



Zusammenfassung

Die drei Autoren, bestehend aus Zahnarzt, Zahntechniker und in der Funktionsmusteranalyse von Zähnen spezialisiertem Paläoanthropologe, beschreiben anhand eines einzelnen Patientenfalls alle Aspekte der Rekonstruktion einer funktionsgestörten Ober- und Unterkiefer-Versorgung nach dem Prinzip der Bensheimer Rekonstruktion. Erstmals stellen sie auch in einer deutschen Fachzeitschrift ein System zur virtuellen Okklusionsanalyse, den Occlusal Fingerprint Analyser, vor und prüfen mit diesem System nach längerer Tragezeit anhand von 3-D-Aufnahmen die tatsächliche Nutzung der neuen Funktionsflächen durch den Patienten.

Indizes

Funktion, Ästhetik, Bensheimer Konzept, NAT/NFR, Teamarbeit, interdisziplinäre Zusammenarbeit, virtuelle Okklusionsanalyse, Occlusal Fingerprint Analyser

Anteriore Ästhetik durch posteriore Funktion?!

Ulf Krueger-Janson, Dieter Schulz, Ottmar Kullmer

Ästhetische Aspekte moderner Zahnheilkunde stellen einen wesentlichen Teil eines erfolgreichen Behandlungskonzepts dar. Die Ansprüche der Patienten sind bezüglich der fazialen Ästhetik sehr hoch und verlangen vom Behandler viel Fingerspitzengefühl. Sowohl bei der Beratung als auch bei der anschließenden praktischen Umsetzung. Insbesondere dann, wenn die Parameter für eine funktionsgerechte Integration von ästhetischen Korrekturen oder Rekonstruktionen berücksichtigt werden sollen. Wer kennt nicht das frustrierende Gefühl, wenn nach einer mühsam aufgebauten Schneidekante oder Frontzahnhecke fast die ganze Restauration wieder abgeschliffen werden muss, weil sie während der funktionellen Bewegung stört? Genau dann ist Hintergrundwissen gefragt, um solche Misserfolge zu vermeiden und im Gegensatz dazu funktionsadäquat restaurieren zu können. Auch dann, wenn man seinen Patienten erklären möchte, welche ursächlichen Faktoren verschiedene destruktive Phänomene hervorrufen oder eine Änderung der Zahnstellung im Frontzahnbereich zur Folge haben.

Die Verbindung von Frakturen der Inzisalkante oder Zahnbewegungen besonders in der Front können jedoch nachvollzogen und deren kausalen Beziehungen analysiert werden. Der Zusammenhang zwischen frontalen „Ereignissen“ und der posterioren vertikalen Dimension soll deshalb im Folgenden ausführlich erläutert werden. Die ein-

Einleitung

zelen Parameter funktioneller Zusammenhänge, die Kommunikation mit dem Labor und dessen technische Umsetzung werden detailliert dargestellt. Ebenso wird die Einbindung des Patienten in einzelnen Arbeitsprozessen beschrieben. Anhand eines Patientenfalls wird eine Vorgehensweise mittels Abbildungen dokumentiert, welche dem erfolgreichen Arbeitskonzept des Bensheimer Arbeitskreises, der Bensheimer Rekonstruktion weitgehend entspricht.

Für die Mitglieder und Freunde des Bensheimer Arbeitskreises ist Funktion eng mit dem Begriff der „NFR“, der „Natur- und Funktionsgerechten Rekonstruktion“ verbunden. Moderne Rekonstruktion bedeutet Nachvollziehbarkeit und Vorhersagbarkeit durch strategisch geplante Behandlung nach dem aktuellen Stand der Technik und der Medizin, hierfür steht der Begriff „Bensheimer Rekonstruktion“.²

In der Praxis 1 Kasuistik

Ein 64-jähriger Patient (Beruf Ingenieur) mit komplettem Erhalt der natürlichen Frontzähne beobachtete eine ästhetische Veränderung der Inzisalkanten, besonders in der Front des Unterkiefers. Abrasionsmerkmale im Sinne einer Substanzreduktion und Frakturen an den Frontzähnen des Ober- und Unterkiefers, die mit scharfen Kanten die Zunge irritierten, veranlassten den Patienten, professionellen Rat einzuholen (Abb. 1a und b).

Befund:

- Inzisale konkave Reduktion an Zahn 12. Bei lateroprotrusiver Bewegung kann der Patient eine Position einnehmen, in der Zahn 42 mit dieser Fläche spaltlos korrespondiert
- Mehrere nach vestibulär abfallende inzisale Schmelzfrakturen der Unterkieferfront
- Parodontale Problematik an 32 mit distaler Retraktion und inflammatorisch veränderter Gingiva
- CMD-Bereich unauffällig
- An den Seitenzähnen fallen „Tip-crash“-Läsionen (siehe Abb. 8) an mehreren Höckern auf
- Insuffiziente Ränder von Goldrestaurationen
- Starke Abrasionsbereiche



Abb. 1a Der Ausgangsbefund. Sehr steile Eckzahnführungsfacetten und inzisale Konturreduktion des Zahns 12. Das Parodontium zeigt keine pathologischen Veränderungen.



Abb. 1b Die Unterkieferfront weist Schmelzfrakturen der Inzisalkanten auf. Die koronale Länge ist reduziert. Distal von Zahn 31 weist eine parodontale Läsion (Gingivitis und P-Spalterweiterung) auf eine funktionelle Überlastung dieses Parodontiums hin.



Abb. 2 Artikulator-Modellsystem zur „dreidimensionalen Beratung“ in Protrusionsstellung. Die linke Seite entspricht „eugnativen Verhältnissen“. Auf der rechten Seite wurde eine Gruppenführung mit Reduktion der posterioren Okklusion und der Front- und Eckzahnführung eingeschliffen.



Abb. 3 bis 5 Die eingeschliffene rechte Unterkieferseite wurde in Protrusionsstellung gebracht. Die Abb. 3 und 4 veranschaulichen die abradierten und aufeinander eingeschliffenen Bereiche besonders von Zahn 12 und 13. Die linke Seite weist bei der Protrusion eine unbeschädigte, anatomische Morphologie der Front- und Seitenzähne auf.

Im Beratungsgespräch soll dem Patienten das Verständnis für die eigene dentale Situation und eine damit verbundene Problematik vermittelt werden. Hierzu stellt ein Acryl-Modell, welches in einen einfachen Artikulator eingebaut ist, ein außerordentlich wertvolles Hilfsmittel dar. Die Bewegungen des Unterkiefers können nachvollzogen und demonstriert werden. Am hier dargestellten Modell wird eine „gesunde Kieferhälfte“ einer „pathologisch veränderten Kieferhälfte“ gegenübergestellt (Abb. 2). Bei der pathologisch veränderten Hälfte wurde im Seitenzahnggebiet eine Gruppenführung mit reduzierter vertikaler Dimension eingeschliffen. Im Frontzahnbereich sind die in Folge entstandenen Schäden, wie Reduktion der Eckzahnführung und Frakturen im Inzisalbereich, zu erkennen. Die gesunde Hälfte kann zur Erklärung nun mit der pathologisch veränderten Hälfte verglichen werden (Abb. 3 bis 5).

Beratung

Da es sich um ein dynamisches System handelt, können die Bewegungsmechanismen auch vom Patienten nachvollzogen werden. Erst das dreidimensionale Erfassen von Bewegungen, die der Unterkiefer ausführt, verschafft dem Patienten Verständnis über seine eigene Problematik. Der progrediente Verlauf einer Abnutzung von Zahnflächen kann anhand der Modelle vermittelt werden und den Patienten von der Notwendigkeit einer anstehenden Behandlung überzeugen. Dieses Beratungsinstrument hat sich in der Praxis bestens bewährt.

Die Anfertigung eines Mock-ups hat sich für eine visualisierende Beratung hervorragend etabliert. Durch das Auftragen eines farblich passenden Komposits auf die nicht konditionierte Zahnoberfläche, kann beispielsweise zum Ausgleich einer Fehlstellung, zur Korrektur von Diskolorationen und zum interdentalen Lückenschluss wie etwa nach Parodontistherapie das Ergebnis einer Behandlung prospektiv vermittelt werden. Dem Patienten kann dieser Aufbau mitgegeben werden, um ihm im Rahmen seiner privaten

Das Mock-up

Umgebung die Möglichkeit zu geben, das zu erwartende Ergebnis vorzuführen und zu diskutieren. Das Mock-up kann jederzeit wieder entfernt werden, da kein adhäsiver Verbund mit der Zahnoberfläche entstanden ist. Es vermittelt jedoch eine primäre Zielvorstellung und bindet den Patienten bei der Entscheidungsfindung für eine folgende Therapie mit ein.

Behandlungsziel **Rekonstruktion der frontalen Ästhetik.** Im Sinne der Bensheimer Rekonstruktion soll eine langfristige Stabilisierung der anterioren funktionellen Führungsflächen durch Anhebung der vertikalen Dimension im posterioren Bereich ermöglicht werden.

Definition. Der Bensheimer Rekonstruktion liegt eine Vorgehensweise zugrunde, die der folgenden Systematik entspricht:

- Präzisionsabformung beider Kiefer
- Gesichtsbogen zur arbiträren Übertragung
- Anfertigung eines habituellen Bissregistrats
- Zur ersten Diagnostik arbiträr einartikulierte Situationsmodelle
- Registrierung der zentrischen und exzentrischen Unterkieferbewegungen zur Programmierung des Artikulators (Einstellung der Winkel)
- Erste Modellanalyse, – Kauflächen – korrespondierende Flächenanalyse in der Dynamik, im Seitenzahnggebiet und der Front
- Computergestützte Analyse
- Ggf. Schienentherapie und neue Positionierung der Unterkieferlage
- Anfertigung eines Wax-ups in der neuen Position
- Prothetische Umsetzung

Mit der Kauflächengestaltung nach Polz und deren Weiterentwicklung durch D. Schulz wurde die Gestaltung einer Kaufläche entwickelt, welche der physiologisch anatomischen Morphologie einer in Funktion befindlichen Kaufläche entspricht. Es werden individuelle (nach Analyse der Bewegungsmuster) Nutzflächen/„Kauflächen“ eingearbeitet, um die Nahrung optimal zerkleinern zu können. Etymologisch wird mit der Bezeichnung Kaufläche bereits auf einen flächigen Gebrauchsbereich hingewiesen. Wie es analog dazu das „Reibe- und Stampf-Prinzip“ beschreibt (eher bekannt als Mörser-Pistill-Prinzip), kann durch die mahlende Bewegung von gegenläufigen Flächen eine Zerkleinerung von Materialien erfolgen (Abb. 6).



Abb. 6 Pistill mit einer stirnseitig abgerundeten Fläche.

Paläontologische Untersuchungen der Zähne von Affen und Menschen weisen Nutzungsbereiche (Kauflächen) auf, welche durch den Mahlvorgang antagonistischer Zähne hervorgerufen wurden und ein identisches Abrasionsmuster präsentieren, wie es sich beim Menschen der Neuzeit darstellt. Ein der Zerkleinerung der Nahrung zugrundeliegender Mechanismus für die Entstehung von Flächen ist demgemäß Millionen von Jahren alt und kann auch beim heutigen Menschen nachvollzogen werden.

Konzepte, die sich nach den Jahren extremer gnathologischer Arbeitsweisen (1970er- und 80er-Jahre) entwickelten und als protektive Lösung punktartige Kontaktbereiche anbieten (besonders während exzentrischen Bewegungsmustern – dem eigentlichen Zerkleinerungsvorgang), werden in diesem Zusammenhang als unzureichend angesehen. Um eine adäquate Zerkleinerung der Nahrung und damit deren Aufbereitung

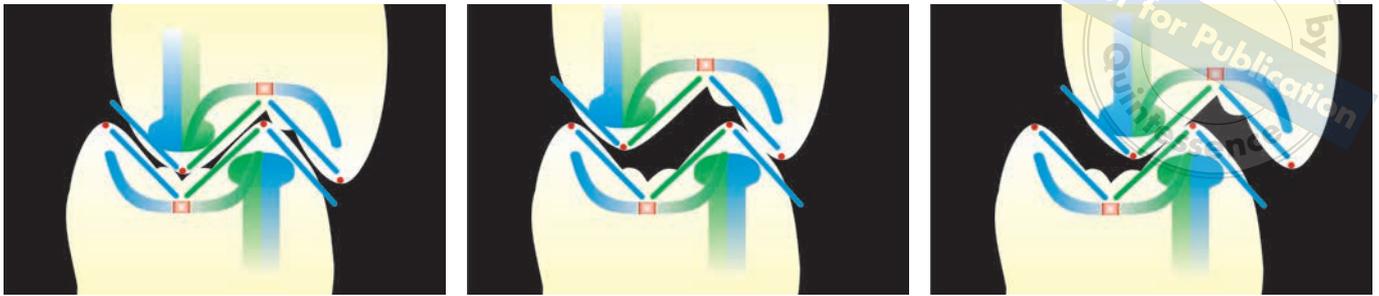


Abb. 7 bis 9 Grafische Darstellung des Prinzips bei einem sagittalen Querschnitt von Molaren in statischer und dynamischer Position. Der Kauprozess, das Zermahlen der Nahrung, wird durch eine dreidimensional rotierende Bewegung des Unterkiefers bewerkstelligt. Dadurch können gegenläufige Flächen von „antagonistischen Zahnpaaren“ Nahrung zerquetschen und zerkleinern. Die Verwindung des Unterkieferbogens und die Beweglichkeit der Zähne bewirkt zusätzlich verschiedene Neigungswinkel der beteiligten „Zahnpaare“ und lässt Flächen auf den Kauebene entstehen, welche im Artikulator nicht nachvollzogen werden können. Eine Zuordnung und Nomenklatur dieser einzelnen Nutzflächen wurde bereits durch Dieter Schulz und Dr. Ottmar Kullmer vorgenommen.⁴

zu gewährleisten, sind gegeneinander arbeitende Flächen im initialen funktionellen Arbeitsbereich unerlässlich (Quetsch- und Mahlvorgänge) (Abb. 7 bis 9).

Diese Nutzung von Flächen soll wiederhergestellt werden, damit eine physiologische, adäquate Nahrungszerkleinerung gewährleistet werden kann. Die Flächen werden gemäß digital ermittelter Werte (Gelenkbahnneigung, Bennett-Winkel, Immediate Sideshift und retrusiver sowie surtrusiver Bereich) und nach entsprechender Artikulatorjustage in die Kaufläche eingearbeitet. Das angefertigte okklusale Profil kann somit durch eine „maximal“ erfassbare physiologische Bewegungsdynamik in seinen Winkelneigungen dem Patienten für seine Nahrungszerkleinerung angeboten werden (den anatomischen Gegebenheiten gemäß können durch Laterotrusionsregistratur entsprechende Werte beim volljustierbaren Artikulator individuell eingestellt werden). Trotz der verwindenden Auslenkung der am Kauzyklus beteiligten Strukturen (Unterkiefer und Parodontien) wird ein Großteil der angebotenen Flächenbereiche beim Kauen genutzt, da sie nach physiologischen Kriterien hergestellt wurden. Dass diese angebotenen Flächen auch tatsächlich genutzt werden, wird mittels 3-D-Aufnahmen des anschließend dargestellten Patientenfalls, welcher nach einigen Jahren wieder untersucht wurde, dokumentiert.

