

R. Buser¹, M. Müller², T. Joda³

Intraorale optische Implantatabformung

Intraoral optical implant impression technique



R. Buser

Einführung: Die intraorale Scannertechnologie ist die entscheidende Schnittstelle zwischen den chirurgischen und prothetischen Behandlungsphasen zur Rehabilitation implantatprothetischer Versorgungen. Die digitale Abformung ermöglicht den Transfer der 3D-Implantatposition von der realen Patientensituation in eine virtuelle Matrix.

Material und Methode: Eine Vielzahl optischer Intraoral-scanner von diversen Systemherstellern wird aktuell zum Themenbereich der digitalisierten Abformung angeboten. Die Grundlage der physikalischen Aufnahmetechnologie ist die Triangulation oder die konfokale Mikroskopie. Weiterhin können Geräte mit Foto- und Videomodus unterschieden werden. Die Systeme generieren Datensätze von 3D-Oberflächenscans im STL-Format. Diese beschreiben analog zum konventionellen Prozess eine digitale Patientensituation. Nach systemspezifischer Datenaufbereitung erfolgt die CAD/CAM-basierte Konstruktion und die Herstellung von plastischen Modellen, falls benötigt, und die definitive Fertigung der implantären Suprakonstruktion isoliert für Abutment und Coping oder als einteilige Variante.

Ergebnisse und Schlussfolgerung: Zum gegenwärtigen Zeitpunkt können implantatprothetische Kronen- und Brückenrekonstruktionen reproduzierbar und mit hoher Qualität im digitalen Workflow angefertigt werden. Jedoch stellen einzelne Prozessabläufe (noch) „Insellösungen“ mit in sich geschlossenen Systemen dar. Für eine ubiquitäre Verbreitung des digitalen Workflows mit Vereinfachung der Prozesskette wären herstellerunabhängige offene Schnittstellen zum Austausch von digital generierten Datensätzen wünschenswert. (Dtsch Zahnärztl Z 2013, 68: 228–236)

Schlüsselwörter: Implantatologie, optische Abformung, intraorale Scan, Implantattransfer, Workflow

Introduction: The intraoral scanning technology is the crucial interface between the surgical and the prosthetic treatment steps for implant-supported rehabilitations. Digital impressions enable the transfer of the 3D implant position from the real patient situation to a virtual matrix.

Material and methods: Diverse intraoral optical scanners of various manufacturers are currently offered in the field of digital impression. The basis technology is triangulation or confocal microscopy. Furthermore, devices with photo and video mode can be distinguished. The systems generate 3D surface scans in the STL-format. These describe, analogous to the conventional process, a digital patient situation. The CAD/CAM-based construction and manufacturing process of physical casts, if required, are made after system-specific data preparation. The production of the implant suprastructure can be finalised isolated for abutment and coping or as a 1-piece reconstruction, respectively.

Results and conclusion: Today, implant prosthetic reconstructions can be fabricated reproducibly and with high quality in the digital workflow. However, many processes resemble “islands” with self-contained systems. Manufacturer-independent open interfaces for exchanging digitally generated data sets are desirable for an ubiquitous distribution of the digital implant workflow with simplification of the entire process chain.

Keywords: dental implants, optical impression, intraoral scan, implant transfer, workflow

¹ Section de Médecine Dentaire, Université de Genève, Rue Barthélemy-Menn 19, 1205 Genève, Suisse

² Zahnärztliche Privatpraxis, Johannibollwerk 19, 20459 Hamburg

³ Abteilung für Kronen- und Brückenprothetik, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Martinistr. 52, 20246 Hamburg und Universität Bern, Freiburgstr. 7, 3010 Bern, Schweiz

Peer-reviewed article: eingereicht: 19.02.2013, Fassung akzeptiert: 24.02.2013

DOI 10.3238/dzz.2013.0228-0236



Abbildung 1 Eine selektive Übersicht intraoraler optischer Scanner-Systeme für die Implantatabformung: Lava C.O.S. (3M ESPE, Seefeld, Deutschland), iTero (Align Technology Inc, San Jose, USA) und Bluecam (Sirona, Bensheim, Deutschland) (v. l. n. r.).

Figure 1 A selective overview of intraoral optical scanning systems for implant impression: Lava C.O.S. (3M ESPE, Seefeld, Germany), iTero (Align Technology Inc, San Jose, USA) und Bluecam (Sirona, Bensheim, Germany) (left to right.). (Abb. 1: 3M ESPE; Align Technology Inc; Sirona)



Abbildung 2 Arbeitsablauf im digitalen Workflow am Beispiel des iTero Scansystems.

Figure 2 Process chain in a digital workflow using the example of iTero scanning system.

(Abb. 2: T. Joda)

Einleitung

Interdisziplinäres Management von chirurgischen und prothetischen Behandlungssequenzen in Kombination mit der zahntechnischen Ausführung stellt die Voraussetzung für eine erfolgreiche Implantatrehabilitation dar [4, 6]. Nur durch konsequente Planung und Umsetzung der ineinander greifenden Behandlungsschritte können voraussagbare und langzeitstabile Ergebnisse erzielt werden [2, 10].

