

Digitaler Workflow und Hochleistungspolymere

Vorhersagbare, biomimetische Therapie komplexer Fälle

Ein Beitrag von Dr. Jan-Frederik Güth und Prof. Dr. Daniel Edelhoff, München

Aktuell sind in allen Disziplinen der Zahnmedizin zwei Trends erkennbar. Zum einen ist es das Bestreben, möglichst minimalinvasiv zu behandeln und dabei biologische Vorgaben optimal zu imitieren (Biomimetik). Auf der anderen Seite werden verschiedene Bereiche der Zahnmedizin zunehmend „digitalisiert“. Die digitale Zahnheilkunde weist ein sich stetig erweiterndes Indikationsspektrum auf: von der Abformung, die für festsitzenden Zahnersatz bereits heute in weiten Teilen digital erfolgen kann, über das DVT, den 3-D-Gesichtsscan bis hin zur digitalen Axiographie kombiniert mit dem virtuellen Artikulator.

Möglichkeiten der digitalen Zahnheilkunde

Wenn auch die Begriffe „Biomimetik“ und „digitale Zahnheilkunde“ zunächst widersprüchlich erscheinen mögen, werden sich in Zukunft beide Felder mehr und mehr annähern und wechselseitige Synergien erzeugen. Hierzu ist es allerdings notwendig, die bereits heute existierenden Einzeltechnologien durch neue Schnittstellen weiter zu verknüpfen (Abb. 1).

Auch wenn bereits einzelne Verknüpfungen für einzelne Systeme und Technologien existieren, kann heute im Allgemeinen noch nicht von einem vollständig digitalisierten Workflow gesprochen werden. Dies gilt für die Diagnostik, die Planung

und auch für die Therapie. Als Einstieg in die heute existierende digitale Prozesskette muss zunächst die Digitalisierung der klinischen Situation erfolgen. Aktuell existieren grundsätzlich zwei Einstiegspunkte, sprich Digitalisierungsoptionen (Abb. 2):

- die Digitalisierung einer konventionellen Abformung oder eines Modells im Labor oder
- die direkte Digitalisierung der Situation im Mund des Patienten mittels Intraoralscanner.

Welcher Einstiegspunkt gewählt wird, hängt zum einen von der Indikation, zum anderen aber von der Ausstattung der Zahnarztpraxis oder des Labors ab. Hierbei ist es wichtig, das Leistungsvermögen der intraoralen Scansysteme den bisherigen Verfahren gegenüberzustellen. Im Bereich der Einzelzahnversorgung können heute mit den meisten am Markt verfügbaren intraoralen Scansystemen gleichwertige, mitunter sogar besser passende Restaurationen als mit dem konventionellen Vorgehen erzielt werden. Ebenso geben erste Studien Hinweise darauf, dass Intraoralscans bis zu der Fläche eines Quadranten mit sehr hoher Genauigkeit möglich sind.

Bezüglich der Digitalisierung eines Gesamtkiefers zeigt die Literatur noch widersprüchliche Ergebnisse. Dass heißt, je größer der zu scannende Be-

