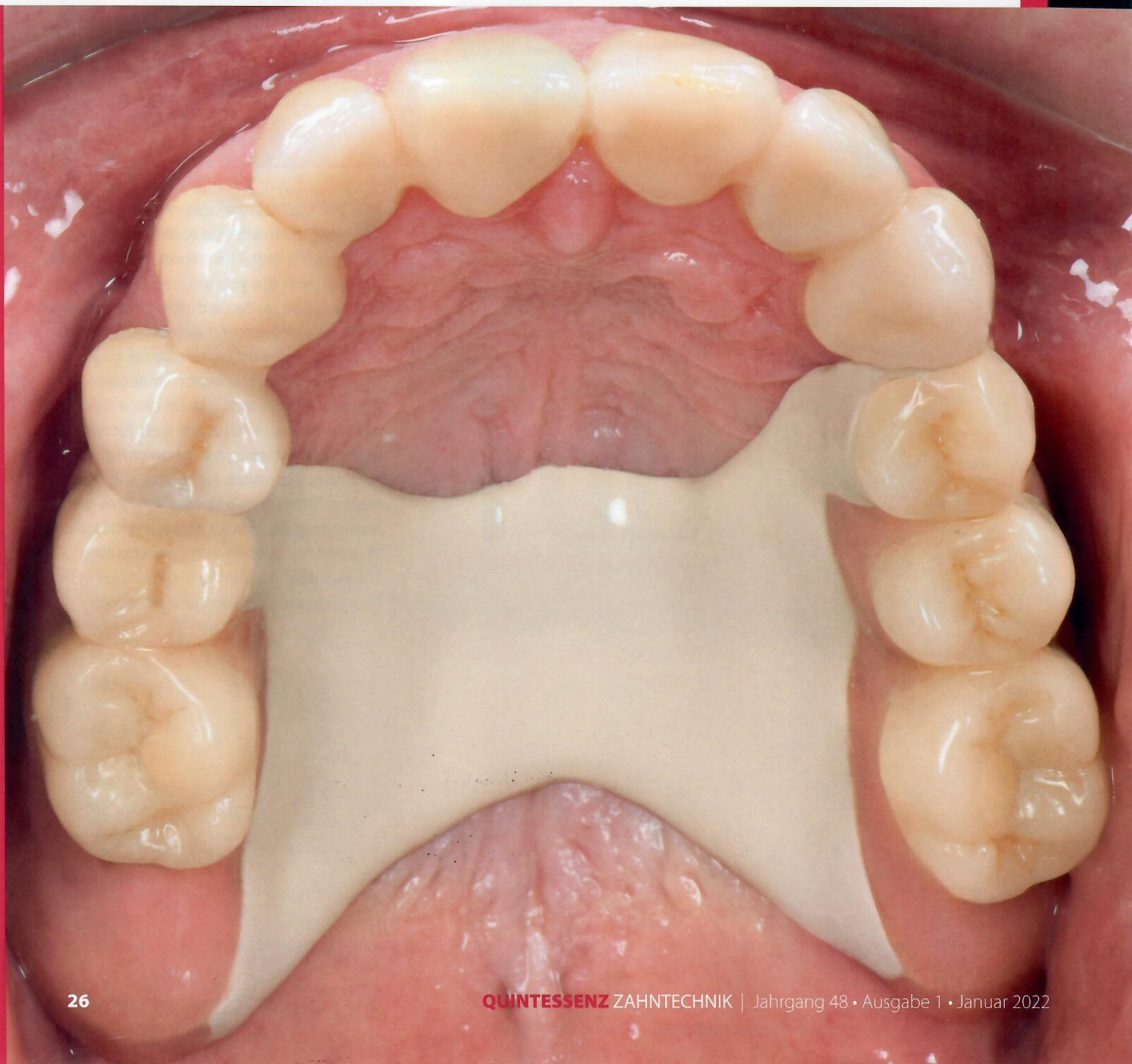


Der Patient im virtuellen Workflow biokompatibel versorgt

Plasmakonditionierung und -desinfektion

JOCHEN MELLINGHOFF, ARBNOR SARACI, LUKAS WICHNALEK,
NORBERT WICHNALEK



Einleitung

Der Wunsch nach Biokompatibilität ist mittlerweile ein Alltagsthema in Labor und Zahnarztpraxis. Die CAD/CAM-Technologie ermöglicht in dieser Hinsicht neben subtraktiv gefertigten Glas- und Feldspatkeramikrohlingen auch neue biokompatible Materialalternativen in Form von unterschiedlichen Zirkonoxidvarianten, Hybridwerkstoffen und Hochleistungspolymeren. Digitale Informationen aus Intraoralscan, Gesichtsscan, DVT, Okklusion sowie statischer und dynamischer Kieferrelation miteinander zu kombinieren und daraus neue digitale Workflows für die Patientenversorgung zu entwickeln, wird irgendwann sicherlich zur neuen Normalität. Was heute schon möglich ist hinsichtlich Digitalisierung und Biokompatibilität, zeigt der folgende Patientenfall.

Der Patientenfall

Der 58-jährige Patient wurde in der Praxis vorstellig, weil er im Oberkiefer bis auf Zahn 14 seinen kompletten Seitenzahnbereich verloren hatte. Bei der Erstuntersuchung zeigten sich außerdem inzisale Frakturen an den mittleren oberen Schneidezähnen 11 und 21 sowie Sekundärkaries an den Zähnen 21 und 23 (Abb. 1 bis 3). Im Unterkiefer gab es keinen Behandlungsbedarf (Abb. 4). Der Patient wünschte sich eine biokompatible und altersgerechte Versorgung, die den momentanen Zustand langfristig stabilisieren sollte. Implantate kamen für ihn nicht in Frage, da die anatomischen Verhältnisse selbst mit umfangreichen chirurgischen Maßnahmen und Augmentationen kein erfolgversprechendes Behandlungsergebnis erwarten ließen.



Zusammenfassung

Der virtuelle Patient eröffnet neue digitale Workflows und eine breitgefächerte, biokompatible Materialwahl. Im folgenden Patientenfall wird der Oberkiefer mit zwei verblockten Kroneneinheiten aus multichromatischem Zirkonoxid mit extrakoronalem Geschieben und einer herausnehmbaren Teilprothese aus Hochleistungspolymer und gefrästen verblockten Kroneneinheiten aus Komposit CAD/CAM-gestützt versorgt.

