

Ein Werkzeug mit Tastsinn

| H.-Thomas Heupel



Abb. 1

CAD/CAM-Technologien haben sich heute in Dentallabor und Praxis bestens etabliert. Nicht zuletzt aufgrund der Entwicklung und Einführung von Zirkoniumoxid in den letzten sechs Jahren hat sich diese Technik auf dem dentalen Markt endgültig durchgesetzt. Automatisierung und Rapid-Prototyping-Verfahren ersetzen zunehmend die konventionellen Fertigungsmethoden für Zahnersatz. Beschränkten sich die bisherigen digitalen Technologien auf die Gerüsterstellung im Gebiet der Kronen-, Brückentechnik und Implantologie sowie Inlays und Onlays, sind Konstruktionsprogramme und Fertigungsverfahren für Veneers in ihrer Anwendung relativ zeitaufwendig und limitiert auf Einzelzahnversorgungen.

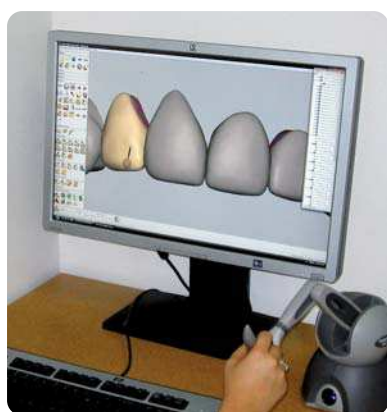


Abb. 2

Die Gemeinsamkeit der bisherigen dentalen CAD/CAM-Techniken liegt in der Benutzerschnittstelle der Software, der Kombination von Tastatur und Maus als Eingabemedien und einem Monitor und Lautsprecher als Ausgabemedien. Beim Modellieren vermisst man aber, sprichwörtlich, das gute Fingerspitzengefühl. Es fehlt der Bezug zum Werkstück und Werkzeug, basierend auf unserem Tastsinn. Dieser beschränkt sich nur auf die Berührung von Maus und Tastatur. Der Anspruch

der virtuellen Realität (VR) ist es, virtuelle Welten zu schaffen, die der Benutzer kaum von einer realen Welt unterscheiden kann. Leider liegt der Schwerpunkt in heutigen VR-Anwendungen im Dentalbereich auf der grafischen Modellierung und der Interaktion mit Objekten.

Um dem Benutzer eine möglichst umfassende Wahrnehmung zu bieten, sollten neben dem optischen Sinn auch alle anderen Sinne angesprochen werden, da sie einen erheblichen Beitrag zur Orientierung und zum Ge-

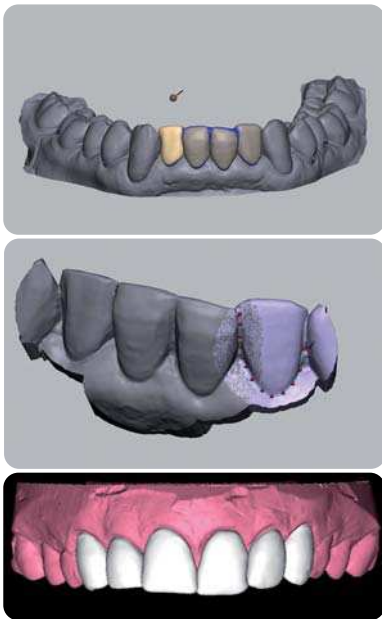


Abb. 3–5: Virtuelle Modellation von Veneers.

wahrsein der Umgebung leisten können. Insbesondere der Tastsinn zur haptischen Wahrnehmung ist von großer Bedeutung.

DEN-MAT Holdings LLC, führendes Labor für ästhetischen Zahnersatz in den USA, erwarb im vergangenen August die Lizenzrechte von dem belgischen Dentalunternehmen REMEDENT, um deren GlamSmile Software und Technologie zur Herstellung von Veneers im CAD/CAM-Verfahren zu benutzen.

Der Fortschritt und Unterschied zu vorhandenen dentalen CAD/CAM-Programmen liegt bei dieser von SensAble Technologies entwickelten Technologie, in der berührungsgesteuerten Benutzerschnittstelle. Anstelle der Maus

als Eingabemedium steht ein haptisches Eingabegerät (Haptic Device), das einen taktilen und kinästhetischen Eindruck virtueller Objekte ermöglicht. Ein dreidimensionaler Körper im virtuellen Raum ist nicht mehr nur visuell begreifbar, sondern über spezielle Eingabeschnittstellen tatsächlich erfühlbar. In Abhängigkeit der eingesetzten haptischen Schnittstelle und ihrer Programmierung erweitert sich der Anwendungsbereich der Geräte von bloßem Ertasten bis hin zu Greifen, Bewegen und speziellen Modellieretechniken. Ein wirklich realistischer Eindruck entsteht erst durch die Berührung des Zahnmodells in der virtuellen Realität.

