

## Aligner-Do-it-Yourself - auch in schwierigen Fällen

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

### Keywords

Alignertherapie, Progenie, OnyxCeph, Parasagittal exzentrische Schnittführung, DVT, CBCT, Cranioplan®, Craniosphere®, Inzisalwinkel, , incisor-torquecontrol, Diagnostik des Respirationstraktes, Kieferorthopädie und Atmung, Kreuzbiss, Erwachsenenkieferorthopädie, digitale Kieferorthopädie, in house aligner, digital orthodontics,

### Kieferorthopädie im Wandel

Schauen wir uns die Geschichte der Kieferorthopädie an, sehen wir einen ständigen Wandel, zum einen bei den verwendeten Apparaturen, zum anderen bei den Ansichten und Überzeugungen über die möglichen Therapieoptionen. Während die Anfänge der Kieferorthopädie im 18. und 19. Jahrhundert aus heutiger Sicht sehr plump gewesen sein mochten, so gaben jene he-

rausnehmbaren Apparaturen jedoch die Möglichkeit einer auf die einzelnen Zähne individuell eingestellten Kraftapplikation (Abb. 1, 2, 3). Die darauffolgenden festsitzenden starren Apparaturen (Angle ab 1887 bis 1920er Jahre) beherrscht, dann die kieferorthopädische Therapie und zeichneten sich durch relativ massive Kraftverteilung aus (Abb. 4-7).

Dann in den 1930er bis -40er Jahren kam die „Revolution“ mit der Erfindung von Kautschuk und Polymeren. Die damals amerikanische KFO-Philosophie wechselte von der erzwungenen Einordnung aller Zähne hin zur minimalistischen orthodontischen Therapie, bei der die Extraktion gesunder Zähne (später Angle/Tweed/Beck/... Roth) zur Platzbeschaffung im Vordergrund stand. Nach den in Goldschmiedemanier gelöteten Bändern (Abb. 8) und Außenbögen (Abb. 9), die nur darauf abzielten, vorhandenes Wachstumspotential zu unterdrücken und Extraktionslücken zu schließen, folgte ein Umdenken in Richtung Wachstumslenkung und Wachstumsförderung.

Abb. 1

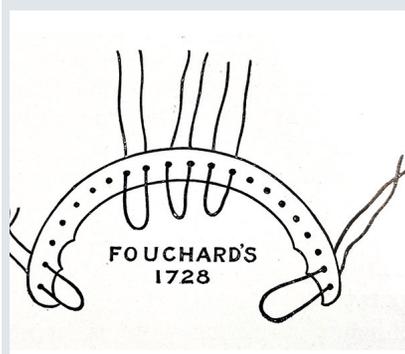


Abb. 2

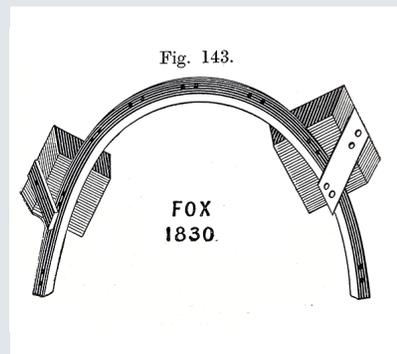
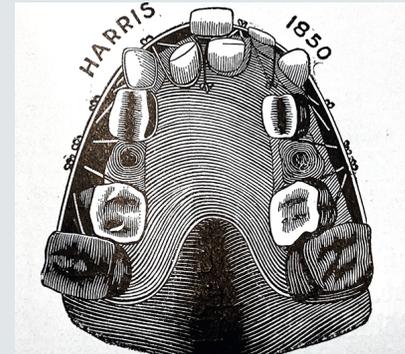
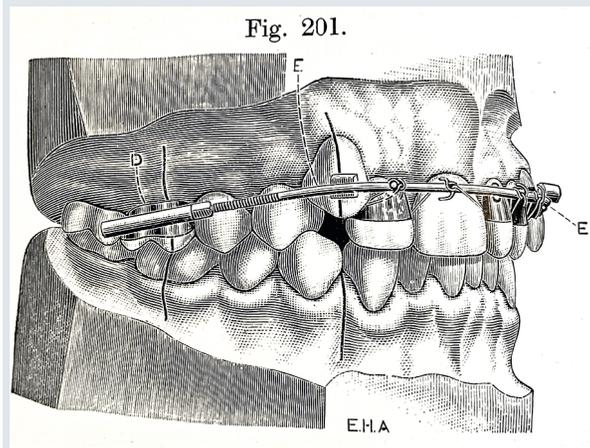


Abb. 3



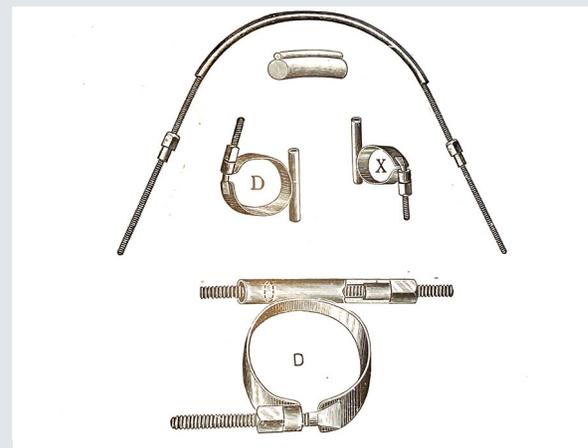
Aus: Okklusionsanomalien der Zähne (aus: Behandlung der Okklusionsanomalien der Zähne von E. Angle, Berlin 1908)

Abb. 5



Angle, Expansionsbogen in Situ, 1908

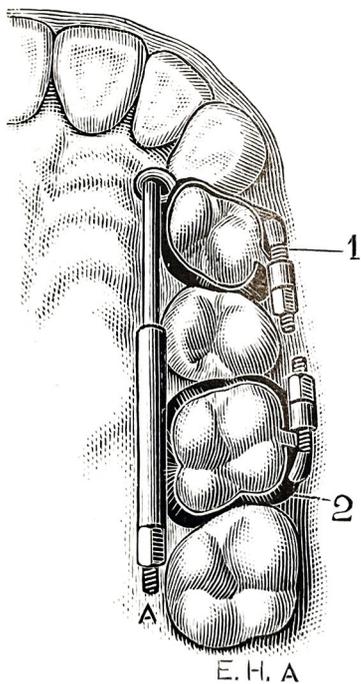
Abb. 6



Angle, Expansionsbogen, 1908

Abb. 4

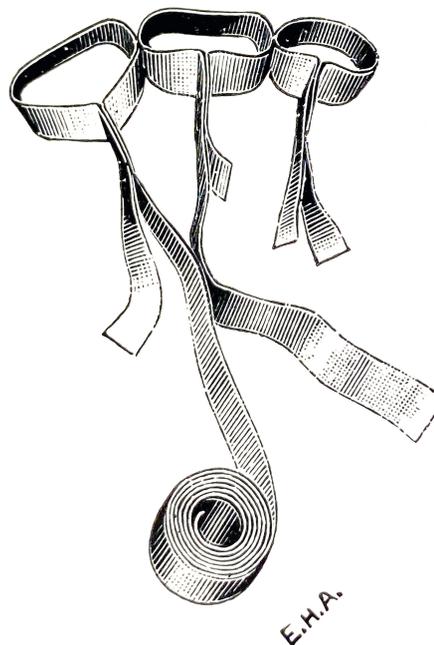
Fig. 635.



Deraotationsbandapparat von Angle

Abb. 8

Fig. 239.



Anleitung zur Herstellung kieferorthopädischer Bänder. Aus: Angle 1908

Abb. 7

Fig. 214.

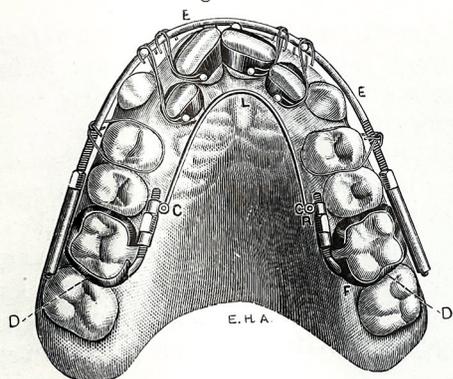
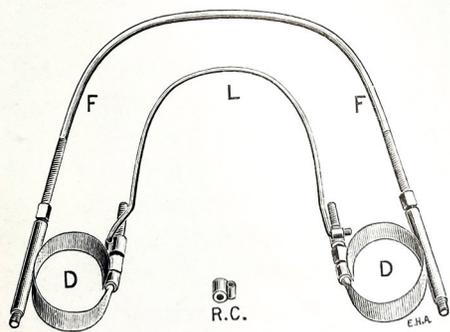


Fig. 215.



Angle, Expansionsbogen mit palatinaler Verstärkung, 1908

Abb. 9



High Pull HG mit Kugelgelenk, incisal an Expansionsbogen eingehängt, um die Extraktionslücken 14,24 zu schließen. Für Angle stellte die Extraktion bleibender Zähne eine alternative Therapieoption dar.

Insbesondere die Skandinavier und die deutschen Kieferorthopäden waren hier Vorreiter und konstruierten Aktivatoren (Frenkel, Balters, Teuscher...) die, im richtigen Alter angewendet, das natürliche Kieferwachstum stimulieren sollten.