Indizes

Intraoralscan, Gesichtsscan, virtueller Workflow, Biokompatibilität, Plasmakonditionierung

Abb. 1 Die Ausgangssituation mit der gesplitterten und kariösen Oberkieferfront.

Abb. 2 Der Schneidekantenverlauf war durch die zahlreichen Defekte irregulär und dadurch unruhig. An mehreren Kompositfüllungen hatte sich eine Sekundärkaries gebildet.

Abb. 3 Die Zähne 12, 11 und 22 waren im Vorfeld endodontisch behandelt worden.

Abb. 4 Im Unterkiefer bestand kein Behandlungsbedarf. Die Unterkieferfront zeigte sich verschachtelt.

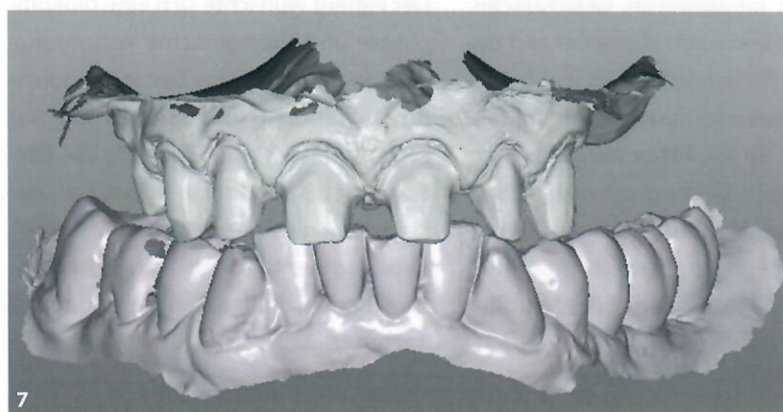
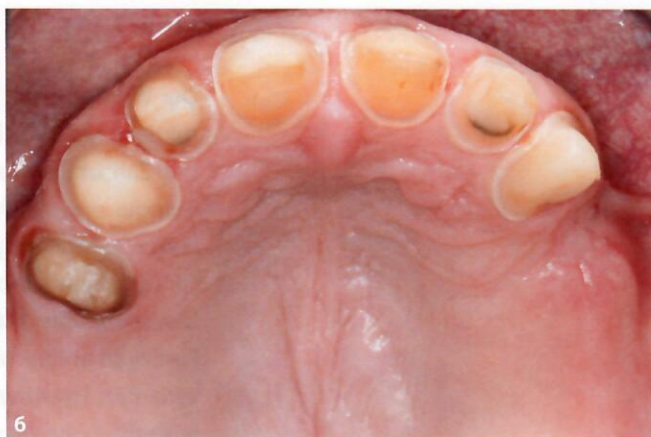


Abb. 5 Zur späteren Kalibrierung am PC wurde die Zahnfarbe mit VITA classical A1–D4 mit Graubgleich dokumentiert. **Abb. 6** Zustand nach der Präparation aller Oberkieferzähne für Vollkronen. **Abb. 7** Die präparierten Stümpfe wurden mit einem Intraoralscanner digitalisiert. **Abb. 8** Der Gesichtsscan mit der Ausgangssituation als virtuelle Basis für den digitalen Workflow. **Abb. 9** In den Facescan wurde im interaktiven Zusammenspiel mit dem Patienten ein virtuelles Mock-up konstruiert.

Nach eingehender Beratung entschied sich der Patient für zwei verblockte Kroneneinheiten aus multichromatischem Zirkonoxid von 11 auf 14 und 21 auf 23. An diesen sollten nach distal extrakoronale Geschiebe konstruiert werden, um eine herausnehmbare Versorgung entsprechend verankern zu können. Gaumenplatte und Basis der Teilprothese sollten dabei aus einem Hochleistungspolymer der PEEK-Familie und die verblockten Kroneneinheiten im Seitenzahnbereich aus Komposit CAD/CAM-gestützt hergestellt werden. Die Gewichtsreduktion im Vergleich zum konventionellen Stahlgerüst sollte neben der gewünschten Biokompatibilität auch

einen erhöhten Tragekomfort ermöglichen. Die verblockten Kroneneinheiten aus Zirkonoxid und die Prothesenbasis sollten abschließend patientengerecht individualisiert werden. Dabei sollten die funktionellen Bereiche konsequent monolithisch bleiben, um eine möglichst gute klinische Langzeitstabilität zu gewährleisten.

Virtuelle Arbeitsgrundlage

Nach der visuellen Bestimmung der Zahnfarbe A3 mit dem VITA classical A1–D4 (Fa. Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen) und deren digital-fotografischer Dokumentation mit Graubgleich wurde ein

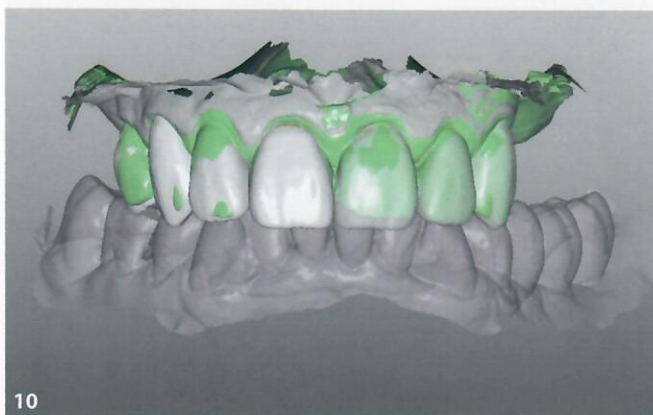
dreidimensionaler Gesichtsscan mit lachendem und geschlossenem Mund (Face Hunter, Fa. Zirkonzahn, Gais, Italien) durchgeführt (Abb. 5). Die Ist-Situation wurde mit dem Intraoralscanner Medit i500 (Fa. Medit, Seoul, Südkorea) festgehalten. Anschließend wurden die Zähne von 14 bis 23 mit gemeinsamer Einschubrichtung für eine Vollkrone präpariert, und auch diese Situation wurde mit dem Intraoralscanner digitalisiert (Abb. 6 und 7). Die Datensätze konnten nun miteinander gematcht werden, sodass die Morphologie der neuen Kroneneinheiten interaktiv im Workflow des Zirkonzahn-Systems konstruiert werden konnte (Abb. 8 und 9).