Denn je mehr Sinne bei der Aufnahme von Reizen beteiligt sind, umso realistischer wirkt die Situation auf den Zahntechniker und umso leichter und präziser ist es, die zahntechnische Arbeit zu gestalten.

Das „Modellierinstrument“

Als haptisches Eingabegerät wird im Labor das PHANTOM Omni® (Abb. 1 u. 2) der Firma SensAble Technologies eingesetzt, das zur Gruppe der Force-Feedback-Geräte gehört, die bei Interaktionen Kräfte an den Benutzer zurückgeben.

Das „Modellierinstrument“ ist ein Eingabestift, der an einem Gelenkarm montiert ist. Die Bewegungen dieses Griffels werden analog in die Bewegungen eines Gegenstandes in dem virtuellen Raum umgesetzt. Bei dem Gegenstand kann es sich um jegliche

Art von virtuellen zahntechnischen Instrumenten oder um die virtuelle Hand des Technikers handeln, die das Modell, das Instrument oder den Zahn in alle Richtungen dreht und in die gewünschte Position bringt.

Sobald das Instrument den virtuellen Zahn berührt, gibt das PHANTOM diesen Widerstand an den Benutzer zurück und simuliert somit eine Berührung. Dieses Force Feedback geschieht über eingebaute Motoren und informiert den Zahntechniker über Druckstärke und Position des Werkzeuges. Durch das Auftragen von virtuellem Wachs wird der Kronen- oder Venerand fühlbar. Unebenheiten der labialen Oberflächenstruktur, wie scharfe oder stumpfe Formen, werden z.B. durch die Modellation und Veränderung der Randleisten erkennbar.

Dank der sechs Gelenke besitzt das PHANTOM sechs Freiheitsgrade (3 Translation, 3 Rotation), wodurch das Modell und die Modellierinstrumente in jede gewünschte Position gebracht werden können. Die Vorgänge am Haptic Device werden virtuell übertragen und vermitteln den Eindruck, den virtuellen Gegenstand zu bewegen.

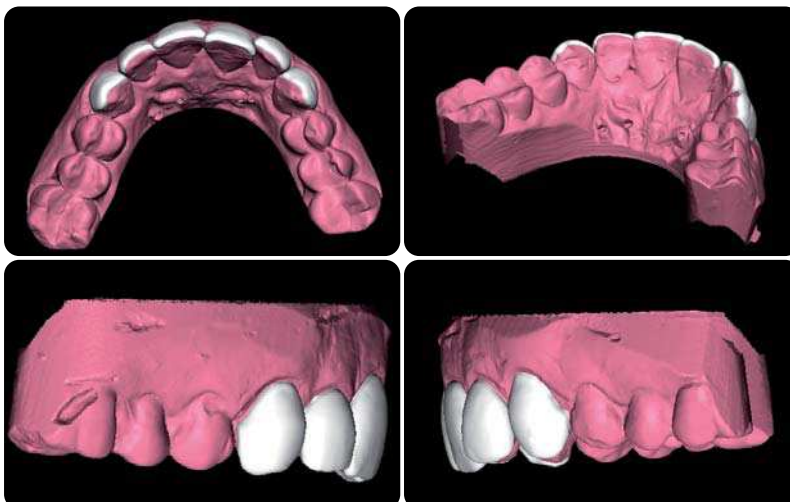


Abb. 6–9



Abb. 10

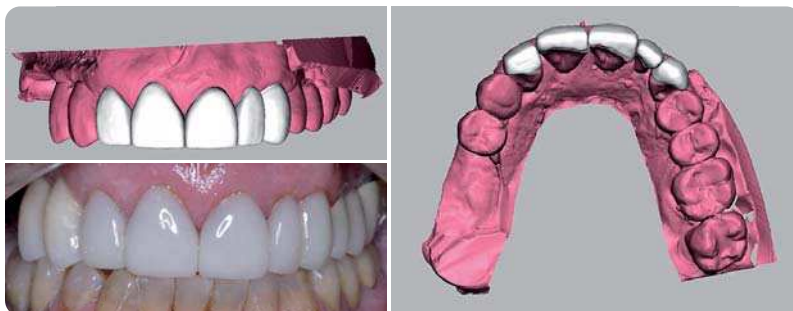


Abb. 11–13: Vergleich – Nachher; Digitale Preview und Ergebnis nach dem Einsetzen der Veneers.

