Modellherstellung in der KFO:

Wie der Filamentdruck die digitale Gipsküche bereichert.

Ein Beitrag von Annett Kieschnick, Freie Fachjournalistin, Berlin.

Abb. 1: Im Filamentdruck-Verfahren hergestelltes Modell. **Abb. 2:** Grafische Darstellung SLA-Technologie. **Abb. 3:** Grafische Darstellung DLP-Technologie. **Abb. 4:** Grafische Darstellung FDM/FFF-Technologie (Filamentdruck).

Die Modellherstellung im 3D-Druckverfahren gehört in vielen Dentallaboren und Zahnarztpraxen (z. B. Kieferorthopäde) zum Alltag. Aktuell etabliert sich für die kieferorthopädische Modellherstellung zunehmend der Filamentdruck als Alternative zur Stereolithografie (SLA) und dem Digital Light Processing (DLP) bzw. wird zu einer ergänzenden additiven Fertigungstechnologie. Ist der Filamentdruck auch für die Modellherstellung (z. B. Aligner-Modelle, Situationsmodelle) in Ihrer Praxis geeignet? Und welche Vorteile bietet das Vorgehen überhaupt? In diesem Artikel finden Sie Antworten. Die Autorin nimmt den Filamentdruck für die Modellherstellung etwas näher unter die Lupe.
Mit zunehmender Etablierung von Intraoralscannern steht das Dental- bzw. Praxislabor vor einer neuen Herausforderung. Zu erwarten ist ein rasanter Anstieg an digitalen Abformdaten, aus denen in vielen Fällen ein physisches Modell herzustellen ist. Hierfür hat sich der 3D-Druck etabliert. Derzeit gängigste 3D-Drucktechnologie in Dentallaboren ist die Stereolithografie (SLA) oder Digital Light Processing (DLP). Doch trotz ihrer häufigen Verwendung und dem hohen Potenzial hat die SLA- oder DLP-Drucktechnologie Nachteile, die sie für die Modellherstellung nicht immer zur idealen Wahl macht. Daher kann es von Vorteil sein, insbesondere für die KFO-Modellherstellung andere additive Technologien in Betracht zu ziehen, z. B. den Filamentdruck.

Überblick: Dentaler 3D-Druck

3D-Drucker haben sich in der Zahnmedizin als Fertigungstechnologie etabliert. Hauptsächlich werden dentale Hilfsobjekte, wie Modelle, Abformlöffel, Try-Ins etc., erstellt. Mit der Optimierung und Neuentwicklung dentaler Werkstoffe lässt sich auch temporärer Zahnersatz drucken. Selbst der Druck von permanentem Zahnersatz ist unter bestimmten Voraussetzungen möglich.

Es gibt verschiedene additive Fertigungstechnologien. Einteilen lassen sie sich danach, wie die Schichten zu einem Objekt zusammengeführt werden. Die Objekte können beispielsweise aus

- einer Flüssigkeit polymerisiert, z. B. Stereolithografie (SLA), Digital Light Processing (DLP),
- einem Material extrudiert, z. B. Fused Deposition Modeling (FDM), Fused Filament Fabrication (FFF), oder
- einem Pulver gesintert, z. B. Selective Laser Sintering (SLS), Selective Laser Melting (SLM),

werden.

Größtenteils werden derzeit im Dentalbereich polymerbasierte Werkstoffe (Harze, Resine) additiv verarbeitet (z. B. SLA-, DLP-Drucker). Auch Legierungen lassen sich additiv umsetzen (z. B. Laser Melting), wobei dies in der Regel Fertigungszentren vorbehalten ist. Intensiv geforscht wird beim 3D-Druck von Keramiken, z. B. mit Binder Jetting oder Powder Bed Fusion. Interessante Perspektive bietet der Multi-Materialdruck. Hier lassen sich verschiedene Materialien (z. B. Farben) in einem Objekt vereinen.
Eine weitere additive Technologie ist das Drucken von thermoplastischen Werkstoffen (Filamentdruck). Hierbei werden Filamente mit definiertem Druck durch eine beheizte Düse extrudiert. Vorteil gegenüber anderen Druckverfahren ist das vergleichsweise einfache Handling. Zudem sind Thermoplaste in der Regel frei von Methacrylaten (kein Restmonomergehalt), müssen nicht mit Chemikalien gereinigt werden und benötigen keine Nachpolymerisation. Zu erwarten ist, dass künftig im Dentalbereich sowohl der SLA-/DLP-Druck zum Einsatz kommt und der Filamentdruck eine sinnvolle Ergänzung bietet, z. B. für die Modellherstellung.

