b). Daraus ist zu schließen, dass durch die kieferor-

thopädische Therapie eine bessere Gelenkposition im Schlussbiss erreicht werden konnte.

Abb. 18



Dreidimensionale Darstellung des Verlaufes der PEP

Abb. 19



PEP rechts vor und nach kieferorthopädischer Therapie ist der dorsocraniale Gelenkspalt gleich groß geblieben.

Abb. 20a,b



PEP links hat sich nach der Überstellung des Kreuzbisses die dorsocraniale Kompression des Gelenkspaltes aufgelöst. Der Kondylus steht jetzt in zentraler Position.

3. Bestimmung der idealisierten Frontzahnneigung

Je nach Berechnungstabelle und FRS-Analyseverfahren werden in der Kephalemetrie unterschiedliche Idealwerte der Frontzahnneigung gemessen. Für die Einzelzahnstellung wird jeweils die OK-Basis bzw. der Unterkieferrand als Referenzlinie verwendet. Eine Differenzierung erfolgt dann über die Gewichtung des Kieferbasiswinkels, die dazu führt, dass bei horizontalen Skeletttypen mit kleinerem Kieferbasiswinkel die ideale Neigung der Frontzähne vergrößert wiedergegeben wird und bei vertikalen Skeletttypen hier eine geringere Neigung als ideal angenommen wird (Abb. 21,22,23). Dies hat zur Folge, dass der Interinzisalwinkel bei brachiocephalem Wachstumstyp unterhalb von ca. 130° liegt und einen flachen Winkel beschreibt und bei dolichocephalem, vertikalem Schädelaufbau die Frontzähne idealerweise steiler zueinanderstehen und einen größeren Interinzisalwinkel mit Werten oberhalb der 132°-Marke beschreiben.

Dies ist die 2D-Beschreibung einer FRS, bei der die genauen anatomischen Verhältnisse und Knochenstrukturen der sagittalen Medianebene durch die davor und dahinter liegenden Skelettstrukturen verdeckt werden. Die DVT-Aufnahme hat den entscheidenden Vorteil, dass die seitlichen Skelettanteile, die zur Unschärfe und Überlagerung führen, vollständig ausgeblendet werden können. So erhält man ein gestochen scharfes Bild von der Lage der Schneidezähne im jeweiligen Kiefer (siehe Abb. 3, 4). Nun ist es erstmals möglich, anhand der begrenzenden Strukturen, der anterioren und posterioren Kompakta des Alveolarfortsatzes, die individuelle ideale Position der Schneidezähne mit dem

idealen Inzisalkantenwinkel zu bestimmen. Diese sollte dann als Zielposition für die geplante Therapie dienen. Während im konventionellen FRS die ideale Inzisalkante nur indirekt über die jeweilige Kieferbasis und den Kieferbasiswinkel bestimmt werden konnte, ermöglicht die DVT-Analyse eine exakte und sehr individuelle Definition der Inzisalkante. Dies ist ein entscheidender Vorteil in der kieferorthopädisch-radiologischen Diagnostik, da diese nun nicht mehr mit einem angenäherten Idealwert arbeitet, sondern ganz individuell auf den jeweiligen Patienten zugeschnitten ist.

Befund und Vorgehen am Beispiel der OK-Inzisalkrümmung: Im Sagittalschnitt ist der frontale Kreuzbiss mit retroinklinerter OK-Front zu erkennen (Abb. 24). Der gerade Verlauf der palatinalen und bukkalen Begrenzung des Alveolarfortsatzes ist markiert (hier rote Linie, Abb. 25). Parallel dazu wird die Mittellinie gezeichnet (hier orange Linie, Abb. 26). Diese Linie beschreibt die ideale Neigung und Position des oberen mittleren Inzisivus. Eine weitere Linie beschreibt die jeweilige Frontzahnachse entlang der Kronenachse und der Pulpa (gelbe Linie, Abb. 27). Der Schenkelwinkel der beiden Achsen gibt die Differenz zur individualisierten idealen Inzisivusneigung an (Abb. 28). Im vorliegenden Fall ergab sich vor Therapiebeginn eine Abweichung von 28,7° von der idealen Inklination. Nach Abschluss der aktiven Therapie konnte eine Annäherung an die Idealinklination bis auf 10° erreicht werden (Abb. 29). Durch die kieferorthopädische Behandlung konnte in diesem Fall eine Verbesserung der Zahnachse um 18,7° erreicht werden.

Abb. 21

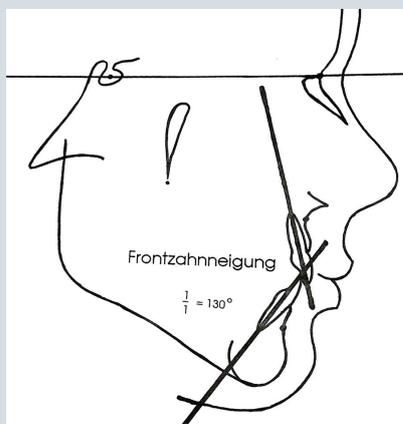


Abb. 22

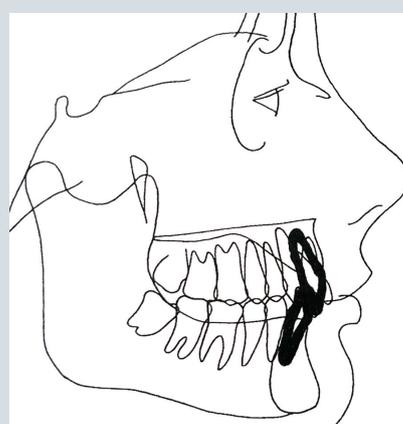


Abb. 23

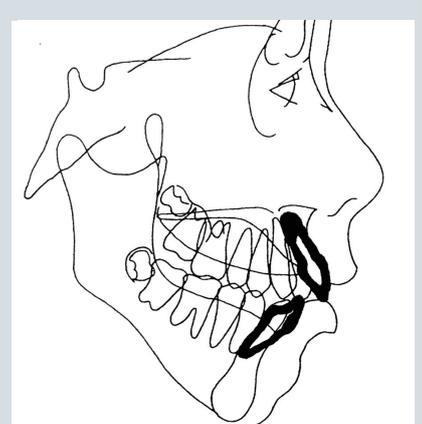


Abb. 21: Neutraler Gesichtstyp mit 130°-132° Interinzisalwinkel

Abb. 22: Beim horizontalen Typ stehen die Schneidezähne idealerweise etwas steiler.

Abb. 23: Beim vertikalen Typ stehen die Inzisiven in Anteinklination.

Abb. 24



OK-Front im Kreuzbiss, retroinkliniert

Abb. 25



Linien parallel zur Alveolarkompakta (rote Linien)

Abb. 26



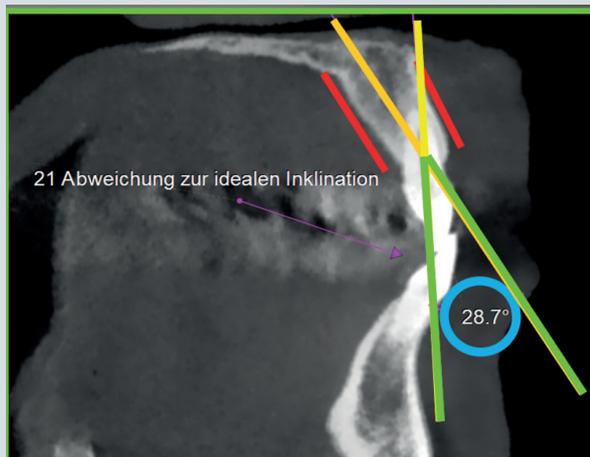
Die Winkelhalbierende zwischen den beiden roten Linien bezeichnet die ideale Inklination der Frontzähne (gelbe Linie).

Abb. 27



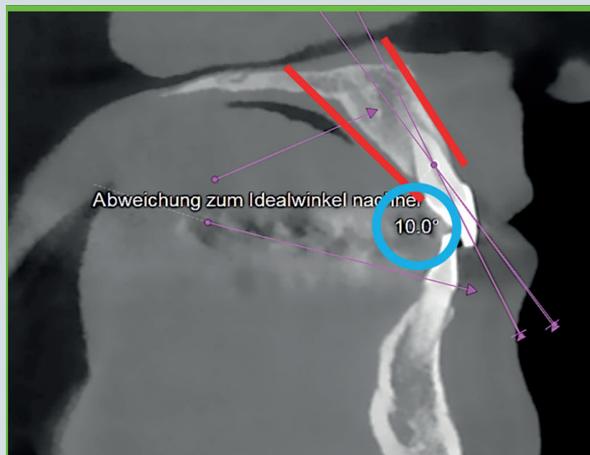
Die Zahnachse: Gerade durch Pulpa und Zahnkrone wird gezogen (orange Linie)

Abb. 28



Der Winkel zwischen Alveolarfortsatzachse (orange) und Zahnachse (gelb), hier grün eingezeichnet mit Wert im blauen Kreis, bezeichnet die Abweichung zur individualisierten idealen Frontzahninklination.

Abb. 29



Situation nach aktiver Therapie. Die Abweichung zur idealen Stellung beträgt nur noch 10° und hat sich um 18,7° verbessert

4. Kauseitenprävalenz (KSPV), Zygomatico-Gonion-Differenz (ZyGoDi)

Zunächst stellt sich die Frage, ob und warum es sinnvoll ist, eine Kauseitenprävalenz zu bestimmen. Daran schließt sich die Frage an, wie diese am dreidimensionalen Schädel bestimmt werden kann. Die Kauseitenprävalenz gibt an, mit welcher Seite des stomatognathen Systems der Patient über viele Jahre bevorzugt zubeißt. So wie es eine Rechtshändigkeit und eine Linkshändigkeit gibt, so gibt es auch eine bevorzugte Kauseite.

Wird diesem Umstand keine Beachtung geschenkt, kann es passieren, dass sich der Patient nach einer kieferorthopädischen Therapie oder erst recht nach einer kieferchirurgischen Umstellungsosteotomie unwohl fühlt und die nicht beeinflussbare willkürliche Verlängerung der Kaumuskulatur durch erhöhten Druck auf die Kiefer versucht, ihre Ideallänge zu erreichen, was dann unweigerlich zu einem Rezidiv führt. Dieses Phänomen sollte auch bei der Anfertigung von Totalprothesen berücksichtigt werden, um Dekubitalulzera und Adaptationsstörungen vorzubeugen.

Die folgende Übung kann helfen, die Bedeutung der lateralen Prävalenz zu verstehen und dem Leser ein Gefühl dafür zu vermitteln, was passieren kann, wenn sie nicht berücksichtigt wird: Wenn wir unsere Hän-

de falten, liegt bei etwa 80 % der Menschen der linke Daumen oben und der rechte kleine Finger unten. Dies entspricht der Tatsache, dass die meisten Rechtshänder und auch einige umerzogene Linkshänder diesen Händedruck als den angenehmeren und richtigen empfinden. Bei Linkshändern befindet sich in der Regel der rechte Daumen oben und der linke kleine Finger bildet den unteren Abschluss (Abb. 30,31,32).

Verlassen wir nun die gewohnte Haltung und falten wir als „Rechtshänder“ die Hände so, dass nicht der linke, sondern der rechte Daumen oben liegt, so werden wir feststellen, dass sich dies sehr ungewohnt, ja geradezu komisch anfühlt. Da diese Missempfindungen bei jeder seitenungewohnten Haltung und Bewegung auftreten, kann jeder nachvollziehen, wie wichtig es sein kann, auf die jeweilige Kauvorzugsseite zu achten.

Grundlage für die Bestimmung der Kauvorliebe ist das biologische Prinzip, dass sich Skelettstrukturen bei Druckeinwirkung zurückbilden und bei Zugbelastung durch die Proliferation von Osteoblasten neuer Knochen gebildet wird. Die Form und Ausprägung der Schädelstrukturen unterliegt somit im Rahmen ihrer genetischen Determination einer durch die Muskelfunktion bestimmten Veränderung und führt damit zu einer entsprechenden Ausprägung der Knochenstrukturen.

Abb. 30



Abb. 31



Abb. 32



Abb. 30: Typische Rechtshänderanordnung mit dem rechten kleinen Finger als unterstem.

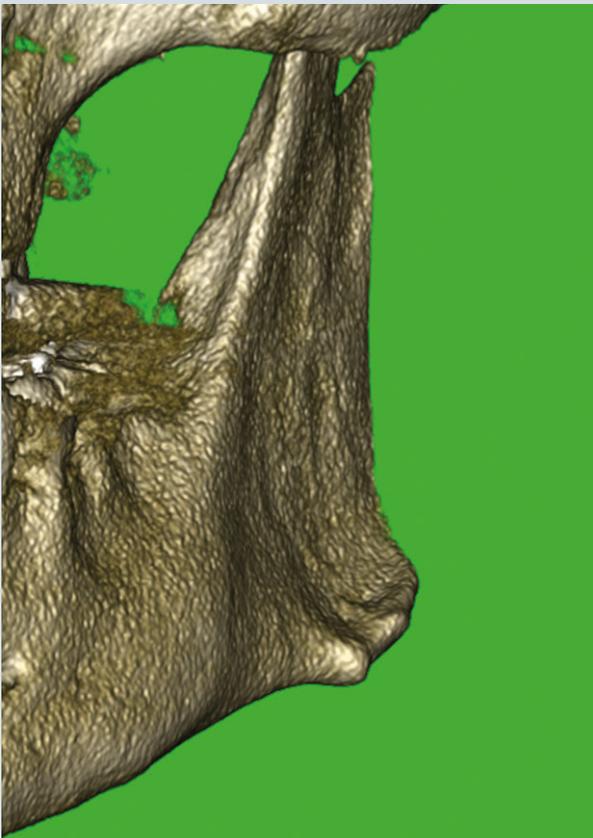
Abb. 31: Bei Linkshändern befindet sich meistens der linke kleine Finger zuunterst.

Abb. 32: Die zum Gebet gefalteten Hände fühlen sich immer harmonisch an. Sie entsprechen im übertragenen Sinn einer Orientierung nach Cranioplan.

So ist bekannt, dass bei ausgeprägter, dauerhafter und langjährig erhöhter Muskelaktivität die knöchernen Sehnenansatzstellen der Muskeln verstärkt ausgebildet sind. Bei einer Überaktivität des Musculus masseter bildet sich am unteren Rand des Unterkieferwinkels eine wulstartige Wölbung. Diese Erscheinung ist oft sehr eindrucksvoll, lässt sich aber nur schwer als zu messende Größe in ein Analyseverfahren integrieren (Abb. 33).

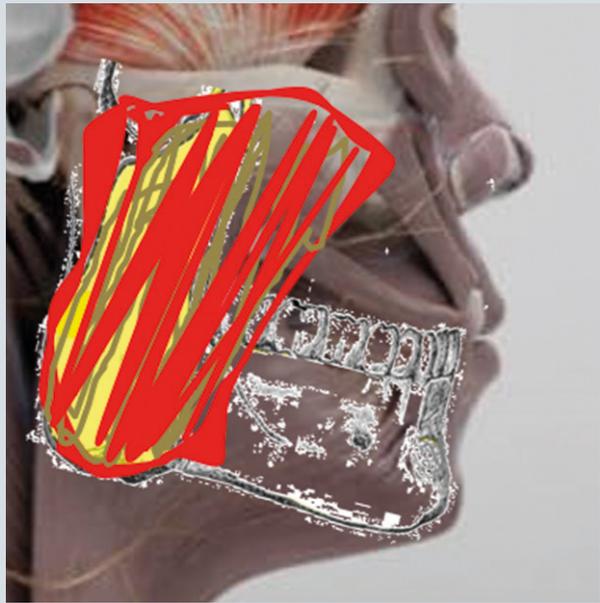
Es gibt jedoch noch eine weitere Veränderung, die durch eine erhöhte Masseteraktivität hervorgerufen wird. Neben der Zugspannung auf den Kieferwinkel, die zu der genannten Wölbung führt, bewirkt eine hohe Masseteraktivität auch eine Zugkraft auf den Jochbogen als oberen Ansatzpunkt des Muskels (Abb. 34). Als Folge dieser dauerhaft erhöhten Zugspannung am oberen Rand des Masseter wird der Jochbogen nach kaudal verlagert (Abb. 35).

