

# Maßgeschneiderter Workflow für Design und hybride Fertigung zwei- teiliger wurzelanaloger Implantate

Ein Beitrag von Prof. Dr. Andreas Dominik Schwitalla,  
Malek Abu-Gharbieh, Dominik Hasselder, Dr. Fabian Friess,  
Valeria Barwinski und Rafik Akhmad

**[FACHBEITRAG]** Wurzelanaloge Implantate (RAIs) stellen eine spezielle Form von Sofortimplantaten dar, deren Geometrie der natürlichen Zahnwurzel entspricht und die direkt nach der Extraktion in die Zahnalveole inseriert werden. Bisher waren RAIs überwiegend nur als einteilige Implantate verfügbar. Die geringe Primärstabilität während der Einheilphase machte eine recht aufwendige provisorische Versorgung erforderlich. Um hier einen alternativen Weg aufzumachen, etablierten die interdisziplinär verknüpften Autor/-innen einen digitalen Workflow zur Entwicklung zweiteiliger wurzelanaloger Implantate, der eine subgingivale Einheilung sowie eine konventionelle Versorgung analog zu marktüblichen zweiteiligen Implantatsystemen ermöglicht.

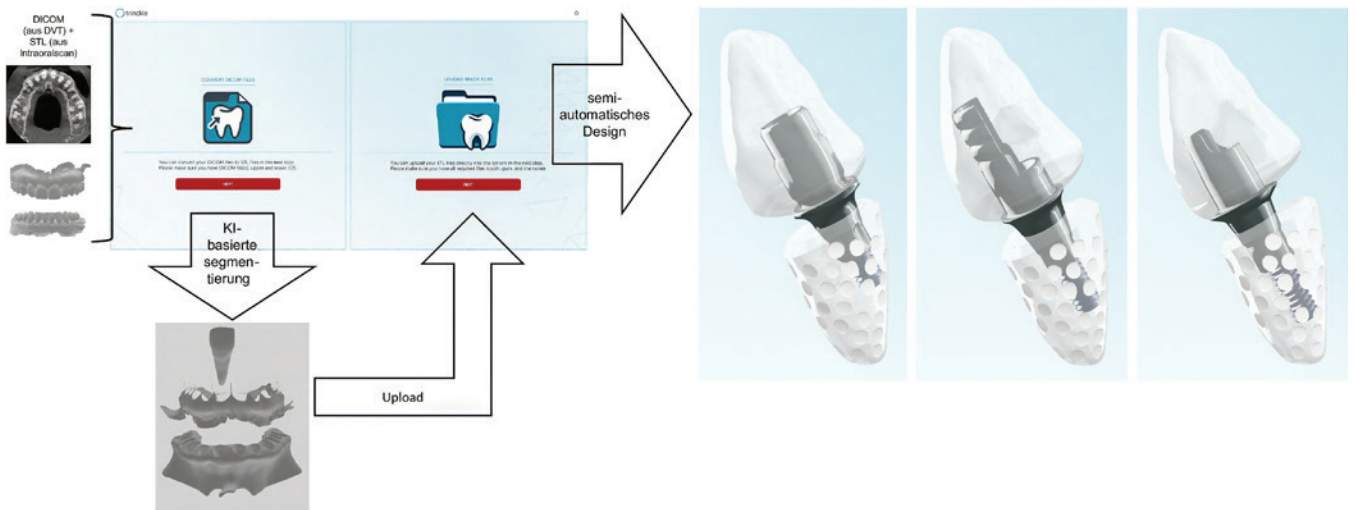
## Zielsetzung

RAIs repräsentieren eine besondere Form von Sofortimplantaten, wobei ihre Form der ursprünglichen natürlichen Zahnwurzel entspricht.<sup>1</sup> Entsprechend werden sie im Zuge der Zahnextraktion in die Zahnalveole gesteckt.<sup>1</sup> Wurzelanaloge Implantate waren vorrangig lediglich als einteilige Varianten erhältlich, weshalb sie aufgrund der geringen Primärstabilität während der Einheilphase vor Kaukräften geschützt werden müssen. Deshalb wurde eine provisorische „Schutzbrücke“ entwickelt, die die wurzelanalogen Implantate vor Kaukräften schützt und analog zu einer Klebebrücke am Nachbarzahn befestigt wird.<sup>2</sup> Diese Behandlungsmethode erscheint relativ komplex, zumal keine submuköse Einheilung beispielsweise im Rahmen von simultanen Knochenaugmentationen möglich ist. Daher war unser Ziel, einen Workflow zur Herstellung zweiteiliger RAIs zu entwickeln, die eine subgingivale Einheilung und eine konventionelle Versorgung analog zu marktüblichen zweiteiligen Implantaten ermöglichen.