Diesem Trend folgten dann leider nur noch wenige Kollegen (Hermann), denn nun gab es im Zuge der Industrialisierung in der Feinmechanik (bei Dentaurum/Forestadent, Pforzheim, JAC) eine neue Wunderwaffe zur Begradigung der Zähne, das Bracket. Seit Beginn der 1970er Jahre hielt nun dieser Behandlungsbehelf seinen eindeutigen Siegeszug in den kieferorthopädischen Praxen und dies mit mehr oder auch weniger Erfolg. Die Errungenschaften der herausnehmbaren Apparaturen verblassten.

Alles, was aus Übersee kam, war demzufolge „Best Fit“ und wurde zum Teil sehr unkritisch und sorglos übernommen. Da sich mit festsitzenden Apparaturen kein natürliches Wachstum erzeugen ließ, wurde zunächst extrahiert, was das Zeug hielt. Selbst mittelmäßige Engstände wurden gleich zum Schafott für vier gesunde Prämolaren. Die Folgetherapie mit versuchtem Lückenschluss stellte sich jedoch als weitaus schwieriger dar, als zunächst angenommen. Mannigfaltige Komplikationen stellten sich ein, vom einfachen Rezidiv bis zu Kiefergelenksbeschwerden, offenen Bissen und Respirationstörungen. Den Zungenraum einfach mal zu verkleinern und die Speesche Kurve zu zerstören, war dann doch nicht so ganz das richtige Ziel.

Diese vereinfachte, rabiate Therapie rächte sich nur allzu häufig. Nun begann bei den meisten deutschen Kieferorthopäden eine Rückbesinnung auf alte Werte, bzw. ein Umdenken. Kassenoptimiert stand nun die „Mehrphasentherapie“ im Vordergrund. In der ersten Phase wurden die Vorteile der herausnehmbaren Apparaturen in die Therapie eingebunden, entweder mit vorzeitigem Lückenschluss oder mit der Wachstumsförderung der Knochenbasen beider Kiefer. FKO-Platten-Multiband-Retention, so war nun das allerheiligste Konzept geboren, und dies hält sich bis heute noch erstaunlicherweise gut, trotz gesetzlicher Restriktionen und Hysterie der Wirtschaftlichkeitsprüfer (Gutachter).

Das war vielen jedoch dann zu kompliziert, und insbesondere von angloamerikanischer Seite funktionierte es mit den herausnehmbaren Apparaturen nicht so sehr, bedürfen diese doch einer durchaus strengeren Erziehungsmoral. Die knallharte Philosophie des Flat Face (...nur nicht so aussehen zu wollen, wie die afro-amerikanischen Mitbürger) von Ronald Roth, der gerne vor tausenden Kollegen das "I Like It! Four on the Flor" predigte, hatte in den 1990er Jahren seinen Höhepunkt und ebte zur Jahrtausendwende deutlich ab. Nun mussten neue Ideen her.

Jeder wollte es einfacher, suchte nach einem leichten Weg, ohne viel Mitarbeit der Patienten und mit schnellem Weg zum Ziel. Das führte zur Weiterentwicklung der Straight-Wire-Apparatur und hatte letztlich mit den vollprogrammierbaren, selbstligierenden Brackets ihren Siegeszug erhalten. Die Compliance-Free-Therapie war nun geboren. Obendrauf kamen noch die Experimente mit KFO-Implantaten und das Paket war geschnürt.

Doch wirklich? Nein, der kritische Kieferorthopäde erkannte schnell, dass mit einer Vereinheitlichung der Zahnbögen und einem Überdehnen der Alveolarfortsätze kein wirkliches Kieferwachstum geschaffen werden konnte und die Spätfolgen, wie Gingivarezessionen und womöglich vorzeitiger Zahnverlust, nur allzu offensichtlich waren. Feste Zahnsperre, wohl etwa ein Irrweg?

Ganz bestimmt nicht, aber nach heutiger Sicht und im Zeitalter der Digitalisierung mit Sicherheit nicht mehr zeitgemäß! Ach ja, ich hatte ganz vergessen, da gab es ja noch etwas, die Lingualapparatur, insbesondere für Erwachsene, die sich gerne einem größeren Leid unterziehen wollten, damit Außenstehende möglichst nichts von der anstehenden Therapie mitbekamen. Sprachstörungen und Irritationen der Zunge inklusive und eine viel zu hohe Extraktionsrate, weil hiermit wesentliche Aspekte einer orthodontischen Therapie nicht berücksichtigt werden konnten. Einige Liebhaber dieser Technik haben es zumindest zu einer gewissen Perfektion geschafft und damit auch sicher ihre Klientel zufriedengestellt. Durchsetzen konnte sie sich jedoch nicht.

Das neue Jahrtausend begann mit einem sehr merkwürdigen Auftritt. In der AAO-Jahrestagung in Toronto 2001 stellte erstmals eine Firma kieferorthopädische Fälle vor, die gerade bei erwachsenen Patienten ganz ohne festsitzende Behelfe auszukommen schienen und auch noch passable Ergebnisse vorweisen konnten (Abb. 10).

Ich kann mich noch sehr gut daran erinnern, viele ungläubige Gesichter gesehen zu haben, und selbst der Papst der komplizierten FRS-MB-Therapieplanung,

Abb. 10



AAO in Toronto 2001

Abb. 11



Dr. Ronald Roth mit Invisalign-Tagungsbändchen auf der AAO in Toronto 2001

Herr Kollege Ronald Roth, trug das Tagungsbändchen mit dem Namen des neuen Produktes (Abb. 11). Die Alignertherapie hielt nun Einzug in die „Neue Kieferorthopädie“ und knüpfte an vorherige Versuche von Harold D. Kesling (1945) an.

Heute, 22 Jahre später, hat die Alignertherapie ihren Platz in der modernen Kieferorthopädie gefunden und ist mit der voranschreitender Digitalisierung nicht mehr in unseren Praxen wegzudenken.

Leichtfertige Unternehmen meinen, dies sei ohne weiteres zu kopieren; jeder Zahnarzt kann nun das Fach der KFO mal so einfach nebenbei übernehmen. Das ist ein gefährlicher Trugschluss. Genauso, wie die selbstligierenden Brackets dem Kieferorthopäden das Planen und Überdenken der Therapie nicht wegnehmen konnten, ist für die Anwendung von CAD/CAM-gesteuerter Alignertechnik ein hohes Maß an Know-how notwendig.

Während viele junge Kieferorthopäden in den vergangenen zwei Dekaden noch in gutem Glauben den Weg einer rein mechanischen, festsitzenden Behandlungsstrategie gegangen sind, aus heutiger Sicht ein Irrweg, haben einige sich schon auf den Pfad der digitalen Kieferorthopädie gewagt und ihre Praxen zum Teil schon vollständig auf eine Alignertherapie umgestellt.

Dass das (insbesondere in der Erwachsenentherapie) möglich und auch ganz ohne die in Anspruchname externer, zumeist profitorientierter Firmen, realisierbar ist, soll anhand des nachstehend aufgeführten Falls exemplarisch erörtert werden. Neben einfacheren Fällen, wie in dieser Ausgabe vom Herrn Kollegen Max Herberg vorgestellt, sind auch komplexe Zahnfehlstellungen in eigener Regie ohne festsitzende Apparaturen therapierbar.

Die Unterstützung digitaler Hilfsmittel, wie Intraoral-Scanner, 3D-Behandlungssoftware und digitales Röntgen, führt zu einem sicheren therapeutischen Ziel und gewährt bei optimalem Timing ein kiefergelenksorientiertes und individuell angepasstes, optimales Ergebnis.

## Zum vorliegenden Fall

### Befund:

Der 50-jährige Patient (Abb. 12-14) hatte eine KFO-Vorbehandlung als Kind. Dennoch kam er mit dem Befund

eines frontalen Kreuzbisses in der Front, Zahn 21,22, 23, in unsere Praxis (Abb. 15). In allen vier Quadranten lag eine Schaltlücke vor (Abb. 18). Die Zähne 14, 15, 24,25,27 im OK und 35,36,37, 46,47 im UK fehlten. Im ersten Quadranten ersetzte eine Brücke 13-16 den fehlenden Zahn 15 bei geschlossener Relation 14 (Abb. 16).

Abb. 12



Portrait-Aufnahme vor Behandlungsbeginn

Abb. 13



Profil vorher mit deutlich vorstehender Unterlippe

Abb. 14



Kreuzbiss in der Front und multiple Abrasionen

Abb. 15



Frontaler Kreuzbiss vor medi.ligner-Therapie

Abb. 16



Intraoral rechts

Abb. 17



Intraoral links

Im dritten Quadranten ersetzt eine fünfgliedrige Brücke die Lücke der fehlenden Zähne mit Abstützung auf den Pfeilern 34 zu 37 (Abb. 17). Der Zahn 48 ist um eine halbe Prämolarenbreite nach mesial Richtung 47 mit leichter Kippung aufgewandert und steht im antagonistischen Kontakt zu 17.

