

# CAD/CAM und der virtualisierte Patient

Diese Einleitung zum Schwerpunktthema versucht aufzuzeigen: Woher kommen wir, was ist der gegenwärtige Stand und wohin wird die Entwicklung gehen? Auch der Blickwinkel ist dreigeteilt: Was ist technologisch/wissenschaftlich möglich, was brauche ich als Zahnarzt tatsächlich und was kommt wie beim Patienten an?

Die Geschichte der CAD/CAM-Systeme ist etwas für alte Männer wie mich und schnell erzählt:

Zweifelsohne ist der Vater aller CAD/CAM-Systeme in der Zahnmedizin *François Duret*. Seine Publikationen datieren bis in die 70er Jahre des letzten Jahrhunderts zurück [1, 2], die erste „Chair-side live“ hergestellte und eingegliederte Krone 1985 in Paris war ein weiterer Höhepunkt und weitere unterschiedliche Stationen (Paris, Los Angeles, Tokyo) und die Kooperation mit verschiedenen Industriepartnern (u. a. Henson, Sopha und GC) garantieren seinen Ehrenplatz in der Geschichte der CAD/CAM-Technologie bzw. in der Zahnheilkunde.

Zeitgleich entstand 1985 in einer Garage in Zürich aus dem Aufeinandertreffen eines herausragenden Zahnarztes und Wissenschaftlers mit Visionen mit einem begnadeten Ingenieur und einem Softwarespezialisten ein Prototyp mit dem Namen CEREC [3]. Ein deutschstämmiger Schweizer Hochschullehrer, ein Ingenieur aus der italienischen Schweiz und ein Informatiker aus der französischen Schweiz bauten die „Zitrone“ und verkauften den Prototyp an die Firma SIEMENS, damals größter deutscher Hersteller von Zahnmedizinprodukten. Einer der Prototypen gelangte in unsere Praxis und mit zurückhaltender Indikation, exzellenten Lehrern im Bereich der adhäsiven Befestigung und jugendlicher Unbekümmertheit erreichten wir bei den Keramikintarsien mit Semi-Okklusion (geradlinige Verbindung der bukkalen und palatinalen Kavitätenwand) eine unerwartet hohe, klinisch belegbare Erfolgsrate bei unseren Patienten.

Weitere Persönlichkeiten bestimmen die Weiterentwicklungen, wie beispielsweise *Matts Anderson*, *Diana Reckow*, *Jef van der Zel*, *Kimura*. Unzählige Anek-

doten ranken sich um den bemerkenswerten Weg jeder dieser Personen.

Bald allerdings war die Zeit der Einzelforscher vorbei: Die Leistung eines Individuums reichte nicht mehr aus, um Vorhandenes weiterzuentwickeln oder gar etwas Neues zu erfinden, die großen Ideen waren in der Welt. Und so kamen die innovativen Regierungen der Industrieländer mit gezielten Forschungsaufträgen: Es war klar, es geht Richtung Digitalisierung und es war klar, dass stereotype Vorgehensweisen automatisiert werden können und müssen. Ganze Berufszweige wie der Drucker in den Printmedien oder Zeichner von Architekten wurden dramatisch verändert oder fielen ganz weg. Daher entstanden speziell für CAD/CAM-Verfahren in der Zahnmedizin ausgelegte millionenschwer geförderte Forschungsprojekte mit den Hauptzentren Japan und Europäische Union. Beide Unternehmungen in den 90er Jahren brachten einen Schub, aber keinen Durchbruch.

Der weitere Antrieb begann zur Jahrtausendwende, als eine fortschreitende Globalisierung auch kleineren Märkten wie der Zahnmedizin neue Herausforderungen bescherte: knapper und vor allem teurer werdende Rohstoffe sowie eine kontinuierliche Individualisierung in der Automation beschleunigten die Entwicklungen. Denken Sie hierbei nur an den Rückgang des dentalen Goldverbrauchs in Deutschland mit Spitzenwerten von 65 Tonnen pro Jahr (1/4 des Weltjahresbedarfs) auf weit unter 40 Tonnen heute und übersetzen Sie das einfach auf den aktuellen Goldpreis. Oder betrachten Sie Hersteller von Abformungsmaterialien in einer digitalisierten Welt. Oder die rasante Entwicklung im Bereich der Implantologie mit neuen Herausforderungen an ein sicher vorhersehbares Therapieergebnis auch für eine breite Schicht relativ unerfahrener Neuanwender.