Die parodontalen Strukturen des vorliegenden Patientenfalls können als suffizient bezeichnet werden. In Regio 41 und 31 ist eine Inflammation der Gingiva zu befinden, welche durch eine Überlastung beim Kauvorgang hervorgerufen wurde. Eine starke inzisale Reduktion mit Abplatzungen des Schmelzes weisen die Unterkieferfrontzähne 42–31 auf. Im Oberkiefer sind steile Abrasionsbereiche an den Eckzähnen sichtbar und eine konkave Reduktion der Schneidekante von 12 (Abb. 10). Ein progredienter Verlauf der Schneidekantenfrakturen der Unterkieferfront wurde vom Patienten berichtet (Abb. 11).

Um eine Modellanalyse und eine Erfassung der funktionellen Parameter zu ermöglichen, ist es notwendig, eine Abformung der beiden Kiefer anzufertigen.

Für eine perfekte Darstellung der Zähne, zur allgemeinen Diagnostik und insbesondere zur Analyse von kaufunktionell beanspruchten okklusalen Bereichen (Abb. 12 und 13), stellt die Abformung der Kiefer eine besondere Herausforderung dar. Um Verzerrungen und Deformationen durch verfrühte Entnahme des Abformlöffels zu vermeiden, müssen

*Falldarstellung:
Patienten-Fotos*

Präzisionsabformung



Abb. 10 und 11 Darstellung der Läsionen im Ober- und Unterkiefer. Der fortschreitende Verlauf scharfkantig-fakturierter Bereiche der Unterkieferfront beunruhigten den Patienten.



Abb. 12 Inzisale Ansicht der Oberkieferfront. Deutlich treten ausgeprägte konkave Läsionen an den Eckzähnen („tip crash“/ Schmelzausbrechungen) hervor.



Abb. 13 Weitere Ansicht des Oberkiefers von okklusal. Tip-crash-Schmelzausbrüche an den Prämolaren mit zikulärem Sekundärkarieseinbruch um die Goldinlays. Eine Reduzierung der okklusalen Morphologie ist deutlich an Zahn 26 zu sehen sowie Karieseinbruch am Goldinlay von 17. Die Kronen wurden der vertikalen Dimension entsprechend mit einer ausgeprägten okklusalen Morphologie angefertigt.

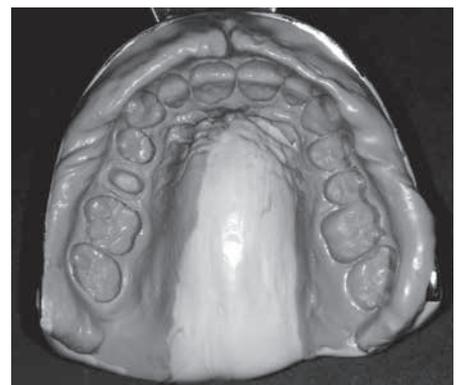


Abb. 14 bis 16 In der Praxis werden routinemäßig konventionelle Abformlöffel (Rimlock) individualisiert. Mit Silikon wird im Oberkiefer der Gaumenbereich abgeformt und der Tuberbereich nach dorsal abgedämmt. Das Material wird im noch weichen Zustand nach okklusal hin verstrichen und nach lateral in den Löffel verteilt. Bei der Abformung kann dadurch ein höherer Staudruck erzeugt werden.

die vom Hersteller angegebenen Zeiten für die Aushärtung des Abformmaterials penibel eingehalten werden. Weiter sollte der Löffel so vorbereitet werden, dass sich das Material mit entsprechendem Druck auch in gering zugängliche Bereiche hinein verteilen kann (Abb. 14 bis 16).

In der hier vorgestellten Arbeitssystematik wird ebenso darauf geachtet, dass mit dem gleichen Abformmaterial, welches für die gesamte Abformung verwendet wird, auch der Vorauftrag auf die Fissuren und die okklusalen Flächenbereiche erfolgt. Der Grund liegt in feinen Präzisionsabweichungen – Schlieren, welche häufig im Kontaktbereich unterschiedlicher Abformmassen erkennbar wurden.

Im Labor 1 Vorbereitende Maßnahmen

Montage der Situationsmodelle (SM). Die Analyse und die Dokumentation der Patientenausgangssituation ist die Basis für eine weitere Behandlung. Auch in den Situationsmodellen im Artikulator befinden sich wichtige Informationen über den Restzahnbereich und über die statischen und dynamischen Verhältnisse beider Zahnreihen zueinan-



der, die im Laufe des Lebens von den Patienten angelegt wurden. Nach einer Präparation im Kleinen wie im Großen gehen diese Informationen unwiederbringlich verloren.

Die Situationsübertragung erfolgt nach der Abformung beider Kiefer. Hierzu benötigen wir einen Datenträger, der die Okklusionsebene des Patienten dreidimensional in den Artikulator überträgt. Ob Gesichtsbogen mit Zentrik-Protrusions- und Lateralregis-traten oder anderen optoelektronischen Bestimmungs- und Aufzeichnungsmöglich-keiten, sie sind unentbehrliche Hilfsmittel in der modernen Zahnmedizin und Zahntechnik. Bei dem vorliegenden Patientenfall wurde mit ARCUSdigma (KaVo, Leutkirch) gearbeitet.

Die Abbildungen 17 bis 33 zeigen die präzise Situationsmodellmontage in den Arti-kulator.



Abb. 17 und 18 Die Situationsmodelle des Ober- und Unterkiefers.

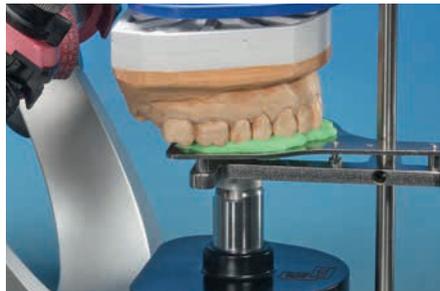


Abb. 19 Vorbereitung des Artikulators und das Einsetzen der Bissgabel und einer Montageplatte.

Abb. 20 Die Positionierung des Oberkiefermodells und Kontrolle der Platzverhältnisse.

Abb. 21 Die Modellmontage mit Arti-Gips.



Abb. 22 Die komplette Oberkiefermodellmontage.

Abb. 23 Die Unterkiefermodellmontage gegen den Oberkiefer.

Abb. 24 Die Kontrolle des Registrats.



Abb. 25 Das Einsetzen der Montageplatte und erneute Platzkontrolle.



Abb. 26 Die Verschlüsselung mit Arti-Gips.



Abb. 27 Der Stützstift steht auf null.

Abb. 28 Die Sagittalansicht der rechten Seite.



Abb. 29 Die Sagittalansicht der linken Seite.



Abb. 30 Die Kontrolle der Okklusion auf der rechten Seite.



Abb. 31 Die Frontalansicht der Situationsmodelle.



Abb. 32 Die Kontrolle der Okklusion auf der linken Seite.

Abb. 33 Einblick in die Frontzahnbeziehungen.





Abb. 34 Angefertigte Modell-
duplikate.



Abb. 35 Montage des
Unterkiefer-Duplikatmodells
gegen das Oberkiefer-Situati-
onsmodell.



Abb. 36 Das Öffnen des Arti-
kulators.



Abb. 37 Die Entfernung der
Manschette.



Abb. 38 Die Zahnreihe des
Duplikatmodells ist in der
gleichen Position wie die
Zahnreihe des Unterkiefer-
Situationsmodells.



Abb. 39 Das Aufsetzen des Oberkiefer-Duplikat-
modells.

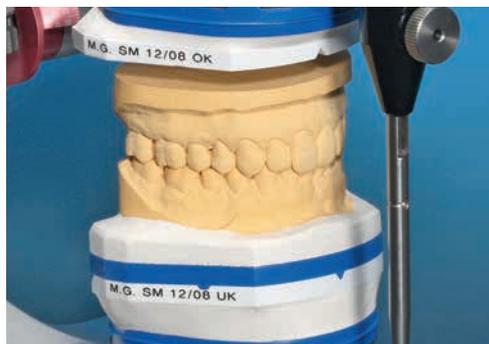


Abb. 40 Platzkontrolle und anschließende
Verschlüsselung.



Abb. 41 Abgeschlossene Montage
der Duplikatmodelle.

Abb. 42 Nach intensiver Funktionsanalyse wird festgelegt, den Stützstift minimal anzuheben.



Abb. 43 Markierung einer individuellen Führungsfacette.



Herstellung von Duplikatmodellen und Montage in den Artikulator. Bei umfangreichen Restaurationen ist es erforderlich, Duplikatmodelle von den Situationsmodellen (SM) anzufertigen. Die Zweitmodelle werden ebenfalls in den Artikulator montiert. Aus didaktischen Gründen ist eine andere Gipsfarbe (gelb) verwendet worden. Die Reihenfolge der Zweitmodellmontage ist in den Abbildungen 34 bis 41 aufgezeigt. Das Modellsystem der Duett-Platten (Baumann Dental, Kelttern-Ellmendingen) unterstützt diese Arbeitsschritte mit großer Präzision. Die Zahnreihen beider Ober- und Unterkiefer stehen jetzt im Artikulator in identischer Position.

Diagnostische Vorleistungen. Der erstellte Duplikatmodellsatz wird als Diagnostikmodell (DM) bezeichnet. Auf diesen Modellen kann diagnostisch nach den Parametern der NAT/NFR gearbeitet werden und die Ausgangssituation bleibt in Form der Situationsmodelle (SM) erhalten. Nach ersten Erkenntnissen und Kontrolle der Funktionsabläufe im Artikulator war eindeutig zu erkennen, dass die zentrische Position stabil war, aber in der Dynamik der Seitenzahnbereich sofort diskluidierte und die Belastung in den Kiefergelenken und besonders in der Front aufgefangen und somit kompensiert wurde. Eine optimale Nahrungsaufbereitung zwischen den Prämolaren und Molaren war nicht möglich, sondern nur ein grobes Zerquetschen. Der Zahn 36 steht in einem Kreuzbissverhältnis.

Es wurde ein Beratungsgespräch gemeinsam mit Zahnarzt und Patient im Labor vereinbart. Mit den Modellen im Artikulator konnte dem Patienten seine dentale Situation aus einem anderen Blickwinkel visualisiert werden. Die Sorge des Patienten in Bezug auf Veränderungen bei den Frontzähnen zeigte unbedingten Handlungsbedarf. Besonders die Erläuterungen über die funktionellen Zusammenhänge zwischen den Frontzähnen (Frakturen, Abb. 42 und 43) und dem Seitenzahnbereich und der damit verbundenen Kaeffizienz trafen auf großes Patienteninteresse. Nach dem eingehenden Beratungsgespräch im Labor fasste der Patient das nötige Vertrauen und entschloss sich zu einem ersten Schritt: Langzeitprovisorien im Unterkiefer und gleichzeitige Korrektur der oberen und unteren Frontzahndefekte.

Die elektronisch ermittelten dynamischen Messdaten wurden zur Artikulator-Justage herangezogen. Die Funktionsabläufe zwischen der oberen und unteren Frontzahnreihe wurden anhand der bewegungsinduzierten Schliffacetten und deren Neigungswinkel aus den Modellen herausgelesen und als Neigungswinkel in den Frontzahnführungsteller übertragen (Abb. 44 bis 51).

Das diagnostische Aufwachsen beginnt mit der unteren Front (Abb. 52). Die Abplatzungen und die Verluste von Zahnschubstanz durch extremere Belastungen (keine

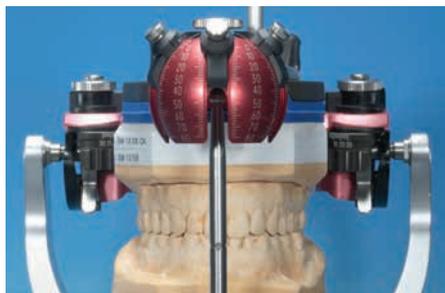


Abb. 44 Übernahme der Frontzahnführung in den Frontzahnführungsteller.



Abb. 45 Innenansicht des Frontzahnführungstellers.



Abb. 46 Die Einstellung der Frontzahnführung (ca. 51°).



Abb. 47 Die Stützstiftkugel liegt an der Führungsbahn.



Abb. 48 Die Eckzahnführung rechts.



Abb. 49 Die Einstellung der Eckzahnführung rechts (ca. 41°).



Abb. 50 Die Eckzahnführung links.



Abb. 51 Die Einstellung der Eckzahnführung links (ca. 37°).

Unterstützung durch die Seitenzähne in der Dynamik) werden durch das Aufwachsen in eine morphologisch anatomische Rekonstruktion ergänzt. Nach diesen Korrekturen wird der Oberkiefer sanft abgesenkt und die palatinalen Regionen der oberen Front mit der unteren Front in der Zentrik und in der Dynamik abgestimmt (Abb. 53 und 54). Wir erhalten durch diesen Arbeitsschritt eine minimale Erhöhung im Frontzahnbereich. Diese neue Situation wird in dem Stützstift eingestellt und archiviert.

Die dominierende Protrusionsfacette auf dem Zahn 11 (Verursacher der inzisalen Schmelzfraktur am Zahn 41) ist jetzt wieder eingegliedert in einen harmonischen Funktionsablauf im gesamten Frontzahnbereich (siehe Abb. 29, 54 und 55).

Der nächste Arbeitsschritt betrifft die obere Front. Auch hier werden die kleinen Abplatzungen und Substanzverluste diagnostisch durch das Aufwachsen rekonstruiert (Abb. 56).

Die eingestellten Funktionsbahnen im Frontzahnführungsteller und die Bewegungsmöglichkeiten (Messdaten) beider Artikulatorgelenke stellen dazu die Referenz dar



Abb. 52 Die Defekte und der Substanzverlust werden aufgewachst, angenähert an eine mögliche Ausgangssituation.



Abb. 53 Die untere Front wird in der Zentrik mit den palatinalen Regionen der oberen Front abgeglichen.



Abb. 54 Die in Abb. 43 markierte Facette steht wieder in voller Funktion und der Stützstift wird neu eingestellt.



Abb. 55 Die markierte Facette ist in der Hauptfunktionsrichtung eine Protrusionsbahn.



Abb. 56 Wachskorrektur in der oberen Front.



Abb. 57 Kontrolle in der Protrusion.



Abb. 58 Kontrolle in der Laterotrusion rechts.



Abb. 59 Kontrolle in der Lateroprotrusion rechts.



Abb. 60 Die Funktionsflächen dokumentieren auch die Funktionsrichtung (Laterotrusion n. l.).

(Abb. 57 bis 60). Durch die minimale Erhöhung der vertikalen Dimension ist zwischen den Seitenzähnen etwas Platz geschaffen, damit die Okklusion im Unterkiefer modifiziert werden kann. Grundlagen zum Aufwachsen liegen in der NAT (Naturgemäße Aufwachstechnik) mit dem Ziel, schon jetzt möglichst die Okklusionskurven, wie Frontal (Wilson-Kurve) und Sagittal (Spee-Kurve), miteinzubeziehen, um im initialen Funktionsbereich nicht nur den Frontzahnbereich und die Gelenke in der Dynamik zu entlasten bzw. zu unterstützen (Abb. 61 bis 68).

Die möglichen Funktionsbahnen, die sich jetzt im initialen Funktionsbereich in den unteren Molaren und Prämolaren entwickeln lassen, sollten auch im Langzeitprovisorium Einfluss auf eine optimierte Art der Nahrungsaufbereitung nehmen.



Abb. 61 Ausgleich des IV. Quadranten im Unterkiefer.



