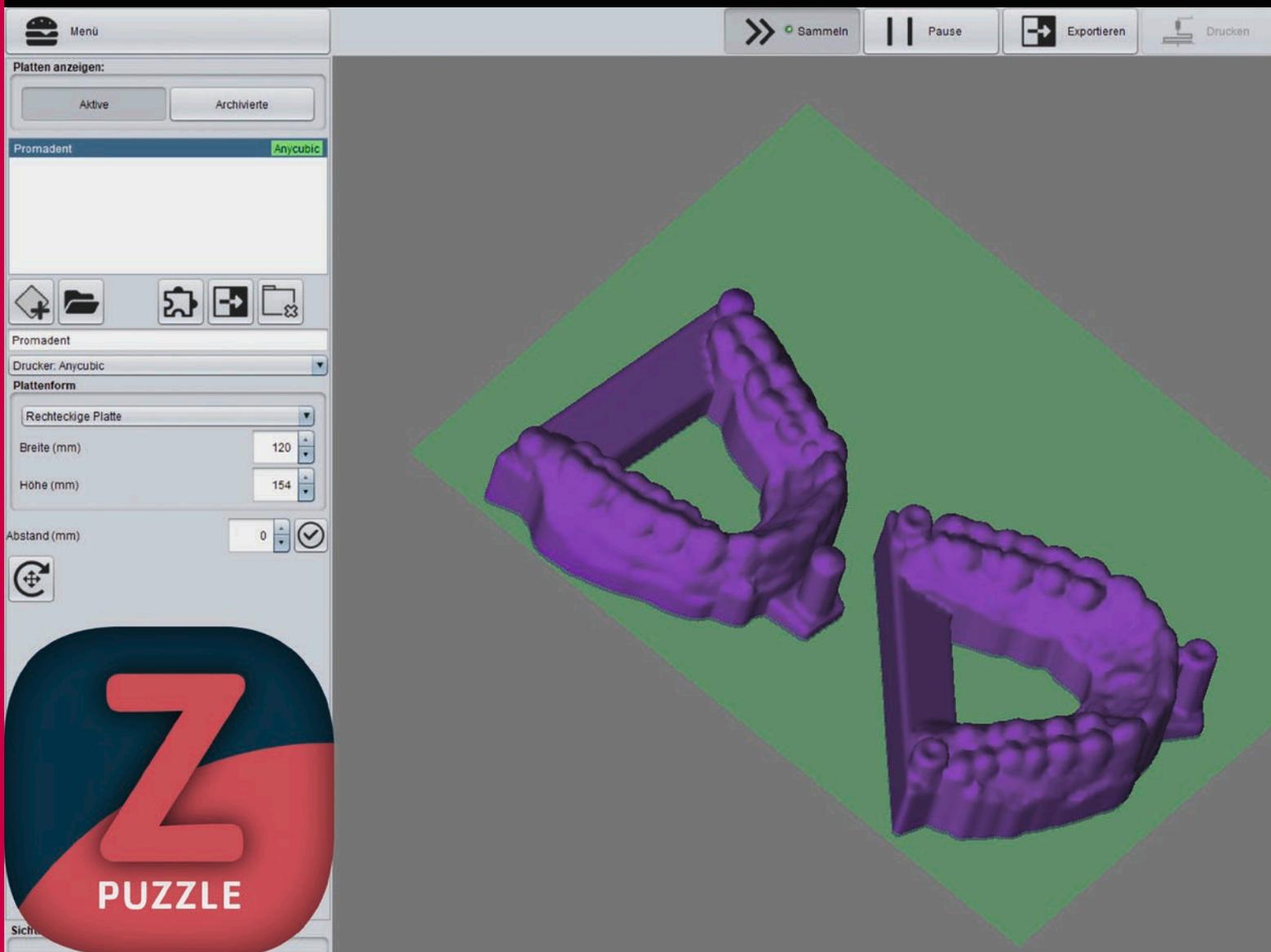


Wie künstliche Intelligenz die digitale Modellherstellung revolutioniert

Arbeiten mit dem Software-Modul BiSS PUZZLE

KIMBERLY KRÜGER



Einleitung

Der Arbeitsalltag wird immer herausfordernder: Fachkräftemangel, Termindruck, Kostendruck, gestiegene Patientenansprüche – viele dieser Aspekte gehören im Dentallabor zum Alltag. Hinzu kommt der rasante digitale Wandel. Die Entscheidung für die Digitalisierung im Dentallabor steht heute nicht mehr zur Diskussion, denn das Herstellen von Zahnersatz oder kieferorthopädischen Apparaturen findet kaum noch ohne digitale Techniken statt. 15 bis 20 Prozent der Zahnarztpraxen in Deutschland sind beim Intraoralscanner angelangt, Tendenz schnell steigend. Das zwingt Dentallabore quasi dazu, sich dieser Entwicklung anzunehmen. Doch wo reiht man sich ein, wo ist der Anfang und wo wird das alles hinführen? In diesem Beitrag steht die Modellherstellung als Baustein innerhalb der zahntechnischen Prozess-

kette im Fokus. Speziell geht es um die digitale Modellherstellung, die mit einem neuen Modul innerhalb der BiSS Dental Suite Software (Fa. Promadent; Nienhagen) vollständig automatisch stattfinden kann (Abb. 1).

Bevor auf die Modellherstellung im Detail eingegangen wird, soll für den nächsten Meilenstein innerhalb des digitalen Wandels sensibilisiert werden: Automation von Prozessen. Denn Automatisierung wird zur Lösung für viele der genannten Herausforderungen.

