Entwicklung bis hin zur abdruckfreien Praxis

| Manfred Kern

Zahntechnik und Zahnmedizin ohne digitale Hilfsmittel und CAD/CAM-Verfahren sind heute nicht mehr vorstellbar. Blickt man nur einige Jahre zurück, so stand die Diskussion um Passgenauigkeit, Wirtschaftlichkeit und Benutzerfreundlichkeit noch im Vordergrund. Die Qualität von CAD/CAM-Restaurationen wurde kritisch gesehen und es gab nur wenige „Pioniere", die sich mit diesem Thema auch wissenschaftlich auseinandersetzten. Inzwischen ist aus der zögerlichen und teilweise auch abwartenden Haltung gegenüber dem computergefertigten Zahnersatz ein akzeptiertes Standardverfahren geworden.

Dieser Quantensprung bahnte sich schon 1985 an: Mithilfe eines Fairchild Videosensors, der damals noch militärischen Zwecken diente und deshalb eine Sondererlaubnis zur Nutzung in der Zahnmedizin benötigte, konnte erstmalig eine Präparation – intraoral mit der Triangulationskamera sichtbar gemacht –, mehrdimensional vermessen und auf den Bildschirm übertragen werden. Mithilfe eines PC, einer bildgebenden Software und einer angekoppelten CNC-Schleifeinheit wurde das erste Inlay aus Silikatkeramik an der Universität Zürich ausgeschliffen. Nur wenige Eingeweihte hatten damals eine Vorstellung von den sich anbahnenden Technologien und von den umwälzenden Therapiemöglichkeiten, die damit der Zahnmedizin bevorstanden. Seitdem sind weltweit über 28 Millionen vollkeramische Restaurationen mithilfe der CAD/CAM-Technik chairside und im zahntechnischen Labor hergestellt worden. Durch computergesteuerte Fräsautomaten ist die subtraktive Bearbeitung von Glaskeramiken und Oxidkeramiken für ästhetisch hochwertige Restaurationen mit einer reproduzierbaren, konstanten Werkstoffqualität bei gleichzeitiger Kostenoptimierung möglich geworden. So hat sich aus der Skepsis vor noch wenigen Jahren gegenüber computergefertigtem Zahnersatz eine weitestgehende Akzeptanz entwickelt. Aus technischer Sicht trieben neben leistungsgesteigerten Mikroprozessoren besonders CCD-Bildsensoren mit auflösungsstarken Fotodioden sowie optische und taktil arbeitende Scanner die Entwicklung der dreidimensionalen Bilderfassung voran, um Präparation und Modell zu „lesen" und in die Software zu laden. Die Impulskapazität zur Reproduktion der Zahnoberflächen erreicht bei Laserscannern inzwischen eine Geschwindigkeit von vielen Tausend Messpunkten pro Sekunde. Weiterentwickelte CAD-Software mit 3-D-Grafikapplikationen übernimmt die digitalen Signale und formt daraus die klinische Situationsoberfläche, die sie mittels einem okklusalen „Settling" mit präformierten Kauflächen aus der Zahndatenbank virtuell ergänzt. Die Höcker der Kaufläche werden in ihre okklusale Position „eingerüttelt". Ein Artikulationsprogamm übernimmt die okklusalen Merkmale von Antagonisten und Nachbarzahnkauflächen und erzeugt ein Kontaktpunktmuster, das die Kriterien der individuellen Funktion erfüllt. Ein zusätzlich gewonnenes, regionales FGP-Registrat spürt Störstellen des freien Gleitraums auf und reduziert diese automatisch (Abb. 1). Den Impetus bezog diese Entwicklung aus zwei Quellen: Die Protagonisten der computergestützten Chairside-Versorgung wollten eine industriell hergestellte Keramik mit definierten physikalischen Eigenschaften unmittelbar an der Behandlungseinheit bearbeiten und den Patienten in einer Sitzung ohne Provisorium versorgen. Der andere Ansatz war, Oxidkeramiken,

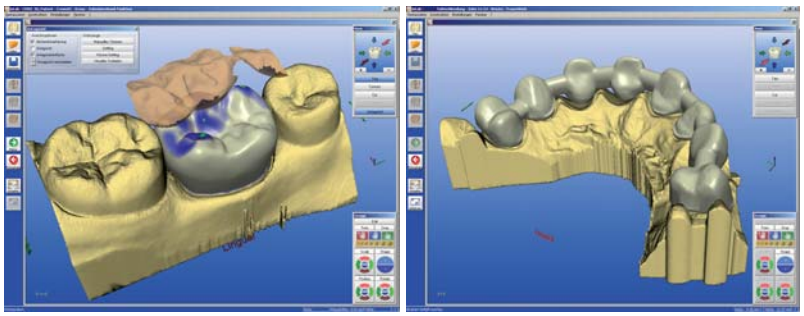


Abb. 1: Virtuelle automatische Rekonstruktion: Die Scandaten des Antagonisten, der funktionellen Bewegung, der Nachbarzähne und der Präparation können in toto berücksichtigt werden, um eine nach allen Regeln passende Kaufläche zu gestalten (Foto: Mehl). – Abb. 2: CAD-Konstruktion eines weitspannigen ZrO_2-Brückengerüsts. Die Konnektoren werden vom System auf Mindeststärke und Belastbarkeit geprüft (Foto: Mehl).