Abb. 33



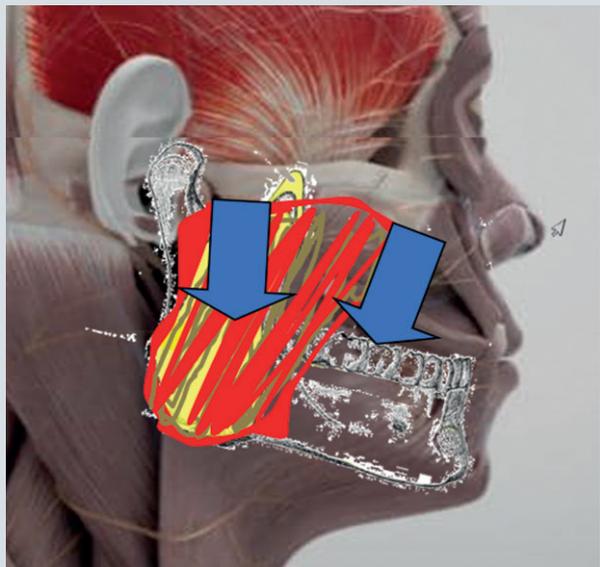
Ausgeprägter caudaler Ansatz des M.masseter gibt den Hinweis auf dauerhaft erhöhte Muskelaktivität.

Abb. 34



Muskelansatz des Wangenmuskels vom Jochbogen zum UK-Winkel

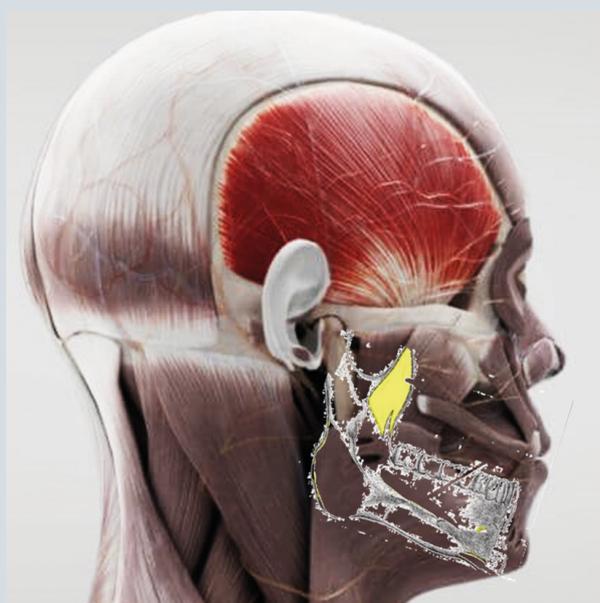
Abb. 35



M. massetericus Hyperaktivität zieht den Jochbogen nach kaudal.

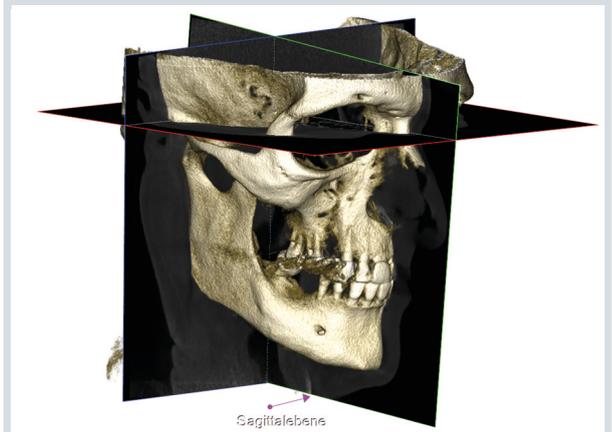
Beim Zubeißen sind aber nicht nur die Kaumuskeln aktiv. Auch der Schläfenmuskel leistet einen wichtigen Beitrag. Bei erhöhter Temporalisaktivität ist nun eine permanente Zugwirkung auf dessen Ansatzpunkt, den *Prozessus coronoideus*, zu beobachten (Abb. 36). Diese permanente Zugkraft führt nun zur Proliferation, zur Verlängerung des *Prozessus coronoideus* (Abb. 37). Wollte man nun die daraus resultierende Abweichung bestimmen, so müsste man als Referenzpunkt eine sagittale Schädelmitte festlegen. Dies wäre durch die Bestimmung der Sagittalebene nach *CranioPlan®* möglich (= Sagittalebene durch die Mitte des Abstandes der beiden Gleichgewichtsorgane Abb. 38).

Abb. 36



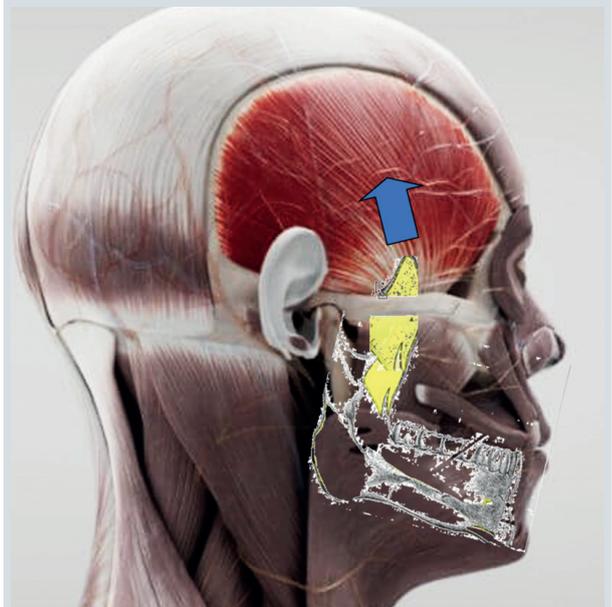
Wirkung der Kaumuskulatur auf den *Prozessus coronoideus*. Bei mäßig aktivem Muskel bleibt der Unterkieferfortsatz relativ klein.

Abb. 38



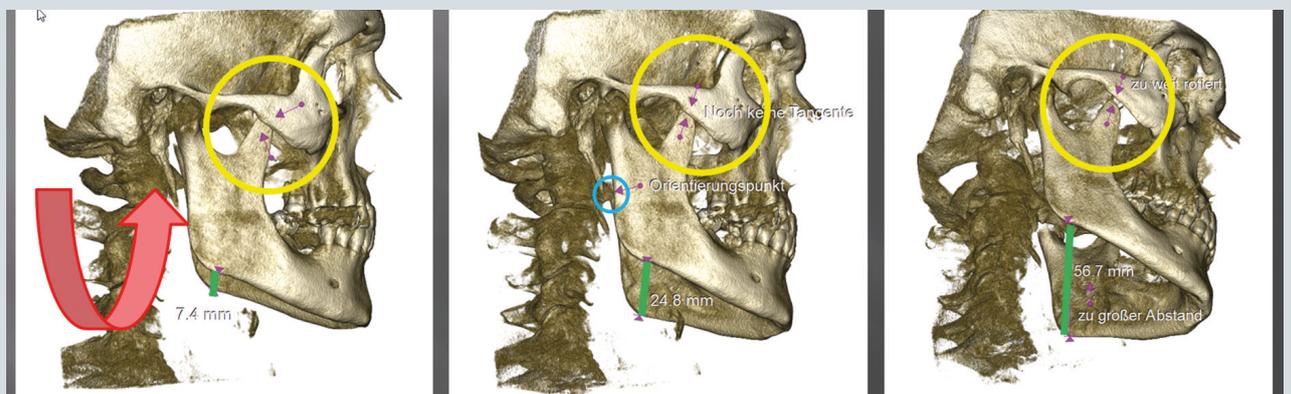
Sagittalebene durch die Halbierende des Abstandes der Gehörknöchelchen (hier Inkus) als definierter Mittelpunkt des Schädels

Abb. 37



Verstärkte Muskelaktivität bewirkt ein deutliches Längenwachstum des *Prozessus coronoideus*.

Abb. 39



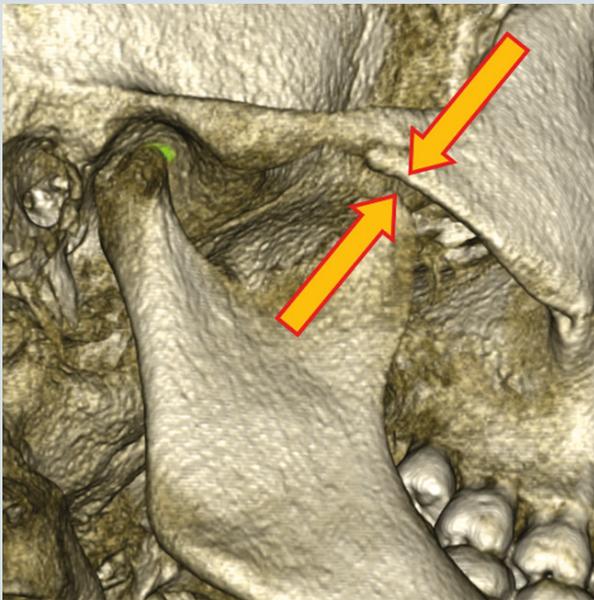
Laterale Ansicht mit Rotation um die Sagittalachse, dabei wird der gemessene Abstand zwischen rechten und linken Kieferwinkel immer größer, bis die Spitze des *Prozessus coronoideus* sichtbar wird.

Für die Bestimmung der Kauseitenprävalenz ist dieser Schritt jedoch nicht notwendig. Es genügt, die Differenz zwischen rechter und linker Seite zu messen, um ein noch eindeutigeres Ergebnis zu erhalten, auf welcher Seite der Patient seine bevorzugte Kauebene etabliert hat. Zur Messung wird der Schädel in die jeweilige Seitenansicht der zu messenden Seite gebracht. Durch Rotation wird der Prozess coronioideus langsam sichtbar und der Messabstand der Kieferwinkel immer größer. Der anteriore Sporn des Atlaswirbels kann als Orientierung für die achsengerechte Rotation dienen (Abb. 39). Nach erfolgter Orientierung rotieren wir den Schädel um seine Sagittalachse, bis der innere Pro-

zessus coronioideus mit seiner terminalen Spitze den unteren Rand des Os zygomaticum tangential berührt (Abb. 40, 41).

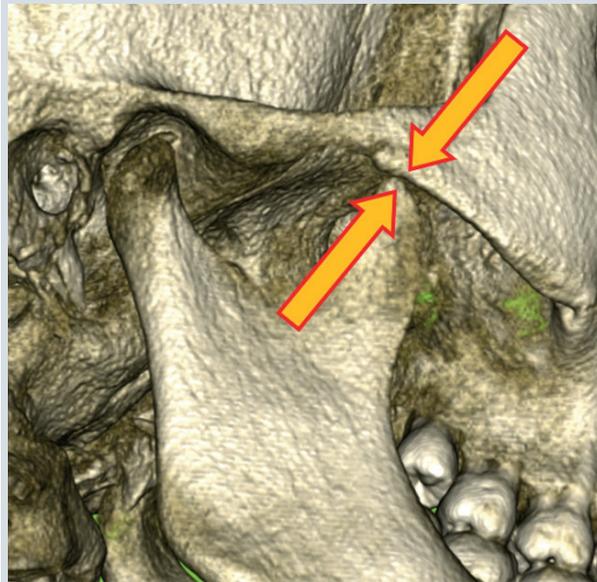
Für die lotrechte Rotation dienen markante Punkte des ersten oder zweiten Halswirbels als Referenzpunkte. Jetzt kommt das Entscheidende. Je länger der dahinterliegende Processus coronioideus (wegen erhöhter Muskelaktivität!) und je tiefer der untere Rand des Jochbogens (ebenfalls wegen erhöhter Muskelaktivität), desto mehr muss ich den Schädel in seiner sagittalen Rotationsachse drehen, um eine tangential Ab-bildung der beiden Strukturen zu erreichen (Abb. 42).

Abb. 40



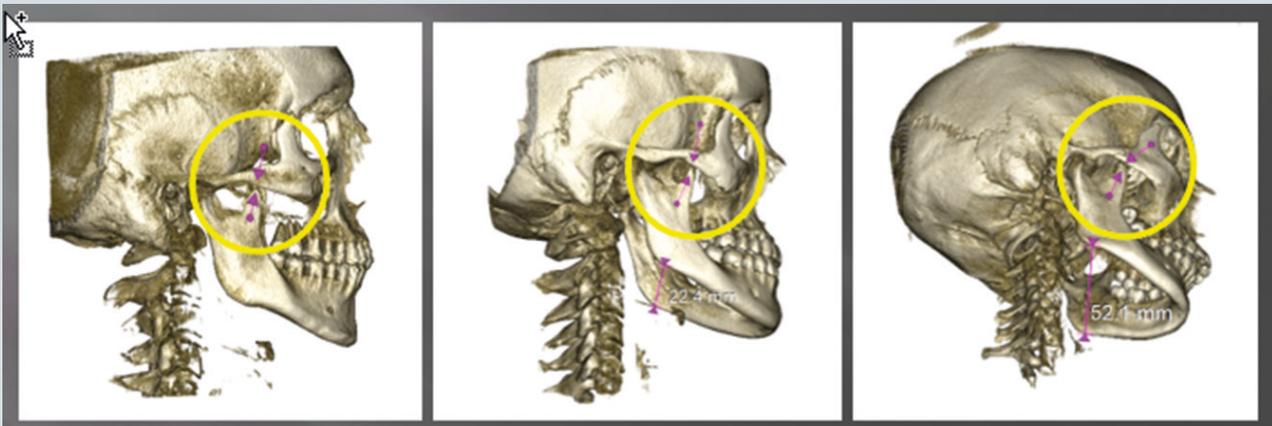
Rotation des Schädels um die Längsachse...

Abb. 41



...bis sich die Spitze des Prozess Coronioideus bildlich als Tangente mit dem Unterrand des Jochbogens berührt.

Abb. 42



Drei verschiedene Patienten mit unterschiedlich langem Prozess Coronioideus. Bei kurzem Fortsatz, Deckungsgleichheit (li) entsteht ein 0-Wert oder Minuswert. Großer Fortsatz bewirkt höheren Messwert.

Je mehr ich diese Drehung durchführe, desto größer wird der abgebildete (nicht der reale!) Abstand eines definierten Punktes im Kieferwinkel. Ist der Gonionpunkt deutlich zu erkennen, so sollte dieser als jeweiliger Messaufnahmezeitpunkt dienen. Ist dies nicht der Fall, so ist die Senkrechte der Spitze des Processus coronoideus zum Kieferwinkel der Gegenseite heranzuziehen (Abb. 43, 44, 45). Je größer die Muskelaktivität, desto mehr muss ich den Schädel um seine Achse drehen und desto größer wird der gemessene Abstand des rechten zum linken Kieferwinkelpunkt. Mit dieser Technik messen wir quasi die rechte Asymmetrie gegen die linke Asymmetrie (Abb. 46).

