

Ein Überblick: Röntgenschablonen für die verschiedenen 3D-Planungsprogramme

3D-Planungsprogramme machen Implantationen für den Zahnarzt einfacher, v. a. durch das so genannte Backward-Planning. Die Programme erfassen sowohl die anatomischen Strukturen des Patienten als auch die geplante Prothetik. Somit wird das angestrebte Ergebnis in der Software bereits visualisiert und dient als Ausgangspunkt für eine erfolgreiche Planung. Die angestrebte prothetische Rekonstruktion wird über eine Scanschablone eingescannt. Diese Schablonen können allerdings höchst unterschiedlich aussehen und je nach Softwareprogramm mehr oder weniger aufwendig sein, wie im Folgenden nachzulesen ist. Manche Programme benötigen Scanschablonen mit speziellen Referenzpunkten, andere arbeiten ohne Referenzpunkte und manche Software sieht vor, die Scanschablone als Bohrschablone weiterzuverwenden. In jedem Fall ist eine gute Scanschablone unverzichtbar.

Für die navigierte, dreidimensionale Implantologie sind schon früh verschiedene Vorgehensweisen definiert worden¹⁻⁴. Seit der Einführung von Sofortversorgungen mit Sofortbelastung und den großen Fortschritten in der digitalen Volumentomographie sind die Möglichkeiten der navigierten, dreidimensionalen Technik weit gediehen und sie werden allgemein geschätzt⁵. Eine Scanschablone (Röntgenschablone) ist unverzichtbar für das so genannte Backward-Planning und damit essenziell für eine fundierte und ausgereifte Implantatplanung. Die Scanschablone ist der Schlüssel zum Erfolg, denn für die Darstellung der Gegebenheiten im

Mund ist in jedem Softwareprogramm zunächst die Abbildung der funktionellen Zahnreihen mit der Einarbeitung der erzielbaren prothetischen Rehabilitation unabdinglich. Nur durch eine gut funktionierende Scanschablone können die Software und ihre speziellen Programmfunktionen optimal genutzt werden. Allen 3D-Programmen auf dem Markt ist ein einheitliches Vorgehen gemein, das sich in verschiedene Abschnitte aufteilen lässt:

1. Mock-up (Wax-up) mit Herstellung der Scanschablone
2. Anfertigung des Scans (Computertomographie oder digitales Volumentomogramm)

3. programmtypische Umwandlung
4. Herstellung der Implantatschablone (Transfer der Planung)

In diesem Beitrag soll der erste Schritt der dreidimensionalen Planung, die Herstellung der Scanschablone, bei den unterschiedlichen Softwareprogrammen beleuchtet werden.

Da es 3D-Planungssoftwares verschiedener Hersteller gibt, unterscheiden sich auch die Anforderungen an die Scanschablone. Man unterscheidet die stereolithographiebasierten und die modellbasierten Implantatschablonen, was auf die Scanschablonen selbst keinen Einfluss hat, da der Aufbau einer Röntgenschablone immer einen röntgengebenden Teil mit einer prothetischen Komponente beinhaltet und für die Darstellung im Röntgenbild gebraucht wird. Allerdings müssen verschiedene Wege in der Herstellung für verschiedene Programme eingehalten werden. Die Tabelle 1 listet die einzelnen Hersteller mit den verschiedenen Verfahren auf. Anzumerken ist, dass die Programme ExpertEase (DENTSPLY Friadent, Mannheim), Facilitate (Astra Tech, Lausanne, Schweiz) und NobelGuide (Nobel Biocare, Göteborg, Schweden) vom Prinzip der Software Simplant (Materialise Dental, Leuven, Belgien) folgen. CeHa-ImPlant (Med 3D/C. Hafner), CamlogGuide (Camlog Biotechnologies, Basel, Schweiz) folgen Med3D (Med3D, Heidelberg; Software: Implant3D); SkyPlanX (Bredent-medical, Senden) folgt dem Konzept