Hierbei stellt die Scannertechnologie die entscheidende Schnittstelle zwischen den einzelnen Therapiephasen dar. Die Grundlage bildet ein optischer Oberflächenscan von der intraoralen Patientensituation zur Erfassung der 3D-Implantatposition. Der gesamte Prozessablauf wird als „digitaler Workflow“ bezeichnet [12, 16].

Der Einsatz optischer Scannersysteme zur digitalen Implantatabformung ist mit hohen Erwartungen verknüpft: 1.) verbesserte Patientenakzeptanz und Komfortsteigerung; 2.) höhere Präzision der prothetischen Rekonstruktionen; 3.) potenzielle Kostenreduktion und Zeitersparnis sowohl für Patienten, als auch Behandler team [1, 3]. Jedoch haben bisweilen nur wenige klinische Studien die Genauigkeit und die Effizienz von digitalen Implantatabformungen untersucht [7, 13, 15].

Die Übersichtsarbeit hat die Ziele, Einblicke in die aktuellen Prozessabläufe

der intraoralen optischen Implantatabformung anhand von klinischen Patientenkasustiken aufzuzeigen, Indikationen und deren Grenzbereiche darzulegen und darüber hinaus einen Ausblick auf zukünftige Optimierungen im implantatprothetischen digitalen Workflow zu geben.

Systemübersicht

Eine Vielzahl optischer Intraoralscanner von diversen Systemherstellern wird aktuell zum Themenbereich der digitalisierten Abformung angeboten. Mit wachsendem Interesse und rasantem Tempo werden neue Geräte auf dem Markt lanciert und bestehende Systeme kontinuierlich weiterentwickelt.

Das immense Angebot erschwert den Einblick in die Thematik der digitalen Prozesskette und wirft gleichermaßen viele Fragen auf. Wann ist der richtige Zeitpunkt zum Einstieg in die digitale Zahnmedizin? Welches System bietet welchen Vorteil in welchem Praxiskonzept? Ist die Anwendung von Intraoralscannern evidenzbasiert und können präzise Ergebnisse realisiert werden?

Optische Scansysteme zur digitalen Abformung können anhand der physikalischen Aufnahmetechnologie in zwei grundlegende Verfahren unterteilt werden:

- Triangulation und
- konfokale Mikroskopie.

Bei der *Triangulation* wird ein Streifenmuster auf das zu scannende Objekt projiziert und anschließend die Verzerrung der erzeugten Streifen, die sich durch die Unebenheiten des 3D-Objekts ergeben, gemessen. Für die Vermeidung von Messfehlern durch die Aufnahme von unterschiedlichen Farbtönen ist es zwingend notwendig, das Objekt zu pudern.

Die Basis der *konfokalen Mikroskopie* stellt die Lasertechnologie dar. Hierbei wird das Objekt mittels Laserstrahlen schichtweise in einem Raster abgetastet. Dieses Verfahren kommt ohne Oberflächenpudering aus. Durch das Messen der verschiedenen Ebenen mit kleiner Tiefenschärfe wird eine sehr hohe Präzision erzielt.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal besteht im Aufnahmemodus der Intraoralscanner. Die bildgebenden Grundlagen sind die

- Fototechnik oder die
- Anfertigung von Filmaufnahmen im Videomodus.

Bei beiden Vorgehensweisen werden die erzeugten Daten auf dem Bildschirm zu einer virtuellen Patientensituation zusammengesetzt und können unmittelbar am Bildschirm beurteilt werden. Die klinische Handhabung im Foto- und Videoverfahren ist komplett verschieden und bei beiden Techniken mit einer Lernkurve verbunden.

Unabhängig von der Aufnahmetechnik mit Triangulation oder konfokaler Laserstrahlen und Foto- oder Video-

	Cadent ¹	3M Espe ²	Sirona ³
Markteinführung (Deutschland)	iTero: 2010	Lava C.O.S.: 2009 True Definition: 2013	Bluecam: 2009 Omnicam: 2012
Technik	Konfokaler Laser	Triangulation	Triangulation
Bildgebung	Foto	Video	Bluecam: Foto Omnicam: Video
Schnittstellen	STL-Format; Straumann CARES Digital Solutions; CAD/CAM Systeme STL-Basis	STL-Format; Lava C.O.S.: Lava; 3Shape; Dental Wings True Definition: CAD/CAM Systeme STL-Basis	STL-Format; CEREC MC XL Schleifeinheit; CAD/CAM Systeme STL-Basis
Hilfsmittel	pulverfreies Scannen	TiO ₂ -Puder für Scan notwendig	Bluecam: TiO ₂ -Puder für Scan notwendig Omnicam: Pulverfreies Scannen
Indikation	Inlay, Onlay, Veneer, Kronen; Kronen- und Brückengerüste; Implantatversorgungen: Abutments, Aufbauten (Straumann, Biomet 3i)	Inlay, Onlay, Veneer, Kronen; Kronen- und Brückengerüste; Implantatversorgungen: Abutments (Biomet 3i)	Inlay, Onlay, Veneer, Kronen; Kronen- und Brückengerüste
Arbeitsablauf	Intraoraler Scan; Datentransfer über Serviceprovider ad Labor; Industrielle Modellherstellung; Digitale Konstruktion; Externe Anfertigung Prothetik(-komponenten); Finalisierung im Labor	Intraoraler Scan; Datentransfer über Serviceprovider ad Labor; Industrielle Modellherstellung; Digitale Konstruktion; Externe Anfertigung Prothetik(-komponenten); Finalisierung im Labor	Intraoraler Scan Daten ad Labor; Industrielle Modellherstellung; Digitale Konstruktion; Interne Frästechnik Interne/externe Frästechnik
Kieferrelation	Chairside mit intraoralem Scan	Chairside mit intraoralem Scan	Chairside mit intraoralem Scan
Modell	Polyurethan Frästechnik Sextant/Quadrant, Full-Arch Integration von Implantatanalogen im Modell	Kunststoff auf Epoxyharz-Basis Stereolithografie Sextant/Quadrant, Full-Arch	Polyurethan (intern) Frästechnik (intern); Stereolithografie (extern) Sextant/Quadrant, Full-Arch
Kosten	Anschaffung (Software inklusive); Scanfee fallspezifisch; Modellherstellung	Anschaffung (Software inklusive); Scanfee fallspezifisch; Modellherstellung	Anschaffung (Software inklusive); „Pay Per Unit“ Ggf. Modellherstellung (s. Arbeitsablauf)

