

Zusammenfassung
Der Technologiewandel in Zahnmedizin und Zahntechnik zeigt sich beispielhaft auch bei Zahnarztpraxen, in denen die klassische Abformung allmählich durch den Intraoralscanner abgelöst wird. Die Modellherstellung erfolgt dabei heutzutage entweder über die Frästechnik als abtragendes Verfahren oder über die Stereolithografie. Der Beitrag stellt zum Verfahren der Stereolithografie anhand einer Implantatversorgung ein neues System für ein generativ gefertigtes Dentalmodell mit flexibler Gingivamaske vor.

Indizes
Digitale Fertigung, generativ gefertigtes Dentalmodell, Stereolithografie, Implantatprothetik, stereolithografisch generierte flexible Gingivamaske

Das generativ gefertigte Dentalmodell für die Implantatversorgung

Jan Schünemann, Michael Behm, Markus Kaiser, Martin Klare

Einleitung

Die technische Entwicklung in Deutschland hat nach wie vor ein rasantes Tempo. Allein in der Medizin verdoppelt sich das Wissen alle fünf Jahre.[1] Die Zahnmedizin, als medizinischer Teilbereich, ist bei dieser Entwicklung keine Ausnahme. Naturgemäß ist die Zahnmedizin in weiten Teilen technisch orientiert. Bewährte Methoden und Verfahren werden konstant verfeinert und neue Komplexe entstehen immer schneller. Die Digitalisierung ist aktuell das beste Beispiel dafür. Die hohe Geschwindigkeit des Fortschritts der Digitalisierung sowohl in der Zahnarztpraxis als auch im zahntechnischen Labor wird nach Überzeugung der Autoren noch zunehmen und innerhalb der Dentalwelt im Rahmen eines Technologiewandels zu einer Veränderung der Prozessketten und somit zu einer Verlagerung der Wertschöpfung führen.[2,3]

Diese Entwicklung zeigt sich beispielhaft auch in Zahnarztpraxen, in denen Intraoralscanner beginnen, die klassische Abformung abzulösen. Auf der Basis der generierten Daten werden dann bspw. keramische Käppchen und Brückengerüste hergestellt. Als Bindeglied dafür bleibt die Modellherstellung zwingend notwendiges Teil der digitalen Prozesskette. Dazu wird heutzutage u. a. die bewährte Frästechnik als abtragendes Verfahren genutzt. Obwohl es aktuell ein Überangebot an Fräskapazitäten auf dem Markt gibt, sind abtragende Verfahren unter Kostengesichtspunkten für die Modell-

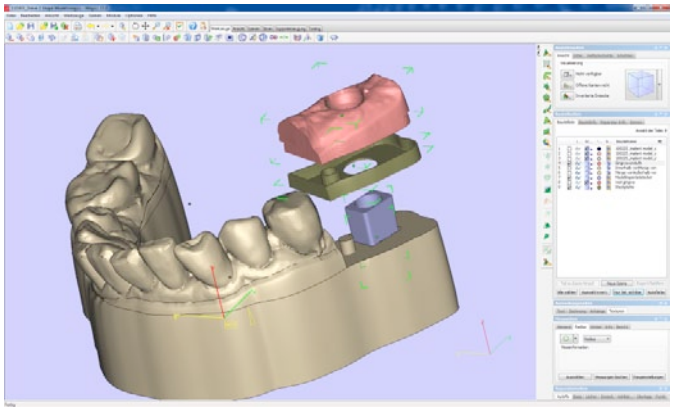


Abb. 1 Konzept für ein Dentalmodell mit abnehmbarer, flexibler Gingivamaske.