Für eine jeweils exakte Bestimmung wäre es notwendig, den Abstand über die eingblendete Schädel-

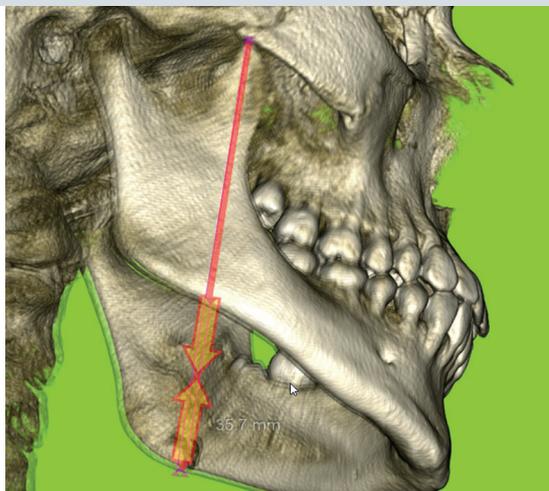
spiegelebene nach CranioPlan® zu messen und den Rotationswinkel in Winkel° zu bestimmen oder das Messergebnis mit dem Cosinus des Rotationswinkels zu multiplizieren. Dies wäre der rein wissenschaftliche Ansatz, der für die Praxis viel zu kompliziert ist. Entsprechende 3D-Computerprogramme könnten in Zukunft eine solche exakte Bestimmung praktikabel machen. Für den Anfang halte ich jedenfalls den Vergleich der Absolutwerte in mm für ausreichend. Schließlich geht es zunächst nur darum, die Kauseitenprävalenz zu bestimmen und in der Therapie möglichst zu vermeiden, dass wir eine Veränderung der anatomischen Strukturen in Richtung einer für den Patienten ungewohnten kontralateralen Kauseitenprävalenz erreichen. Die

Abb. 43



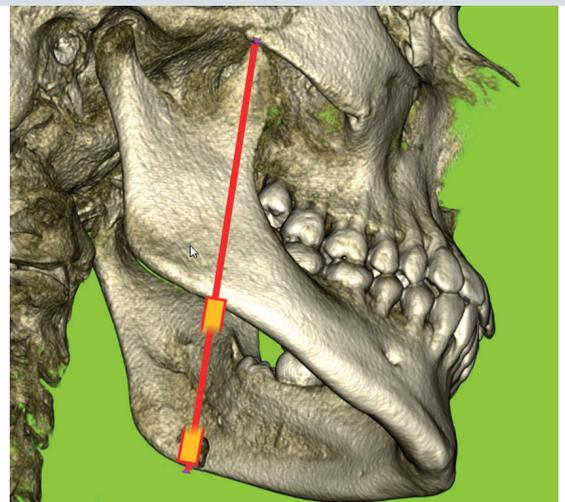
Lot fällt vom Tangentenpunkt des Processus coronoideus zum Gonionpunkt der kontralateralen Seite

Abb. 44



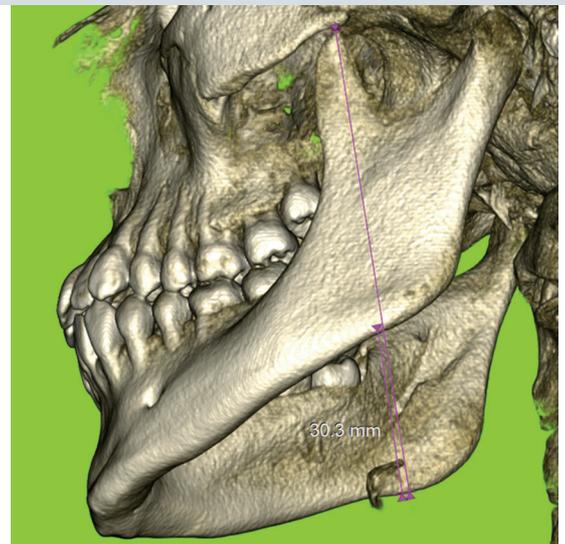
Messabschnitt vom rechten zum linken UK-Rand

Abb. 45



Messstrecke mit Markierung des Messabschnittes

Abb. 46

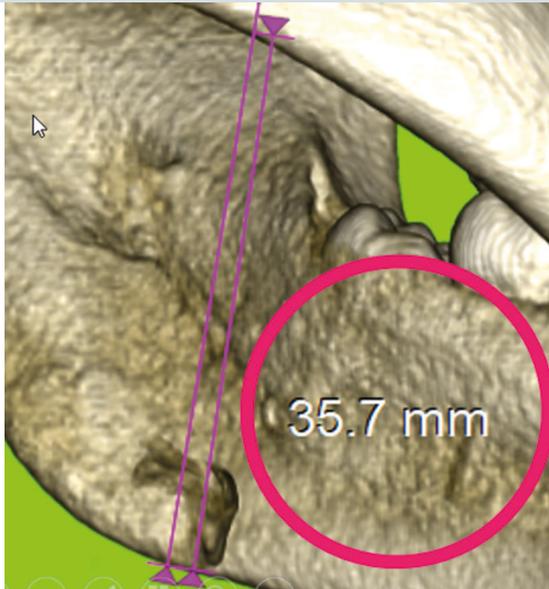


Messstrecke auf der kontralateralen Seite

Messung der Gonionpunkte erfolgt nun auf beiden Seiten. Die Seite mit dem höheren Wert gibt den entscheidenden Hinweis, dass hier die Muskelaktivität über einen längeren Zeitraum höher sein muss als auf der kontralateralen Seite. Mit Ausnahme der hemifazialen Dyskinesien kann mit dieser Methode die Prävalenz der Kauseite mit hervorragender Sicherheit be-

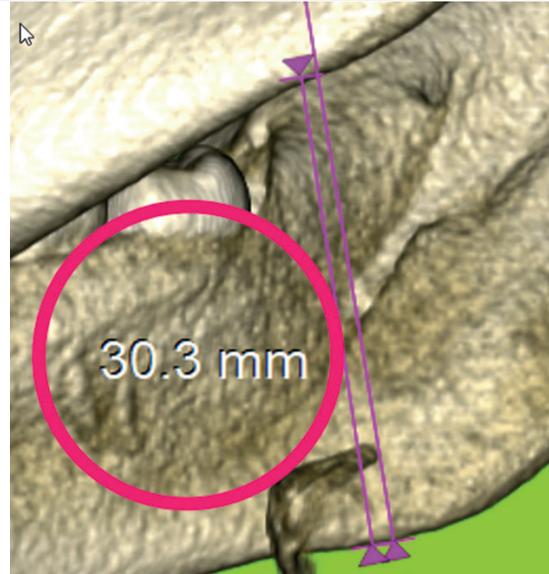
stimmt werden (Abb. 47, 48). Sind die Werte auf beiden Seiten gleich, spricht man von einer ausgeglichenen okklusal-skelettalen Balance (Abb. 49). Je größer die gemessene Differenz, desto ausgeprägter ist die vorliegende Kauseitenprävalenz und die damit verbundene Asymmetrie des Gesichtsschädels (Abb. 50). Berührt bei der Überlagerung der Unterkieferwinkel die Spitze

Abb. 47



Ergebnis rechts 35,7 mm, ca 5 mm mehr als auf der linken Seite

Abb. 48



Ergebnis links nur 30,3 mm, daher liegt die Hauptkauseite rechts

Abb. 49



Patient mit gleichen ZyGoDi-Werten und einer ausgewogenen okklusal-skelettalen Balance

Abb. 50



Patient mit deutlicher Asymmetrie und divergierenden ZyGoDi-Werten

des Processus coronoideus nicht die Unterkante des Jochbogens, so wird der Abstand zum Jochbogen gemessen und mit 2 multipliziert, da sich diese Messung nicht auf die zweite Schädelhälfte bezieht. Auf diese Weise erhält man wieder vergleichbare Zahlenwerte bzw. deren resultierende Differenzen (Abb. 51, 52).

Befund: Der Patient ist Linkshänder und arbeitet in einem handwerklichen Beruf. Ausgehend davon ist auch eine linksseitige Kauseitenprävalenz zu erwarten. Die-

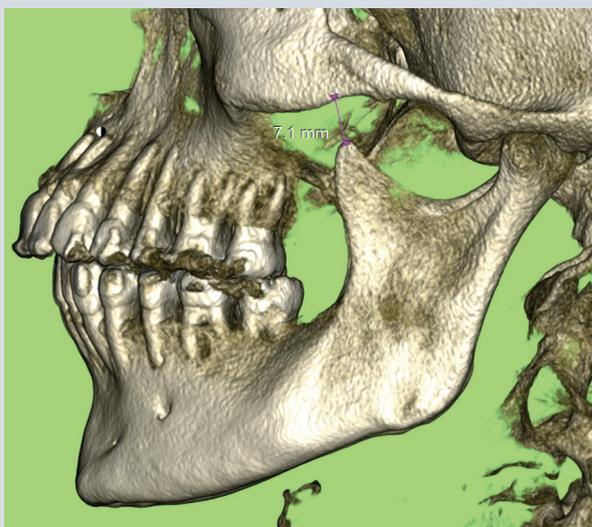
se ist, wie aus dem Ausgangsbefund ersichtlich, durch den einseitigen frontalen Kreuzbiss auf der linken Seite gestört. Daraus resultiert nicht nur die linksseitige dorsale Kompression, sondern auch eine Verschiebung der ZyGoDi-Werte. Rechts werden zu Beginn 43,0 mm und links 44,9 mm gemessen, wie es einem leichten Linkshänderprofil entsprechen würde (Abb. 53, 54).

Abb. 51



Patientin mit negativem ZyGoDi-Wert, da eine Tangente bei Überlagerung der UK-Basis nicht gebildet werden kann.

Abb. 52



Die gleiche Patientin hat auf der linken Seite einen kleineren ZyGoDi-Wert. Folglich ist dies die Seite, mit der sie mehr Kauaktivität entfaltet.

Abb. 53



ZyGoDi rechts vor Therapie 43 mm

Abb. 54



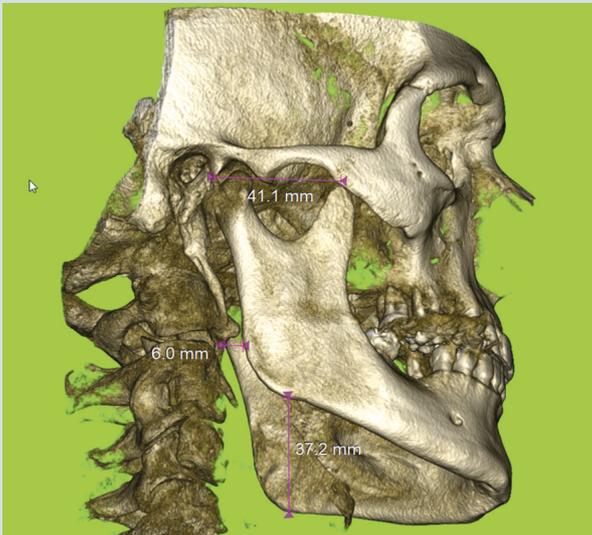
ZyGoDi links vorher 44,9 mm

Nach der Verlagerung des frontalen Kreuzbisses haben wir den Patienten in seiner Komfortzone behandelt. Die dorsale Kompression ist gelöst. Auf der rechten Seite hat sich der ZyGoDi-Wert auf 37,2 mm verringert und auf der linken Seite hat sich der ZyGoDi-Wert sogar um 1,2 mm auf 46,1 mm erhöht (Abb. 55, 56, 57).

Interessant ist, dass der Patient nach der aktiven kieferorthopädischen Therapie keine Nackenschmerzen mehr hatte. Dies mag sicherlich auch ein kleiner Erfolg der nun wiederhergestellten individuellen Wohlfühlzone mit neuem Kauerlebnis sein. Die Anwendung der ZyGoDi-Messung zur Bestimmung der Kauseitenprä-

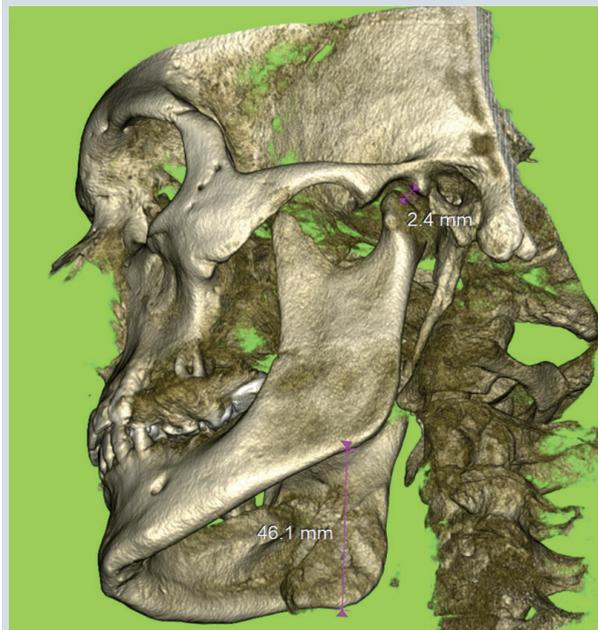
valenz ist eine sehr effektive und einfach durchzuführende Analyse am 3D-Schädel. Es ist wünschenswert, dass diese Analyse ihren Platz in der täglichen Therapieplanung und -überwachung findet und von Computerprogrammen in eine Skalierung mit Winkelwerten übertragen wird. Nur so erhalten wir auch Werte, die zwischen Patienten verglichen werden können und neue Standards definieren.

Abb. 55



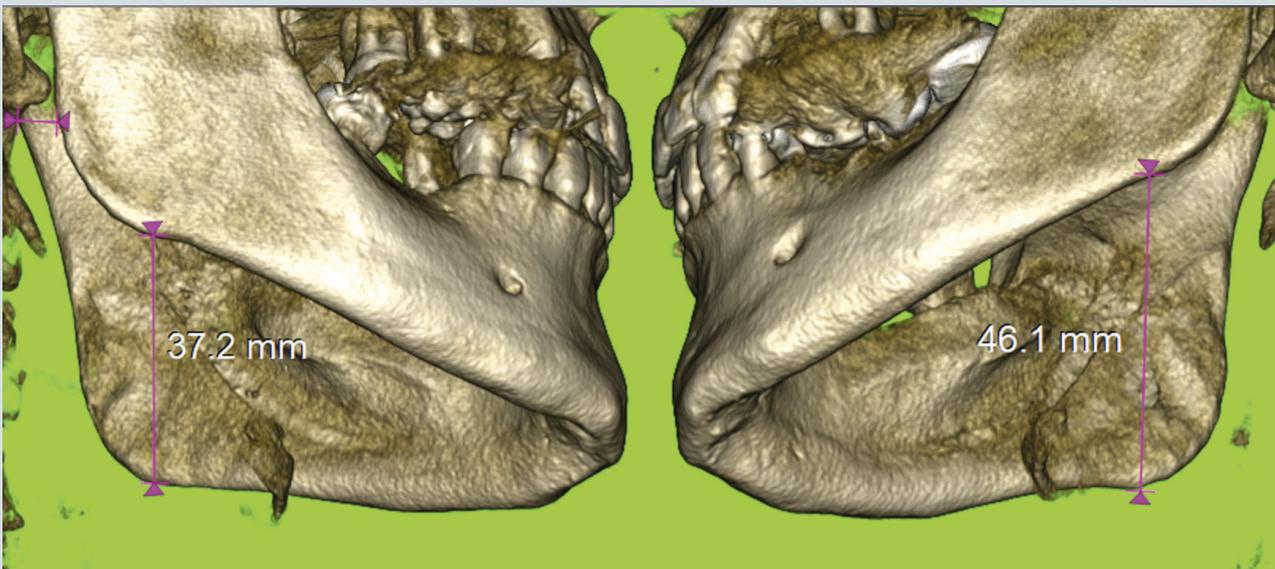
ZyGoDi nach Behandlung auf 37,2 mm reduziert.