Tabelle 1 Selektive Übersicht drei differenter Scannersysteme für die intraorale optische Implantatabformung. ¹ Align Technology Inc, San Jose, USA; ² 3M ESPE, Seefeld, Deutschland; ³ Sirona, Bensheim, Deutschland.

Table 1 Selective overview of three different scan systems for the intraoral optical implant impression technique. ¹ Align Technology Inc, San Jose, USA; ² 3M ESPE, Seefeld, Germany; ³ Sirona, Bensheim, Germany.



Abbildung 3 Klinische Ausgangssituation von okklusal nach Implantatinsertion und Konditionierung der Emergenzprofile.

Figure 3 Initial clinical situation after implant placement and conditioning of the emergence profiles.

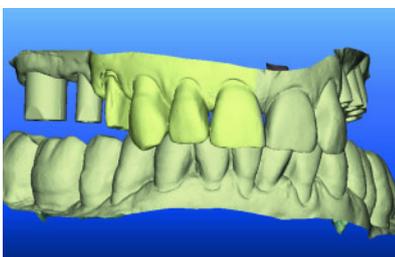
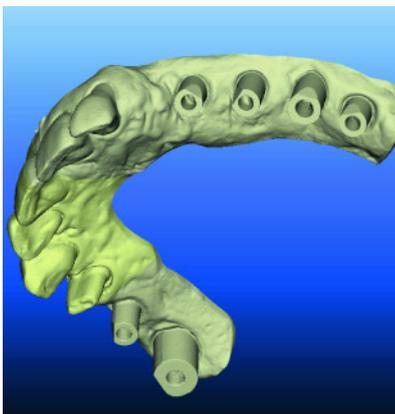


Abbildung 4a-c Eingebachte einteilige Scankörper im 2. Quadranten in Lateralansicht (a); Screenshots der digitalen Abformung mit montierten Scankörpern im Oberkiefer (b) sowie korrespondierender Kieferrelationsbestimmung (c).

Figure 4a-c Clinically inserted 1-piece scanbodies (a); screenshots of the digital impression with mounted scanbodies in the maxilla (b) and corresponding centric relation (c).

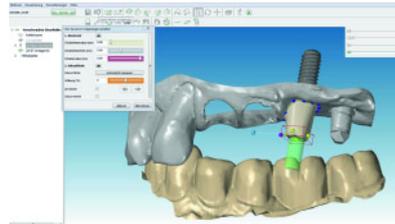


Abbildung 5a-b Konstruktionsbeispiel für das digitale Design eines individuellen Titan-Abutments in regio 26 (a); in die Modellanaloge eingesetzte Abutments auf dem digital erstellten Arbeitsmodell (b).

Figure 5a-b Design example for the digital construction of an individual titanium abutment in region 26 (a); inserted abutments into the implant analogous in a digitally created cast (b).

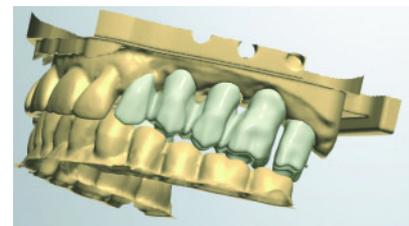
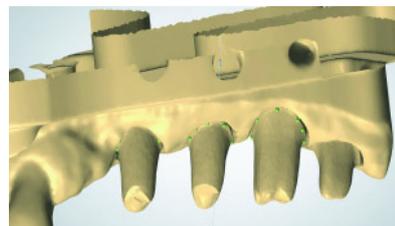


Abbildung 6a-b Auf das Arbeitsmodell übertragene Abutments im Laborscan (a) und die darauf digital konstruierten anatomischen Gerüste im 3D-Set-up der klinischen Situation (b).