Auf Grundlage der virtuell definierten Referenzebenen und der vestibulär gescannten habituellen Bissituation konnte neben den Kroneneinheiten mit extrakoronalem Geschiebe auch die Morphologie der fehlenden Seitenzähne mit entsprechenden Sattelanteilen und passendem retentivem Matrizenanteil konstruiert werden. Der einzige analoge Schritt konnte ebenfalls auf dieser virtuellen Arbeitsgrundlage vorbereitet werden: Über die Gesamtkieferkonstruktion

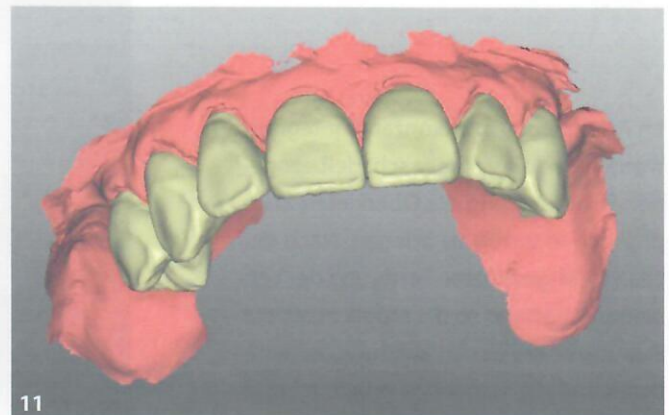
wurde ein virtueller Löffel konstruiert und mit einem Filamentdrucker additiv gefertigt. Die raue Oberfläche war dabei erwünscht, um der Abformmasse möglichst viel Retention und damit nach der Aushärtung einen sicheren Halt zu geben (Abb. 10 bis 14).

Die präparierten Zähne wurden mit dem individuellen Löffel abgeformt (Abb. 15) und auf dieser Basis wurden Gipsmodelle hergestellt, die im Laborscanner Medit T710 (Fa. Medit) digita-

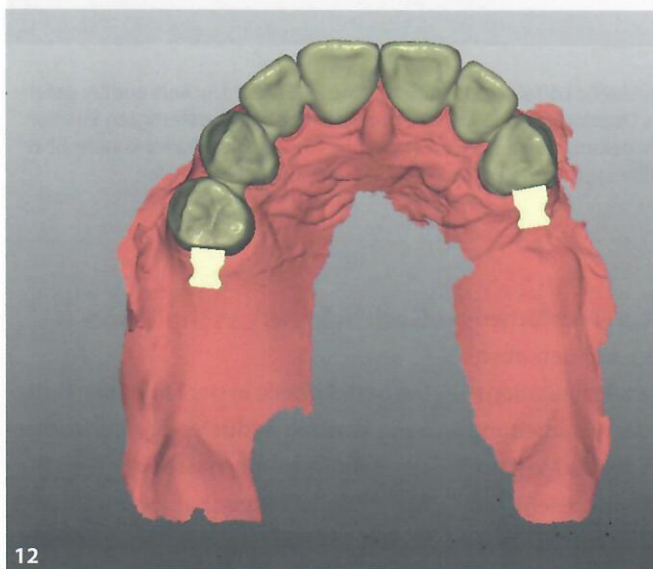
lisiert wurden. Anhand der Informationen aus dem Gesichtsscan konnten die virtuellen Modelle schädelbezogen in der Software artikuliert werden. Die Modelle wurden anschließend mit integrierten Stützstiften additiv gefertigt. In den Kunststoffrohling JawPositioner (Fa. Zirkonzahn) wurden analog zum Gesichtsscan Impressionen der Oberkieferzähne subtraktiv eingearbeitet, sodass eine Positionierschablone entstand. Diese konnte wiederum in den PlanePositioner



10



11



12

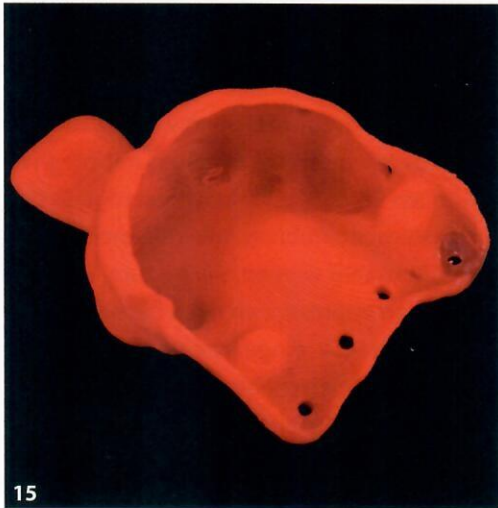


13



14

Abb. 10 In der CAD-Software diente das virtuelle Mock-up als Basis für die Konstruktion der beiden Kroneneinheiten. **Abb. 11** Die fertige Konstruktion der Kroneneinheiten mit Nonfunktionsfenstern im vestibulären Bereich. **Abb. 12** An die beiden Kroneneinheiten wurde distal jeweils ein extrakoronales Geschiebe konstruiert. **Abb. 13** Der Facescan bei geschlossenem Mund von lateral mit den relevanten Konstruktionsebenen. Die Stützzone im Seitenzahnbereich konnte anhand der Informationen aus dem Facescan ebenfalls konstruiert werden. **Abb. 14** Über die Gesamtkonstruktion des Oberkiefers wurde ein individueller Löffel passgenau hergestellt.



