

# Kurzbeschreibung

# Produktion von Silikonteilen mit 3D-gedruckten Schalenformen (Eggshells)

Joseph Chang

Advanced Applications Engineer



# Einleitung

Beim Eggshell-Verfahren wird eine dünne Einwegform im 3D-Druck gefertigt, die mit dem fertigen Produktionsmaterial ausgespritzt und dann weggebrochen wird. Diese Technik ermöglicht die Herstellung von echten Silikon- und Gummitteilen ohne teure Metallwerkzeuge und mit schnelleren Produktentwicklungszeiten. Mit unseren 3D-Drucklösungen lassen sich sehr genaue Eggshell-Formen auf Harzbasis in kürzester Zeit herstellen. Außerdem können mit dieser Technik unterschiedlichste Silikonteile gefertigt werden - sogar mit Geometrien, die mit konventionellen Werkzeugen nicht herzustellen sind.

## Wichtigste Herausforderungen

### GLEICHBLEIBENDE QUALITÄT FÜR ALLE DESIGNS

Mit 3D-gedruckten Eggshell-Formen lassen sich typische Einschränkungen lösen. Sie liefern leistungsfähige Teile und perfekte Oberflächen aus jedem beliebigen Silikon. Dieser Prozess reduziert den Materialverbrauch im Vergleich zu anderen Spritzgusstechniken, bei denen der 3D-Druck zum Einsatz kommt. Gleichzeitig kommt es im Vergleich zum direkten 3D-Druck zu weniger Problemen bei Elastomerwerkstoffen, wie z.B. Anguss- oder Stützennarben.

### FLEXIBILITÄT

Aufgrund von Budgetbeschränkungen ist es Designteams häufig nicht möglich, komplexe Entwürfe mit Metallwerkzeugen effektiv zu iterieren. Die Materialeffizienz des Eggshell-Verfahrens ermöglicht den 3D-Druck mehrerer Formen, in die verschiedene Materialien eingespritzt werden können, damit unterschiedliche Entwürfe zu geringeren Kosten getestet werden können.

### PRODUKTEINFÜHRUNGSZEIT

Die Herstellung funktionaler Silikonteile in kürzerer Zeit erhöht die Entwicklungsgeschwindigkeit.

**Silikone sind die am häufigsten verwendeten Materialien für kommerzielle und medizinische Anwendungen.**

## Anwendungen und Beispiele

- Wearable-Technologie
- Sportgeräte
- Schuhe
- Bad-/Küchengeräte
- Medizinische Simulationsmodelle



# Die Qualität, Flexibilität und Geschwindigkeit der 3D-Drucklösungen für Kunststoff von 3D Systems

Die konventionelle Herstellung von Silikonanteilen ist teuer und zeitintensiv. Metall- oder Kunststoffwerkzeuge können hervorragende Ergebnisse liefern. Sie benötigen jedoch meist längere Vorlaufzeiten und mehr Material, ohne dass während der Produktentwicklung flexible Iterationen möglich sind.

Modernes Teiledesign mit digitalen Werkzeugen und 3D-Druck ändert den Status quo der Werkzeugnutzung. Durch die additive Fertigung lassen sich die Grenzen bei Kreativität und Design dank der einfachen Herstellung elastomerartiger Teile verschieben - und das bei größerer Reaktionsfähigkeit und unverminderter Qualität.

Mit den Kunststoff-3D-Drucklösungen von 3D Systems für Eggshell-Formen, zu denen die Systeme ProJet® MJP 2500 Plus, Figure 4® und SLA gehören, können Sie funktionale Silikonanteile für den Endgebrauch herstellen und Ihren Produktentwicklungsplan effektiver gestalten. Folgende Möglichkeiten stehen Ihnen zur Verfügung:

- Herstellung von Teilen aus 100 % Silikon innerhalb eines Tages, um Designiterationen und die Validierung für die Endanwendung zu beschleunigen
- Formherstellung für extrem herausfordernde Details wie Anatomie, Texturierung und feine Merkmale
- Kostengünstige Iteration und Herstellung unterschiedlichster Elastomerteile
- Verbesserte Passform und Leistung des Endprodukts