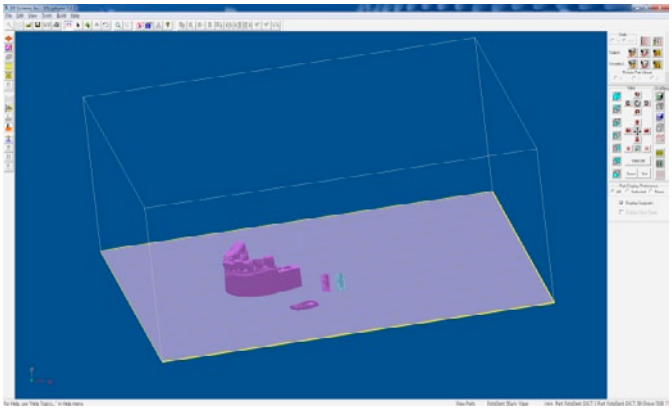


Abb. 2 Die Platzierung der Dentalmodellbauteile auf der Bauplattform.

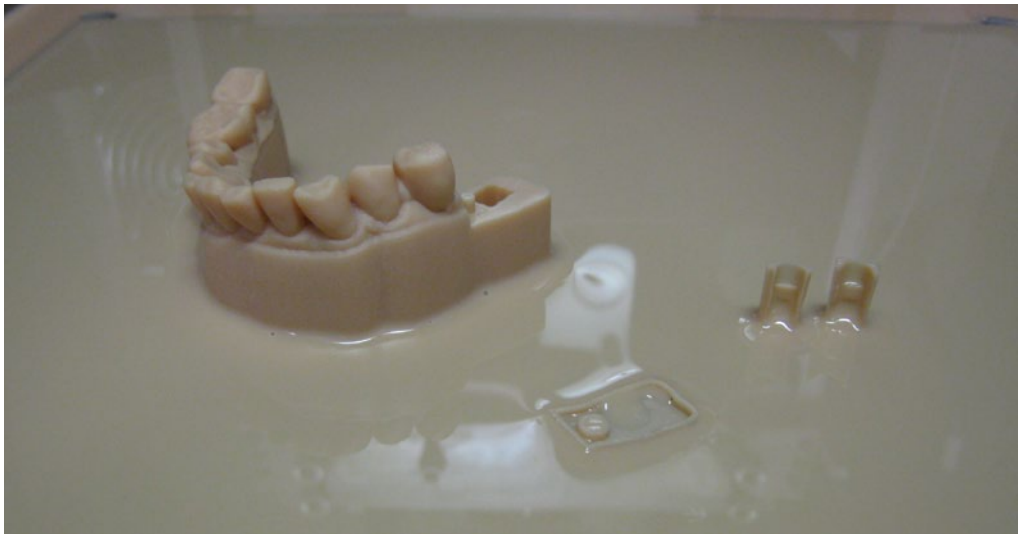


Abb. 3 Ein stereolithografisch hergestelltes Dentalmodell mit Implantatanalogfixierung und Gingivabodenplatte im Harzbad (FotoDent Model, Dreve).

herstellung nur bedingt einsetzbar.[2,3] Darüber hinaus ist auch der Einsatzbereich von gefrästen Dentalmodellen, wie z. B. für Implantatversorgungen, eingegrenzt, da hier in den meisten Fällen eine flexible Gingivamaske zur Herstellung des optimalen Zahnersatzes notwendig ist.

Als Alternative zu den o. g. Dentalmodellen finden im zunehmenden Maße auch stereolithografisch generierte Modelle Eingang in die digitale Prozesskette. Die zentral und industriell genutzte Stereolithografie hat längst dentale Praxisreife erreicht und bietet zusätzlich auch die Möglichkeit, weitere, flexible Materialien zu nutzen.

Um diese neuen Möglichkeiten exemplarisch aufzuzeigen, wurde das in Abbildung 1 dargestellte System für ein generativ gefertigtes Dentalmodell mit flexibler Gingivamaske entwickelt.[4,5] Dieses Modell besteht aus einem Modellgrundkörper, einer auf das Modellanalog abgestimmten Fixierung und einer Bodenplatte für die Aufnahme der flexiblen Gingivamaske. Diese Komponenten werden in einem Arbeitsgang (Abb. 2) aus FotoDent Model (Dreve, Unna) mittels einer Viper si2 (3D Systems, 3D Systems European Headquarters, Darmstadt) schichtweise aufgebaut (Abb. 3).