Prof. Dr. Christopher Schramm

1994 zahnärztliches Examen, Gießen, freie Praxis
 1996 Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung für Zahnersatz, Poliklinik für Prothetik, Universität Heidelberg
 2000 Übernahme eigener Praxis in Heidelberg
 2005 Mitgründung eines interdisziplinären Arbeitskreises für CMD
 2005 Gründung des Unternehmens „Die Implantatschablone“ (Diagnostik und Planung für Implantationen)
 2006 Professur Universität San Francisco, Quito Ecuador
 Schwerpunkte: Implantologie, Prothetik, Defektprothetik, Funktionstherapie

Produkt	Hersteller	Obligatorische Hilfsmittel für Schablone	Tiefenanschlag für Implantat-schablone
Simplant	Materialise	Nein	Ja
ExpertEase	DENTSPLY Friadent	Nein	Ja
Facilitate	Astra Tech	Nein	Ja
Impla3D	Schütz Dental	Nein	Ja
IVS	IVS	Ja	Nein
CeHa-Implant	C. Hafner	Ja	Ja
Camlog Guide	CAMLOG	Ja	Ja
NobelGuide	Nobel	Nein	Ja
Med3D	Med 3D	Ja	Nein
SkyPlanX	bredent medical	Ja	Ja

Tab. 1: Verschiedene Hersteller – verschiedene Hilfsmittel.

der Firma IVS (Chemnitz; Software: coDiagnostix). Die Firma Schütz Dental (Rosbach; Software: Impla3D) geht eigene Wege.

Grundsätzlich muss eine Scanschablone aus einem röntgensichtbaren Material hergestellt werden. Man kann dafür gewöhnlich Bariumsulfat ($BaSO_4$) in unterschiedlichen Konzentrationen für unterschiedliche Anforderungen verwenden.

Die Schablone kann aber auch aus einem fertig gemischten, röntgensichtbaren Kunststoff (Modifier Polymer, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) hergestellt werden. Die einzelnen Komponenten darin sind so abgestimmt, dass die Mischung relativ homogen bleibt. Dieser Kunststoff (Pulver und Flüssigkeit) besteht aus:

- **Modifier Monomer:** Methylmethacrylat und Dimethacrylat 99 Gew.%, Katalysator und Stabilisatoren 1 Gew.%.
- **Modifier Polymer:** Polymethylmethacrylat und Bariumsulfat > 99 Gew.%, Katalysator < 1 Gew.%.

Das konstante Mischungsverhältnis kann beim Fertigprodukt nicht geändert werden und somit können unterschiedliche Zonen im Scan (Computertomogramm/digitales Volumentomogramm) nicht unterschiedlich dargestellt werden.

Möchte man sich diese Möglichkeit erhalten, kann man einen röntgensichtbaren Kunststoff selbst herstellen. Für die Eigenmischung hat sich folgende Zusammensetzung bewährt: für die Zahnreihe mischt man Bariumsulfat ($BaSO_4$; sehr günstig über die Apotheke zu beziehen) in einem Verhältnis von 20 : 80 zum Polymer und für die Schablonenbasis in einem Verhältnis von 10 – 15 zu 90 bzw. 85 zum Polymer an. Das Mischen und Ausgießen sollte zügig geschehen, da das $BaSO_4$ die Tendenz hat, sich im flüssigen Kunststoff im Resinbecher abzusetzen und zu verklumpen (Abb. 1). Gutes Mischen und vorheriges Zerkleinern des Bariumsulfats, ggf. mit Mörser und Pistill, verbessern das Ergebnis. Die Klumpenbildung wird zudem um ein Vielfaches herabgesetzt, wenn das $BaSO_4$ durch ein Puderzuckersieb gesiebt und eingestreut wird.

