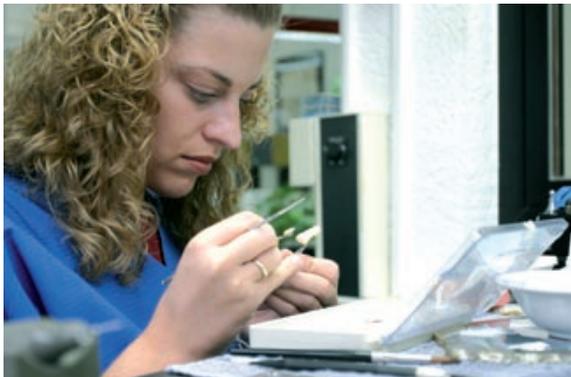


# Digitale Konstruktionsverfahren in der CAD/CAM-Technologie

ZTM Kurt Reichel

**CAD/CAM-Technologien haben weltweit Einzug in die Mehrheit der Dentallabore gehalten. Dies hat besonders in Bezug auf die Herstellungsprozesse zu erheblichen Veränderungen geführt. So sind bisher bei der Herstellung vollanatomischer Keramikkrone überwiegend rein additive Formgebungsverfahren, nämlich die Wachmodellation in Kombination mit der Presstechnologie, zum Einsatz gekommen.**

Zahntechniker werden oft als Künstler angesehen, die ihre Werke personenabhängig und unter zeitaufwändigen manuellen Prozessen entstehen las-



Ein kleines Kunstwerk entsteht durch die Hand der Zahn-technikerin.

sen. Dieses Vorgehen verfügt aber offensichtlich über so große Vorteile, dass es sich als äußerst resistent gegenüber neuen Technologien behauptet. Nicht wenige namhafte Kollegen sehen es in Verbindung mit der Presstechnologie heute noch als die einzige Möglichkeit, um funktionelle Konzepte mit individuellen Artikulatorprogrammierungen in vollanatomische Keramikkrone zu überführen. Das Verfahren ist so ausgereift, dass es als qualitativer Standard für alle automatisierten Rekonstruktionsprozesse herangezogen werden muss – aber nicht zuletzt die Standar-

disierung und der Zwang zu wirtschaftlichen und reproduzierbaren Ergebnissen werden jedoch digitale Konstruktionsverfahren unumgänglich machen. Liegen die Vorteile doch auf der Hand: Konstruktionszeiten und Arbeitsaufwand werden planbar und somit auch kalkulierbar. Einmal erarbeitete Parameter und Erfahrungswerte können abgespeichert und für alle zukünftigen Arbeiten ohne weiteres herangezogen werden. Ja, in gewisser Weise lassen sich spezielle Kundenwünsche auf dieselbe Art und Weise verarbeiten und anwenden. Dies geschieht ganz automatisch und unabhängig von Personen.

Um im Einzelnen den Anforderungen, die an ein digitales Konstruktionsverfahren gestellt werden, gerecht werden zu können, muss auf verschiedene Methoden zurückgegriffen werden können. Sie auf ihre Anwendung hin zu beleuchten, soll Aufgabe dieses Beitrages sein.

Trotz zahlreicher anatomischer und funktioneller Gemeinsamkeiten liegen bei natürlichen Zähnen sehr unterschiedliche Formen vor, die sich digital nur sehr aufwendig beschreiben und editieren lassen. Eine zusätzliche Schwierigkeit liegt in der dreidimensionalen Darstellung auf einem zweidimensionalen Bildschirm. Durch die Einführung moderner virtueller 3D-Konstruktionssoftware ist es erstmalig möglich, diese



Dreidimensionale Darstellung am Bildschirm

komplexen Zusammenhänge sicht- und bearbeitbar zu machen.

Eine sehr gute, intuitiv erlernbare, Software bietet beispielsweise inLab 3D (Sirona Dental Systems, Bensheim). Im Folgenden werden verschiedene Konstruktionsverfahren anhand dieser Software beschrieben.

