

Personalisierte Analyse – Integration patientenspezifischer Faktoren in die Planung und Herstellung von implantatprothetischem Zahnersatz

Udo Plaster, Christopher Köttgen



Indizes

Implantatprothetik, Okklusionsebene, Artikulator, Unterkieferposition, Oberkieferposition, PlaneFinder, Zentrik, Funktionsanalyse, Bissregistrierung, Vertikaldimension (VDO), zahntechnische Analyse, physische Diagnostik

Zusammenfassung

Als Grundlage für eine patientenindividuelle, implantatprothetische Therapie gelten die Identifizierung kausaler Zusammenhänge (Ursache und Wirkung) sowie darauf basierend eine angemessene Vorbehandlung. Eine solche ganzheitliche Herangehensweise erfordert die enge Zusammenarbeit zwischen den Arbeitsteams in Zahnarztpraxis und Dentallabor. Insbesondere funktionelle Herausforderungen stellen hierbei oft eine Schwierigkeit dar, u. a. da die Modellsituation im Artikulator (Dentallabor) die klinische Situation des Patienten (Zahnarztpraxis) nicht oder nur annähernd abbildet. Hier sind innovative Denkweisen gefordert, die diese Problematik aufgreifen. Die Autoren beschreiben ihren Arbeitsansatz, der auf einer personalisierten, dynamischen Denkweise beruht. Die Erfassung patientenspezifischer Details (z. B. Kopfhaltung, Gesichtsproportionen, physiognomische Landkarte, Modellanalyse, Modellorientierung, Bewegungsaufzeichnung, Gelenkmechanik, Unterkieferposition in physiologischer, unmanipulierter Zentrik) sowie deren Übertragung in den Artikulator bilden die Basis der personalisierten Analyse. Sowohl Okklusionsebene als auch Asymmetrien werden patientenindividuell erfasst und präzise in den Artikulator übertragen ebenso wie die Vertikaldimension der Okklusion (VDO) und die Ausrichtung des Unterkiefers. Die gesammelten Informationen lassen sich in den digitalen Workflow integrieren, sodass eine Verbindung zu rein virtuellen Lösungen hergestellt werden kann. Anhand eines Patientenfalls wird der Prozess veranschaulicht – von der Analyse der Situation über die Vorbehandlung, Planung und Bisslagenbestimmung bis hin zur eigentlichen implantatprothetischen Rehabilitation.

Manuskripteingang: 11.05.2023, Manuskriptannahme: 29.05.2023

Einleitung

Hintergrund einer personalisierten Analyse in der Implantatprothetik

Das Erfassen patientenspezifischer Informationen stellt die Grundlage für jedwede (implantat-)prothetische Therapie dar und erfordert eine umfassende Datenerhebung – vom gesundheitlichen Allgemeinzustand über Zahn- sowie Parodontalstatus, dentale Historie, Knochenqualität sowie -quantität bis hin zur Kiefergelenkposition und zu funktio-

nellen Gegebenheiten. Digitale bildgebende Technologien ergänzen hierbei analoge Verfahren und führen zu einer Optimierung herkömmlicher diagnostischer sowie analytischer Maßnahmen¹. Im Laufe der Therapie ermöglicht der Übergang von der digitalen in die analoge Welt die Anfertigung eines Zahnersatzes, der in jeder Dimension der individuellen Patientensituation entspricht. Dies erfordert eine strukturierte Kommunikation innerhalb des interdisziplinären Arbeitsteams. Dieser Artikel befasst sich mit der Implantatprothetik und im Speziellen mit dem Anspruch

einer dynamischen Denkweise, bei der die individuelle Patientensituation in den Artikulator überführt wird und als aussagekräftige Basis für die Herstellung des implantatprothetischen Zahnersatzes dient. Im Gegensatz zu vielen konventionellen Methoden werden hierbei alle 3 Ebenen des Schädels sowie die natürlichen Asymmetrien der rechten und linken Schädelhälfte einbezogen²⁰. Denn während analoge Artikulatoren mechanisch limitiert sind, bietet die virtuelle Welt nahezu unbegrenzte Möglichkeiten, um die Unterkieferbewegungen in allen Dimensionen abzubilden, sofern die verwendete Software dies zulässt¹. Durch die Nutzung digitaler Technologien wird es möglich, im virtuellen, unbegrenzten Raum des Kiefergelenks zu arbeiten und somit die verschiedenen funktionellen Ebenen in ihrer Realität darzustellen. Denn während auf analogem Weg der Artikulator eher als Eingips-Gerät für die Modelle fungiert, wird digital in einem dreidimensionalen Artikulator-Raum gearbeitet. Somit können alle individuellen Kriterien, die der Patient mitbringt, berücksichtigt werden. Es gilt zu berücksichtigen, dass die analoge Denkweise nicht 1:1 in den virtuellen Raum übertragen werden kann. Bei der Herstellung von Zahnersatz ist zu beachten, dass das Kauorgan kein autonomes System darstellt, sondern in einem kybernetischen Regelkreis eingebettet ist²¹. Daher sind bei der Planung und Herstellung von Zahnersatz neben Zähnen, Ober- und Unterkiefer sowie Parodontium auch Kau-, Sprach-, Nacken- und mimische Muskulatur sowie Kiefergelenke, dentale Historie und ganzkörperliche skelettale Parameter zu berücksichtigen. Für das implantatprothetische Arbeitsteam bedeutet dies, dass die Informationsbeschaffung vor der Planung und Umsetzung nicht auf die Zähne beschränkt sein sollte, sondern eine personalisierte Analyse immer ganzheitliche Betrachtungen beinhaltet.

Ziel der personalisierten Datenerhebung mit klinischer Diagnostik und zahntechnischer Analyse

Grundsätzlich basiert ein funktionierendes stomatognathes System auf dem harmonischen Zusammenspiel aller patientenspezifischen Komponenten des Kausystems. Eine ausgewogene Interaktion dieses komplexen Regelkreises gewährleistet die Gesundheit des Kauapparats. Die vorgestellte Systematik beruht auf einem „authentischen Konzept“ – und zwar dem des Menschen mit all seinen individuellen Gegebenheiten. Die Einzigartigkeit und Variabilität eines jeden Menschen zeigen starren zahnmedizinischen Denkweisen Grenzen auf²⁰. Bei einer individuellen Betrachtung

bringt jeder Patient sein eigenes „Konzept“ mit, einschließlich spezifischer Situation und dentaler Historie. Um diese Aspekte zu ermitteln, erhebt zusätzlich zum Zahnarzt und ggf. zu anderen medizinischen Spezialisten der Zahntechniker die für ihn relevanten Informationen. Die zahntechnische Analyse basiert auf einer Absprache mit dem Zahnarzt. Die sogenannte physische Diagnostik, bei der im Dentallabor ein diagnostisches Wax-up erstellt und am Patienten getestet wird, ist von der zahnmedizinischen Diagnostik in der Zahnarztpraxis zu unterscheiden. Die zahntechnische Analyse bzw. physische Diagnostik stellt ergänzende Arbeitsschritte dar. Ziel ist es, einen Zahnersatz zu schaffen, der sich in allen Aspekten harmonisch in die Mundsituation einfügt. Hierfür sollte einerseits das Oberkiefermodell in einer patientenbestimmten Position – in allen Dimensionen konsistent („True vertical“ (TrV) und „True horizontal“ (TrH)) – im Artikulator positioniert werden. Andererseits sollte das Unterkiefermodell auf der Grundlage der wahrnehmungsphysiologisch bestimmten Mitte, Höhe und horizontalen Positionierung des Unterkiefers in Bezug zum Schädel angeordnet werden¹. Wahrnehmungsphysiologisch bedeutet, dass der Patient in aufrechter Position beim Blick in den Spiegel automatisch die „richtige“ Kopfhaltung einnimmt. Der Patient richtet sich uneingeschränkt mit allen verfügbaren körperlichen „Mitteln“ selbst aus. Sitzende Position, Rückenlehne, Kopfstütze usw. sind exogene Faktoren, welche die Wahrnehmung beeinträchtigen.

Patientenspezifische Informationen des Schädels für die Übertragung in den Artikulator

Die 3 Ebenen des Schädels

Die Validierung der Oberkieferposition im Schädel bildet die Grundlage für die Anfertigung eines individuellen Zahnersatzes. Um die patientenspezifischen Informationen vom Schädel an den zahntechnischen Arbeitsplatz (Oberkiefermodell im Artikulator) sowohl analog als auch digital zu übertragen, ist eine Referenz erforderlich. Dabei sind 3 Achsen bzw. Sichtebenen einzubeziehen (Abb. 1 bis 3):

- longitudinale Achse (frontale Ebene),
- transversale Achse (sagittale Ebene),
- vertikale Achse (okklusale Ebene).

Die Berücksichtigung dieser 3 Achsen bzw. Ebenen bei der Übertragung des Oberkiefermodells in den Artikulator führt



Abb. 1 Verschiedene Möglichkeiten für die Übertragung der Oberkieferposition in den Artikulator.



Abb. 2 Ausgangssituation: Patient mit implantatprothetischen Restaurationen im Ober- und Unterkiefer.

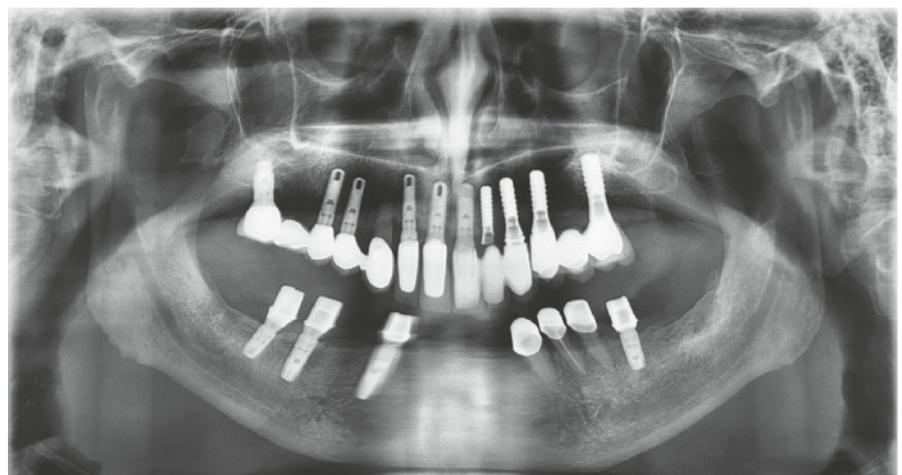


Abb. 3 Röntgenbild der Ausgangssituation mit frakturierter Brücke in Regio 22.

zu einem in allen Dimensionen optimalen Zahnersatz, der den individuellen Anforderungen des Patienten gerecht wird¹.

Natürliche Asymmetrien

Ergänzend zu den 3 Sichtebenen sind die natürlichen Asymmetrien des Schädels zu beachten. Jeder Mensch weist Asymmetrien des Schädels in verschiedenen Ebenen auf²⁰. So sind beispielsweise bei Betrachtung der frontalen Ebene die rechte und linke Schädelhälfte asymmetrisch. Gleichzeitig existieren Asymmetrien in anterior-posteriorer oder inferior-superiorer Richtung (z. B. knöcherne Gehörgänge).

Skelettale Klasse, Schädel- und Gesichtsform, knöchernen Gehörgänge, Zahnbögen usw. – bei einer individuellen Analyse der Situation sind die Asymmetrien in allen 3 Dimensionen zu berücksichtigen. Viele bisherige Verfahren der Übertragung des Oberkiefermodells in den Artikulator orientieren sich an idealtypischen Parametern und vernachlässigen die natürlichen Asymmetrien²⁰. Den Artikulator kann man sich als Koordinatensystem vorstellen, in welches das Oberkiefermodell nach einer Referenzachse eingesetzt wird, wodurch sich automatisch die anderen beiden Achsen verändern. Wird bei der Übertragung der klinischen Informationen vom Schädel zum zahntechnischen



Abb. 4 Vorhandene implantatprothetische Restaurationen im Oberkiefer mit Fraktur in Regio 22.



Abb. 5 Phonetische Analyse: verschiedene Sequenzen der extraoralen Analyse.

Arbeitsplatz lediglich eine Referenzebene berücksichtigt, entspricht dies in der Regel nicht der patientenindividuellen Position. Für einen individuellen Zahnersatz auf Basis einer dreidimensionalen Betrachtung benötigt das Arbeitsteam Informationen über alle 3 Körperebenen²⁰.