Daneben gibt es neuerdings die Möglichkeit, fertig angemischten Kunststoff aus der Kartusche zu benutzen (TemRay, Schütz Dental, oder X-resin, bredent medical). Die Röntgensichtbarkeit wird über Ytterbiumfluorid bzw. $BaSO_4$ gewährleistet – analog zu den meisten marktüblichen Kompositen. Der große Vorteil dieser Systeme ist die homogene standfeste Mi-

schung. Die Scanschablone ist gewissermaßen ein Kunststoffmonoblock (Abb. 2).

Ein Trick für jede Zahnarztpraxis und für das Labor ist die Verwendung eines temporären Kronen- und Brückenmaterials für die Duplizierung von Total- oder Teilprothesen (z. B. Luxatemp, DMG, Hamburg). Manche Materialien sind im Röntgenbild gut sichtbar, obwohl in der Gebrauchsanweisung nicht auf diese Eigenschaft hingewiesen wird. Wenn eine Totalprothese schnell chairside dupliziert werden soll, kann neben dem erwähnten obigen Material auch diese Materialgruppe zu Hilfe genommen werden. Die Duplikation wird mithilfe von Laborknetsilikon durchgeführt. Luft einschließen sollten dabei vermieden werden, allerdings stören diese bei der Planung nur selten (Abb. 3–5).

Will man die angestrebte prothetische Lösung perfekt im Röntgenbild abbilden, sollten spezielle Zahngarnituren verwendet werden. Für die Schablone stehen SR IvoTAC für den



Abb. 1: Typisches Bariumsulfat-„Klumpen“ bei einer selbstangemischten Konzentration.



Abb. 2: Kunststoffmonoblock in Acryl fixiert aus Temray, mit Hilfsbohrungen für die Übertragung ins Programm.



Abb. 3: Duplikat einer getragenen Totalprothese, deren Parameter stimmen, mit einem Kronen- und Brückenmaterial (Luftabschluss nahe der Umschlagfalte).

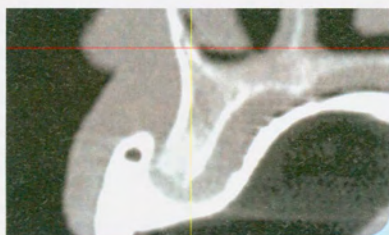


Abb. 4: Ergebnis im CT aus Abb. 3, Sagittalschnitt.

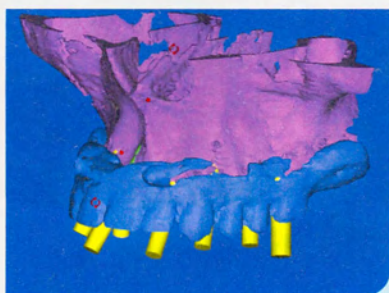


Abb. 5: Softwaretechnische Umsetzung – virtuelles 3D-Bild aus Abbildung 4, Luftabschluss deutlich zu erkennen, trotzdem gute Planung möglich (hier mit Burn-out-Zylindern).

Frontzahnbereich und SR OrthoTAC für den Seitenzahnbereich (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) zur Verfügung. Ein Vorteil bei der Verwendung dieser Zähne besteht darin, dass eine perfekte Anprobe vorgenommen werden kann, da die Zahn-garnituren den Mustern der gängigen Kunststoffzähne folgen. Die Ivoclar-Zähne bestehen nach Herstellerangaben aus Polymethylmethacrylat und Bariumsulfat (BaSO_4) zu 66 bis 67 Gew.%; Methylmethacrylat und Di-

methacrylat 33 bis 34 Gew.%. (plus Katalysator und Stabilisatoren mit 0,5 Gew.%). Sie sind fabriktechnisch so gut durchmischt, dass perfekte Darstellungen sowohl im Scan (DVT, CT) als auch in der Software erzielt werden können (Abb. 6 u. 7). Die Methoden der Herstellung müssen immer auf die programmspezifischen Anforderungen modifiziert werden.



Abb. 6: Mock Up mit OrthoTac- und VivoTac-Zähnen.