Abb. 62 Ausgleich des III. Quadranten im Unterkiefer.



Abb. 63 Abschließende Ergänzung und Korrektur der Unterkieferseitenzähne.



Abb. 64 Minimale Korrekturen in der oberen Front.



Abb. 65 Okklusalanzeige des Unterkiefers.



Abb. 66 und 67 Verschiedene Perspektiven des diagnostischen Wax-ups im Unterkiefer.



Abb. 68 Zahnreihen der diagnostischen Modelle und der Situationsmodelle können durch das Beschriebene in identische Position gebracht werden.

Abb. 69 Zentrische Position der Situationsmodelle.



Abb. 70 Herstellen der Trägerplatte zwischen beiden Zahnreihen.

Abb. 71 Die Präzision des Löffelmaterials ist nicht ausreichend.



Abb. 72 Feinadaption mit Pattern Resin auf den ausgewählten Stützfeilern.

Abb. 73 Abstützung auf vier Pfeilern im Ober- und Unterkiefer.

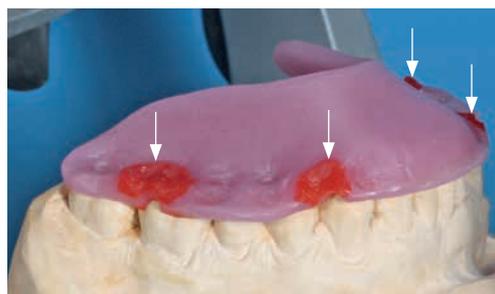


Abb. 74 Eingeschliffenes Kontroll- und Sichtfenster.

Archivierung der zentrischen Position in einem Artikulator-Zentrikregistrat. Auf Grundlage der Überlegungen von G. Christiansen¹ haben D. Schulz und O. Winzen eine Verfahrensweise praxisreif ausgearbeitet, die es gestattet, aus den patientenbezogenen Daten der elektronischen Registrierung zusätzlich Informationen über die angemessene einzustellende Okklusion in der Unterkiefer-Ausgangssituation zu erhalten und diese mit geeigneter Okklusionsgestaltung funktionsgerecht zu stabilisieren (Zitat Prof. Dr. Alfons Hugger).

Es muss aber ergänzend hinzugefügt werden, dass auch alle manuellen Registriervarianten und Möglichkeiten in den Artikulator übertragen, in ihm ausgewertet und archiviert werden können. Der wichtigste Arbeitsschritt ist die Archivierung der habituellen Ausgangssituation, einer therapeutischen Position, einer Reposition des Unterkiefers und der ermittelten Zentrik. Dieses Archivieren der Position des Unterkiefers erfolgt mit dem Artikulator-Zentrikregistrat. Es besteht aus einer Basisplatte, die je nach Präparationsanforderungen auf festgelegten Positionen mit einem Präzisionskunststoff fein abgestimmt wird (Abb. 69 bis 74). Die optimal abgeformte Situation des Patienten und präzise hergestellte Situationsmodelle bilden dabei die Basis. Das Situationsmodell ist ein Leitfaden für eine erfolgreiche Restauration. Die vorbereitenden Maßnahmen im Labor sind damit abgeschlossen und die Arbeit geht zurück in die Praxis.

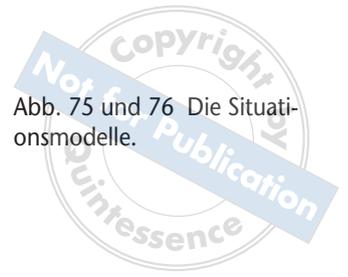


Abb. 75 und 76 Die Situationsmodelle.



Abb. 77 und 78 Die eingestellten Situationsmodelle von rechts- und linkslateral.



Abb. 79 Die Ansicht von intraoral zeigt eine sehr stark „verschlüsselte“ Interkuspitation der Molaren.

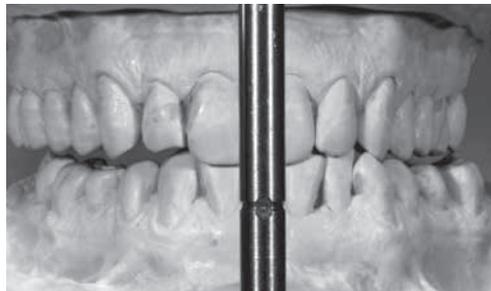


Abb. 80 Die Bewegungsmuster (hier die Lateroprotrusion nach rechts) werden im Artikulator nachvollzogen.

Nach Präzisionsabformung wurden die Modelle im Labor hergestellt und mit einer Spezialsockelplatte einartikuliert (siehe Abb. 12 und 13).

Die Situationsmodelle (Abb. 75 und 76) sind für die Modellanalyse und das Beratungsgespräch mit dem Patienten bereitgestellt. Es wurde auf ein Höchstmaß an Präzision bei der Anfertigung geachtet, um die Situation möglichst detailgetreu darzustellen.

Die Modelle wurden eingestellt und der Artikulator nach ermittelten Daten justiert. Die Verzahnung wird aus lateraler Ansicht dargestellt (Abb. 77 und 78). Rechts ist eine kompakte und enge Kontaktbeziehung sichtbar. Auf der linken Seite wird zudem eine Kreuzbissituation regio 26/36 erkennbar.

Mit der Ansicht von intraoral (Abb. 79) werden die eingeschränkten Platzverhältnisse durch eine sehr stark „verschlüsselte“ Interkuspitation der Molaren deutlich. Die Frakturen der Unterkiefer-Inzisiven wurden durch einen unzureichenden Freiraum in der Vertikalen verursacht.

Das Bewegungsmuster, in diesem Fall die Lateroprotrusion nach rechts (Abb. 80), werden im Artikulator nachvollzogen und weisen im Bereich der korrespondierenden Frontzähne von 12 und 42 eine verringerte vertikale Distanz mit Reduktion der inzisalen Morphologie auf.

In der Praxis 2 *Situationsmodelle*



Abb. 81 Das ARCUSdigma-System.



Abb. 82 Die Bissgabel zur Übertragung der Oberkieferlage.

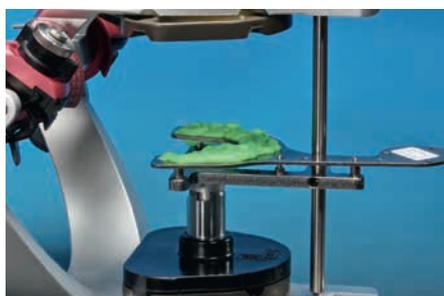


Abb. 83 Der ARCUSdigma eignet sich für die elektronische Bewegungsanalyse, zur Kiefergelenksdiagnostik und Artikulator-Justage. Die Bissgabel wird zur Übertragung der Oberkieferlage im Artikulator auf dem Tisch fixiert.



Abb. 84 Das Einartikulieren des Modells vom Oberkiefer mittels Übertragungsgabel.



Abb. 85 Mittels Registrat wird der Unterkiefer antagonistisch positioniert.

Abb. 86 Die vorbereitete Abformung ist in der Höhe reduziert und die Umschlagfalte leicht beschnitten.



Abb. 87 Die Abformung ist in der Höhe maximal reduziert, damit auf dem Modellsystem ein niedriger Zahnkranz entsteht.



Registrierung

Die computergestützte Registrierung erfolgt mit ARCUSdigma (Abb. 81 und 82). Die ermittelten Daten von ISS, HCN, SCN, BW und Retrusionsbewegungen werden in den Artikulator übertragen (Abb. 83 bis 85)

Im Labor 2 Das Langzeitprovisorium (LZP)

Die Modellmontage. Die Unterkieferabformung wird gereinigt und in der Höhe reduziert. Die unter sich gehenden Anteile werden lingual und die Umschlagfalte wird ebenfalls leicht beschnitten, um eine breitere Modellbasis zu erhalten und ein leichteres Abziehen der Abformung von dem Modell zu ermöglichen (Abb. 86 und 87).

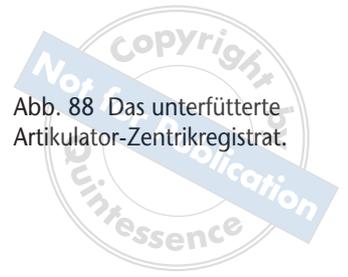


Abb. 88 Das unterfütterte Artikulator-Zentrikregistrat.

Abb. 89 Die Kontrolle des Registrats auf dem Meistermodell.

Abb. 90 Das Oberkiefer-Situationsmodell ist der Ausgangspunkt für die Modellmontage des Unterkiefers.

Abb. 91 Das Einsetzen des Registrats in das Oberkiefer-Situationsmodell.

Abb. 92 Platzkontrolle mit dem Unterkiefermodell.

Abb. 93 Die fertige Unterkiefermodellmontage.

Abb. 94 Die Entfernung des Registrats.

Abb. 95 Der Unterkiefer steht korrekt im Oberkiefer. „Im Schlussbiss“ wird eine optimale Verzahnung sichtbar.

Abb. 96 Der Austausch mit dem Diagnostikmodell im Oberkiefer (blaue Modellbasisplatte).

Abb. 97 Frontalansicht des Oberkiefer-Diagnostikmodells und des Unterkiefer-Meistermodells.

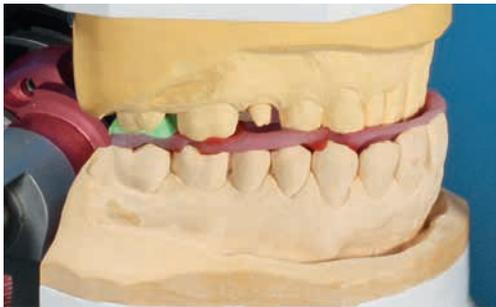




Abb. 98 Die diagnostisch aufgewachste Okklusion ist die Vorlage für das Langzeitprovisorium.



Abb. 99 Der Vertikulator.



Abb. 100 Das Einsetzen eines Splitsockels.

Auf das Unterkiefermeistermodell wird vorsichtig das Artikulator-Zentrikregistrat platziert und die Passung überprüft (Abb. 88 und 89). Hinweis: Die Herstellung des Artikulatorregistrats im Mund wird auf Seite 1043 beschrieben.

Für die Modellmontage in den Artikulator ist jetzt das unterfütterte Registrat verantwortlich, denn dieses beinhaltet ja noch die präzise Zuordnung zum Oberkiefer. Der Gegenbiss ist in diesem Fall das schon montierte Situationsmodell.

Ein erneutes Anlegen des Gesichtsbogens entfällt.

Die einzelnen Schritte der Modellmontage sind in den Abbildungen 90 bis 97 aufgezeigt. Durch diese Arbeitsweise entsteht eine optimale Situation, denn jetzt lassen sich alle Modelle, d. h. die Situationsmodelle, die Diagnostikmodelle und das Meistermodell vom Unterkiefer untereinander austauschen. So ist es möglich, u. a. wichtige Informationen über die Okklusionskurven und Anteile von verwendbarer Funktionsmorphologie des Patienten in die Rekonstruktion zu übernehmen.

Umsetzung der aufgewachsenen Okklusion für das LZP. In den meisten Fällen können die diagnostischen Arbeiten nicht in den weiteren Arbeitsprozess miteinbezogen werden. Durch das Artikulator-Zentrikregistrat und das Modellsystem 2000 ist es möglich, auf den gnathologischen Vorleistungen aufzubauen. Für die Umsetzung der rekonstruierten Okklusion im Unterkiefer wird ein Vertikulator benötigt. Das untere Diagnostikmodell wird in den Vertikulator eingesetzt. Im oberen Teil wird ein Kontermodell hinzugefügt und dann eine Arbeitshöhe eingestellt. Im Unterkiefer wird auf beiden Seiten ein Wachswall gelegt und im Kontermodell wird ein transparenter Tesafilm geklebt, um ein Abfließen des Silikons zu vermeiden. Jetzt kann das transparente Silikon aufgespritzt werden und die Okklusion ist dann archiviert. Anschließend wird das Diagnostikmodell gegen das Unterkiefer-Meistermodell getauscht und die Okklusion in Form von lichthärtendem Material in das Meistermodell übertragen. Zum Abschluss sind die Korrekturen in beiden Frontzahnreihen ebenfalls in dem transparenten Silikon archiviert (Abb. 98 bis 111).



Abb. 101 Das Einsetzen des Diagnostikmodells.



Abb. 102 Das Einsetzen des Kontermodells.



Abb. 103 Die Höheneinstellung.



Abb. 104 Das Einsetzen des Meistermodells.



Abb. 105 Das Anlegen von Wachswällen.



Abb. 106 Die Ansicht der Wachswälle.



Abb. 107 Um das Oberkiefermodell wird ein transparentes Band gezogen, um das Abfließen vom Silikon zu verhindern.

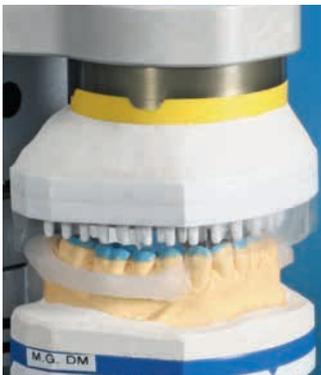


Abb. 108 bis 110 Das transparente Silikon übernimmt die aufgewachste Okklusion. Diese wird anschließend mit lichterhärtendem Material in das LZP umgesetzt.



Abb. 111 Die beiden Frontzahnreihen sind ebenfalls in transparentem Silikon archiviert und stehen dem Zahnarzt für die Korrekturen der Front zur Verfügung.

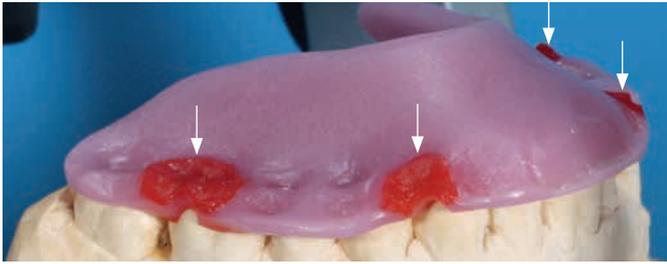
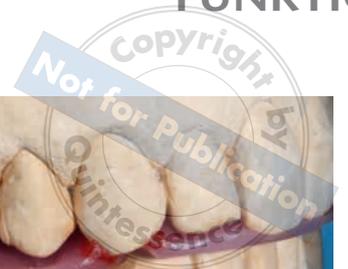


Abb. 112 Die Übertragungsplatte ist auf dem Unterkiefermodell positioniert. Die Pfeile weisen auf Impressionen der Oberkiefer-Eckzähne und -Molaren hin, die mit Pattern Resin (GC Germany, Bad Homburg) unterfütternd adaptiert wurden.



Abb. 113 Bei geschlossenem Artikulator haben nur diese Bereiche Kontakt und stellen die Verschlüsselungspunkte zwischen Ober- und Unterkiefer dar. Im Artikulator muss die Platte einen spannungsfreien Sitz haben, um auch im Mund des Patienten jegliche Kippmomente auszuschließen. Eine Überprüfung auf perfekten Sitz im Mund des Patienten ist jedoch unerlässlich.



Abb. 114 und 115 Anprobe der Registratplatte im Mund des Patienten, welche spannungsfrei und exakt auf dem Zahnbogen aufliegen muss (Ausschluss jeglicher Kippmomente manuell ertasten!).

