APPLICATION NOTE

LuxaPrint Ortho

Validierter Workflow mit DMG DentaMile

DMG

Application Note: LuxaPrint Ortho

LuxaPrint Ortho ist ein lichthärtender 3D-Druck-Kunststoff zur Herstellung von individuellen Bohrschablonen mit höchster Präzision und zertifiziert als Medizinprodukt Klasse I.

Absolut präzise Bohrungen und exakte Passung. Ganz besonders im Bereich der Bohrhülsen. LuxaPrint Ortho, ein hochtransparentes Premium-Harz unterstützt Sie hier zuverlässig. Die exzellenten Fließeigenschaften und die auf Dimensionsstabilität ausgelegten Druck-Parameter sorgen für optimale Formgebung. Die oft geforderte Sterilität stellt für das Material keine Herausforderung dar, es unterstützt die hohen Ansprüche einer Implantation in allen Punkten.

LuxaPrint Ortho zeichnet sich vor allem auch durch eine extrem hohe Transparenz aus: 99 % Lichtdurchlässigkeit sorgen für klarste Sicht auf den Arbeitsbereich und volle Kontrolle.

Kurze Druckzeiten und geringer Materialeinsatz machen die Fertigung im Labor auch wirtschaftlich erfreulich effizient.

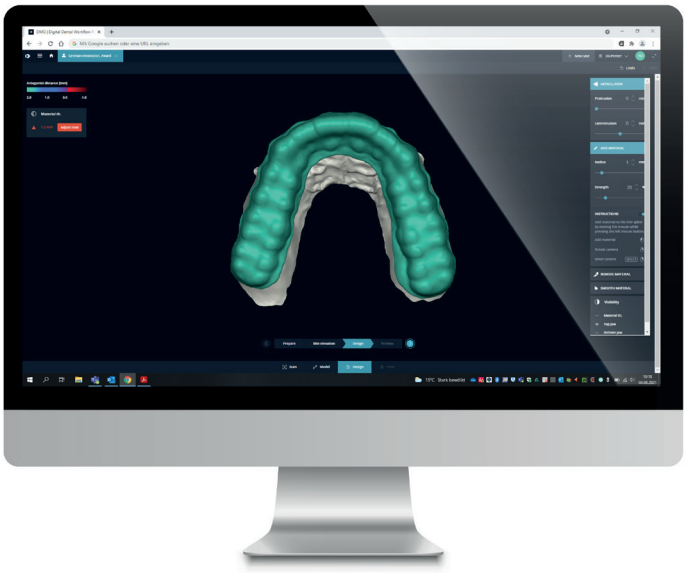
Validierter Workflow mit DMG DentaMile

In diesem Anwendungsleitfaden stellen wir Ihnen unseren validierten DentaMile Workflow vor, mit dem Sie einfach und sicher zu einem Ergebnis kommen, das hinsichtlich Biokompatibilität, Stabilität und Präzision die hohen Anforderungen dentaler Anwender erfüllt.

Der DentaMile Workflow wurde bei DMG nach strengen Kriterien erarbeitet und in unserem Digitalen Anwendungszentrum sorgfältig überprüft. Bitte halten Sie sich genau an den hier beschriebenen Ablauf. So können Sie sicher sein, dass Ihre Arbeiten immer die höchste Qualität erreichen.

DentaMile CONNECT

GERMAN INNOVATION AWARD '20 WINNER



Inhaltsverzeichnis

1. Scan 5
2. Design 6
3. Druckvorbereitung 7
4. Druck 17
5. Nachbearbeitung 19
6. Vorbereitung vor der Anwendung beim Patienten 26
7. Validierte Passgenauigkeit 27

Benötigte Geräte und Hilfsmittel

SCAN

- Intraoralscanner oder optischer Desktopscanner
- Optional: Volumentomographie (DVT)-Scan der Knochenstruktur des Patienten

DESIGN

- Dentale Designsoftware (CAD) zur Erstellung von Bohrschablonen (z. B. 3Shape)

PRINT

- Slicing-Software passend zum 3D-Drucker (Autodesk Netfabb für **DMG 3Demax DMG 3Delite** (DMG), D10+ / D20II / D20+ / D30II / D30+ D40II (Rapidshape) und P10+ / P20+ (Straumann); Asiga Composer für Asiga Drucker)
- **DMG LuxaPrint Ortho** Resin
- **DMG 3Demax** 3D-Drucker, **DMG 3Delite 3D-Drucker**, D10+ / D20II / D20+ / D30II / D30+ D40II (Rapidshape), P10+ /P20+ (Straumann) oder Asiga 3D-Drucker (z.B. Asiga MAX UV)
- **DMG 3Dewash** / RS wash / P wash oder Ultraschallbad und Reinigungsflüssigkeit (Isopropanol, ≥ 99 % oder Ethanol, ≥ 96 %)
- **DMG 3Decure** / RS cure / P cure Nachhärtegerät oder Xenonblitzlichtgerät (Otoflash G171 oder Heraflash / HiLite Power 3D)

1. Scan

Für die Erstellung der digitalen Bohrschablone müssen zunächst digitale Patientendaten generiert werden. Dies kann beim Zahnarzt mit einem Intraoralscanner erfolgen, oder im Dentallabor mit einem Laborscanner. Mit dem Laborscanner können je nach Ausführung direkt Abformungen des Patientengebisses oder Gipsmodelle eingescannt werden.

Für die Herstellung von komplett geführten Bohrschablonen müssen außerdem DVT (Digitale Volumentomographie) Scans der Knochenstrukturen des Patienten angefertigt werden.

2. Design

Auf Grundlage der digitalen Daten des Patientengebisses kann nun mithilfe einer geeigneten Software die Bohrschablone konstruiert werden.

Wenn Sie 3Shape Implant Studio verwenden, können Sie die systemseitig hinterlegten Materialparameter für DMG LuxaPrint Ortho als Ausgangspunkt für Ihr Design wählen. Falls Sie mit einer anderen Software arbeiten, können sie folgende Einstellungen als Startwerte verwenden:

Tebelle 1:
Empfohlene Einstellungen für das Design von Bohrschablonen

	Minimaler Wert	**Empfohlene Grundeinstellung**	Maximaler Wert
Materialstärke	1,5 mm	**1,5 mm**	7 mm
Abstand zu den Zähnen	0 mm	**0,02 mm**	0,15 mm
Retention	0 mm	**0,01 mm**	0,10 mm
Abstand zur Hülse	0 mm	**0,08 mm**	–

In Abhängigkeit von verwendeter Software, Bohrhülsentyp und Geometrie des Patientengebisses kann es notwendig sein, die hier empfohlenen Grundeinstellungen zu verändern, um zu einem sicheren und präzisen Design mit optimaler Passung zu gelangen.

Das Vorgehen bei der Behandlungsplanung und dem Design der Bohrschablonen kann je nach verwendeter Software variieren. Für eine detaillierte Anleitung zum Design der Bohrschablonen wenden Sie sich bitte an den Softwarehersteller.

3. Druckvorbereitung

Die digital konstruierte Bohrschablone muss im Anschluss an den Design-Vorgang in die Druckersoftware importiert werden, um sie für den Druck vorzubereiten.

In diesem Schritt werden die Bohrschablonen im Bauraum des 3D-Druckers orientiert und mit Stützstrukturen versehen.

PRAXIS-TIPP

Bitte achten Sie immer auf die Einhaltung der korrekten Maschinen- und Materialparameter. Die Auswahl der falschen Einstellungen kann zu Fehldrucken und Bohrschablonen mit schlechter Passung sowie unzureichenden mechanischen Eigenschaften und fehlender Biokompatibilität führen.

3.1. Autodesk Netfabb für DMG 3Demax und 3Delite (und Rapidshape D-Serie)

3.1.1. Material und Maschine wählen

Öffnen Sie Autodesk Netfabb und wählen Sie Ihre Maschinenumgebung (z. B. DMG 3Demax).

Im rechten Bereich des Bildschirms erscheint der DMG Workflow-Bereich (gekennzeichnet durch das blaue DMG Logo). Hier werden Sie von oben nach unten durch alle relevanten Schritte der Software geführt.