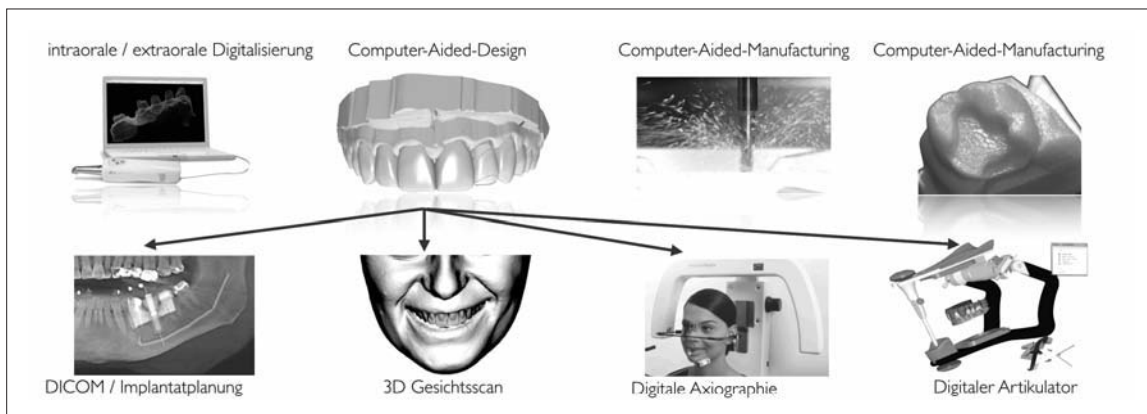


Abb. 1: Einzelkomponenten des digitalen Workflows. Durch die Schaffung neuer Schnittstellen zwischen bereits existierenden Einzelkomponenten wird der digitale Arbeitsablauf verknüpft und so das Indikationsspektrum der digitalen Zahnheilkunde stetig erweitert.

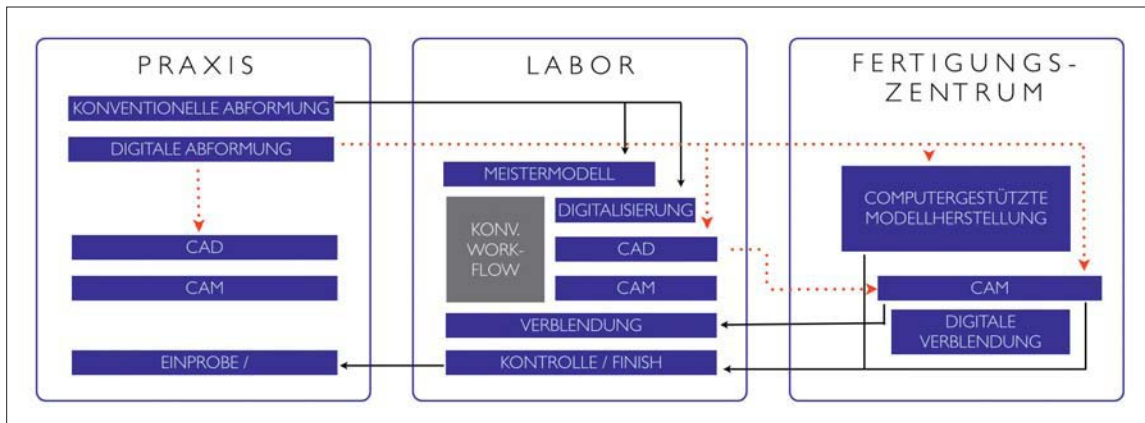


Abb. 2: Derzeit bestehen zwei Einstiegspunkte in den digitalen Workflow. Die Digitalisierung der konventionellen Abformung oder entsprechender Gipsmodelle im Labor, oder die Digitalisierung der klinischen Situation durch Intraoralscanner. Hier sind die Indikationen je nach System noch limitiert.

reich ist, desto mehr hängt die Genauigkeit der intraoralen digitalen Abformung vom verwendeten Scansystem, der Scanstrategie (Scanpfad) und der individuellen Handhabung ab. In diesem Bereich sind in den nächsten Jahren weitere Entwicklungen zu erwarten und wissenschaftliche Untersuchungen erforderlich, um die Leistungsfähigkeit der einzelnen Systeme zu untersuchen und die Vorteile der digitalen Abformung in einem noch weiteren Indikationsbereich nutzen zu können.