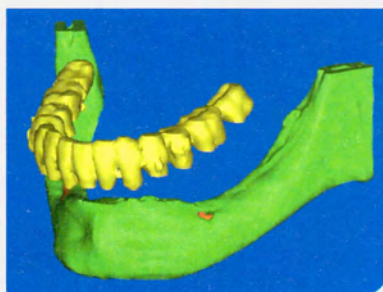


Abb. 7: Ergebnis aus dem CT, gute Darstellung der Zähne im Einzelnen.

Scanschablone bei Simplant, ExpertEase und Facilitate

Das Programm Simplant (Fa. Materialise, Leuven, Belgien) erlaubt durch die optische Umwandlung des Situs in das Programm, die Scanschablone optional zu fertigen. Es sind keine programmspezifischen Hilfsmittel für die Scanschablone nötig. Gleiches gilt für die Programme Expert Ease (Fa. DENTSPLY Friadent, Mannheim) und Facilitate (Fa. Astra Tech, Lausanne, Schweiz). Allerdings ist es für ein erfolgreiches Backward-Planning sinnvoll, eine Scanschablone mit rekonstruierter Zahnreihe aus radioopaken Kunststoff herzustellen. Dabei stehen alle oben angeführten Methoden zur

Verfügung. Eine radioopake Darstellung der Basis ist obligat, wenn man später transgingival implantieren möchte. Die Scanschablone wird in diesem System verworfen, also für die Implantation nicht verwendet. In der Abbildung sieht man die Schablone und das spätere Ergebnis im Scan (Abb. 3–5).

Scanschablone bei Impl3D

Bei Impl3D (Fa. Schütz Dental, Rosbach) ist die Scanschablone als optimierte Rekonstruktion obligat. Für die Umwandlung der Daten muss eine Scanschablone mit Zwei-Millimeter-Bohrungen im massiven Kunststoff vorliegen. Entweder wird also die bestehende, der späteren Rekonstruktion entsprechende Prothese mit radioopaken Kunststoff dupliziert oder eine „optimierte“ Aufstellung mit Einbeziehung aller präprothetischen Ergebnisse (z. B. Modifizierung der Kieferrelationslage, Bisshebung/-senkung) umgesetzt. Hier ist es sinnvoller, keine radioopaken Zähne zu verwenden, da gut mit Vorwällen gearbeitet werden kann und die Schablone als Monoblock für die Bohrungen vorliegen sollte. Die Scanschablone wird später nicht zur Bohrschablone umgewandelt und kann so für den Scan optimal gestaltet werden, was besonders gut für „Würger“ ist, denn großvolumige Hilfsmittel in oder an der Schablone entfallen. Die Schablone wird mit Zwei-Millimeter-Bohrungen im Parallelbohrgerät vom Labor nach Eichung im systemeigenen RaySet versehen oder im IPS (Implantat Position System) gebohrt (Abb. 8). Diese Bohrungen sind dann der optimierte Vorschlag des Labors aus rein technischer Sicht, der nur der prothetischen Rekonstruktion folgt. Später werden nicht alle Bohrungen für die Bohrhülseberechnung verwendet, sondern nur die nächstliegenden. Hilfreich ist eine Acrylplatte, die parallel zur Kauebene angebracht wird und es dem Radiologen erheblich erleichtert, ohne Gantry (Winkel) zu scannen (röntgen) (Abb. 8). Gantrywinkel müssen für die Planungen grundsätzlich vermieden werden.

Scanschablone bei Med3D | Die Scanschablone ist für das Programm Med3D (Fa. Med3D, Heidelberg) mit dem bekannten „Legosteine“ obligat. Außerdem sollten Guttapercha-Markierungen eingearbeitet werden, die als zusätzliche Korrespondenzpunkte eine noch genauere Zuordnung erlauben. Der Legosteine wird dabei in die Schablone hinter die Mitte eingebaut und fixiert. Der Zahnkranz sollte bis auf die Schleimhaut umfassend mit radioopakem Kunststoff nach obigen Kriterien ausgefüllt sein, für die Basis und sonstigen Bestandteile nimmt man glasklaren Kunststoff. Bewährt haben sich Sichtfenster, die bei Restbeziehung eine Sitzkontrolle gewährleisten, denn die Umarbeitung zur Bohrschablone ist grundsätzlich möglich (Abb. 9).