Nach der Aufbereitung der Daten soll nun die zu fertigende vollanatomische Zahnkrone virtuell konstruiert werden. Die digitale Konstruktion lässt sich wie folgt unterteilen:

- Gestaltung der Innenfläche
- Bestimmung der Präparationsgrenze
- Gestaltung der Zahnmorphologie

### Die Gestaltung der Innenfläche ...

... der Krone geschieht im Allgemeinen analog der Kontur der Stumpfoberfläche, Unterschnitte und Kavitäten können virtuell ausgeblockt werden. Weiter können über die Software Offsetwerte für den Zementspalt eingegeben werden. Idealerweise kommt es dabei zu einem definierten Spalt im Innenraum der Krone, jedoch im Randbereich zu einer möglichst genauen Passung. Da beim Einsetzen eher



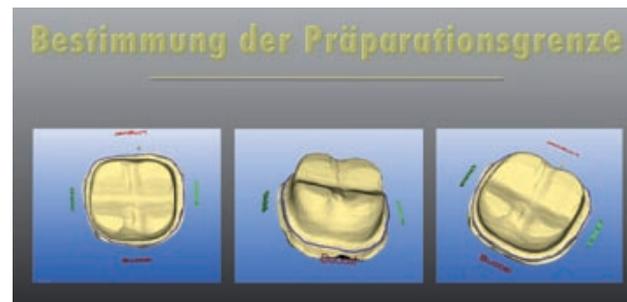
Ausgeschliffene Innenflächen einer Zahnform aus Feldspatkeramik

adhäsive Verfahren zum Einsatz kommen, ist eine fiktive Passung analog der Gusstechnik nicht angebracht und kontraproduktiv.

### Die Bestimmung der Präparationsgrenze ...

... erfolgt bei den meisten Systemen voll- oder teilautomatisiert. Eventuelle Unklarheiten können

nach Automatisierung noch manuell editiert werden. Bei eindeutig präparierten Zahnstümpfen ist dieses Editieren nicht nötig. Ein zu häufiges oder zu großspannig angelegtes Nacheditieren führt in aller Regel zu schlechteren Ergebnissen als der Einsatz der automatischen Kantenfindung.



Automatische Bestimmung der Präparationsgrenze

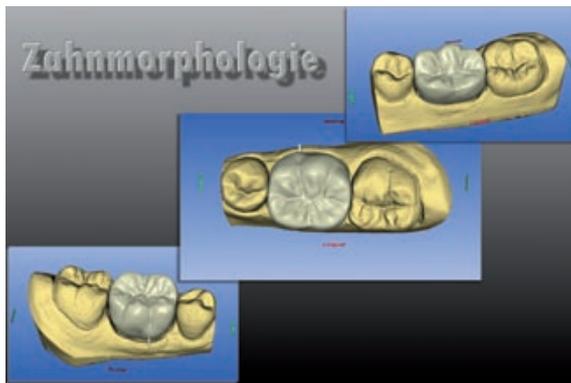
### Die Zahndatenbank ...

... (Bibliothek) ist eines von unterschiedlichen Verfahren, mit dem die Gestaltung der Zahnmorpho-



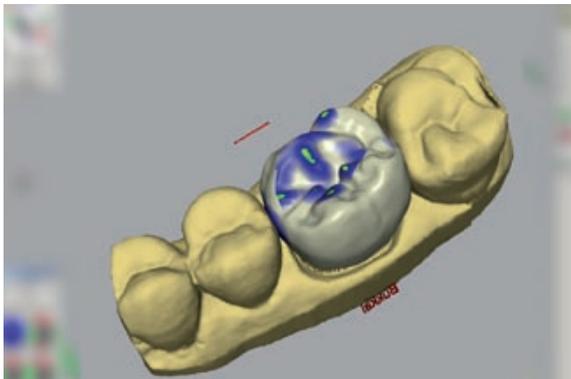
Auswahlmöglichkeiten in Zahnbibliotheken

logie erreicht werden kann. Dabei wird anhand der Nachbarzähne und der Antagonisten das Modell für eine mögliche Zahnmorphologie errechnet und vom Zahnarzt oder Zahntechniker aus einer Bibliothek, die dem natürlichen Zahn des Patienten am nächsten kommt, ausgewählt. Das Modell wird in den zur Verfügung stehenden Raum eingerechnet und angepasst. Es wird eine automatische Rekonstruktion der Außenseite sowie der okklusalen Oberfläche einschließlich aller Funktionsaspekte angestrebt. Grundlage sind die biometrischen Daten des Rekonstruktionsmodells. Dieses verleiht den Bibliotheksmodellen die Fähigkeit, sich automatisch an die gute Restsubstanz einer Zahnreihe anzupassen. Als Vorteil dieses Verfahrens sind die zeitsparende On-Klick-Gestaltung



Individuelle Anpassung an den Restzahnbestand

und in der Regel gute ästhetische Formanpassung der Restauration zu nennen. Ist das Ziel aber eine perfekte Anpassung an die individuellen Gegebenheiten und funktionellen Besonderheiten der zu erstellen- den Rekonstruktion, gelingt dies nur durch fachbezo- gene Anpassungen eines erfahrenen Zahntechnikers oder Zahnarztes.