Figure 6a-b Transferred abutments to the cast with a laboratory scanner system (a) and digitally designed anatomical suprastructures in the 3D set-up (b).

modi werden bei allen Verfahren digitale Datensätze der 3D-Oberflächenscans im STL-Format (Surface Tessellation Language) generiert. Das Prinzip beruht auf der Einteilung der zu scannenden Oberflächen in kleinstmögliche Einheiten von Dreiecken. Jedoch verwenden die verschiedenen Hersteller oft spezifisch angepasste STL-Formate, um zu verhindern, dass die erzeugten Daten mit anderen Komponenten von Fremdherstellern weiterverarbeitet werden können.

Daher werden sogenannte geschlossene von offenen Systemen differenziert. Die geschlossenen Systeme bieten eine vollständige Prozesskette, angefangen beim intraoralen Oberflächenscan als digitale Abformung, über computerunterstützte Softwarelösungen für die virtuelle Konstruktion (CAD-Prozess), bis zur Modellherstellung und Anfertigung prothetischer Rekonstruktionen (CAM-Prozess). Im Gegensatz hierzu erlauben offene Systeme die isolierte Durchführung spezifischer Teilabschnitte im digitalen Workflow und einen anschließenden Datenexport. Weiterführende Arbeitsschritte könnten dann über andere systemoffene Anbieter erfolgen.

Die Tendenz der Zukunft ist die Öffnung der Schnittstellen und die Option für Anwender, die einzelnen Partner im digitalisierten Workflow frei auswählen zu können. Die Konkurrenz der offenen Systeme nimmt stetig zu, bietet immer leistungsstärkere Lösungen mit flexibleren Prozessabläufen. Schon heute sind zunehmend Kollaborationen zwischen den unterschiedlichen Systemen mit ausgewiesenen Kernkompetenzen in den jeweiligen Bereichen zu beobachten.

In einer Übersicht werden selektiv Scannersysteme zur intraoralen Implantatabformung vorgestellt: iTero (Align Technology Inc, San Jose, USA), Lava C.O.S. und True Definition (3M ESPE, Seefeld, Deutschland), CEREC Bluecam und Omnicam (Sirona, Bensheim, Deutschland) (Abb. 1, Tab. 1).

Workflow

Die intraorale optische Implantatabformung ist als Schnittstelle zwischen den Behandlungsphasen von Chirurgie und prothetischer Rehabilitation zu verstehen. Insgesamt beinhaltet der Workflow 6 übergeordnete



Abbildung 7a-c Einprobe der individuellen Titan-Abutments in der Okklusalan-sicht (a) sowie Detailaufnahme des eingesetzten anatomisch-unterstützten ZrO_2 -Brückengerüsts im 2. Quadranten klinisch von lateral (b) respektive in der Modellsituation mit erneuter Registrierung (c).
Figure 7a-b Try-in of the individual titanium abutments from occlusal (a) and clinically detail of the mounted anatomically ZrO_2 -supported framework from lateral (b) and the transferred cast situation, respectively (c).



Abbildung 8a-b Klinische Abschluss-situation mit eingegliederten implantatverankerten Rekonstruktionen zur Rehabilitation bei bilateraler Freundsituation im Oberkiefer 3 Monate nach finaler Eingliederung (a, b).

Figure 8a-b Clinical situation with incorporated implant-supported reconstructions 3 months after final integration (a, b) (Abb. 3-8: M. Müller)

Arbeitsschritte: 1.) digitale Abformung des intraoralen Patientensitus mit Implantatscankörper unmittelbar am Behandlungsstuhl zur Generierung einer virtuellen 3D-Mundsituation einschließlich Kieferrelationsbestimmung; 2.) systemspezifische Datenaufbereitung, ggf. durch externe IT-Experten und Freigabe des Datensatzes für die Weiterverarbeitung; 3.) Datentransfer zu einem auswärtigen Fräszentrum zur Herstellung von Arbeitsmodellen; 4.) CAD-basierte (Computer-Aided-Design) Gestaltung und Anfertigung der implantären Suprakonstruktion – isoliert für Abutment und Coping oder als einteilige Konstruktion; 5.) individuelles Finalisieren der implantatverankerten Restauration im zahntechnischen Labor; 6.) Eingliederung der definitiven Implantatrekonstruktion (Abb. 2).

Patientenkasuistik #1 – Posteriore Implantatkronen und -brücke

Die erste Fallpräsentation zeigt die komplexe implantatprothetische Rehabilita-

tion bei Kennedy-Klasse-I im Oberkiefer (Abb. 3). Für den bilateralen Ersatz der verlorenen Molaren und Prämolaren ist ein Versorgungskonzept mit digital konstruierten individuellen Abutments und zementierbaren ZrO_2 -Kronen respektive -Brücke auf Bone Level und Tissue Level Implantaten (Straumann AG, Basel, Schweiz) geplant (Tab. 2).

Zur Vorbereitung der digitalen Implantatabformung werden intraoral Scankörper auf die Implantate montiert und anschließend die intraorale Situation mit dem iTero Scanner System (Align Technology Inc, San Jose, USA) vollständig optisch erfasst. Der Scanner generiert einen Oberflächendatensatz, der unmittelbar am Monitor als 3D-Bild dargestellt wird. Nach erster Berechnung kann das 3D-Modell im Detail kontrolliert und bei Bedarf die Scansequenz um zusätzliche Aufnahmen ergänzt, aber auch die klinische Situation korrigiert werden. In einem folgenden Arbeitsschritt erfolgt die habituelle Zuordnung des Unterkiefers zum Oberkiefer durch laterale Scans. Die hinterlegte Software ordnet an-

hand der Überlagerung von bereits erfassten Flächen die 3D-Modelle von Ober- und Unterkiefer in einem automatisierten Prozess zu.