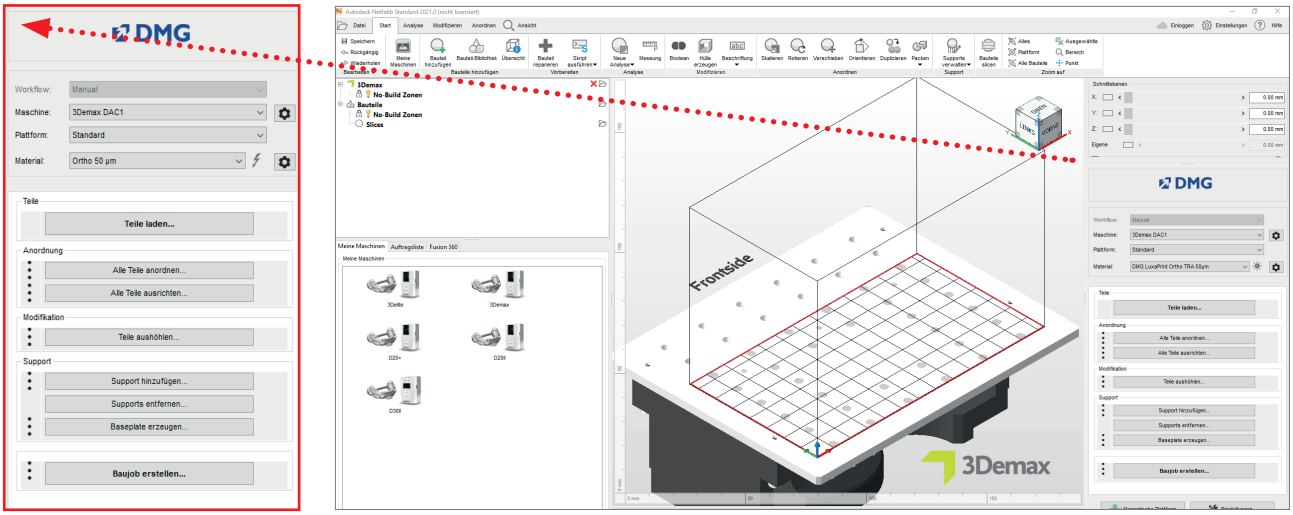


Abbildung 1:
Auswahl von Maschinen- und Materialparametern

Wählen Sie zunächst Ihren Drucker und das Material »DMG LuxaPrint Ortho« sowie die gewünschte Schichtstärke. Falls Sie noch nie mit dem Material gearbeitet haben, müssen Sie es ggf. über das Einstellungs-Rädchen neben der Material-Zeile in der Software anlegen (s. Betriebsanleitung 3Demax/3Delite, Punkt 6.7).

Alle verfügbaren Schichtstärken wurden in unserem Digitalen Anwendungszentrum geprüft und liefern ein exaktes und sicheres Druckobjekt. Eine geringere Schichtstärke führt zu einer feineren Oberflächenstruktur, höherer Genauigkeit und längerer Druckzeit. Wählen Sie die passende Schichtstärke je nach Ihren Vorgaben zu verfügbarer Zeit und gewünschter Oberflächenqualität.

3.1.2. Import der Bohrschablone

Importieren Sie das zuvor erstellte Bohrschablonendesign in die Netfabb Software. Ziehen Sie dazu Ihre Datei einfach in die 3D-Ansicht der Software oder wählen Sie im DMG Workflow-Bereich den Punkt »Teile laden...« und navigieren zu Ihrem Design.

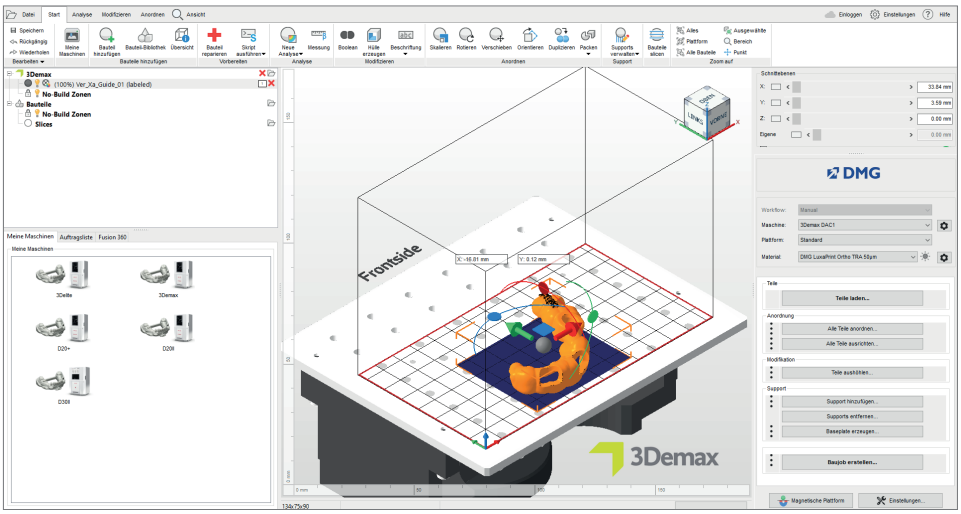


Abbildung 2:
Import der digitalen Bohrschablone in Netfabb

3.1.3. Ausrichtung der Bohrschablonen im Bauraum

Richten Sie die Bohrschablonen immer so aus, dass die für die Passung relevante Innenseite der Schablone von der Bauplattform abgewandt ist. So wird die höchste Genauigkeit erzielt und sichergestellt, dass an diesen Flächen keine Supportstrukturen generiert werden.

Die Aufnahme(n) für die Bohrhülse(n) sollte(n) außerdem immer möglichst flach und parallel zu der Bauplattform stehen (so dass das Loch für die Bohrhülse in z-Richtung bzw. nach oben zeigt), damit die Bohrhülse eine exakte Passung aufweist.

Bei mehreren Bohrhülsen in einer Bohrschablone sollten alle Aufnahmen für Bohrhülsen möglichst flach und in einem ähnlichen Winkel positioniert werden. Bei Winkeln größer als 10° kann es notwendig sein, die in Tabelle 1 angegebenen Parameter anzupassen.

Hintergrund / Weiterführende Information

Ein Grund für die geringere Wiedergabegenauigkeit bei größeren Orientierungswinkeln ist die Überhärtung in z-Richtung, welche nötig ist, um die einzelnen Schichten miteinander zu verbinden. Die Überhärtung tritt nur bei untersichgehenden Stellen und Löchern oder Hohlräumen im Objekt in Erscheinung, nämlich immer dann, wenn in z-Richtung (Strahlengang der Lichtstrahlen; von unten nach oben / bzw. von Wanne in Richtung Bauplattform) keine Objektstruktur die Aushärtung in das flüssige Harz verhindert. Bei einer horizontalen Ausrichtung liegt die Passfläche der Bohrschablonen (Innenseite) typischerweise in Richtung der Materialwanne, so dass hier keine Überhärtungsphänomene auftreten. Für die Aufnahme der Bohrhülsen ist dies besonders wichtig. Um eine exakte Passung der Hülse zu gewährleisten, sollte das Loch der Aufnahme entsprechend senkrecht zu der Bauplattform stehen.

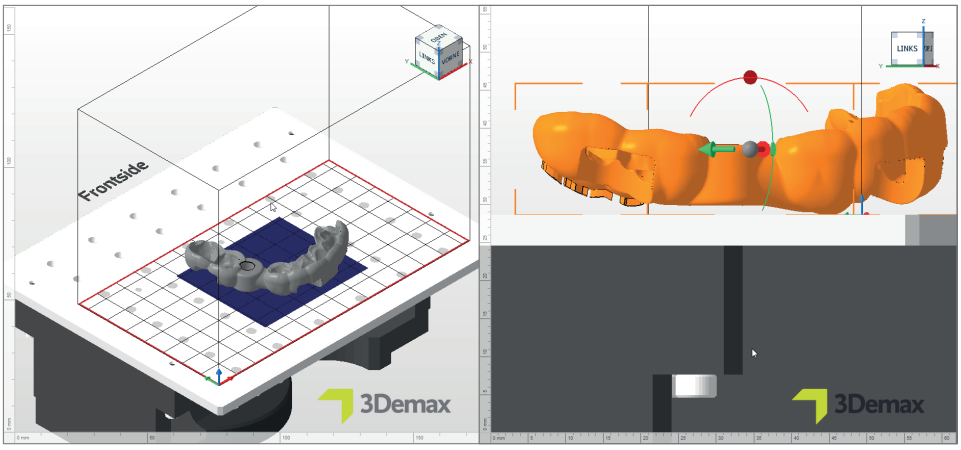


Abbildung 3:
Horizontale Ausrichtung der Bohrschablone und Bohrhülsenaufnahme mit der Passfläche abgewandt von der Bauplattform