Abb. 3: Intraorale Einzelaufnahmen werden anatomisch korrekt zu einem virtuellen Quadranten-Modell zusammengefügt (Foto: Sirona).

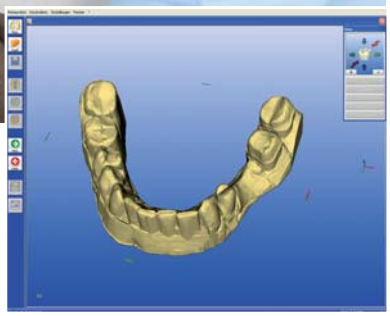


Abb. 4: Der intraorale Kamerascanner ermöglicht lichtoptische Ganzkiefer-Abformungen – Wegbereiter der abdruckfreien Praxis (Foto: Wiedhahn).

z.B. Zirkonoxid (ZrO_2), mithilfe der CAD/CAM- bzw. digital gesteuerten Frästechnik für Kronen- und Brückengerüste nutzbar zu machen. Auch andere Keramiken wie Lithiumdisilikat zeigten bessere Eigenschaften nach maschineller Bearbeitung, da die verwendeten Blanks industriell unter optimalen Bedingungen hergestellt werden. Auf der anderen Seite hat sich auch die Technologie der CAD/CAM-Systeme deutlich verbessert. Davon ausgehend, dass in den 1990er-Jahren Computer leistungsfähiger und Messverfahren effektiver wurden, konnten dadurch insbesondere 3-D-Aufnahmesysteme an die Bedürfnisse der Zahnmedizin angepasst und die Bedienung vereinfacht werden. Durch die Weiterentwicklung der CAD-Software wurden vielfältige Konstruktionsmöglichkeiten geschaffen (Abb. 2) und auch die Qualität der Schleif- und Fräseinheiten verbessert. Wirtschaftlichkeit bei gleichzeitig hoher Qualität der gefertigten Restaurationen sind aktuell die „Markenzeichen" der CAD/CAM-Technik. Davon profitiert der Zahnarzt und Zahntechniker durch standardisierte und kontrollierte Behandlungs- bzw. Fertigungsabläufe – und letztlich auch der Patient. Deshalb werden heute ca. 82 Prozent der vollkeramischen Restaurationen in Deutschland computerunterstützt hergestellt. Das bedeutet, dass die CAD/CAM-Technik in Zahnarztpraxen, Praxis- und Dentallaboren angekommen ist und nun die nächsten Evolutionsstufen bevorstehen.

Wo stehen wir heute?

Neue Verfahren verändern bisherige Prozessschritte; Weiterentwicklungen vereinfachen Arbeitsabläufe. So sind virtuelle Konstruktionsmodelle, Artikulation auf Windows-Oberfläche, biogenerische Kauflächengestaltung durch intelligente Software, Rapid-Prototyping und 3-D-Printing nur ein kleiner Ausschnitt von Themen, die in letzter Zeit vermehrt in wissenschaftlichen Veröffentlichungen im Zusammenhang mit CAD/CAM erwähnt werden. Nun steht als neuester Entwicklungsschritt die abdruckfreie Praxis vor der Tür. Die Internationale Dental-Schau 2009 in Köln zeigte, dass die intraorale 3-D-Vermessung zumindest teilweise die abdruckfreie Praxis ermöglichen kann (Abb. 3 und 4). So können Daten einer intraoralen Aufnahmesequenz, z.B. eines Quadranten, mithilfe eines wachsverarbeitenden 3-D-Printers im Rapid-Prototyping-Verfahren Arbeitsmodelle für die Zahntechnik produziert werden, auf denen konventionell oder im CAD/CAM-Verfahren Zahnersatz gefertigt wird. Intraorale Scans lichtoptischer Situationsabformungen sendet der Zahnarzt über Internet-Portale an den Zahntechniker, um in das stationäre CAD-System eingespeist zu werden. Die verschiedenen Konzepte der abdruckfreien Praxis bieten einen erheblichen Komfort, weil der Abdruck mit Würgereiz entfällt, Fertigungszeiten verkürzt und die Produktivität auf der zahntechnischen Seite erheblich gesteigert werden kann. Worauf wird sich nun der aktuelle CAD/CAM-Trend konzentrieren? Wer sich mit der Thematik eingehend beschäftigt, konnte schon sehr früh voraussehen, dass Fertigungszentren eine entscheidende Rolle spielen würden: Hohe Auslastung, spezialisiertes Personal, zentralisierte Materialbeschaffung und hohe Qualitätsmaßstäbe an die „Standardversorgung" ermöglichen einen wirtschaftlichen Durchsatz, der die Amortisierung der Investitionen in hoch entwickelte Fertigungsmaschinen ermöglicht und gleichzeitig die Wirtschaftlichkeit erhöht (Abb. 5 und 6). Mittlere und kleinere zahntechnische Labore werden ihre Kernkompetenz in der computergestützten Herstellung hochwertiger, ästhetischer Restaurationen und in der Spezialanfertigung im Bereich der Teilprothetik und Implantatprothetik nutzen. Ein weiterer Trend ist die computergestützte Fertigung von Inlays, Onlays, Teilkronen und Einzelkronen im Chairside-Verfahren oder unter Einbeziehung des Praxislabors mit CAD/CAM-Ausrüstung. Die biogenerische Kauflächengestaltung ermöglicht die Rekonstruktion der fehlenden Kauflächen bei Inlays, Onlays und Teilkronen nach dem Vorbild der Natur (Abb. 7). Der Nutzen bei der einmaligen Sitzung ist die Zeitersparnis für den Patienten und die Einsparung des Provisoriums, was zusätzlich die potenzielle Gefahr der Höckerfraktur, der Schmelzrandabplatzung und die Schwächung der Dentinhaftung minimiert. CAD/CAM und Vollkeramik werden oft in einem