Parallel zur Zunahme und Verknüpfung der digitalen dentalen Technologien ist über die letzten Jahre eine Weiterentwicklung der dentalen Materialien zu beobachten, die zur rasanten Entwicklung der digitalen Zahnheilkunde beiträgt. Bereits heute sind durch die industrielle Herstellung dentaler Materialien und die CAD/CAM-Fertigung Restaurationen verfügbar, die im Vergleich zu herkömmlichen Fertigungsverfahren eine höhere Biokompatibilität aufweisen und die ohne digitale Komponenten im Arbeitsablauf gar nicht herstellbar wären. So sind CAD/CAM-gefertigte Restaurationen aus Glaskeramiken, Lithiumdisilikat oder Zirkonoxid, Co-Cr-Mo-Legierungen und auch individuelle, CAD/CAM-gefertigte Titanabutments wichtige Bestandteile des zahnärztlichen und zahn-technischen Alltags geworden.

Neben diesen Materialien bieten zahlreiche Hersteller mittlerweile auch Polymere zur CAD/CAM-Bearbeitung an. Unter polymerbasierten Hochleistungswerkstoffen oder auch Hochleistungspolymeren versteht man nach dem Konsensus des CAD 4 practice-Arbeitskreises von 2012 „zahnfarbene Werkstoffe mit einem Anteil aus organischen Makromolekülen, die industriell unter druck- und temperaturoptimierten Bedingungen polyme-

risiert wurden, subtraktiv mittels CAD/CAM-Technologie bearbeitet werden können und für den klinischen Einsatz im Mund geeignet sind“.

Bedingt durch die Polymerisation der Rohlinge (Blanks) (Abb. 3) unter industriellen Bedingungen besitzen beispielsweise temporäre Restaurationen aus Hochleistungspolymer gegenüber solchen aus direkter Herstellung vorteilhafte Eigenschaften.

Hochleistungspolymere basieren entweder auf hochvernetzten Mono-Methacrylaten (Polymethylmethacrylat, kurz PMMA), auf Di- oder multifunktionellen Methacrylaten (Bis-Acryl-Kompositmaterialien wie Bis-GMA, TEGDMA, UDMA) oder auf Polyetheretherketon (PEEK/PAEK). Während PMMA-basierte Hochleistungspolymere meist keine oder nur einen sehr geringen Anteil an Füllkörpern aufweisen, können Methacrylat-basierte Polymere mit einem sehr hohen Anteil verschiedenster keramischer Füllkörper dotiert sein (Abb. 4).

Aufgrund der vielfältigen Zusammensetzungen fällt eine weitere Einteilung der polymeren Hochleistungswerkstoffe in spezifische Gruppen schwer. Viel entscheidender ist jedoch, dass aufgrund der variantenreichen Komposition für die verschiedenen Materialien unterschiedliche Anwendungsgebiete bestehen, in denen sie entsprechend dem jeweiligen klinischen Anforderungsprofil eingesetzt werden können. Beispielsweise eignen sich CAD/CAM-gefertigte Restaurationen auf PMMA-Basis aufgrund ihrer Materialeigenschaften und ihres relativ günstigen Preises hervorragend für Langzeitprovisorien bis zu einem Zeitraum von ein bis zwei Jahren.

Gegenüber konventionell hergestellten temporären Versorgung, die aufgrund der ungünstigen Herstellungsbedingungen häufig Inhomogenität-



Abb. 3: Unter industriellen Bedingungen hergestellte Rohlinge (Blanks). Neben Keramiken und Metallen bieten zahlreiche Hersteller mittlerweile auch polymere Werkstoffe zur CAD/CAM-Bearbeitung an, die gegenüber konventionell polymerisierten Polymeren vorteilhafte Eigenschaften aufweisen.

ten, Restmonomere, Poren oder Risse aufweisen und dadurch eine frühzeitige Verfärbung und bakterielle Besiedlung sowie erhebliche Beeinträchtigungen der Dauerfestigkeit und der Gewebefreundlichkeit nach sich ziehen können, weisen die Hochleistungspolymere zahlreiche materialtechnische Vorteile auf. Ihr Einsatz ist unter anderem sinnvoll bei der Behandlung komplexer Fälle, in denen das Endergebnis der meist multidisziplinären Therapiekonzepte nicht immer einfach abzuschätzen ist. Hierzu zählen beispielsweise die frühzeitige, generalisierte mechanische und/oder chemische Destruktion von Zahnhartsubstanz mit Verlust der Vertikaldimension (Abb. 5), oder interdisziplinäre Therapien, bei denen die Bisslage therapeutisch verändert wird, wie etwa bei einer Umstellungsosteotomie.