3.1.4. Stützstrukturen (Support) hinzufügen

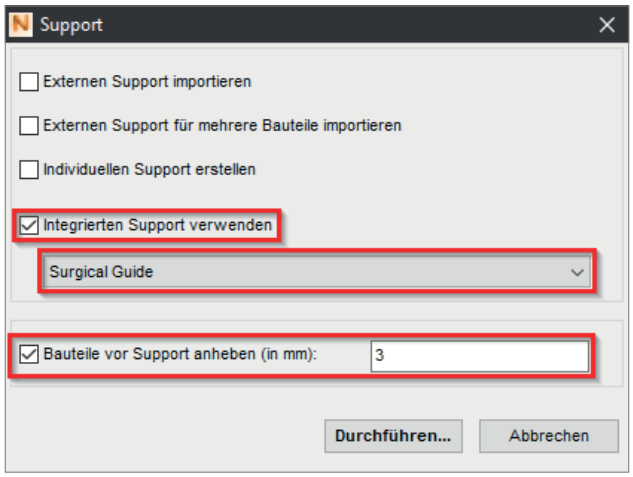


Abbildung 4:
Dialogfenster »Support«

PRAXIS-TIPP

Falls Sie ein anderes Programm für die Erzeugung von Stützstrukturen verwenden, können Sie auch diese externen Supports verwenden. Wählen Sie dazu den Punkt »Externen Support importieren« oder »Externen Support für mehrere Bauteile importieren«.

Für den korrekten und exakten Aufbau der Bohrschablonen benötigen die Objekte Stützstrukturen. Wählen Sie im DMG Workflow-Bereich den Punkt »Support hinzufügen ...«, und im nächsten Dialogfenster »integrierten Support verwenden«. Der voreingestellte Supportstil »Surgical Guide« wurde speziell für den Druck von Bohrschablonen optimiert und liefert die besten Ergebnisse. Der Menüpunkt »Bauteile vor Support anheben (in mm)« sollte ebenfalls angewählt werden, um Ihr Bauteil automatisch um wenige Millimeter von der Bauplattform anzuheben.
Ein Wert von 2-4 mm ist ideal. So können in späteren Arbeitsschritten die Stützstrukturen einfacher entfernt werden und Sie erhalten ein präzises Druckergebnis.

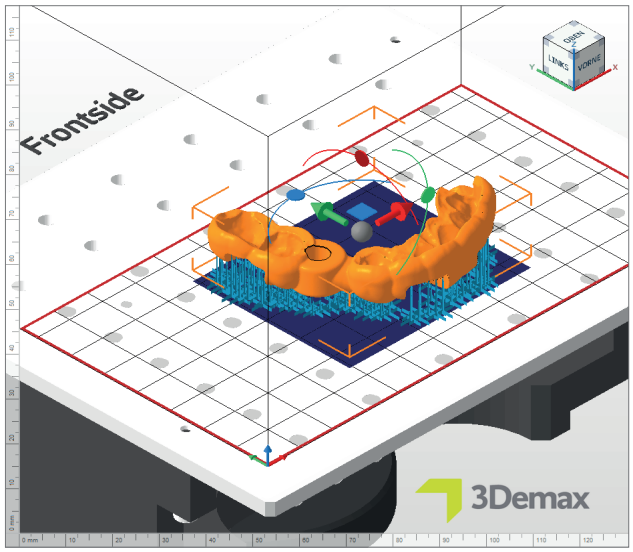


Abbildung 5:
Mit Stützstrukturen ausgestattete Bohrschablone

Die Software berechnet automatisch die optimale Lage der Stützen und fügt diese zwischen Bauplattform und Bohrschablone ein.

Bitte untersuchen Sie Ihr Objekt auf fehlerhaft gesetzte Stützstrukturen. Für eine einfache und präzise Montage der Bohrhülsen stellen Sie sicher, dass sich keine Supportstäbe in der Nähe der Bohrhülsenaufnahmen oder auf der Passfläche befinden.

PRAXIS-TIPP

Bei richtiger Orientierung funktioniert das automatische und integrierte Supportskript in vielen Fällen einwandfrei. Aufgrund der Individualität der gedruckten Objekte kann es in Einzelfällen zu fehlerhaft gesetzten Strukturen kommen, die manuell entfernt werden müssen. Ein Hinzufügen von einzelnen Stützstrukturen ist in der Regel nicht notwendig.

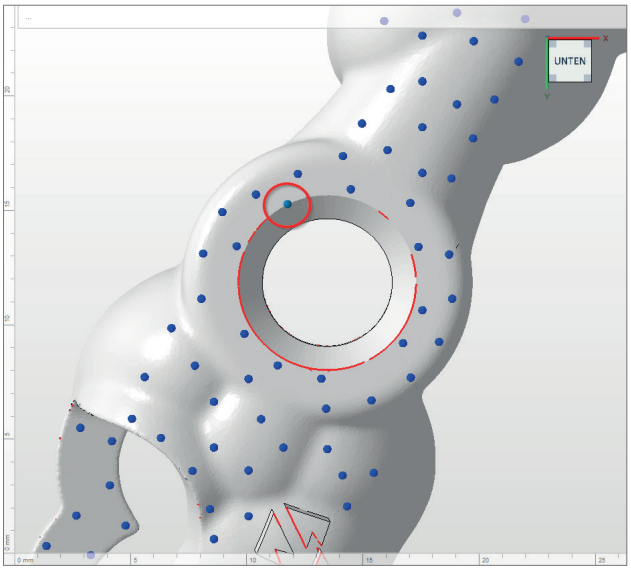


Abbildung 6:
Fehlerhaft gesetzter Supportstab

3.1.4.1. Entfernen und Hinzufügen einzelner Supportstäbe

Zum Entfernen oder Hinzufügen einzelner Supportstäbe wählen Sie zuerst das betreffende Objekt und im Anschluss »Support hinzufügen ...«. Im nachfolgenden Dialog aktivieren Sie das Kästchen »individuellen Support erstellen« (s. Abbildung 8). Achten Sie weiterhin darauf, dass das Kästchen »Bauteile vor Support anheben (in mm)« nicht aktiviert ist. Anschließend gelangen Sie in eine reduzierte Ansicht Ihres Objektes und den zugehörigen Supportstäben, in der Sie einzelne Supportstäbe beliebig entfernen oder hinzufügen können. Mit der Funktion »Support auswählen« können Sie einzelne Stäbe markieren und entfernen (Rechtsklick: »Entferne Selektion«).

Abbildung 7:
Entfernen einzelner Supportstäbe im Supportmodul

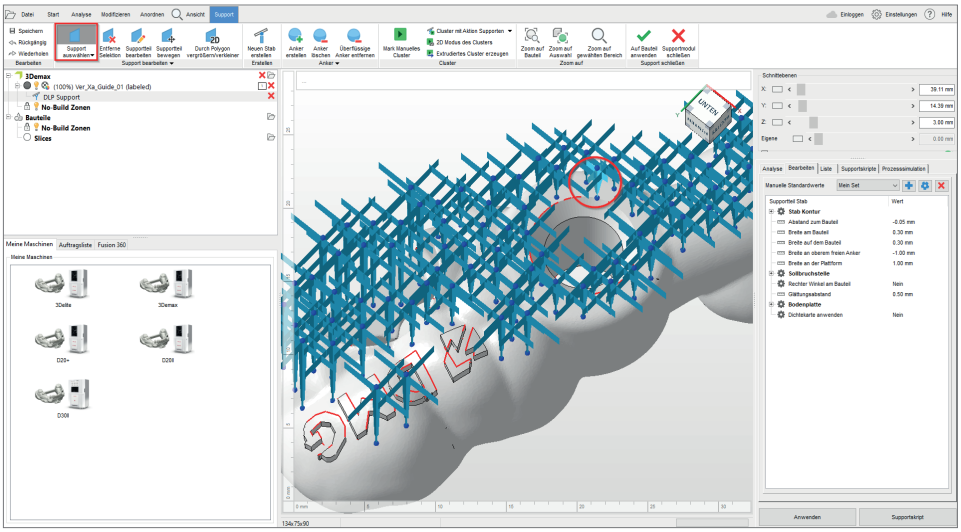
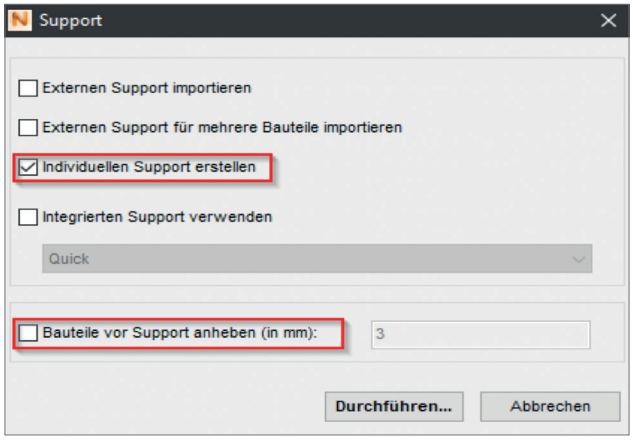