Abb. 5: Zur Bearbeitung von ZrO_2-Keramik für Kronen- und Brückengerüste verfügen Fräszentren über eine ausgeklügelte Qualitätssicherung (Foto: etkon-Straumann).

Abb. 6: Fräszentren sind auf standardisierte Fertigungsverfahren unter besonders wirtschaftlichen Gesichtspunkten eingestellt (Foto: Heraeus Kulzer).

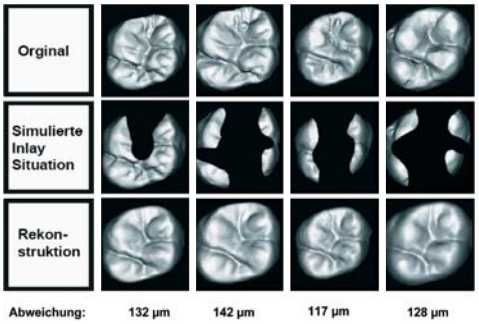


Abb. 7: Automatische Rekonstruktion von Inlaykavitäten mittels des biogenerischen Zahnmodells. Oben: Unversehrter Originalzahn. Mitte: Kavität. Unten: Nur anhand der Restzahnsubstanz (Mitte) automatisch rekonstruierte Kaufläche. Die angegebenen Abweichungen sind die metrischen Unterschiede zwischen Rekonstruktion und Originalzahn im Bereich der Kavität (Abb.: Mehl).

Atemzug genannt, was auf der anderen Seite aber auch viel zu kurz greift. Gerade das enorme Potenzial, das in der Fräsbearbeitung und seit Kurzem auch im Lasersintern von Metallen steckt, wird oft völlig vergessen. Die Herstellung von Metallrestaurationen (z. B. NEM, Titan) wird daher ebenfalls über kurz oder lang eine Domäne der CAD/CAM-Technik werden. Oder nehmen wir das weite Feld der Implantologie und deren Suprastrukturen.

Schon heute können Langzeitprovisorien, Abutments und Kronen computerunterstützt hergestellt und Behandlungsabläufe reduziert werden.

Das Zusammengehen der computergestützten, intraoralen Messaufnahme, der prothetischen CAD-Konstruktion und der Röntgen-Schichtaufnahme wurde mit der digitalen Volumentomografie (DVT) verwirklicht. Das DVT bildet die Struktur des Knochens dreidimensional ab und ermöglicht dadurch eine deutlich höhere Qualität der Befundung, verbunden mit der exakten Ortung des Nervus alveolaris. Die Bildqualität ist besonders bei prothetisch teilversorgten Kiefern besser als bei CT-Aufnahmen; die dafür benötigte Röntgendosis ist deutlich geringer. Somit liefert das DVT die Basis für die chirurgische Planung des Implantates. Künftig wird mit der digitalen Messkamera intraoral das Implantatgebiet und die angrenzenden Nachbarzähne gescannt und ein virtuelles Modell gerechnet. Dieses Modell wird vom 3-D-Volumentomogramm überlagert; es erfolgt eine exakte Positionierung einer Krone im Röntgenbild (Abb. 8). Die Position des Enossalpfeilers wird im Mittelpunkt der Kronengrundfläche und in deren Einschubrichtung vorgeschlagen. Die Situation wird auf chirurgische Realisierbarkeit überprüft. Bei der Auswahl des für den konkreten Fall vorgesehenen Implantatsystems kann die Situation im 3-D-Röntgenbild komplett simuliert werden. Mit spezieller Software kann künftig auch eine Bohrschablone konstruiert werden, die stereolithografisch gefertigt, eine exakt positionierte Knochenbohrung und Implantatplatzierung sicherstellt.