In der Praxis 3 Das Artikulatorregistrat

Das Artikulatorregistrat oder die Bissübertragungsplatte (modifiziert nach G. Christiansen¹) verschlüsselt die Kieferrelation von Unter- zu Oberkiefer und stellt eine einfache Methode zur sicheren Übermittlung der okklusalen Kontaktbeziehungen zwischen Praxis und Labor dar. In dem hier dargestellten Fall wird, wie bereits beschrieben, die habituelle Kieferlagebeziehung als restaurative Ausgangslage verwendet. Das Registrat wird im Labor mit einer Vier-Punkt-Abstützung durch die korrespondierenden Eckzähne und den ersten Molaren angefertigt (Abb. 112 bis 115).

Die vier Abstützungen stellen die Lagebeziehung von Unter- zu Oberkiefer dar. Um diese Relation auch für eine „Full-mouth“-Restauration zu erhalten, müssen zuerst die distal der punktuellen Verschlüsselung stehenden Zähne (2. Molaren) präpariert werden. Anschließend wird die Registratplatte dort unterfüttert (Abb. 116 und 117). Das Registrat ist somit im dorsalen Bereich wieder abgestützt. Jetzt können die davon mesial stehenden Zähne bis zum Eckzahnpunkt präpariert werden (Abb. 118 und 119). Eine identische Vorgehensweise ist im Frontzahnbereich zu empfehlen. (Präparation der Inzisiven, dann Aktualisierung der zentralen Schneidezähne, anschließend Präparation der 3er).

Patienteninteraktion

Der Patient, als systemanalytisch denkender Ingenieur, wollte die neue vertikale Distanz mit einem Langzeitprovisorium erst einmal nur in einem Kiefer ausprobieren. Dies sollte mit möglichst geringem Aufwand erfolgen (Reduktion des Eingriffs)! Die geplante Erhöhung der vertikalen Dimension wurde deshalb mittels Wax-up nur im Unterkiefer

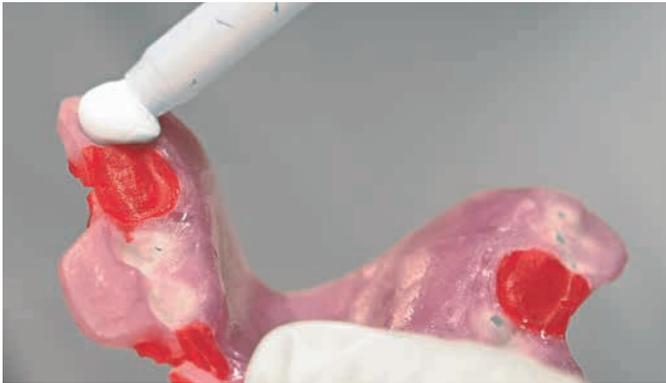


Abb. 116 Nach erfolgter Präparation des zweiten Molars wird X-Bite auf das Registrat aufgetragen und dieses anschließend mit der Hand auf die vorbereiteten Stützpunkte im Mund aufgesetzt. Cave! Auf keinen Fall sollte der Patient auf das Registrat beißen, da durch den hohen Druck Verwindungen auftreten und das Registrat nicht präzise aufliegen kann.



Abb. 117 Darstellung einer Bissübertragungsplatte mit dem Sitz auf dem Modell. Nach erfolgter Aktualisierung (Fixierung) konnte die Präparation des Molars und der Prämolaren erfolgen, ohne die Abstützung und damit die Relation von Ober- und Unterkiefer zu verlieren.



Abb. 118 Präparation unter minimalinvasiven Aspekten. Partielle Präparation an 36, 37 und 45, 47.



Abb. 119 Die Praxisprovisorien in der gewohnten Bissituation angefertigt.



Abb. 120 Die inkorporierten Langzeitprovisorien aus lichthärtendem Material von 3M ESPE gefertigt.

aufgebaut (Kompensation der gesamten Situation in nur einem Kiefer), um die LZPs nach diesen Kriterien anfertigen zu können. Zu berücksichtigen ist, dass die Hebung der vertikalen Dimension mittels LZPs nur ab dem zweiten Prämolaren erfolgte (Abb. 120), da die ersten Prämolaren nur geringe abrasive Schäden aufwiesen und mit Komposit aufgebaut werden konnten (Tip-crash-Läsionen).

Bereits nach zwei Tagen bestätigte der Patient durch sein positives Feed-back eine angenehme und entspannte Adaption der muskulären Gewebe und ein stabiles Gefühl in der vertikalen Höhe. Er fühlte sich mit dieser neuen Situation sehr wohl und hatte ein komfortables und gleichzeitig nützliches Gefühl bei der Nahrungszerkleinerung. Die Umsetzung der vertikalen Dimension konnte somit als gelungen bezeichnet werden.

Um das Ergebnis über eine längere Zeitperiode von drei Monaten bewerten zu können, sollten die Provisorien jedoch noch belassen werden.

Durch die positive Bewertung des Patienten in funktioneller Hinsicht und der Stabilität des Systems in sich, konnte mit der Versorgung der Frontzähne und den ersten Prämolaren mittels Komposit begonnen werden. Ein Aufbau sollte im Sinne anatomisch übereinstimmender Proportionen von Länge und Breite erfolgen. Die mittels Wax-up re-



Abb. 121 Zur besseren Darstellung wurde das Wax up mit einem blauen Wachs erstellt. Die aufgewachsenen Areale sind somit deutlich zu erkennen. Da der gesamte vertikale Ausgleich im Unterkiefer erfolgte, wurden die Molaren und ersten Prämolaren stärker aufgebaut. Bei der definitiven Gestaltung wird die vertikale Korrektur dann unter funktionellen Aspekten für den Unter- und Oberkiefer ausgleichend angefertigt.



Abb. 122 In der Ansicht von lingual ist die Rekonstruktion von 41 besonders auffällig. Geringe Aufbauten an den ersten Prämolaren sind zum Ausgleich der „Tip crash“-Areale erforderlich.



Abb. 123 Mit dem von lingual anliegenden Silikonschlüssel sollen die Inzisalkanten ausreichend gefasst werden, um deren Aufbau mit Komposit zu erleichtern. Zu diesem Zweck wurde der Silikonschlüssel von labial zurückgeschnitten, damit der aufzubauende Bereich einsehbar und von vestibulär mit Komposit beschickt werden kann.



Abb. 124 Der Silikonschlüssel wird im Mund von lingual positioniert und stellt eine optimale Passform dar, um als „Verschalung“ ebenso die Gestaltung der lingualen Wand zu erleichtern.



Abb. 125 und 126 Die Selektion von Zahn 41 und 42 zur primären Anfertigung des Kompositaufbaus. Es ist ratsam, nicht zu viele Zähne auf einmal aufzubauen, um sich auf die einzelnen Arbeitsschritte besser konzentrieren zu können. Die Nachbarzähne wurden mit Teflonband isoliert und 41 und 42 mit 25 % Phosphorsäure gemäß Herstellerangaben geätzt. Das Bonding sollte ebenfalls nach Herstellerangaben durchgeführt werden, um eine maximale Adhäsion an die Zahnschubstanz zu gewährleisten.



konstruierten Zahnstrukturen entsprechen nicht nur diesen Parametern, sondern ebenso den durch die Registrierung ermittelten funktionsadäquaten Flächenbereichen und mussten nun dimensionsstabil in den Mund des Patienten übertragen werden. Dazu wurden die Modelle mit einem Silikon von lingual abgeformt und ein „Schlüssel“ wurde angefertigt. Dieser dient als Verschalung und erleichtert die Anfertigung der Kompositrestauration erheblich. Eine ausreichende Festigkeit des Materials sollte indessen gewährleistet sein, um das Komposit in der gewünschten Position fixieren zu können. In dem hier dargestellten Fall wurde ein transluzentes Silikon verwendet, welches etwas flexibler ist, um die Option für eine direkte (durch das Material hindurch) Lichtpolymerisation zu erhalten. Dies ist jedoch nicht unbedingt erforderlich, da die auf dem Markt erhältlichen Polymerisationslampen über eine ausreichende Lichtintensität verfügen, um direkt von labial durch das Komposit und den Zahn selbst eine Polymerisation in Gang zu setzen. Zur Anfertigung der Aufbauten sollte ein Komposit verwendet werden, welches über opake Dentinfarben verfügt, um den Übergang von Zahn zu Komposit bestmöglich gestalten zu können. Die Handhabung des Silikonschlüssels und der Auftrag des Komposits werden in den Abbildungen 121 bis 132 beschrieben.



Abb. 127 und 128 Der Silikonschlüssel wurde von lingual mit Druck gegen die Zähne positioniert und Opakdentin in den Silikonschlüssel aufgebracht. Es sollte nicht zu viel Material aufgetragen werden, um für die farbliche Adaption noch ausreichend Platz für den Auftrag einer weiteren Schicht (Enamel, transluzente Farben, Effektfarben) zur Verfügung zu haben. Interdental sollte drauf geachtet werden, den Kontaktpunktbereich mit Vorsicht zu bearbeiten, um die Zähne nicht miteinander zu verkleben. Bei Sicht auf den Silikonschlüssen von Abb. 138 ist zu erkennen, dass der interdental Bereich gut durch das Silikon ausgeformt ist und somit zur Separation beiträgt. Mittels transparenter Streifen (Abb. 128) kann nun der Kontaktpunktbereich aufgebaut werden. Die interdental nach labial gehenden Bereiche werden mit Komposit ausgeformt und durch Ziehen des Streifens in Position gebracht. So kann eine natürliche Morphologie gestaltet werden.

Abb. 129 Die Streifen befinden sich noch in situ, um auch bei dem nachfolgenden farbadaptiven Schichtauftrag entsprechender Schmelzfarben hilfreich zu sein.



Abb. 130 Gleiche Vorgehensweise im lateralen Bereich. Die Dentinfarbe wurde bereits aufgetragen.

Abb. 131 und 132 Die Abschlussbilder nach erfolgter Politur. Im IV. Quadranten wurden die Aufbauten mit der gleichen Technik angefertigt.

Nach Ausformung und Gestaltung der Unterkieferfront sowie Inkorporation der Langzeitprovisorien wurde dem Patienten ein stabiles funktionierendes Kausystem zur Verfügung gestellt. Wie bereits erwähnt, wurde auf Wunsch des Patienten die gesamte zu erhöhende Vertikale im dorsalen Bereich des Unterkiefers aufgebaut (Abb. 133).

Da stabile Parameter in der Vertikalen gewährleistet wurden, konnte auch schon die definitive Kompositrestauration des frontalen Bereichs angefertigt werden. Dies bezieht sich ebenso auf den Aufbau der vestibulären Höcker der Prämolaren.

Nachdem die Aufbauten im Unterkiefer erfolgten, konnte die Rekonstruktion der inzisalen Areale in der Oberkieferfront erfolgen. Das Prozedere entspricht in den einzelnen Vorgehensweisen dem des Unterkiefers. Die nach funktionellen Kriterien mit Wachs aufgebauten Areale wurden wiederum mit einem Silikon abgeformt und mithilfe dieses Schlüssels wurde die Anfertigung der Kompositaufbauten ermöglicht (Abb. 134 bis 150).

Modellmontage. Nach der Herstellung der Meistermodelle (Abb. 151 bis 153) müssen diese in den Artikulator montiert werden. Bei dieser nochmaligen Modellmontage ist wieder kein neuer Gesichtsbogen anzulegen. Alle wichtigen Informationen über die Positionen der Zahnreihen beider Kiefer gegeneinander, somit auch der Verlauf der Okklu-

Im Labor 3
Die Restauration



Abb. 133 Die Inzisalkanten der Unterkieferfront und die Höcker der Prämolaren wurden gemäß der Vorgabe des Wax-ups angefertigt.



Abb. 134 Das Wax-up aus der inzisalen Ansicht der Oberkieferfront. Geringe Aufbauten mit Komposit werden notwendig, um sowohl die Morphologie als auch die an der Funktion beteiligten Bereiche zu rekonstruieren.



Abb. 135 Vergrößerung der Areale des II. Quadranten. Eine morphologisch adäquate Rekonstruktion wurde modelliert. Die Funktionsflächen wurden wieder hergestellt, um eine störungsfreie Disklusion des Unterkiefers bei anterioren Bewegungsmustern zu ermöglichen.

Abb. 136 Der angelegte Silikonschlüssel am Oberkiefermodell. Ein perfekter Sitz ist zu erkennen.



Abb. 137 Auch nach Übertragung in den Mund wird die eng anliegende Passform deutlich. Die frei gebliebenen Bereiche können jetzt gemäß der Wachsvorlage aufgetragen werden.

Abb. 138 Applikation des Komposits einer Dentinfarbe auf den Silikonschlüssel an Zahn 11. Um einen blasenfreien Auftrag zu ermöglichen, wird das Material schichtweise auf den Schlüssel aufgetragen.

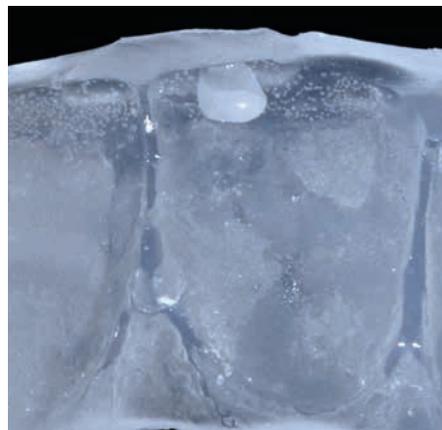


Abb. 139 Ein eingetrübtes – opakes – Komposit soll den Verlauf des Dentinkerns im Inzisalbereich vermitteln. Eine transparente Farbe würde hier eine gräuliche Inzisalkante hervorrufen, welche dem Abrasionsgrad des Zahns nicht entspricht, was dann unnatürlich wirken würde. Mit dem Heidemannspatel wird das Material blasenfrei auf dem Schlüssel verteilt.



Abb. 140 Der Silikonschlüssel wird mit dem applizierten Material gegen die palatalen Zahnflächen gedrückt, das Material von vestibulär mit dem Heidemannspatel verstrichen und der Überschuss entfernt. Dabei ist auf gleichmäßigen Sitz zu achten, um keine Verzerrungen des Materials zu bewirken.

Abb. 141 In der Vergrößerung sind die noch aufzufüllenden Bereiche von 12 und 13 sichtbar.

Abb. 142 Der vorbereitete Schlüssel zur Anfertigung der Aufbauten im II. Quadranten.



Abb. 143 Mit gleicher Verfahrenstechnik wie bereits beschrieben werden die Inzisalkanten von 22 und 23 angefertigt.



Abb. 144 Nach Abnahme des Silikon-schlüssels ist bereits eine farblich gute Adaption des Kompositmaterials zu erkennen. Ein geringer Überschuss ist noch sichtbar.



Abb. 145 Das Ergebnis nach Ausarbeitung und Politur. Die inzisale Symmetrie konnte wiederhergestellt werden. Die Proportionen wirken ausgeglichen.



Abb. 146 und 147 Mit der Ansicht von inzisal werden die Rekonturierung der Morphologie und die farbliche Integration sichtbar. Auf den Prämolaren wurde, gemäß des Wax-ups, auf die vestibulären Höcker ebenfalls (während der provisorischen Tragephase) Komposit aufgetragen.