Auf die mit einer Arretierung versehene Bodenplatte wird die aus FotoDent Gingiva (Dreve) ebenfalls stereolithografisch generierte Zahnfleischmaske geklebt. Aus dieser Konstruktion ergeben sich mehrere Vorteile für den Zahntechniker. Zum einen wird die Handhabung durch die Steckfunktion vereinfacht und eine lagerichtige Positionierung der Gingiva sichergestellt, zum anderen zeichnet sich das flexible Zahnfleischmaskenmaterial durch gingivaähnliche Haptik aus, wodurch eine natürliche Kronengestaltung am Saumverlauf erzielt werden kann. Des Weiteren kann die am Modellanalog montierte Restauration ohne das Lösen der Abutmentschraube vom Modell abgenommen werden. Dadurch kann die Restauration von allen Seiten optimal bearbeitet und begutachtet werden.

Am Beispiel einer Implantatversorgung konnte erstmalig die vorteilhafte Funktionsweise eines solchen Dentalmodells im Rahmen der digitalen Prozesskette von den Autoren dokumentiert werden.

Der Patientenfall

Grundlage für eine digitale Prozesskette ist bekanntlich ein digitaler biometrischer Datensatz des Patienten. Bei der Herstellung implantatgestützter Restaurationen gibt es derzeit zwei Möglichkeiten zur Digitalisierung. Zum einen können Intraoralscans unter Zuhilfenahme spezieller Scanabutments mittels Intraoralscanner genommen werden und zum anderen können digitale Daten der Patientensituation durch das Scannen von Funktionsabformungen bzw. von Gipsmodellen erzeugt werden. Welche der oben benannten Verfahren genutzt werden können, ist gegenwärtig vom Hersteller des jeweiligen Implantatsystems abhängig.

Bei dem vorgestellten Patientenfall handelt es sich um eine Einzelzahnimplantatversorgung in Regio 36 mit dem BTI-Implantatsystem (Bti Deutschland GmbH, Pforzheim), bei welcher das Abformscanverfahren zur Datengenerierung genutzt wurde. Der Zahn 36 musste wegen einer apikalen Ostitis entfernt werden. Die gleichzeitige Neuanfertigung der Krone an Zahn 35 wurde aus Kostengründen verschoben.

Nach Herstellung der Abformung mittels Abformmaterial Impregum (3M Espe, Seefeld) (Abb. 4) wurde das Modellanalog auf den Abformpfosten geschraubt. Die Abformung wie auch das Modellanalog wurden zur Verbesserung des Scanbarbeit mit Blue Spray (Dreve) gepudert und anschließend mittels Laserscanner D700 (3 Shape, Kopenhagen, Dänemark) gescannt (Abb. 5).

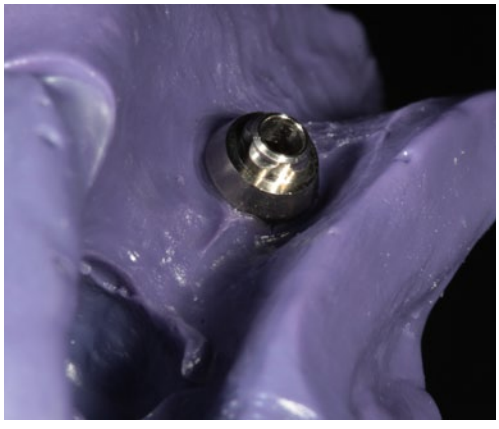


Abb. 4 Die Funktionsabformung mit Abformpfosten.



Abb. 5 Die Abformung mit Blue Spray (Dreve).