Scanschablone bei Nobelguide | Die Schablone für Nobelguide (Fa. Nobel Biocare, Göteborg, Schweden) sollte aus Kunststoff oder aus einem Material mit ähnlicher Dichte hergestellt werden. Der Kunststoff sollte über die bukkalen, lingualen Flächen bis zum Zahnäquator (cave: unter sich gehende Flächen) reichen. Der Gaumen muss nur bei Bedarf, d. h. aus Stabilitätsgründen abgedeckt werden. Die Schablone sollte bis ins Vestibulum reichen und den Retromolarraum umgreifen, die Aufstellung muss ideal sein. Hilfreich sind

Kontrollfenster, die bei Restzahnbestand den genauen Sitz überprüfbar machen. Kernstück der Schablone sind sechs Guttapercha-Marker. Das sind Bezugspunkte, die mit 1,5 Millimetern Durchmesser und höchstens 1 Millimeter tief gebohrt und dann mit Guttapercha ausgefüllt werden. Jeweils zwei Bezugspunkte sollten lingual bzw. palatinal an den Eckzähnen, zwei disto-bukkal an den Prämolaren und zwei im Molarbereich positioniert werden. Außerdem sollten sie auf verschiedenen Niveaus anbracht sein, jeweils im Verhältnis zur okklusalen Ebene, denn die Marker gewährleisten später die Übertragung in das Programm und sind für die Präzision verantwortlich. Die Scanschablone wird später verworfen, d. h. die Bohrschablone wird neu hergestellt, unter Umständen kann man aber die Vorwälle aus Silikon benutzen. Bei zahnlosen Kiefern sollte ein Bissregistrator hergestellt werden, mit dem beim Radiologen die korrekt eingesetzte Schablone überprüft werden kann. Die Schablone muss separat geröntgt werden, damit die Daten überlagert und vom Programm zugeordnet werden können, deshalb ist es auch hier besonders wichtig, ohne Gantry zu scannen.

Scanschablone bei coDiagnostix | Auch für coDiagnostix von IVS (Fa. IVS, Chemnitz) ist eine Scanschablone mit herstellertypischen Anforderungen (Titanpins) obligatorisch. Nach der idealen Aufstellung und der

Einrichtung im herstellereigenen, charakteristischen Tisch gonyX ist die Anbringung von drei Titanpins im jeweils palatinalen Anteil neben den Wänden der Zähne obligatorisch; jeweils zwischen dem ersten und zweiten Prämolaren und zwischen Zahn 11 und 21. Die Pins werden mit den korrespondierenden Hilfsstrukturen im Programm CoDiagnostix abgeglichen und fungieren dann als Referenzstrukturen zur Übertragung. Die Scanschablone wird später zur Bohrschablone umgearbeitet.

Scanschablone bei SkyPlanX | Die Scanschablone für das neue Programm SkyPlanX (bredent medical, Senden) ist ähnlich der Schablone von coDiagnostix aufgebaut. Der idealen Aufstellung und dem „Nullen“ im systemeigenen Tisch folgt die Anbringung von röntgenopaken Vollkörperpfehlröhrchen, die palatinal im Prämolarenbereich und Frontzahnbereich angebracht werden. Die radioopake Zahnreihe sollte bis auf die Gingiva reichen und mit klarem Kunststoff umfasst werden (Abb. 10). Für einen festen und unverrückbaren Sitz v. a. beim unbezahnnten Kiefer sorgen vorher in den Mund eingebrachte Hilfsimplantate (MiniSky, bredent medical), die entsprechenden Strukturen in der Schablone zugeordnet werden. Ein Tiefenanschlag ist mit dem Sky Implantatsystem möglich. Die Röntgenschablone kann – muss aber nicht – zur Bohrschablone umgearbeitet werden.