Abb. 56



ZyGoDi nachher, hat sich auf 46,1mm erhöht. Nun liegt eine deutliche Kauseitenpräferenz der linken Seite vor, was dem Linkstyp auch entspricht.

Abb. 57

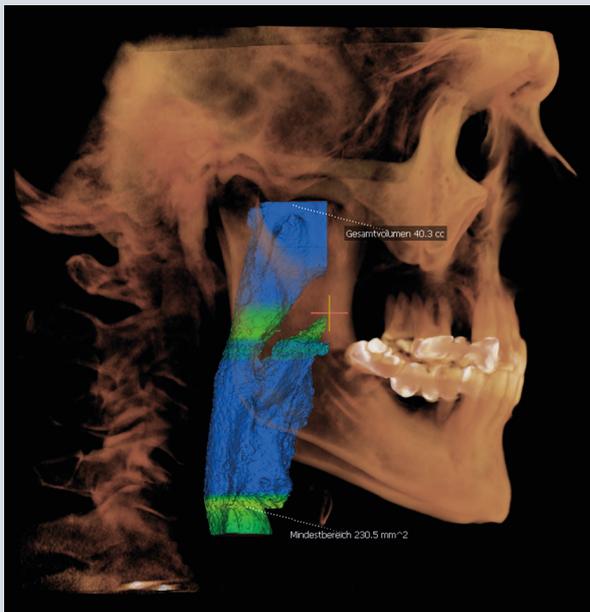


Vergleich des Endergebnisses rechts zu links mit nun deutlicher Kauseitenpräferenz auf der linken Seite

5. Kontrolle der pharyngealen Atemwege

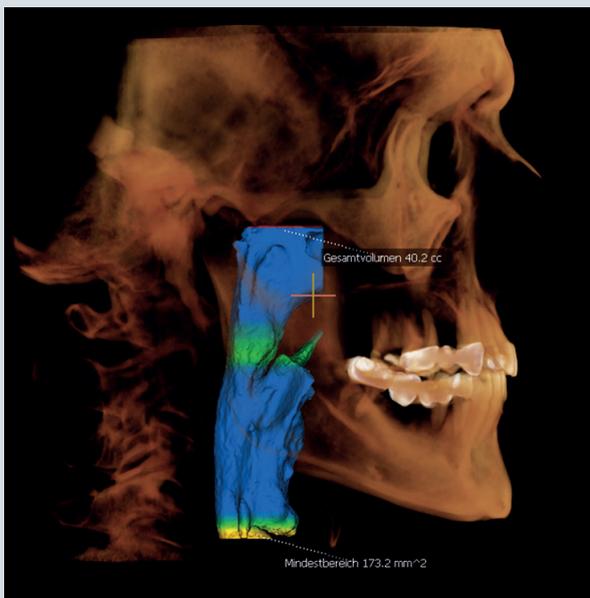
Die Kontrolle der Atemwege wird heute durch entsprechende 3D-Computerprogramme erheblich vereinfacht. Mit einem Farbspektrum von blau über grün, gelb und rot werden Atemstörungen und Verengungen der Atemwege deutlich sichtbar gemacht. Bei diesem Patienten sind vor und nach der Therapie keine Atemwegsobstruktionen zu erkennen (Abb. 58,59).

Abb. 58



Atemwege zu Anfang ohne Einengung im oropharyngealen Bereich des Respirationstraktes

Abb. 58



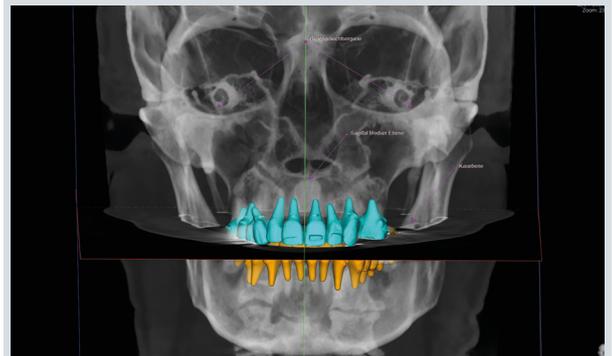
Nach Behandlungsende sind die pharyngealen Atemwege frei

6. Kontrolle der 3D-Position der Kauebene mit CranioPlan®

Mit Hilfe des CranioPlan®-Verfahrens wurde bei diesem Patienten die sagittale, vertikale, laterale und horizontale Ausrichtung der Okklusionsebene überprüft. Es konnte festgestellt werden, dass nach aktiver Therapie eine seitensymmetrische Okklusionsebene verifiziert werden kann (Abb. 60).

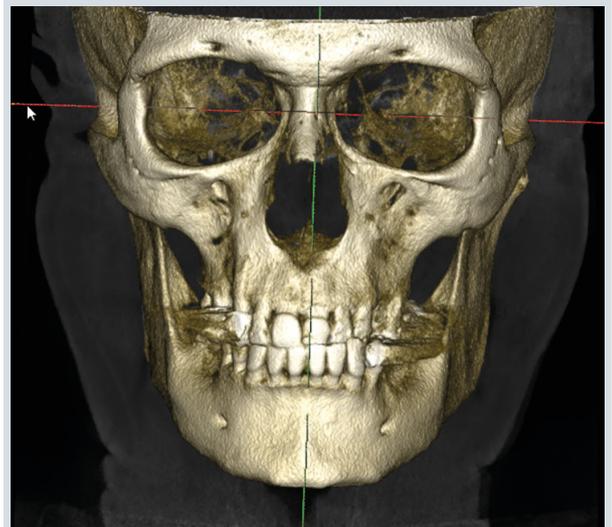
Es fällt jedoch auf, dass die sagittale Mitte des Patienten nach rechts verschoben ist. Dies würde seiner Händigkeit entsprechen, dass durch die stärker ausgeprägte Seite auch eine Verschiebung des individuellen Zentrums aus der Mitte der Ohrachse erfolgt (Abb. 61).

Abb. 60



Okklusionsebene parallel zur Cranosphäre

Abb. 61



Die Sagittalebene von der Mitte der Ohrachse ausgehend liegt parallelversetzt und beschreibt für die linke Schädelhälfte eine größere Raumforderung.

Fall Nr. 2 Anteriore Kondylusdislokation (Suday-Bite)

Die 38-jährige Patientin stellte sich 2019 zum ersten Mal in der Praxis vor. Nach einer dreijährigen kieferorthopädischen Behandlung im Jugendalter mit Multi-

bandapparaturen kam es im Laufe der Zeit zu einem Rezidiv mit Retroinklination der oberen mittleren Frontzähne. Der Wunsch der Patientin war es, „wieder gerade Zähne“ zu haben.

Die sehr gesundheitsbewusste Patientin hatte sich im Vorfeld von 14 kieferorthopädisch tätigen Kollegen beraten lassen, war aber von den vorgeschlagenen Therapiemaßnahmen nicht überzeugt (Abb. 62-65).

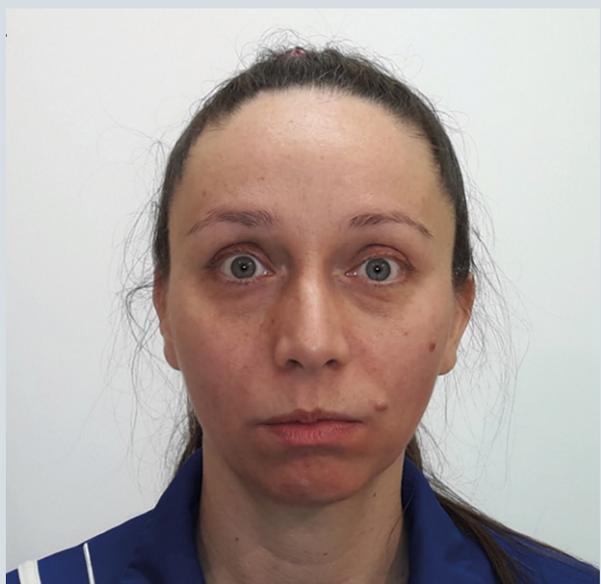
Anamnesisch ist eine Tonsillektomie im Kindesalter und ein ausgeprägtes atypisches Schluckmuster mit typischer mentaler Hyperaktivität zu erwähnen (Abb. 66, 67)

Abb. 62



Die Patientin kommt zur Zweitbehandlung mit dem Wunsch auf gerade Zähne.

Abb. 66



Verspannte Muskulatur beim Schlucken

Abb. 64,65



Konvexes Profil

Abb. 67



Mentalishyperaktivität bildet Grübchen beim Schluckakt

Der intraorale Befund zeigte eine neutrale Verzahnung. Trotz Lingualretainer in der UK-Front war ein inferiorer Frontengstand mit leichter Protrusion erkennbar. Ap- proximal des Zahnes 41 waren deutliche schwarze Dreiecke zu erkennen und der Zahn 42 wies eine leichte gingivale Rezession auf (Abb. 68-73).

Nach dem ersten Termin im Jahr 2019 wurde ein möglicher Therapievorschlagn skizziert, der mit Logopädie beginnen sollte, um die Zungenlage zu korrigieren. Danach könnte die Zahnfehlstellung mit Deckbiss und Engstand in der UK-Front mit einer Aligner-Therapie, Kl. II Gummizügen zur Verankerung und ASR im Frontzahnbereich korrigiert werden.

Vier Jahre später stellte sich die Patientin zur Nachuntersuchung vor. Zur Kontrolle des Knochenverlaufs und zur Beurteilung der Kieferrelation wurde eine DVT angefertigt.

Die Ergebnisse der DVT sollten eine überraschende Wende in der Beurteilung des Falles bringen und zu einer völlig anderen Therapie führen. KG-Position: Die 3D-Ansicht im DVT zeigt eine vorverlagerte UK-Position bei neutraler Okklusion (Abb. 74, 75).

Im Sagittalschnitt zeigen beide Kiefergelenke eine deutlich anteriore Position. Der dorsokraniale Abstand betrug rechts 7,0 mm und links 5,8 mm. In der PEP waren sie im lateralen Bereich ca. 1 mm kleiner als in der Mitte der Sagittalprojektion (Abb. 76-79).

Abb. 73



Offensichtlich wurde kein oder ein zu geringes ASR durchgeführt, so dass schwarze Dreiecke entstanden sind und der Zahn 41 ventral des Alveolarkammes steht. Als Folge die sichtbare Gingivarezession

Abb. 68



Habituell neutrale Okklusion mit scheinbar neutraler Relation rechts

Abb. 69



Scheinbar neutrale Relation bei habituell neutraler Okklusion

Abb. 70



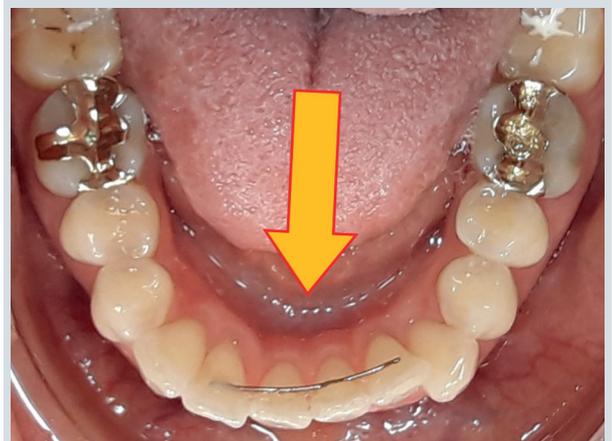
Frontansicht mit Deckbisscharakter

Abb. 71



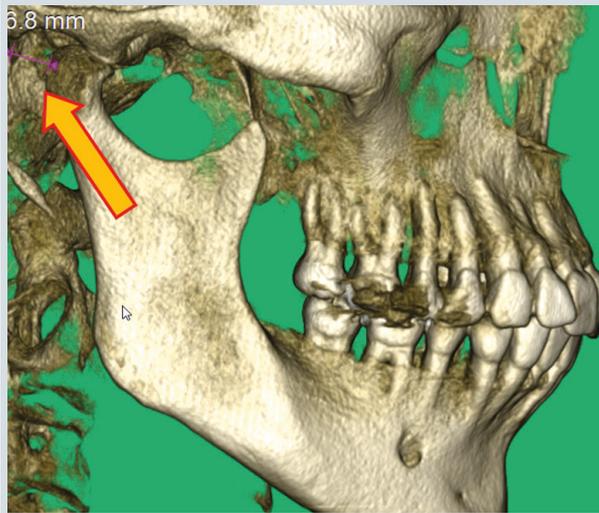
Retroinklination der OK-Front.

Abb. 72



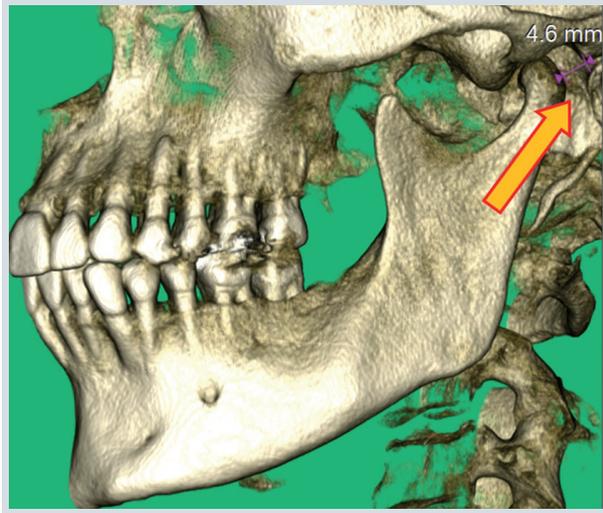
Trotz Lingualretainer sind die UK-Frontzähne womöglich in Folge des Zungendruckes nach anterior verschoben

Abb. 74



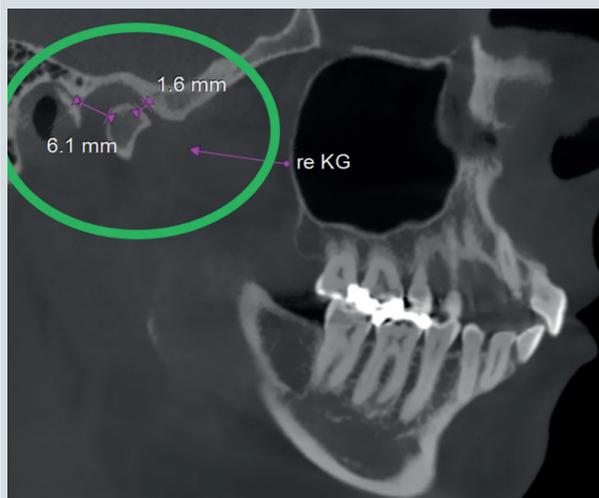
Protrudierter UK bei habitueller neutraler Okklusion rechts

Abb. 75



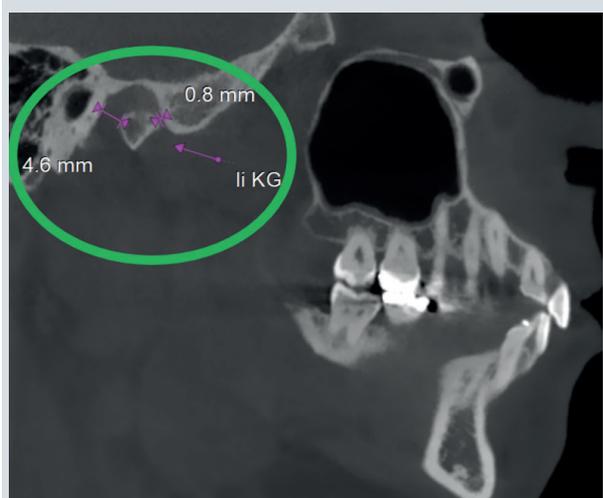
Protrudierter UK bei habitueller neutraler Okklusion links