Abb. 18



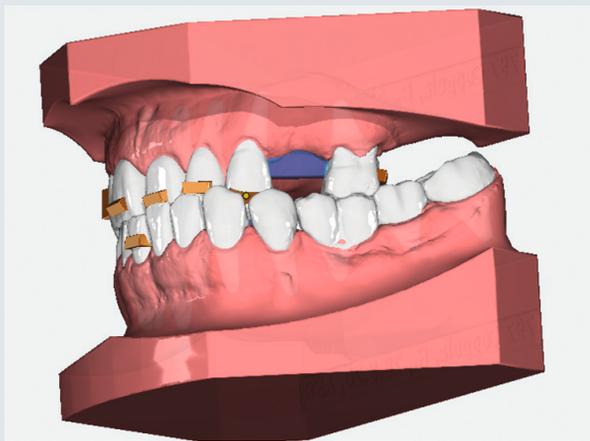
OPT Anfang, Schalllücken im 2. und 4. Quadranten und Prothetik im 1. und 3. Quadranten

Abb. 19



Frontansicht, leicht geöffneten Zahnreihen zeigen deutliche Abrasionen

Abb. 20



Ausgangssituation im CC-mit OnyxCeph<sup>3TM</sup>

Die Wurzelspitze des Zahnes 11 zeigt sich in der Panoramaschichtaufnahme verkürzt. Die Kieferhöhlen sowie die Kiefergelenke sind ohne pathologische Befunde abgebildet (Abb. 18).

Die Zähne weisen multiple konservierende Versorgungen mit Füllungstherapie auf, wobei die KL5-Defekte an den Front- und Eckzähnen und im linken Seitenzahnbereich 12,22,23,34,33 auffällig erscheinen und wohl eine Folge der dysgnathen Funktionsstörung sind. Die oberen und unteren Frontzähne zeigen ein deutliches, irreguläres Abrasionsmuster (Abb. 19). Die marginale Gingiva ist an den Zähnen 13,11,23,26,34,33 retrahiert.

Die unteren Frontzähne stehen protrudiert lückig, die oberen linken Frontzähne retrudiert bei ansonsten neutraler Seitenzahnrelation (Abb. 16, 17). Die Mittellinie ist in Folge der weitgehend geschlossenen Lücke 14 um 2,5 mm nach rechts verschoben. Bei der manuellen Funktionsanalyse wurden keine pathologischen Auffälligkeiten festgestellt.

In der sagittalen, sowie in der parasagittal exzentrischen Ansicht (nach Polzar) steht der rechte Condylus in zentraler Position. Der linke Condylus weist jedoch eine deutliche Kompression mit verminderten Gelenkspalt auf. Die Abweichung der Schneidezahninklination des Zahnes 21 von der morphologischen Idealposition beträgt retroinkliniert  $-28,7^\circ$  (Abb. 20).

### Diagnose

Frontaler Kreuzbiss mit multiplen Seitenzahnrestaurationen bei neutraler skelettaler Relation und KI-I-Okklusion im Seitenzahnbereich, soweit feststellbar.

### Therapie

Überstellen des frontalen Kreuzbisses und des Zahnes 23. Aufrichten und distalisieren um eine PM-Breite des Zahnes 26. Retrusion mit Lückenschluss in der UK-Front. Aufrichten des Zahnes in Regio 47.

### Equipment

Zur Durchführung der Therapie kamen folgende diagnostischen Geräte zum Einsatz: digitale Photographien, digitales Röntgen (OPT) mit Morita Veraviewepocs S, Intraoralscanner Medit, Intraoralscanner iTero element, 3D-Röntgenapparatur Newtom 5G XL, OnyxCeph-Aligner

ner-Modul, 3D-Drucker der Firma Formlabs, Folientechnik mit Tiefziehgerät der Firma Scheu Dental mit entsprechenden Tiefziehfolien. Tertric Evo Ceram für die Attachments sowie Schofu Flow, dentale Gummizüge.

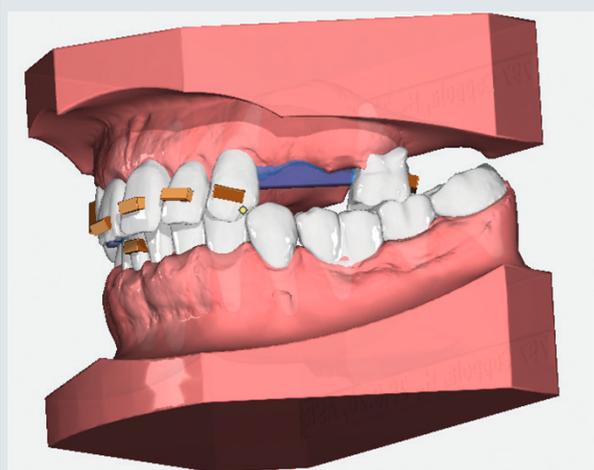
## Therapieverlauf

Zum Einsatz kam das hauseigene Behandlungskonzept mit Alignern der eigenen Marke [medi.lign](#). Hier muss ich einen Exkurs einschieben: Leider wurde unter Prozessandrohung einer führenden Alignerfirma uns die Marke, [medi.lign](#), wieder vom Markt genommen! Die gleiche Firma hatte gegen die Marke [Swiss-Align](#) geklagt, jedoch diesen Prozess vor Gericht verloren. Die Bredent Gruppe vertreibt Produkte der Marke [top.lign](#), [crea.lign](#) und [uni.lign](#) und wird von besagter Aligner-Firma markenrechtlich nicht angegriffen. Align ist im Cambridge Dictionary zu finden und lign ist die Abkürzung von ligne was im französischen nichts Anderes heißt als Holz! Der Verfasser dieses Artikels besaß die Marke „Invisaligner“, weit bevor eine Firma mit ähnlichem Markennamen einen deutschen Patentschutz erlangte!!! Kurzum, wir haben eine alte Marke Namens [Bioligner](#)® und haben nach Absprache mit der bedrohenden Firma unser Produkt nun [Medi.ligner](#)® genannt. Das Leben ist zu kurz, um sich hier mit einer solch großen Firma noch in einen langjährigen und auch unsinnigen Rechtsstreit zu begeben. Was wir jedoch daraus lernen können ist, dass die ansässigen großen etablierten Aligner-Firmen die neuen Eigenproduktionen als eine absolute Gefahr für ihren Geschäftserfolg werten und dagegen mit aller Härte, selbst gegen eigene treue Anwender vorgehen. Also packen wir es an und machen endlich unsere Ali-

gnotherapie vollkommen autark in der eigenen Praxis und mit eigener Laborproduktion! Das Kow How liegt auf unserer Seite. Das sollten wir auch nicht so leicht an disruptive Elemente unserer Gesellschaft verschenken und uns womöglich noch unärztlich und fahrlässig die Planungshoheit aus der Hand nehmen lassen!

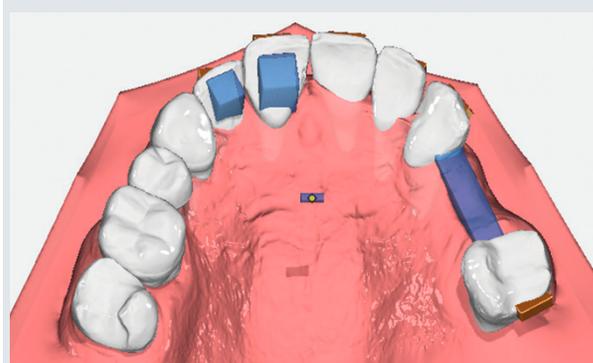
Zurück zu unserem Fall. Es wurden 21 Stages bis zum vollständigen Überstellen der Frontzähne und zum Aufrichten der gekippten Zähne geplant ([Abb. 20, 21](#)). An den Frontzähnen waren hierfür jeweils horizontale, rechtwinklige Attachments notwendig. An den Zähnen 11 und 12 wurde palatinal eine größere Inzisalrampe aufgebracht, um den Biss zu heben und das Überstellen der benachbarten Frontzähne zu erleichtern ([Abb. 22](#)). Diese Ramps wurden jedoch nicht mit Composite gefüllt und konnten nach dem Überstellen der Frontzähne dann weggelassen werden. Die vorhandenen Brücken wurden nicht getrennt, sondern als Verankerung ohne Bewegungsimpuls belassen. Unter der fünfgliedrigen

Abb. 21



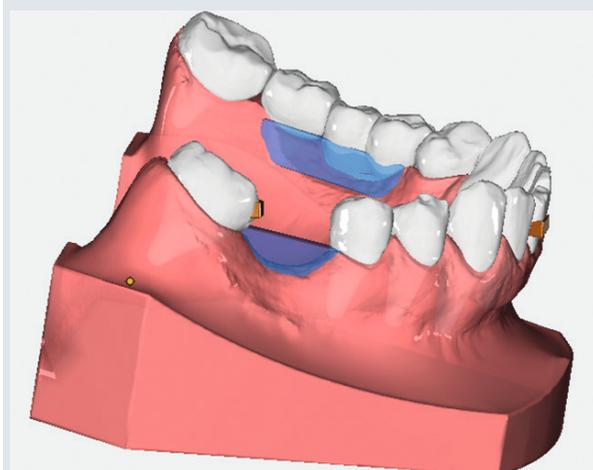
Behandlungsziel nach 21 Aligner je Kiefer

Abb. 22



Mit ungefüllten Rampen als Aufbisse an Zahn 11, 21

Abb. 23



Unterfütterungssteg im 3. QT und Verbindungssteg im 4. QT

Brücke und an den Schalllücken im zweiten und vierten Quadranten wurden Unterfütterungs- und Verbindungsstege angebracht (Abb. 23).