Automatisierung von Prozessen: Zahntechnik 4.0

Ob Fachkräftemangel oder Kostendruck, je mehr Prozesse automatisiert werden – ohne Abstriche in der Qualität und Individualität akzeptieren zu müssen – desto besser. Während Digitalisierung meist darauf abzielt, Arbeiten digital zu unter-

Zusammenfassung

Während Intraoralscanner und digitale Modellherstellung im Labor- sowie Praxisalltag mehr und mehr ankommen, setzen Software-Entwickler bereits auf den nächsten Meilenstein: Automation. Die Fa. Promadent (Nienhagen), Spezialist für dentale digitale Prozesse, hat bereits vor Jahren eine Software für die Modellherstellung (BiSS Dental Software Suite) herausgebracht. Nun wurde mit BiSS PUZZLE ein neues Software-Modul integriert, das auf Basis von künstlicher Intelligenz (KI) die digitale Modellherstellung nahezu vollständig automatisiert. Der Beitrag zeigt Möglichkeiten und Potenziale auf.

Indizes

Modellherstellung, digitaler Workflow, künstliche Intelligenz, Automatisierung

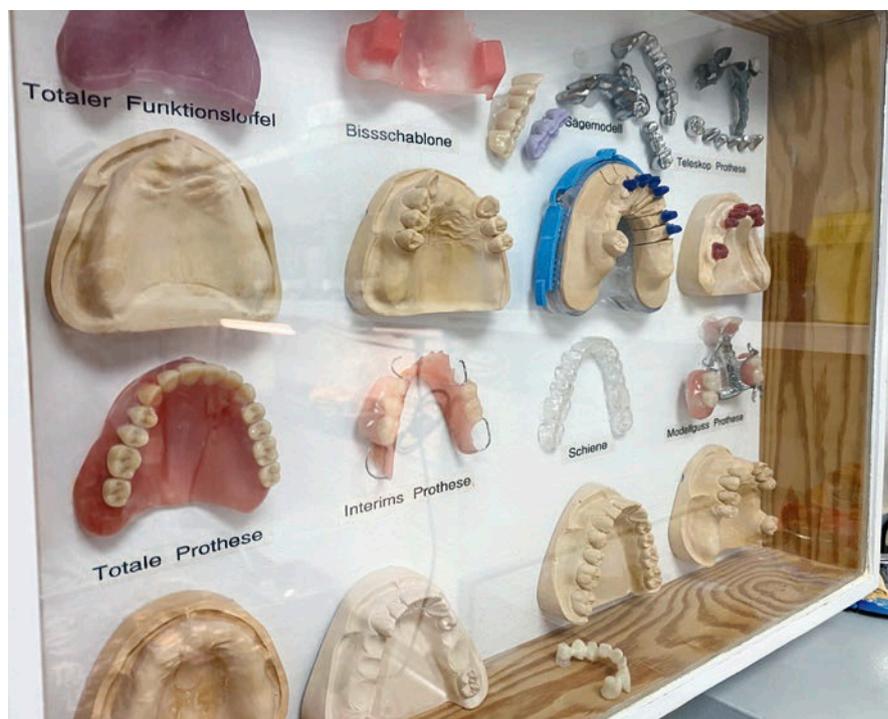


Abb. 1 Modelle aus dem zahntechnischen Arbeitsalltag.

stützen, lässt sich durch Automatisierung ein eigenständiger Ablauf abbilden. So lassen sich Prozesse verschlanken. Es kann effizienter gearbeitet werden. Sich stetig wiederholende Aufgaben werden von der Maschine übernommen, während sich die Zahntechnikerin oder der Zahntechniker auf das Wesentliche der Arbeit (zum Beispiel funktionell-ästhetischen Zahnersatz) konzentrieren kann. Basis für Automation ist meist künstliche Intelligenz (KI). Die direkte Einbindung von KI-Technologien in eine Software ermöglicht die Automation einzelner Prozesse bis hin zur End-to-end-Automatisierung. Und auch wenn beide Begriffe oft in einem Satz genannt werden: Künstliche Intelligenz und Automatisierung sind zwei verschiedene Themen.

- Künstliche Intelligenz ist eine Technologie. Sie ist darauf programmiert, in vorhandenen Datenmengen nach Mustern zu suchen, daraus zu lernen und sich auf Grundlage dessen

anzupassen. Die Maschine simuliert menschliche Intelligenzprozesse.

- Automatisierung ist Teil einer Software, der vorprogrammierten Regeln folgt. Monotone und sich wiederholende Vorgänge werden automatisiert, ohne dass menschliches Eingreifen notwendig ist.

Auch in der Zahnmedizin werden zunehmend KI und Automation eingesetzt. Ein Beispiel aus dem Praxis- und Laboralltag ist der Intraoralscan und die anschließende digitale Modellherstellung. Mit BiSS PUZZLE – eine Applikation der BiSS Dental Suite Software – lässt sich die digitale Modellherstellung nahezu komplett automatisieren. Während bislang das Drucken des Modells mit vielen Einzelschritten verbunden war, ist der Prozess mit BiSS PUZZLE vollautomatisch. Alle Arbeitsgänge erfolgen ohne zusätzlichen personellen Aufwand (Abb. 2).

Verschiedene Wege zum Modell

Mit zunehmender Etablierung von Intraoralscannern verändern sich die Abläufe im Dentallabor. Teilweise kann ausschließlich auf Basis eines virtuellen Modells (modellfrei) gearbeitet werden. In vielen Situationen bleibt jedoch das physische Modell unverzichtbar (zum Beispiel für das Verblenden von Restaurationen). Hierfür muss aus den Intraoralscandaten ein physisches Modell hergestellt werden, möglichst ohne Umwege und externe Dienstleister. Der 3-D-Druck bietet alle Möglichkeiten, doch der Weg bis zum druckbaren Datensatz hält Hürden bereit. Wichtig für eine smarte Gipsküche ist eine Software, die schnell und komfortabel zum Ziel führt und möglichst alle offenen Datenformate verarbeiten kann. Eine robuste und intuitive Modellsoftware ist BiSS Dental Software Suite (Promadent), eine Stand-alone-