Übertragung der Informationen in den Artikulator anhand patientenindividueller Faktoren

Bestimmen der Position des Oberkiefermodells

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Position des Oberkiefers über Koordinaten in den Artikulator zu übertragen: modell-, schädel- und raumbezogen (vgl. Abb. 1). Wenn beispielsweise das Modell als Referenzebene dient (Bonwill-Dreieck), wird ein Durchschnitt der rechten und linken Gesichtshälfte für alle Dimensionen gebildet. Der Zahntechniker erstellt den Zahnersatz auf Basis von Durchschnittswerten. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verwendung einer Schädelreferenz (Gesichtsbogen). Dafür gibt es verschiedene Systeme, die z. B. am Gehöreingang befestigt werden. Als Referenz dienen eine Achse und

eine Bezugsebene (Achs-Orbital-Ebene, Frankfurter Ebene, Camper'sche Ebene, Patientenhorizontale; Abb. 6). Unabhängig von der verwendeten Ebene wird jedoch nur eine Ebene berücksichtigt und es wird ein Durchschnittswert der rechten und linken Gesichtshälfte angenommen. Die Herstellung des individuellen Zahnersatzes sollte sich jedoch nicht am Durchschnitt orientieren, sondern mit der realen Situation in Einklang stehen.

Bestimmen der Oberkieferlage unter Beachtung natürlicher Asymmetrien (raumbezogen)

Eine neu gedachte Methode zur Übertragung des Oberkiefermodells in den Artikulator orientiert sich weder am Schädel noch am Modell. Als Referenz dient eine räumliche Ebene (PlaneSystem, Fa. Zirkonzahn, Gais (Südtirol) Italien), wobei die rechte und linke Gesichtshälfte separat analysiert werden. Um die Position des Oberkiefers im Verhältnis zum Schädel unter Berücksichtigung natürlicher Asymmetrien zu ermitteln, ist eine stabile Referenz erforderlich, die sogenannte Nulllinie. Durch Positionierung des Vermessungssystems (PlaneFinder, Fa. Zirkonzahn) auf einem Stativ und die Platzierung des stehenden Patienten vor einem Spiegel

wird die Kopfhaltung in der „Natural head position“ (NHP) erzeugt^{4,18}. Das Stativ in der Nullposition und die NHP ergeben 2 bzw. 3 stabile Punkte, anhand derer patientenspezifische Informationen zum Gesichtsschädel in ihren räumlichen Richtungen reproduzierbar erfasst werden. Die Neigung der Okklusionsebene unter Berücksichtigung natürlicher Asymmetrien wird mit beidseitig am Vermessungsgerät angebrachten Okklusionswinkeln evaluiert, wobei die Neigung der rechten und linken Gesichtshälfte als Winkel zwischen der Nullebene und der Ala-Tragus-Linie dargestellt wird. Die Ala-Tragus-Linie weist laut Studien nur geringe Abweichungen zur Okklusionslinie auf und scheint daher als Referenz besser geeignet als beispielsweise die Camper'sche oder Frankfurter Ebene^{5,8,22,24}. 5- und 15-Jahres-Studien von Cooke⁴ und Peng et al.¹⁸ bestätigen die geringe Variation der NHP. Als vertikale Referenzlinie dient die TrV, die durch das Nasion verläuft, während die horizontale Referenzlinie (TrH) im rechten Winkel zur TrV durch den Tragus verläuft. Die Position des Schädels hinter den beiden Nulllinien wird mithilfe einer analogen oder – wie im nachfolgend dargestellten Fallbeispiel – digitalen Analyse im PlaneFinder ermittelt. Über die NHP können die dreidimensionale Lage des Oberkiefers erfasst und die Neigung der Okklusionsebene winkelnau zur referenzierbaren Nullebene angegeben werden²⁰. Das Ergebnis dieser Informationsgewinnung ist die Voraussetzung für die Herstellung eines individuellen implantatprothetischen Zahnersatzes, der in allen Dimensionen konsistent ist: in der Frontal-, in der Sagittal- und in der Okklusalebene (transversale Ebene).

Positionierung des Unterkiefers zum Schädel

Ebenso wie die Position des Oberkiefermodells in den Artikulator ist das Unterkiefermodell anhand individueller Parameter zuzuordnen. Die Bestimmung der Unterkieferlage erfordert eine sorgfältige Registriertechnik, um eine funktionelle „Mitte“ („Most comfortable position“, MCP) zu finden, die sowohl ein positives Bissgefühl vermittelt als auch strukturerhaltende, rehabilitierende und präventive Wirkungen hat^{7,9}. Ziel ist es, die Vektoren der Modellbewegungen im Artikulator den In-vivo-Bewegungen anzupassen, indem die kondylären Grenzbewegungen vermessen werden. Stellt das Oberkiefermodell die Asymmetrien im virtuellen Raum dar, muss dazu auch die Position des Unterkiefers im virtuellen Raum ermittelt werden – und diese wird vom Patienten selbst vorgegeben. Bei der Registrierung des Unterkiefers zum Oberkiefer werden verschiedene Metho-

den unterschieden, wobei oftmals eine exogene Manipulation die Registriertechnik begleitet. Zu unterscheiden sind die Vorgehensweisen (exogene Manipulation), bei denen

- stark manipuliert,
- leicht manipuliert oder
- gar nicht manipuliert wird.

Zu beachten ist, dass der Mensch den Unterkiefer in der Vertikalen nicht in einer isolierten Rotation um die terminale Scharnierachse herum bewegt^{3,6,11,15-17}. Der translatorische Bereich befindet sich in der Region des Mastoids^{16,17}. Und während analoge Artikulatoren mechanisch limitiert sind, bietet die virtuelle Welt nahezu unbegrenzte Möglichkeiten, um die Unterkieferbewegungen in allen Dimensionen abzubilden, sofern die verwendete Software dies zulässt¹. Der zum PlaneSystem gehörende Artikulator (PS 1, Fa. Zirkonzahn) ermöglicht eine Registriertechnik ohne exogene Manipulation und das Ermitteln der Startposition in Mitte, Höhe und horizontaler Position. Hierbei ist es auch Sicht der Autoren unverzichtbar, die Lage des Unterkiefers zum Oberkiefer und somit auch die Höhe gemeinsam mit den Patienten zu erarbeiten (ohne exogene Manipulation) und einzufangen. Im virtuellen Raum wird der Unterkiefer in Bezug zum Oberkiefer positioniert, sodass die tatsächlichen Bewegungen möglich sind. Es gibt keine isolierten Bewegungen am Kiefer. Die gemeinsam mit dem Patienten ermittelte Situation kann von der analogen in die virtuelle Welt übertragen werden. Die Software ermöglicht die Kombination und Anzeige verschiedener Scans, Ebenen und Komponenten aus unterschiedlichen Blickwinkeln.

Darstellung der Systematik in der Implantatprothetik anhand eines Patientenfalls

Das Abgreifen der patientenspezifischen Informationen für das Herstellen einer implantatprothetischen Restauration wird anhand eines Patientenfalls vorgestellt.

Ausgangssituation

Der Patient konsultierte die Zahnarztpraxis mit einer Fraktur der vorhandenen implantatprothetischen Versorgung (alio loco). Im Unterkiefer war er mit einer herausnehmbaren Doppelkronenprothese auf 4 Implantaten und im Oberkiefer mit feststehendem Zahnersatz versorgt (Abb. 2 bis 4). Die Implantatbrücke in Regio 21 bis 23 war gelockert, wobei ein frakturiertes Implantat in Regio 22 im Kiefer belassen

worden ist. Nun war die Brücke in Höhe der Verblockung in Regio 22 gebrochen. Eine weitere Problematik bestand darin, dass der Patient mit vielen verschiedenen Implantatssystemen versorgt war. Im Oberkiefer waren in Regio 17, 15, 14, 12, 11, 21 und 22 Implantate aus Titan und in Regio 23, 24 und 26 aus Zirkonoxid inseriert. Der Patient beklagte eine fehlende stabile Bisslage. Er hatte das Gefühl, nur im Bereich der Frontzähne Zahnkontakt zu haben. Eine erste funktionelle Analyse zeigte, dass okklusale Kontakte nur auf der rechten Kieferseite vorhanden waren. Um in maximale Interkuspitation zu kommen, musste der Patient den Unterkiefer aktiv nach vorn links schieben. Diese Frühbelastung erklärte die Fraktur der keramischen Restauration.

Um die Dysfunktion (Endposition) zu beheben, musste der Patient zunächst in eine stabile Situation (Startposition) überführt werden. Hier ließ sich von der MCP sprechen⁷. Im Oberkiefer sollte danach eine komplett neue, abnehmbare Restauration hergestellt werden. Im Unterkiefer sollte im ersten Schritt der Zahnersatz auf den vorhandenen Primärteilen als Langzeittherapeutikum umgearbeitet werden. Zusätzlich zur Bisslage bestand die Herausforderung in den stark divergent zueinanderstehenden Implantaten sowie in der Tatsache, dass aufgrund der Mix-Implantat-situation mit verschiedenen Implantataufbauten gearbeitet werden musste.

Erläuterung der End- und Startposition

Die Begriffe Start- und Endposition beziehen sich auf die Relation des Unterkiefers zum Schädel, die von zahlreichen Faktoren beeinflusst wird. Zur Veranschaulichung der End- und Startposition kann das Konzept eines Lots herangezogen werden. Die Startposition (Nullpunkt) repräsentiert einen Zustand, in dem der Körper stabil und harmonisch ausgerichtet ist, während die Endposition eine Situation beschreibt, in der der Körper aufgrund exogener Einflüsse in eine Dysbalance gerät. Die Reaktionen des Körpers auf Dysfunktionen können komplex ausfallen. Ebenso divers können die Ursachen sein. Eine Unterscheidung erfolgt zwischen aufsteigenden und absteigenden Ketten. Im Falle einer aufsteigenden Rotationskette sind Schultergürtel, Kopf- und Kiefergelenke dafür verantwortlich, Fehlfunktionen im unteren Körperbereich zu kompensieren. Hingegen manifestiert sich die Fehlfunktion bei der absteigenden Kette im Bereich der Kopf- und Kiefergelenke. Im vorliegenden Fall lag eine beträchtliche Diskrepanz zwischen der End- und Startposition vor. Das Ziel bestand darin, die Ursache der Dysfunktion zu evaluieren und zu

beheben, um den Körper mithilfe eines neuen implantatprothetischen Zahnersatzes in die Startposition zurückzuführen.

Sammeln der Patienteninformationen und zahntechnische Analyse

Während eines Gesprächs mit dem Patienten über seine dentale Historie wurde deutlich, dass im Laufe der vergangenen Jahre wiederholt restaurative und prothetische Maßnahmen durchgeführt worden waren, was in der Wahrnehmung des Patienten zu einer zunehmend instabilen Situation geführt hatte. Bei einer patientenspezifischen Diagnostik und Analyse wurden die Situation erfasst, der Wunsch und die Ansprüche des Patienten besprochen und die Modelle analysiert. Um eine prothetische Restauration an der natürlichen Okklusionsebene ausrichten zu können, bedarf es folgender diagnostischer Maßnahmen:

- Registrierung der Kopfhaltung (NHP),
- Erfassung der Gesichtsproportionen,
- Modellanalyse und Modellorientierung im Artikulator,
- Analyse patientenindividueller Bewegungsdaten,
- Einstellung der Gelenkmechanik,
- Darstellung der Unterkieferposition in einer physiologischen, unmanipulierten Zentrik und die Umsetzung im Artikulator.

Entsprechend diesem Workflow sollte zunächst ein Langzeitprovisorium für die therapeutische Phase – Prototyp für den definitiven Zahnersatz – angefertigt werden. Hierfür wurde vorgesehen, im Unterkiefer den alten Zahnersatz beizubehalten und umzubauen sowie für den Oberkiefer eine neue, abnehmbare Restauration zu fertigen. Die zahntechnische Analyse, welche die klinische Diagnostik ergänzt, konzentriert sich auf das Sammeln von Informationen (Abb. 6 und 7) wie z. B.

- dentale Historie,
- Gesichts- und Modellanalyse, Analyse des vorhandenen Zahnersatzes,
- Sprechmotorik, extraorale Foto- und Videodokumentation,
- Gesichtsscan-Dokumentation (Facescan),
- patientenbestimmte Lage des Oberkiefers (PlaneFinder),
- wahrnehmungsphysiologisch bestimmte Mitte, Höhe und horizontale Positionierung des Unterkiefers zum Schädel,
- referenzierte Übertragung dieser Informationen in einen dreidimensionalen Artikulator.



Abb. 6a bis c Intraorale Situation der vorhandenen implantatprothetischen Restaurationen.

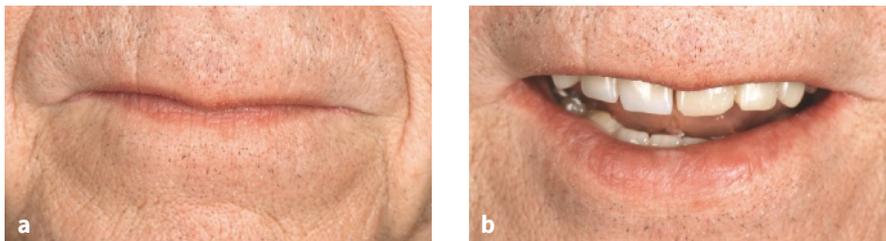


Abb. 7a und b Mimische Analyse: Lippenbilder unter verschiedenen Beanspruchungen.