Abb. 148 Bei maximaler Interkuspidation ist die Hebung der vertikalen Dimension optisch nicht verifizierbar. Vielmehr wurde, unter Berücksichtigung morphologischer Aspekte von Zahnlänge und -breite, eine Wiederherstellung der Ästhetik und Funktion ermöglicht. Werden die Parameter natürlicher Funktionsmechanismen bei einer Rekonstruktion verlorengangener Zahnschubstanz berücksichtigt, kann das natürliche Zusammenspiel von Form und Funktion einen solchen Erfolg gewährleisten.



Abb. 149 und 150 Zur besseren Visualisierung werden die Fotos in schwarz-weiß dargestellt. Wie auf den Abbildungen erkennbar, bewirken die Führungsflächen an den Eckzähnen bei exzentrischen Bewegungen eine finale Disklusion und ermöglichen im Bereich der Schneidezähne einen kollisionsfreien Bewegungsablauf.



Abb. 151 Das Modellsystem 2000 (opti-base, Dentona, Dortmund) bietet beste Voraussetzungen für ein Präzisionsmeistermodell.

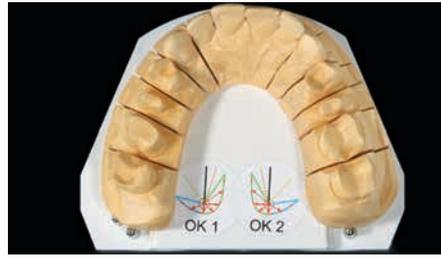


Abb. 152 Das Oberkiefermeistermodell.

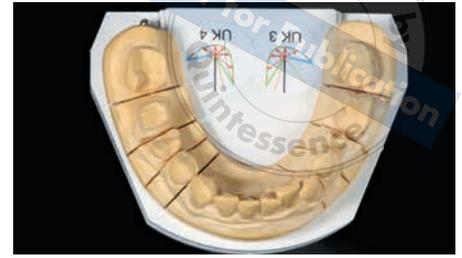


Abb. 153 Das Unterkiefermeistermodell. Beide Modelle tragen Aufkleber mit dem okklusalen Kompass

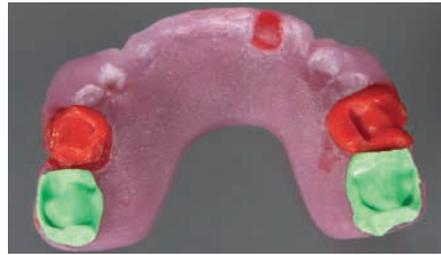


Abb. 154 Unterfüttertes Artikulatorzentrik-Registral.

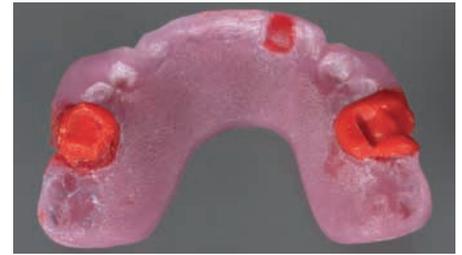


Abb. 155 Silikon kann vorsichtig vom Registral abgehoben und später wieder aufgeklebt werden.

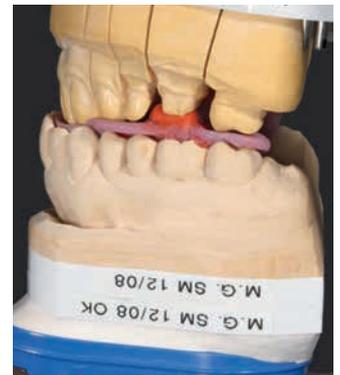
Abb. 156 Informationsträger ist das Oberkiefersituationsmodell.



Abb. 157 Das Aufsetzen des Artikulatorregistrats.



Abb. 158 Die Montage des Unterkiefermeistermodells.



sionsebene und der patientenanalogen Okklusionskurven, sind in den verschiedenen, bereits vorhandenen Modellen enthalten. Ganz entscheidend ist die korrekte Arbeit mit dem Artikulatorregistral. Das sequentielle Unterfütttern des Registrats kann mit verschiedenen Materialien vorgenommen werden. Die Verwendung eines harten Silikons hat sich am besten bewährt. Dieses Material kann im Notfall vorsichtig von der Basisplatte gelöst werden, um noch einmal einen Bezug zum Situationsmodell zu bekommen (Abb. 154 und 155). Anschließend kann der entfernte Teil mit einem kleinen Tropfen Sekundenkleber wieder auf der Basis befestigt werden.

Die Modellmontage beginnt wieder mit dem Oberkiefersituationsmodell. Das Registral wird aufgesetzt und das Unterkiefermeistermodell in die Impressionen platziert. Das Unterkiefermodell wird mit Arti-Gips mit dem Artikulator-Unterteil verbunden (Abb. 156 bis 158).



Abb. 159 Das Unterkiefermeistermodell.

Abb. 160 Das Aufsetzen des Registrats.

Abb. 161 Die Montage des Oberkiefermeistermodells.



Abb. 162 und 163 Die durch duett-Platten möglichen, schon vorhandenen Modellkombinationen.

Abb. 164 und 165 Die Situation der Meistermodelle im Artikulator.

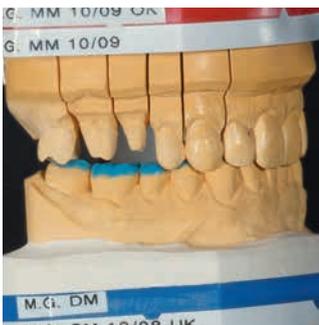


Abb. 166 und 167 Die Orientierung für die Okklusionskurven durch die Diagnostikmodelle oder Situationsmodelle.

Im weiteren Arbeitsprozess ist jetzt das Unterkiefermeistermodell die Grundlage für die Montage des Oberkiefermeistermodells. Alle Modelle sind durch diese Arbeitsweise miteinander tauschbar (Abb. 162 und 163). Wichtige Informationen, wie die Lage der Okklusionskurven, die Okklusionsebene und Anteile der Funktionsmorphologie (Gebrauchsmuster des Patienten sind nach der Präparation nicht mehr vorhanden) können in die definitive Arbeit übernommen werden (Abb. 164 bis 167).

Aufwachsen. Nach der Kontrolle mit den eingestellten Funktionsdaten im Artikulator beginnt das Aufwachsen mit dem Aufbau der Grundelemente, den Konussen. Nach der Systematik der NAT (naturgemäße Aufwachstechnik) erfolgt mit ihnen eine dreidimensionale Raumaufteilung, die immer durch die Funktionsbewegungen überprüft wird, und können je nach Verzahnung auch die ersten Kontaktbeziehungen zwischen den oberen und unteren Zähnen entstehen.



Abb. 168 bis 170 Die Hohlkehle bietet guten Halt bei flachen Präparationsvarianten.

Abb. 171 Komplette Modellation rechts.

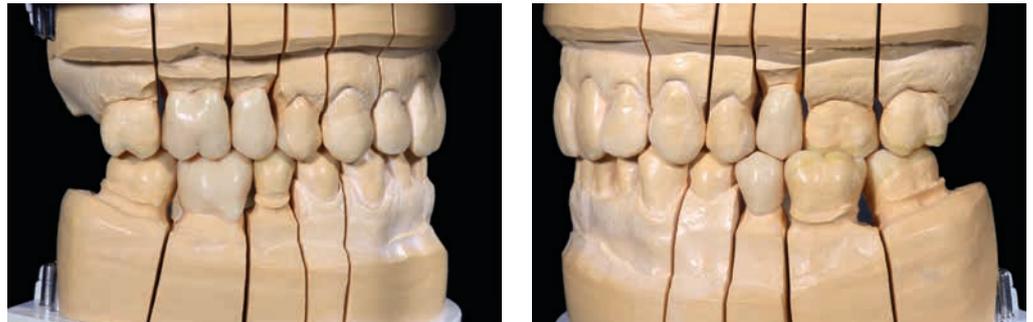


Abb. 172 Komplette Modellation links.

Abb. 173 Die Kreuzbissituation.



Abb. 174 Frontalblick auf die aufgewachste Arbeit.

Abb. 175 Einblick in den „Innenraum“.



Mit dem weiteren Aufbau der Strukturelemente entwickeln sich dann die entsprechenden komplementären Kontaktpunkte, die für die Stabilität in der Zentrik zwischen Ober- und Unterkiefer notwendig sind (Abb. 168 bis 175).



Abb. 176 Aufgewachster I. und IV. Quadrant von sagittal.

Abb. 177 Aufgewachster II. und III. Quadrant von sagittal.

Abb. 178 und 179 Aufgewachster I. und IV. Quadrant von okklusal.

Abb. 180 und 181 Aufgewachster II. und III. Quadrant von okklusal.

Abb. 185 Dynamische Adaptation im Wachs.

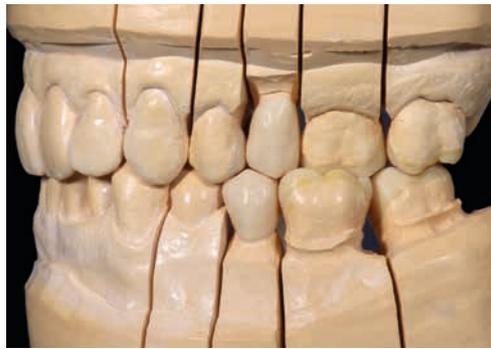


Abb. 182 Aufgewachster I. und IV. Quadrant von lingual.

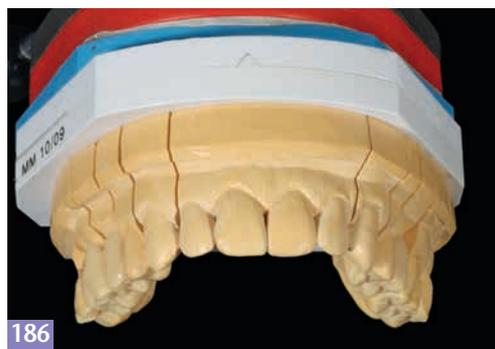
Abb. 183 Aufgewachster II. und III. Quadrant von lingual.

Abb. 184 Gestaltung der Approximalkontakte.

Mit den ermittelten Funktionsdaten des Patienten sind wir jetzt in der Lage, von diesen Kontaktpunkten aus ein patientenanalogenes Funktionsmuster herauszuarbeiten. Dies geschieht durch Feinadaptation unter ständiger Bewegung im Artikulator. So entwickeln sich aus den kleinen Kontaktpunkten in unterschiedlichen Richtungen komplementäre Funktionsflächen, die nicht nur für eine optimale Nahrungsverwertung unbedingt notwendig sind. Wir erhalten also Kontaktbeziehungen in der zentralen Position und in der Dynamik im funktionellen Nahbereich, die im Einklang stehen mit dem Frontzahnbereich und den Kiefergelenken. Geübte Augen werden einige Pärchen in den Wachsmodellationen entdecken.

Die fertig aufgewachsenen Kronen, Teilkronen und Inlays werden abschließend, umgesetzt durch Presstechnik in Keramik, zum Eingliedern in die Praxis geliefert.

Abb. 186 und 188 Aufgewachste Quadranten von Frontal.



186

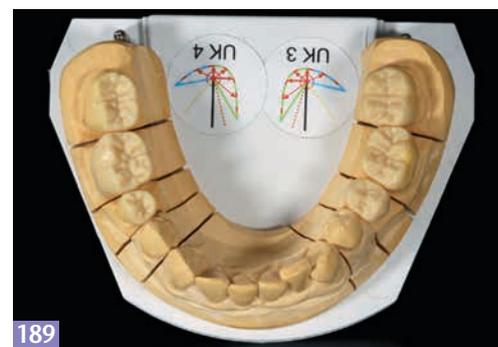


187

Abb. 187 und 189 Statik und Dynamik nehmen Einfluss auf das Ergebnis, die „Funktionsmorphologie“.



188



189

In der Praxis Nach der Eingewöhnungsphase

Nachdem mit der vertikalen Kompensation der Bisshöhe stabile Verhältnisse geschaffen wurden, hat sich der Patient mit dieser neuen Bisslage schon nach kurzer Zeit sehr wohlfühlt. Die entsprechend der neuen vertikalen Situation angefertigten Kompositaufbauten blieben intakt und wiesen keinerlei Frakturen oder Abrasionsbereiche auf. Dies war ein Indiz dafür, dass die neu geschaffenen okklusalen Beziehungen auch tatsächlich funktionierten. Der Patient wurde von diesen, für ihn nachvollziehbaren, Funktionsparametern überzeugt und wollte nun auch den Oberkiefer neu restauriert bekommen.

Im Ober- und Unterkiefer wurden für die definitive Arbeit die Keramikrestaurationen angefertigt. Die zuvor im Unterkiefer erhöhte Gesamtkorrektur der vertikalen Dimension wurde nun auf beide Kiefer verteilt. Aufgrund des variablen Modellsystems ist eine gleichmäßige Verteilung der vertikalen Erhöhung auf den Ober- und Unterkiefer zahn-technisch umsetzbar.

Der Patient beschrieb sein Kaugefühl bei einer Befragung wie folgt: Sein Unterkiefer fühle sich bei Kaubewegungen komfortabel, gut und frei beweglich an. Er hätte ein kompaktes und stabiles Gefühl, wenn er Nahrung zerkleinere. Sein Unterkiefer schwinde bei seitlichen Bewegungen entspannt und er hätte das Gefühl, dass sich die Nahrung leichter zerkleinern ließe – und da er gerne kaue, sei das ein großes Glück.

Fazit Dem Patienten konnte aufgrund der Arbeitssystematik des Bensheimer Arbeitskreises in zwei Etappen ein optimal funktionierender Zahnersatz angefertigt werden (Abb. 190 bis 196). Das variable Modellsystem und der Übertragungsmechanismus der vertikalen und horizontalen Bisslage sind zwei Schlüssel, die zum Erfolg einer solchen Restauration führen. Sicherlich stellt die Kenntnis über Funktionsmechanismen, welche sich von phy-

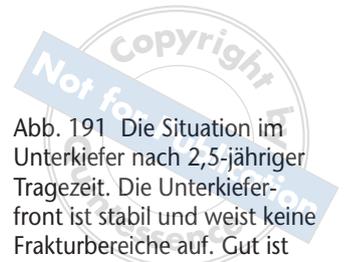


Abb. 190 Nach Inkorporation der definitiven Versorgung im Oberkiefer und 2,5-jähriger Tragezeit: ästhetische und physiologische Integration.



Abb. 191 Die Situation im Unterkiefer nach 2,5-jähriger Tragezeit. Die Unterkieferfront ist stabil und weist keine Frakturbereiche auf. Gut ist die Funktionsmorphologie im posterioren Bereich zu erkennen, welche dem Patienten die Möglichkeit verschafft, die Nahrung optimal zu zerkleinern.



Abb. 192 und 193 Die Kompositrestaurationen nach einjähriger Nutzung weisen intakte Strukturen auf. Ein Beweis dafür, dass die Funktionsparameter erfolgreich angefertigt wurden.



Abb. 194 und 195 Eine Wiederherstellung der frontalen Ästhetik mit Funktion! Der Substanzverlust konnte wieder aufgebaut und gleichmäßige Proportionen geschaffen werden.



Abb. 196 Nach PZR erscheint der restaurative Bereich vollkommen integriert. Ebenso ist das Überlastungsphänomen an Zahn 31 deutlich reduziert.

siologischen Grundsätzen herleiten lassen, einen fundamentalen Gesichtspunkt dafür dar, dass sich auch eine solche Restauration harmonisch in ein Kausystem integrieren kann. Doch diese Kenntnisse sind nach diesem Konzept gut erlern- und umsetzbar. Des Weiteren konnte dem Patient eine optimierte Kauflächenrelation zur Verfügung gestellt werden, mit welcher er die Nahrung optimal zerkleinern kann.