Der dentale Filamentdruck

Korrekte Bezeichnung für die additive Verarbeitung von Filamenten ist FDM (Fused Deposition Modeling), auch FFF (Fused Filament Fabrication) genannt. Auf der IDS 2023 wurden einige dentalspezifische Filamentdrucker vorgestellt und sorgten für hohes Interesse bei Anwendern (z. B. KFO-Praxen). Beispiel für ein innovatives System, welches u. a. durch intelligente Einfachheit überzeugt, ist das SIMPLEX 3D-Filament-Drucksystem (Renfert).
Der Filamentdruck (FDM-/FFF-Verfahren) unterscheidet sich in der Verfahrenstechnik vom Resindruck (DLP, SLA; Abb. 1–3). Allen Verfahren gleich ist, dass das Modell Schicht für Schicht aufgebaut wird. Allerdings dient bei SLA- oder DLP-Druckern als Ausgangsbasis flüssiges Photopolymer (lichthärtende Kunststoffe), welches durch eine Belichtung polymerisiert. Im Gegensatz dazu arbeitet der Filamentdrucker mit einem Filament (thermoplastischer Kunststoff in Drahtform), welches mithilfe eines Extruders erhitzt und aufgetragen wird.

Vorteile gegenüber der Verarbeitung von 3D-Druckharzen (SLA /DLP):

- Einfache Anwendung und kein Post-Processing
- Kostengünstigere 3D-Druckmaterialien (Filamente)
- Je nach Filament geringere Umweltbelastung
- Je nach Filament geringere Belastung durch Dämpfe und Gerüche

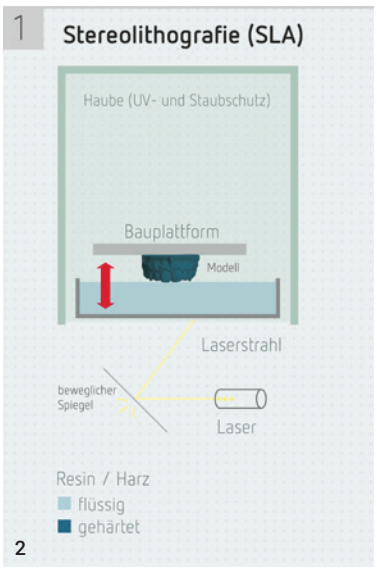
Beispiel: SIMPLEX-Filamente

100-prozentig frei von reizauslösenden Bestandteilen; Umwelt- und gesundheitsschonender Druck. Die Genauigkeit eines Filamentdruckers hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab. Gerade dentale Filamentdrucker gewähren heute eine vergleichsweise hohe Genauigkeit und eine hervorragende Auflösung. So bietet der Filamentdruck – je nach System – eine hohe Präzision (z. B. für KFO-Modelle oder Abformlöffel). Einige Hersteller bieten zusätzlich zum Drucksystem dentale Filamente in verschiedenen Rezepturen an. Renfert hat speziell für die Herstellung von KFO-Modellen eine Vielzahl an Filamenten im Angebot.