Abb. 76



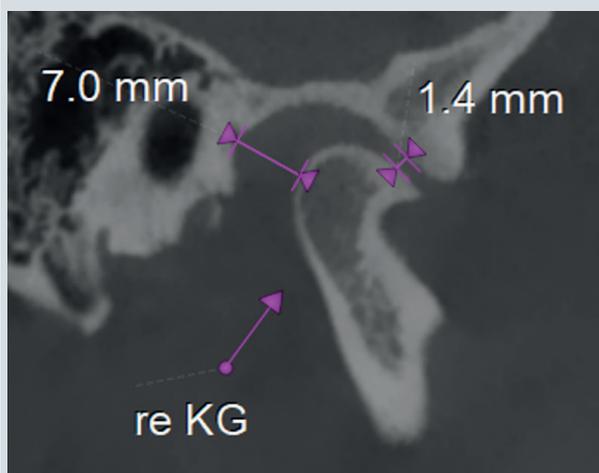
PEP mit dezentral anteriorer KG-Position rechts

Abb. 77



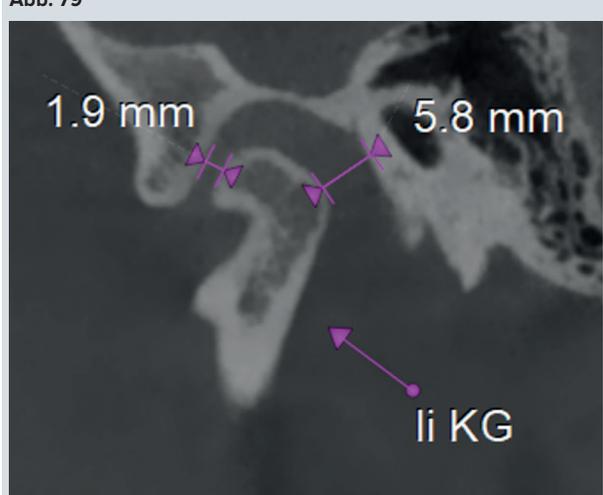
PEP mit dezentral anteriorer KG-Position links

Abb. 78



In der Sagittalebene ist der rechte dorsale KG-Spalt mit 7,0 mm deutlich vergrößert

Abb. 79



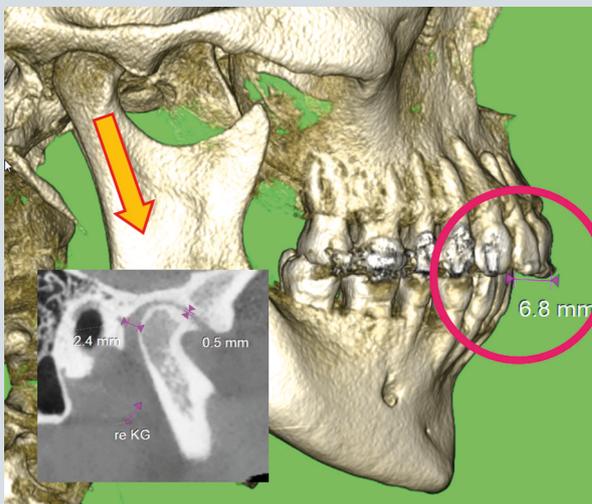
Auch der linke Kiefergelenkspalt ist dorsal erweitert.

Diese deutlich anteriore Gelenkposition im Neutralbiss ließ nur einen Schluss zu. Die Patientin hatte einen ausgeprägten Sonntagsbiss. Nach mühsamen Lockerungsübungen gelang es der Patientin, auch in die zentrale Kiefergelenkposition zu wechseln. Jetzt zeigte sich das ganze Ausmaß der Malokklusion. In neutraler KG-Position hatte die Patientin eine sagittale Frontzahnstufe von ca. 7 mm mit 1 PB KI II Okklusion im Seitenzahnbereich (Abb. 80-84).

Um diesen Befund lege artis zu korrigieren, ist ein chirurgischer Eingriff unumgänglich. Inklination der Inzisiven: Ein sehr individueller Befund ergab sich bei der Analyse der Inzisiven im Alveolarknochen. Die mittleren OK/UK Inzisiven standen retroinkliniert in Antepo-

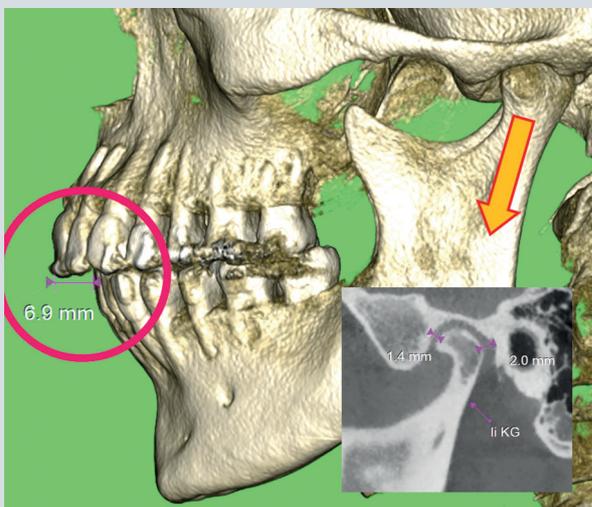
sition zur koronalen Alveolarbasis. Auffällig war hier der sprunghafte Versatz der Alveolarbasis im UK mit deutlicher Anteinklination des kranialen Bereichs. Das

Abb. 80



In neutraler KG-Position weist die Patientin einen ausgeprägten Distalbiss auf...

Abb. 81



...mit einer sagittalen Stufe von ca 7 mm

Abb. 82



Das Gesichtsprüfil in zentraler KG-Position (farbig) erscheint im Vergleich zur habituellen Okklusion (grau) ausgeprägt konvex.

Abb. 83



KL II 2 Okklusion bei neutraler KG-Relation rechts

Abb. 84



Distalbissrelation bei neutraler KG-Position links

ausgeprägte, manifeste Zungenhabitat ließ die gesamte Alveolarbasis des UK nach ventral kippen. Die untere Frontzahnachse war dementsprechend retroinklinat zur Alveolarbasis, aber nahezu orthoaxial zur Symphyse (Abb. 85).

Abb. 85

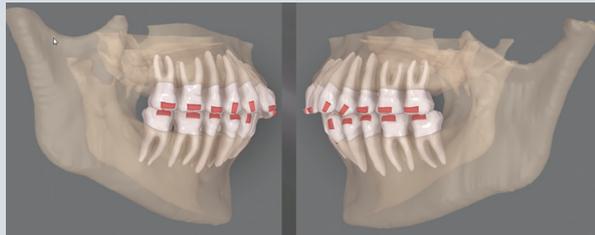


In Bezug auf den Alveolarfortsatz retroinkliniert anterior versetzte Frontzahnstellung im OK und UK

Nach diesem Befund entschied sich die Patientin für eine umfassende Rehabilitation mit kombinierter kieferorthopädisch-kieferchirurgischer Therapie (Abb. 86,87)

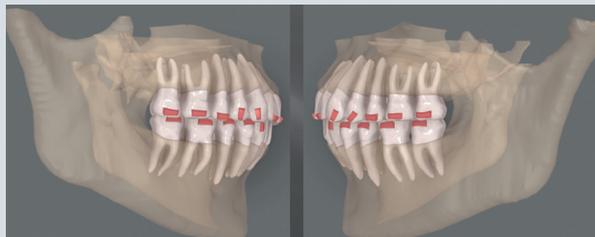
Nach 8 Monaten Alignertherapie erfolgte die bimaxilläre Umstellungsosteotomie (Abb. 88, 89).

Abb. 86



Ausgangssituation in ClinCheck.

Abb. 87



Simulierte Endposition nach chirurgischer Umstellungsosteotomie im ClinCheck

Abb. 88



Ausgeformter Zahnbogen mit Distalokklusion direkt vor der chirurgischen Intervention

Abb. 89



Neutralokklusion direkt nach der bimaxillären Umstellungsosteotomie

Beide KG befinden sich nun in zentraler Kondylen-/Fossa-Position bei neutraler Okklusion (Abb. 90, 91). Die Operationsplanung erfolgte gemeinsam mit der

Software von KLS-Martin (Abb. 92-95). Das deutlich konvexe Gesichtsprprofil hat sich ästhetisch verbessert (Abb. 96).

Abb. 90a



Abb. 90b

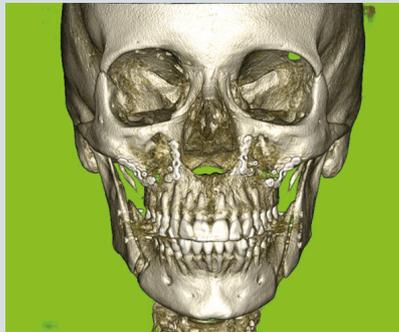
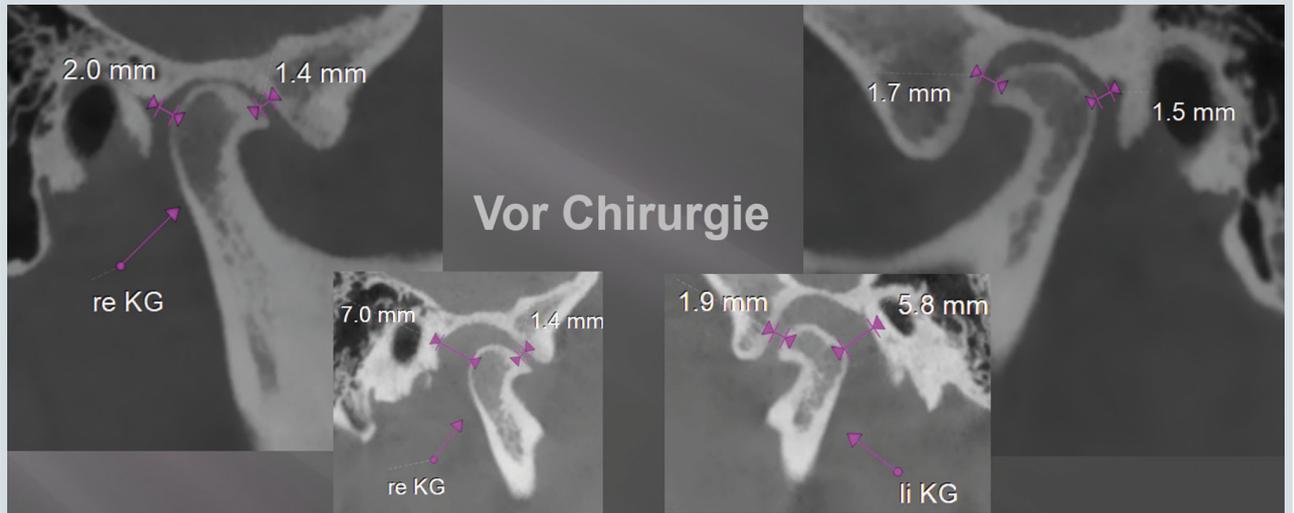


Abb. 90c



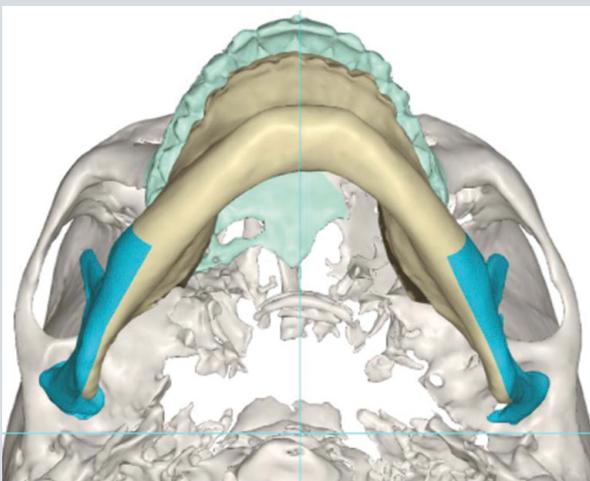
90a: DVT-Kontrolle nach OP mit KG in zentraler Position rechts | 90b: Frontalansicht nach OP mit Beckenkammtransplantation nach OK-Osteotomie | 90c: DVT nach OP mit zentraler Kondylus-Fossa-Beziehung links

Abb. 91



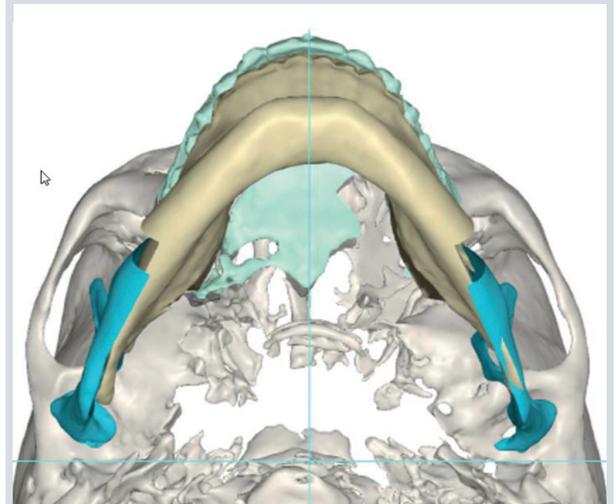
Vergleich der KG-Position vor und nach Chirurgie in Neutralbiss-Stellung, außen nach Chirurgie, innen vor Chirurgie

Abb. 92



Ansicht von caudal vor OP mit Darstellung der Knochensegmente

Abb. 93



Simulierte Kaudalansicht nach erfolgter OP

Abb. 94

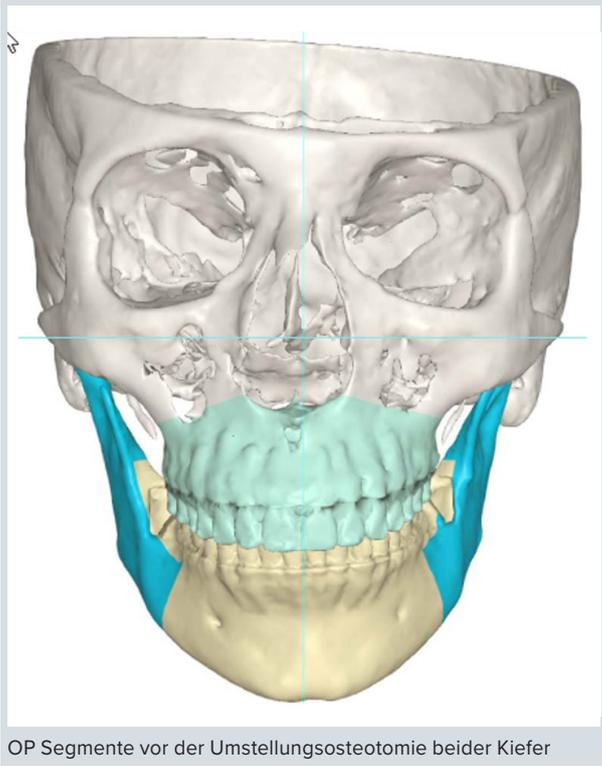


Abb. 95

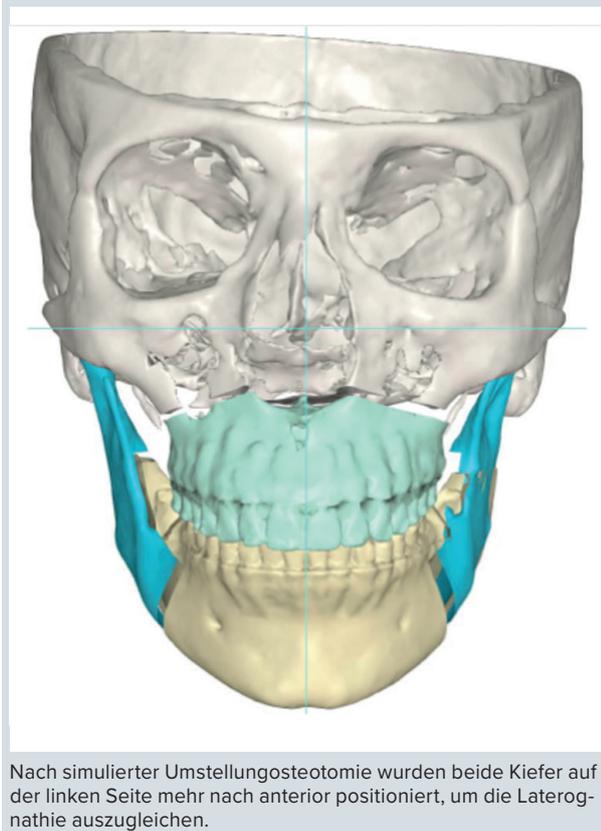


Abb. 96



Trotz destruktiver KG-Anatomie mit Peeking und verschobener Bandscheibe (craniale Kompression) fühlt sich die Patientin mit der neuen Okklusionssituation wesentlich wohler. Der Luftweg hat sich an der engsten Stelle (Isthmus tons. Polzari) von 122 qmm auf 202 qmm erweitert (Abb. 97-100).