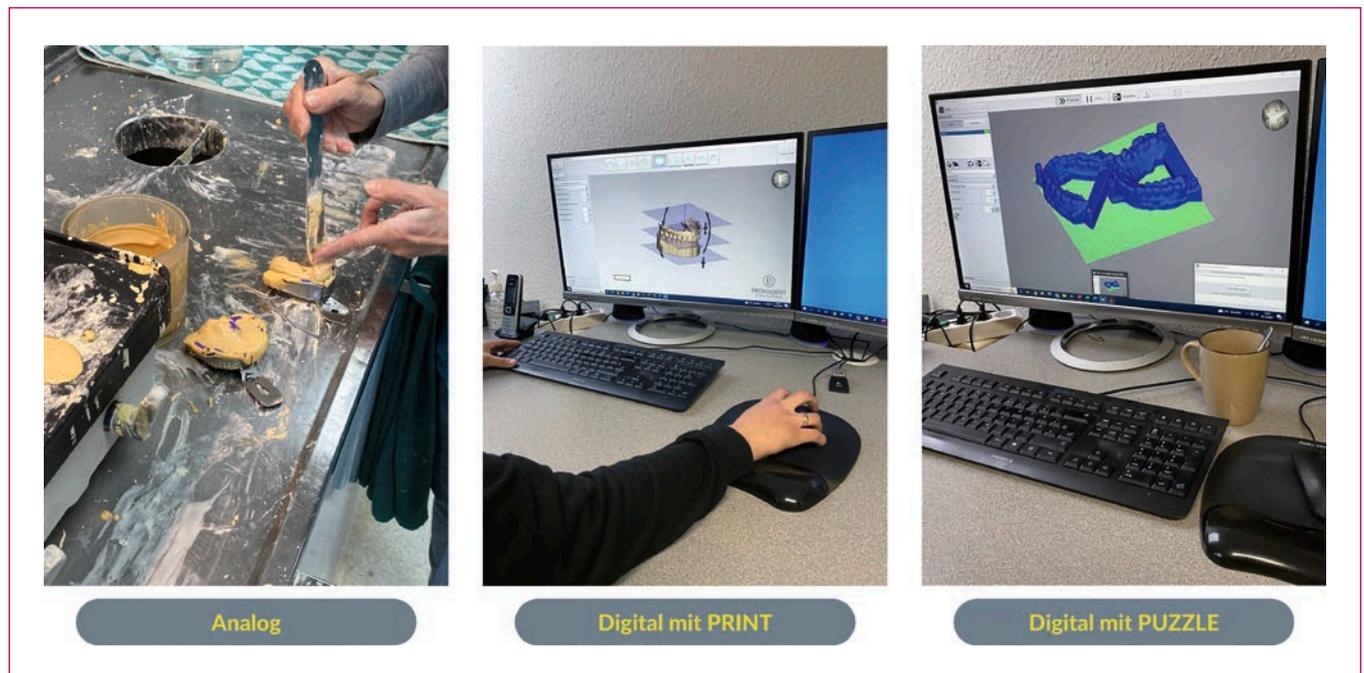


Abb. 2 Drei Wege zum Modell: analoge Modellherstellung, digitale Modellherstellung mit der Applikation PRINT (BiSS Dental Software Suite, Fa. Promadent), vollautomatische Modellherstellung mit der Applikation PUZZLE (BiSS Dental Software Suite).

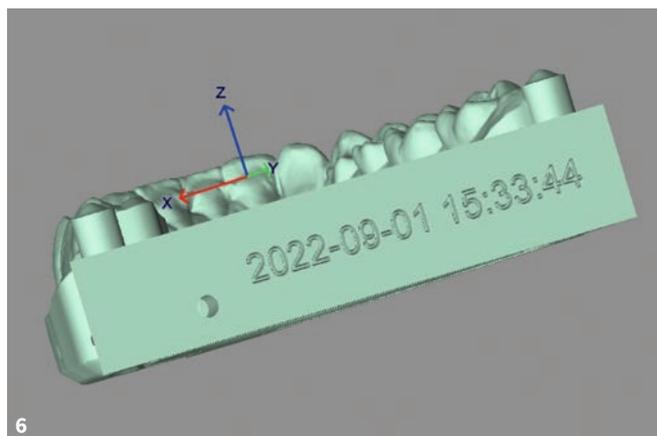
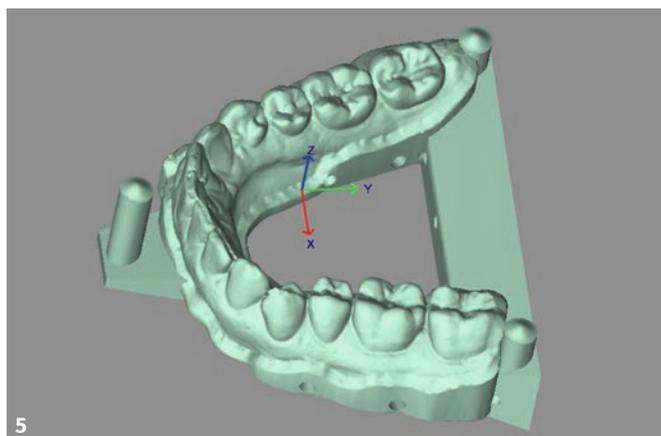
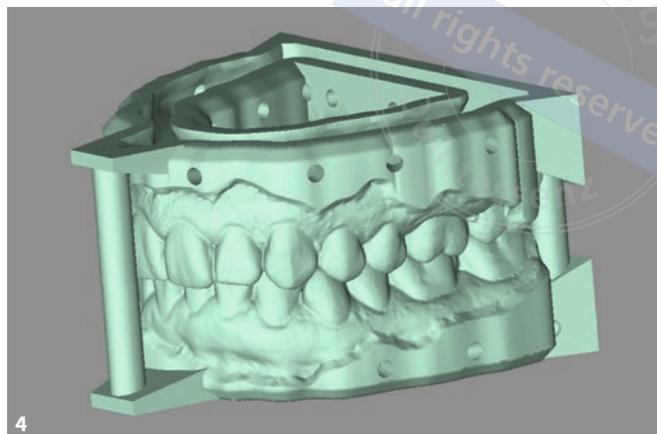
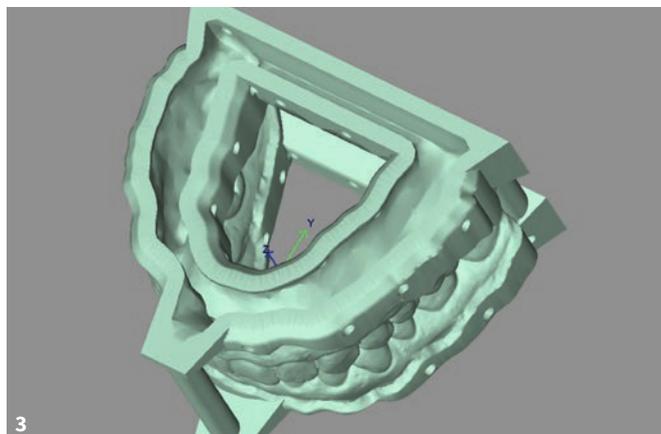