Wenn alle Aspekte der intraoralen Situation eindeutig im Scanmodell erfasst sind, wird der Datensatz über das IT-Support-Center aufbereitet. Diese Daten können nachfolgend in eine 3D-Konstruktionssoftware im Labor weiter verwendet werden (Abb. 4).

In dem konkreten Patientenfall werden zunächst die digital generierten Oberflächen von Ober- und Unterkiefer zur Herstellung realer Arbeitsmodelle in einem externen Fräszentrum in Auftrag gegeben und mit den dafür vorgesehenen Implantatmodellanalogen vorbereitet. Zeitgleich können bereits individuelle Titan-Abutments digital konstruiert und in einem folgenden Schritt angefertigt werden (Straumann CARES Digital Solutions, Straumann AG, Basel, Schweiz). Die Individualisierung der Abutments ermöglicht die patientenspezifische Gestaltung des Emergenzprofils (Abb. 5).

Die definitiven Abutments werden anschließend auf das Primärmodell übernommen und nach einem Laborscan in den Originaldatensatz integriert. Auf dieser Grundlage können dann die ZrO_2 -Suprakonstruktionen für die zementierbaren Gerüste digital konstruiert werden (Abb. 6).

Nach der Herstellung der individuellen Titan-Abutments und der ZrO_2 -Gerüste erfolgt die klinische Einprobe; in diesem Fall kombiniert mit einer erneuten Registrierung in der auf den Langzeitprovisorien zuvor gesicherten Bisslage (Abb. 7).

In einem abschließenden zahntechnischen Arbeitsschritt werden die definitiven implantatverankerten Rekon-

Patientenfall #1 – Posteriore Implantatkronen und -brücke	
Sozio-demografische Daten	63 Weiblich Nicht-Raucherin
Implantat-spezifische Daten	Straumann Bone Level und Tissue Level FDI regiones 15, 16, 24, 25, 26, 27
Scansystem	iTero
CAD/CAM-Software	Straumann CARES Digital Solutions
Restaurationscharakteristika	Individuelle Straumann CARES Titan-Abutments Zementierte Implantatkronen 15, 16 Zementierte Implantatbrücke x-24-25-26-27

Tabelle 2 Patientenkasuistik #1: Posteriore Implantatkronen und -brücke.

Table 2 Case report #1: posterior implant crowns and fixed dental prostheses.

Patientenfall #2 – Anteriore Implantatkrone	
Sozio-demografische Daten	25 Jahre Weiblich Nicht-Raucherin
Implantat-spezifische Daten	Straumann Bone Level FDI regio 22
Scansystem	iTero
CAD/CAM-Software	Straumann CARES Digital Solutions
Restaurationscharakteristika	Individuelles Straumann CARES ZrO ₂ -Abutment mit anatomischem Design Verschraubte 1-teilige direkt verblendete Implantatkrone 22

Tabelle 3 Patientenkasuistik #2: Anteriore Implantatkrone.

Table 3 Case report #2: anterior implant crown. (Tab. 1–3: R. Buser, M. Müller, T. Joda)

struktionen mit auf das Gerüstsystem abgestimmten Verblendkeramiken fertiggestellt. Die klinische Abschlussituation zeigt ein harmonisches Behandlungsergebnis 3 Monate nach der finalen Eingliederung (Abb. 8).

Patientenkasuistik #2 – Anteriore Implantatkrone

Die zweite Fallpräsentation zeigt die Prozessabläufe einer Einzelimplantat-

versorgung in der ästhetischen Zone. Geplant ist die implantatprothetische Rehabilitation bei Nichtanlage in regio 22 mit einem Bone Level Implantat (Straumann AG, Basel, Schweiz) und einteilig verschraubter Krone mit individualisiertem ZrO₂-Abutment (Tab. 3).

Die klinische Situation nach Implantatfreilegung und sukzessiver Weichgewebekonditionierung weist ein entzündungsfreies periimplantäres Interface auf. Das individualisierte Emer-



Abbildung 9a–c Klinische Ausgangssituation vor (a) und nach (b) Weichgewebekonditionierung mit implantatverankertem Provisorium in regio 22 sowie korrespondierender intraoraler Zahnfilmaufnahme (c).