Die Protagonisten der neuen CAD/CAM-Verfahren und der Digitalisierung sind nicht umsonst die weitsichtig agierende Metallindustrie (beispielsweise *Degussa/Cercon*, *Heraeus-Kulzer/Cara*), die Marktführer bei den Abformmaterialien (z. B. *3M-ESPE/Lava*) sowie die verantwortungsvoll agierenden Implantat-

hersteller (u. a. *Nobel Biocare/Procera*, *Straumann/Etkon*). Auch die Zahntechnik wurde revolutioniert: es gibt heute praktisch keine metallfreie Restauration ohne CAD/CAM-Komponenten. Daneben wurden die Produkte der klassischen CAD/CAM-Spezialisten immer weiter perfektioniert.

Soviel zur Entwicklung, hier stehen wir heute. Und wohin geht die Entwicklung? Bestimmen kurzfristige Strategien die Neuentwicklungen, um durch rasche Erfolge die Bedürfnisse der Shareholder zu befriedigen oder gibt es etwas revolutionär Neues? „What will be the future of Dentistry: CAD/CAM or Bioengineering?“ lautete das provokante Thema eines Vortrages eines renommierten Wissenschaftlers im Bereich der genetischen Forschung mit Stammzellen [5]. Ich persönlich werde Bioengineering in meiner Dorfpraxis nicht mehr zum Einsatz bringen, obwohl ich nicht vorhabe, mich in den nächsten 10 Jahren zur Ruhe zu setzen.

Also CAD/CAM? Ja! Denn die Möglichkeiten und die Bedürfnisse bestimmen den Weg.

Eigentlich hat sich in den letzten 25 Jahren wenig geändert: den Zahn mit samt Defekt in einen Computer zu übertragen – dem Rechner zu vermitteln, was man erreichen will – letztendlich eine Maschine zu veranlassen, das gewünschte Produkt herzustellen.

Gerade der erste Schritt ist hierbei ein entscheidender Schlüssel. Im folgenden Beitrag über verschiedene intraorale Aufnahmeverfahren wird dezidiert darüber berichtet werden. Optische Verfahren, Digitalisierung sichtbarer und nicht-sichtbarer Wellenbereiche, 3-D Messungen und Darstellungen, vielleicht auch bald 4-D durch die Darstellung der zeitlichen Veränderungen an Oberflächen bieten neue und sinnvolle Einsatzmöglichkeiten durch die gravierenden Weiterentwicklungen in der digitalen Welt.

Auch die Konstruktionsmöglichkeiten haben sich verfeinert: Am Anfang stand ein *Motorola 68.000* Prozessor (das entspricht ungefähr dem des ersten *Gameboys*) als Eingabehilfe. Heute leisten Computer Unvorstellbares, dadurch sind spezifische Programme verfügbar,

die auch in anderen Industriezweigen neue Einsatzgebiete schaffen: 3-D-Darstellungen in Echtzeit und „rapid prototyping“ sind Standard, CAD/CIM und Biogenerische Kauflächenberechnung sind zahnmedizinisch spezifische Modifikationen, die vieles erleichtern. Auch die Hardware hat sich weiterentwickelt. Tendenzen sind wohl Touchscreen, intuitive Eingabemöglichkeiten direkt auf der Ebene der zugrunde liegenden Finite-Elemente-Modelle und weitere Automatisierung, eventuell auch bei dynamischen Abläufen, wie sie heute bereits manuell durchgeführt werden können (Oberflächenmorphologie plus Artikulation als 4-dimensionales Zahnmodell).

Die Güte der maschinellen Fertigung ist nur eine Frage des Preises: je individueller, je komplexer, je präziser und je weniger Toleranzen umso teurer wird die Herstellung des Werkstückes. Je höher die Auflage der zur Fertigung hergestellten Maschinen, je höher die Auslastung, je kürzer die Bearbeitungszeit und je breitgefächerter die Einsatzmöglichkeit, umso preisgünstiger wird das Ergebnis.

Die digitale Abformung ist heute (nach 25 Jahren) der analogen ebenbürtig oder überlegen (oder wird es zumindest morgen werden), die delegierbaren Arbeitsschritte werden digitalisiert (nicht mehr Billigimporte, sondern Computer), neue Vorgehensweisen haben sich etabliert und bewährt (Chairside-Verfahren in einer Sitzung), neue Dimensionen tun sich auf:

- Materialentwicklungen können Dank Finiter-Elemente-Analysen und standardisierter Simulationen beschleunigt und optimiert werden.
- Die 4. Dimension Zeit hält Einzug in der Einzelbehandlung. Das dyna-

mische Registrar als zeitabhängige spezifische Simulation wurde früher wenig berücksichtigt. Heute eröffnen sich ganz neue Möglichkeiten, die durch den Rechnereinsatz extrem vereinfacht und verbessert werden.