15

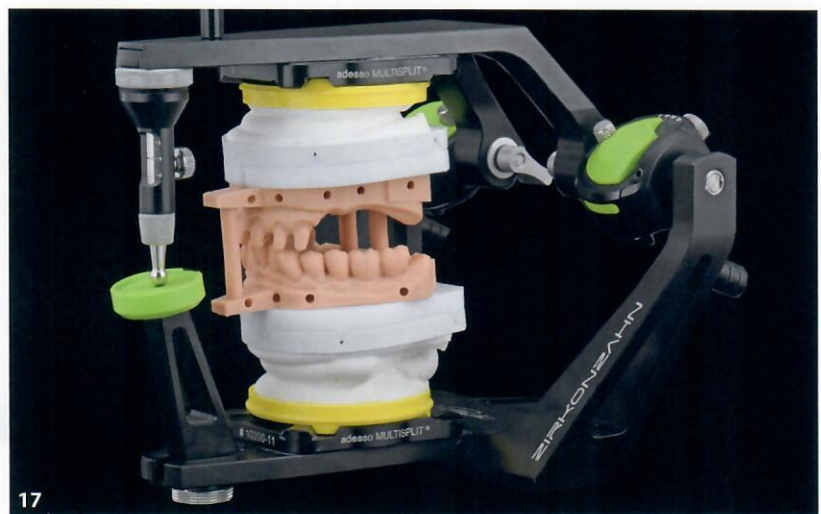


16

im Artikulator (Fa. Zirkonzahn) integriert werden, um die virtuelle schädelbezogenen Positionierung des Oberkiefers auch physisch in Bezug zu bringen. Nach der CAD/CAM-gestützten Fertigung der Versorgung bestand so die Möglichkeit, die Passung im reellen Artikulator zu kontrollieren und die manuellen Arbeitsschritte vorzunehmen (Abb. 16 und 17).

Kroneneinheiten aus Zirkonoxid

Die definitiven Kroneneinheiten mit extrakoronalem Geschiebe wurden in einer Milling Unit aus dem supertransluzenten und multichromatischen Zirkonoxid VITA YZ ST in der Farbe A3 gefräst. Das Material bietet absolute Farbtreue zur VITA classical A1–D4-Farbskala, mit der die Zahnfarbe bestimmt wurde. Die ermittelte Grundzahnfarbe des Patienten wird also mithilfe des Rohlings verlässlich reproduziert. Der integrierte Farbverlauf sorgt zusätzlich für ein natürliches monolithisches Erscheinungsbild. Der für das Microveneering vorgesehene Bereich wurde dann mit der Verblendkeramik VITA LUMEX AC veredelt, was wir als



17

„Surface Ennobling“ (engl. Oberflächenveredelung) bezeichnen. Bei den absolut homogen gesinterten Restauroberflächen wurde bei der Ausarbeitung besonderes Augenmerk auf die Morphologie und Oberflächentextur gelegt, um dem Wunsch des Patienten nach einer altersgerechten Erscheinung – passend zur Unterkieferfront – nachzukommen. Die abschließende Charakterisierung und Glasur erfolgte mit dem Malfarbensystem VITA AKZENT PLUS (Abb. 18 bis 24).

Gedruckte Bisschablone

Die Sattelanteile in der fehlenden Stützzone wurden inklusive der konstruierten Zahnform mit passender Geschiebematrize als Bisschablone gedruckt, sodass im Rahmen der Einprobe nicht nur die zentrische und dynamische Okklusion sowie die Kieferrelation, sondern auch die Phonetik und der Tragekomfort simuliert werden konnten. Nur leichte Korrekturen mussten durch-

Abb. 15 Der individuelle Löffel wurde mithilfe eines Filamentdruckers additiv gefertigt. **Abb. 16** Das Oberkiefermodell wurde mit einer subtraktiv gefertigten Positionierschablone schädelbezogen einartikuliert. **Abb. 17** Der Unterkiefer konnte über gedruckte Stützstifte lagestabil gegen den Oberkiefer artikuliert werden.

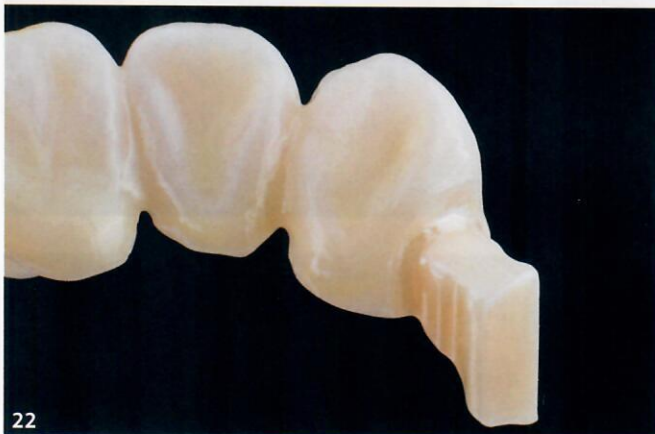
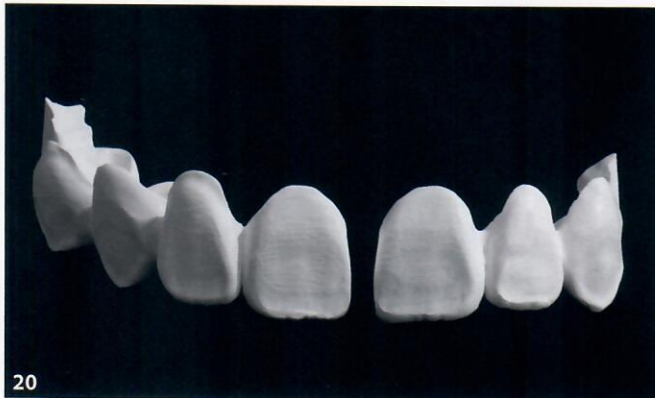
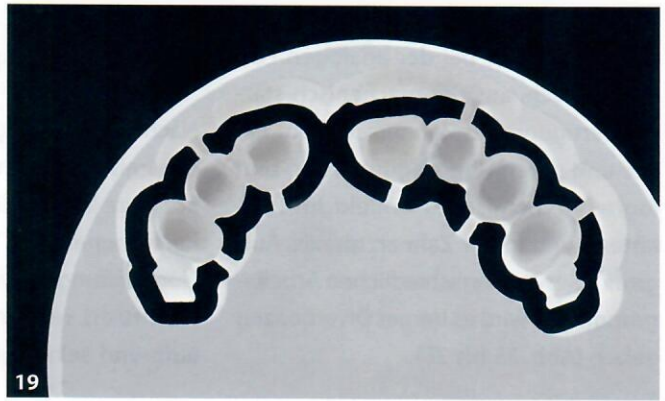
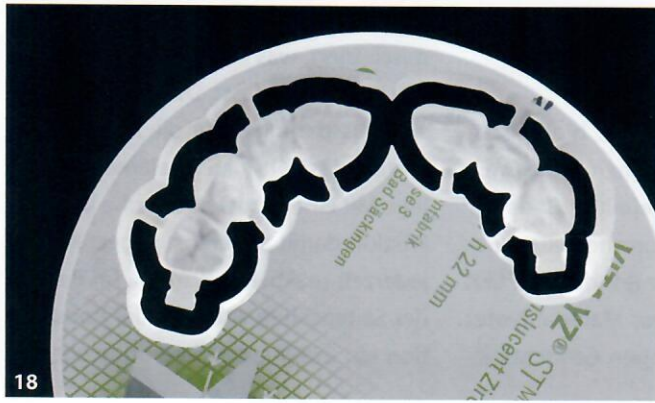