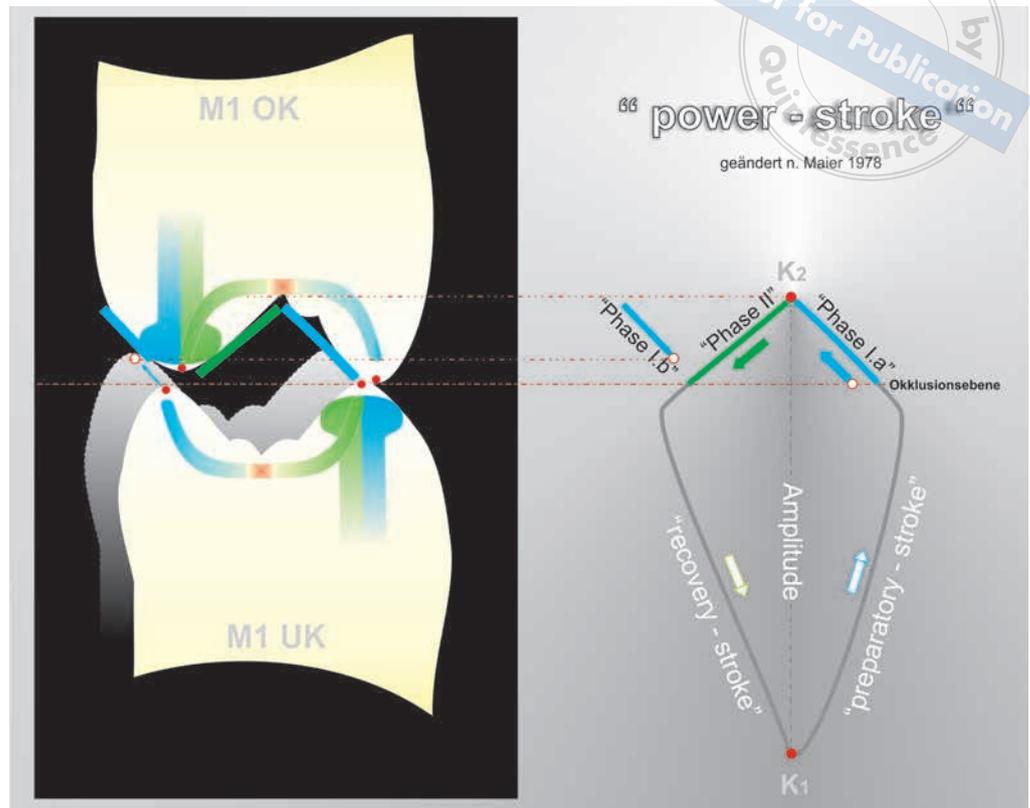


Abb. 197 Diese Grafik zeigt den Kauzyklus in verschiedenen Phasen, beginnend mit der Öffnungsbewegung bis zum K1 (Umkehrpunkt zwischen Öffnen und Schließen). Beim kraftschlüssigen Zubeißen beginnen die ersten Kontakte zwischen den bukkalen Höckern (Phase 1.a, blau) und mit leichter Verzögerung (Phase 1.b, blau) zwischen den lingualen und palatinalen Höckern bis zum K2 (Umkehrpunkt zwischen Schließen und Öffnen in der zentralen Fossa). Die Phase 2 (grün) beginnt mit einem kraftschlüssigen Öffnen.

Visuelle Funktionsmusteranalyse auf Situationsmodellen (Kontrollmodelle nach ca. 3 Jahren)

Zur Systematik der Funktionsflächen. Das Erlernen und Verstehen der Funktionsprinzipien der Natur und im Besonderen der Funktion beider Zahnreihen gegeneinander (Abb. 197) ist nicht nur in der Zahnmedizin und in der Zahntechnik, sondern besonders bei den Paläoanthropologen von großer Bedeutung. Viele Wissenschaftler (Tabelle 1) haben sich seit Jahrzehnten bemüht, das Gebrauchsmuster (Abnutzungsmuster, Funktionsmuster, Sekundärmorphologie) zu entschlüsseln und mit einer Nomenklatur zu belegen. Änderungen und Ergänzungen sind in der Zukunft wahrscheinlich.

Tabelle 1 Entwicklungsetappen der Nomenklatur für die Funktionsmorphologie (aus Kay³).

Nummerierungssysteme für okklusale Schliiffacetten, die von verschiedenen Autoren genutzt werden				
Butler (1952, 1973) Mills (1955)	Crompton und Hiimae (1970)	Crompton (1971)	Gingerich (1974a)	Kay und Hiimae (1974)
1	1	2a/b	B2	2 a/b
2	2	1 a/b	B1	1 a/b
3	4	5	B5	5
4,4'	—	—	—	8
5	—	—	L2	10
6	3	3 a/b	B3	3 a/b
7	6	4 a/b	B4	4 a/b
8,8'	—	—	B7	7
9	5	6	B6	6
10	—	—	L1	9

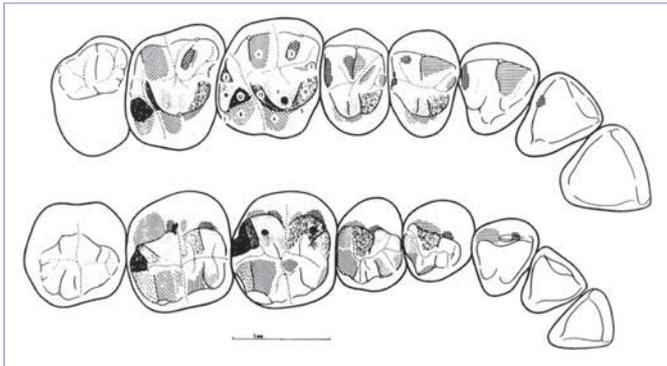


Abb. 198 Kaufacettenmuster bei Homo sapiens (aus Maier 1978).

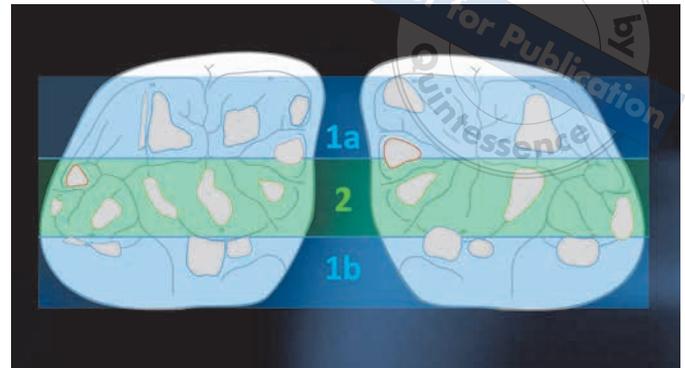


Abb. 199 Kaufacettenmuster eines Patienten bei unterschiedlicher Verzahnung auf der linken und rechten Seite.

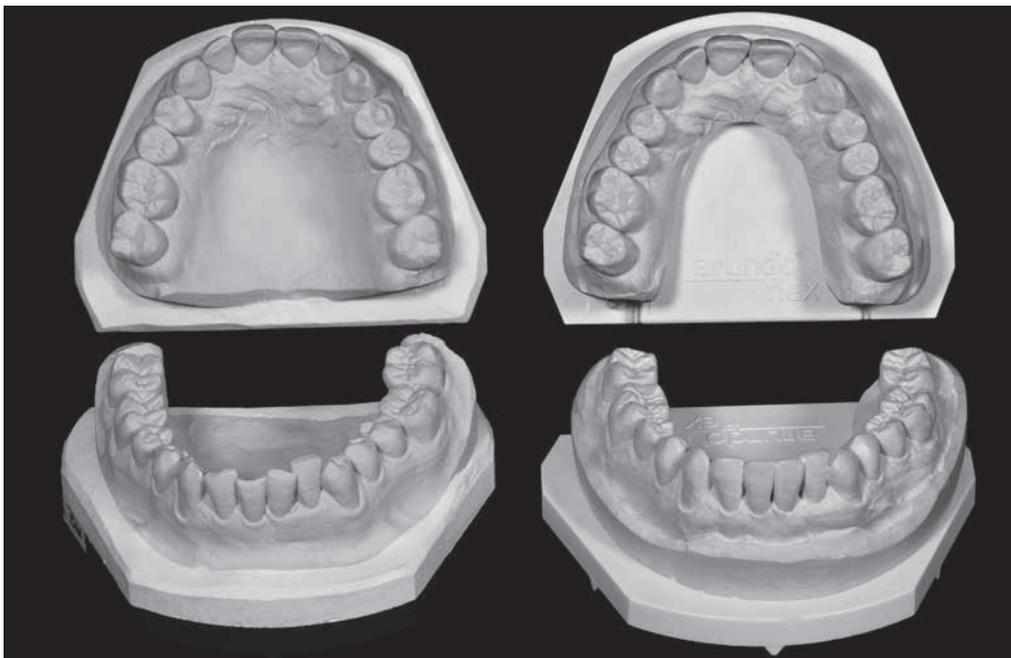


Abb. 200 Auf der linken Seite sind die Situationsmodelle platziert und rechts die Kontrollmodelle nach ca. drei Jahren.

In der Zusammenarbeit mit Dr. Ottmar Kullmer (Forschungsinstitut Senckenberg, Frankfurt/Main) sind auf den Grundlagen der Erkenntnisse von Prof. Dr. W. Maier (Abb. 198) weitere gemeinsame Fortschritte gemacht worden. Wir sind heute in der Situation, dass wir die Facetten lokalisieren und identifizieren können und jeder Facette auch eine bestimmten Funktion, Funktionsrichtung und einen Neigungswinkel zuordnen können (Abb. 199). In dieser Teamarbeit ist mit der Unterstützung von Dr. Stefano Benazzi der „Dentale Okklusale Kompass“ dreidimensional entwickelt worden. Unterstützt durch die Erkenntnisse der unterschiedlichen Mikrostrukturen auf den Facettenoberflächen (u. a. Striationen) ist der „genetische Code“ der komplementären Facettenkombinationen nicht nur entschlüsselt, sondern die sogenannte „organische Sprache“ erlernbar geworden. Bei unserer Patientenarbeit haben wir den Versuch unternommen, die unorganisierte Okklusion (Situationsmodell, Abb. 200) durch eine organisierte Okklusion (z. B. Abb. 199) zu erneuern, um wieder mehr Stabilität für das gesamte stomatognathe System zu erreichen. Eine zweite wichtige Aufgabe bestand



Abb. 201 Bukkal-okklusale Ansicht des I. Quadranten.



Abb. 202 Bukkal-okklusale Ansicht des II. Quadranten



Abb. 203 Palatinal-okklusale Ansicht des I. Quadranten.



Abb. 204 Palatinal-okklusale Ansicht des II. Quadranten.



Abb. 205 Okklusale Ansicht des I. Quadranten.



Abb. 206 Okklusale Ansicht des II. Quadranten.



Abb. 207 Bukkal-okklusale Ansicht des IV. Quadranten.



Abb. 208 Bukkal-okklusale Ansicht des III. Quadranten.



Abb. 209 Lingual-okklusale Ansicht des IV. Quadranten.



Abb. 210 Lingual-okklusale Ansicht des III. Quadranten.

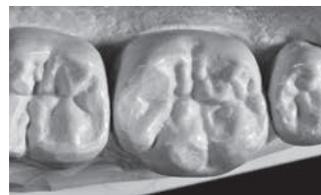


Abb. 211 Okklusale Ansicht des IV. Quadranten.



Abb. 212 Okklusale Ansicht des III. Quadranten.

darin, dass die vom Zahntechniker angebotenen Flächenkombinationen vom Patienten tatsächlich genutzt werden können, um mit ihnen eine wesentlich höhere Kau-effizienz zu erreichen. Die Umsetzung von körperfremden zu körpereigenen Stoffen ist die Aufgabe des gesamten Verdauungssystems, beginnend mit der mechanischen Zerkleinerung und der Feinstaufschlüsselung des Nahrungsangebots zwischen den Komplementärflächen. „Zeugen“ dieser Leistungen sind in verschiedenen Perspektiven auf den Abbildungen 201 bis 228 aufgezeigt.

Analyse der Quadranten I und IV. In der Sagittalansicht vom I. und IV. Quadranten sieht die Okklusion auf den ersten Blick „normal“ aus. Betrachten wir die gleiche Situation aus der inneren, palatinal-lingualen Perspektive, dann ist zu erkennen, dass die palatinalen Höcker der oberen Seitenzähne nicht in ihrer angestammten Position stehen. In diesen alltäglichen Situationen ist es schon ein bisschen schwieriger, die vorhandenen Komplementärkontakte in der Zentrik wie in der Dynamik genau zu analysieren und zu bestimmen (siehe Abb. 213 bis 220).



Abb. 213 und 214 Okklusale Beziehungen zwischen dem I. und IV. Quadranten aus bukkaler und palatinal-lingualer Perspektive.

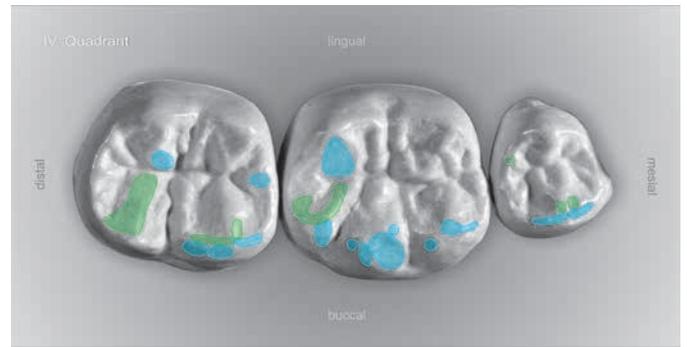
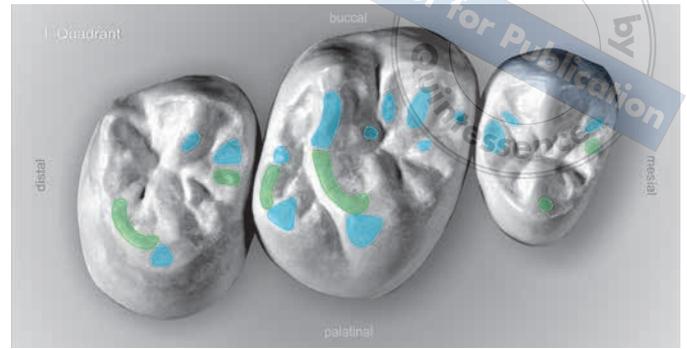


Abb. 215 und 216 Okklusale Betrachtung des gesamten Gebrauchsmusters in Zentrik und Exzentrik im I. und die komplementären Flächen im IV. Quadranten.