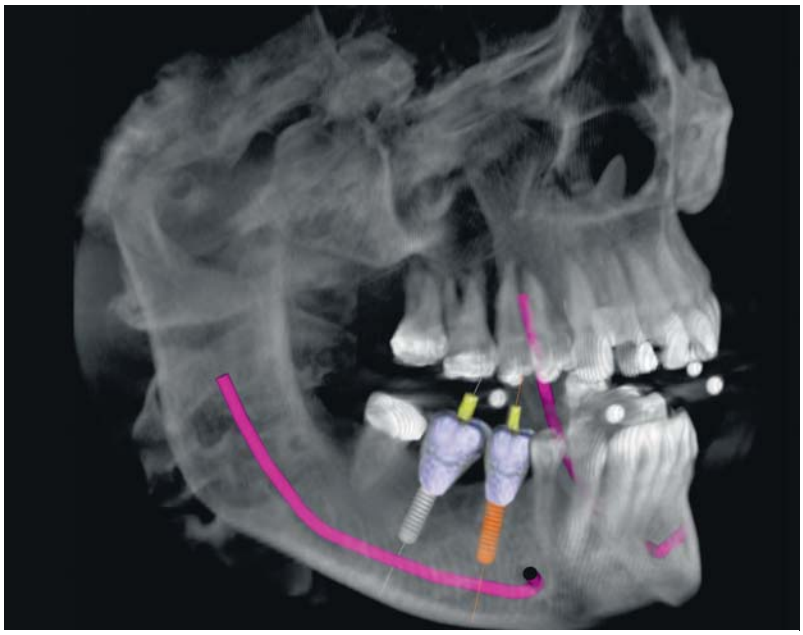


Abb. 8: DVT-Aufnahme mit überlagerter Suprastruktur zur Bestimmung der Implantatposition (Abb.: Bindl/Sicat).

Überhaupt: Die Bedürfnisse der CAD/CAM-Technologie haben Themen der Grundlagenforschung beflügelt und damit auch andere Bereiche der Zahnmedizin vorangebracht. Universitäten und Industrie können durch Kooperation eine nützliche Symbiose bilden und diese spannende Entwicklung voranbringen und gestalten. Bis jetzt war CAD/CAM oder computergestützte Zahnmedizin kein zentrales Thema an den Universitäten. Da wir gerade erst am Anfang stehen und das Leistungspotenzial der CAD/CAM-Technik enorm ist, wird sich das in den nächsten Jahren mit Sicherheit ändern – und hiermit wiederum auch die Ausbildung der Studierenden sowie die Auszubildenden im Bereich der Zahntechnik beeinflussen – im Interesse unserer Patienten.

kontakt.

Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde e.V.
Manfred Kern
Postfach 10 01 17
76255 Ettlingen
E-Mail: info@ag-keramik.de
www.ag-keramik.eu

Erfolg im Dialog

dental bauer

db gruppe

Das unverwechselbare Dentaldepot!

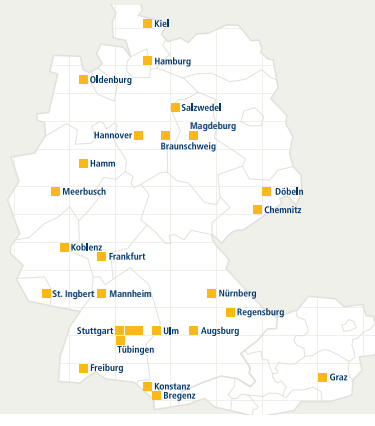
Alles unter einem Dach:
dental bauer-gruppe – Ein Logo für viel Individualität und volle Leistung

Die Unternehmen der dental bauer-gruppe überzeugen in Kliniken, zahnärztlichen Praxen und Laboratorien durch erstklassige Dienstleistungen.

Ein einziges Logo steht als Symbol für individuelle Vor-Ort-Betreuung, Leistung, höchste Qualität und Service.

Sie lesen einen Namen und wissen überall in Deutschland und Österreich, was Sie erwarten dürfen.

- Kundennähe hat oberste Priorität
- Kompetenz und Service als Basis für gute Partnerschaft
- Unser Weg führt in die Zukunft



Eine starke Gruppe

www.
dentalbauer.de