Abb. 97



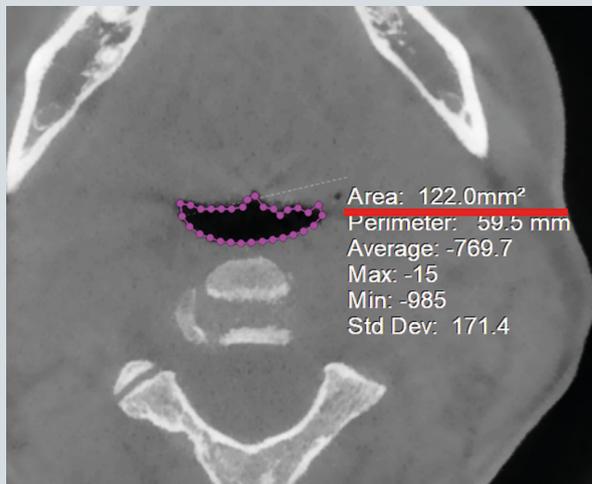
FRS-Ansicht vor der Chirurgie mit leicht verengtem Isthmus Tonsillaris Polzarii.

Abb. 98



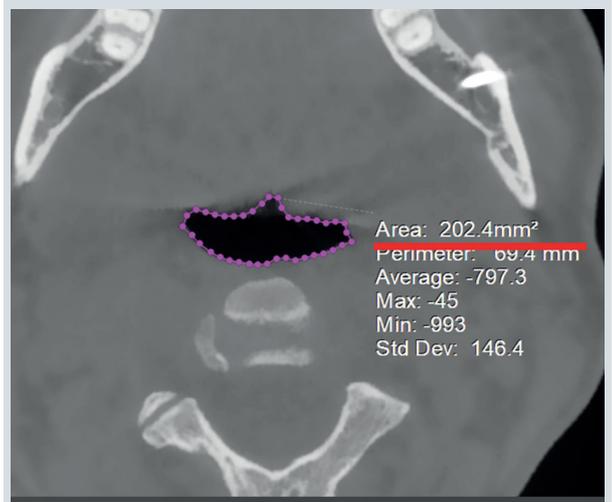
FRS Ansicht nach chirurgischer Vorverlagerung des UK mit deutlicher Erweiterung des pharyngealen Raumes

Abb. 99



Leichte Einengung im Isthmus vor der Chirurgie

Abb. 100



Deutliche Vergrößerung des Querschnittes im Mesopharynx nach bimaxillärer Chirurgie

Die Atmung hat sich verbessert. Die Patientin bemerkte dies unmittelbar nach der Operation mit den Worten: „Es kommt viel mehr Sauerstoff rein“ und „Beim Joggen kann ich jetzt auch durch die Nase atmen“. MRT-Untersuchungen des Autors ergaben bei eugnathen Bisslagen einen Mittelwert von 139,9 mm an der engsten Stelle des Rachens (Abb. 101).

Allein für die Entscheidung, ob sich eine bestimmte Anomalie und deren Therapie positiv, negativ oder gar nicht auf die Atemwege auswirkt, sind über 15.000 Kriterien zu berücksichtigen, die der behandelnde Kieferorthopäde abwägen muss, um dem Patienten die für ihn bestmögliche Therapie zu gewährleisten (Abb. 102).

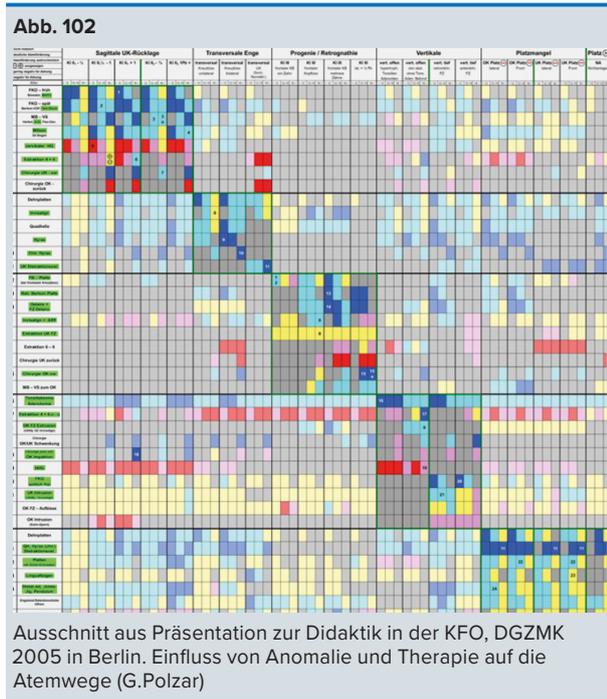
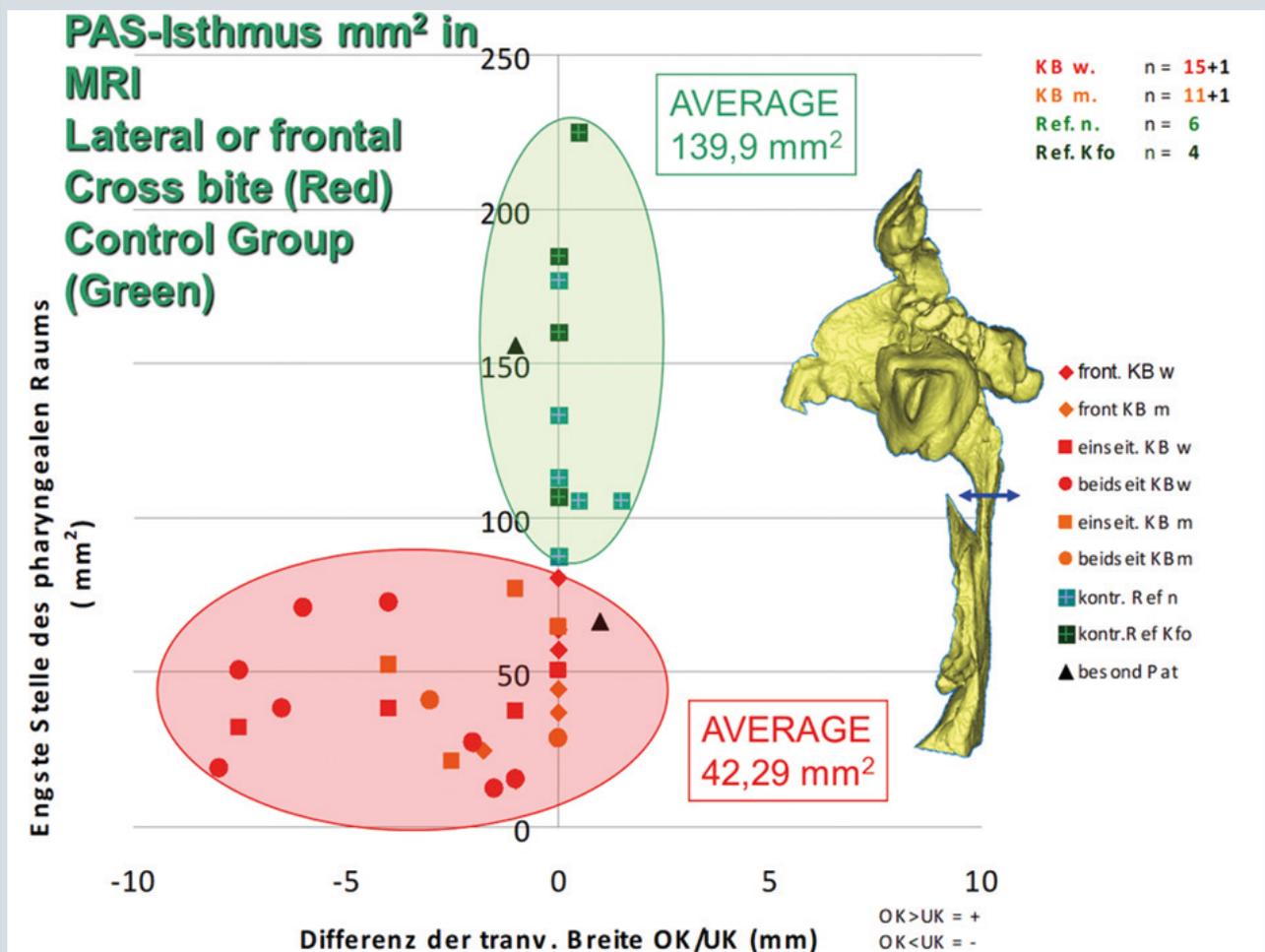


Abb. 101



MRT Studie des Verfassers von 2008-2010. Sie wurde auf der WFO in Sydney von Dr.Dr. Kater vorgestellt. Kreuzbisspatienten haben einen viel geringeren pharyngealen Atemraum als der Durchschnittspatient.

Nach weiteren 8 Monaten Alignertherapie zur postoperativen Feineinstellung konnte die aktive Therapie weitgehend abgeschlossen werden. Mit einem CaseRefinement werden die verbliebenen frontalen Lücken geschlossen (Abb. 103-107).

Abb. 103



OK kurz vor Abschluss der Behandlung. Der Engstand in der Front wurde aufgelöst.

Abb. 104



UK Zahnbogen kurz vor Behandlungsabschluss

Abb. 105



Minimale Restlücken zwischen den mittleren Inzisiven müssen noch geschlossen werden

Zygomatium-Genion-Differenz (ZyGoDi)

Das oben beschriebene Verfahren (ZyGoDi) allein reicht nicht aus, um bei dieser Patientin die Kauseitenprävalenz zu bestimmen. Es führt aber zu einem erstaunlichen Ergebnis. Die Patientin ist nach den Ergebnissen des Seitenprävalenzbogens bis auf zwei Ausnahmen ein eindeutiger Rechtstyp (Abb. 108).

Wie ist das nun zu erklären? Um in die perfekte Okklusion zu gelangen, muss die Patientin auf der rechten Seite über Jahre hinweg eine längere Strecke zurücklegen. Das bedeutet, dass die Kaumuskelatur auf der rechten Seite immer mehr gedehnt und gestreckt werden musste, um den Sonntagsbiss zu erreichen, als auf der linken Seite. Dadurch verringert sich die potentielle Kraft, die sie beim Zubeißen aufbringen kann, was wiederum zu einem geringeren Wachstum des Processus coronoideus und zu einem größeren Abstand des negativen ZyGoDi-Wertes führen muss. Sie selbst gibt an, dass sie links mehr kaut als rechts (Abb. 109, 110).

Abb. 106



Kurz vor Behandlungsende. Orthognathe Verzahnung bei zentraler KG-Position

Abb. 107



Idealbiss nach kieferchirurgischer Umstellungsosteotomie

Auch nach der Umstellungsosteotomie finden sich ähnliche Werte mit einer kürzeren Muskelansatzlinie auf der linken Seite (Abb. 111, 112).

Abb. 108

Seitenprävalenz rechts -links

Datum:
 Name:
 Alter des Patienten: 38 Anomalie: Kl II2 CMD: ja / nein

Merkmal	deutl. rechts	indif. oder ?	links, deutl.
Augen/Nase	Dioptrien -0,5		re. Hand Dioptrien -1,5 X
Zielaug			
Lid-Abstand	x		
AB-Nasen <°	x		
Nasenloch -Flügel	x		
Schreiben	x		
Messer	x		
Schere	x		
Hand	x		
Hand falten	x		
klatsch(oben)	x		
gestikulieren	x		
Arme	x		
Stütz-Arm	x		
Uarmung	x		
Schulter vorne	x		
unten	x		
Beine/ Füße	x		
Fuß außen	x		
Spielbein	x		
Erster Schritt	x		
schubsen	x		
Mund-Kiefer	-8,2 mm		-6,3 mm
DVT ZyGoDi, Mund<° OL/UL		x	
Summe Re/li	x		
Vater, Mutter	x		x

Ergebnis: Rechtstyp, frühkindliche Fehlsichtigkeit re.Auge

© Prof. Dr. G. Polzar, KKK Stand 11.9..2024

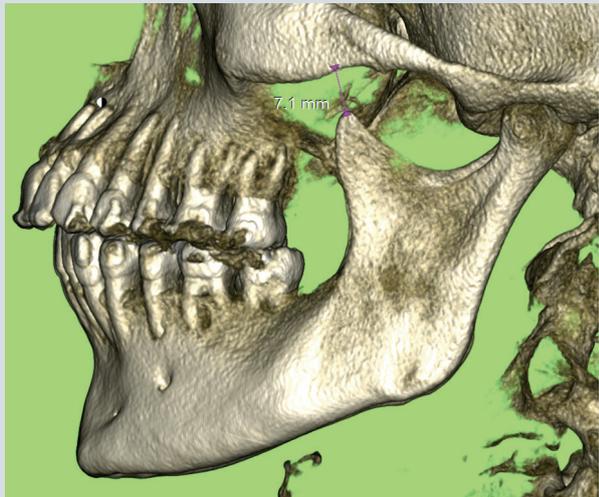
Befundbogen zur Ermittlung der Seitenprävalenzen

Abb. 109



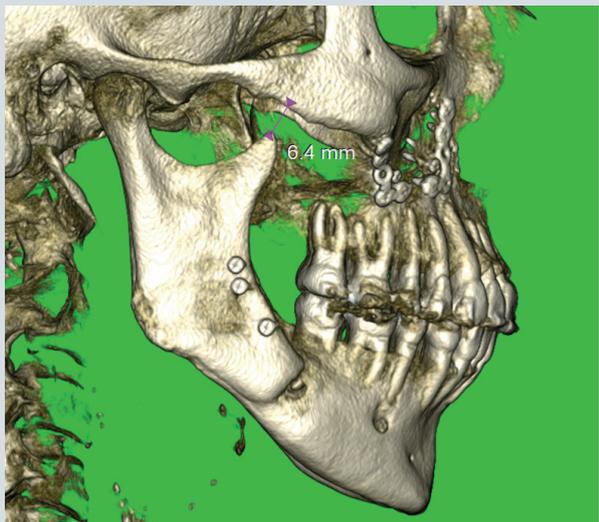
Abstand der Spitze Proz. coronoideus zu Jochbogen ist aufgrund geringerer Muskelkraft hier -8,4 mm vor der Therapie

Abb. 110



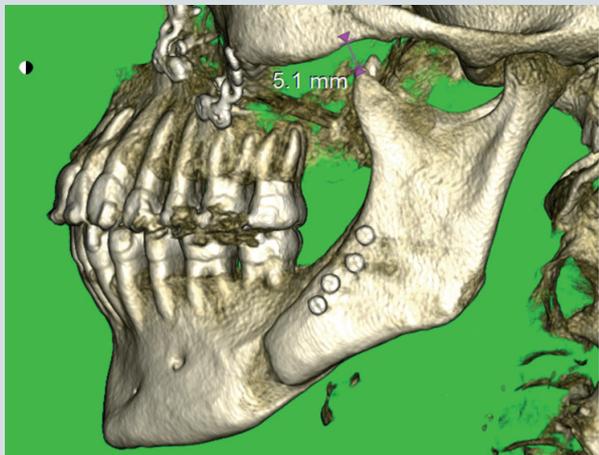
Geringerer Abstand der Messpunkte bei verändertem Muskelansatz deutet auf eine höhere Kauaktivität hin.