Abb. 18 Die koronale Ansicht der Kroneneinheiten direkt nach der Bearbeitung in der Fräseinheit. **Abb. 19** Die lumenseitige Ansicht zeigt, wie präzise der Rohling gerade auch im Randbereich bearbeitet werden konnte. **Abb. 20** Die vestibuläre Ansicht auf die beiden Kroneneinheiten außerhalb der Ronde vor dem Sintern. **Abb. 21** Zustand nach dem Sintern mit fließendem Farbverlauf und Nonfunktionsfenstern. **Abb. 22** Palatinale Ansicht auf den monolithischen Funktionsbereich der Kroneneinheit im zweiten Quadranten. **Abb. 23** Palatinale Ansicht auf die Kroneneinheit im ersten Quadranten mit extrakoronalem Geschiebe an Zahn 14. **Abb. 24** Die beiden Kroneneinheiten auf dem additiv gefertigten Oberkiefermodell.



geführt werden. Die Diskrepanzen ergeben sich, wie bei der analogen Fertigung auch, aus der mechanisch-starken Fertigung des Zahnersatzes im Labor und deren Übertragung in ein biologisch-dynamisches Umfeld im Patientenmund in der Zahnarztpraxis. Aufgrund dieser unterschiedlichen Arbeitsgrundlagen wird es immer Divergenzen geben (Abb. 25 bis 28).

Basis aus Hochleistungspolymer

Nach der Übertragung der biologisch-dynamischen Informationen in die CAD-Software konnte die definitive Basis der herausnehmbaren Teilprothese aus einer Hochleistungspolymer-Ronde aus PEEK konstruiert werden. Das Material bietet aufgrund seines geringen Gewichts ei-

nen hohen Tragekomfort und ist chemisch inert, was eine hohe Biokompatibilität erwarten lässt. Dabei wurden präzise Aussparungen für die spätere Integration des TK1-Friktionselements angelegt. Mit einer Aktivierschraube kann die Friktion damit stufenlos eingestellt und jederzeit reaktiviert werden. Im Bereich der Seitenzähne wurde in der Konstruktion ein integrierter Steg angelegt, um

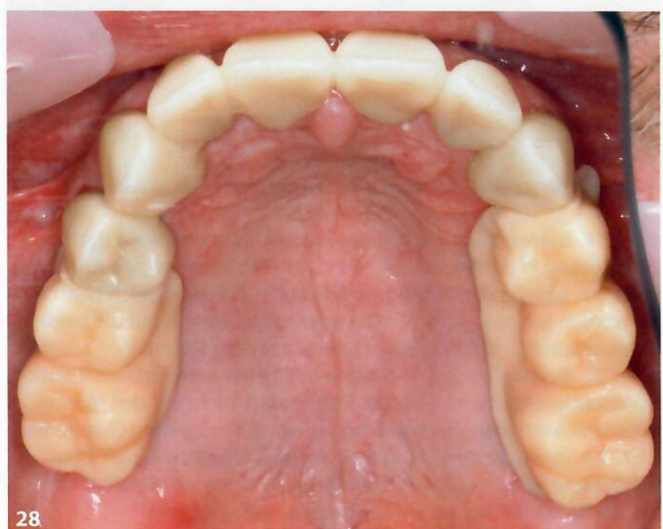
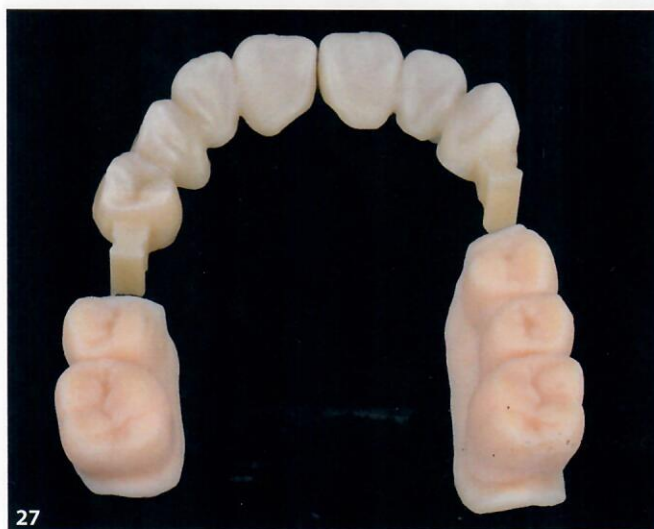
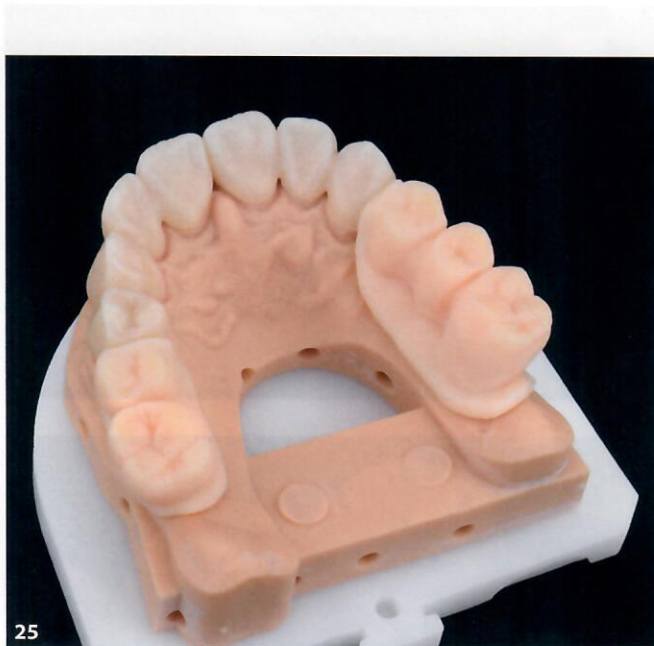


Abb. 25 Anhand des Facescans konnte auch die Stützzone für die Einprobe additiv gefertigt werden. **Abb. 26** Das extrakoronale Geschiebe und die passgenaue, additiv gefertigte Geschiebematrix. **Abb. 27** Die Ansicht der Arbeit vor der klinischen Einprobe im Patientenmund. **Abb. 28** Die Arbeit im biodynamischen Umfeld. Nur minimale Anpassungen waren nötig.