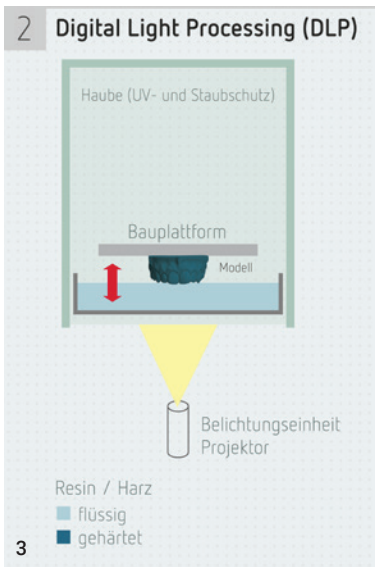
Digitale Gipsküche: KFO-Modelle aus dem Filamentdrucker

Auf die Frage, warum sich sein Labor für den Filamentdruck zur KFO-Modellherstellung entschieden wurde, antwortete ein kieferorthopädisch tätiger Zahntechniker: „Wir suchten ein preiswertes, einfach bedienbares System. Uns war wichtig, dass das Drucksystem wartungsarm ist und kaum negative Begleiterscheinungen (z. B. Dämpfe, chemischer Müll) verursacht. Daher fiel die Entscheidung nach einiger Recherche auf das SIMPLEX 3D-Filament-Drucksystem."
Entscheidende Aspekte für den Filamentdruck sind beispielsweise: keine gesundheitsschädlichen Dämpfe während des Druckprozesses (hochwertig dentale Filamente), keine Zusatzgeräte, kein Post-Processing und somit kein zusätzliches Zubehör notwendig.
Bis vor einiger Zeit wurde der Filamentdruck für dentale Anwendungen teilweise kritisch be-

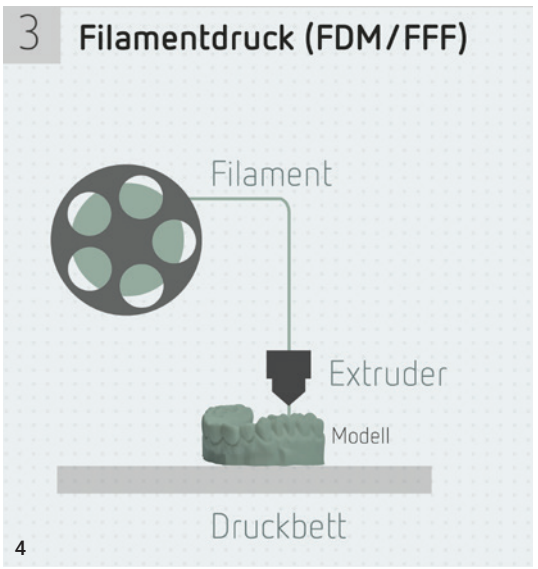
1



2



3

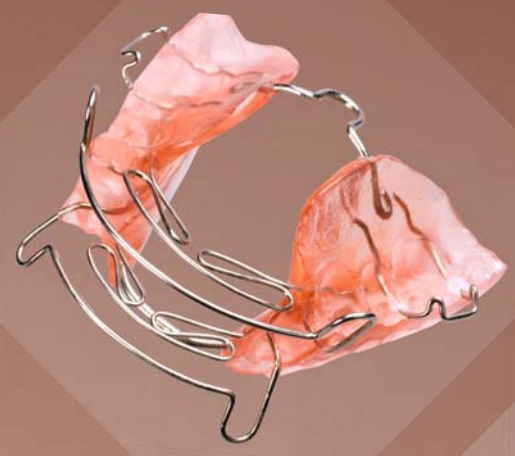


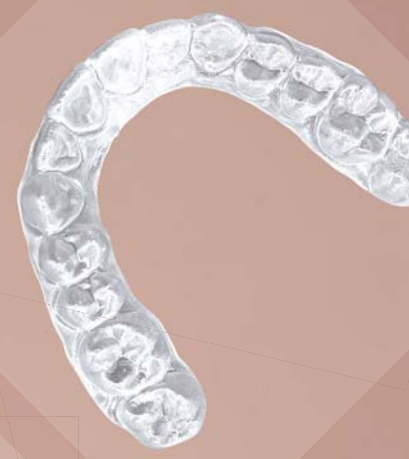
4

Diese Beiträge basieren auf den Angaben der Hersteller/Anbieter und spiegeln nicht die Meinung der Redaktion wider.