Abb. 111



Lateralansicht nach bimaxillärer Chirurgie rechts

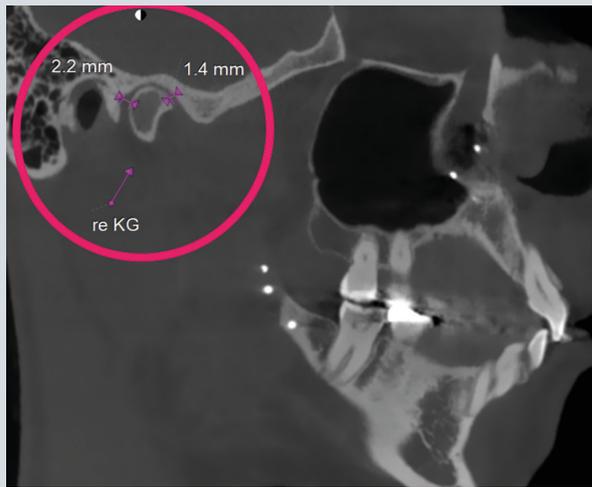
Abb. 112



Lateralansicht nach bimaxillärer Chirurgie links

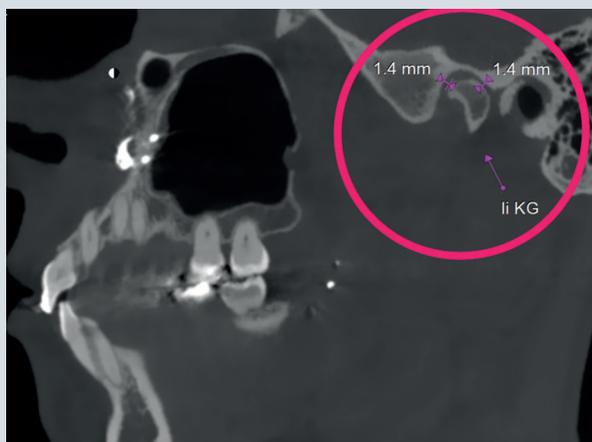
Nach Umstellungsosteotomie mit UK-Vorverlagerung kann die Patientin besser zubeißen. Bei maximaler Interkuspitation in neutraler Okklusion befinden sich nun beide Kiefergelenke in zentraler Position zur Gelenkpfanne. Der geringe Abstand des Caput mandibulae zur Schädelgrube deutet auf eine totale Diskusverlagerung hin (Abb. 113, 114).

Abb. 113



Zentrale Position des Kiefergelenks bei maximaler neutraler Interkuspitation nach Chirurgie rechts

Abb. 114



Zentrale Position des Kiefergelenks bei maximaler neutraler Interkuspitation nach Chirurgie links

Abb. 115



FRS Ansicht der Patientin während der Therapie. Es ist geradezu unmöglich, mit diesen Aufnahmen eine adäquaten KG-Befund zu erheben.

Nach den heutigen Erkenntnissen und den heute zur Verfügung stehenden Mitteln ist es geradezu unerlässlich, bei der Erwachsenen-KFO eine DVT-Diagnostik als Grundlage der Therapie zu veranlassen. Fehlbehandlungen und Fehldiagnosen oder auch nur das Übersehen von therapieimmanenten Befunden (wie hier der Sunday-Bite) können so vermieden und die anstehende Therapie mit einer gesicherten kranialen Diagnostik besser geplant werden. Herkömmliche diagnostische Mittel wie die FRS-Analyse werden den Anforderungen bei weitem nicht gerecht und können zu jahrelangen Fehlbehandlungen führen (Abb. 115).

Hätte die hier vorgestellte Patientin (damals gab es noch kein DVT) die Möglichkeit gehabt, sich einer DVT-basierten Schädel diagnostik zu unterziehen, wäre ihr mit Sicherheit die teure Zweitbehandlung erspart geblieben und sie hätte viele Jahre von einer besseren Atmung als Grundlage jeder Gesunderhaltung profitieren können.

Zielaug: In der Regel geht das nicht umerziehbare Zielaug mit der Händigkeit einher. Es gibt jedoch eine interessante Ausnahme. Das Zielaug fixiert immer einen Punkt in der näheren Umgebung, während das überwachende „Umgebungsauge“ keinen fixierten Punkt in der Nähe anvisiert. Am einfachsten lässt sich überprüfen, welches Auge das Zielaug ist, indem man den Patienten durch ein Fernrohr oder ein Kaleidoskop schauen lässt (Abb. 116).

Liegt nun eine Sehschwäche (z.B. Schielaug) des ipsilateralen Auges vor, so konvertiert das Zielaug auf die Gegenseite. Dies ist zunächst logisch, aber es gibt eine weitere interessante Ausnahme. Liegt bei einer Myopie ein höherer Myopiewert auf der nicht prävalenten Seite

Abb. 116



Überprüfung des Zielauges mit einem Kaleidoskop

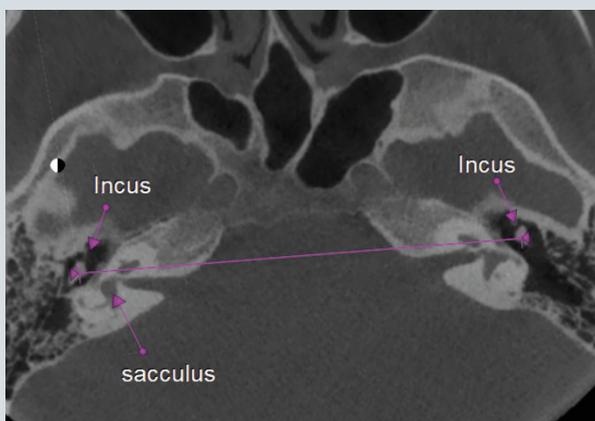
vor, so kann ein Punkt in der Nähe besser fixiert werden. Als Folge davon wird das Auge der kontralateralen Seite zum Zielaug. Bei der hier vorgestellten Patientin beträgt die Myopie rechts nur 0,5 Dioptrien, links dagegen 1,5 Dioptrien (siehe Befundbogen Abb. 108). Auch das rechte Auge hatte in der Kindheit eine Fehlstellung (Schielauge). Daher wurde das linke Auge zur Fixation von Nahpunkten rekrutiert.

CranioPlan®

Mit der von Hornung/Polzar entwickelten CranioPlan®-Analyse ist es möglich, alle Positionen im dreidimensionalen Raum exakt zu vermessen und in Relation zum afferent-physischen Zentrum jedes einzelnen Patienten zu bestimmen. Der zentrale Punkt, von dem die Messungen ausgehen, ist die Mitte zwischen rechtem und linkem Gleichgewichtsorgan. Bei unserer ersten Definition des Mittelpunktes sind wir (2016) von der Mitte des Abstandes der beiden Inci vestibulari ausgegangen, da dieser im DVT mittlerer Auflösung leicht zu bestimmen ist (Abb. 117).

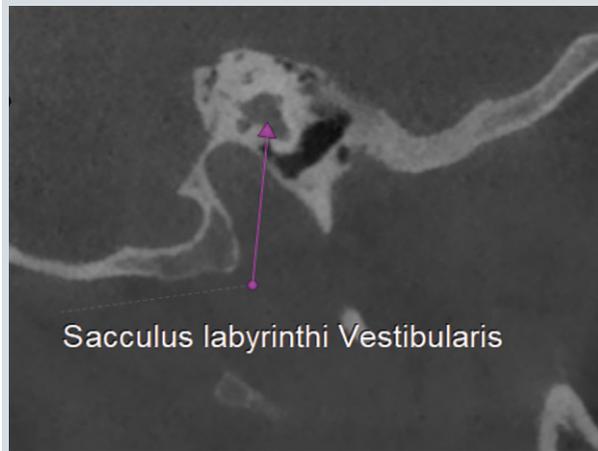
Exakter ist jedoch die Bestimmung des zentralen Wahrnehmungsortes des Gleichgewichtsorgans, der Macula sacculi. Diese befindet sich im Sacculus vestibularis der jeweiligen Seite. Die Mitte der Linie zwischen dem Sacculus vestibularis dexter und sinister ist dann der ursprüngliche Nullpunkt der CranioPlan®-Analyse. Dieser Punkt liegt etwas posterior zur Mitte der Hammerknöchelchen und gibt den exakten OriginPoint (O-Punkt) als Ausgangspunkt der afferenten Symmetrieachse an (Abb. 118, 119, 120).

Abb. 117



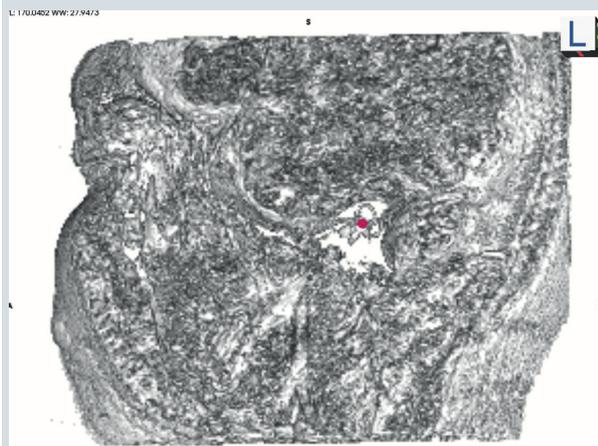
Horizontalschnitt im DVT mit Darstellung der Gehörknöchelchen und Lage des Sacculus vestibularis

Abb. 118



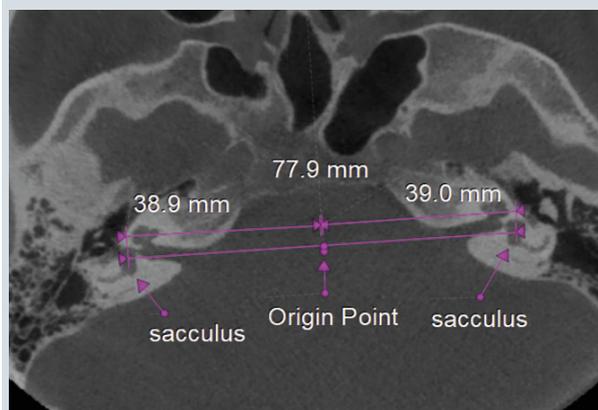
Der Sacculus labyrinthini Vestibularis

Abb. 119



Lage der Macula sacculi im MRT

Abb. 120



Bestimmung des Origin-Punktes in DVT als zentraler Ausgangspunkt der 3D XYZ-Achsen

Die zu bildende Fläche (CranioPlan®) wird nun auf den Mittelpunkt der Bipupillarlinie zentriert. Verlängert man diese Fläche um das Dreifache nach dorsal und verbindet das hintere Ende mit der Okklusionsebene, so erhält man einen Winkel, der dem Winkel der Frankfurter Horizontalen (Orbitalpunkt/Tragionslinie) mit der Okklusionsebene entspricht. Da diese Grundlinie der Frankfurter Horizontalen nicht so genau bestimmt werden kann, sind die Bezugswerte der Cranioplananalyse® wesentlich genauer und auch leichter reproduzierbar (Abb. 121).

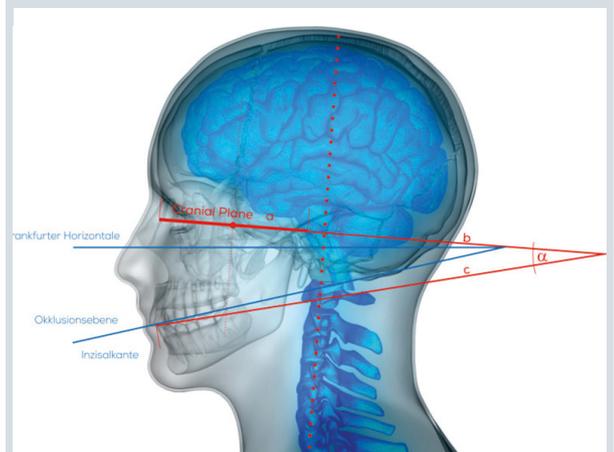
Postoperative Analyse

Nach Lehmann et al. beträgt der Winkel der Frankfurter Horizontalen zur Camperschen Ebene (früher gleichgesetzt mit der Okklusionsebene) 10°-15°. Vertikale Gesichtstypen und flache asiatische Schädelformen haben einen höheren Wert, horizontale Gesichtstypen einen eher flacheren Winkel.

Nach Untersuchungen von Slavicek (Rudolf Slavicek: Die Funktionellen Determinanten des Kauorgans. Verl. Zahnärztlich-medizinisches Schrifttum, München 1984, ISBN 3-87394-025-6, S. 75 f.) beträgt die Abweichung der Camperschen Ebene von der Okklusionsebene

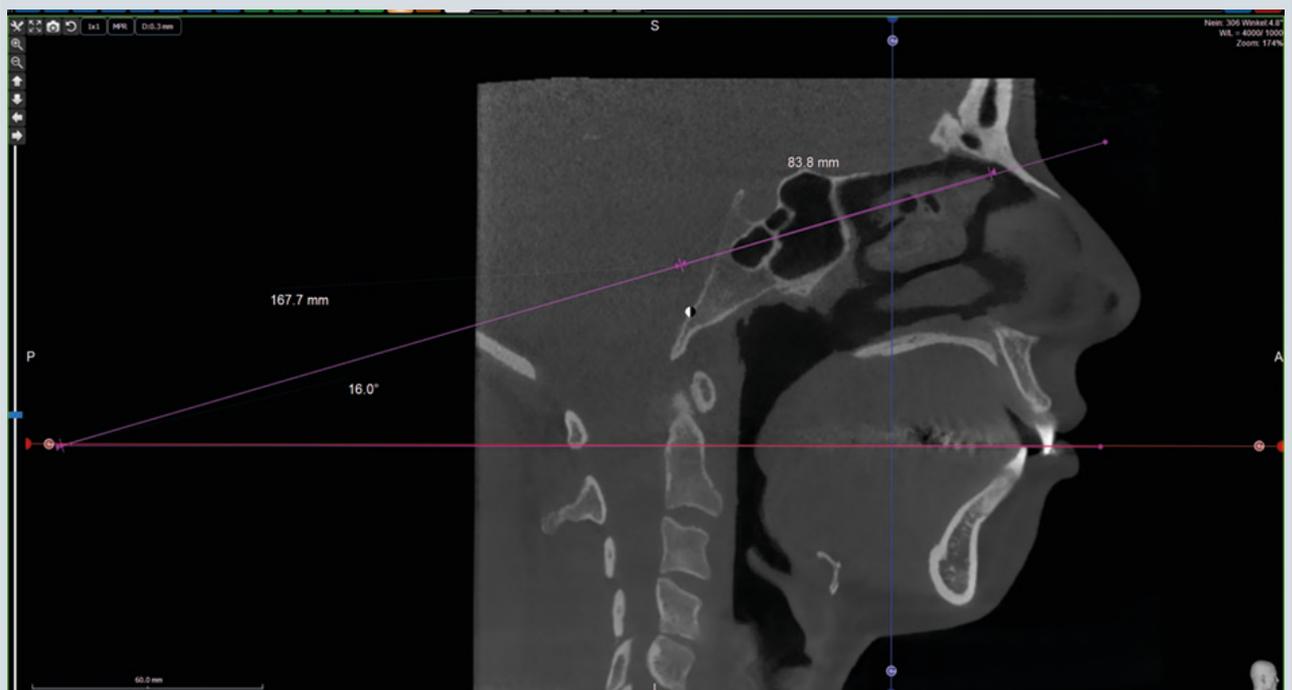
nach dorsal jedoch ca. 8°. D.h. bei genauerer Betrachtung müsste man einen Winkel von 2° - 7° zwischen Cranioplanebene® und Okklusionsebene mit einer Streuung von ca. 6° als Normwert bezeichnen. Im Idealfall wäre dann bei dieser Patientin ein Wert von 13° als vertikaler Typ noch akzeptabel (Abb. 122).