Abbildung 8:
Individuellen Support erstellen

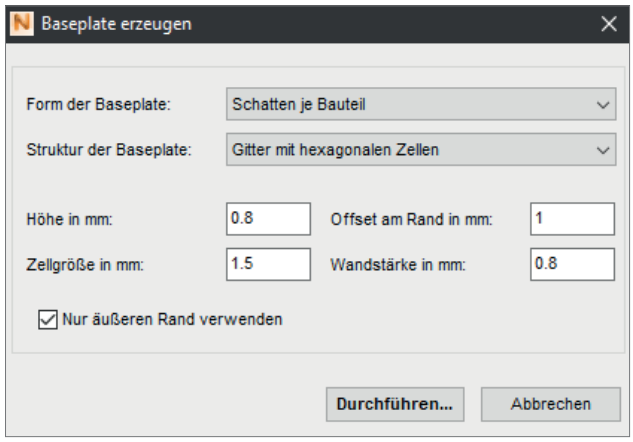


3.1.5. Basisplatte (Baseplate)

Bei Bedarf kann der Arbeit im Anschluss eine Basisplatte als hexagonales Gitter hinzugefügt werden. Eine Basisplatte sorgt für eine bessere Haftung an der Bauplattform und damit zur Minimierung von Fehldrucken. Für das Material DMG LuxaPrint Ortho werden folgende Einstellungen empfohlen:

Schatten je Bauteil, Gitter mit hexagonalen Zellen, Höhe: 0,8 mm, Zellgröße: 1,5 mm, Offset am Rand: 1 mm, Wandstärke: 0,8 mm.

Abbildung 9:
Dialogfenster
»Baseplate erzeugen«



3.1.6. Baujob erstellen (»Slicing«) und auf den Drucker übertragen

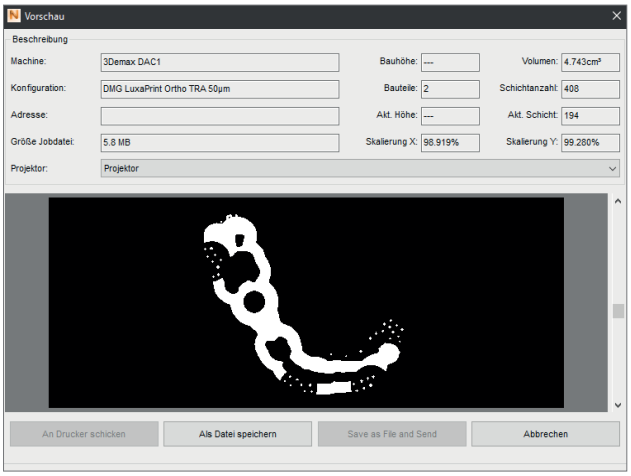


Abbildung 10: Schwarz dargestellt ist der gesamte Bauraum, weiß dargestellt sind die zu belichtenden Bereiche. Exemplarisch in der Darstellung die aktuelle Schicht 194, bei der zum Teil noch Support-strukturen erstellt werden, aber auch zu großen Teilen bereits die Bohrschablonenkonturen erkenn-bar sind.

Sobald Sie mit der Anordnung der Teile auf der Bauplattform, den Stützstrukturen und Basisplatten zufrieden sind, kontrollieren Sie nochmals die Material- und Maschinen-einstellungen und erstellen nun über »Baujob erstellen« eine druckerlesbare Datei.

Nach der Berechnung der einzelnen Druckschichten, dem sogenannten Slicing, erscheint ein Vorschaufenster. Hier können Sie durch die Schichten des Druckjobs scrollen und Ihre Arbeit abschließend überprüfen.

Übertragen Sie nun den fertigen Druckjob via Netzwerk oder USB-Stick auf Ihren 3D-Drucker.

3.2. Asiga Composer

3.2.1. Material und Maschine wählen

Öffnen Sie die Asiga Composer Software und wählen Sie ein neues Projekt oder öffnen Sie ein bereits gespeichertes Projekt. Wählen Sie Ihren Drucker und das Material »DMG LuxaPrint Ortho TRA«. Die von DMG validierte Schichtstärke ist 0,050 mm (= 50 µm) und führt zu den besten Ergebnissen.

Falls Sie noch nicht mit dem Material gearbeitet haben, können Sie sich den Druck-parameter auf der Asiga Website in Ihrem Account-Bereich in der Material Library herunterladen (asiga.com/accounts/) und in die Composer Software importieren.

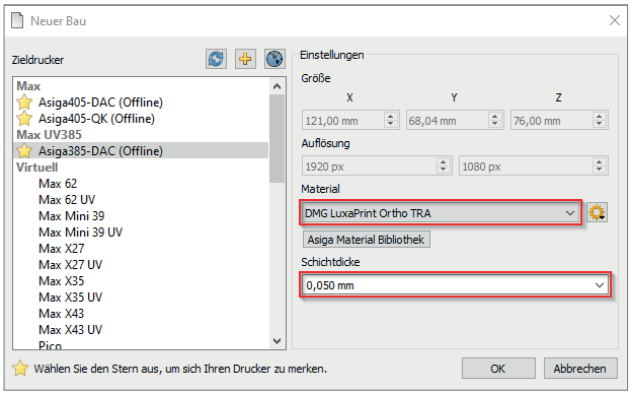


Abbildung 11:
Material- und Schichtstärken-auswahl im Asiga Composer

3.2.2. Import in den Asiga Composer

Importieren Sie das zuvor erstellte Bohrschablonendesign in die Asiga Composer Software. Ziehen Sie dazu die Datei einfach in die 3D-Ansicht der Software oder wählen den Menüpunkt »Add Parts ...«.

3.2.3. Ausrichtung der Bohrschablonen im Bauraum

Richten Sie die Bohrschablonen immer so aus, dass die für die Passung relevante Innenseite der Schablone von der Bauplattform abgewandt ist. So wird die höchste Genauigkeit erzielt und sichergestellt, dass an diesen Flächen keine Supportstrukturen generiert werden.