Zum Test wurden zunächst nur zwei Stages angefertigt und dem Patienten für vier Wochen überlassen. Dabei stellte sich doch schon sehr bald heraus, dass der Verbindungssteg 45 zu 47 zu tief positioniert war. Die Aligner knickten folglich ab und waren für den weiteren Behandlungsverlauf unbrauchbar (Abb. 24). Dies konnte dann in den darauffolgenden Alignern durch Aufwachsen oder Änderung im ClinCheck direkt korrigiert werden. Genau dies ist der enorme Vorteil einer eigenen Alignerproduktion. Läuft etwas unplanmäßig oder schief, so können wir direkt darauf reagieren und den Patienten bestmöglich betreuen.

Dadurch, dass die Trimline nicht dem Verlauf der Zahnhäuse folgt, haben die Aligner insgesamt eine viel höhere Stabilität, sind verwindungssteifer, was wiederum bei dem Einsatz von KL-II- und KI-III-Gummizügen von enormem Vorteil ist (Abb. 25). Die Okklusionsebene klappt nicht zusammen und wir können eine bessere Ausformung der Speekurve und der Wilsonkurve gewährleisten.

Abb. 24



Abgelenkter Aligner an Zahn regio 47 in Folge zu geringer Dimensionierung des Verbindungssteiges.

Abb. 25



Trimline ist horizontal u. verläuft über die interdentalen Papillen.

In den ersten vier Wochen hatte der Patient Gewöhnungsschwierigkeiten, so dass er die Aligner tagsüber nicht regelmäßig tragen konnte. Dies besserte sich jedoch zunehmend mit der Zeit so, dass er nach 10 Wochen berichtete, die Aligner regelmäßig zu tragen. Er nahm die Aligner sogar beim Essen nicht mehr raus, was für den Behandlungserfolg zum Überstellen der Frontzähne und des Eckzahnes 23 eine erhebliche Absicherung bedeutete.

Ab Aligner Nr. 10 wurden zusätzlich noch KI-III-Gummizüge verordnet, die er möglichst auch noch ganztägig und nachts tragen sollte. Mit den Einschnitten zum Einhängen der Gummizüge kam der Patient allerdings nicht zurecht, da diese sich im Molarenbereich nach außen bogen und die Wangenschleimhaut irritierten (Abb. 26). Deshalb wurden in der darauffolgenden Sitzung ab AI 14 die Einschnitte durch Knöpfe an den unteren Eckzähnen und durch Häkchen an den Zähnen 17,26 ersetzt (Abb. 27). Hiermit konnte der Patient die Gummizüge nun viel leichter einsetzen.

Abb. 26



KL-III-Gummizüge verformen die Alignerkerben.

Abb. 27



Knöpfchen und Häkchen sorgen für einen besseren Halt der Gummizüge.

Nach 11 Wochen und Stage 15/16 stellten sich bei dem Patienten starke Nacken- und Kopfschmerzen ein und er konnte die Gummizüge nur noch nachts tragen. Hier ist nun der kritische Punkt erreicht, denn die Zähne müssen zum Überstellen des Kreuzbisses auf die andere Seite „springen“. Um diese Phase mit den schon aktivierten, und gelockerten Zähnen zu verkürzen, wurde nun ein 7-tägiger Wechselrhythmus angeordnet (Abb. 28, 29).

Nach 16 Wochen und 16 Alignern war es nun soweit. Die Frontzähne und Zahn 23 waren nun überstellt. In Folge der Resilienz der Kiefergelenke und des erfolgreichen Einsatzes von KL-III-Gummizügen ist die Überstellung sogar etwas früher gelungen, als im ClinCheck nach eigentlichem Plan zu sehen ist (Abb. 30, 31).

Diese positive Erfahrung habe ich bisher bei allen derartigen Fällen mit frontalem Kreuzbiss gemacht. Die Behandlungsplanung läuft immer dem eigentlichen Therapieerfolg hinterher. Wichtig ist nur, dass gerade

in der schwierigen Phase, in der die Zähne aneinander durchwandern, der Therapieverlauf schneller erfolgen sollte und man aus der so unbequemen Situation mit Kopfbissstellung der zu überstellenden Zähne so schnell wie möglich wieder heraus kommt (Abb. 32,33). Frühkontakte an Zahn 26 und 26 verhindern nun das Einstellen der vertikalen Relation. Hierfür wird nun im Abschluss das Tempo gedrosselt und der palatale Höcker des Zahnes 26 an die neue antagonistische Relation durch Einschleifen angepasst. Ab AI 16 bis zum Ende hin wurden dann die Aligner nur noch alle 4 Wochen gewechselt, um dem Settling mehr Zeit zu geben. Der Biss stellt sich noch als seitlich offen dar (Abb. 34). Ab AI 20 wurden die KL-III-Gummizüge nicht mehr benötigt, da sich eine ausreichende Überkorrektur des gewünschten Behandlungsergebnisses abzeichnete. Der letzte Aligner Nr. 21 wurde dann für 8 Wochen jeweils nur noch nachts getragen, um ein ausreichendes Settling zu gewährleisten.

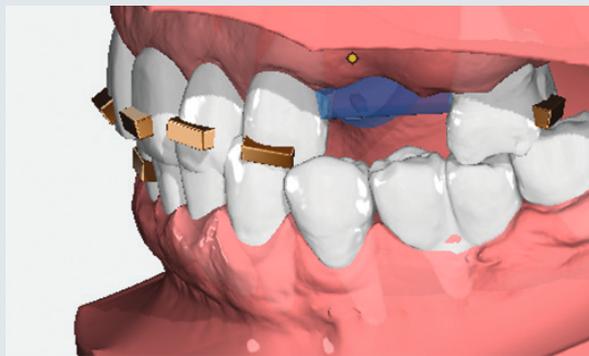
Als Feinkorrektur folgte dann ein CaseRefinement. Die noch vorhandenen Restlücken in der UK-Front sollten hierbei geschlossen werden und die oberen Frontzähne durch mehr Torque an Zahn 11 und Retrusion des nun überstellten Zahnes 22 an den Zahnbogen angeglichen werden. Hierfür waren noch vier weitere Steps mit insgesamt 8 Alignern erforderlich (Abb. 35-38).

Abb. 28



Nach 11 Wochen stehen die Eckzähne im Kopfbiss und lösen Kopfschmerzen aus. Die KL-III-GZ müssen vorerst weggelassen werden. Das Tempo des Alignerwechsels wird auf 7 Tage erhöht.

Abb. 29



Stage 11 mit Überlagerung der Eckzähne

Abb. 30



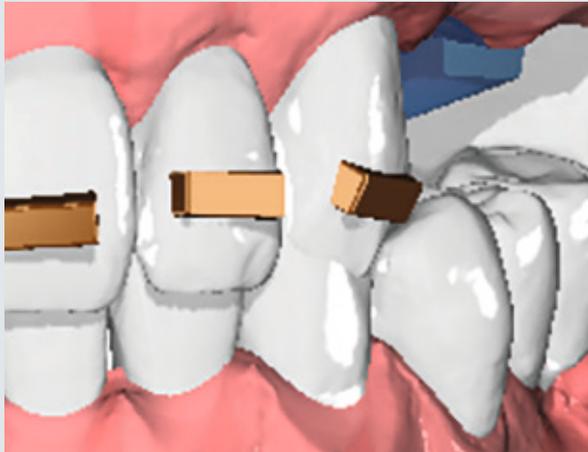
Mit dem 16. Aligner wurde die Hürde überwunden und der Zahn 23 ist überstellt.

Abb. 31



Vergleich mit dem CC. Der Zahn 23 ist im CC gerade überstellt.

Abb. 32



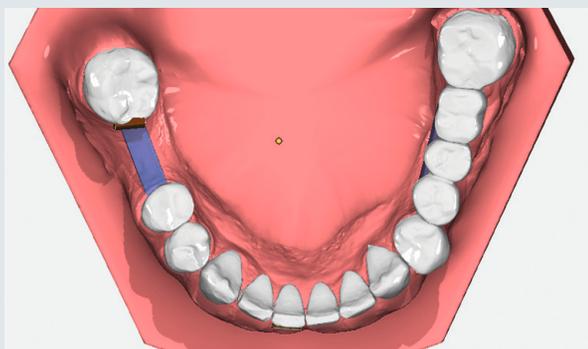
Im CC noch nicht vollständig überstellter Kreuzbiss am Zahn 23.

Abb. 34



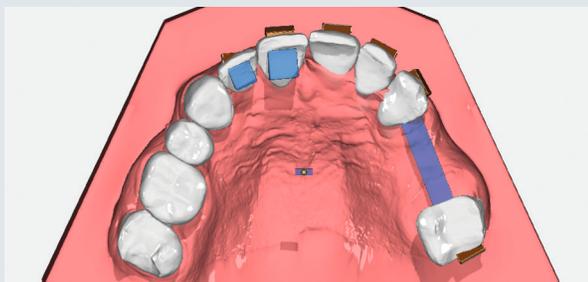
Bei gerade überstelltem Kreuzbiss zeigt sich noch ein seitlich offener Biss.