Das Gerät wird durch die GlamSmile Veneer® Software und einen 3-D-Scanner (Firma smart optics) ergänzt. Bisher bestand für jedes Labor die Software FreeForm®Modelling Dental



Abb. 14: Aufnahme mit intraoralem Spiegel.

Edition inklusive Haptic Device zum Erwerb, mit der sich Modellguss, individuelle Abutments und Stege modellieren lassen. Vorgestellt auf der IDS, ergänzt SensAble das Angebot mit der neuen „Dental Lab System v2“ Software. Mit dieser Version erweitert SensAble das Angebot zur Herstellung von Kronen und Brücken einschließlich zur Herstellung PoM (Pressed over Metal) und PoZ (Pressed over Zirconia). Der eigentliche Arbeitsablauf entscheidet sich nicht grundlegend von anderen CAD-Systemen. Nachdem das Modell eingescannt wurde, wird dieses im STL-(Surface Tessellation-Language-)Format in die Modellierungssoftware geladen. Die Veneers, im Durchschnitt 6–8 pro Kiefer, können anschließend virtuell modelliert werden. Ein erfahrener Zahntechniker benö-

tigt dazu ca.50–60 Minuten (Abb. 3, 4 und 5).

Digitale Vorschau

Bevor die Veneers im Keramikpressverfahren fertiggestellt werden, bietet DEN-MAT einen sogenannten Digital Preview zur Beurteilung der Arbeit an, die per E-Mail an den Kunden versendet wird. Die aus insgesamt fünf verschiedenen Blickwinkeln des Betrachters zusammengestellte „Digitale Vorschau“ hilft dem Behandler, das virtuelle Wax-up zu beurteilen (Abb. 6–10).

Das Feedback kann der Techniker dann nutzen, um eventuelle Änderungen an den Veneers durchzuführen. Als besonderen Service wurden einige Kunden mit dem Haptic Device ausgestattet und in dessen Handhabung geschult. Diese haben nun die Möglichkeit, Änderungen selbst vorzunehmen. Anschließend erhält der Zahnarzt das Design und sendet es zur Fertigstellung per Internet an das Labor.

Zur Fertigstellung hat man die Wahl, die Veneers durch Fräsen oder im Rapid-Prototype-Verfahren herzustellen. Unser Labor hat sich für die additive Technik entschieden, da eine sehr hohe Produktivität erreicht werden kann und die Cerinate Keramik Veneers eine höhere Qualität und Härte aufweisen, wenn diese im Pressverfahren hergestellt werden.

Mit einem 3-D-Wachsdruker (Abb.11) der Firma 3-D-Systems werden die virtuell modellierten Veneers in ca. drei Stunden in einem palavitähnlichem Resin hergestellt. Pro Zyklus werden ca. 80–120 Einheiten „gedruckt“ (Abb.12). Nachdem die Resin Veneers hinsichtlich Passung, Randschluss und interapproximalen Kontakt auf dem Modell überprüft wur-

den, wird anschließend das altbekannte Keramik-Pressverfahren angewandt (Abb. 13).

Neue Möglichkeiten

Die Sichtweise des Zahntechnikers, der mit all seinen Sinnen und Fähigkeiten kreativ arbeitet, verlangt freie Möglichkeiten des Ausdrucks und der Schaffung von Neuem. Computerschnittstellen versuchten durch Vereinheitlichung und Normung Synergien nutzbar zu machen und schränkten dabei natürlicherweise die freien Gestaltungsmöglichkeiten des Zahntechnikers mit einem Medium stark ein.

Mit der neuen Technik von SensAble Technologies, die den Tastsinn einbezieht, ist es erstmals gelungen, diese Barriere zu überwinden.



autor.

H.-Thomas Heupel

- 1996–1990 Zahntechnische Lehre
- 1990–1999 Mitarbeiter und Laborleiter in verschiedenen Labors und Praxen
- 2000–2002 Oral Design Kanada, Rotsaert Dental
- 2002–2003 Meisterschule für Zahntechnik Ronneburg
- August 2003 Meisterprüfung Erfurt
- Oktober 2003–Juni 2005 Oral Design Boston, USA
- Juli 2005–September 2007 Laborleiter DEN-MAT Holdings LLC, Santa Maria, CA, USA
- Seit September 2007: Manager Business Development

kontakt.

H.-Thomas Heupel

Manager Cerinate Studio,
DEN-MAT Holdings LLC
2727 Skyway Drive
CA 93455 Santa Maria, USA
E-Mail: htheupel@den-mat.com
www.den-mat.com



Abb. 15 und 16: Behandler Dr. Barry Freyberg, Chicago.