permadental®
Modern Dental Group

PERMADENTAL.DE
0 28 22 - 71330

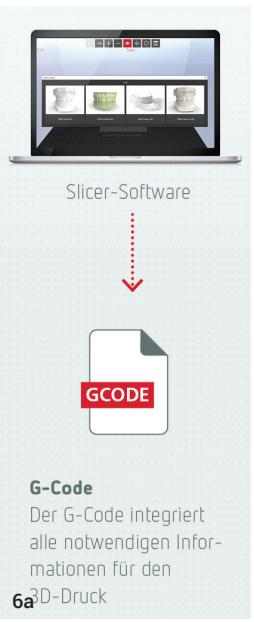




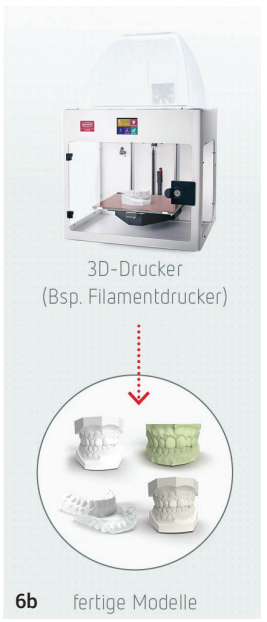
WIR SIND IHR ANSPRECHPARTNER
FÜR KIEFERORTHOPÄDISCHE APPARATUREN

Der Mehrwert für Ihre Praxis: Als Komplettanbieter für kieferorthopädische und zahntechnische Lösungen sowie TrioClear™-Aligner beliefern wir seit über 37 Jahren renommierte Kieferorthopäden und Zahnärzte.

5



6a



6b

7

Abb. 5: Nahansicht: Filamentdruck eines Modells (FDM-/FFF-Verfahren), hier am Beispiel vom SIMPLEX 3D-Filament-Drucksystem (Renfert). **Abb. 6a und b:** Workflow vom Datensatz zum fertigen Modell. **Abb. 7:** Das SIMPLEX 3D-Filament-Druckersystem ist eine abgestimmte dentale Systemlösung im Bereich Filament-Druckverfahren.

trachtet, z. B. was die Zeichnungsschärfe oder die Druckzeit anbelangt. Allerdings verbessert sich die Qualität stetig; gerade dentalspezifische Drucker haben in puncto Qualität aufgeholt und bieten gute Ergebnisse. Heute sind viele Anwendungen möglich und es kommen immer weitere hinzu. Auch das Vorurteil über eine vermeintlich lange Zeit der Modellherstellung kann widerlegt werden. So ist der 3D-Filamentdruck im Vergleich zum SLA-Druck zwar langsamer, doch eine Analyse der reinen tatsächlichen Arbeitszeiten zeigt im Laboralltag ein anderes Bild. Interessant für eine wirtschaftliche Betrachtung ist, wie lange der Anwender aktiv in den Prozess eingebunden ist. Und hier punktet der Filamentdruck, denn zusätzliche Arbeitsschritte (Post-Processing), wie vom SLA-/DLP-Druck bekannt, fallen weg. Ebenso entstehen keine Kosten für Hilfsmittel (Reinigungsmittel, Handschuhe, Mundschutz, Papiertücher etc.) und Geräte (z. B. Reinigungs- und Lichthärtegeräte) an. Zudem gilt zu berücksichtigen, dass der SLA-/DLP-Druck von Objekten nicht über Nacht erfolgen soll, da die gedruckten Modelle im Anschluss an den Druckvorgang zügig nachbehandelt werden müssen. Dies ist beim Filamentdruck nicht notwendig. Unter Berücksichtigung der real gebundenen Arbeitszeit und der geringen Nebenkosten kann der Filamentdruck somit wirtschaftlich für die Herstellung von Modellen (z. B. in der KFO) von Vorteil sein.