Abb. 3 bis 6 Beispielhafte Darstellung einiger Möglichkeiten in BiSS Dental Software Suite: Modell aushöhlen, Modelle sockeln, Modell mit Dreipunktstützung, Modell beschriften.

Software mit verschiedensten Applikationen. Die Modellherstellung bedarf nur weniger Klicks (Abb. 3 bis 6).

Im Kern geht es bei der BiSS Dental Software Suite um eine schnelle und intuitive Lösung für die digitale Modellherstellung. Diese Idee wurde nach und nach vom Entwicklerteam, basierend auf dem Feedback und dem Input von Anwendern, weiterentwickelt und ausgebaut. PRINT (früher Model-Creator) ist die Applikation für die Modellherstellung. Hinzu kommt das Modul MILLING, mit dem ganz ohne Gips ein Fräsmodell gefertigt werden kann. Durch Module wie TRAYS und LOCATE können ausgehend vom Scan digital direkt ein Abformlöffel,

eine Bisschablone oder ein Stützstiftregistrat gefertigt werden. Um Scandaten – beispielsweise aus dem Intraoralscanner – visuell darstellen zu können, wurde Anfang des Jahres 2022 VIEWER hinzugefügt. Alle Anwendungen der BiSS Dental Software Suite verfolgen das Ziel, in Labor und Praxis ein zeitsparendes und komfortables Arbeiten zu ermöglichen (Abb. 7 bis 11).

Neueste Applikation ist BiSS PUZZLE für die vollständige Automation der Modellherstellung. Um das Potenzial für das Dentallabor darzustellen, werden nachfolgend drei Wege zum Modell vorgestellt: 1. analoge Modellherstellung, 2. digitale Modellherstellung mit der Applika-

tion PRINT (BiSS Dental Software Suite) und 3. vollautomatisierte Modellherstellung mit der Applikation PUZZLE (BiSS Dental Software Suite).

Analoge Modellherstellung

Die analoge Modellherstellung muss nicht umfassend beschrieben werden. Jeder im Dentallabor kennt den Aufwand dahinter. Von der Desinfektion der Abformung über das Ausgießen des Modells, das Trimmen bis hin zum Einstellen in den Artikulator vergeht viel Zeit. Der manuelle Aufwand ist hoch. Kaum ein Teilprozess ist automatisiert. Ganz lässt sich die analoge Modellherstellung nicht um-

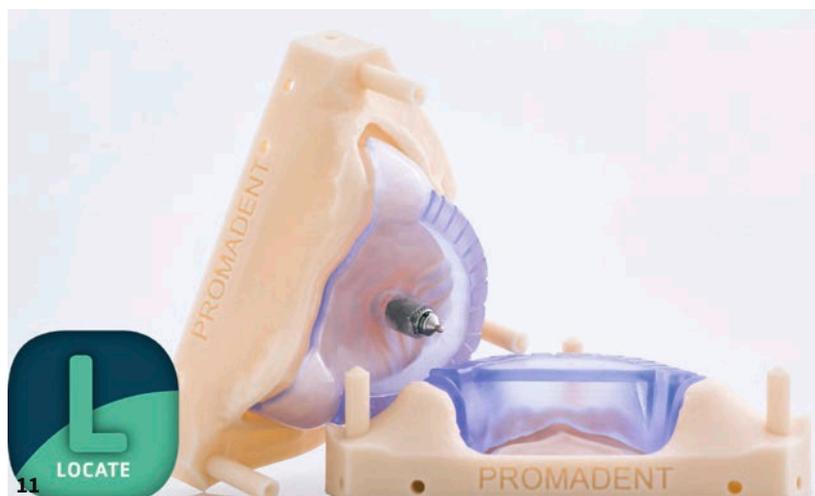


Abb. 7 Digital hergestelltes Stumpfmodell (BiSS Dental Software Suite). **Abb. 8** Digital hergestelltes Implantatmodell (Plugin Implants, BiSS Dental Software Suite). **Abb. 9** Digital hergestelltes Modell mit druckbarem Artikulator (PRINT, BiSS Dental Software Suite). **Abb. 10** Digital hergestelltes Fräsmodell für Primärkronen (MILLING, BiSS Dental Software Suite). **Abb. 11** Digital hergestellte Modelle mit Stützstiftregistriert (LOCATE, BiSS Dental Software Suite).

gehen. Kommt eine konventionelle Abformung in das Labor, muss diese ausgegossen werden. Alternativ könnte ein Abformscan vorgenommen werden, sofern ein entsprechender Scanner vorhanden ist. Die reine Arbeitszeit beträgt ab Empfang der Abformung rund 30 Minuten pro Patientenfall (Abb. 12 und 13).