Behandlungsbeispiele

Durch die Verfügbarkeit dieser polymeren CAD/CAM-Werkstoffe bietet sich die Möglichkeit, in

komplexen Fällen die Vorbehandlungsphase deutlich auszudehnen und das Behandlungsziel gemeinsam mit dem Patienten zu definieren und zu erproben, ohne biologische (Zahnhart-)Substanz opfern zu müssen. Durch die guten Fräseigenschaften der Hochleistungspolymere, die eine höhere Kantenstabilität als keramische Werkstoffe aufweisen, können sehr filigrane Restaurationen mit dünn auslaufenden Rändern hergestellt werden. Dies kann in vielen Fällen eine Präparation überflüssig machen und damit die vorhandene Zahnhartsubstanz maximal schützen (Abb. 6 bis 9). Neben den PMMA-basierten Polymeren existieren aktuell bereits polymere CAD/CAM-Werkstoffe, die vom Hersteller für definitiven Zahnersatz, also für den langfristigen Einsatz im Mund, zugelassen sind. Hier ist beispielsweise Lava Ultimate (3M Espe), eine sogenannte Kunststoff-Nano-Keramik (Resin-Nano Ceramic), zu nennen. Ihre Kompositmatrix enthält einen Anteil von circa 80 Gewichtsprozent an anorganischen Füllkörpern. Dies führt

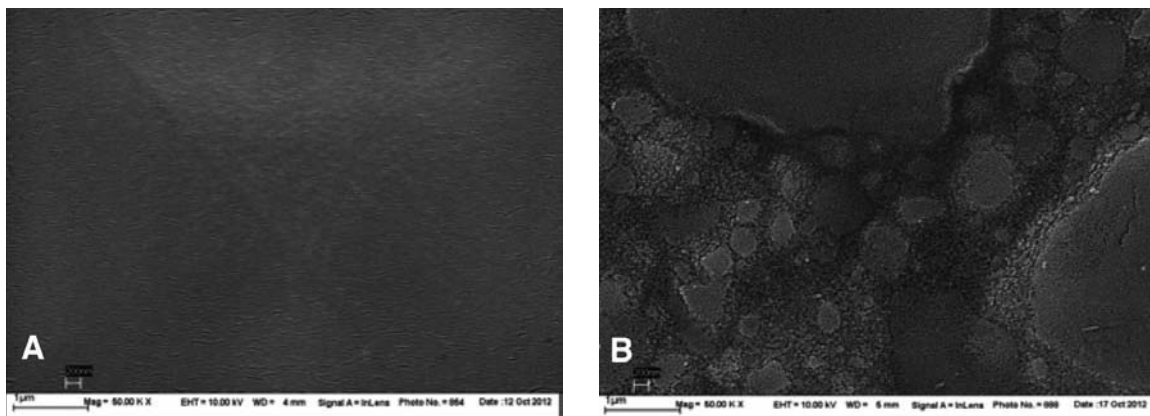


Abb. 4: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen polierter Probenkörper unter 50 000-facher Vergrößerung. A: ungefülltes PMMA-basiertes Hochleistungspolymer, B: hochgefüllte „Resin-Nano Ceramic“ (Lava Ultimate, 3M Espe).