29



30

später einen sicheren Sitz der verblockten Bezahnung zu gewährleisten. Nach dem Nesting der Konstruktion erfolgte das Computer-Aided Manufacturing aus einer Ronde (Abb. 29).

Seitenzähne aus Komposit

Die fehlenden Seitenzähne wurden jeweils aus dem langzeitprovisorischen und multichromatischen Komposit VITA CAD-Temp verblockt auf den Prothesensätteln konstruiert. Die Zahnform konnte dabei grundlegend von der zuvor gedruckten und biologisch-dynamisch angepassten Einprobe übernommen werden. Nachdem alle Komponenten CAD/CAM-gestützt gefertigt und ausgearbeitet worden waren, wurden in die ersten Molaren jeweils zylindrische Zirkoxidinlays zentral eingearbeitet. Sie sollten im klinischen Langzeitverlauf als zentrische Stopps fungieren, um die vertikale Höhe nicht zu verlieren und bei abrasiven Vorgängen gleichzeitig exzentrische Freiheit im Kompositmaterial zu gewährleisten (Abb. 30 und 31).



31

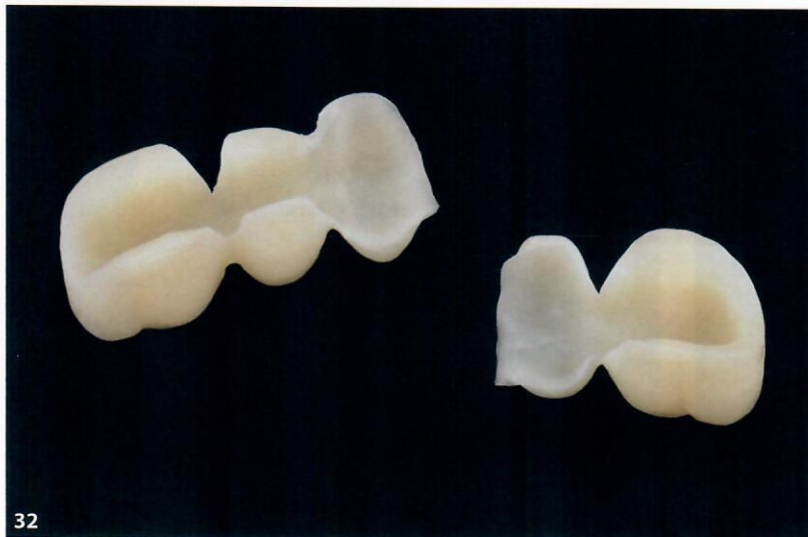
Abb. 29 Kraniale Ansicht der Basis der Teilprothese, subtraktiv gefertigt aus einem Hochleistungspolymer der PEEK-Familie, mit eingearbeiteter Geschiebematrix in der Ronde. **Abb. 30** Für die Kroneneinheiten im Seitenzahnbereich fiel die Wahl auf das multichromatische Komposit VITA CAD-Temp. **Abb. 31** Die subtraktiv gefertigten und ausgearbeiteten Kroneneinheiten aus VITA CAD-Temp.

Plasmakonditionierung

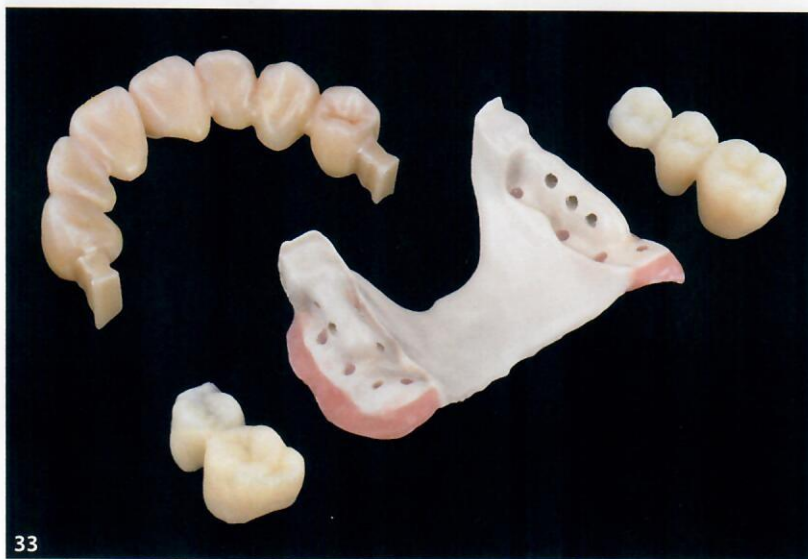
Da das Hochleistungspolymer PEEK chemisch inert ist, also eigentlich keine chemische Verbindung zu anderen Stoffen eingeht, kam bei der Befestigung der Kroneneinheiten aus Komposit ein Plasmagerät für die Konditionierung zum Einsatz. Bei Plasma handelt es sich um ein Gas, an das eine Hochspannung angelegt wird. Jeder kennt dieses Prinzip von einer Neonröhre. Plasma ist demnach ein Ge-

misch aus Gasionen und Elektronen. In diesem Fall kam die Niederdruckplasmatechnologie zum Einsatz, um am Hochleistungspolymer der Basis und am Lumen der verblockten Kronen aus Komposit die Oberfläche aufzurauen und die Benetzbarkeit zu verbessern.