8

Abb. 8: Als Filamente werden beim SIMPLEX 3D-Filament-Druckersystem überwiegend Biokunststoffe verwendet, die ohne aufwendigen Prozess recycelbar und industriell kompostierbar sind. **Abb. 9:** So simpel wie genial: Grafische Darstellung der Funktionsweise von SIMPLEX. **Abb. 10:** Beispielhafte Anwendungen (Modelle für kieferorthopädische Zwecke).

(Bilder: © Renfert GmbH)

Renfert GmbH
info@renfert.com • www.renfert.com

Geruchsbelastung und Dämpfe beim 3D-Druck

Jede KFO-Praxis und jedes Labor, die mit einem SLA-/DLP-Drucker arbeiten, weiß: Beim Druck von Resin kommt es – teilweise massiv – zur Geruchsbildung. Es treten gesundheitsschädliche Dämpfe aus. Daher wird beim Resindruck empfohlen, mit einer Absaugung zu arbeiten, Atemschutz zu nutzen und chemikalienbeständige Handschuhe zu tragen. Kunstharz und Lösungsmittel können Hautreizung oder allergische Hautreaktionen hervorrufen. Zudem werden resingedruckte Objekte oft mit Isopropanol-Alkohol gereinigt; auch hier treten Dämpfe aus. Im Gegensatz dazu entstehen bei der Arbeit mit FDM-/FFF-Druckern – je nach Filament – keine gesundheitsschädlichen Substanzen. So betont beispielsweise Renfert, dass das SIMPLEX 3D-Filament-Drucksystem ein gesundheitsschonendes Arbeiten mit Filamenten 100-prozentig frei von reizenden Substanzen (SIMPLEX filaments) ermöglicht.

Dentalspezifisch: SIMPLEX 3D-Filament-Drucksystem

Das SIMPLEX 3D-Filament-Drucksystem ist speziell für die KFO-Modellherstellung entwickelt worden. Großer Vorteil des Systems ist die Einfachheit. Ein Knopfdruck genügt, um aus dem digitalen Datensatz ein Modell zu drucken. Durch die geringe Ebenenauflösung wird eine hohe Präzision erzielt.

Die Anwendung ist intuitiv. Theoretisch kann jeder den Drucker bedienen. Im Arbeitsalltag bedeutet dies „plug and print" – auch ohne Vorkenntnisse. Je nach Indikation werden das konfigurierte Druckprogramm und das entsprechende Filament genutzt. Anwendungsfehler sind durch automatische Voreinstellungen quasi ausgeschlossen. Mit seinen intelligenten Vorteilen hebt sich der SIMPLEX von anderen Filamentdruckern ab. Herzstück des Druckers ist die Slicer-Software. Die dentalspezifische Software mit voreingestellten Settings dient als Mittler zwischen STL-Datei und Drucker. SIMPLEX sliceware konvertiert das STL-Format (generiert aus dem Datensatz des Intraoralscanners und CAD-Software) in maschinenlesbare Druckbefehle (G-Code). Bei dieser Konvertierung „schneidet" die sliceware das CAD-Format in einzelne horizontale Scheiben (Slices) und beschreibt für jede Schicht einen maschinenlesbaren Verfahrweg für den Drucker. Der G-Code integriert alle notwendigen Informationen für den 3D-Druck, z. B. Temperatur des Extruders, Temperatur des Druckbettes, Verfahrensgeschwindigkeit, Vorschubgeschwindigkeit, Lüftereinstellungen etc.

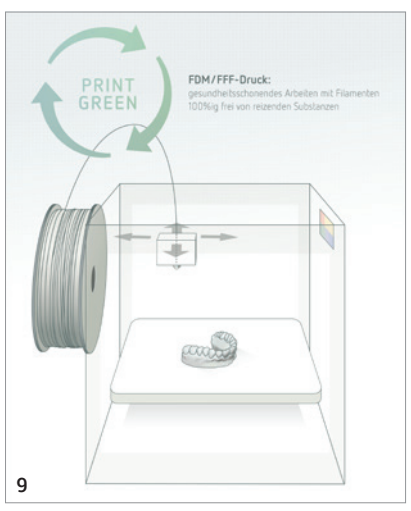
Das Gerät ist platzsparend, arbeitet fast geräuschlos und findet selbst im kleinsten Raum seinen Platz. Dank des geschlossenen Bauraums mit verschließbarer Tür und abnehmbarer Abdeckung ist eine sichere Anwendung gewährleistet. Die Touchscreen-Navigation gewährleistet ein bequemes Handling. Alle wichtigen Druckparameter sind vorinstalliert. Während des Druckprozesses sorgt das Filament-Monitoring-System mit automatisierter Fehlerbehebung für Prozesssicherheit. Nach dem Druck wird das Objekt vom herausnehmbaren Druckbett gelöst. Fertig! Es ist keine Nachbearbeitung notwendig.