Digitale Modellherstellung (PRINT)

Der Datensatz aus dem Intraoralscanner (IOS) kann binnen weniger Sekunden in das Dentallabor gesendet werden (Abb. 14 bis 17). Mit dem Modul PRINT (BiSS Dental Software Suite) wird nun mit wenigen Klicks ein Modellpaar generiert. Das aufwendige Anlegen eines Auftrags-



12

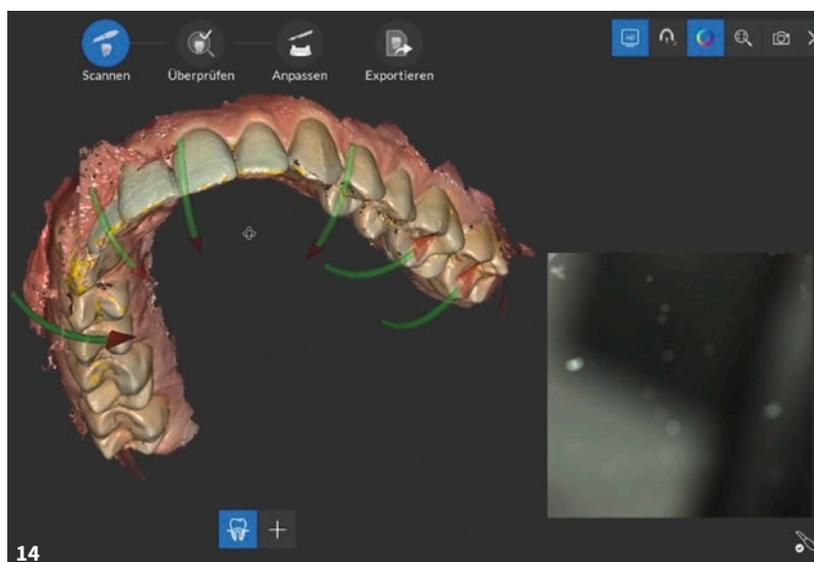


13

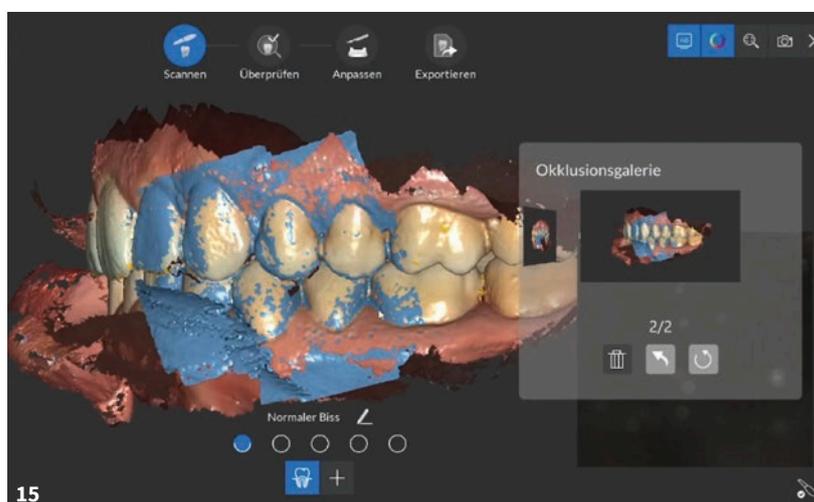
formulars entfällt. Einfach die Software öffnen und loslegen.

Die Software enthält einige Automatismen, die die Arbeit erleichtern. Es sind kleine Feinheiten, die große Verbesserungen bieten. So können beispielsweise Einzelkomponenten zusammengeführt, bearbeitet oder gar abgezogen werden. Hierzu dienen verschiedene Bearbeitungsschritte der Komponenten, zum Beispiel mithilfe Boolescher-Operation. Eine Boolesche-Operation lässt beispielsweise mehrere 3-D-Objekte miteinander vereinigen, abziehen oder es bleibt nur die Überschneidung selbst übrig. So ist es möglich, Extra-Komponenten auf verschiedene Arten mit dem originalen Scan zu verarbeiten.

Für die Sockelgestaltung stehen ein klassischer und ein KFO-Sockel zur Verfügung. Zudem kann eine Sockelplatte mit Pins genutzt werden, um diese an dem Modell zu erweitern. Beim Herstellen von Stumpfmodellen ist es möglich, ein Kontrollpassungstool einzuarbeiten und Stümpfe freizulegen, auch ohne herausnehmbaren Stumpf. Durch Anlegen von Segmenten kann eine Art Sägeschnittmodell gedruckt werden. Die Sägeschnitte können gerade oder gebogen definiert werden.



14



15

Abb. 12 und 13 Beispielhafte Darstellung der manuellen Modellherstellung.

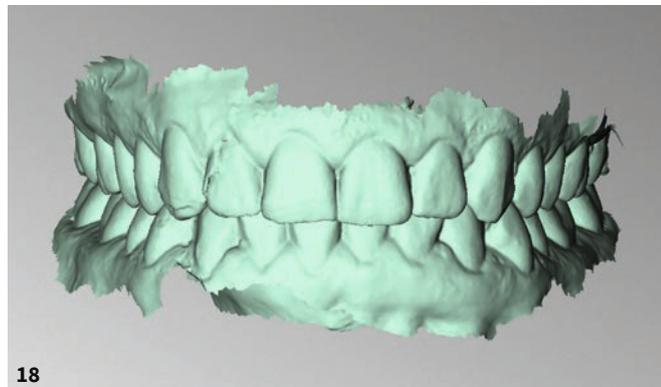
Abb. 14 Intraoralscan im Oberkiefer. **Abb. 15** Intraoralscan und okklusale Zuordnung von Ober- und Unterkiefer.