Figure 9a–c Initial clinical situation before (a) and after (b) soft tissue conditioning with implant-supported temporary reconstruction in region 22 and corresponding intraoral radiographic recording (c).

genzprofil veranschaulicht eindrücklich die Diskrepanz zum initial runden Durchtrittsprofil in Analogie zu den vorfabrizierten Standardimplantatkomponenten (Abb. 9). Der Transfer der 3D-Implantatposition einschließlich supraimplantärer Weichgewebsstrukturen ist mit einem intraoralen optischen Scansystem vorgesehen. Für die exakte Übertragung der individuellen Mukosaarchitektur vom definierten Emergenzprofil wird eine Negativform vom

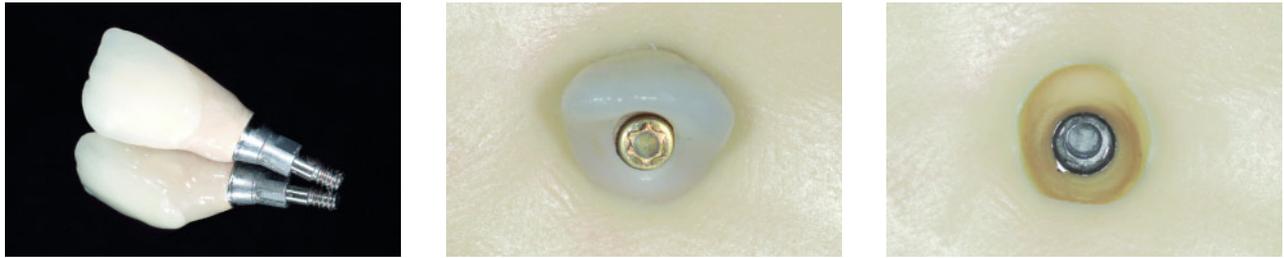


Abbildung 10a-c Technische Übertragungssequenz für den Transfer der individuellen Patientensituation über das implantatgetragene Provisorium (a), zur Herstellung einer Negativform vom definierten Emergenzprofil mit Laboranalog und Silikon Schlüssel (b, c).

Figure 10a-c Technical sequence for the transfer of the individual patient's condition with the implant-supported provisional crown (a), to create a negative mold of the defined emergence profile with an implant analogue and silicon matrix (b, c).



Abbildung 11a-c Modifikation eines standardisierten (a) zu einem individualisierten Scankörper (b) und das daraufhin *in situ* eingebrachte Übertragungshilfsstück zur Stabilisierung der supraimplantären Mukosa während der intraoralen digitalen Implantatabformung mit der „Individualisierten Scankörper Technik“ (IST) 12 (c).

Figure 11a-c Modification of a standard (a) to an individualized scan body (b) and clinically inserted transfer auxiliary to stabilize the supra-implant mucosa during intraoral digital implant impression taking with the „Individualized Scanbody Technology“ (IST) 12 (c).

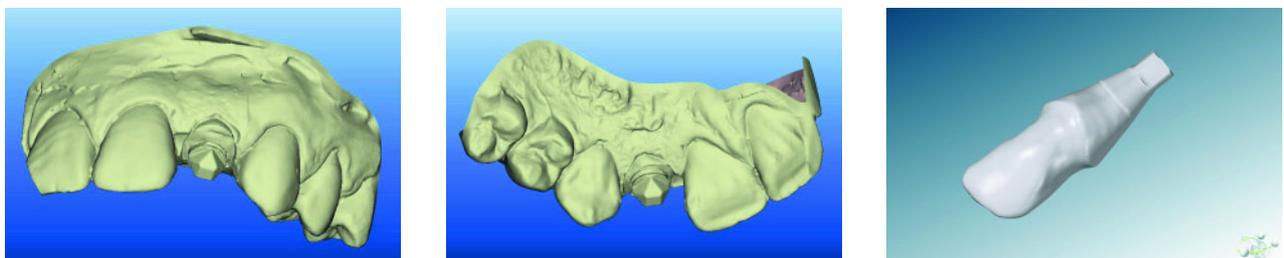


Abbildung 12a-c Digitale Implantatabformung mit iTero Scan System von vestibulär (a) und palatinal (b) sowie der virtuellen Konstruktion einer ZrO_2 -Suprastruktur mit anatomisch unterstützendem Design (c).

Figure 12a-c Digital implant impression with iTero scan system from frontal (a) and lingual (b) as well as virtual construction of a ZrO_2 supra-structure with anatomically supporting design (c). (Abb. 9–13: T. Joda)

Provisorium mit Laboranalog und Silikon Schlüssel angefertigt (Abb. 10). Folgend wird der Scankörper mit rundem Querschnitt auf den Patientensitus durch Antragen von Kunststoff mit der „Individualisierten Scankörper Technik“ (IST) angepasst [8] (Abb. 11).

Nach Abschluss der Vorbereitungen erfolgt die digitale Implantatabformung mit dem iTero Scan System. Der *in situ* eingebrachte modifizierte Scankörper gewährleistet durch die Individualisierung eine Stabilisierung der supraim-

plantären Mukosa während der digitalen Abformung. Im zahntechnischen Labor kann dann anhand des STL-Datensatzes für die Modellsituation sowohl die 3D-Implantatposition als auch der kritische Grenzbereich von geplanter Restauration zur supraimplantären Mukosa exakt detektiert werden. Anschließend wird die virtuelle Konstruktion der ZrO_2 -Implantat-Abutment-Suprastruktur mit anatomisch unterstützendem Design vorgenommen und die Daten zu einem externen Fräs Zentrum

gesendet, wo die Herstellung erfolgt (Straumann AG, Basel, Schweiz) (Abb. 12).