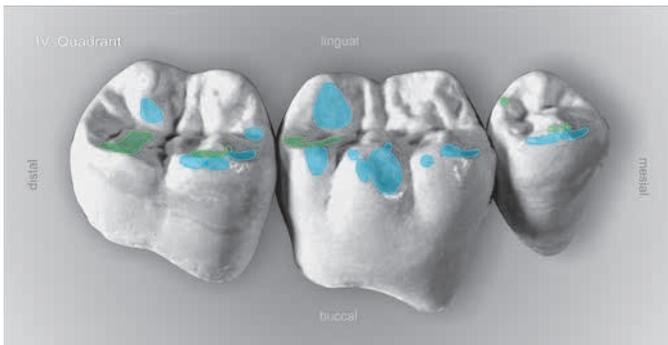
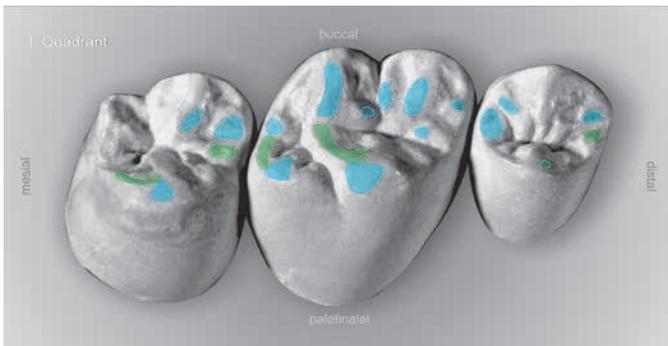


Abb. 217 und 218 Betrachtung des Gebrauchsmusters des I. Quadranten aus palatinal-okklusaler Ansicht, speziell die Facetten der Phasen 1.a und 1.b (blau koloriert) und die komplementären Flächen im IV. Quadranten in bukkal-okklusaler Ansicht.

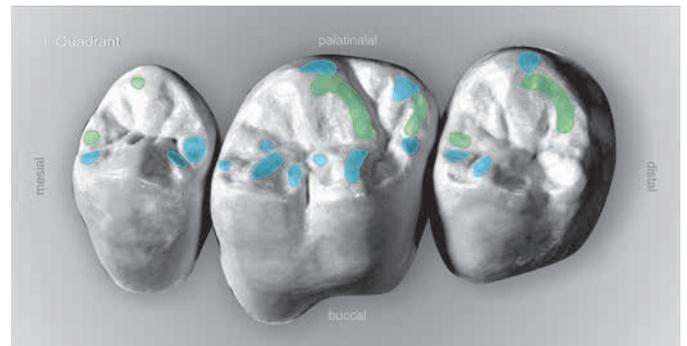


Abb. 219 und 220 Betrachtung des Gebrauchsmusters des I. Quadranten aus bukkal-okklusaler Ansicht, speziell die Facetten der Phase 2 (grün koloriert) und die komplementären Flächen im IV. Quadranten in lingual-okklusaler Ansicht.

Analyse der Quadranten II und III. Die frontal-sagittale Ansicht der Abbildung 221 zeigt einen Kreuzbiss des zweiten Prämolars und des ersten Molars im III. Quadranten. Daraus ergeben sich zum Teil umgekehrte Okklusionsverhältnisse zwischen den beiden Zahnreihen. Diese Verhältnisse in der Rekonstruktion funktionell zu berücksichtigen und ein Maximum an komplementären Kontaktbeziehungen in der Statik und der Dynamik, waren und sind eine enorme Herausforderung für die Zahntechnik. Analysen dieser Situationen sind einmalig (Abb. 221 bis 228).

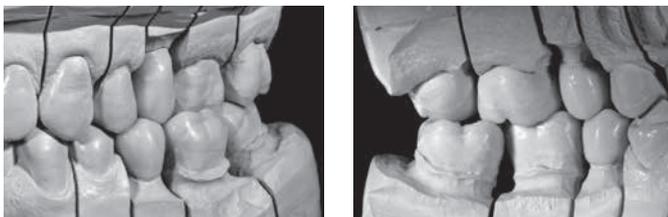


Abb. 221 und 222 Okklusale Beziehungen zwischen dem II. und III. Quadranten aus bukkaler und palatinal-lingualer Perspektive.

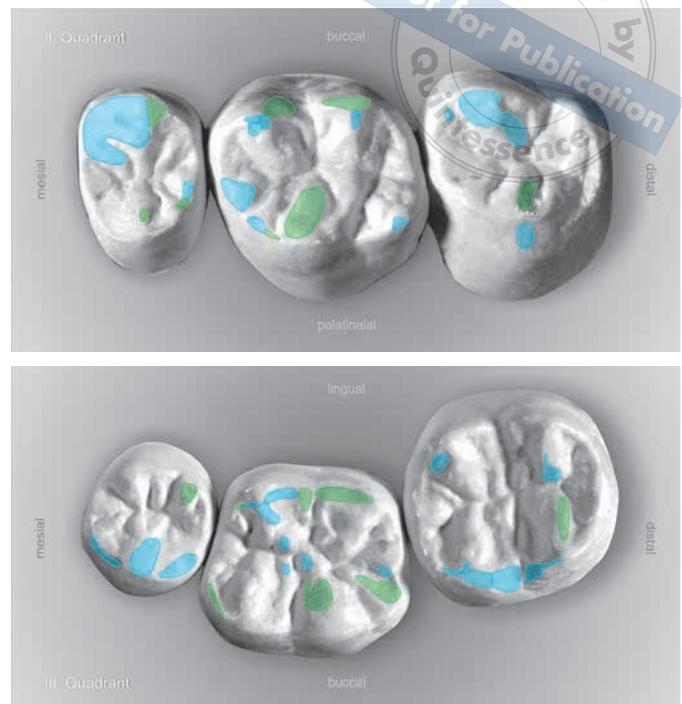


Abb. 223 und 224 Okklusale Betrachtung des gesamten Gebrauchsmusters in Zentrik und Exzentrik im II. und im III. Quadranten.

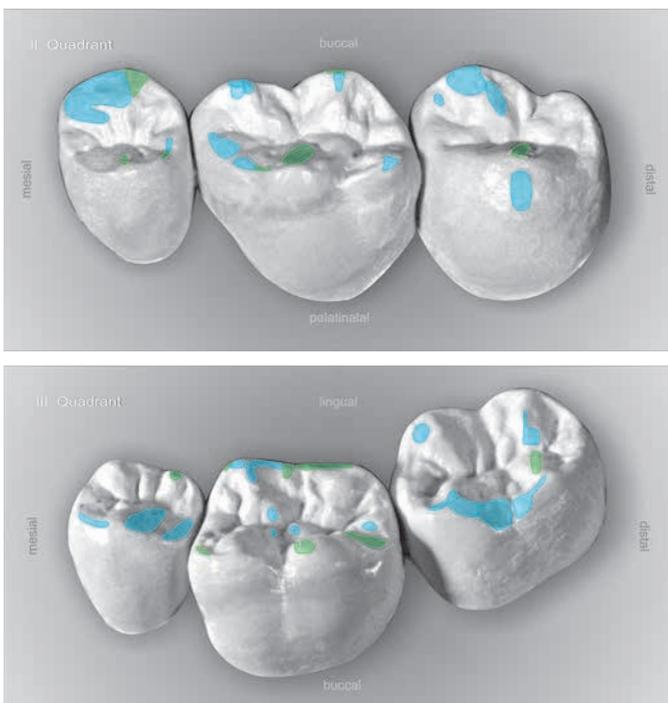


Abb. 225 und 226 Betrachtung des Gebrauchsmusters des II. Quadranten aus palatinal-okklusaler Ansicht, speziell die Facetten der Phasen 1.a und 1.b (blau koloriert) und die komplementären Flächen im III. Quadranten in bukkal-okklusaler Ansicht.

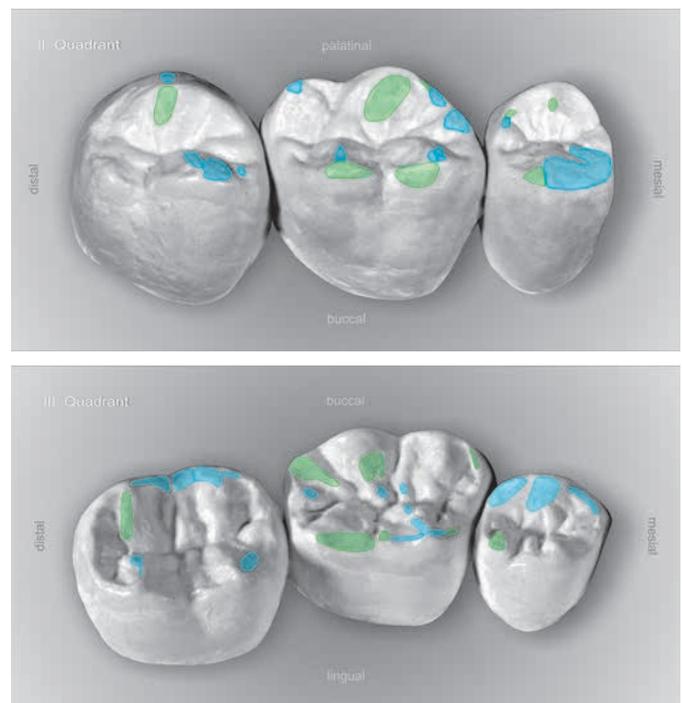


Abb. 227 und 228 Betrachtung des Gebrauchsmusters des II. Quadranten aus bukkal-okklusaler Ansicht, Speziell die Facetten der Phase 2 (grün koloriert) und die komplementären Flächen im III. Quadranten in lingual-okklusaler Ansicht.



Abb. 229 Habituelle Interkuspitation SM in Frontalansicht.



Abb. 230 Habituelle Interkuspitation RM in Frontalansicht.



Abb. 231 Habituelle Interkuspitation SM links.



Abb. 232 Habituelle Interkuspitation RM links.

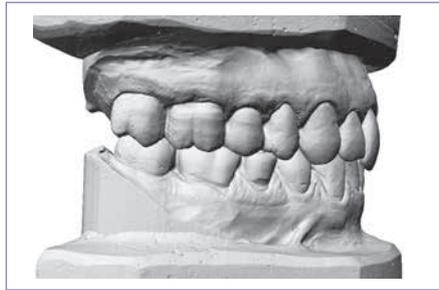


Abb. 233 Habituelle Interkuspitation SM rechts.

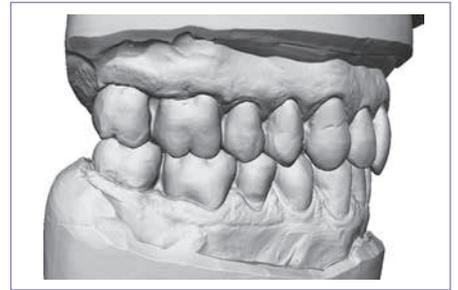


Abb. 234 Habituelle Interkuspitation RM rechts.

Zum Detailvergleich der okklusalen Beziehungen im Situationsmodell (SM) und Restaura-tionsmodell (RM) wurden jeweils die Ober- und Unterkiefermodelle im 3-D-Scanning-Labor im Senckenberg Forschungsinstitut in Frankfurt/Main mit einem Weißlicht-Topo-metriesystem (smartSCAN-HE Breuckmann GmbH, Meersburg) digital erfasst und mit der systemeigenen Software optoCAT als triangulierte Oberflächenmodelle mit einer durchschnittlichen Auflösung von ca. 50 µm rekonstruiert. Für die okklusale Ausrich-tung der Ober- und Unterkiefer-Relation wurden die Modelle zusätzlich im Artikulator in habitueller Interkuspitation von labial und bukkal digitalisiert. So konnten jeweils die Ober- und Unterkiefer-3-D-Modelle mithilfe der 3-D-Software Polyworks® (Version 11.0, Innovmetric Inc., Québec, Kanada) durch eine virtuelle Überlagerung mit dem Okklusionsmodell in maximaler Verzahnung zueinander ausgerichtet werden (Abb. 229 bis 234).

Der optische Vergleich der Modelle in statischer habitueller Interkuspitation verdeut-licht den Unterschied in der vertikalen Okklusion zwischen Situationsmodell (vgl. Abb. 229, 231, 233) und Rekonstruktionsmodell (vgl. Abb. 230, 232 und 234). Die leichte Anhebung der Okklusion vor allem im Seitenzahnbereich bewirkte zudem eine deutliche Reduktion des Überbisses in der Front.

Die digitale Vermessung der Abstände (0 bis 4 mm) zwischen Unter- und Oberkiefer-modellen in der statischen Interkuspitation mit dem Softwaremodul IMInspect (Poly-works®, Innovmetric Software Inc.) ermöglicht die Visualisierung der Zahnkontaktver-teilung im SM und RM (Abb. 235 bis 238). Die violetten und blauen Bereiche belegen Zahn-zu-Zahn-Kontakte und Bereiche größter Annäherung (0 bis 0,25 mm). Im RM

*Virtuelle
Okklusionsanalyse
Digitalisierung der
Modelle*

*Virtuelle Analyse
der habituellen
Interkuspitation*

Abb. 235 Okklusale Oberkieferkontakte im SM (violett-blau).

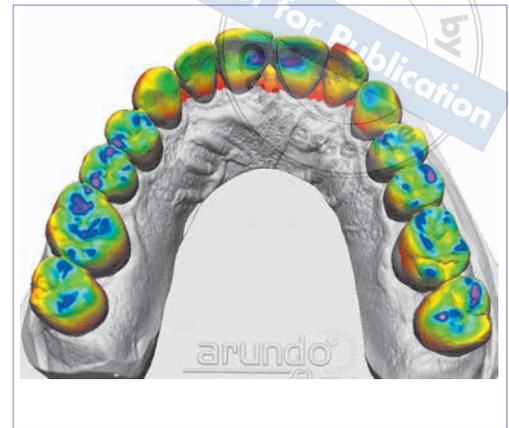
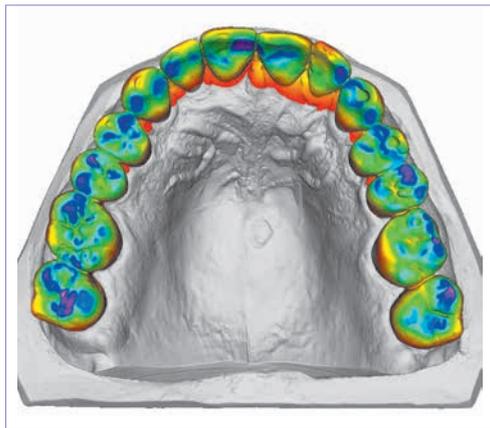


Abb. 236 Okklusale Oberkieferkontakte im RM (violett-blau).

Abb. 237 Labiale und okklusale Unterkieferkontakte im SM (violett-blau).

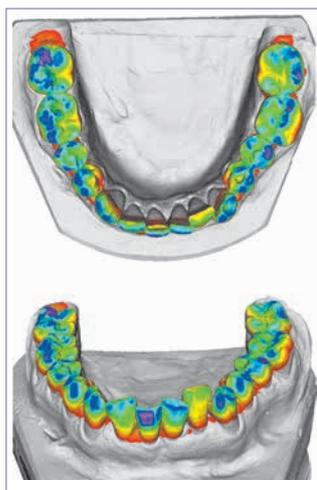


Abb. 238 Labiale und okklusale Unterkieferkontakte im RM (violett-blau).

zeigen sich eine deutliche Reduktion der Kontakte entlang der bukkalen Flanken der Prämolaren und eine balancierte Abstützung in den Molaren. Die Zahnkontakte im RM des Unterkiefers in den Zahnpositionen 31 und 41 sind deutlich nach inzisal verlagert und die Position 42 weist keine Kontakte in der habituellen Interkuspitation auf. Mit der Reduktion der labialen bzw. bukkalen Kontakte an den Inzisiven und an den Prämolaren sollte die Front deutlich entlastet werden.