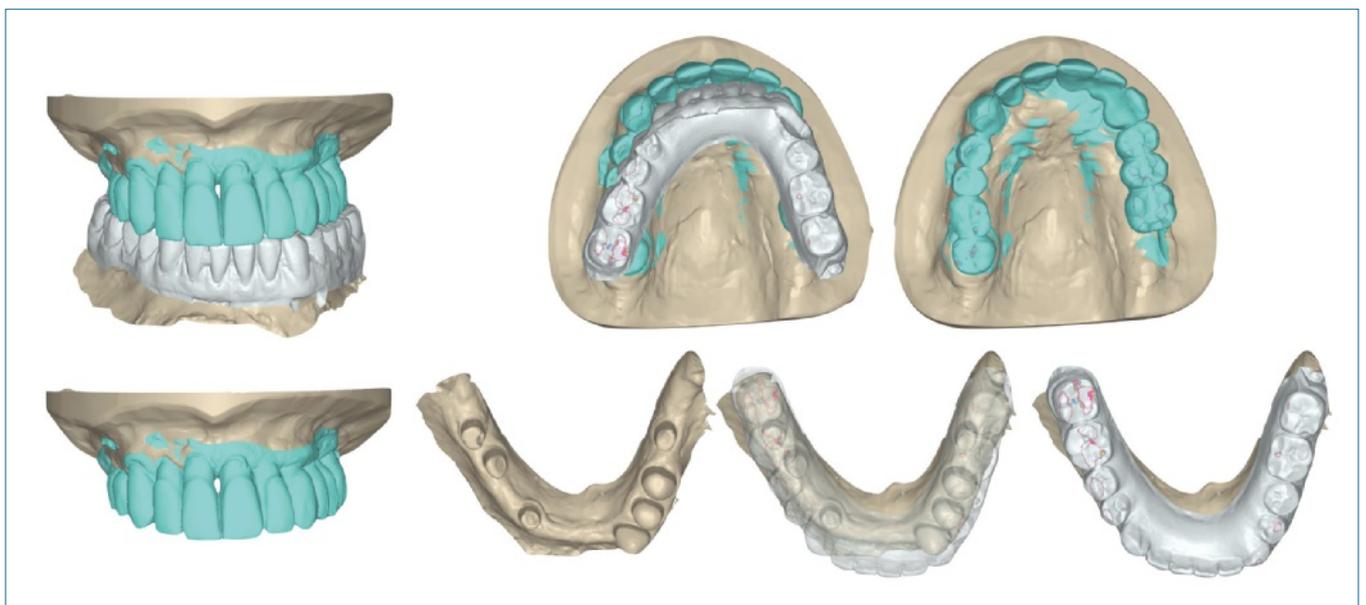


Abb. 8 Intraoralscans vom Oberkiefer (festsitzender Zahnersatz) und vom Unterkiefer (herausnehmbarer Zahnersatz).

Die nach diesem Vorgehen erhobenen Daten geben zahlreiche Informationen wieder, z. B.

- patientenspezifische Lage und Stellung des Oberkiefers im Schädel,
- kieferseitig rechts und links abweichende Okklusionsebenen in räumlich korrekter Zuordnung,
- Positionierung des Unterkiefers zum Oberkiefer,
- Gesichtsphysiognomie, Schädelmitte („Midline“),
- mögliche Asymmetrien.

Die dentale Historie aus Sicht des Patienten beschränkte sich auf die Information, dass er in den vergangenen 30 Jah-

ren immer wieder die Zahnarztpraxis konsultierte und verschiedenste implantologische Therapien seinen dentalen Werdegang begleiteten. Dies deckte sich mit der Analyse des vorhandenen Zahnersatzes. Die Intraoralscans zeigten, dass die okklusalen Kontaktflächen vorwiegend auf der rechten Seite (rote Okklusionskontakte) lagen, während auf der linken Seite kein Kontakt bestand (Abb. 8). Die okklusale Ansicht des Gaumendachs mit Fokus auf die Schädelmitte verdeutlichte die erheblichen Abweichungen zwischen der linken und rechten Gesichts- bzw. Kieferhälfte. Außerdem zeigte sie, wie der Zahnersatz an die bestehende Situation (Endposition) angepasst und in „das System“

copyright by
not for publication
Quintessenz

Gespräch: dentale Historie sowie Gesichts- und Modellanalyse

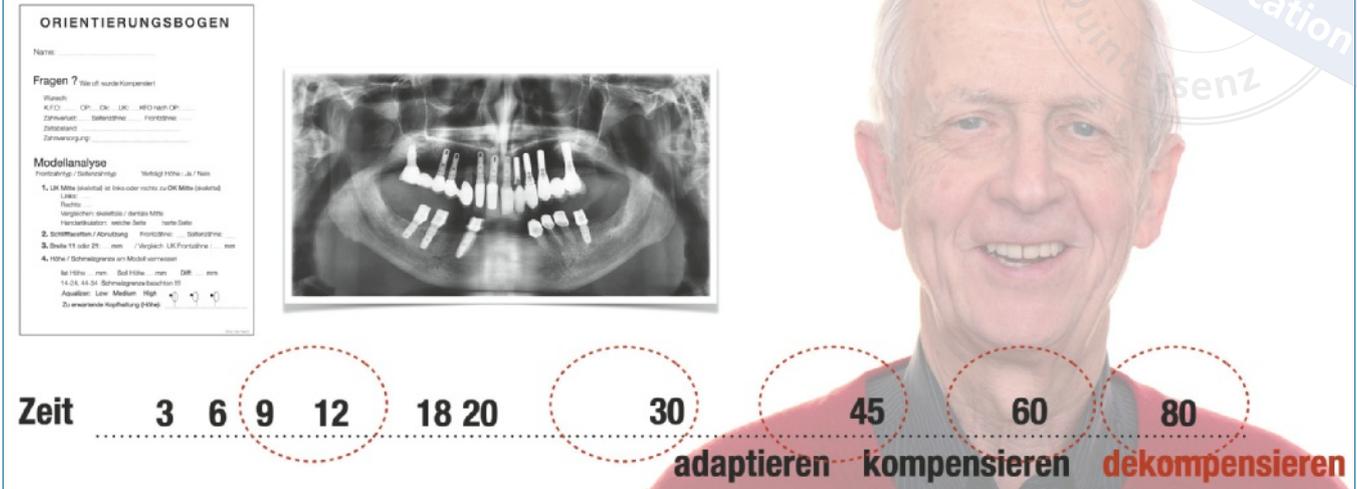


Abb. 9 Zeitleiste der dentalen Historie mit Adaption-, Kompensations- und Dekompensationsphase.



Abb. 10 Okklusale Ansicht mit Fokus auf der Schädelmitte und Vergleich der linken mit der rechten Gesichts- und Kieferhälfte.

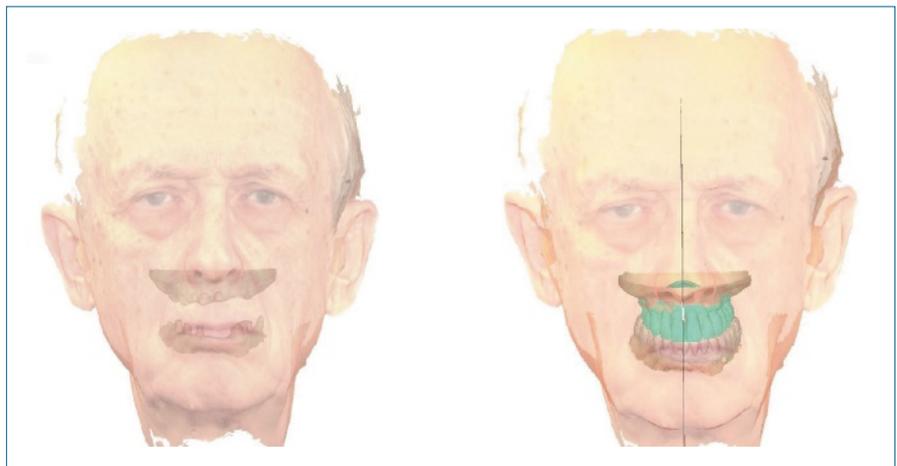


Abb. 11 Gesichtsscan mit überlagerten Modellen von Ober- und Unterkiefer (ohne und mit Zahnersatz).

integriert worden war (Abb. 9 und 10). Der Oberkiefer war leicht gedreht, gekippt und zugleich geneigt. Die Rotation verhinderte, dass der Patient den Mund gerade schließen und seine Komfortzone finden konnte. Die Restaurationen gab ihm eine andere Position vor.

Es galt herauszufinden, wie der Patient mit einer neuen Restauration von der Endposition wieder in seine Startposition geführt werden konnte. Hierfür bieten digitale Technologien gute Möglichkeiten. Ein Gesichtsscan (Facescan) gehört heute bei den Autoren zu den grundlegenden Informationsmitteln bei der zahntechnischen Analyse. Der Scan erfolgte mit einem Gesichtsscanner (FaceHunter,

Fa. Zirkonzahn; Abb. 11). Das Überlagern des digitalisierten Modells mit den Aufnahmen des Gesichtsscanners ermöglichte es, die Gesichtsphysiognomie des Patienten bei der Analyse zu berücksichtigen und die gewonnenen Daten zu validieren. Basierend auf dem Gesichtsscan und den Überlagerungen mit den Modellen konnten eine physiognomische Landkarte erstellt und eine referenzierte Position für den Oberkiefer im dreidimensionalen Raum ermittelt werden. Die Ansicht des virtuellen Patienten mit überlagerten Ober- und Unterkiefermodellen (ohne Zahnersatz) verdeutlicht den im Laufe der Jahre eingetretenen Substanzverlust beim Patienten.

Auch das Ermitteln der anatomischen Landmarks (anatomische Orientierungspunkte) am Gesicht des Patienten erfolgte auf digitalem Weg²⁰ (Abb. 12). Als primäre Orientierung für das Positionieren des Oberkiefermodells diente die Schädelmitte als Schnittpunkt beider Gesichtshälften. Zudem wurde auf beiden Seiten das Kauzentrum ermittelt¹²⁻¹⁴. Dies entspricht dem Bereich, an dem die Zähne am stärksten belastet werden (Region des oberen Sechlers oder Os Zygomaticum). Landmarks können am Gesicht („Facial landmarks“) und am Modell („Cranial landmarks“) detektiert werden und dienen dem Aufteilen der Dimensionen. Auch hier sind die Asymmetrien zwischen linker und rechter Schädelhälfte zu beachten²⁰. Am Gesicht des Patienten wurden zur Orientierung intraorale Bezugspunkte für die skelettale Mitte definiert: u. a. Nasion (N), Subnasale (Sn), Stomion (Sto), Pogonion (Pog) und die Suture palatina mediana. Zudem wurden der Porus acusticus externus und der Sulcus alaris zur Definition der Ala-Tragus-Linie bestimmt²⁰. Die Informationen, die aus dieser Analyse resultierten, gaben die Höhe des Sechs-Jahres-Molaren und die Funktionsebene wieder.

Übertragung der Oberkieferposition mit PlaneFinder im digitalen Workflow

Die Bestimmung der natürlichen Kopfhaltung (NHP) für die dreidimensionale Zuordnung der Modelle im Artikulator erfolgt auf analogem Weg mithilfe des PlaneFinder²⁰. Die Körperhaltung ist im PlaneFinder ausbalanciert. Die Sichtachse liegt parallel zum Horizont. Ausgehend von der Lippenschlusslinie wird seitlich am Gesicht eine horizontale Linie validiert, die als Null-Grad-Ebene (TrH) dient. Der Patient stützt sich mit den Frontzähnen am „Bite tray“ ab. Die Position kann mit Registriermaterial fixiert werden. Die horizontale Fläche am PlanePositioner (Kommunikationsinstrument für den Transfer zwischen analoger und digitaler Welt) stellt die Null-Grad-Ebene für das Oberkiefermodell dar. Um das Modell in sagittaler Ebene im Artikulator positionieren zu können, werden bei der Modellanalyse das Kauzentrum und die skelettale Mitte referenziert. In diesem Fall wurde komplett im digitalen Workflow gearbeitet, da der Gesichtsscan die individuelle Situation wiedergab (Abb. 13 und 14). Bei der Analyse des Zahnersatzes wur-

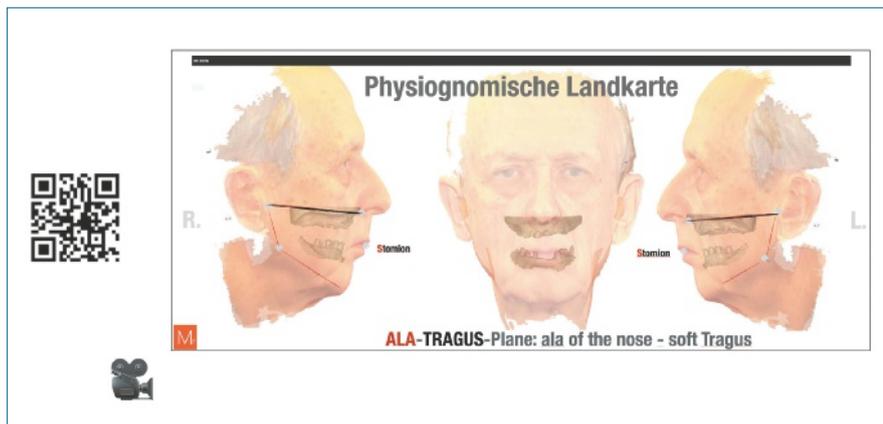


Abb. 12 Validieren der anatomischen Landmarks (Video).