Abb. 35



Ziel UK Behandlungsverlauf nach 21 Alignern

Abb. 37



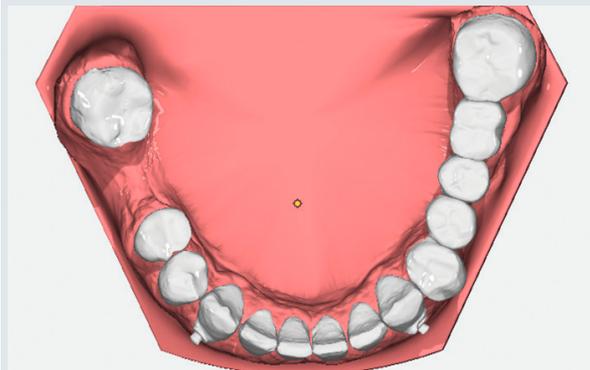
Ziel OK ClinCheck über Überkorrektur 21, 22

Abb. 33



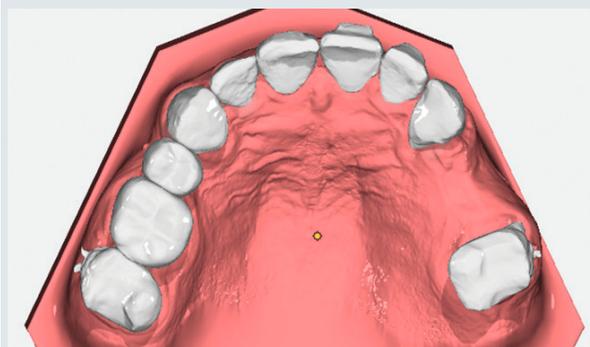
Im Vergleich hierzu ist in situ das Ziel schon erreicht. Der Eckzahn 23 ist aus dem Kreuzbiss befreit.

Abb. 36



Scan des erreichten Ergebnisses. In der UK-Front sind noch Restlücken zu schließen

Abb. 38



Scan des OK vor CaseRefinement. Nur noch minimale Veränderungen in der Front können das Ergebnis verbessern.

Nach insgesamt 25 Alignern pro Kiefer, einem CR und einer aktiven Behandlungsdauer von 13 Monaten konnte dieser Fall erfolgreich abgeschlossen werden (Abb. 39,40). Eine Retention mit LPR im OK und UK und nachts zu tragenden Schienen sorgt für eine ausreichende Stabilität des erreichten Behandlungsergebnisses. Der noch vorhandene seitlich leicht offene Biss setzt sich erfahrungsgemäß in den nächsten 3-6 Monaten. Danach kann die überweisende Hauszahnärztin mit der prothetischen Versorgung der Schalltlücken im zweiten

Abb. 39



Behandlungsergebnis mit übergestellter Front

Abb. 40



Rekonturierte und aufgebaute Inzisalkanten runden das erreichte Behandlungsergebnis ab.

Abb. 41



Profilvergleich, vor und nach der Medi.Ligner-Therapie. Eine eindrucksvolle Harmonisierung des Gesichtsprofils wurde erreicht.

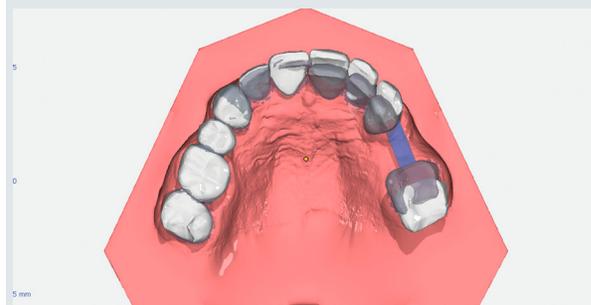
und vierten Quadranten beginnen. Der Vergleich des Profils nach Behandlungsabschluss mit dem Ausgangsbefund spiegelt die erheblich verbesserte Ästhetik und die erreichte neue Harmonie sehr eindrucksvoll wider (Abb. 41). Die Überlagerung des OK, Ausgangsbefund mit dem erreichten Therapieziel, veranschaulicht sehr deutlich die sehr großzügige Öffnung der Schalltlücke im zweiten Quadranten mit Mesialisierung und Überstellen des Zahnes 23 sowie einer gelungenen Distalisierung des endständigen Molaren 26 (Abb. 42).

## Neue diagnostische Optionen im DVT

### KG-DVT-Vergleich vor und nach der Therapie

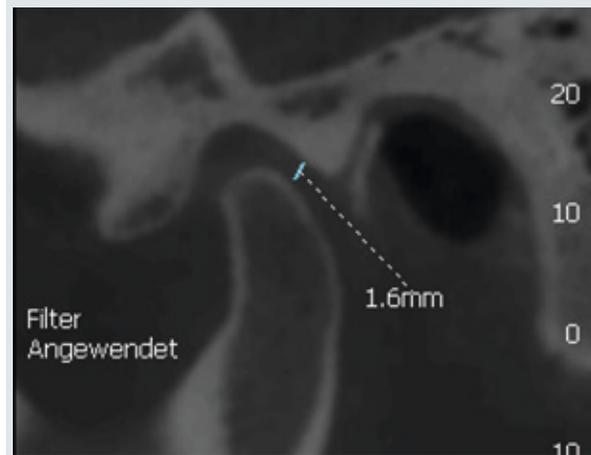
Im DVT vor Behandlungsbeginn steht das linke Kiefergelenk nicht zentral in der fossa articularis. Es liegt eine dorsale Kompression mit nach dorsal verengtem Gelenkspalt vor. Sowohl in der WhiteFox-Software, als auch in der EzD-i-Software kann ein verengter dorsaler Gelenkspalt von 1,4 bis 1,6 mm gemessen werden (Abb. 43,44). Auf der rechten, kontralateralen Seite hingegen

Abb. 42



Überlagerung der Zahnstellung vorher/nachher im Computer mit deutlicher Lückenöffnung im 2. Quadranten

Abb. 43

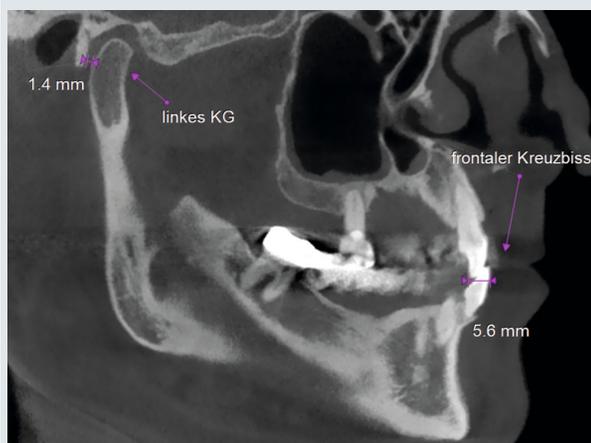


Linkes Kiefergelenk vorher, mit dorsaler Kompression im EzD-i

misst der dorsale Gelenkspalt in beiden Darstellungstechniken eine Breite von 3,3 mm vor der Therapie (Abb. 45,46). Dieser Wert ist auch nach der Therapie stabil geblieben (Abb. 47).

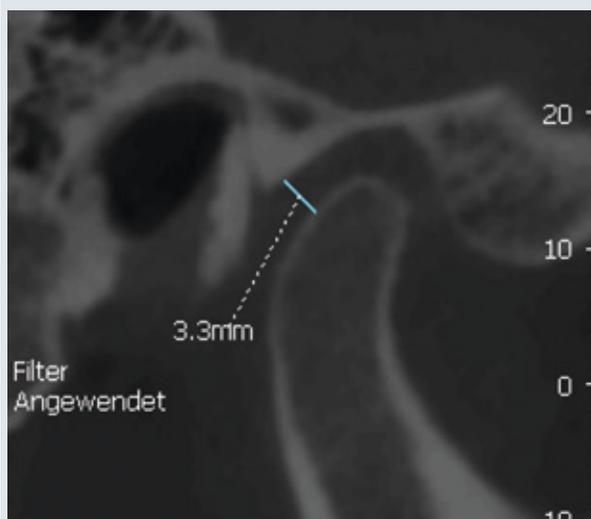
Erfreulicherweise hat die Rekonstruktion der sagittalen Relation und das Tragen der KI-III-Gummizüge dazu geführt, dass sich die Kompression im linken Gelenkspalt aufgelöst hat. Dies spricht nicht nur für einen ästhetischen, sondern auch für einen deutlichen funktionellen Therapieerfolg. Die hierbei dargestellte neue Betrachtungsweise mit parasagittal exzentrischer Schnittführung wird der neuen bildgebenden Diagnostik gerecht und ermöglicht somit neue Aspekte der 3D-Diagnostik (Abb. 48).