In einem finalen Arbeitsschritt erfolgt die Fertigstellung der einteilig verschraubten ZrO_2 -Implantatkronen im zahntechnischen Labor. Hierbei wird die vollkeramische Suprastruktur nach intraoraler Wax-up-Ästhetikprobe direkt mit Verblendmaterial individuell vollendet. Die klinische Abschlussituation mit eingegliedert definitiver Implantatrestauration in re-

gio 22 zeigt ein harmonisches Behandlungsergebnis (Abb. 13).

Diskussion

Die Digitalisierung des zahnärztlichen Arbeitsplatzes bietet den großen Vorteil Patienteninfos und Modellsituationen bei minimalem räumlichen Platzbedarf auf Speichermedien zu deponieren [12, 14]. Im Zusammenhang mit der Intra-oralscannertechnologie ist es möglich, mit vorbereitenden Arbeitsschritten zu beginnen und in einer folgenden Behandlungssitzung fortzuführen. Und auch bei notwendigen Wiederholungsabformungen ist lediglich der fehlerhafte Bereich neu zu scannen und in den existenten Datensatz zu integrieren, ohne dass die gesamte Abformung erneut durchgeführt werden muss [3].

Jedoch ist gegenwärtig die Abformung mit plastischen Materialien wie Silikon oder Polyether in Kombination mit auf das jeweilige Implantatsystem abgestimmten Transferpfosten nach wie vor der Standard. Maßgebliche Nachteile dieses Verfahrens sind vergesellschaftet mit Beeinträchtigungen für den Patienten wie Erstickungsgefühl, Würgegefühl und Geschmacksirritation. Weiterhin setzt sich das konventionelle Implantatabformungsverfahren aus einer Vielzahl technischer Einzelschritte zusammen, die zu einer möglichen Fehlersummation führen können, wie ungenaue Dimensionstreuung des plastischen Werkstoffs, fehlerhafte Löffelpositionierung im Patientenmund, Ablösen partieller Bereiche des Abformwerkstoffs vom Löffel und Inkonsistenzen bei der Gipsverarbeitung [1].

Von dem klassischen Vorgehen unterscheiden sich die Herstellungsschritte im digitalisierten Workflow mit „kontaktfreier“ Implantatabformung. Neuere Entwicklungen ermöglichen durch die Verknüpfung von modernen CAD/CAM-Fertigungstechniken mit dentalen Hochleistungswerkstoffen die Anfertigung von vollanatomischen monolithischen Implantatrekonstruktionen [11]. Mit Hilfe des digitalen Workflows lassen sich intensive Aufschichtverfahren und Brennzyklen vermeiden und somit die zahntechnische Arbeitszeit für die Herstellung von Implantatrestorationen

wesentlich reduzieren. Darüber hinaus bestehen materialspezifische Vorzüge in der digitalen Prozesskette, dadurch dass eine konstante Produktionsqualität durch Verwendung von industriell bereitgestellten Rohlingen erzielt werden kann, welche im konventionellen Verfahren nicht erreicht wird. Wiederholungsarbeitsschritte können ohne erneute Abformung – anhand der gespeicherten Daten – problemlos durchgeführt werden.

Die Präzision optischer Intraoral-scanner ist mit den konventionellen Techniken in Laboruntersuchungen vergleichbar [5]. In Zukunft müssen aber diese initialen In-vitro-Ergebnisse in noch folgenden klinischen Studien bestätigt werden.

Der neue Workflow mit digitalen Medien erfordert sowohl auf zahnärztlicher als auch auf zahntechnischer Seite ein Umdenken im Arbeitsablauf auf Patientenebene und in der Gesamtkoordination, da nicht unmittelbar die Daten zur Weiterverarbeitung vorliegen. Weiterhin muss der Umgang mit der intraoralen Scannertechnologie im gesamten zahnärztlichen Team einschließlich Dentalassistentin in einer Trainingsphase neu erlernt und kontinuierlich trainiert werden [9].

Von einem wirtschaftlichen Standpunkt aus betrachtet, sind die Anschaffungskosten für den Scanner selber zu berücksichtigen. Herstellerabhängig können unter Umständen Software-Updates und/oder fallspezifische Kosten entstehen. In diesem Zusammenhang ist indessen einzukalkulieren, dass in Analogie zum konventionellen Verfahren mit plastischen Werkstoffen ebenfalls pro Patient materialspezifische und zahntechnische Kosten, für individuelle Abformlöffel, anfallen [14].