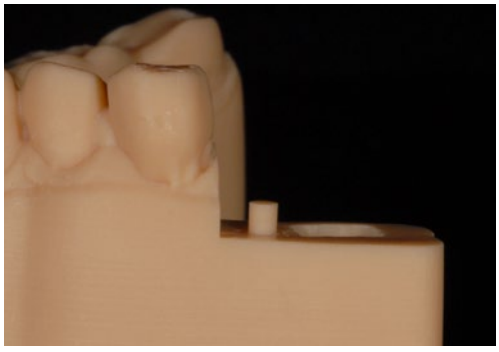


Abb. 6 Das Basismodell mit Arretierung für den Modellimplantatstecker und die abnehmbare Gingivamaske.

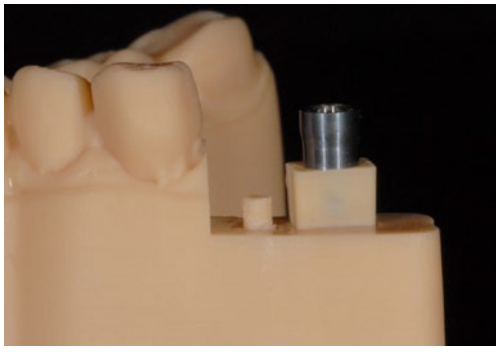


Abb. 7 Das Basismodell mit Modellimplantatstecker.



Abb. 8 Das Basismodell mit abnehmbarer Gingivamaske.

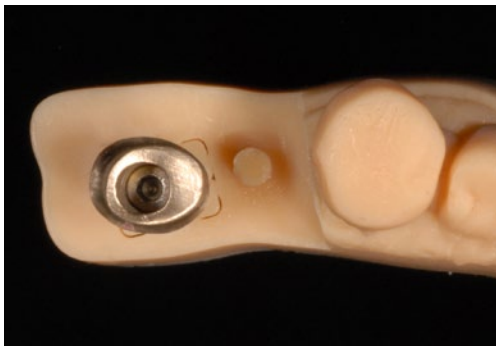


Abb. 9 Der Modellimplantatstecker mit Modellanalog und aufgepasstem individuellem Abutment.

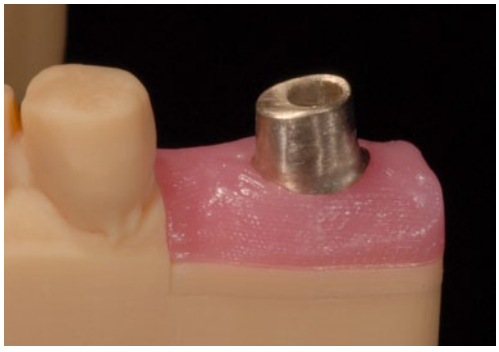
Abb. 10 Das Basismodell mit eingesetztem Implantatstecker.

Nach der Softwarebearbeitung der Scandaten wurde das virtuell designte Dentalmodell mittels Stereolithografieverfahren aus dem Material FotoDent Model (Dreve) hergestellt. Die gefertigten Einzelteile des Modells lassen sich wie im Baukastensystem ineinander stecken (Abb. 6 bis 8). Der Modellimplantatstecker wird mit dem eingeklemmten Modellanalog in das Basismodell gesetzt (siehe Abb. 7). Nach dem Aufkleben der Gingiva kann die Bodenplatte auf das Dentalmodell platziert werden (siehe Abb. 8). Zur Herstellung der Restauration kann nun das Arbeitsmodell modular durch Umstecken der abnehmbaren Teile ideal genutzt werden.

Das konfektionierte Abutment wird auf das Modellanalog geschraubt und kann zur Individualisierung einfach durch Entnahme des Modellimplantatsteckers modelliert werden. Nach dem Angießen des Abutments wird dieses auf dem Modellanalog bearbeitet (Abb. 9).