**Abb. 44**



Linkes KG parasagittal exzentrische Aufnahme (nach Polzar) vorher mit deutlich verengtem dorsalem Gelenkspalt

**Abb. 45**



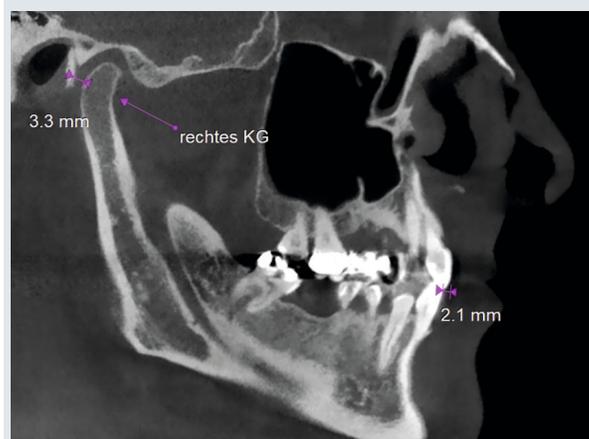
Rechtes KG, dargestellt im EzD-i vorher, ohne Kompression

**Abb. 48**



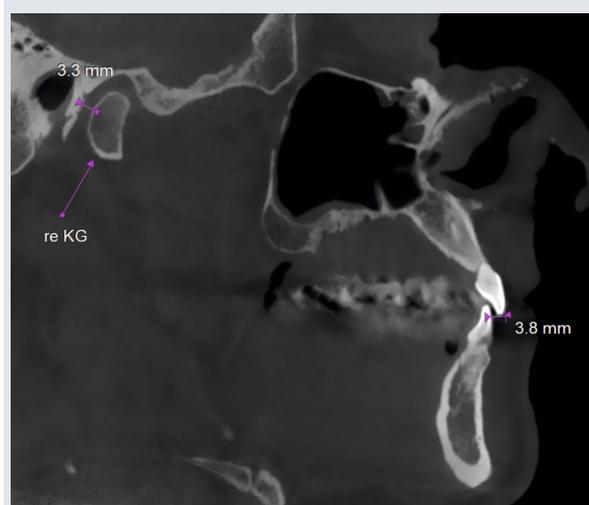
Parasagittale Schnittführung der linken Seite, nach aktiver Therapie. Die KG-Relation hat sich im dorsalen Bereich deutlich entspannt.

**Abb. 46**



Rechtes KG parasagittal vorher, mit gleichzeitiger Abbildung des KG und der frontalen Reittalenlation der Inzisiven.

**Abb. 47**



Parasagittal exzentrische Aufnahme nach Behandlungsende mit stabiler KG-Relation auf der rechten Seite

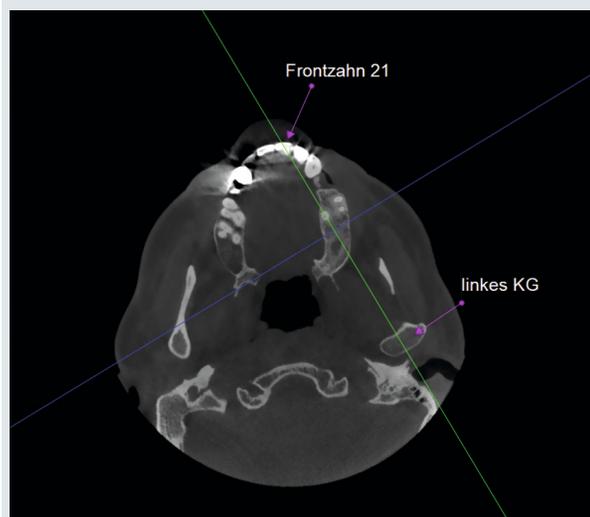
Auf dieser Ebene sind sowohl die Kiefergelenke als auch die Frontzähne in ihrer Relation zueinander abgebildet; deutlich wird die besondere Beziehung dieser beiden anatomischen Strukturelemente. Bei voll bezahntem Gebiss lässt sich hierbei auch noch die Seitenzahnrelation zwischen OK und UK mit einbeziehen, was zu einem vollständigen Überblick über die anatomisch wichtige parasagittale Relation führt. Der Verfasser hofft, dass diese Betrachtungsweise in der Zukunft als Standardanalyse in der digitalen KFO Anwendung finden werde (Abb. 49,50,51).

### Inzisivinklination und DVT im Vergleich

Die Betrachtungsweise im DVT lässt eine individuelle Bestimmung der Inzisiveninklination zu und ermöglicht die Ermittlung einer optimalen Position im Alveolarknochen, wie es mit bisherigen 2D-Analysen im FRS nicht möglich war.

Zieht man das Lot parallel zur palatinalen und zur vestibulären Wand der alveolären Kompakta, so erhält man die patientenindividualisierte, anatomisch ideale Inklination der Schneidezähne zur gegebenen anatomischen Struktur. Nun zieht man eine weitere Linie durch die Längsachse der Inzisiven, hier durch die Längsachse des mittleren oberen Schneidezahnes, der dem Verlauf der Pulpa und der Kronenmitte in der Sagittalebene folgt. Der sich bildende Schenkel beschreibt die Abweichung zur Idealen Position im jeweiligen Kiefer (siehe oben, Abb. 20).

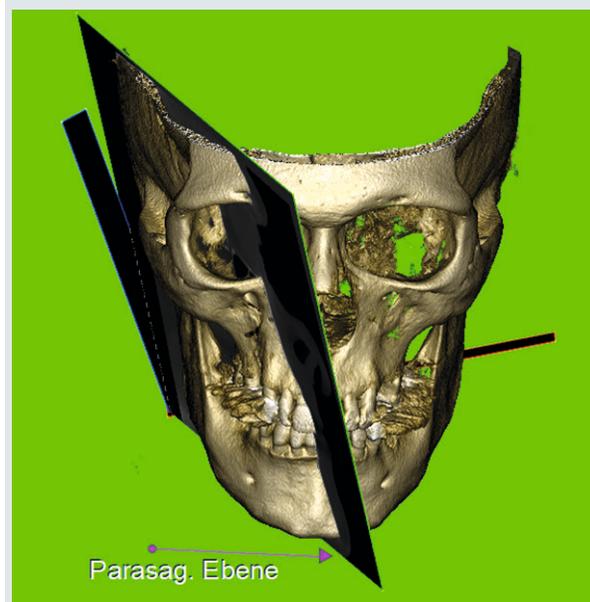
Abb. 49



Horizontale Übersicht der parasagittal exzentrischen Schnittführung

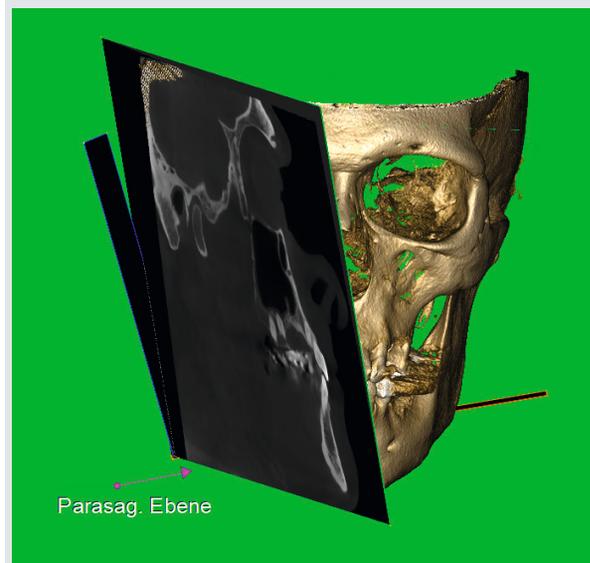
Mittelwerte, welche noch dem Typus brachiofacial, dolichofacial oder mesiofacial oder dem Kieferbasiswinkel entspringen, werden hierbei nicht mehr benötigt. Eine patientenoptimierte Analyse ist somit möglich. In dem hier vorliegenden Fall beträgt die Abweichung des oberen Inzisivus von der idealen Stellung vor der Behandlung 28,7°. Vergleicht man diese Aufnahme mit der Inzisalstellung nach Abschluss der Therapie (Abb. 52), so ergibt sich eine Verbesserung des Inzisalwinkels um 18,7°. Die Abweichung von der individuellen

Abb. 50



Parasagittal exzentrische Schnittebenen, projiziert in 3D-Schädel

Abb. 51



Parasagittale exzentrische Ebene in der 3D-Aufsicht

optimalen Inklination beträgt somit nur noch 10°. Das heißt, mit der Alignertherapie konnte der Zahn 21 um 18,7° erfolgreich getorquet werden. Derartige Zahnbewegungen gelingen mit festsitzenden Apparaturen nur sehr mühsam und haben den Nachteil, dass sie fast immer mit einer iatrogenen Schädigung der Zahnwurzel und sichtbaren Wurzelresorptionen verbunden sind. In dem Sagittalschnitt nach Abschluss der erfolgreichen Therapie sind solche iatrogenen Schädigungen nicht feststellbar. Selbst eine 3D-Ansicht des einzelnen Zahnes lässt keine Rückschlüsse auf eine iatrogene Schädigung zu. Hier zeigt sich der enorme Vorteil der Alignertherapie. Torquebewegungen sind machbar, leichter durchzuführen und ohne nachweisbare iatrogene Nebenwirkungen!

#### Kontrolle des Respirationstraktes im DVT

Viel zu selten wird einer der wichtigsten Funktionsräume, die der Kieferorthopäde mit seiner Therapie beeinflusst, mit in die diagnostische Überwachung einbezogen; dabei liegt darin nach Überzeugung des Autors eine grundlegende Verantwortung des Therapeuten, der er sich nicht so ohne weiteres entziehen kann. In dem hier vorgeführten Fall mussten keine Lücken geschlossen werden, es kam auch nicht zu einer Einschränkung der Atemwege, wie es bei der bimaxillären orthognathen Chirurgie bei KI-III-Patienten bisweilen vorkommt. Umso erfreulicher ist es, dass mit der Atemwegsanalyse im Ez3D-i die respiratorischen Volumina konstant geblieben sind (Abb. 53,54).