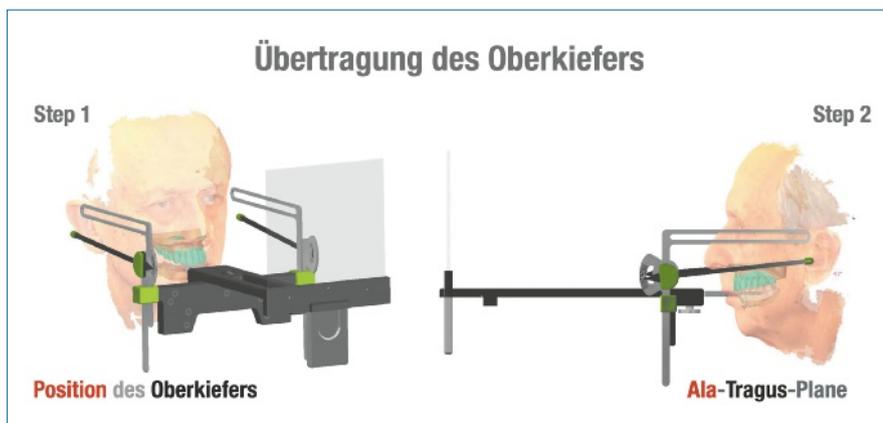


Abb. 13 Übertragen der Oberkieferposition mit dem PlaneFinder (Fa. Zirkozahn, Gais (Südtirol), Italien) ...

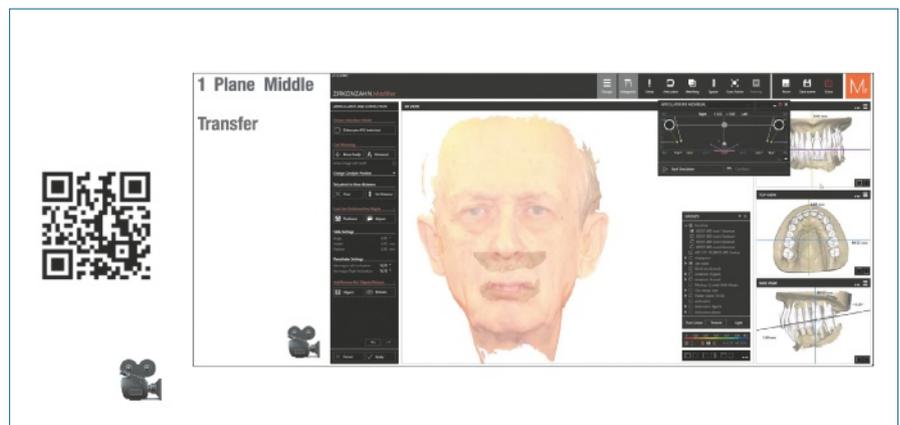
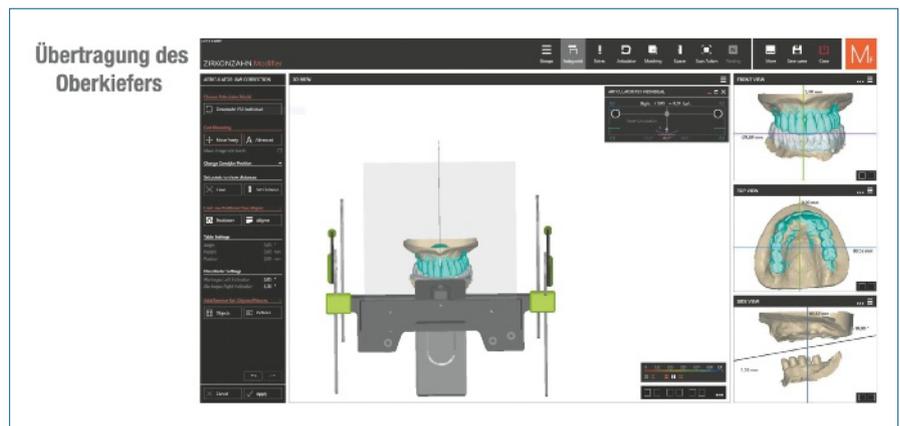
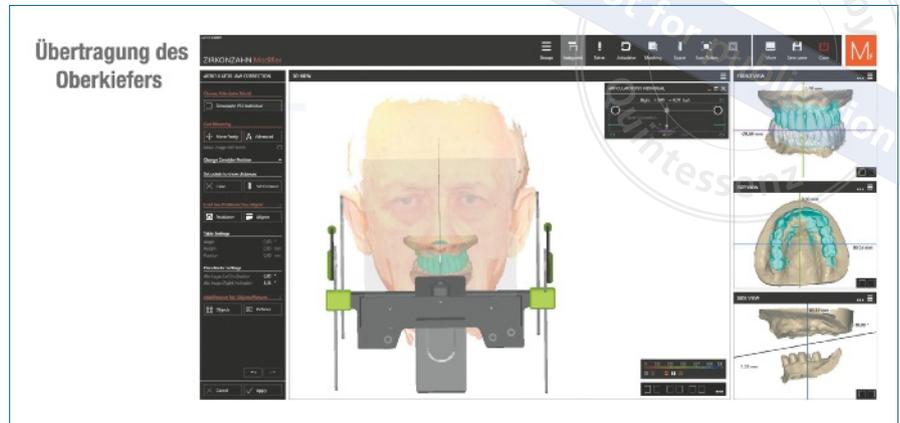


Abb. 14 ... sowie die Überführung und Verarbeitung der Informationen (Video).

den die starken Abweichungen zwischen der End- und der Startposition deutlich. Die Abbildung 15 zeigt den Verlauf des Frontzahnbogens und veranschaulicht, wie die Frontalebene des alten Zahnersatzes von den anatomischen Gegebenheiten des Patienten abweicht (Abb. 16).

Positionierung des Unterkiefers zum Schädel

Eine Betrachtung des Porträtbildes zeigte, dass der Patient eine angespannte Ober- und Unterlippe hat (Abb. 17).

Dies resultiert aus der hohen funktionellen Belastung im Frontzahnbereich und aus den fehlenden Kontakten im Seitenzahnbereich. Der Kopf war etwas nach links geneigt und auch der Unterkiefer bewegte sich leicht nach links.

Für das Ermitteln der patientenspezifischen Lage des Unterkiefers zum Oberkiefer sollte zunächst die Startposition evaluiert werden. Ziel war es, die wahrnehmungsphysiologisch bestimmte Mitte, Höhe und horizontale

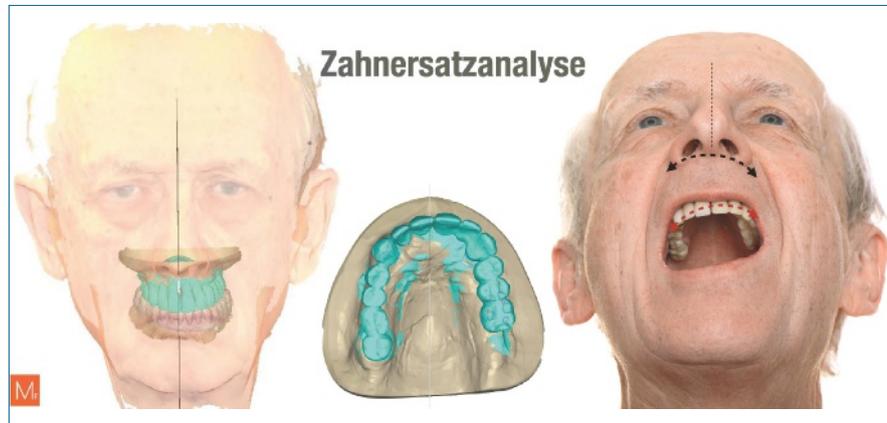


Abb. 15 Analyse des Zahnersatzes: Verlauf Frontzahnbogen.

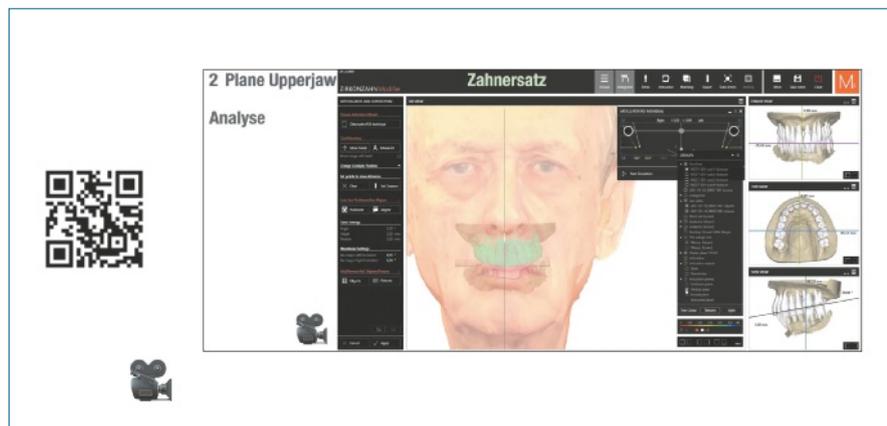


Abb. 16 Darstellung der Abweichungen zwischen End- und Startposition (Video).

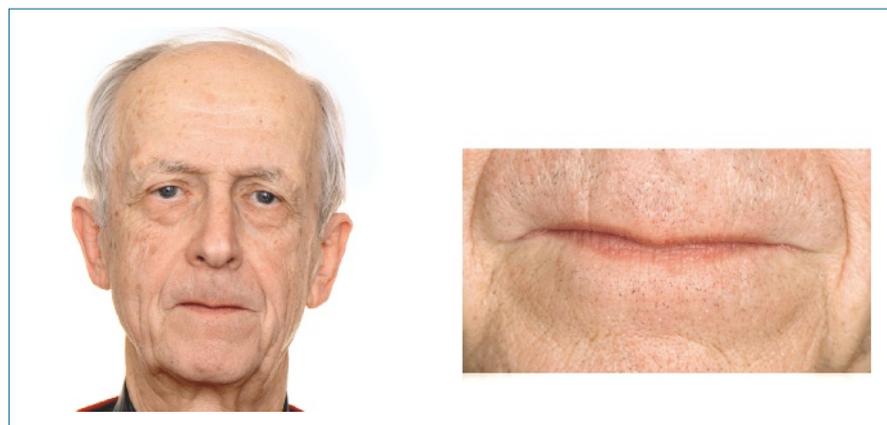


Abb. 17 Leicht nach links geneigte Kopfhaltung und angespannte Ober- und Unterlippe.

Positionierung des Unterkiefers zum Schädel zu finden. Hierfür sind 3 Kriterien zu validieren:

1. Mitte – Ausrichten der Unterkiefermitte zur Schädelmitte,
2. Höhe – Bisshöhe, in welcher der Patient nichts kompensieren muss (Sprechmotorik),
3. Horizontale – Positionierung des Unterkiefers zum Schädel.

Vor der Festlegung der Unterkieferposition wurde ein Wasserkissen (Aqualizer) zur Deprogrammierung eingesetzt. Die erforderliche Kissenhöhe ergab sich aus dem Sprechabstand sowie der Gesichts- und Modellanalyse. Anschließend ist die Unterkieferposition ohne exogene Manipulation mithilfe eines individuell angepassten Jigs erfasst worden. Der Jig wurde in physischer Interaktion mit dem Patienten erstellt (z. B. Sprechabstand, Mitte, Höhe).