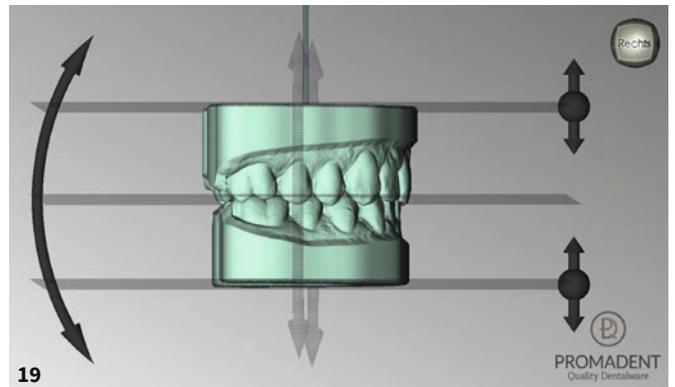
16



17



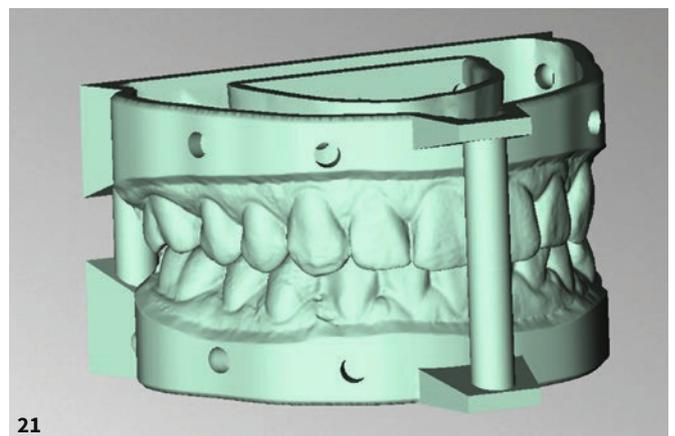
18



19



20



21

Abb. 16 Fertiger Scan in Echtfarb-Qualität. **Abb. 17** Fertiger Scan ohne Farbtextur. **Abb. 18** PRINT-Modul: Scans werden durch Öffnen per Drag-and-drop geladen. **Abb. 19** PRINT-Modul: klassischer Sockel, KFO-Sockel oder Anbindung auf einer Sockelplatte. **Abb. 20** PRINT-Modul: hochauflösende Beschriftung oder Bild-Labels für die Individualisierung der Modelle. **Abb. 21** PRINT-Modul: Die fertigen Modelle können gespeichert werden als STL-, OBJ- oder PLY-Datei.

In die Software lassen sich STL-Dateien jedweder Art importieren. Dies ermöglicht das Adaptieren von Attachments, um beispielsweise Artikulator-Stützstrukturen einzubinden. Selbstverständlich können auch Optionen wie Implantatkomponenten und Gingivamas-

ken generieren, Modelle zuschneiden oder gesockelte Modelle editieren genutzt werden. Zudem hilft das automatische Aushöhlen des Modells dabei, ressourcenschonend zu arbeiten. Beschriftungen können auf einfache Weise auf dem Sockel angebracht werden. Zusätz-

lich kann das Modell mit einem Bild-Logo individualisiert werden.

Die reine Arbeitszeit beträgt ab Empfang des IOS-Datensatzes rund sieben Minuten pro Patientenfall (Abb. 18 bis 21).

Nach dem Herstellen des virtuellen Modells wird die Datei für den Druck-

prozess vorbereitet. Hierfür werden die virtuellen Modelle auf die Bauplattform übertragen. Jedes Modell wird einzeln ausgerichtet und passend auf die Platte „gepuzzelt“. Es gibt einige Hürden zu beachten, zum Beispiel bei Modellen mit herausnehmbaren Stümpfen und bei der Arbeit mit verschiedenen Druckern. Die Stumpfpassung ist auf verschiedene Drucker schwer reproduzierbar.

Der eigentliche Druck der Modelle dauert je nach Schichthöhe und 3-D-Drucker circa 30 Minuten. Danach folgt das Post-Processing, das insbesondere beim Resindruck aufwendig ist. Resinüberschüsse müssen abgewaschen werden, zum Beispiel mit Isopropanol. Schutzhandschuhe und Atemmaske sind zu empfehlen. Zum Finalisieren werden die Modelle in eine Trocknungskammer gestellt und zu guter Letzt mit UV-Licht final gehärtet.

Die reine Vorbereitungszeit beträgt ab dem fertigen Modelldatensatz circa fünf Minuten.

Automatisierte digitale Modellherstellung (PUZZLE)

Mit nur einem Klick und aus den Daten des Intraoralscanners wird ein physisches Modell gedruckt? Dieser Wunsch wird mit dem neuen Modul PUZZLE innerhalb der BiSS Dental Software Suite zur Realität. PUZZLE greift in Kombination mit PRINT vollautomatisch auf die Abformdaten zu und erstellt im Hintergrundprozess unsichtbare virtuelle Modelle. Dies wird iAD (integrated Auto-Design) genannt. Sockeln, aushöhlen, Sockelstützen anbringen, beschriften – diese Arbeitsgänge benötigen keinen zusätzlichen personellen Aufwand. PUZZLE nimmt sich aus dem Speicher-Ordner die druckfähigen Modelle und platziert sie auf einer virtuellen Bauplattform. Ist eine Plattform voll, wird automatisch die nächste angelegt.

Während also pausenlos gescannt werden könnte, erstellt PUZZLE im Hintergrund die Modelle und platziert sie auf der Plattform. BiSS PUZZLE arbeitet wie eine klassische Nesting-Software in der CAM-Abteilung.

Alle bearbeiteten Fälle werden zusätzlich von PUZZLE archiviert. Kommen verschiedene Druckertypen zum Einsatz, kann es auf konventionellem digitalem Weg problematisch sein, eine zufriedenstellende Stumpfpassung mit unterschiedlichen Parametern und Druckergenauigkeiten in einem Workflow abzubilden. PUZZLE übernimmt das vollautomatische Nachkonstruieren der Stumpfparameter für den ausgewählten Drucker. So ist die gewünschte Passung garantiert. Dieser Workflow wird iAW (integrated Auto-Assistance Workflow) genannt.

Die reine Arbeitszeit beträgt ab Empfang der IOS-Daten 0 Minuten (Abb. 22 bis 26).

Die automatisch generierten Modelle werden auf einem Resindrucker oder – bei klassischen Modellen (zum Beispiel Situationsmodell) – auf einem Filamentdrucker gedruckt. Vorteile des Filamentdrucks: keine Nachbearbeitung, kein Schmutz, kein Geruch.