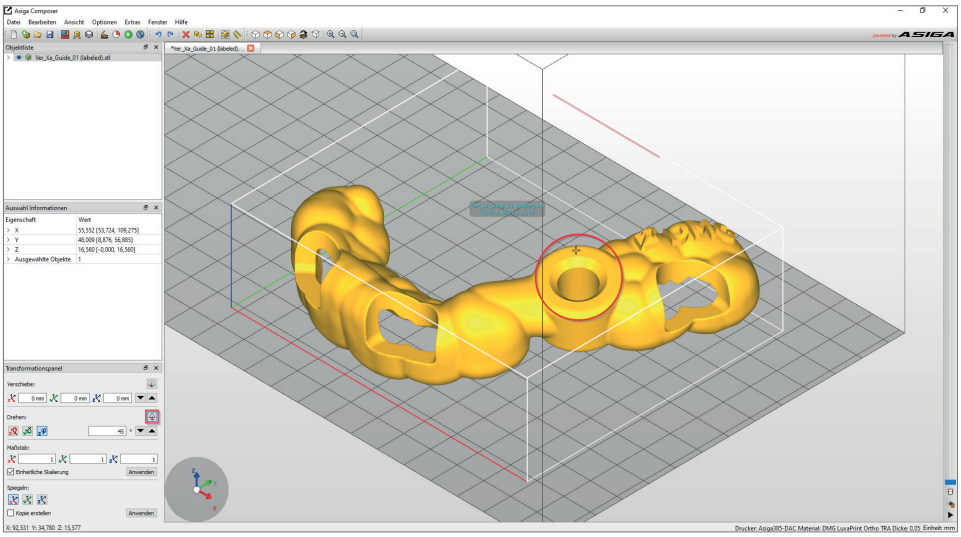
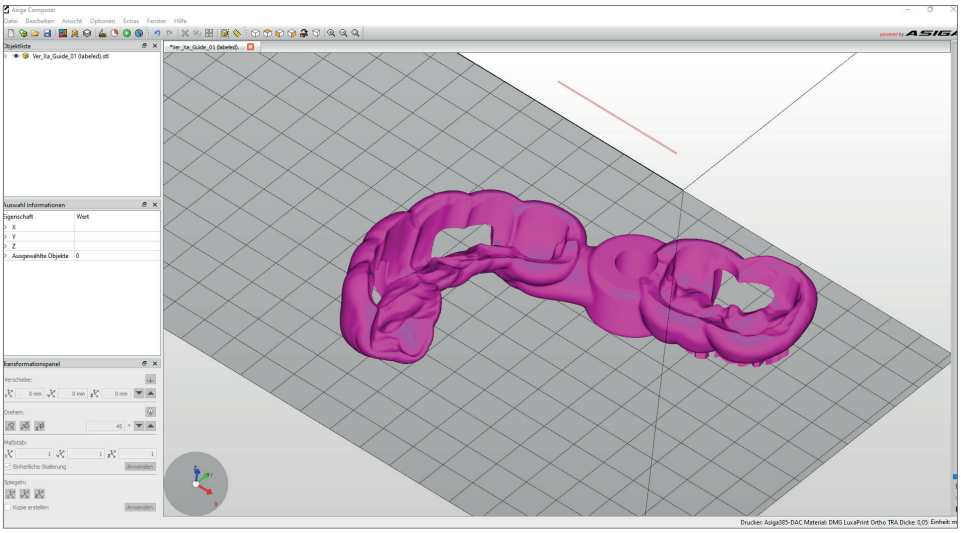


Abbildung 12:
Orientierung der Bohrschablone mit der Funktion »Rotate Facet Downwards«

Die Aufnahme(n) für die Bohrhülse(n) sollte(n) außerdem immer möglichst flach und parallel zu der Bauplattform stehen (so dass das Loch für die Bohrhülse in z-Richtung bzw. nach oben zeigt), damit die Bohrhülse eine exakte Passung aufweist. Für eine einfache Ausrichtung bietet der Asiga Composer die praktische Funktion »Rotate Facet Downwards« an. Markieren Sie dazu zunächst Ihre Bohrschablone mit einem Linksklick, wählen Sie dann im Rotationsbereich auf der linken Seite des Fensters die Funktion »Rotate Facet Downwards«. Klicken Sie im Anschluss mit dem Zielkreuz auf die plane Fläche der Bohrhülsenaufnahme, um diese Fläche in Richtung der Bauplattform zu orientieren (s. Abbildung 12).

Abbildung 13:
Korrekte Orientierung im Bauraum

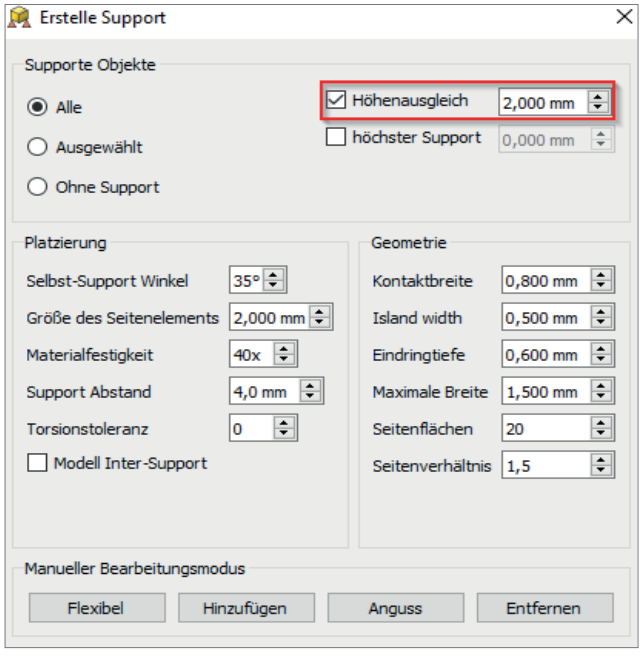


Bei mehreren Bohrhülsen in einer Bohrschablone sollten alle Aufnahmen für Bohrhülsen möglichst flach und in einem ähnlichen Winkel positioniert werden.

3.2.4. Stützstrukturen hinzufügen

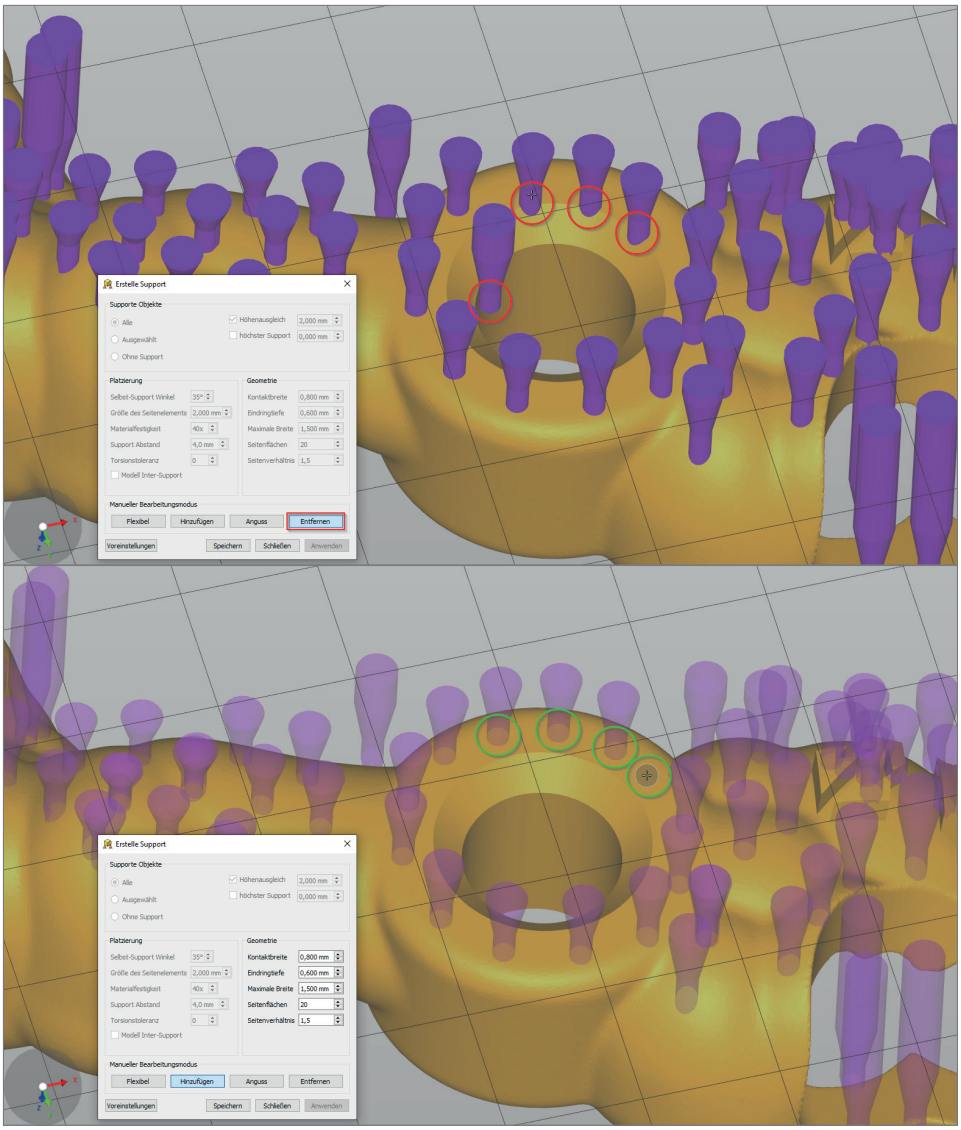
Wählen Sie den Menüpunkt »Generate Support«, um Ihrer Arbeit Stützstrukturen hinzuzufügen. Die in der Software vorgeschlagenen Werte wurden bereits für das Material optimiert, so dass Sie mit einem Klick auf »Apply« die automatische Support-erzeugungsfunktion starten können. Achten Sie außerdem darauf, dass die Funktion »Height leveling« aktiviert bleibt, damit Ihr Objekt wenige Millimeter von der Bauplattform angehoben wird. Die Software berechnet automatisch die optimale Lage der Stützen und fügt diese zwischen Bauplattform und Bohrschablone ein.