Abb. 121



Cranioplan-Analyse mit Bezug zur Okklusionsebene. Die Winkelwerte der Cranioplananalyse gehen mit der Frankfurter Horizontalen überein.

Abb. 122

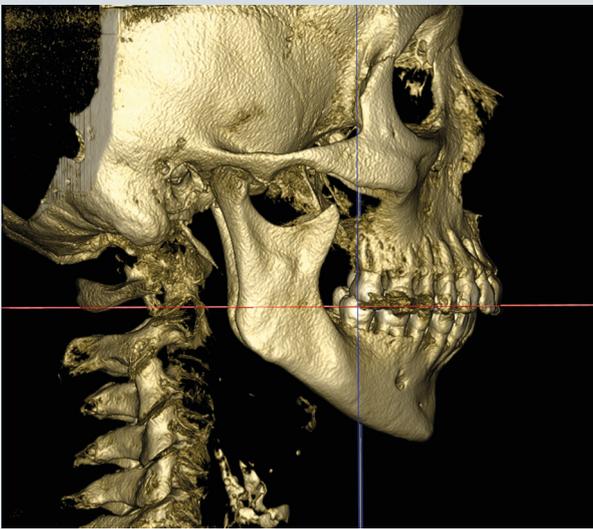


Basiswinkel nach Cranioplan vor OP = 16°

Vor der bimaxillären Umstellungsosteotomie kippt die Okklusionsebene nach links kranial (Abb. 123-124). Interessant ist auch, dass die Sagittale durch den O-Punkt die Gesichtshälfte in der Mitte der linken Nase schneidet. Dies bestätigt wiederum die Seitenprävalenzanalyse. Die häufiger benutzte Gesichtshälfte ist stärker ausgebildet und verschiebt die Gesicht-/Nasenmitte zu den schwächeren Seiten (Abb. 125).

In der Frontalansicht ist eine leichte links-laterale Abweichung des Unterkiefers von der Schädelmitte zu erkennen (Abb. 126).

Abb. 123



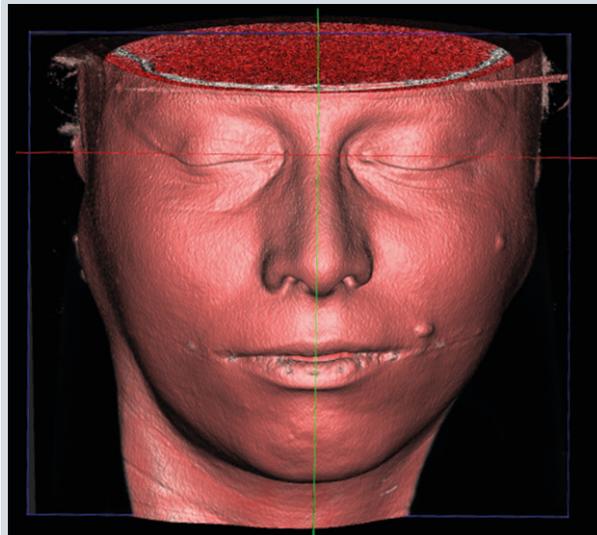
Rechte Seite vor OP...

Abb. 124



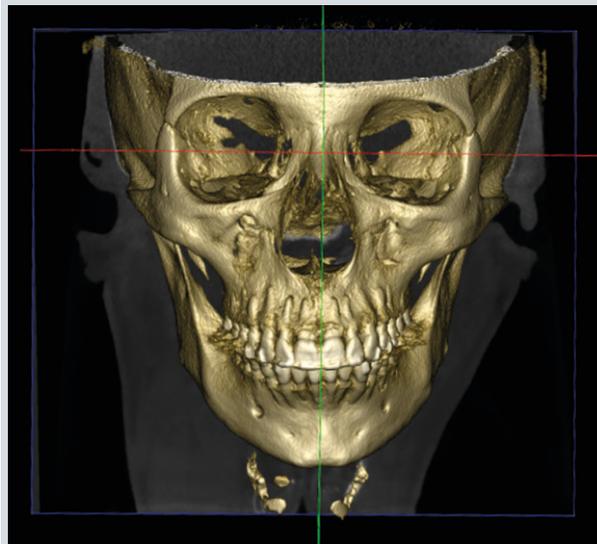
... im Vergleich mit der rechten Seite stehen hier auf der linken Seite die Molaren weiter cranial.

Abb. 125



In der Cranioplan-Achse verschiebt sich die Nase zur linken Seite hin, was als typisch für eine rechte Seitenprominenz gilt.

Abb. 126



Vor OP eine linkslaterale Abweichung des UK

Nach chirurgischer Analyse wurde die Laterognathie weitgehend ausgeglichen und der UK in CranioPlan® zentrisch ausgerichtet (Abb. 127, 128, 129).

Da sich die Patientin mit der Operation auch eine Abflachung des Gesichts mit prominenterem Kinn erhoffte, wäre ein deutlich moderaterer CP-OKL-Winkel wünschenswert gewesen. Dies hätte durch eine Intrusion des anterioren Teils der Maxilla und eine deutlichere Counterclockwise Rotation der Mandibula erreicht werden können (Abb. 130).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass gerade in der orthognathen Chirurgie besser definierte Landmarks, wie sie die CranioPlan®-Analyse zur Verfügung stellt, eine Steigerung der therapeutischen Qualität ermöglichen.

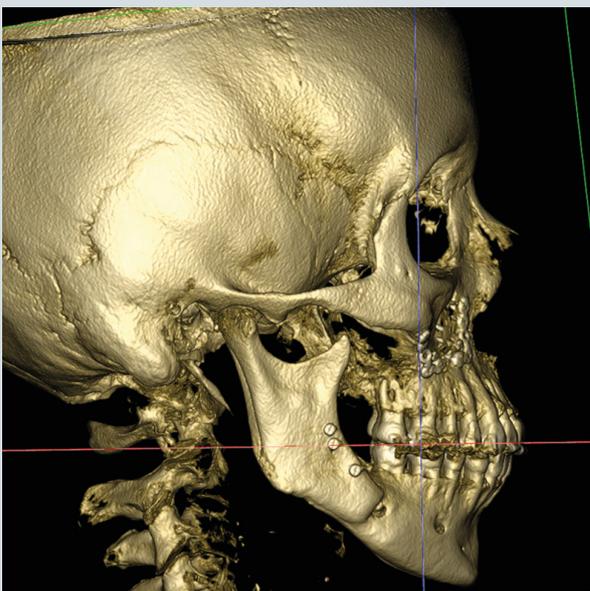
Zusammenfassung

Die oben aufgeführten Behandlungsfälle sind ein gutes Beispiel für die Bedeutung der 3D-Röntgendiagnostik in der modernen Kieferorthopädie. Folgende neue Ansätze in der cephalometrischen Befunderhebung und Diagnostik haben sich bewährt und sollten zu einem Standard für jede kieferorthopädische Therapie/Planung werden:

1. Die Parasagittal Exzentrische Projektion (PEP)
2. Die Bestimmung der Fossa-Caput Relation (FCR)
3. Analyse des individualisierten Inzisalwinkels, (analysis individual angulation of incisor), (IAI)
4. Kontrolle der Kauseitenprävalenz (ZyGoDi)
5. Kontrolle der pharyngealen Atemwege (Isthmus Tonsillaris Polzarii analysis) (ITP)
6. Bestimmung der idealsymmetrischen Kauebene nach CranioPlan® (CPA)

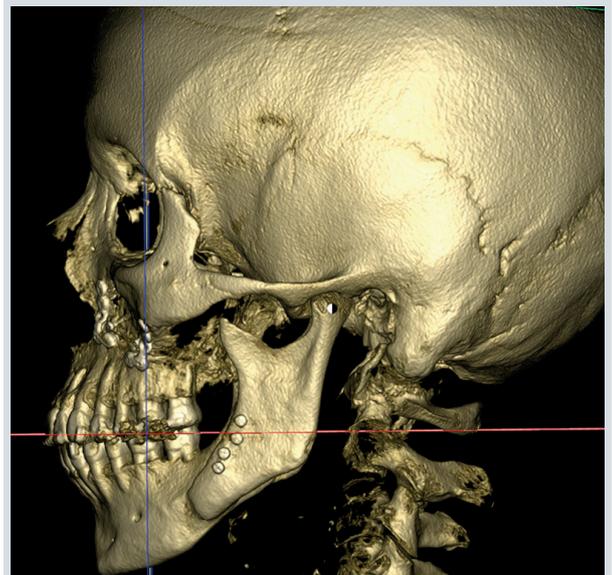
Die Autoren bedanken sich für die aufmerksame Lektüre und hoffen, einen wichtigen Beitrag für zukünftige 3D-Cephalometrie geleistet zu haben.

Abb. 127



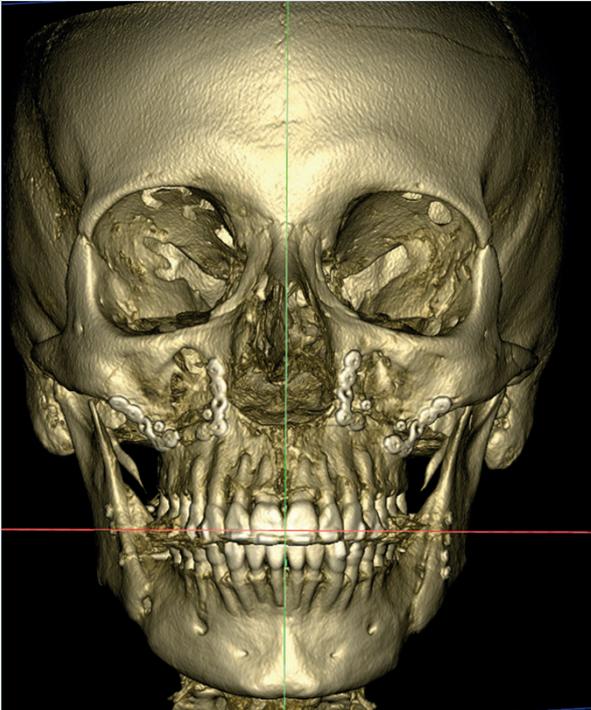
Linke Seite nach OP

Abb. 128



Rechte Seite nach OP mit noch leicht cranialer dorsaler Verschiebung der Maxilla

Abb. 129



Fast parallele Okklusionsebene mit zentrisch ausgerichtetem UK

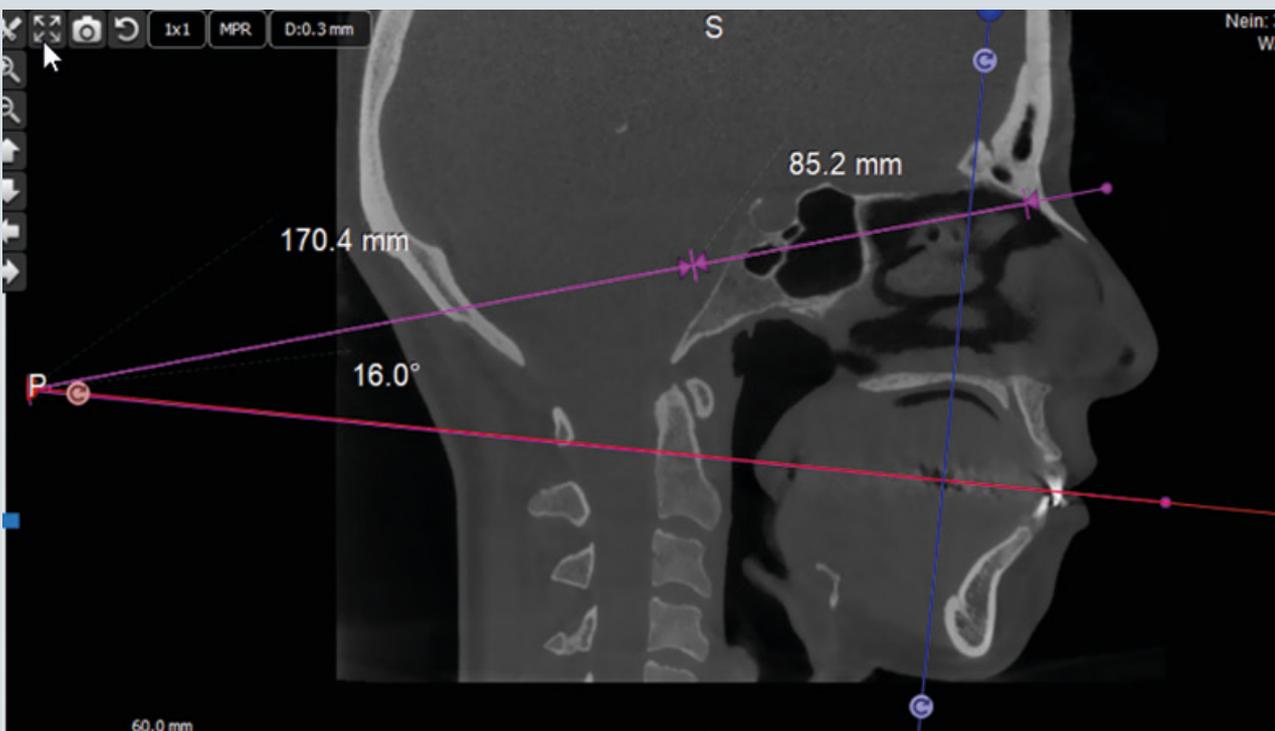


Abb. Autor: Prof. Dr. Gerhard Polzar
KKU, Bidingen; Studium der ZHK in
Gießen, 1990-93 Weiterbildung KFO
u.a. AfZ in Karlsruhe, 1994 Nieder-
lassung in eigener KFO-Praxis in
Bidingen; 2006 Gastprofessur in
Sevilla und Khon-Kaen (Thailand),
2008 Ernennung zum Prof. in Orthodontics; vis. assoc. Prof.
an der Mahidol-University Bangkok (Thailand) 2008-2012.



Abb. Autor: Dipl. Ing. Dipl. Inform.
Frank Hornung; Studium Informatik
in Würzburg 1993 - Schwerpunkt
Regelungstechnik, KI(AI), Deep Learning
Prozesse. Ingenieur Tätigkeit im
Bereich Maschinenbau, Regelungstechnik,
speicherprogrammierbare
Steuerung (SPS) und zerstörungsfreie
Werkstoffprüfung. Internationale
Entwicklungs-, Beratungs- und
Vertriebstätigkeit für CBCT-Produkte im
Bereich Zahn- und Humanmedizin.
Ausgewiesener Spezialist im Bereich
Digitaler Workflow. Leiter Produktmanagement –
orangedental GmbH & Co.KG, CEO - HD
Medical Solutions GmbH

Abb. 130



Der Craniobasis-Okklusionswinkel liegt nach OP immer noch bei 16°, was im Profil ein fliehendes Kinn zum Ausdruck bringt