Nachhaltigkeit in der Zahnmedizin

Die Betrachtung der ökologischen Nachhaltigkeit von Technologien und Materialien sollte wichtiger Bestandteil des Praxis- und Laboralltags sein. Grundsätzlich fallen beim 3D-Druck je nach Technologie (SLA-/DLP-Technologie) Abfallprodukte an. Stützstrukturen müssen entsorgt werden. Hinzu kommen Reinigungsmittel, Alt-Material, Fehldrucke, diverse Lösungsmittel sowie sonstiger Abfall (Einmalhandschuhe, Papiertücher). Außerdem erfordert die Herstellung von 3D-Druckwerkstoffen (z. B. Photopolymere, Resine) häufig die Nutzung fossiler Ressourcen. Zwar gibt es biologisch abbaubare Kunststoffe (z. B. Filamente aus Polylactiden, PLA), doch sind auch diese nicht immer völlig frei von umweltbelastenden Nebenprodukten. Für SIMPLEX-Filamente werden überwiegend Biokunststoffe verwendet, die ohne aufwendigen Prozess recycelbar und industriell kompostierbar sind. So gelangen Dentallabore und Zahnarztpraxen auf einem die Umwelt schonenderen Weg zum 3D-gedruckten Modell. Auch auf den Einsatz von Reinigungschemikalien kann verzichtet werden. Somit werden nicht nur ökologische Ansprüche erfüllt, sondern auch der Gesundheitsschutz im Team wird unterstützt. Grundsätzlich wünschenswert ist die Entwicklung von Druckwerkstoffen, die frei von umweltschädlichen Substanzen sind und für deren Herstellung keine fossilen Ressourcen benötigt werden.