Die Werkstücke wurden dafür in eine Niederdruckplasmakammer gegeben und das entsprechende Programm wurde gestartet (Dentaplas PC, Fa. Diener Plasma, Ebhausen). Dabei wird



32



33



34

Abb. 32 Die lumenseitige Ansicht auf die Kroneneinheiten nach der Konditionierung mit Plasma. **Abb. 33** Alle Komponenten der Rehabilitation mit gingivafarbenem Kaltpolymerisat an der Prothesenbasis und den vestibulären Sattelanteilen. **Abb. 34** Das lichthärtende Verblendkompositsystem VITA VM LC flow enthält fünf verschiedene Gingivafarben.

den Gasen Argon und Sauerstoff im Vakuum Energie zugeführt und diese werden so in einen angeregten Zustand überführt. Dabei entstehen Sauerstoffradikale, die die Oberflächenspannung reduzieren und Argon-Atome knallen wie viele kleine Geschosse auf die Materialoberfläche. Durch diesen atomaren „Mikrosandstrahleffekt“ entstehen neue, offene Bindungspartner und eine verbesserte Benetzbarkeit. So sind die Oberflächen optimal für einen Verbund vorbereitet. Primer oder Bonder werden nicht mehr benötigt (Abb. 32).

Nach der Erstellung der Prothesenbasis und der vestibulären Sattelanteile aus Kaltpolymerisat in Gingivafarbe wurden die Kroneneinheiten mit dem Kaltpolymerisat VITA VM CC in der ermittelten Zahnfarbe A3 auf dem Sattel befestigt (Abb. 33).

„Highfield Surface Ennobling“

Nach der Entfernung der Überschüsse von VITA VM CC wurden die Sättel abschließend mit dem fließfähigen und lichthärtenden Verblendkomposit VITA VM LC flow veredelt. Im System sind fünf Gingivafarben enthalten, die eine patientengerechte Reproduktion der Papillen sowie der festen und freien Gingivaanteile ermöglichen. Die gingivale Anatomie wurde dabei nicht übertrieben nachgeahmt und auf eine Stipplung der Satteloberflächen wurde konsequent verzichtet, um An- und Einlagerungen zu verhindern. Vielmehr wurde eine absolut glatte Oberfläche geschaffen, um ein Anhaften von Nahrungsbrei und Flüssigkeit zu vermeiden. Patienten schätzen im Mund erfahrungsgemäß glatte Oberflächen, weshalb hier nicht die künstlerische Reproduktion, sondern der Patientenkomfort im Fokus stand (Abb. 34 bis 36).

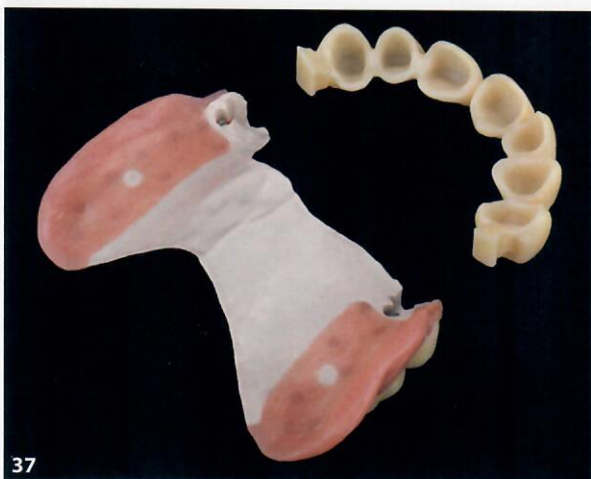
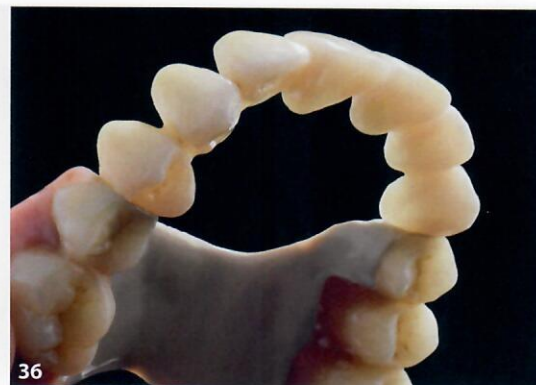
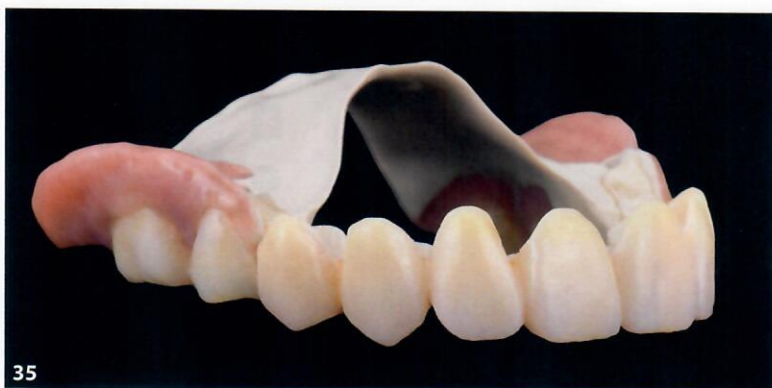


Abb. 35 Die fertige Gesamtkonstruktion nach der Oberflächenveredelung des äußeren Sattelanteils mit VITA VM LC flow. **Abb. 36** Die Kroneneinheiten und die Teilprothese bilden eine ästhetische und funktionelle Einheit.

Abb. 37 Die Retention des Geschiebes kann über die Aktivierschraube jederzeit patientengerecht eingestellt werden.

Abb. 38 Die fertige Kombinationsarbeit aus unterschiedlichsten Dentalmaterialien in der Ansicht von palatinal.

Abb. 39 Die individualisierten Sattelbereiche wurden konsequent glatt ausgearbeitet.