- 1 Saeidi Pour R, Freitas Rafael C, Engler MLPD, Edelhoff D, Klaus G, Prandtner O, Berthold M, Liebermann A. Historical development of root analogue implants: a review of published papers. Br J Oral Maxillofac Surg. 2019 Jul; 57(6): 496–504.
- 2 Böse MWH, Hildebrand D, Beuer F, Wesemann C, Schwerdtner P, Pieralli S, Spies BC. Clinical Outcomes of Root-Analogue Implants Restored with Single Crowns or Fixed Dental Protheses: A Retrospective Case Series. J Clin Med. 2020 Jul 23; 9 (8): 2346.



Prof. Dr. Andreas Schwitalla  
Infos zum Autor



© Prof. Dr. Andreas Dominik Schwallalla

## Material und Methoden

Um die notwendigen Expertisen synergistisch zu bündeln, haben sich die TU Berlin (additive und subtraktive Fertigung) und die Charité – Universitätsmedizin Berlin (Implantologie) als Forschungseinrichtungen mit der Firma trinckle 3D (Softwareentwicklung) im Rahmen eines AMBER (Additive Manufacturing Berlin-Brandenburg) – Kooperationsprojektes, das durch das Programm zur Förderung von Forschung, Innovationen und Technologien (*ProFIT*) gefördert wird, zusammengeschlossen.

### 1. Schritt

Im ersten Schritt wurde eine cloudbasierte Planungssoftware entwickelt. Auf der Startseite der Software befindet sich auf der linken Seite das Menü für den ersten Schritt – hier kann man die DICOM-Daten und den STL-Datensatz des Intraoralscans hochladen. Anschließend nimmt die Software eine KI-basierte Bildüberlagerung und Fusionierung der Datensätze vor und führt darauf aufbauend eine automatische Segmentierung der anatomischen Strukturen (Zähne, Kieferknochen, Gingiva) durch (Abb. 1). Die Software ist so konzipiert, dass keinerlei patientenidentifizierende Daten (PID) in die Cloud gelangen und auch nicht dort gespeichert werden, um der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) zu entsprechen.

### 2. Schritt

Daraufhin wird ein Ordner heruntergeladen, der die STL-Datensätze dieser Strukturen enthält. Für die weitere Implantatplanung werden in einem zweiten Schritt neben der STL-Datei des zu ersetzenden Zahns die STL-Dateien des entsprechenden Kieferknochens und der entsprechenden Gingiva in die Software hochgeladen (im Menü auf der rechten Seite der Startseite der Software), um das Implantat zu designen.

### 3. Schritt

Anschließend müssen zwei Schnittebenen am STL-Datensatz des Zahnes, der in ein wurzelanaloges Implantat umgewandelt werden soll, festgelegt werden – zunächst in Höhe der Implantatschulter, die sich am Knochenniveau orientiert, da es sich bei dem zweiteiligen RAI um ein Bone Level Implantat mit konischem Implantat-Abutment-Interface (IAI) handelt und in Höhe der Basis der Implantatkrone. Diese Schnittebenen verlaufen orthogonal zur Zahnachse, die von der Software automatisch festgelegt wurde.

## 4. Schritt

Im nächsten Schritt kann dann aus einer integrierten Bibliothek ein kommerzielles Abutment ausgewählt werden. Dieses wird durch Verschieben in der x-y-Ebene und Rotation so positioniert, dass es das wurzelanaloge Implantat optimal mit der nachfolgenden Implantatkrone verbindet. Im Falle eines Austretens des Abutments oder der Abutmentschraube aus diesem vorgegebenen anatomischen Rahmen erfolgt eine Fehlermeldung, sodass die Position entsprechend korrigiert werden kann.

Zur Vergrößerung der Implantatoberfläche können Poren appliziert werden, deren Dichte, Tiefe und Durchmesser manuell angepasst werden können. In Bezug auf die Planung der Implantatkrone kann gegebenenfalls noch der Schraubenkanal abgewinkelt werden, sofern ein Abutment verwendet wurde, das einen abgewinkelten Kanal erlaubt.

Anschließend hat man noch die Möglichkeit, eine punktförmige Markierung bukkal an der Implantatschulter anzubringen. Diese dient der Orientierung und somit korrekten Positionierung des RAI bei Implantatinsertion.

## 5. Schritt

Nach Abschluss der Planung können dann die 3D-Daten sowohl für die additive als auch die nachfolgende subtraktive Fertigung heruntergeladen werden, um das zweiteilige wurzelanaloge Implantat zu fertigen. Die additive Fertigung ermöglicht die Umsetzung komplexester anatomischer Geometrien, wobei die subtraktive Nachbearbeitung eine präzise Umsetzung des implantatseitigen Implantat-Abutment-Interfaces und somit Passung zwischen konventionellem Abutment und Implantat gewährleistet. Entsprechend wurden die wurzelanalogen Implantate zunächst mittels pulverbettbasierten Laserstrahlschmelzens (Powder bed fusion of metal using a laser beam, PBF-LB/M) additiv aus Titan gefertigt und anschließend subtraktiv nachbearbeitet. Die Passgenauigkeit der Abutments konnte anschließend mithilfe von Mikro-CT-Scans beurteilt werden (Abb. 2).