Diskussion | Verschiedene Programme benutzen unterschiedliche Hilfsmittel zur „Übersetzung“ der ge-

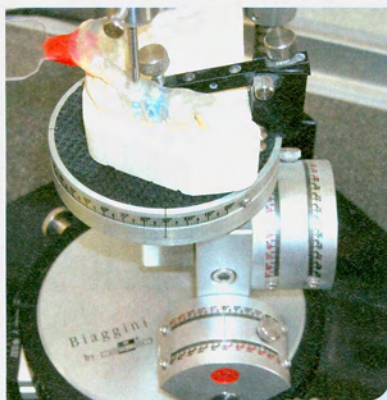


Abb. 8: Acrylplatte für Gantry 0° und Bohrungen im RaySet, Impl3D, Fa. Schütz. (Foto: Dentallabor Röcker GmbH, Sandhausen)



Abb. 9: Charakteristischer „Legosteine“ mit Kunststoffmonoblock; mit freundlicher Genehmigung von Zahntechnik Stachulla & Partner, Augsburg.

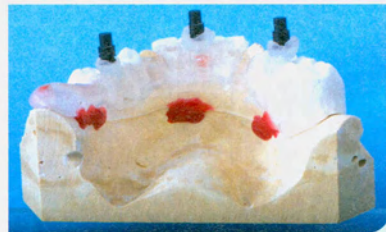


Abb. 10: SkyPlanX – Scanschablone von dorsal mit typischen röntgenopaken Kunststoffpfehlröhrchen – nicht im Bild: MiniSky Implantate zur besseren Abstützung im nicht bezahnnten Kiefer.

wonnenen Daten für eine Schablone in das jeweilige Programm. Die Hilfsmittel spannen sich vom „klassischen“ Legostein bis zu kleinen Titanpins. Zu bedenken ist, dass von der Genauigkeit der Übertragung die Präzision der Implantatschablone abhängt. Letztlich sind diese Hilfsmittel der Schlüssel zum Erfolg. Dementsprechend sollte bei der Anschaffung ein genauer Vergleich dieser notwendigen Hilfsmittel stattfinden, nicht zuletzt eine Abschätzung der Kosten bzw. der Möglichkeit der Wiederverwendbarkeit.

Das einzige System, das theoretisch ohne Hilfsmittel auskommt, ist Simplant, da für die Herstellung der Implantatschablone ein Matching statt-

findet, also ein Übereinanderlegen der realen Strukturen und der Schablone im Röntgenbild. Zur Beurteilung der Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Systeme muss eine anders gelagerte Betrachtung und Diskussion stattfinden, die nicht Gegenstand dieses Beitrages sind.

Die Entscheidung, navigiert zu implantieren, zieht bei den oben angesprochenen Systemen grundsätzlich eine enge Zusammenarbeit mit dem Labor nach sich. Der Zahnarzt sollte sich darüber im Klaren sein, dass nicht allein ein Computertomogramm bzw. ein digitales Volumentomogramm für die navigierte Implantologie ausreicht, sondern diese immer präoperativ durchdacht werden muss. Ge-

nau hier liegt die Chance, durch eine gute interdisziplinäre Zusammenarbeit zu einem optimalen Ergebnis zu kommen. Nicht zuletzt können die Daten, die entweder durch das Labor oder Fremdanbieter aufbereitet werden, präoperativ genau analysiert und dementsprechend kritisch gewürdigt werden.

Die Literaturliste kann unter www.spitta.de/ZMK-Literaturliste abgerufen werden.

Korrespondenzadresse:

Prof. (ECU) Dr. Christopher Schramm
Scheffelstraße 2
69120 Heidelberg
www.implantatschablone.de