Von der Digitalisierung zur Automatisierung

Die Digitalisierung ist im Dentallabor angekommen. Nun steht die Automation von Prozessen im Fokus. Automatisierung ist der Weg in die Zukunft und die Lösung vieler aktueller Herausforderungen. Das Potenzial ist hoch. Mithilfe von intelligenter Robotik können individuell und hocheffizient

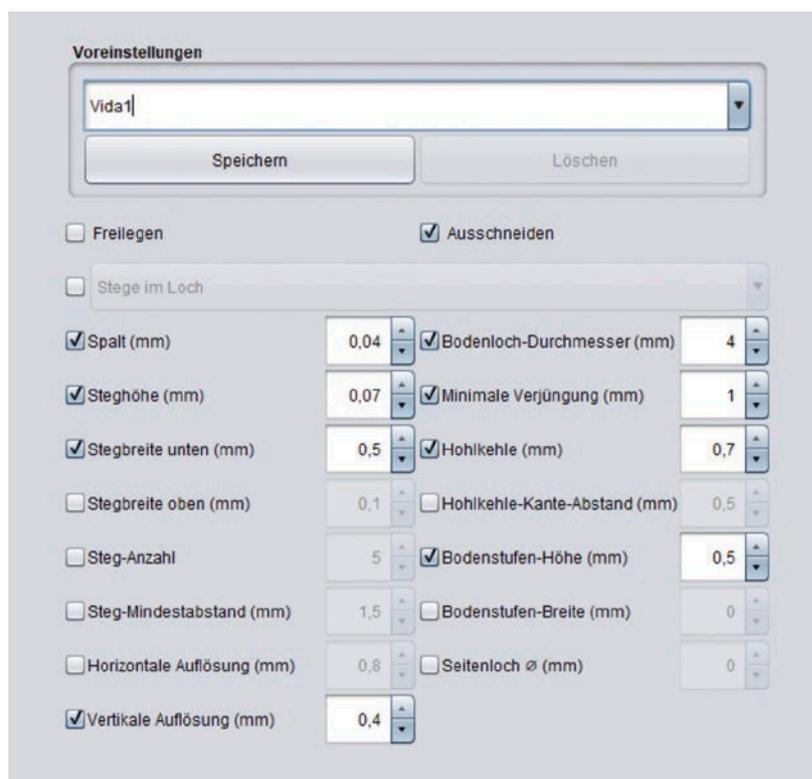
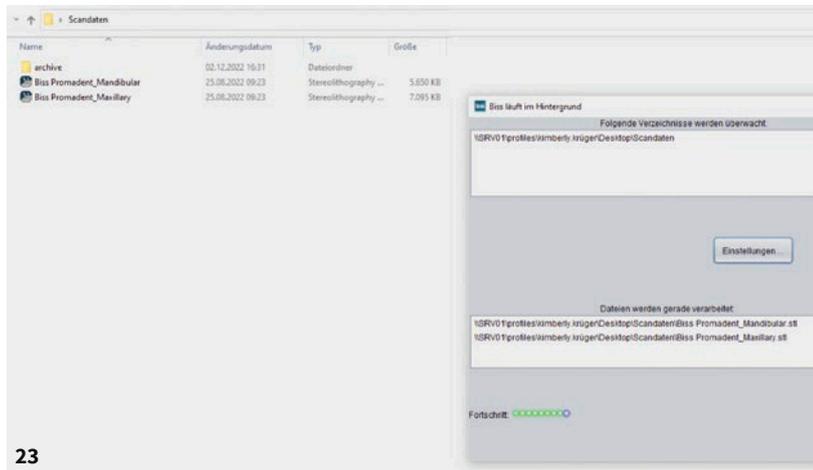
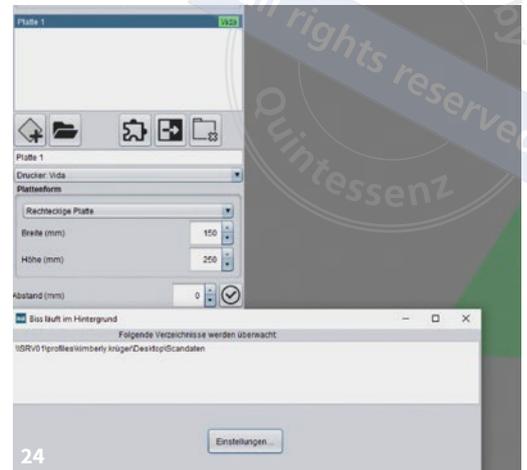


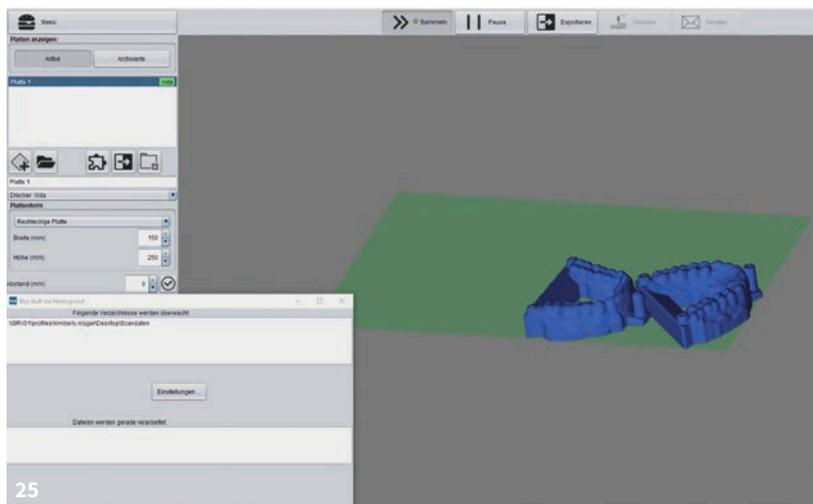
Abb. 22 PUZZLE-Modul: Vorbereitungen für die automatische Adaption der Stumpfpassung.