Abbildung 14:
Dialogfenster »Generate Support«



Bitte untersuchen Sie Ihr Objekt auf fehlerhaft gesetzte Stützstrukturen. Für eine einfache und präzise Montage der Bohrhülsen stellen Sie sicher, dass sich keine Supportstäbe in der Nähe der Bohrhülsenaufnahmen oder auf der Passfläche befinden. Entfernen Sie bei Bedarf einzelne Supportstäbe und/oder fügen Sie welche hinzu.

Abbildung 15:
Entfernen und Hinzufügen einzelner Supportstäbe im Asiga Composer



3.2.5. Druckjob an den Drucker senden

Über den Menüpunkt »Build« gelangen Sie zum Build Wizard. Hier können Sie Ihre Einstellungen noch einmal überprüfen und bei Bedarf eine Basisplatte unter Ihrer Arbeit erzeugen. Senden Sie nun den fertigen Druckjob an Ihren 3D-Drucker.

4. Druck

4.1. Material schütteln

≥ 1 min.

DMG LuxaPrint Ortho sollte vor Verwendung mindestens eine Minute aufgeschüttelt werden. So erhalten Sie stets ein homogenes Produkt und damit eine gleichbleibend hohe Ergebnisqualität.

4.2. RFID-Tag scannen

Scannen Sie den RFID Code des Materials für eine höhere Prozesssicherheit. Das Gerät kann mögliche falsche Materialangaben in der Software erkennen und wird sie ggf. warnen (unterstützt von DMG 3Demax / DMG 3Delite (DMG), D10+ / D20+ / D30+/ D40 II (Rapid Shape), P10+ / P20+ / P30+ / P40 (Straumann)).

4.3. Material einfüllen

Füllen Sie LuxaPrint Ortho in das Harzreservoir Ihres 3D-Druckers. Achten Sie auf eine ausreichende Füllhöhe, damit das Harz auch bei einer voll belegten Bauplattform nachfließen kann. Bitte füllen Sie das Harzreservoir niemals randvoll, sonst kann das Harz überlaufen und Ihren Drucker verschmutzen. Verwenden Sie für jedes biokompatible Druckmaterial separate Materialwannen, um Kreuzkontaminationen auszuschließen.

4.4. 3D-Druck starten

Starten Sie den Druck auf Ihrem 3D-Drucker.

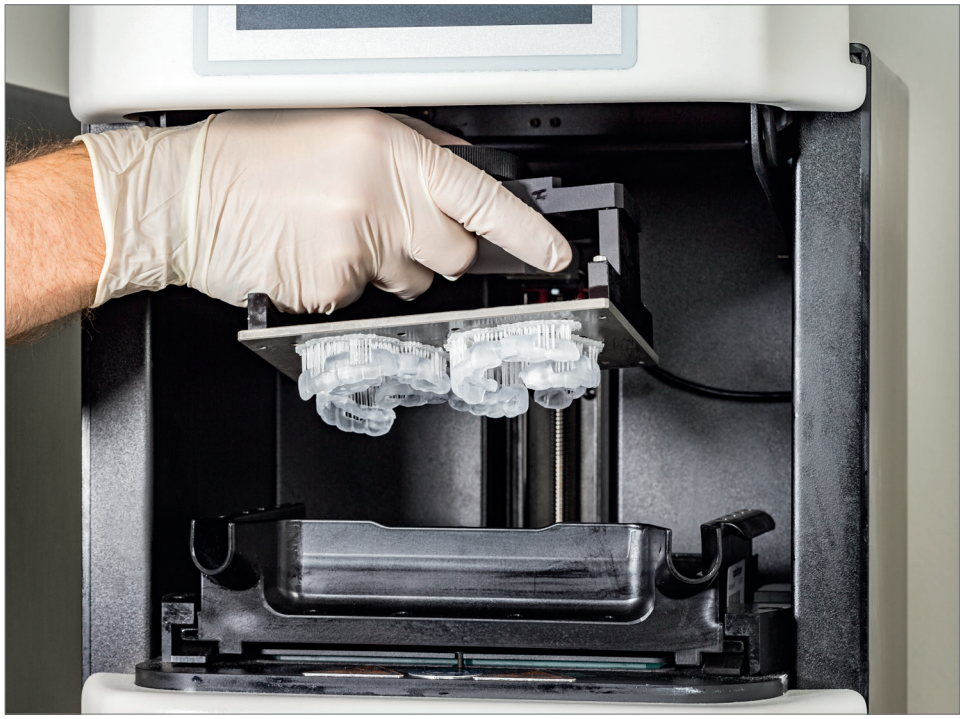


Abbildung 16:
Druckobjekt im Bauraum der DMG 3Demax

5. Nachbearbeitung

Intelligent Connectivity

Als Nutzer eines DMG 3D-Drucksystems bestehend aus den Druckern und den Nachbearbeitungseinheiten können Sie von der intelligenten Verknüpfung der Geräte profitieren. Sobald der Druckjob auf dem Drucker fertiggestellt ist, werden alle relevanten Informationen auf die Nachbearbeitungsgeräte übertragen, an denen Sie nur noch den passenden Druckjob auswählen müssen, um die individuelle Nachbearbeitung zu starten.

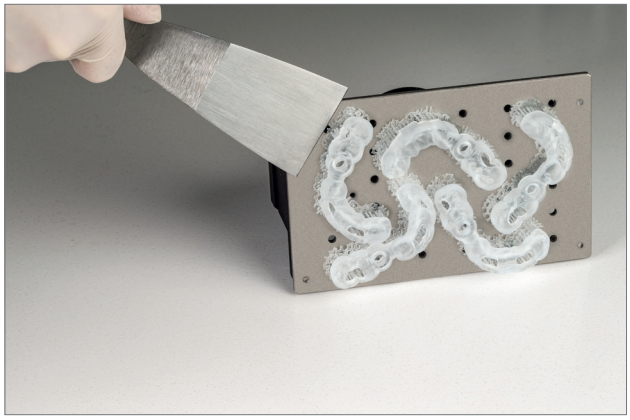
5.1. Abtropfen

Lassen Sie Ihre Bohrschablonen nach Fertigstellung des Druckprozesses optimalerweise noch etwa 10 Minuten im Drucker hängen, damit flüssiges Harz abtropfen kann. So sparen Sie Material und Reinigungsaufwand.

5.2. Teile von der Bauplattform lösen

Lösen Sie die gedruckten Objekte vorsichtig von der Bauplattform. Verwenden Sie dafür einen dem Drucker beiliegenden Spachtel oder z. B. ein Cutter-Messer. Schieben Sie das Werkzeug unter die Basisplatte und lösen Sie die Teile durch leichte Hebelbewegungen. Sollte die Haftung an der Bauplattform zu stark sein, können Sie den Spachtel an die Basisplatte anlegen und vorsichtig mit einem kleinen Hammer auf den Griff des Spachtels schlagen, um die Teile zu lösen.

Abbildung 17:
Lösen der Druckobjekte von der Bauplattform



Falls Sie einen DMG 3Delite (DMG), D10+ (Rapidshape) oder P10+ (Straumann) verwenden, belassen Sie die Objekte an der Bauplattform und hängen Sie die ganze Plattform in das vorgesehene Reinigungsgerät (DMG 3Dewash, RS wash oder P wash).

5.3. Reinigung

Die Bohrschablonen müssen nach dem Druck sorgfältig von nicht ausgehärtetem Harz gereinigt werden. Verwenden Sie für jedes biokompatible Druckmaterial separate Reinigungslösungen, um Kreuzkontaminationen auszuschließen.