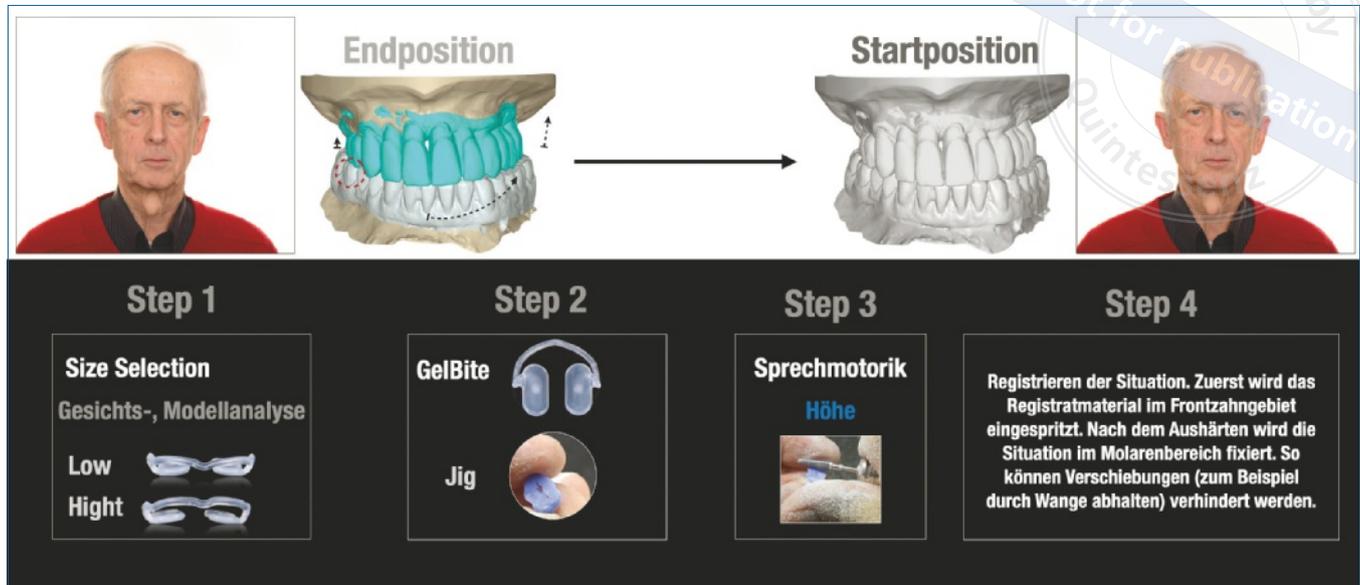


Abb. 18 Von der Endposition zur Startposition – die einzelnen Schritte für das Evaluieren der Unterkieferposition.

- Höhe 1: Im Molarenbereich biss der Patient auf das Aqualizer-Kissen. Im Frontzahnbereich bestand Kontakt zum Jig (höchster Punkt an der Unterkiefermitte). Im Oberkiefer kam der Jig im Bereich der Verlängerung der skelettalen Mitte zum Schädel in Kontakt. Da in dieser Position die Sprechmotorik nicht geprüft wurde, entspricht dies in der Regel nicht dem Komfortbereich (MCP) des Patienten.
- Höhe 2: Anhand der Sprechmotorik wurde der Jig erneut angepasst. Mit Okklufolie wurden Kollisionen der Zähne mit dem Jig identifiziert und entfernt. Schrittweise wurde die endgültige „Höhe 2“ erarbeitet.

Die Registrierung erfolgte mit dem angepassten Jig und in natürlicher Kopfhaltung¹⁹ (Abb. 18). Bei der Applikation der Registriermasse biss der Patient nicht zusammen, sondern war in der wahrnehmungsphysiologisch bestimmten Mitte stabil positioniert. Zunächst ist das Registriermaterial zwischen den Zahnreihen in der Region 13 bis 23 eingebracht worden. Um Verschiebungen zu vermeiden, wurde das Material im Molarenbereich erst nach dem Aushärten im Frontzahngebiet eingebracht.

- Step 1: Test der vertikalen Dimension mit GelBite (Aqualizer) und Jig
- Step 2: Kontrolle der vertikalen Dimension ohne GelBite (Aqualizer), aber mit Jig
- Step 3: Test der zentralen Relation des Unterkiefers ohne Manipulation
- Step 4: Biss-Verschlüsselung frontal und lateral

Umso mehr Informationen über die Bisshöhe gesammelt werden und der Grund gefunden ist, warum sich die horizontale Positionierung im Laufe der Zeit so stark verändert hat, desto eindeutiger, sicherer und reproduzierbarer kann die eigentliche Registrierung erfolgen. In diesem Fall hatte der Patient durch die verschiedenen Zahnersatztherapien viele Kompensationsphasen durchlaufen und befand sich nun in einer dekompenzierten Situation (vgl. Abb. 9); eine der schwierigsten Herausforderungen, um den Patienten wieder in eine stabile Situation zu führen.

Ganzheitlicher Ansatz: auf- oder absteigende Kette?

Bei der Frage nach der auf- oder absteigenden Kette ist der ganzheitliche, dynamische Denkansatz wichtig (Abb. 19). Die Antwort wird in vielen Fällen nicht nur über die Betrachtung der Bisslage gefunden, sondern verlangt oftmals die Zusammenarbeit mit einem Physiotherapeuten¹⁹. Auch in diesem Fall wurde auf diese interdisziplinäre Kooperation gesetzt.

Kann – wie in diesem Fall – der Unterkiefer nicht gerade zur Schädelmitte geschlossen werden, tritt automatisch ein Versatz nach links oder rechts auf – abhängig von der Beeinflussung durch den Zahnersatz (Abb. 20). Die Kompensation erfolgt am menschlichen Körper über 7 Bereiche, die in Abbildungen 21a und b dargestellt sind (Rotationskomponenten). Auch bezüglich der falschen Bisshöhe kompensiert der Körper. In diesem Fallbeispiel fehlte es linksseitig

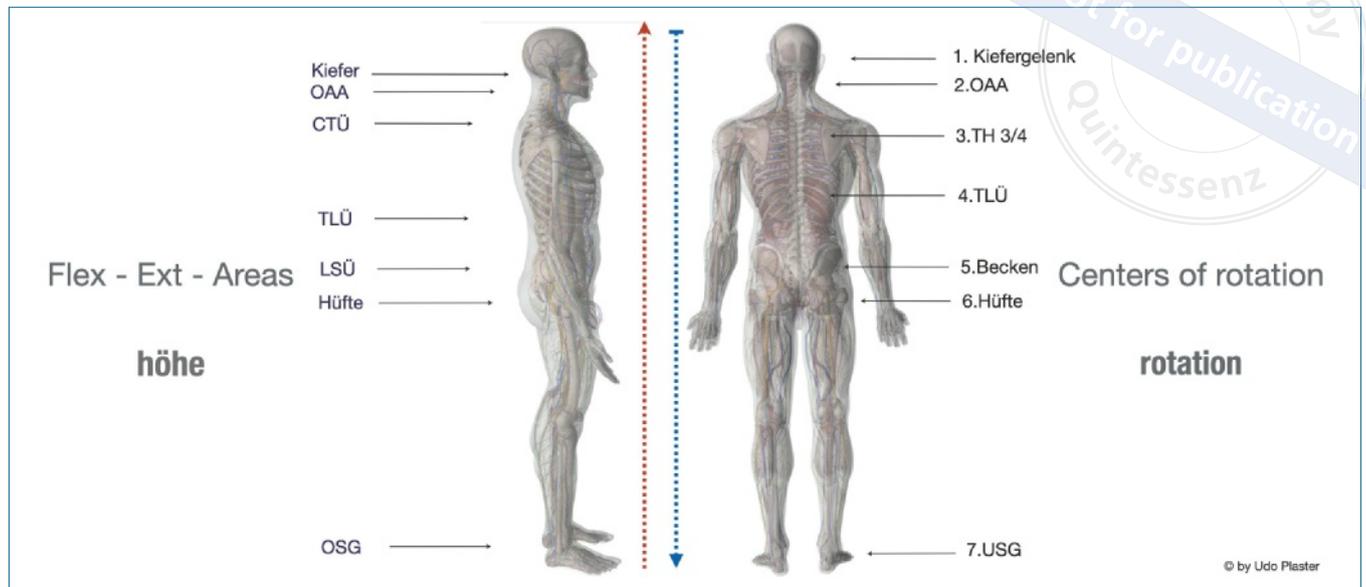


Abb. 19 Ganzkörperliche Betrachtung: auf- und absteigende Kette. Die dynamische Denkweise umfasst die ganzkörperliche Betrachtung in Bezug auf die Ausgleichsareale der Höhe (z. B. Kopfvorhalte) und die Rotationskomponente (Visualisierung: Ralf Hergenroether).

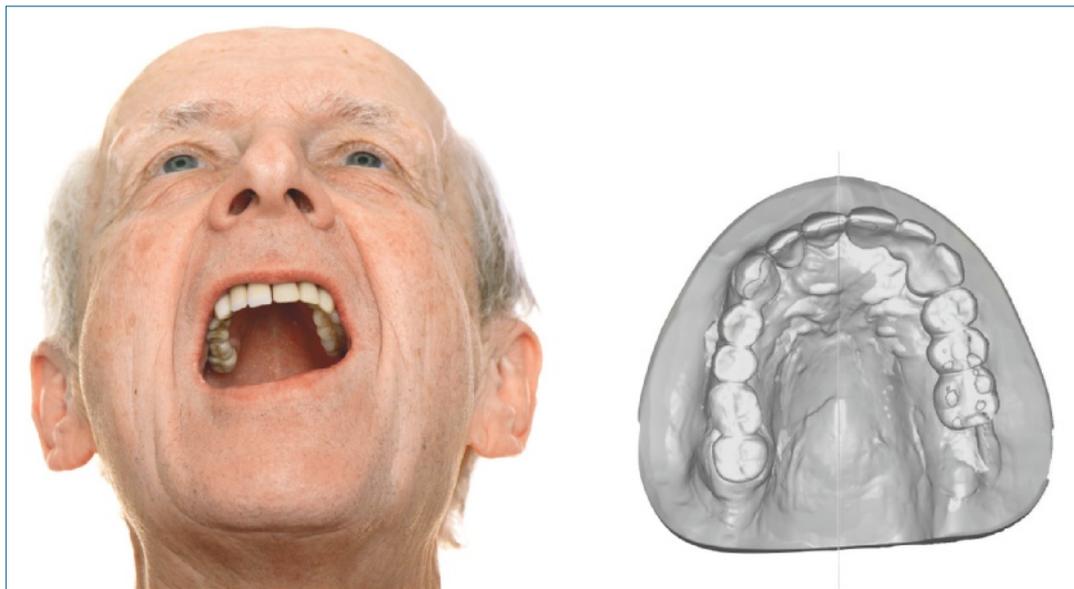


Abb. 20 Betrachtung der Schädelmitte (Gau-mendach) zeigt die durch den Zahnersatz ausgelöste Verdrehung (Torsion).

massiv an Höhe, während auf der rechten Seite vorzeitige Okklusionskontakte vorhanden waren (Abb. 22 bis 25).

Herstellung des Zahnersatzes

Prototyp: Langzeitprovisorium

Die erarbeitete Startposition (Abb. 25) galt als Basis für die Herstellung des Zahnersatzes. Der Zahnersatz im Unterkiefer sollte umgebaut bzw. erneuert werden und zunächst als eine Art Reiseprothese zum Testen der Situation dienen. Für den Oberkiefer sollten im ersten Schritt ein okklusal

verschraubtes Langzeitprovisorium (Prototyp) gefertigt und später eine über Doppelkronen verankerte abnehmbare Prothese realisiert werden. Unter Berücksichtigung der ermittelten Okklusionsebene und Höhe erfolgte in der Software eine digitale Aufstellung der Zähne anhand der räumlich lagerichtig positionierten Modelle (Abb. 26). Zudem wurde im Dentallabor ein Schlüssel (Digibite) angefertigt (Abb. 27), der dem Zahnarzt nach Entfernung des Zahnersatzes im Mund eine sichere Referenz für die lagerichtige Registrierung geben sollte.