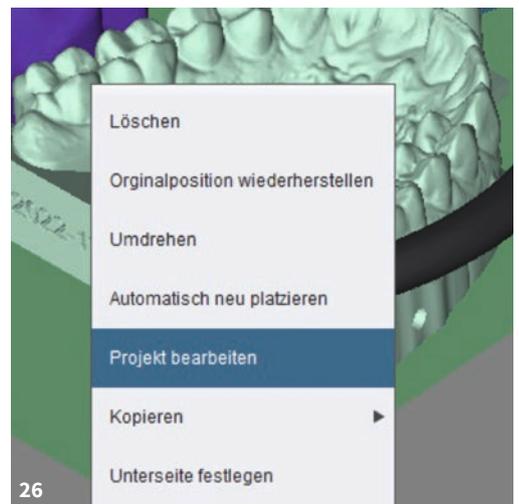
23



24



25



26

Abb. 23 PUZZLE-Modul: Nach dem Speichern des IOS-Scans greift PRINT ein und verarbeitet im Hintergrund völlig automatisch die Scans zu Modellen. **Abb. 24** PUZZLE-Modul: Sind die Scans fertig verarbeitet, nimmt sich PUZZLE die gespeicherten Modelle aus dem Ordner. **Abb. 25** Die Modelle werden auf der Bauplattform platziert. **Abb. 26** Zu jedem Zeitpunkt kann der automatisch generierte Datensatz in der Software manuell angepasst werden.

zient bestimmte Prozesse komplett maschinell umgesetzt werden, denn Automatisierung liebt monotone Tätigkeiten. Beispiele für Automatisierungen im Dentallabor sind die Bestückung von CAD/CAM-Maschinen oder der Werkzeugwechsel. Die Automatismen in der Applikation PUZZLE für die Modellherstellung sind innovativ und effizient. PUZZLE ist innerhalb der BiSS Dental Software Suite ein mächtiges Tool, dessen Anwendung im Laboralltag viel Zeit spart (Abb. 27 und 28).

Die Vorteile von BiSS PUZZLE für die automatisierte digitale Modellherstellung sind:

- Effizienz und Kostensenkung durch Automation (Auto-File-Collect, Auto-Design, Auto-Nesting)
- Stand-alone-Software und einfache Anwendung
- Unabhängigkeit von personellen Ressourcen und Outsourcing-Partnern
- gute Archivierungs- und Analysefunktionen

- kompatibel mit jedem gängigen 3-D-Drucker
- Bestandteil des Software-Paketes BiSS Dental Software Suite

Fazit

Nachdem die digitale CAD/CAM-Fertigung im Dentallabor etabliert ist, steht aktuell die Vernetzung digitaler Technologien im Fokus, die Automation von Prozessen. In der Wirtschaft wird von In-

dustrie 4.0 gesprochen, deren Ziel die sogenannte Smart Factory (intelligente Fabrik) ist. Sie zeichnet sich dadurch aus, dass Algorithmen Maschinen selbstständig steuern und intelligent auf Rahmenbedingungen reagieren (Automation). Auch wenn Zahntechnik individuell und das zahntechnische Wissen unverzichtbar für eine hochwertige Prothetik ist, lassen sich im Dentallabor bestimmte Prozesse komplett automatisieren.

Mit dem Modul PUZZLE innerhalb der BiSS Dental Software Suite (Promadent) lässt sich mit nur einem Klick ein physisches Modell drucken. PUZZLE greift vollautomatisch auf die Abformdaten (zum Beispiel Intraoralscanner) zu und erstellt auf Basis von iAD (integrated Auto-Design) virtuelle Modelle, vorbereitet für den 3-D-Druck. Eine solche Automation von Prozessen kann in der Zahntechnik eine Antwort auf die vielen aktuellen Herausforderungen sein (zum Beispiel Fachkräftemangel, Termindruck, Kostendruck). Technologien, die einfach und logisch in der Anwendung sind, helfen dabei, mit dem rasanten Wandel Schritt halten zu können. Durch die Arbeit mit einer modernen Software (BiSS Dental Software Suite) bzw. durch die Automation von Prozessen kann die Wirtschaftlichkeit erhöht werden. Zugleich wird durch ihre Anwendung die digitale Kompetenz stetig geschult.

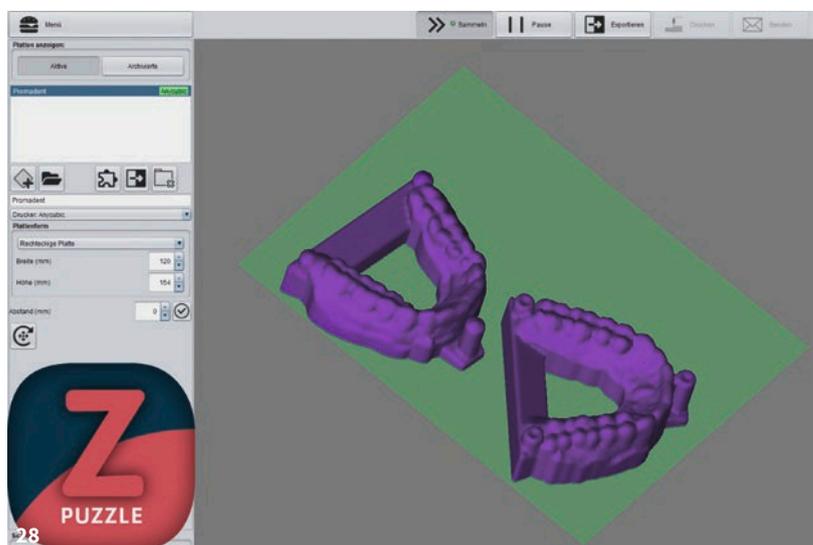


Abb. 27 PRINT dient als Teil von BiSS Dental Software Suite der digitalen Modellherstellung. **Abb. 28** PUZZLE schließt den letzten Baustein im digitalen Workflow zum Modell, sodass der Prozess vollautomatisiert abläuft.



Kimberly Krüger

Geschäftsführerin
Promadent

Korrespondenzadresse:

Im Nordfeld 13

29336 Nienhagen

E-Mail: kimberly.krueger@promadent.de