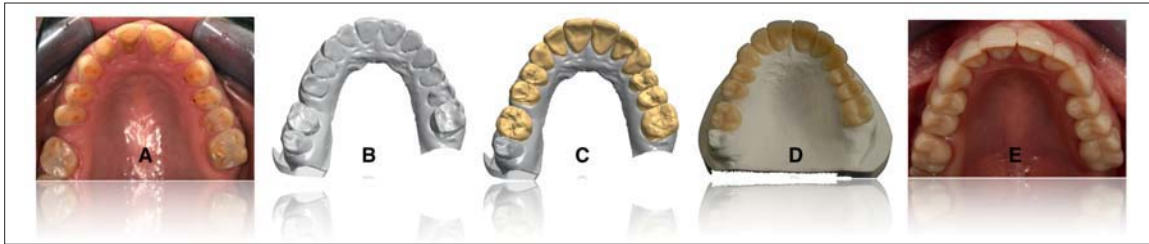


Abb. 5: Darstellung der Einzelschritte zur Herstellung von Non-Präp-CAD/CAM-gefertigten Restaurationen aus PMMA-basiertem Hochleistungspolymer. A: Ausgangssituation, B: Datensatz der Ausgangssituation (indirekt digitalisiert), C: CAD-Konstruktion der Non-Präp-Restaurationen, D: aus PMMA gefräste Restaurationen, E: adhäsiv eingegliederte Restaurationen in situ.

im Vergleich zu PMMA-basierten Kunststoffen zu einer wesentlich höheren Härte und Sprödigkeit des Materials.

Der Indikationsbereich liegt laut Herstellerangaben bei Einzelzahnrestaurationen. Ihre Vorteile liegen gegenüber keramischen Versorgungen in ihrer geringeren Abrasivität gegenüber natürlichen Antagonisten sowie in den besseren Schleifeigenschaften im CAM-Prozess. Insbesondere im „Chairside-Einsatz“ macht sich die gute Polierbarkeit bemerkbar. Wie bei allen monolithischen und monochromatischen Restaurationen ergibt sich die Farbwirkung aus der Einfärbung des Rohlings selbst. Hierbei spielt die Transluzenz des Materials eine entscheidende Rolle. Diese ermöglicht es durch die Wahl des Befestigungskomposits die Farbwirkung zu steuern (Abb. 10). Daneben spielt für die natürliche Erscheinung einer monolithischen Restauration auch deren Eigenfluoreszenz und Erscheinung unter verschiedenen Belichtungsvarianten eine Rolle (Abb. 11).

Neben der Farbwirkung des Materials selbst sind bei der Herstellung monolithischer Restaurationen aus monochromatischen Materialien die äußere

Form und die Oberflächentextur entscheidend, um ein möglichst ansprechendes naturnahes klinisches Erscheinungsbild zu generieren (Abb. 12). Bei Beachtung und Kombination der aufgezählten Faktoren besteht auch mit monolithischen Restaurationen die Möglichkeit, ein weitestgehend natürliches Erscheinungsbild zu erzielen.

Fazit

Der digitale Arbeitsablauf in Kombination mit CAD/CAM-gefertigten Restaurationen aus Hochleistungspolymeren ermöglicht bereits heute neue Konzepte bei der Diagnostik, der Planung und bei der Behandlung. Aktuell ist ein Trend zu monolithischen Restaurationen erkennbar, die sich gut mittels CAD/CAM-Technik realisieren lassen. Hinsichtlich der Hochleistungspolymeren lässt sich festhalten, dass ihre Stärken in der guten CAD/CAM-Verarbeitbarkeit, ihrer hohen Biokompatibilität, Farbstabilität und ihrer Antagonistenfreundlichkeit liegen. Je nach Komposition sind sie heute als Langzeitprovisorien oder auch bereits als definitiver Zahnersatz im Einsatz. Die große Bandbreite der möglichen Zusammensetzungen deutet auf

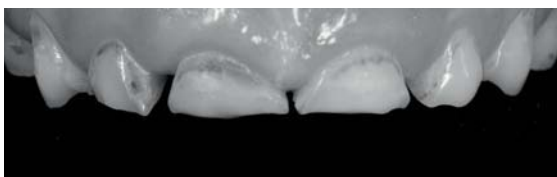


Abb. 6: Ausgangsbefund nach langjähriger Bulimia nervosa. Starker Zahnhartsubstanzverlust mit entsprechendem Verlust der Vertikaldimension.