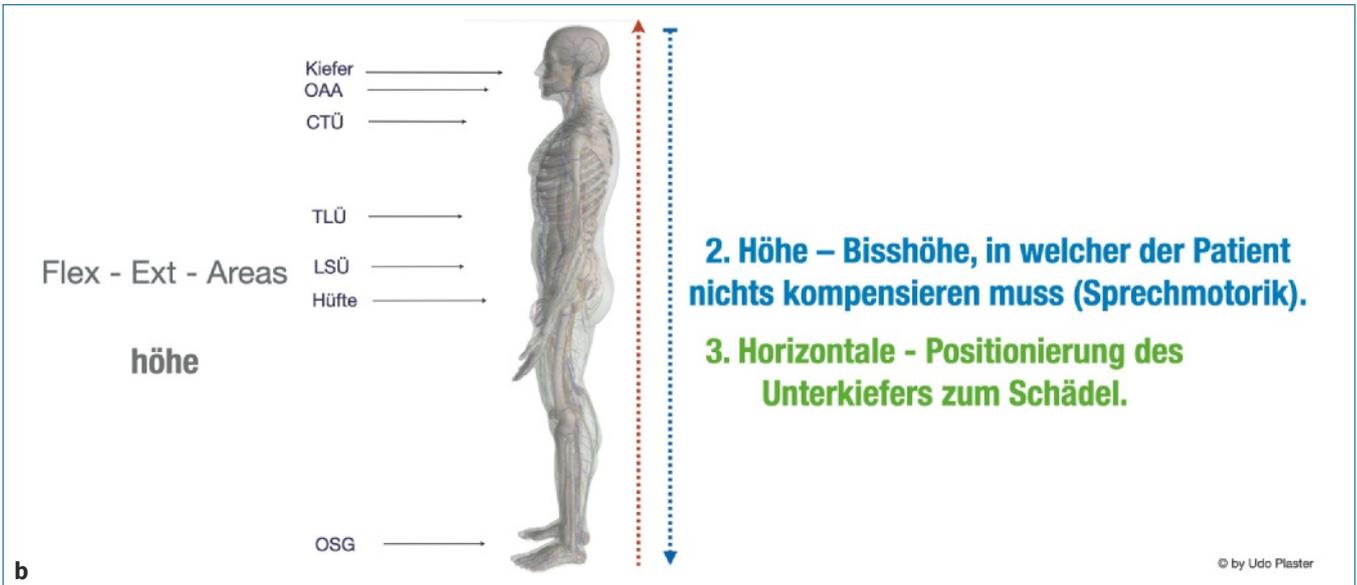
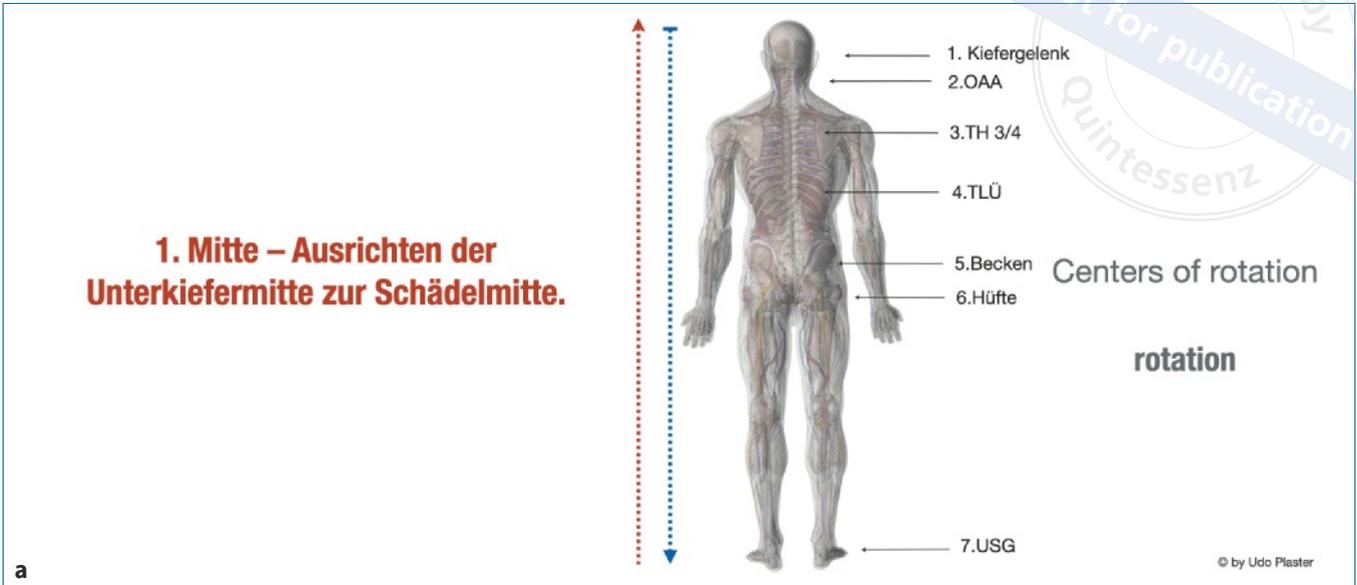


Abb. 21a und b Kompensation über 7 Bereiche am Körper (Rotationskomponenten; a) und Kompensation der Bisshöhe (b; Visualisierung; Ralf Hergenroether).

In der Zahnarztpraxis wurde der Oberkieferzahnersatz schrittweise von den Implantaten gelöst (Abb. 28) und parallel dazu mit dem Digibite eine sequenzielle Registrierung der Bisslage vorgenommen (Abb. 29). Es folgten entsprechende klinische Vorbehandlungen (z. B. Extraktion des nicht erhaltungsfähigen Zahns 13) und nach dem Aufsetzen der Abformpfosten die Überabformung (Abb. 30). Zurück im Dentallabor wurden auf konventionellem Weg Modelle hergestellt. Mithilfe der Abformpfosten und dem Digibite konnte das Oberkiefermodell in zuvor ermittelte Positio-

nierung (virtuell) in den physischen Artikulator transferiert werden (Abb. 31).

Um wieder in den digitalen Workflow wechseln zu können, wurden die Modelle gescannt (Abb. 32). Nun ergab sich ein realistisches Bild dessen, wie der neue Zahnersatz aussehen bzw. gestaltet werden muss. Ziel war es, den Zahnbogen mehr nach rechts auszurichten und die rechte Seite wieder von der mimischen Muskulatur stützen zu lassen. Auf der linken Seite sollten die Ebenen korrigiert werden.

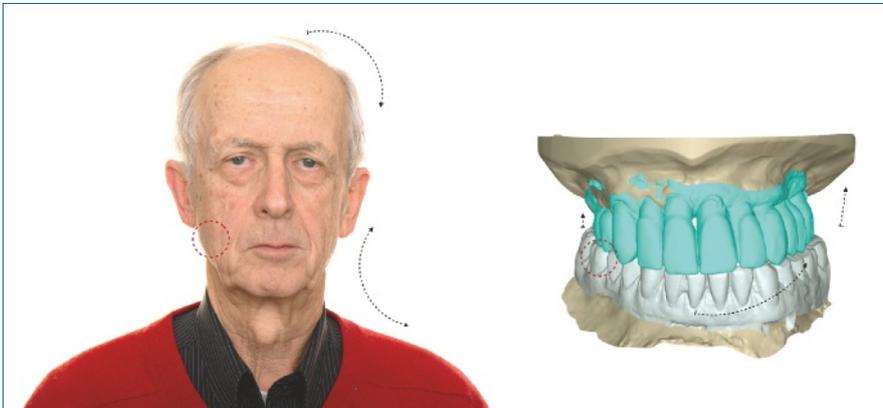


Abb. 22 Kompensierte Situation des Patienten.

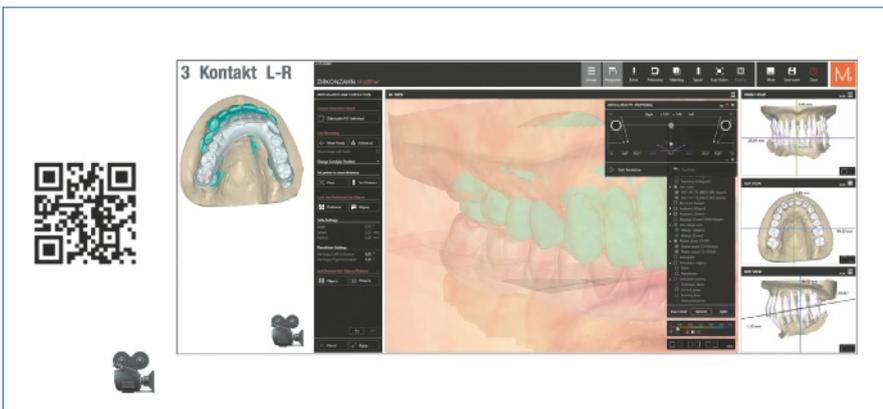


Abb. 23 Kompensierte Situation links/rechts als animierte Grafik (Video).



Abb. 24 Darstellung der Kontakte als animierte Grafik (Video).



Abb. 25 Erarbeitete Startposition.

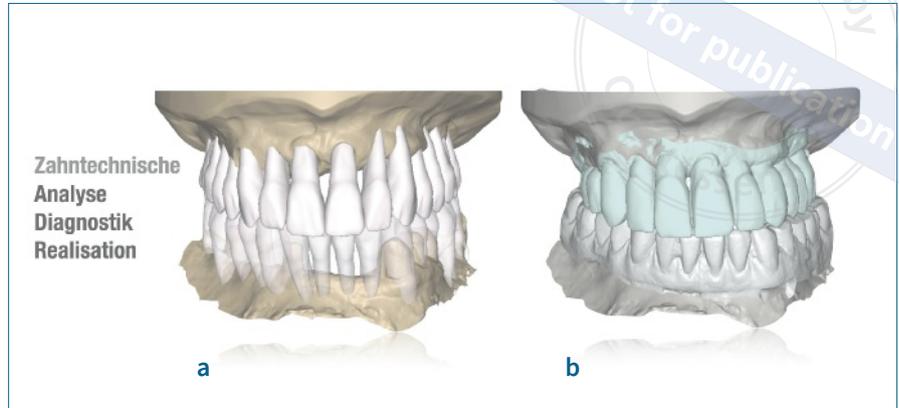


Abb. 26a und b Aufstellung der Zähne als Grundlage für die Planung des Zahnersatzes in der Software.

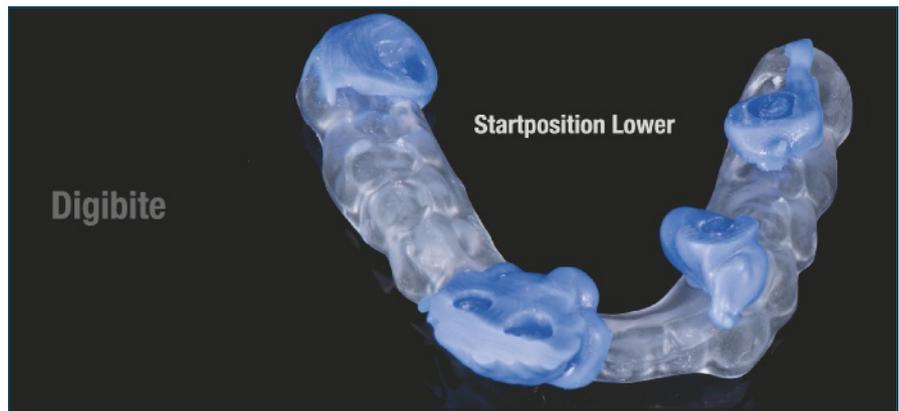


Abb. 27 Digibite – Stabiler Schlüssel zur Registrierung im Mund.

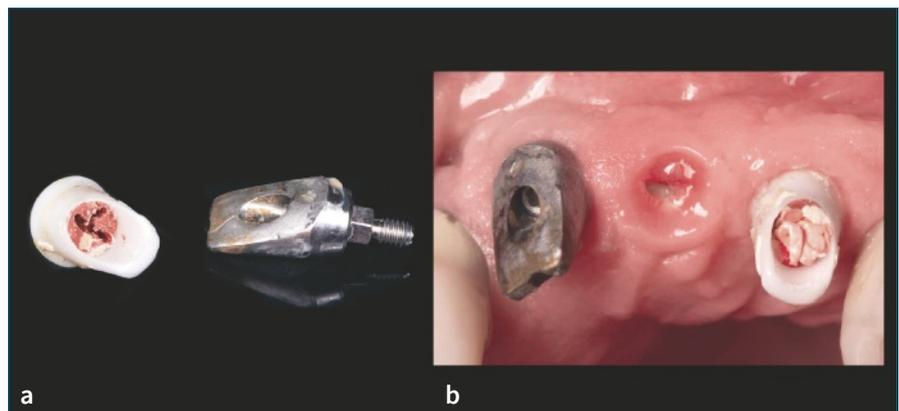


Abb. 28a und b Nach Entnahme der frakturierten Implantatbrücke in Regio 11 bis 16 sowie des Abutments.

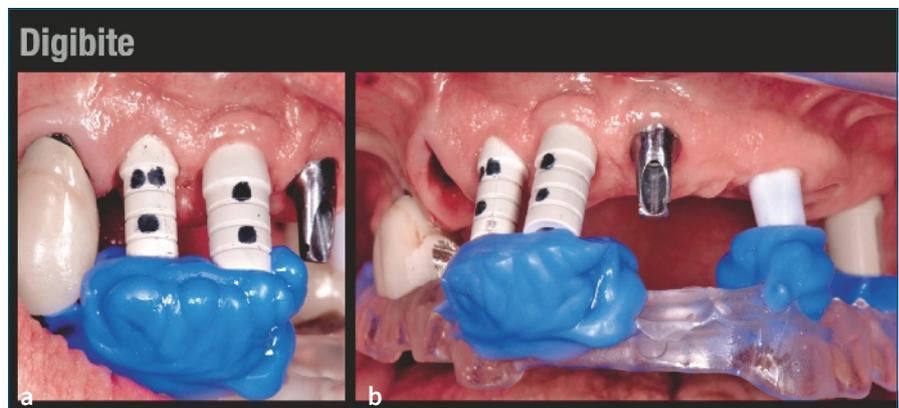


Abb. 29a und b Sequenzielle Registrierung der Bisslage mit dem Digibite.