Plasmareinigung

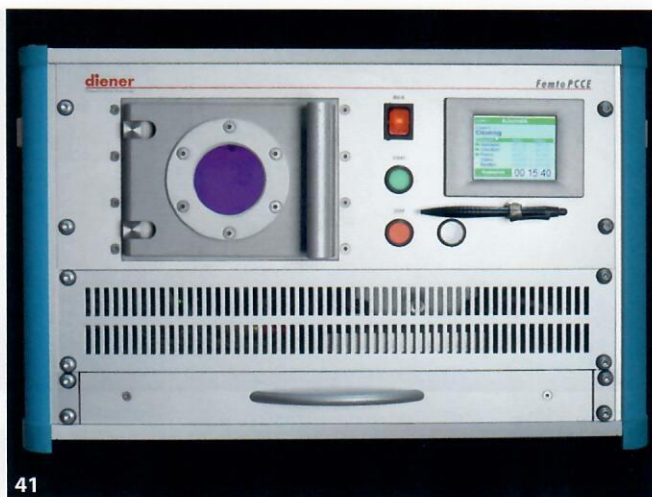
Neben der Oberflächenkonditionierung bietet das Plasmagerät in einer anderen Programmeinstellung noch die elegante Möglichkeit der Reinigung, bevor zahn-technische Arbeiten das Labor verlassen. In diesem Fall wurde die Versorgung stan-

dardmäßig mit Plasma behandelt. Dabei werden nicht nur Verschmutzungen im Nanobereich entfernt, sondern auch Viren, Bakterien und Pilze zuverlässig abgetötet. Die Oberfläche wird bei dieser Programmwahl nicht verändert. Abschließend werden die Versorgungen zum Schutz gegen Rekontaminationen einge-

schweißt und mit dem Aufkleber „Clean Prosthetics“ versehen. Das erklärte Ziel ist, dass Zahnersatz das Labor so rein wie ein Implantat verlässt. In der Zahnarztpraxis wurden die Kroneneinheiten schließlich selbstadhäsiv eingegliedert und die Friktion der Teilprothese wurde patientengerecht eingestellt (Abb. 37 bis 45).



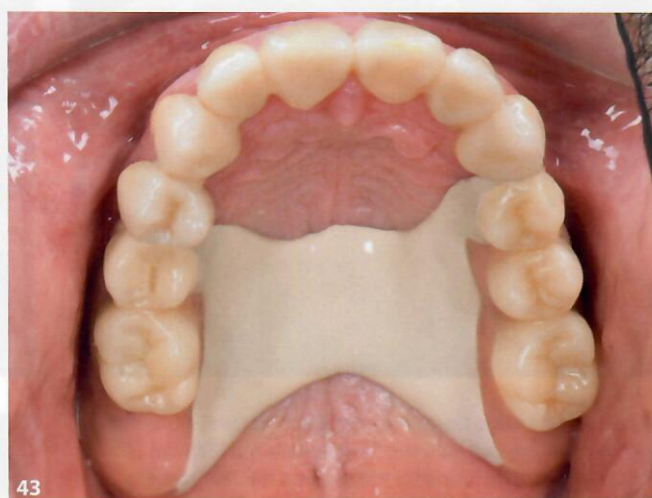
40



41



42



43



44

Abb. 40 Unter fluoreszierendem Licht sind die zentrischen funktionellen Stopps aus Zirkonoxid sichtbar. **Abb. 41** Das Plasmagerät Dentaplas PC kann zur Oberflächenkonditionierung und Desinfektion verwendet werden. **Abb. 42** Die selbstadhäsiv befestigten Kroneneinheiten mit extrakoronales Geschieben nach der Überschussentfernung. **Abb. 43** Die intraorale Situation nach der Eingliederung der Teilprothese und patientengerechter Aktivierung des Geschiebes. **Abb. 44** Die glatte Oberflächentextur harmonierte mit den Zähnen im Unterkiefer.

Fazit und Ausblick

Dank des virtualisierten Patienten war im digitalen Workflow eine biokompatible Rehabilitation entstanden, die den realen Patienten in hohem Maß zufriedensetzte. Durch die CAD/CAM-gestützte Fertigung war insgesamt nur eine Einprobe notwendig. Zwei Termine konnten so entfallen. Es wurde also Zeit eingespart und der manuelle Arbeitsaufwand reduziert. Ein weiterer Vorteil ließe sich aus der Vorgehensweise ableiten, wenn im weiteren klinischen Verlauf unter gegebenen Umständen mit Implantaten festsitzender Zahnersatz geschaffen wer-

den sollte. Die herausnehmbare Teilprothetik würde dann in der Zwischenzeit die Stützzone und den Kieferknochen zuverlässig bis zur Implantation stabilisieren. Während einer geschlossenen Einheilphase wäre somit eine weitere provisorische Versorgung nicht notwendig. Das extrakoronale Geschiebe der verblockten Kroneneinheiten könnte zur prothetischen Versorgung der Implantate abgetrennt werden.

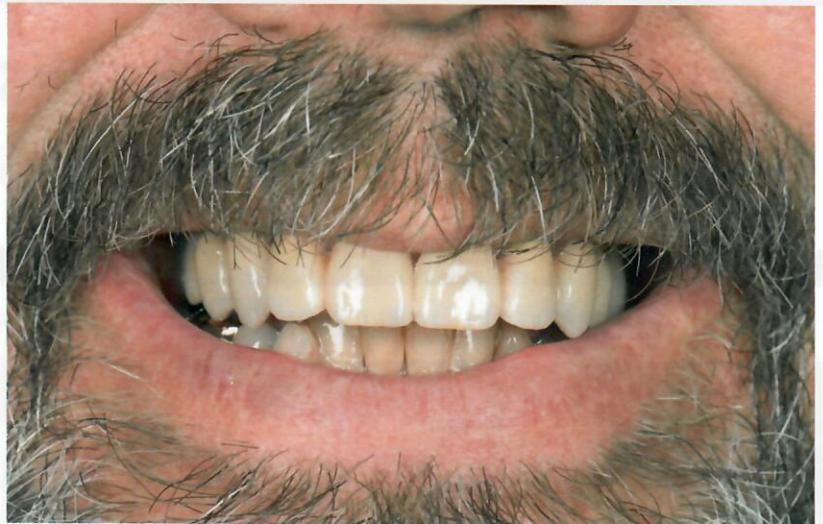
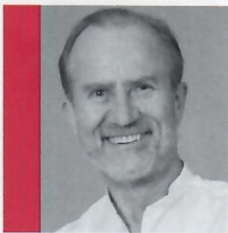


Abb. 45 Die Versorgung präsentierte sich altersgerecht und passend zur natürlichen Zahnhartsubstanz.



Dr. Jochen Mellinghoff
M. Sc., Ph. D.
 Pfauengasse 14
 89073 Ulm
 E-Mail: jochen.mellinghoff@dr-mellinghoff.de



Arbnor Saraci
 Hochfeldstraße 62
 86159 Augsburg
 E-Mail: info@wichnalek-dl.de



Lukas Wichnalek
 (Adresse wie Arbnor Saraci)



Norbert Wichnalek
 (Adresse wie Arbnor Saraci)