Das Aufpassen des Abutments wird durch das Handling mit dem grazil gestalteten Implantatstecker erleichtert, da schwierig zu erreichende Unterschnitte leicht mit dem Handstück bearbeitet werden können und der Übergangsbereich von Analog zum Abutment immer direkt im Blick des Technikers bleibt. Als praktisch erweist sich auch die Möglichkeit, den Implantatstecker einfach mit dem Abutment in das Basismodell stecken zu können (Abb. 10). Häufiges Umschrauben entfällt bei diesem Modellsystem komplett.

Durch Aufsetzen der Gingivamaske kann abschließend die Präparationskontur anhand des Gingivaverlaufs kontrolliert werden (Abb. 11 und 12).



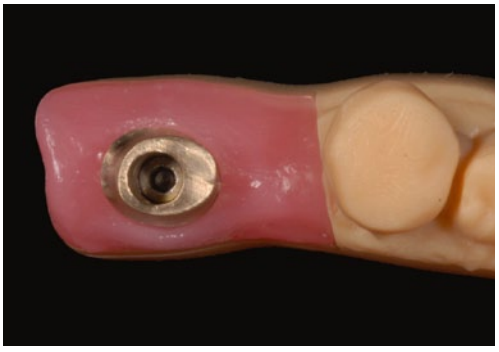


Abb. 11 und 12 Das Dentalmodell mit individuellem Abutment in der Seitenansicht und von oben.





Abb. 13 Die Implantatrestauration auf individuellem Abutment mit Implantatstecker.

Abb. 14 Die Implantatrestauration auf dem Dentalmodell mit flexibler, abnehmbarer Gingivamaske von vestibulär.

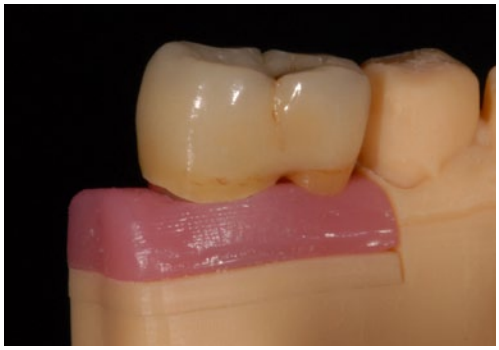




Abb. 15 Die Implantatrestauration auf dem Dentalmodell mit flexibler, abnehmbarer Gingivamaske von lingual.

Abb. 16 Die flexible Gingivamaske aus FotoDent Gingiva (Dreve) nach Verformung.

Im Folgeschritt wird eine VMK-Krone im herkömmlich Verfahren modelliert, gegossen, geschichtet und anschließend auf das Abutment und das Modell aufgepasst (Abb. 13 und 14).

Bei der Bearbeitung erweist sich die abnehmbare Gingivamaske als besonders vorteilhaft, da auch nach mehrmaligem Auf- und Abnehmen ein lagerichtiger Sitz durch die angebrachte Arretierung gewährleistet wird. Ein weiterer Pluspunkt ist die Haptik der flexiblen Gingivamaske, welche ebenfalls optisch natürlichem Zahnfleisch sehr nahe kommt.

Das Material zeichnet sich neben den hohen flexiblen Eigenschaften durch ein langsames Rückstellvermögen aus (Abb. 15). Das heißt, beim Aufdrücken der Sattelauflage auf die künstliche Gingiva bleibt die Krone, ähnlich wie bei realem Zahnfleisch, kurzzeitig in situ, bevor die Maske in die ursprüngliche Form zurückgeht (Abb. 16).

Das Nachbilden einer aus dem Zahnfleisch wachsenden imitierenden Restauration kann somit naturgetreu nachgestellt werden und führt zu sehr ästhetischen Resultaten



Abb. 17 Die BTI-Implantatschraube im Kiefer.