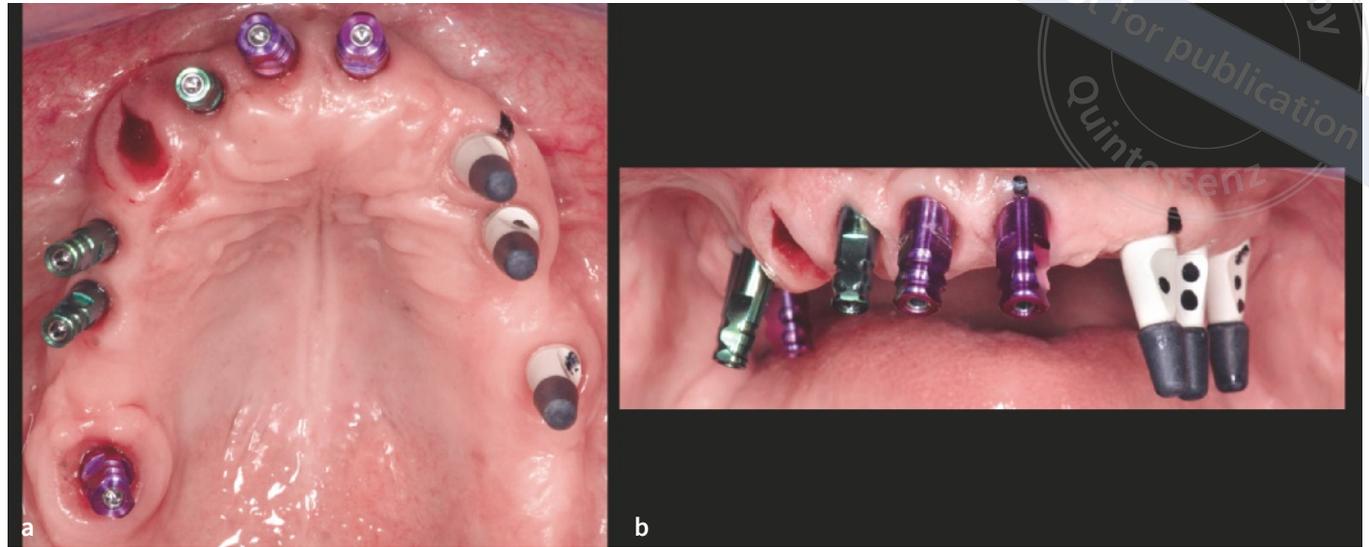


Abb. 30a und b Situation beim Aufsetzen der Abformpfosten für die Überabformung.



Abb. 31a und b Transfer des Oberkiefermodells in den Artikulator mit dem Digibite.

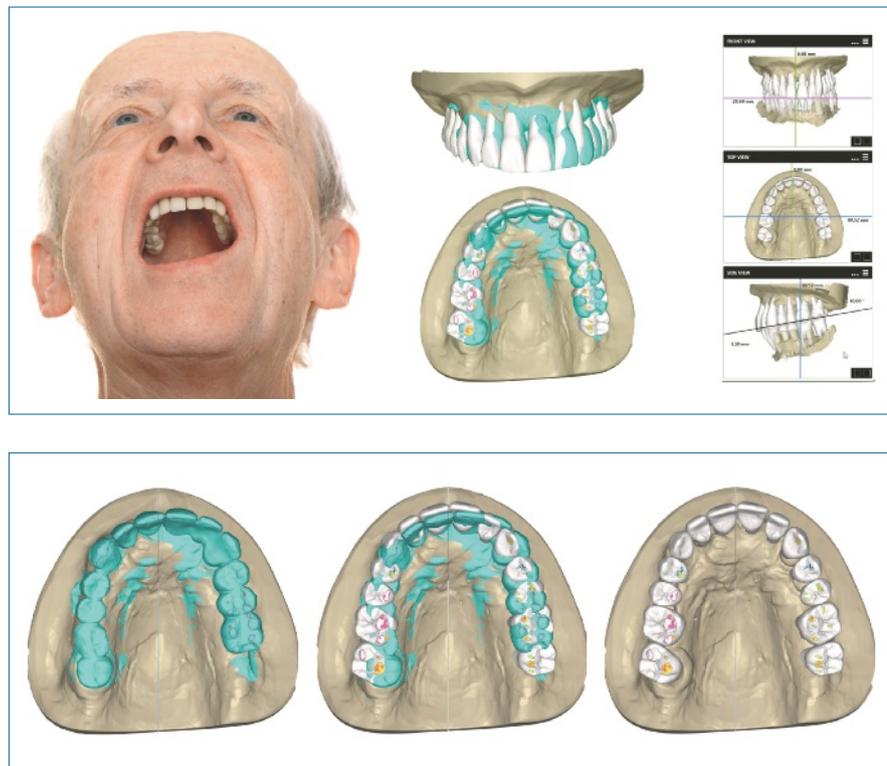


Abb. 32 Digitalisierte Situation mit farblicher Markierung des alten Zahnersatzes (Endposition) bzw. der anzustrebenden Situation (Startposition).

not for
 copyright by
 Quintessenz

Abb. 33 Digitale Aufstellung im Oberkiefer. Das virtuelle Modell bzw. der Gesichtsscan kann in allen Ebenen rotiert und verschiedenste Bewegungen können imitiert werden. Es erfolgen eine virtuelle Einprobe im Mund des Patienten und eine Feinkorrektur (Video).

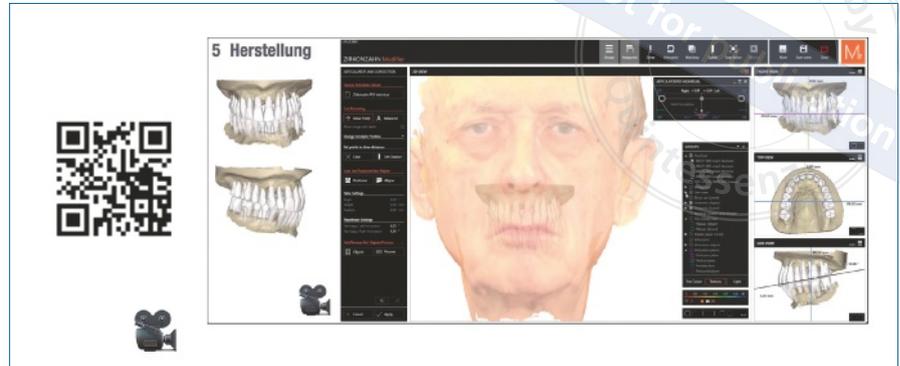


Abb. 34a und b Oberkiefermodell mit Gingivamaske und radiertem Zahn 13 (a) sowie Unterkiefermodell mit Primärteilen, rechtsseitig deutlich zu stark nach lingual positioniert (b).



Abb. 35 Verschraubbares Langzeitprovisorium für den Oberkiefer (Prototyp) und die alte, jedoch angepasste Restauration für den Unterkiefer.

Für den Oberkiefer wurde CAD/CAM-gestützt ein okklusal verschraubtes Langzeitprovisorium aus Polymethylmethacrylat (PMMA) gefertigt (Prototyp; Abb. 33 bis 35). Dies diente in den kommenden Monaten als therapeutische Versorgung (Abb. 36 bis 38). Hierbei geht es nicht darum, dass sich der Patient an die neue Restauration anpasst. Nicht der Patient soll sich an die neuen Zähne gewöhnen, sondern das nach personalisierter Analyse hergestellte Provisorium

(wahrnehmungsphysiologisch bestimmte Mitte, Höhe und horizontale Positionierung des Unterkiefers zum Schädel) muss entsprechend adaptieren. Solange der Patient in der ermittelten Position jedoch noch keine Kaubewegungen vorgenommen hat, ist keine Sicherheit gegeben. Daher bedarf es für das Validieren der ermittelten Position eines physischen „Langzeittests“.



Abb. 36 Prototyp als Therapeutikum, auf dem sich ein physiologisches Kaumuster abzeichnet.



Abb. 37 Verschrauben des Zahnersatzes. Sichtbar ist hier, wie stark die Implantate nach anterior geneigt sind.



Abb. 38a bis c Eingegliederte Restaurationen (Prototypen).

copyright by
not for publication
sistenz



Abb. 39a und b Patient mit eingegliederten Restaurationen (Prototypen). Die Muskulatur auf der rechten Seite wirkt noch etwas verkrampft, aber insgesamt zeigt sich ein sehr harmonisches Bild.



Abb. 40a und b Entspannung der Lippen: Ausgangssituation (Endposition) im Vergleich zur Situation mit dem Langzeitprovisorium (rechts).



Abb. 41a und b Analyse der aktuellen Situation mit Langzeitprovisorium: Der Zahnbogen (Regio 11/12) musste weiter nach außen gelegt werden, um die mimische Muskulatur besser zu stützen. Die Scans zeigen den alten Zahnersatz im Vergleich zur neuen Situation.

Definitiver Zahnersatz

Der Prototyp wurde in den 4 Monaten der Tragedauer zu einer Art Therapeutikum, auf dem sich ein physiologisches Kau- bzw. Bewegungsmuster abzeichnete²³. Ein solches therapeutisches Langzeitprovisorium nimmt das physiologische Kaumuster auf, welches später in die definitive Restauration überführt werden kann. Der Patient fühlte sich mit der neuen Situation sichtlich wohl (Abb. 39). Es zeigte

sich ein harmonisches Bild und auch funktionell fand er wieder eine ausbalancierte Belastung. Die rechte Kieferhälfte kam weiter nach unten und die mimische Muskulatur entspannte sich (Abb. 40). Allerdings zeigte sich auch, dass der Zahnbogen rechtsseitig noch mehr nach außen gelegt werden musste, um die mimische Muskulatur besser unterstützen zu können (Abb. 41a). Die 12-Uhr-Ansicht zeigte, dass der Zahnbogen in Regio 11/12 die Lippen noch nicht ausfüllte (Abb. 41b).

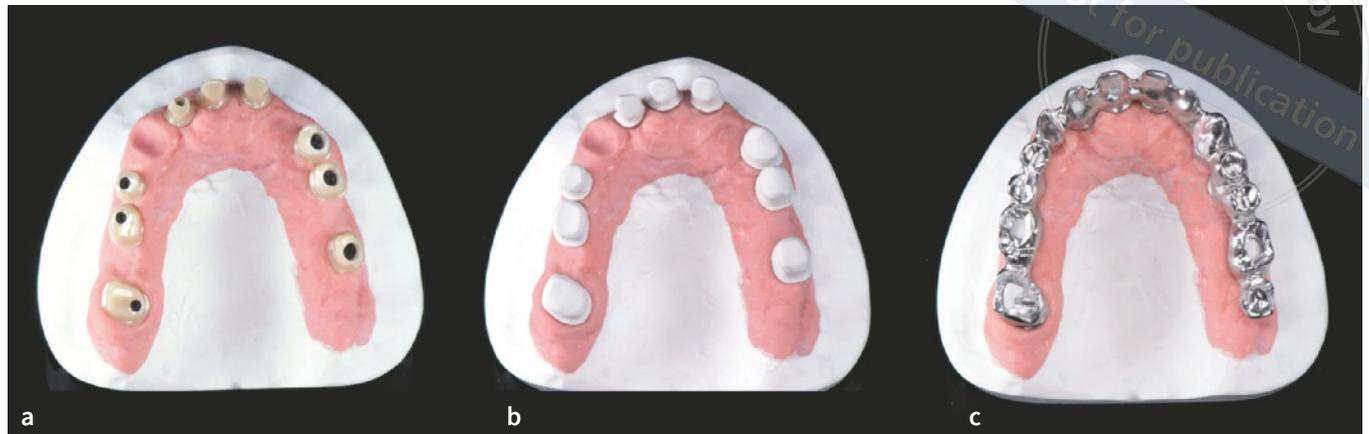


Abb. 42a bis c Oberkiefermodell mit Primärteilen (Abutments), Polyetheretherketon (PEEK)-Käppchen und Tertiärgerüst.



Abb. 43 Übertragungsschlüssel für die akkurate Eingliederung der Primärteile.