Zusammenfassung

Insgesamt ist mit dem digitalen Workflow eine breite Anwendung implantatverankerter Restaurationen mit reproduzierbar hoher Qualität realisierbar. Jedoch ist die Anzahl der Implantatsysteme, die eine vollständige digitale Prozesskette anbieten, limitiert. Weiterhin stellen viele Arbeitsabläufe (noch) „Insellösungen“ mit in sich geschlossenen Systemen dar. Für eine

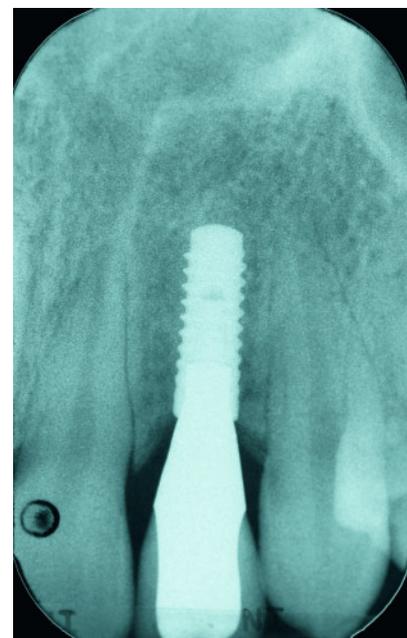
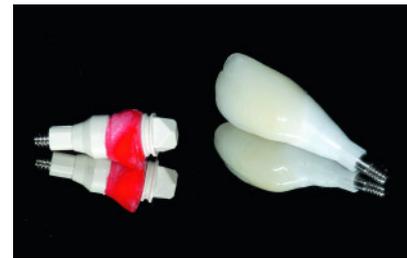


Abbildung 13a–c Einteilig verschraubte ZrO_2 -Implantatkrone im Vergleich zum individualisierten Scankörper (a); klinische (b) und röntgenologische (c) Abschlussituation mit finaler Restauration regio 22.

Figure 13a–c One-piece screw-retained ZrO_2 -implant crown in comparison to the individualized scan body (a); clinical (b) and radiographic (c) situation with final reconstruction in region 22.

ubiquitäre Verbreitung des digitalen Workflows mit Vereinfachung der Prozesskette ist es aus Sicht der Anwender Prothetik – Chirurgie – Zahntechnik wünschenswert, dass in Zukunft mehrere Implantatsysteme zur Verfügung stehen und dabei herstellerunabhängig offene Schnittstellen zum Aus-

tausch von digital generierten Datensätzen angeboten werden. In diesem Zusammenhang würde auch ein einheitliches Datenformat sowohl für Oberflächenscans als auch 3D-Röntgenaufnahmen eine wesentliche Vereinfachung in der gesamten digitalen Prozesskette darstellen. **DZZ**

Interessenkonflikt: Tim Joda ist im Rahmen von Forschungsprojekten sowie als Referent für die Straumann AG, Basel, Schweiz tätig. Die anderen Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

Korrespondenzadressen

Ramona Buser
Section de Médecine Dentaire
Université de Genève
Rue Barthélemy-Menn 19
1205 Genève, Suisse
Ramona.Buser@unige.ch

Dr. med. dent. Tim Joda, MSc
Oberarzt
Abteilung für Kronen- und
Brückenprothetik
Universität Bern
Freiburgstr. 7, 3010 Bern, Schweiz
Tel.: +41 (0)31 632-0910
tim.joda@zmk.unibe.ch

Literatur

1. Birnbaum NS, Aaronson HB: Dental impressions using 3D digital scanners: virtual becomes reality. *Compendium of continuing education in dentistry* 2008;29:494, 496, 498–505
2. Chee WW: Treatment planning and soft-tissue management for optimal implant esthetics: a prosthodontic perspective. *J Calif Dent Assoc* 2003;31: 559–563
3. Christensen GJ: Impressions are changing: deciding on conventional, digital or digital plus in-office milling. *J Am Dent Assoc* 2009;140:1301–1304
4. Cooper LF: Objective criteria: guiding and evaluating dental implant esthetics. *J Esthet Restor Dent* 2008;20: 195–205
5. Ender A, Mehl A: Full arch scans: conventional versus digital impressions— an in-vitro study. *Int J Comput Dent* 2011;14:11–21
6. Garber DA: The esthetic dental implant: letting restoration be the guide. *J Oral Implantol* 1996;22:45–50
7. Glassman S: Digital impressions for the fabrication of aesthetic ceramic restorations: a case report. *Pract Proced Aesthet Dent* 2009;21:60–64
8. Joda T, Wittneben JG, Bragger U: Digital implant impressions with the „Individualized Scanbody Technique“ for emergence profile support. *Clinic Oral Implants Res* 2013
9. Lee SJ, Gallucci GO: Digital vs. conventional implant impressions: efficiency outcomes. *Clinic Oral Implants Res* 2013;24:111–115
10. Lewis MB, Klineberg I: Prosthodontic considerations designed to optimize outcomes for single-tooth implants. A review of the literature. *Australian dental journal* 2011;56:181–92
11. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J et al.: A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J* 2009; 28:44–56
12. Patel N: Integrating three-dimensional digital technologies for comprehensive implant dentistry. *J Am Dent Assoc* 2010;141(Suppl 2):20S–4S
13. Persson AS, Oden A, Andersson M et al.: Digitization of simulated clinical dental impressions: virtual three-dimensional analysis of exactness. *Dent Mater* 2009;25:929–936
14. Schoenbaum TR: Dentistry in the digital age: an update. *Dentistry today* 2012;31:108, 110, 112–113
15. Syrek A, Reich G, Ranftl D et al.: Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. *J Dent* 2010;38: 553–559
16. Touchstone A, Nieting T, Ulmer N: Digital transition: the collaboration between dentists and laboratory technicians on CAD/CAM restorations. *J Am Dent Assoc* 2010;141(Suppl2): 15S–9S