Abb. 52

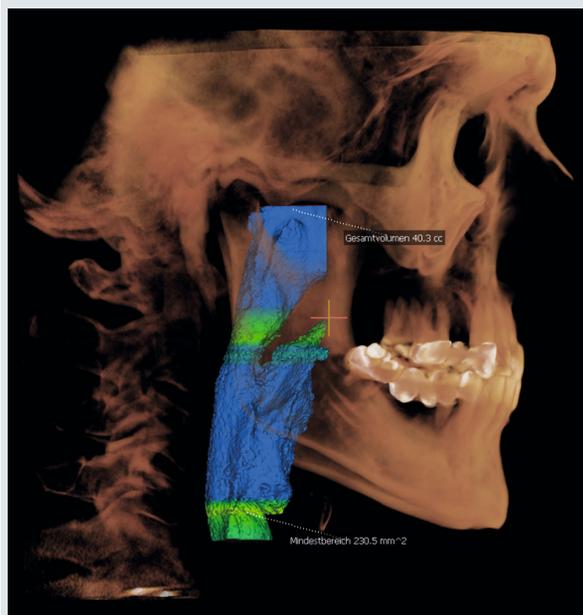


Verbesserung der OK-Inzisalneigung um 18,7°

#### 3D-Controlling im DVT, Cranioplan®, Cranosphere®

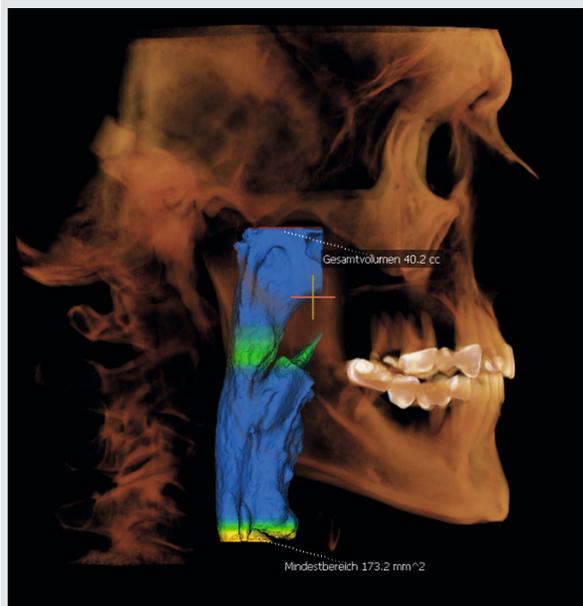
Nur anhand der Unterstützung einer DVT-Aufnahme ist es möglich, die reale dreidimensionale Situation zu erfassen (Abb. 55 a-c) und das erreichte Behandlungsergebnis (Abb. 56 a-c) in allen drei Dimensionen mit dem Ausgangsbefund zu überlagern (Abb. 57). Die hier dargestellte Abbildung beschreibt die Überlagerung des Ausgangszustandes, OK gelb und UK grün,

Abb. 53



Atemwege: Anfangs ohne Einengung im oropharyngealen Bereich des Respirationstraktes

Abb. 54



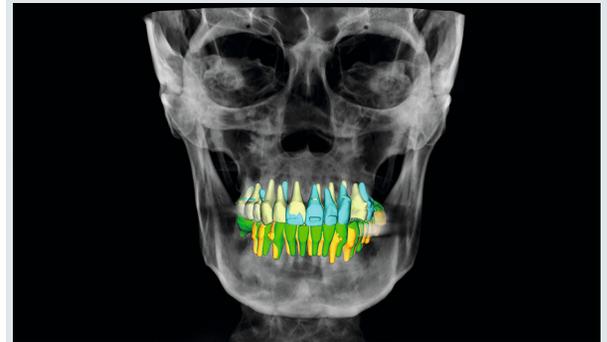
Nach Behandlungsende sind die pharyngealen Atemwege frei

mit dem erreichten Ziel, OK blau und UK orange, in der frontalen Ansicht.

Durch Überlagerung der geplanten Zahnbewegung des ClinCheck aus der OnyxCeph<sup>3™</sup>-Therapieplanung mit der abschließenden DVT-Aufnahme nach Therapieabschluss ist eine exakte Kontrolle der kieferorthopädischen Bewegung möglich (Abb. 57). Erst hiermit wird sichtbar, an welcher Stelle noch weitere Verbesserungen zur optimierten Zahnbewegung notwendig sind. Es lässt sich erst hierdurch erkennen, ob die durchgeführten Zahnbewegungen den Knochenpfad verlassen haben, oder ob sie in optimaler Weise diesem gefolgt sind. Auch lässt sich dabei klären und weitergehend erforschen, inwieweit es zu einer durch die KFO-Behandlung induzierten Knochenneubildung gekommen

ist und ob diese dauerhaft stabil bleibt. Dies wird sicherlich den Weg der Zukunft in der Kieferorthopädie maßgeblich bestimmen.

Abb. 57



Überlagerung Anfangsbefund, gelb-grün, mit Endposition der Zähne, blau-orange

Abb. 55a



Abb. 55b



Abb. 55c



a-c: Überlagerung des CC vom Anfangsbefund mit dem DVT vom Anfangsbefund

Abb. 56a



Abb. 56b

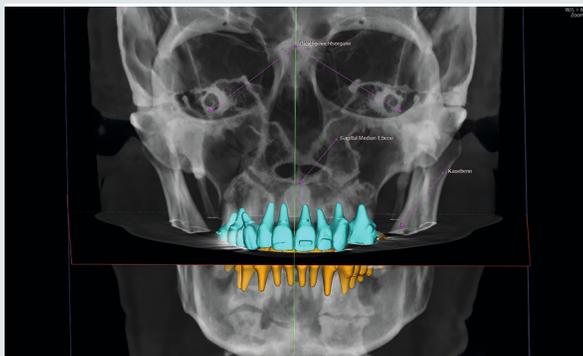


Abb. 56c



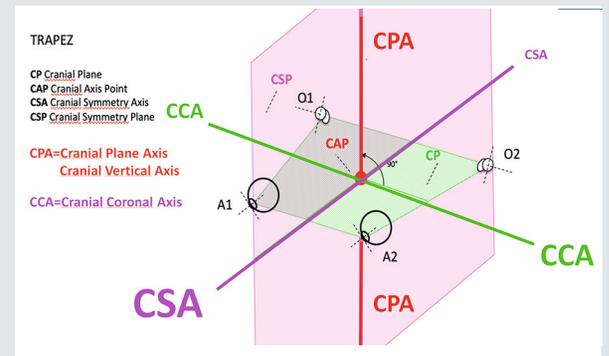
a-c: Überlagerung des CC vom Endbefund mit dem DVT vom Endbefund

Abb. 58



Okklusionsebene parallel zur Craniosphäre

Abb. 59



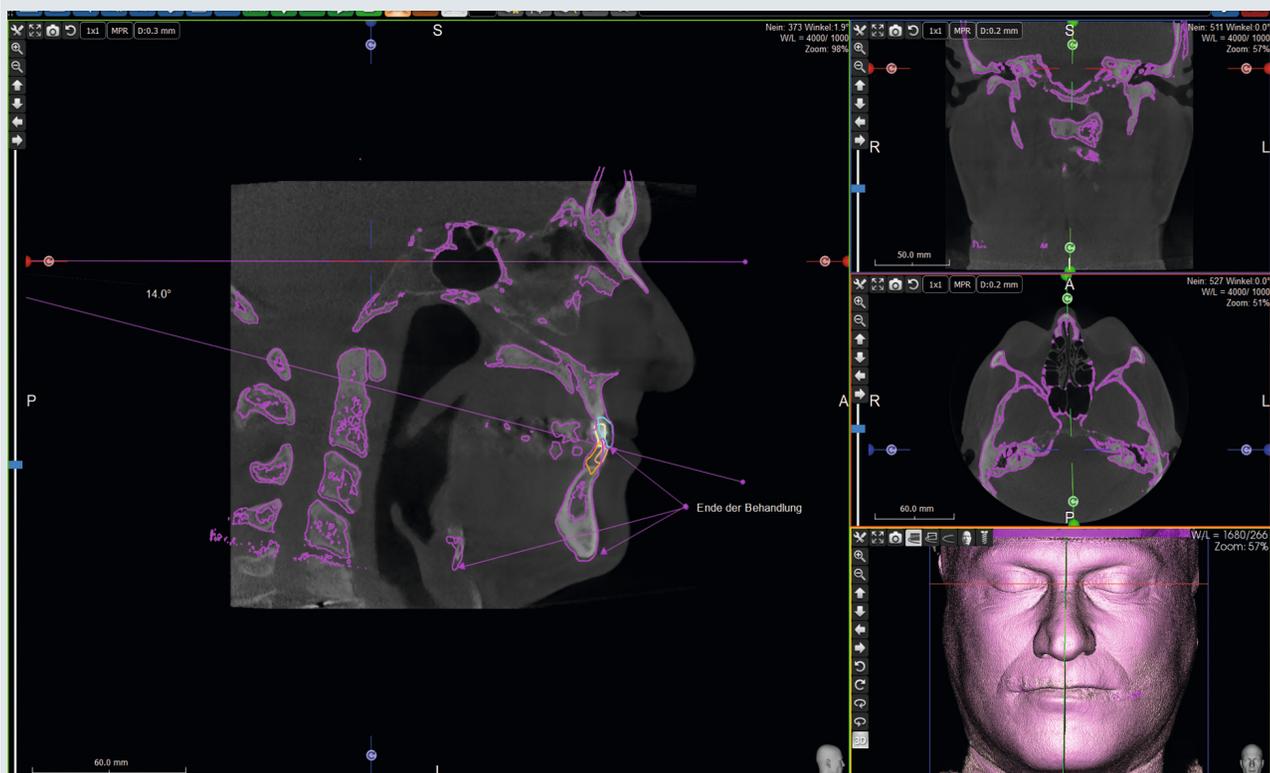
Schematische Darstellung der Gesichtsebenen und Gesichtssachsen nach Polzar, Hornung im Cranioplan-System.