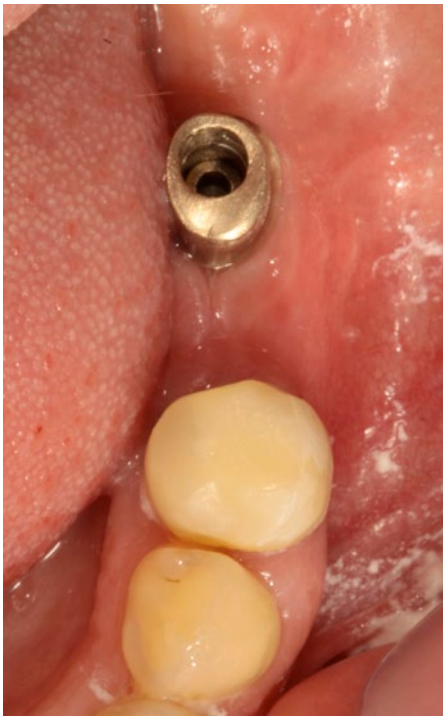


Abb. 18 Die BTI-Implantatschraube mit individuellem Abutment.



Abb. 19 Die zementierte VMK-Krone von okklusal.



Abb. 20 Die zementierte VMK-Krone von lingual.

(Abb. 17 bis 20). Die klinischen Bilder dokumentieren auf Grundlage des hier erstmalig vorgestellten Modellkonzepts, dass auf Basis der generativen Fertigung Restaurationen mit hoher Passgenauigkeit generiert werden können.

Ausblick und Fazit

Der dargestellte Arbeitsablauf überzeugte durch die Qualität der Materialeigenschaften ebenso wie durch die durchdachte Konzeption der einzelnen Bauteile. Die Handhabung

des Modells und die Präzision der gesamten Arbeit waren unter zahntechnischen und zahnärztlichen Gesichtspunkten bestechend und stellen aus Sicht der Autoren einen vielversprechenden Ansatz zur Implementierung generativ gefertigter Dentalmodelle auf Basis digitaler Daten dar.

Die zukünftige Leistungsfähigkeit von Intraoralscannern in Kombination mit kleineren, kostengünstigeren generativen Fertigungskonzepten wird das entscheidende Kriterium für die weitere Implementierung von Schichtbauverfahren in den digitalen Workflow sein. Darüber hinaus werden mit neuen Materialien für diese Verfahren weitere dentale Applikationen erschlossen werden. Ein exemplarischer Beitrag liefert dazu die vorliegende Arbeit am Beispiel eines neuartigen generativ hergestellten Dentalmodells für eine Implantatversorgung.

Literatur

1. Dietzel GTW. Von eEurope 2002 zur elektronischen Gesundheitskarte: Chancen für das Gesundheitswesen. Deutsches Ärzteblatt 2002;99:A 1417.
2. Klare M, Gischer F. Grundlagen des Rapid Prototyping für Dental-Applikationen, Teil 1. Dig Dent News 2009;3(10):30-34.
3. Klare M, Gischer F. Grundlagen des Rapid Prototyping für Dental-Applikationen, Teil 2. Dig Dent News 2009;3(11):18-24.
4. Klare M, Gischer F. Grundlagen von Schichtbauverfahren und deren Auswirkungen auf den Dentalmarkt: Quintessenz Zahntech 2009;35:1128-1140.
5. Schünemann J. Digitalisierung - Wo stehen wir? ZWL 2011;15(2):19-22.



ZTM Jan Schünemann
Lipper Hellweg 29, 33604 Bielefeld
E-Mail: info@lifestyle-dentistry.com

Dr. Michael Behm
Goldstraße 1, 33602 Bielefeld
E-Mail: behm@dr-behm.de

Markus Kaiser
XXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXX

Dr. rer. nat. Martin Klare, Dreve ProDiMed GmbH
Max-Planck-Straße 31, 59423 Unna
E-Mail: martin.klare@dreve.de