© ZTM Robert Nicić



**Abb. 2:** Vollständiger Implantat-Abutment-Kronen-Komplex.

### Ergebnisse

Die Software, das heißt der vereinfachte Konstruktionsprozess, wurde erfolgreich etabliert und bietet dem Anwender eine zuverlässige und komfortable Anleitung zur Erstellung patientenspezifischer zweiteiliger wurzelanaloger Implantate. Darüber hinaus wurden sowohl die Ausgabedateien als auch die Fertigungsprozesse erfolgreich für die hybride Herstellung optimiert.

### Schlussfolgerung

Die Software ermöglicht es Anwendern, einfach und schnell das Design für ein zweiteiliges wurzelanaloges Implantat zu erstellen, das durch einen optimierten additiven-subtraktiven Fertigungsprozess hergestellt und mit einem handelsüblichen Abutment kombiniert werden kann. Die Machbarkeit muss nun in klinischen Studien validiert werden. ■

Die Autor/-innen sind an verschiedenen Einrichtungen tätig:

#### **Prof. Dr. Andreas Dominik Schwitalla**

Abteilung für Zahnärztliche Prothetik, Alterszahnmedizin und Funktionslehre | CharitéCentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde | Charité – Universitätsmedizin Berlin sowie Einstein Center Digital Future (ECDF) Robert-Koch-Forum

#### **Rafik Akhmad**

Abteilung für Zahnärztliche Prothetik, Alterszahnmedizin und Funktionslehre | CharitéCentrum 3 für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde | Charité – Universitätsmedizin Berlin

#### **Malek Abu-Gharbieh und Dominik Hasselder**

Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF) Technische Universität Berlin

#### **Dr. Fabian Friess und Valeria Barwinski**

trinckle 3D GmbH

Lernen Sie  
unseren Autor  
kennen



© Elmar Wurster | Charité – Universitätsmedizin Berlin



**Prof. Schwitalla, welche Entwicklungen halten Sie als Fachzahnarzt für Oralchirurgie in der Hart- und Weichgewebsregeneration derzeit für am wirkungsvollsten?**

Zur Augmentation von Hartgewebe eignet sich meines Erachtens die Schalentchnik mit autogenem Knochen am besten. Auch für die Augmentation von Weichgewebe erscheinen mir körpereigene Gewebe in Form von Bindegewebs- bzw. Schleimhauttransplantaten am geeignetsten.

**Welche Benefits erleben Sie in der Implantatchirurgie durch navigierte Verfahren?**

Die navigierte Chirurgie ermöglicht ein noch minimalinvasiveres Vorgehen, beispielsweise durch eine deutliche Reduzierung der OP-Dauer. Außerdem können Sofortversorgungen mit präoperativ angefertigter Prothetik leichter umgesetzt werden.

**Was wünschen Sie sich zukünftig für Ihre chirurgische Praxis?**

Es wären kommerzielle Ersatzmaterialien zur Augmentation von Hart- und Weichgewebe wünschenswert, die dieselben Ergebnisse wie autogene Materialien liefern, um die Gewebeentnahme und die damit assoziierte Komorbidität zu vermeiden. Basierend auf der digitalen Planung könnten auch diese dann, so wie es bereits mit anderen Augmentationsmaterialien durchgeführt wird, präoperativ patientenspezifisch angepasst werden. ■

**Prof. Dr. Andreas Schwitalla** Oberarzt und Fachzahnarzt für Oralchirurgie am Institut für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Charité – Universitätsmedizin Berlin

ANZEIGE



KFO Zentrum im Kaiserviertel, Dortmund



Zahnarztpraxis Dr. Exner, Gescher

## RÄUME DIE VERTRAUEN SCHAFFEN

Wir begleiten Sie kreativ und kompetent durch das gesamte Projekt. Von der Immobilien- und Standortauswahl, über Konzept und Architektur, bishin zur fertigen Praxis.

Großen Wert legen wir bei der Entwicklung der Räume auf Einmaligkeit, Ganzheitlichkeit und Nachhaltigkeit.

Wir planen und bauen Praxen, die Vertrauen und Wohlbefinden schenken. Und eine hohe ästhetische Qualität ausstrahlen.

Von Menschen – für Menschen

**RAUMZENIT**  
ARCHITEKTEN DESIGNER IMPULSGEBER

Poststraße 2  
57392 Schmallenberg

+49 (0) 2972 97484 - 0  
info@raumzenit.de



RAUMZENIT.DE