Am Computer entworfene Zahnkrone...

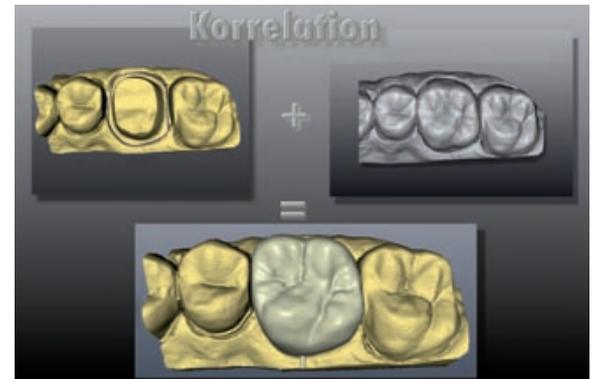


...und ihre Umsetzung.

## Die Korrelation ...

... bezeichnet die Beziehung zwischen zwei sta- tistischen Variablen. Wenn sie besteht, ist noch nicht

gesagt, ob eine Größe die andere kausal beeinflusst, ob sich überhaupt ein Kausalzusammenhang folgern lässt. In unserem Fall sollte das aber immer so sein. Bezogen auf das Konstruktionsverfahren bedeutet es, dass wir zwei Datensätze desselben Patienten in Beziehung setzen und den sich somit ergebenden Koeffizienten als Rekonstruktion erhalten. Den ers-



Schematische Darstellung des Korrelationsverfahrens

ten Datensatz erhalten wir durch das Scannen des Präparationsmodells. Bei dem zweiten wird die gewünschte Außenform durch ein Wax up oder durch Aufsetzen der ursprünglichen Zahnform beispiels- weise durch ein gewonnenes Schalenprovisorium auf das Präparationsmodell erreicht. Von dieser zweiten Variablen wird dann ein zweiter Datensatz erzeugt. Anschließend werden diese beiden Datensätze von der Software in Beziehung gesetzt. Der sich erge- bende Koeffizient bildet das Datenmodell für unsere Rekonstruktion.



Über das Korrelationsverfahren entstandene Kronen auf Zahn 11 und 21.

Dieses Verfahren eignet sich besonders gut für minimalinvasive Korrekturen, bei denen die ur- sprüngliche Form erhalten werden soll, oder bei Ver-

sorgungen, die ein bestimmtes Okklusionskonzept verfolgen. In der zahntechnischen Variante kommt dieses Verfahren besonders bei der Herstellung von keramischen Primärkronen zum Einsatz. Eine im Parallelometer erstellte und gefräste Wachsmodellation wird als Modell in der zweiten Variante aufgesetzt und zum ersten Präparationsscan in Beziehung gesetzt. Durch dieses Verfahren werden Primärkronen erzeugt, die zum einen sehr passgenau sind und zum anderen nur sehr wenig Nachfräsarbeit bedürfen.

## Eignung der einzelnen Konstruktionsverfahren

	Zahndatenbank	Korrelation	Replikation
<b>Einzelkrone</b>	+++	++	+++
<b>Kronenverband</b>	+++	+	-
<b>Einzelveneer</b>	++	+++	++
<b>Mehrere Veneers</b>	+	+++	+
<b>Einzelinlay</b>	+++	+	-
<b>Inlayverband</b>	++	-	-
<b>Teleskopkronen</b>	-	++	-