- Die Dimension „Zeit“ liefert auch für die Langzeitbewährung eine messbare Entscheidungshilfe, „Evidence based Dentistry“ (EbM) ist gegenwärtig aber auch im Fluss wie beispielhaft die Ceramic Success Analysis (CSA) aufzeigt [4].

Das sind die Möglichkeiten des technologisierten Umfeldes, aber was davon braucht der Zahnarzt?

Als niedergelassener Zahnarzt stelle ich mir – wenn es um etwas Neues geht – vier einfache Fragen:


- Kann ich mit einem neuen Verfahren etwas machen was ich sonst – gar nicht tun kann?
- nur schlechter machen kann?
- nur schwieriger erreichen kann?
- nur teurer realisieren kann?

Die sinnvolle Indikations- und Therapieerweiterung, eine Qualitätsverbesserung gepaart mit einer Arbeitserleichterung unter wirtschaftlich sinnvollen Kautelen, ist daher der Maßstab. Und je mehr diese Bedürfnisse umgesetzt werden, umso sicherer ist die weite Verbreitung einer neuen Entwicklung.

Dies sind sicherlich subjektive Aspekte, deren Einfluss aber immens und die von entscheidender Bedeutung sind.

Letztendlich entscheidet dabei über die Umsetzung der Patient: Fühlt er seine Anliegen beim Zahnarzt adäquat verstanden und weiß er um die optimale Umsetzung seiner Notwendigkeiten und Bedürfnisse in eine sinnvolle Therapie, so wird er wesentlich zum Erfolg der Behandlung beitragen. Die DGCZ hat in einer sehr umfangreichen Patientenbe-

fragung dabei folgende Rangfolge der Patientenentscheidung für CEREC-Versorgungen festgestellt: Verträglichkeit der Materialien – zahnhartsubstanzschonendes Verfahren – Dauerhaftigkeit der Versorgung. Und dann mit Abstand Ästhetik – eine Sitzung – Wirtschaftlichkeit – kein Abdruck und Sonstiges. Auch hierbei haben also nicht nur emotionale Punkte Vorrang. Ästhetik und Wirtschaftlichkeit wurden dabei eher hintangestellt: Wer mag schon gerne als eitel gelten oder sich vor sich selbst eingestehen, dass man sich die eigene Gesundheit finanziell nicht leisten kann?

Aus diesen Gründen ist für mich der virtuelle Patient ein Horrorszenario. Ein nicht greifbares Objekt, dem ich eine manuelle Therapie zukommen lassen soll, wäre nur eine kurze Übergangsphase bis ich selbst virtuelle Hände verpasst bekomme. Alle Beteiligten wären dabei passiv und ausgeliefert. Ganz anders sieht es mit dem „**virtualisierten** Patienten“ aus. Hier werden plötzlich alle aktiv: der Zahnarzt, der verschiedene Möglichkeiten und Therapieentscheidungen durchspielen kann, der Patient, der sich neben sich stellen und seine eigenen Wünsche durchspielen kann „ohne dass es weh tut“. Und der Computer, der seine Stärken ausspielt: das Aufzeigen komplexer Situationen, die vielschichtige Analyse vieler Befunde, die Berücksichtigung verschiedener dynamischer Szenarien und die prognostische Einschätzung einer zahnärztlichen Behandlung. 

#### Korrespondenzadresse

Dr. Bernd Reiss  
Hauptstr. 26  
76316 Malsch  
Tel.: 0 72 46 / 62 71  
E-Mail: breiss@t-online.de

#### Literatur

1. Duret F: Analyse d'images holographiques dentaires en vue de la commande des systèmes. 1976, revue Scientes et techniques Biomédicale
2. Duret F: Empreinte Optique, in Faculté d'Ondontologie. 1973, Université Claude Bernard: Lyon. p. 400
3. Mörmann WH, Jans H, Brandestini M, Ferru A, Lutz F: Computer machined adhesive porcelaine inlays: margin adaptation after fatigue stress, J Dent Res 65, 763, Abst 339 (1986)
4. Reiss B: CSA: Das Online-Portal zur klinischen Standortbestimmung bei keramischen Restaurationen in der Praxis, Int J Comp Dent 14, 243–253 (2011)
5. Smith A: Replacing teeth and dental tissues – CAD/CAM or are biological solutions the future? 16. Jahrestagung DGCZ 2008, Ettlingen