Virtuelle Analyse der Zahnkontakte in okklusaler Bewegung

Um die okklusalen Kontaktbeziehungen in der Bewegung im SM und RM zu vergleichen, wurden die virtuellen 3-D-Modelle jeweils in die sogenannte „Occlusal Fingerprint Analyser“-Software geladen. In dem für wissenschaftliche Zwecke im Senckenberg Forschungsinstitut Frankfurt/Main entwickelten Computerprogramm können die Zahnkontakte zwischen Ober- und Unterkiefermodellen während der okklusalen Bewegung detektiert und visualisiert werden (Abb. 239 bis 241). Das Resultat ist eine Sequenz von Modellkollisionen in Abhängigkeit von zuvor definierten Zeit- und Kollisionsabständen. Bei einer okklusalen Eingleitbewegung von rechts lateral (Phase I) bis zur habituellen Interkuspitation und einer Mediotrusion rechts als Ausgleitbewegung können somit die okklusalen Kontakte im Situationsmodell und Rekonstruktionsmodell verglichen werden (siehe Abb. 240 und 241).

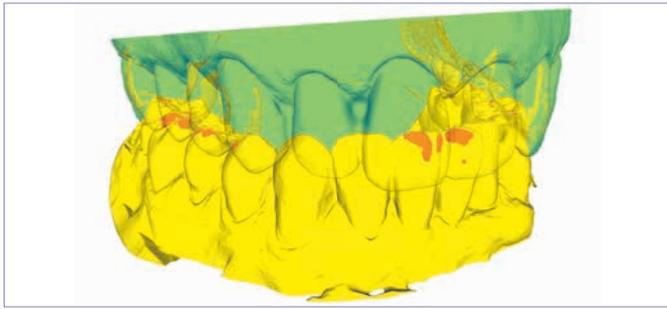


Abb. 239 Die virtuelle Betrachtung der okklusalen Relation im „Occlusal Fingerprint Analyser“ (OFA) ermöglicht die Beurteilung der Zahnkontakte zwischen Ober- und Unterkiefermodellen in beliebiger Perspektive und Vergrößerung. Die Zuweisung von Transparenz im virtuellen Oberkiefermodell erlaubt die Sicht auf die verdeckten Zahnkontakte auf den Unterkieferkronen (rote Bereiche) zu jedem Zeitpunkt der Okklusionsbewegung, wie hier beispielhaft abgebildet für die habituelle Interkuspitation im Rekonstruktionsmodell (RM).

Die Berechnungen der Zahnkontakte im Situationsmodell bei einer lateralen Inkursionsbewegung rechts (siehe Abb. 240) ergeben deutliche Frühkontakte im Unterkiefer an der labialen Flanke des Zahns 41. Mit fortschreitender Okklusion vermehren sich die labialen Kontakte entlang der rechten Frontzahnreihe von mesial nach distal bis nach bukkal in den Seitenzahnbereich. Die maximale Verzahnungssituation zeigt großflächige Kontaktbereiche entlang der labialen/bukkalen Flanken der bukkalen Höcker in der gesamten Unterkieferzahnreihe, während die flächige Kontaktsituation am Zahn 41 als permanenter Kontakt bis in die Exkursionsphase erhalten bleibt; bis zum Moment einer Einzelzahnkontaktsituation (siehe Abb. 240) vor der vollkommenen Disklusion. Die beschriebene Okklusionskinematik mit dominanten labialen Frontzahnkontakten während der gesamten Okklusionsbewegung erklärt das Auftreten von massiven Schmelzdefekten im Schneidezahnbereich als Überlastungsreaktion.

Im Gegensatz zum SM zeigen sich bei der virtuellen Okklusionsanalyse des RMs bereits zu Beginn der okklusalen Inkursionsphase rechts deutliche Seitenzahnkontakte im Prämolaren- und Molarenbereich, während Frontzahnkontakte erst etwas später an Zahn 31 und dann an Zahn 41 etwas weiter inzisal als im SM zu finden sind (siehe Abb. 241). Mit fortschreitender Okklusion zeigt sich eine deutlich verbesserte Balance in der Verteilung der Kontakte in den Seitenzähnen mit einer folgenden

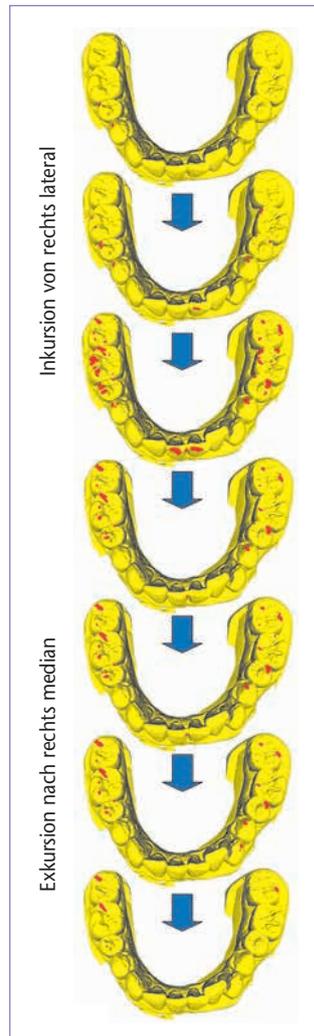


Abb. 240 Die Abbildungen der kinematischen Analyse der Zahnkontakte im Situationsmodell (Unterkiefer) mit einer Inkursionsbewegung von rechtslateral verdeutlichen die Belastung der Frontbezahnung von labial und der Prämolaren mit großflächigen mesio- und distobukkalen Zahnkontakten (in Rot hervorgehoben). Dazu befinden sich einige Bereiche der Front während der gesamten Okklusionsphase in Kontaktbeziehung. Unausgewogene okklusale Kontakte mit bukkaler Dominanz in den Molaren auf der rechten Seite und nur sporadische Kontakte auf der linken Seite vervollständigen das disharmonische Bild lokaler Belastungen im Situationsmodell.

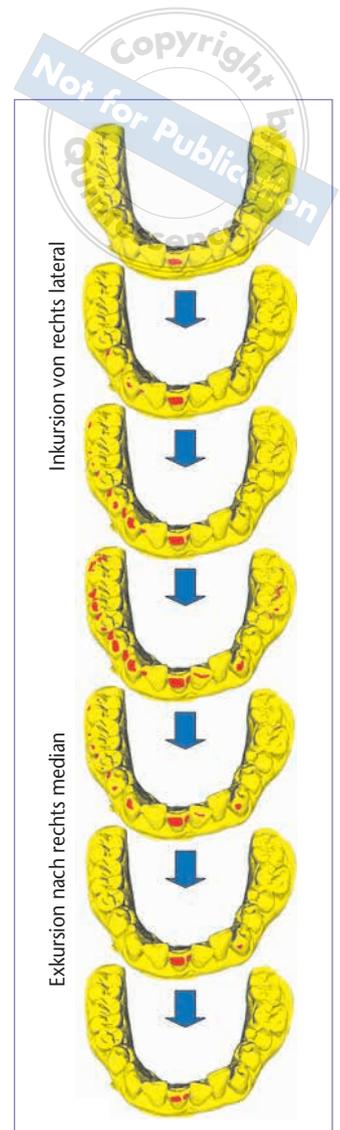


Abb. 241 Die naturgerechte Rekonstruktion der Höcker-Beckenrelationen kombiniert mit einer Anhebung der Okklusion führte zu einer wesentlich gleichmäßigeren Verteilung der antagonistischen Kontakte bei der Inkursions- und Exkursionsbewegung. Die Bildfolge der Bewegungsanalyse zeigt die deutlich verbesserte Abstützung und okklusale Balance in den Seitenzähnen mit einer Reduktion der Kontakte im Frontzahnbereich bei der Inkursion von rechts.

Abb. 242 Ansicht von distal auf Transversalschnitt im Rekonstruktionsmodell, generiert in der OFA-Software zur Beurteilung der okklusalen Relation in habitueller Interkuspitation im Bereich der distalen Höcker an den Zahnpaaren 26, 36 und 16, 46. Links Kreuzbiss- und rechts normale Verzahnungssituation. Auf beiden Seiten ist im Rekonstruktionsmodell eine angemessene Abstützung vorhanden.

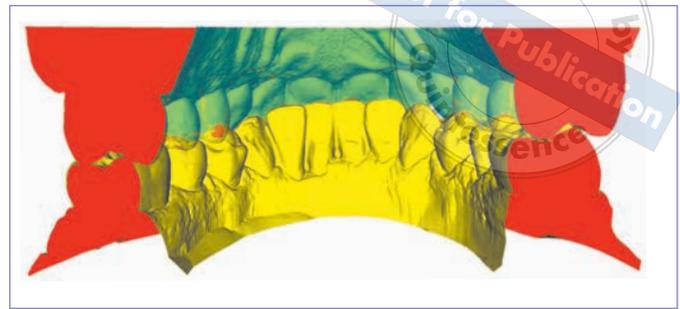


Abb. 243 bis 246 Die Zahnkontakte in maximaler Interkuspitation in den virtuellen Unterkiefermodellen (Abb. 243, 245 = SM; Abb. 244, 246 = RM) lassen sich in einer erweiterten Version der „Occlusal Fingerprint Analyser“-Software mithilfe von Richtungsvektoren als individueller okklusaler 3-D-Kompass visualisieren. Die Neigungswinkel und die Neigungsrichtungen der einzelnen Kontakte können so in ihrer räumlichen Lage zu jedem Zeitpunkt der Okklusion und aus jeder Richtung beurteilt werden. Die Länge der Vektoren in okklusaler Ansicht gibt Auskunft über die Steilheit der Kontakte. Je kürzer der Vektor, umso steiler ist der okklusale Kontakt. Die Farbkodierung bezieht sich auf die Bewegungsrichtungen des okklusalen Kompasses aus der Perspektive der rechten Kieferhälfte aus der maximalen Verzahnung heraus: schwarz = Protrusion, blau = Laterotrusion, gelb = Lateroprotrusion, grün = Mediotrusion.

Entlastung in der Front und okklusalen Stabilisierung mit bilateraler Abstützung bis zur vollkommenen Disklusion.

Die Veränderung der okklusalen Situation führte zu einer ausgewogeneren Okklusion. Vor allem auf der linken Seite im Kreuzbiss von Zahnpaar 6 ließ sich eine balancierte Abstützung einrichten (siehe Abb. 237 und 242), sodass das System nun unter Belastung eine gleichmäßigere Kontaktsituation im rechten und linken Seitenzahnbereich aufweist und die Front nur in der maximalen Interkuspitation entlang der Schneidekanten Kontakte aufzeigt.

Die Front scheint bestmöglich entlastet zu sein, ohne dass eine aufwendige Kronenrepositionierung in diesem Bereich vorgenommen werden musste.

Die Darstellung der Zahnkontakte als Richtungsvektoren im individuellen okklusalen 3-D-Kompass ermöglicht es, die räumliche Situation der Okklusion im Detail zu beurteilen (siehe Abb. 243 bis 246). In der OFA-Software geben berechnete Richtungsvektoren die durchschnittliche Neigung und Neigungsrichtung der einzelnen okklusalen Kontaktflächen gemessen als Winkel zu einer Referenzebene (z. B. Okklusalebene) wieder. So lassen sich die Variabilität und die bevorzugten Richtungen der Kontakte genau analysieren. Eine Farbkodierung der einzelnen Vektoren ermöglicht die Zuordnung der Kontakte zu den Bewegungsrichtungen des klassischen okklusalen Kompasses, wie er von Dieter Schulz in der Natur- und Funktionsgerechten Restauration (NFR) verwendet wird. In den Abbildungen 243 bis 246 sind die Hauptfarben gemäß der NFR gewählt. Dargestellt sind die Farben der Unterkieferbewegungen aus der maximalen Verzahnung heraus, bezogen auf die jeweils rechte Kieferhälfte im SM- (Abb. 243 und 245) und RM- (Abb. 244 und 246) Modell. Die Farbe Schwarz entspricht einer Protrusion, Blau einer



Laterotrusion, Gelb der Lateroprotrusion und Grün fasst alle Mediotrusionsrichtungen zusammen. Der Vergleich der räumlichen Richtungen zeigt eine deutlich verbesserte Abstützungssituation im Restaurationsmodell, mit einer deutlichen Vermehrung und Erweiterung der Mediotrusionsrichtungen.

Die ausgewogenere Verteilung der Mediotrusionskontakte bei der Betrachtung des Kauens auf der rechten Seite nach der Restauration zeigt sich im maximalen Schlussbiss durch das Auftreten von zahlreichen neuen Mediotrusions- und Laterotrusionskontakten insbesondere auf den Molaren. Dadurch ist auch während der anschließenden Exkursionsphase nach Median (Kauphase II) eine balancierte Abstützung gegeben, während im Situationsmodell ein starkes Übergewicht an Laterotrusions- und Lateroprotrusionskontakten im Seitenzahnbereich vorhanden war.

Die virtuelle Okklusionsanalyse bietet für die künftige Funktionsanalyse und Restauration von Okklusionsflächen eine Vielzahl von Möglichkeiten, die okklusale Situation vor und nach der Restauration zu vergleichen. Erst durch die virtuelle Kontaktdetektion und die Simulation der okklusalen Bewegung im Computer können nun auch Kontaktdetails zu jedem Zeitpunkt der Bewegung genauer untersucht und in jeder beliebigen Perspektive und Vergrößerung betrachtet werden. Nichtsdestotrotz obliegt die Interpretation einer individuellen okklusalen Kontaktsituation immer dem Betrachter. Und so bleibt die Anwendung jedes noch so fortschrittlichen Hilfsmittels zur funktionalen Beurteilung des okklusalen Fingerabdrucks stets abhängig von der fachlichen Expertise des Bearbeiters.

Die Forschungsarbeiten zur virtuellen Okklusionsanalyse am Senckenberg Forschungsinstitut in Frankfurt/Main werden von der „Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG)“ unterstützt. Die Entwicklung der OFA Software wurde von der „Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG)“ finanziell gefördert. Der Beitrag ist die Publikation Nummer 56 der DFG Forschergruppe 771 „Funktion und Leistungssteigerung in den Bezahnungen der Säugetiere - phylogenetische und ontogenetische Einflüsse auf den Kauapparat“. Frau Christine Hemm sei gedankt für die Erstellung der virtuellen 3-D-Modelle.

Danksagung

1. Christiansen G. Nie wieder verlorener Biss. Die Okklusionsplatte – Memobite. Ingolstadt: Eigenverlag, 2008.
2. Heimann J, Jahn B. Funktionsgerechte Rekonstruktion. Teamwork J Contin Dent Educ 2008;11;57-68.
3. Kay RF. The evolution of molar occlusion in the Cercophithecidae an early catarrhines. Am J Physical Anthropol 1977;46:327-352.
4. Krueger-Janson U. Komposit- und Keramikveneers im Vergleich. Quintessenz 2012;63:1529-1536.

Literatur



Dieter Schulz
Finkenweg 26
64625 Bensheim
E-Mail: dschulz1@aol.com



ZA Ulf Krueger-Janson
Stettenstraße 48
60322 Frankfurt
E-Mail:
ulf.krueger-janson@email.de



Dr. Ottmar Kullmer
Senckenberg Forschungsinstitut Frankfurt am Main
Abteilung Paläoanthropologie und Messelforschung
Sektion Tertiäre Säugetiere
Senckenberganlage 25
60325 Frankfurt am Main
E-Mail: okullmer@senckenberg.de