PRAXIS-TIPP

Ein längerer Kontakt mit den Reinigungsflüssigkeiten kann die Genauigkeit der Objekte sowie deren mechanische Eigenschaften beeinflussen. Bitte halten Sie sich an die hier angegebenen Zeiten.

5.3.1. 3Dewash (oder RS wash / P wash)

Legen Sie Ihre gedruckten Objekte einfach in die Reinigungskammer und wählen das Programm für DMG LuxaPrint Ortho oder den passenden Druckjob (erfordert Intelligent Connectivity) aus. Die beste Reinigungswirkung wird erreicht, indem die Bohrschablone mit der Passungsfläche nach unten in die Reinigungskammer gelegt wird. Die Reinigung sollte mit Isopropanol (ca. 99 %) erfolgen.

Abbildung 18:
Bohrhülse in der Einheit 3Dewash

5.3.2. Ultraschall

Falls Sie keines der oben genannten Reinigungsgeräte besitzen, reinigen Sie Ihre Bohrschablone mit Ethanol (≥ 96 %) oder Isopropanol (≥ 99 %) maximal 3 Minuten in einem Ultraschallbad vor. Bei Bedarf kann eine Bürste verwendet werden. Wenn vorhanden, können Sie Ihre Objekte im Anschluss mit Druckluft säubern. Reinigen Sie Ihre Teile schließlich nochmals in einem separaten Gefäß mit sauberem Ethanol (ca. 96 %) oder Isopropanol (≥ 99 %) für maximal 2 Minuten im Ultraschallbad.

Abbildung 19:
Abspülen von Harzrückständen

Untersuchen Sie die Bohrschablone nach dem Trocknen gründlich und stellen Sie sicher, dass

- die Bohrschablone sauber und vollständig getrocknet ist,
- keine Reinigungsflüssigkeit oder Harzreste auf der Oberfläche verbleiben (erkennbar an einer glänzenden Objektoberfläche).

Sollten sich noch flüssige Harzreste auf der Oberfläche befinden, können Sie diese z. B. mit einer Spritzflasche mit Isopropanol oder einem mit Isopropanol getränktem Tuch entfernen. Trocknen Sie Ihre Bohrschablone im Anschluss vollständig wie oben beschrieben.

5.4. Trocknung und Sichtkontrolle

Vor dem Nachhärten muss die Bohrschablone vollständig getrocknet sein. Verwenden Sie dafür Druckluft, oder lassen Sie die Teile ca. 30 Minuten an der Luft trocknen. Achten Sie beim Trocknen darauf, dass die Bohrschablone keiner direkten Sonnenstrahlung oder anderer starker Strahlung (z. B. Tageslichtlampen) ausgesetzt ist.

Abbildung 20:
Trocknen einer Bohrschablone mit Druckluft

5.5. Nachbelichtung

Die richtige Nachhärtung der gedruckten Teile ist wichtig, um eine biokompatible Arbeit mit optimalen mechanischen Eigenschaften, sowie einer perfekten Passung zu erhalten. Achten Sie daher stets auf die korrekte Nachhärtung und halten Sie sich exakt an die Vorgaben. Legen Sie die Bohrschablonen nicht übereinander in die Belichtungskammer und achten Sie darauf, dass die Teile von allen Seiten Licht bekommen.

PRAXIS-TIPP

Eine zu kurze, aber auch eine zu lange oder zu intensive Nachhärtung kann zum Verlust der Genauigkeit durch Verzüge im Bauteil sowie zu einer Verfärbung der Teile führen.

5.5.1. DMG 3Decure

Legen Sie Ihre Druckobjekte in die dafür vorgesehene Kammer des Belichtungsgerätes und wählen Sie das Programm für DMG LuxaPrint Ortho bzw. den passenden Druckjob (erfordert Intelligent Connectivity) aus.

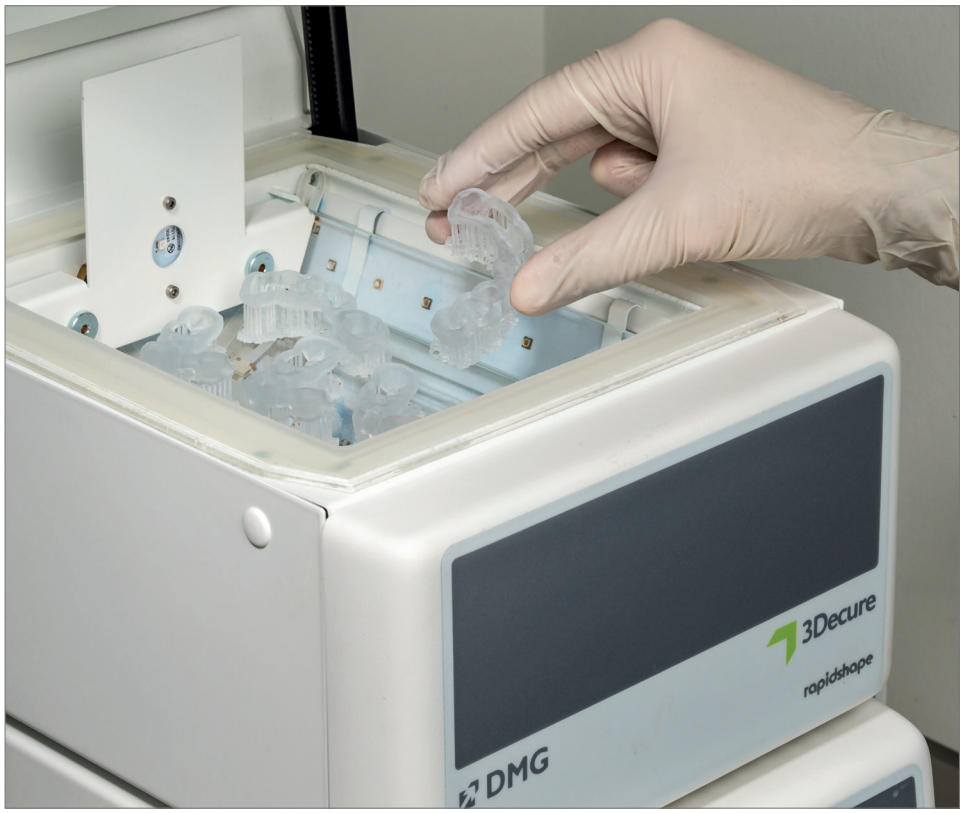


Abbildung 21:
3Decure

5.5.2. Otoflash / Heraflash / HiLite power3D

Legen Sie Ihre Druckobjekte in die dafür vorgesehene Kammer des Belichtungsgerätes und härten mit den unten angegebenen Einstellungen nach.

Belichtungsgerät	Belichtungszeit	Tipps
Otoflash G171 (N360 Wanne)	2 x 2000 Blitze	Nach den ersten 2000 Blitzen Druckobjekt abkühlen lassen und wenden
Heraeus Heraflash / Kulzer HiLite power 3D	2 x 180 Sekunden	Nach den ersten 180 Sekunden Druckobjekt abkühlen lassen und wenden

5.6. Entfernen der Stützstrukturen

Entfernen Sie vorsichtig die Stützstrukturen. Verwenden Sie dabei am besten ein Handstück mit Trennscheibe oder eine kleine Zange, Seitenschneider oder Schere. Die Rückstände der Stützstrukturen können anschließend mit einer Fräse oder einem Polierer behutsam entfernt werden.

PRAXIS-TIPPS

Das Abtrennen der Stützen per Hand geht zwar schneller als mit einem Werkzeug, kann aber kleine Bereiche aus den Bohrschablonen ausreißen und damit die Schienen beschädigen oder sogar unbrauchbar machen. Wir empfehlen daher die Verwendung eines Werkzeugs.

Entfernen Sie die Supports immer nach der Nachbelichtung, um Verzüge im Bauteil zu vermeiden. Insbesondere bei Bohrschablonen ist die exakte Passung für eine optimale Behandlung essenziell.

Abbildung 22:
Entfernen der Stützstrukturen mittels Trennscheibe

5.7. Ausarbeitung und Politur

Die Ausarbeitung der Bohrschablonen sollte aufgrund der entstehenden Staubbelastung unter einer aktiven Absaugung erfolgen.