Auf dem Prototypen zeichnete sich ein Funktionsmuster ab, welches ohne Umwege in die virtuelle Welt übertragen werden konnte. Die „Kopie“ war die Vorlage für die definitive Restauration. Das Langzeitprovisorium mit dem physiologischen Kaumuster wurde gescannt. Die Daten sollten für das Herstellen der definitiven Arbeit übernommen werden. Während der Herstellungszeit der finalen Restaurationen trug der Patient die Langzeitprovisorien. Für den Oberkiefer sollte ein auf Doppelkronen verankerter Zahnersatz gefertigt werden. Es wurden neue Abutments (Zirkonoxid) erstellt, die zugleich als Primärteile fungierten. Darüber wurden dünne Käppchen aus Polyetheretherketon (PEEK) hergestellt, die intraoral in der Zahnarztpraxis mit dem Tertiärgerüst (Nichtedelmetall, NEM) verklebt worden sind (Abb. 42 bis 46). Die Primärteile wurden zuvor mit einem

Positionierungsschlüssel mit den Implantaten verschraubt (Abb. 47). Der Patient bekam eine Reiseprothese für den Oberkiefer und für den Unterkiefer die „alte“ umgebaute Prothese eingesetzt. Nach einer Überabformung der Situation mit Tertiärgerüst durch einen im Labor vorbereiteten individuellen Löffel und der Überprüfung der Bisslage mit Registrierbehelf konnte die definitive Restauration gefertigt werden (Abb. 48 bis 50). Der Patient hatte bereits jetzt große Vorfreude auf seinen neuen Zahnersatz und brachte noch einige ästhetische Wünsche ein, die er im neuen Zahnersatz realisiert sehen wollte. Diese konnten bei der Verblendung des Gerüsts (Komposit) umgesetzt werden. Wenige Tage später war der neue Zahnersatz für den Oberkiefer fertiggestellt und wurde in der Zahnarztpraxis eingesetzt (Abb. 51 bis 53).

copyright by
not for publication



Abb. 44 Übergabe der Komponenten mit Bissschlüssel und individuellem Löffel an die Zahnarztpraxis.



Abb. 45 Gerüst auf dem Oberkiefermodell mit Bissschlüssel zur Sicherstellung der Bisslage.



Abb. 46 Reiseprothese für den Oberkiefer und der „alte“ umgebaute Doppelkronenzahnersatz für den Unterkiefer.

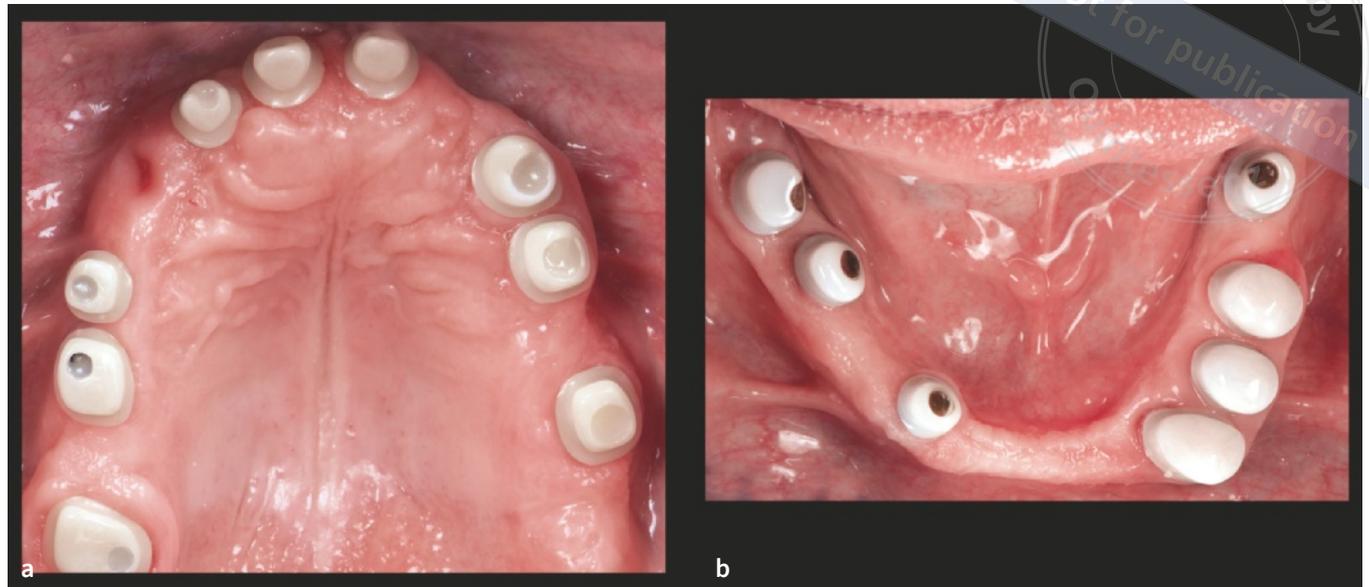


Abb. 47a und b Oberkiefer mit den neuen Primärteilen (Abutments) und Unterkiefer mit den bereits vorhandenen Primärkronen.



Abb. 48 Intraoral verklebtes Tertiärgerüst mit Überprüfung der Bisslage.



Abb. 49 Oberkiefer mit Reiseprothese über den eingegliederten Primärteilen. Unterkiefer mit „alter“, umgebauter Doppelkronenprothese.



Abb. 50a und b Lippenbild des Patienten mit der Reiseprothese beim Lachen; normalisiertes, entspanntes Lippenbild. Der links leicht hochgezogene Mundwinkel entsprach seiner Wohlfühlsituation.



Abb. 51a bis c Der fertiggestellte Zahnersatz für den Oberkiefer. Das Tertiärgerüst ist mit Komposit verblendet.



Abb. 52 Der Patient in seiner ursprünglichen „okklusalen Heimat“ mit neuem Zahnersatz (Startposition).



Abb. 53 Gegenüberstellung der Porträtbilder des Patienten mit dem alten und dem neuen Zahnersatz.

Fazit

Basierend auf der umfassenden personalisierten Analyse wurde eine Harmonie zwischen Funktion, Phonetik und Ästhetik gefunden und für den Patienten ein neuer Zahnersatz in der ursprünglichen „okklusalen Heimat“ gefertigt¹⁰. Ergänzend zur zahnärztlichen Diagnostik bildet hierfür die zahntechnische Analyse mit ihren referenzierbar erfassten intra- und extraoralen Bezügen, ihrer analogen und digitalen Auswertung und den daraus folgenden Herstellungsphasen des Zahnersatzes eine wichtige Grundlage²⁰. Durch das beschriebene Verfahren kann ein individueller Zahnersatz hergestellt werden, der die natürliche Kopfhaltung sowie individuelle Asymmetrien berücksichtigt. Die Verbindung digitaler Technologien mit analogen Ansätzen ermöglicht eine Verringerung der Einproben im Patientenmund² und gewährleistet hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit. Die Kombination von digitalen und analogen Daten sowie der Wechsel zwischen den beiden Systemen überwindet bisherige Limitationen (z. B. mecha-

nische Grenzen, Artikulator als starres System)²⁰. Die foto-realistische Darstellung erlaubt die virtuelle Erarbeitung der Okklusion basierend auf der patientenspezifischen Physiognomie. Zusätzlich werden die Daten des Gesichtsscanners in die Modellierungssoftware eingelesen und mit den 3-D-Planungsdaten verknüpft. Aktuell beschäftigen sich einige Universitäten mit dem Thema. Die klinischen Erfahrungen der Autoren untermauern die hohe Präzision der vorgestellten Registriermethode. Grundsätzlich sind zusätzliche klinische Studien wünschenswert, welche die Genauigkeit bestehender Registriersysteme evaluieren und vergleichen.

Interessenskonflikt

Der Erstautor ist an der Entwicklung des PlaneSystems beteiligt gewesen. Das Autorenteam erklärt, dass der im Artikel abgebildete Patient sein Einverständnis zur Nutzung des Bild- bzw. Videomaterials im Rahmen von Fachpublikationen abgegeben hat.

Literatur

1. Att W, Plaster U. Erfassen referenzierbarer patientenindividueller Daten mittels natürlicher Kopfhaltung. *Quintessenz Zahnmed* 2020;71(11): 1196–1222.
2. Att W, Witkowski S, Strub Jr. *Digital workflow in reconstructive dentistry*. Berlin: Quintessence Publishing 2019.
3. Bennet NG. A contribution to the study of the movement of the mandible. *Proc R Soc Med* 1908;1(Odontol Sect): 79–98.
4. Cooke MS. Five-year reproducibility of natural head posture: A longitudinal study. *Am J orthod Dentofacial orthop* 1990;97(6):487–494.
5. Ferrario VF, Sforza V, Serrao G, Ciusa V. A direct in vivo measurement of the three-dimensional orientation of the occlusal plane and of the sagittal discrepancy of the jaws. *Clin Orthod Res* 2000;3(1):15–22.
6. Gysi A. II. Teil. Artikulation. In: Bruhn C, Kantorowicz A, Partsch C (Hrsg). *Handbuch der Zahnheilkunde*. Band III: Zahnärztliche Prothetik. München: Bergmann, 1926:167–318.
7. Hugger A, Kordaß B. *Handbuch Instrumentelle Funktionsanalyse und funktionelle Okklusion*. Berlin: Quintessence Publishing, 2018:212.
8. Kato T. [A study on the reference planes and lines for dental practice]. *Aichi Gakuin Daigaku Shigakkai Shi* 1990;28(1 Pt 1):1–19.
9. Kordaß B. Kieferrelationsbestimmung – eine Herausforderung. *Quintessenz Zahntech* 2011;37(9):1105.
10. Kordaß B, Lotze M. Aufbiss, Zähne und Gehirn. In: Böhme H, Slominski B (Hrsg). *Das Orale. Die Mundhöhle in Kulturgeschichte und Zahnmedizin*. München: Wilhelm Fink, 2013:147–156.
11. Lauritzen A. *Atlas of occlusal analysis*. Colorado Springs: HAH Publications, 1974.
12. Linden, FPGM van der. *Development of the human dentition*. Chicago: Quintessence Publishing, 2016.
13. Linden, FPGM van der. *Facial growth and facial orthopedics*. Chicago: Quintessence Publishing, 1986.
14. Linden, FPGM van der. *Orthodontics with fixed appliances*. Chicago: Quintessence Publishing, 6. Aufl. 1997.
15. Ogawa T, Koyano K, Suetsugu T. Correlation between inclination of occlusal plane and masticatory movement. *J Dent* 1998;26(2):105–112.
16. Ogawa T, Koyano K, Suetsugu T. The relationship between inclination of the occlusal plane and jaw closing path. *J Prosthet Dent* 1996;76(6):576–780.
17. Ogawa T, Koyano K, Umemoto G. Inclination of the occlusal plane and occlusal guidance as contributing factors in mastication. *J Dent* 1998;26(8):641–647.
18. Peng L, Cooke MS. Fifteen-year reproducibility of natural head posture: A longitudinal study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;116(1):82–85.
19. Plaster U. Schienentherapie und das System Mensch. *Quintessenz Zahntech* 2020;46(9):931–1043.
20. Plaster U. Transfer of the patient's oral situation to the articulator and synchronizing the articulated models. Part 1, 2: Occlusal plane and jaw relation the analysis and transfer of information. *J Craniomand Func* 2019:41–52.

Udo Plaster, Christopher Köttgen

21. Rossaint AL. Medizinische Kinesiologie. Kirchzarten: VAK, 2005.
22. Sinobad D, Postic SD. Roentgenradiometric indicators of the position of the occlusal plane in natural and artificial dentitions. Eur J Prosthodont Restor Dent 1996;4(4): 169–174.
23. Tamaki k, Celar AG, Beyers S, Aoki H. reproduction of excursive tooth contact in an articulator with computerized axiography data. J Prosthet Dent 1997;78(4):373–378.
24. Xie J, Zhao Y, Chao Y, Luo W. [A cepha-lometric study on determining the orientation of occlusal plane]. Hua Xi Yi Ke Da Xue Xue Bao 1993;24(4):422–425.



Udo Plaster

Udo Plaster

Zahntechnikermeister
Plaster Dental-Technik GbR
Emilienstraße 1
90489 Nürnberg

Christopher Köttgen

Dr. med. dent.
Zahnarztpraxis Dr. Köttgen
Mainz

Korrespondenzadresse:

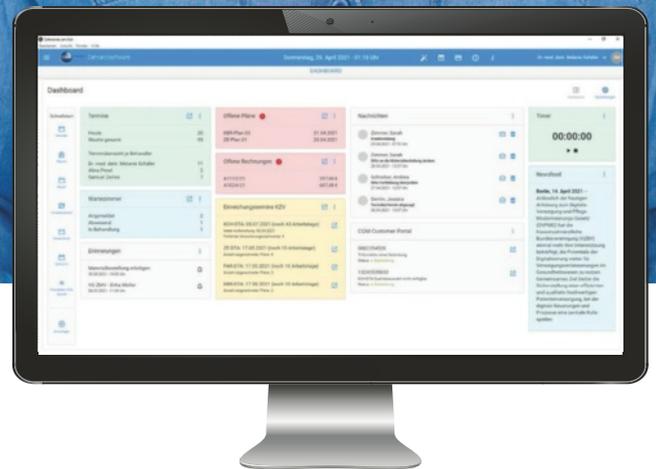
Udo Plaster, E-Mail: udoplaster@me.com

CGM XDENT

Zahnarztinformationssystem

PRAXIS- NEUGRÜNDUNG?

AM BESTEN MIT CGM XDENT!



Denn mit der **Cloud-Software**
CGM XDENT können Sie Zahnärztin
bzw. Zahnarzt sein, wie Sie es wollen.

Jetzt weitere Infos einholen auf:
cgm.com/de-xdent