+++ Sehr Geeignet | ++ Geeignet | + bedingt Geeignet | - Ungeeignet

## Die Replikation ...

... ist ein Konstruktionsverfahren, mit dem eine Verdopplung bzw. Vervielfältigung von Daten erfolgt. Der Datenbestand der replizierten Daten ist in der Regel mit dem Original identisch. Die vervielfältigten Daten (Replikate) kommen für gewöhnlich an unterschiedlichen Positionen zum Einsatz. Genau genommen handelt es sich bei der dentalen CAD/CAM-Anwendung um eine asynchrone Replikation, will heißen, der Datensatz der Replikate stellt nur eine Momentaufnahme der primären Daten zu einem bestimmten Zeitpunkt dar, und kann nachträglich bearbeitet oder verändert werden. In der CAD/CAM-Anwendung kommt dieses Verfahren bevorzugt bei der Herstellung von Einzelzahnersatz im Frontzahnbereich zum Einsatz. Bei einem traumatisch beschädigten Gebiss, bei dem ein vergleichbar unbeschädigter symmetrischer Zahn vorhanden ist, kann dieser als Vorlage für eine kontralaterale Spiegelung dienen. In dieser Konstruktionsart können Kronen und Veneers hergestellt werden.



Eine gezielte Planung der Ästhetik wird durch neue provisorische Materialien in Zukunft möglich sein.



Individuelle temporäre Brücke aus Kunststoff.



Eine durch Replikation entstandene Krone auf Zahn 21.

## Fazit

Die hier vorgestellten virtuellen 3D-Computerkonstruktionsverfahren eignen sich jedes auf seine Art für eine bestimmte Anforderung oder einen bestimmten Anwendungsbereich. Diesem gesteigerten Anforderungsprofil sollte eine moderne Software gerecht werden können. Wir beschreiben hier die

Anfänge einer Entwicklung, leisten in gewisser Weise Pionierarbeit. Das Ziel wird es sein, über eine Konstruktionssoftware zu verfügen, die uns als Teil eines CAD/CAM-Verfahrens das vollautomatische



Totalanierung gestaltet in unterschiedlichen Konstruktionsverfahren.

Konstruieren ohne Vorhandensein von besonderem Fachwissen ermöglichen wird. Führt man sich vor Augen, in welcher kurzer Zeit solche vor kurzem noch undenkbar Fortschritte in diesem Bereich erzielt worden sind, so dürfen wir auf eine spannende Zukunft mit sicherlich geänderten Anforderungsprofilen, aber auch einer Menge persönlicher Herausforderungen gespannt sein.

### ZTM Kurt Reichel

Hermeskeil, Deutschland



- eigenes Dentallabor mit Kurszentrum Ästhetik Line in Hermeskeil/Hunsrück
- Pilotanwender und Referent für das Unternehmen VITA Zahnfabrik
- Mitglied der „Dental Excellence – International Laboratory Group“
- Zertifizierter inLab-Trainer für Sirona Dental Systems
- Tätigkeit als Erprober für die Unternehmen Sirona Dental Systems, Straumann und Ivoclar Vivadent
- Referent bei nationalen und internationalen Veranstaltungen und Kongressen

#### Kontakt:

[reichel.zahntechnik@t-online.de](mailto:reichel.zahntechnik@t-online.de)

[www.reichel-zahntechnik.de](http://www.reichel-zahntechnik.de)

## Straumann-Gruppe: Übernahme der etkon AG

Die Straumann-Gruppe, weltweit führend in Dentalimplantologie und oraler Geweberegeneration, übernimmt vollständig die etkon AG, Hersteller konventionell und implantatgetragenen Zahnersatzes mittels CAD/CAM-Technologie. Das in der Schweiz ansässige Unternehmen wird vorab 77 % der etkon-Aktien für 77 Mio. Euro erwerben. Der Kauf der verbleibenden 23 %, die von Investment Fonds gehalten werden, wird voraussichtlich in naher Zukunft erfolgen. Dabei handelt es sich um die größte Akquisition, die Straumann je getätigt hat. Das Unternehmen verfügt bereits mit dem individualisierten Service CARES

für Titan- und Sekundärteile, der auf einer Scan- und Modellier-Technologie von Sirona Dental Systems basiert, über eine zunehmende Präsenz im Segment der CAD/CAM-gestützten Implantatprothetik. Diese soll in Zukunft durch Produkte, Dienstleistungen und die Kundenbasis von etkon ergänzt werden. Bisher hat sich Straumann ausschließlich auf Dentalimplantate und Sekundärteile sowie auf Produkte zur oralen Geweberegeneration konzentriert. Durch die Akquisition wird das Unternehmen einziger Anbieter von chirurgischen, restaurativen und regenerativen Lösungen.