Abb. 7: Digitaler Entwurf der Non-Präp-Restaurationen im dentalen CAD-Programm



Abb. 8: Adhäsiv befestigte Non-Präp-Restaurationen aus ungefülltem, PMMA-basiertem Hochleistungspolymer



Abb. 9: Frontalansicht der eingegliederten Restaurationen im Durchlicht



Abb. 10: Restaurationen aus Lava Ultimate. Je nach Schichtstärke der Restauration ergibt sich eine spezifische Transluzenz, was wichtig für das klinische Erscheinungsbild ist.

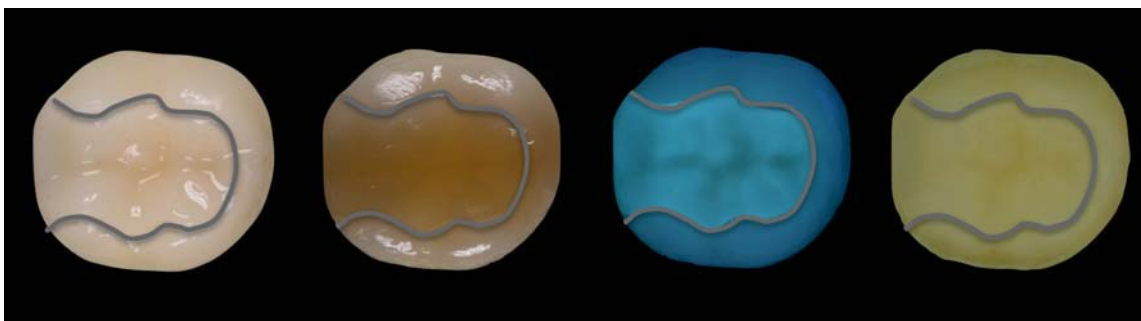


Abb. 11: Farbwirkungen eines monolithischen Inlays aus Lava Ultimate, aufgenommen unter verschiedenen Lichtbedingungen. Von rechts nach links: Auflicht, laterale Beleuchtung, fluoreszierendes Auflicht, polarisiertes Auflicht (Quelle: Magne P., Güth J. F.).



Abb. 12: Monolithische Restaurationen aus Lava Ultimate. Um ein möglichst natürliches Erscheinungsbild zu erhalten, müssen sowohl die Farbwirkung als auch die äußere Form und Morphologie der Restaurationen beachtet werden.

das enorme Zukunftspotenzial dieser Werkstoffklasse hin, die sowohl auf technischer als auch auf ästhetischer Seite zu weiteren Fortschritten und interessanten Neuentwicklungen führen wird. Unterstützt wird diese Entwicklung durch die Verknüpfung bereits existierender Einzeltechnologien des digitalen Workflows. Dies wird die Einsatzgebiete der digitalen Zahnheilkunde erweitern und die Entwicklung innovativer Therapiekonzepte ermöglichen. Die Autoren setzen zahnschmelzbezogene Restaurationen dieser Werkstoffklasse be-

reits seit mehr als sechs Jahren mit überwiegend positivem Erfolg klinisch ein. Bis eine abschließende Beurteilung möglich ist, müssen aber noch Langzeitergebnisse aus prospektiv angelegten klinischen Studien abgewartet werden. Bereits heute ermöglicht uns die Kombination aus digitalem Workflow und polymeren Hochleistungswerkstoffen das zahnärztliche und zahntechnische Handeln biomimetischer, vorhersagbarer und zuverlässiger für unsere Patienten zu gestalten.

Korrespondenzadresse:
Dr. Jan-Frederik Güth
Campus Innenstadt
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
Goethestraße 70/1
80336 München
Jan_Frederik.Gueth@med.uni-muenchen.de

Literatur bei den Verfassern

Hinweis

Dr. Jan-Frederik Güth referiert beim 55. Bayerischen Zahnärztetag. Das ausführliche Programm finden Sie auf Seite 18f.