Eine genauere Analyse mit dem patentierten CranioPlan®-Verfahren führt zu einem erstaunlichen Resultat. Ausgehend von der BiPupilar-Ohrachse schwenken wir die CranioPlane im Schenkel der Ohrachse um  $14^\circ$  nach kaudal und treffen dabei symmetrisch auf die Kauebene zu beiden Seiten (Abb. 58). Das heißt, wir haben in der Front und im Molarenbereich nun eine exakt parallele Ausrichtung der horizontalen Ebene erreicht. Die vertikalen Kraftvektoren der dominierenden Kaumuskelatur, m. massetericae und m. temporali, treffen auf eine ausbalancierte Basis und verteilen die Krafteinwirkung dieser Muskeln in harmonisch balancierter Weise gleichmäßig auf die Okklusionsebene - orthognate Krafteinteilung. Das vertikale, mittige Lot der Ohrachse trifft sich auch hier millimetergenau im Interinzisalpunkt und im approximalen Kontakt zwischen den oberen Inzisiven. Die craniale Symmetrieachse verläuft mittig zur cranialen Symmetrieebene deckungsgleich entlang der Sagittalebene (Abb. 58, 59). Die Abb. 60 beschreibt die Überlagerung des abschließenden DVT-Befundes als STL-Datensatz (violett) mit dem DICOM-Datensatz des Anfangsbefundes in allen drei Dimensionen (Abb. 60). In der sagittalen An-

sicht wurde entlang der CranioPlane die Cranosphere mit  $14^\circ$  Winkel ermittelt (Abb. 61). Der kaudale Gradient führt entlang der horizontalen Okklusionsebene und berührt als Tangente die Inzisalkante der oberen Inzisiven. Durch die Distalisation der Molaren 26 und regio 47 ist es zu einer Counter-Clockwise-Rotation der Mandibula gekommen, welche eine von dorsal ausgehende Bisshebung bewirkt hat (siehe gelbe Pfeile in Abb. 62). Diese Rekonstruktion der Bisshöhe auf ihre natürliche Ebene unterstützt eine Dekompression beider Kiefergelenke und wirkt positiv auf das Überstellen des frontalen Kreuzbisses, da es die unteren Inzisiven zusätzlich nach lingual inkliniert.

Durch die neuen diagnostischen Möglichkeiten, welche sich aus dem Hinzuziehen der 3D-Röntgentechnik ableiten lassen (individualisierter Inzisalwinkel, parasagittale exzentrische Ebene, CranioPlane), ergeben sich bessere Instrumente der cephalometrischen Analyse zur Überwachung des Behandlungserfolges in der Kieferorthopädie. Sie sollten zukunftsweisend für moderne kieferorthopädische Behandlungskonzepte sein und dem Therapeuten dazu verhelfen, seinen Patienten eine bessere Orthodontie zu gewährleisten.

Abb. 60



Überlagerung des STL Datensatzes des Endbefundes mit dem DICO-Datensatz des Anfangsbefundes in allen drei Ebenen.

## Würdigung

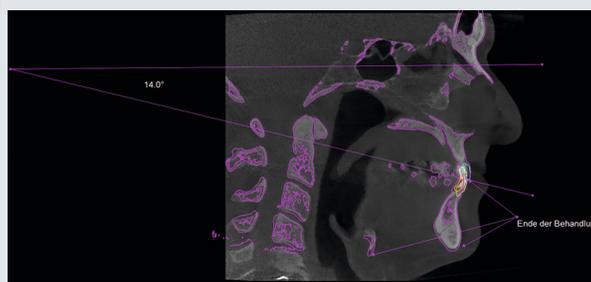
Mit diesem Artikel möchte ich das Potential der neuen 3D-Technologie in der Kieferorthopädie aufzeigen und jedem interessierten Leser Mut machen, diesen neuen Weg autark und ohne fremdbegleitende, kommerziell orientierte Firmen zu folgen.

Dies bedeutet sicherlich für einige Praxen eine große Herausforderung, was das anzuschaffende Equipment angeht; aber auch einen enormen Willen, sich dieser neuen Technologien nicht zu verschließen. Es bedarf eines hohen Maßes an Neugier und Lernbereitschaft und wird sicherlich kein leichter Schritt für den Kieferorthopäden sowie seine Mitarbeiter sein. Aber es lohnt sich! Es warten bessere Ergebnisse und mehr Freude an der Arbeit auf Sie, und Sie werden sehen, dass so manche Fälle, die mit einer festsitzenden Apparatur nur

mit Hindernissen zu bewältigen gewesen wären, nun eine Option, auf einen guten zügigen Behandlungsverlauf haben. Der hier dargestellte Fall ist mit einer reinen Multibandbehandlung kaum erfolgreich und nur mit vielen Fallstricken behandelbar. Zum einen gibt es immer noch keine suffiziente Technik, die das Befestigen von Brackets auf Metallkronen oder auch metallkeramischen Versorgung ermöglicht. Zum anderen stellen die großen Schaltlücken, wie sie hier vorlagen, immer eine Problemzone für die umliegenden Weichteile, wie Wange und Zunge, dar. Gerade bei dem hier gezeigten Fall mit Überstellen von Zähnen ist ein sicherer Halt erforderlich, der ein Jiggling der Zähne mit nachfolgender Gefahr der Wurzelresorption und der Schädigung des Alveolarknochen vermeidet.

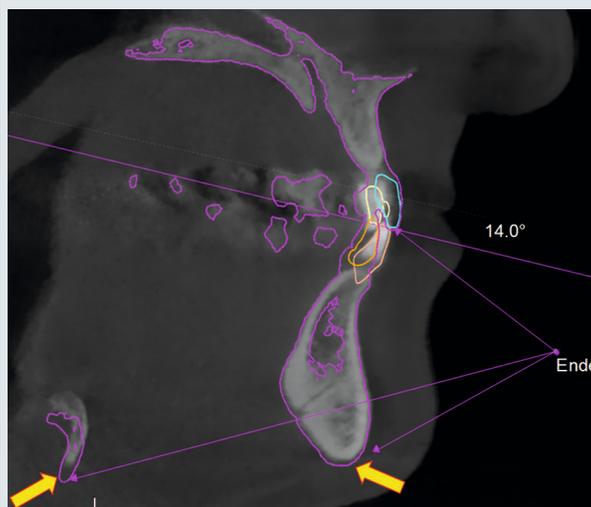
Bei komplexeren Fällen, insbesondere mit KFO-chirurgischer Kombinationstherapie, empfiehlt sich die Einbeziehung einer stabilen 3D-DVT-Analyse, der CranioPlane oder der Cranio-sphere, wie sie der Autor gemeinsam mit Frank Hornung entwickelt hat. Ein Artikel ist hierzu in englischer Sprache in dieser Ausgabe der KFO-Intern zu finden. Nur durch diese Betrachtungsweise werden wir in der Zukunft noch unseren Patienten gerecht. Mit Hilfe der digitalen Kieferorthopädie

Abb. 61



Überlagerung der Endsituation als STL im DICOM des Anfangsbefundes unter Kontrolle der Okklusionsebenen mit Hilfe der CranioPlan(r) Analyse.

Abb. 62



Die gelben Pfeile zeigen auf die Dorsalrotation des UK mit entsprechender Bisshebung durch Distalisation von 26 und Aufrichtung von 47.

Abb. 63



Patient nach aktiver Behandlung mit erfolgreich überstelltem Kreuzbiss

können wir jeden einzelnen Behandlungsschritt genau bestimmen, jedes einzelne „Movement“ exakt planen und sowohl die Zeit- als auch die Bewegungskordinaten immer im Griff behalten. Die Zeit der unkontrollierten Bewegungen und statisch unbestimmten Apparaturen (wie festsitzende Behelfe), ohne exaktes Zeitmanagement und ohne individuelle Ausrichtung der Zähne auf die vorgegebenen anatomischen Strukturen (Straight Wire und symmetrische Einheitsbögen von der Stange!) ist vorbei.

Die Zukunft der Kieferorthopädie gehört den herausnehmbaren Behelfen, der patientenindividuellen und -optimierten Therapie unter Einsatz dieser neuen adäquaten Mittel in Diagnostik und Therapie. Packen wir´s an, ich wünsche Ihnen viel Erfolg!

*Ihr Prof. Dr. Gerhard Polzar, KKU &  
Dipl.-Ing. Dipl.-Inform. Frank Hornung*



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



**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; CEO - HD Medical Solutions GmbH