- Grobe Reste der Supports können mit **Schleif- / Korundpapier** (z. B. Körnung 120 µm) verschliffen werden.
- Für Formänderungen und das Kürzen von Schablonenrändern (Formschliff) können **Keramikfräser oder feine kreuzverzahnte Kunststofffräsen** verwendet werden.
- Ein **silikongetränktes Faservliesrad** kann zum Abtragen, Abrunden und Glätten (Vorpolitur) von Rändern und Oberflächen benutzt werden.
- Die Vorpolitur sollte am **Poliermotor mit feinem Bimssteinpulver und einer Ziegenhaarbürste** erfolgen.
- Mit einem **Hochglanzschwabbel** und einer **universalen Kunststoffpolierpaste** kann Hochglanz erzeugt werden.

Abbildung 23:
Verwendete Polierwerkzeuge
(Beispielbild)

Abbildung 24:
Fertige und ausgearbeitete
Bohrschablone mit Bohrhülse

PRAXIS-TIPP

Bitte untersuchen Sie Ihre Anwendungsobjekte nach Fertigstellung auf etwaige Beschädigungen und Risse. Beschädigte Bohrschablonen sollten niemals am Patienten angewendet werden.

6. Vorbereitung vor der Anwendung beim Patienten

6.1. Montage der Bohrschablonen

Verwenden Sie ausschließlich den Bohrhülsentyp, den Sie während des Design-Prozesses ausgewählt haben. Die Bohrhülse sollte eine exakte Presspassung in der Schablone aufweisen und durch Retention in Position gehalten werden. Wenn Sie feststellen, dass eine exakte Passung nicht gegeben ist, sollte die Bohrschablone nicht am Patienten angewendet werden. Durch Anpassung der Design-Parameter (»Abstand zur Bohrhülse«) kann eine exakte Passung erreicht werden. Nachträgliche Arbeiten an der Bohrschablone können die Genauigkeit beim klinischen Eingriff beeinträchtigen.

6.2. Sterilisation

DMG LuxaPrint Ortho Bohrschablonen können vor dem Einsatz beim Patienten im Autoklav einmalig sterilisiert werden. Bitte nutzen Sie folgende Autoklavierparameter für die Dampfsterilisation:

Temperatur: **134 °C / 273 °F** bei einem Druck von **2 bar** und einer Dauer von **5 min**.

6.3. Desinfektion

Entsprechend der Herstellerangaben können folgende Desinfektionsmittel verwendet werden:

- PrintoSept-ID (auf Basis von quart. Ammoniumsalzen)
- SprayActiv, alkoholisches Desinfektionsspray (enthält auch Didecyldimethyl-N-chlorid)
- Dentavon (Lösung aus Granulat zubereitet; enthält Pentakalium-bis(peroxymonosulfat)-bis(sulfat), anionische Tenside, nichtionische Tenside, Seife, Phosphonat)

7. Validierte Passgenauigkeit

In unserem digitalen Anwendungszentrum wird die Passgenauigkeit all unserer Materialien und Workflows nach einem festgelegten Validierungsprozess eingestellt, überprüft und bewertet. Jeder Workflow muss unsere strengen Kriterien erfüllen, die für jede Anwendung individuell und nach klinischer Relevanz und Anwendbarkeit erarbeitet wurden.

Die Passflächen und Bohrhülsenaufnahme einer Bohrschablone, die mit dem DMG validated Workflow unter Verwendung von DMG LuxaPrint Ortho Druckharz, DMG 3Demax 3D-Drucker, DMG 3Dewash Reinigungseinheit und DMG 3Decure Nachbelichtungseinheit hergestellt wurde (Design in 3Shape Implant Studio mit Voreinstellungen für das Material DMG LuxaPrint Ortho), zeigen mittlere Abweichungen von 29 µm. Anders ausgedrückt liegen 99,0 % der Fläche innerhalb einer Toleranz von 100 µm, dabei zeigt die gesamte Passfläche keine Abweichungen, die größer sind als 150 µm. Die lineare Abweichung der Aufnahme für die Bohrhülse liegt bei 14 µm mit einer Winkelabweichung von 0,85°.

In einer aktuellen Studie von Bencharit et al. (Dalal, N.; Ammoun, R.; Abdulmajeed, A. A.; Deeb, G. R.; Bencharit, S. J. Prosthodontics **2020**, 29, 161–165) wurde die Genauigkeit gedruckter Bohrschablonen in Abhängigkeit von Schichtstärke im Druckprozess und Orientierung im Bauraum untersucht. Die Autoren finden mittlere Abweichungen der Intagliofläche von 25 µm bis 98 µm, lineare Abweichungen der Bohrhülsenaufnahme von 8 µm bis 23 µm sowie Winkelabweichungen der Bohrhülsenaufnahme von 0,56° bis 1,57°.

Die mit dem validierten DMG Workflow hergestellte Bohrschablone weist demnach ähnliche oder kleinere Abweichungen auf, als die in der Studie untersuchten. Die hier erwähnte und weitere Studien (Henprasert, P.; Dawson, D. V.; El-Kerdani, T.; Song, X.; Couso-Queiruga, E.; Holloway, J. A. J. Prosthodontics, 2020, 29, 534-541; Geng, W.; Liu, C.; Su, Y.; Li, J.; Zhou, Y. Int. J. Clin. Exp. Med. 2015, 8(6), 8442-8449) legen zudem den Schluss nahe, dass die ermittelten Abweichungen keine klinische Relevanz haben und die Verwendung gedruckter Bohrschablonen klinische sowie wirtschaftliche Vorteile bieten.

Tabelle 2:
Genauigkeit einer Bohrschablone hergestellt mit dem validierten DMG Workflow

	Genauigkeit
Flächenanteil innerhalb 100 µm Abweichung (Passfläche und Bohrhülsenaufnahme)	99,0 %
Flächenanteil innerhalb 150 µm Abweichung (Passfläche und Bohrhülsenaufnahme)	100,0 %
Mittlere Abweichungen der Passfläche	29,3 µm
Maximale Abweichung der Fläche der Bohrhülsenaufnahme	39 µm
Lineare Abweichung der Bohrhülsenaufnahme	14 µm
Winkelabweichung der Bohrhülsenaufnahme	0,85°

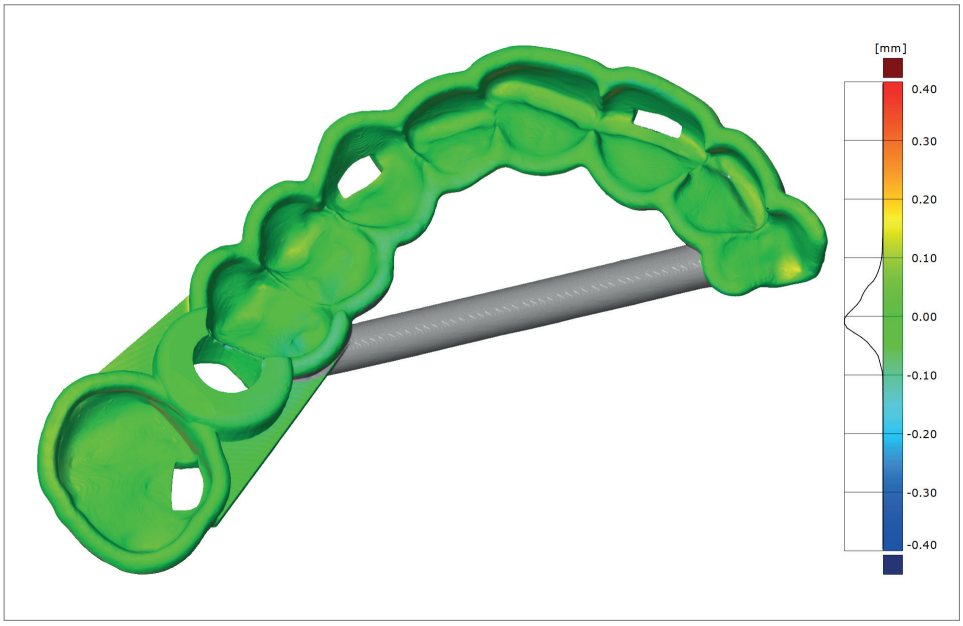


Abbildung 25:
Flächenvergleich der Passfläche einer im validierten DentaMile Workflow hergestellten Bohrschablone im Vergleich mit den digitalen Ausgangsdaten. 99,0 % der Datenpunkte liegen innerhalb einer Toleranz von 100 µm. Die mittlere Abweichung beträgt 29,3 µm.