Sowohl als auch

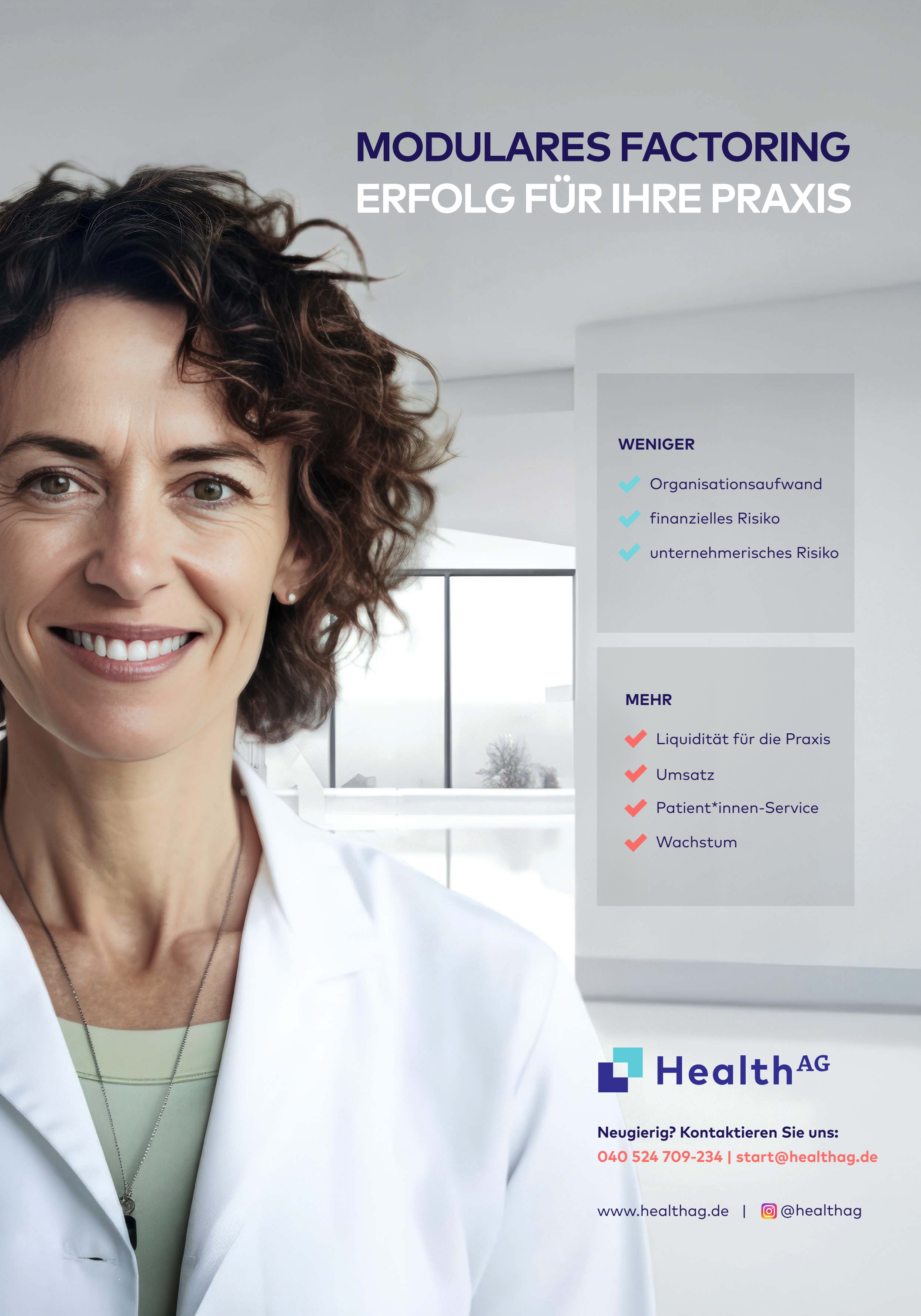
Zu erwarten ist ein rasanter Anstieg an Abformdaten aus dem Intraoralscanner. Dementsprechend werden 3D-Drucker immer mehr für die Modellherstellung beansprucht. Und trotz der vielen positiven Eigenschaften des SLA-/DLP-Drucks gibt es Nachteile, die kritisch zu betrachten sind. Es kann von Vorteil sein, je nach Anwendungsbereich alternative additive Technologien zu nutzen. Für das Herstellen von KFO-Modellen hat sich der Filamentdruck besonders bewährt. Aufgrund genannter Argumente für den Filamentdruck und der Vorzüge des SLA-/DLP-Drucks setzen einige Dentallabore bereits auf hybride Druckerstraßen. Während beispielsweise für den Modelldruck (KFO) das FFF-Verfahren genutzt wird, dient die SLA-/DLP-Technologie beispielsweise für den Druck von temporärem Zahnersatz. Ob Dentallabor oder kieferorthopädische Praxis – mit dentalspezifischen Filamentdruckern (z. B. SIMPLEX 3D-Filament-Drucksystem, Renfert) erfolgt das Herstellen von KFO-Modellen einfach, effizient und präzise.



9

10

Diese Beiträge basieren auf den Angaben der Hersteller/Anbieter und spiegeln nicht die Meinung der Redaktion wider.



MODULARES FACTORING
ERFOLG FÜR IHRE PRAXIS

WENIGER

- Organisationsaufwand
- finanzielles Risiko
- unternehmerisches Risiko

MEHR

- Liquidität für die Praxis
- Umsatz
- Patient*innen-Service
- Wachstum

Health AG

Neugierig? Kontaktieren Sie uns:
040 524 709-234 | start@healthag.de

www.healthag.de | @healthag