## Digitale Silikonwerkzeuge – Workflow-Lösung und Best Practices

### 1. DIGITALE 3D-DESIGN DES BAUTEILS



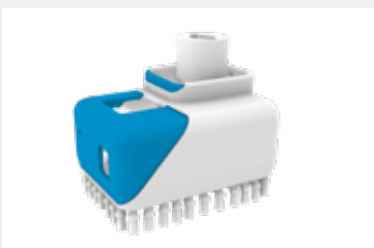
### 2. ERSTELLUNG DER EGGSHELL-FORM



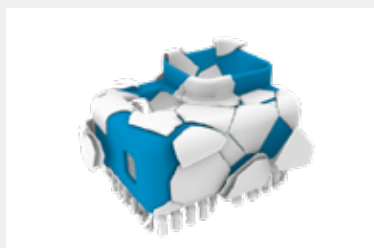
### 3. 3D-DRUCK DER EGGSHELL-FORM



### 4. EINSPRITZEN DES SILIKONS



### 5. AUSBRECHEN AUS DER EGGSHELL-FORM



### 6. ENDGÜLTIGE FERTIGSTELLUNG UND VALIDIERUNG

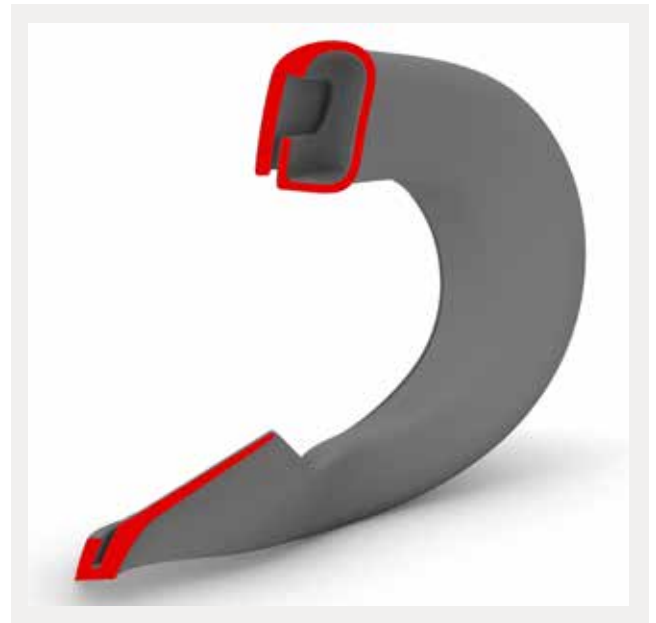


## DIGITALES BAUTEILDESIGN

Überlegen Sie sich beim Entwerfen Ihres Teils, welche Technologie für die Herstellung der Eggshell-Form am besten geeignet ist. Hat Ihr Teil große Hinterschneidungen, geschlossene Volumina oder innere Hohlräume?

Bei den 3D-Drucklösungen SLA und Figure 4 sollten Sie überlegen, wie Sie das Teil am besten auf der Druckplattform ausrichten können. Die ideale Ausrichtung ermöglicht eine einfache Herausnahme von Material während des Druckvorgangs oder der Nachbearbeitung. Wenn das Teil während des Figure 4-Druckvorgangs nicht abfließt, kann die Saugkraft dazu führen, dass die Wandungen des Teils einknicken und unerwünschte Teilmängel entstehen.

Wenn Sie die Multijet-Drucktechnologie (MJP) für Eggshell-Formen verwenden, sollten Sie sich überlegen, wie das im Inneren eingeschlossene Wachs nach dem Schmelzen abgelassen werden kann. Sehen Sie Abfluss- und Entlüftungsöffnungen vor, damit das Wachs ablaufen und Luft einströmen kann.



## ERSTELLUNG DER EGGSHELL-FORM

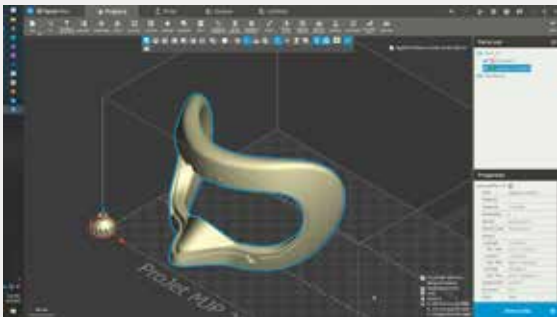
### Gitterimport-Einstellungen

Oberflächentoleranz: 0,01 mm

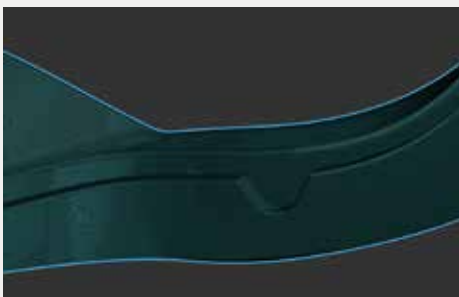
Maximale Kantenlänge: 0,2 mm

Übergänge: 0,1 mm

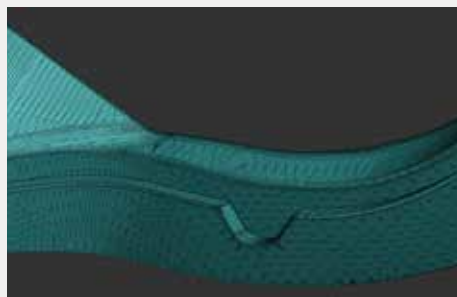
### 1. TEIL UND ANSCHLUSS IMPORTIEREN



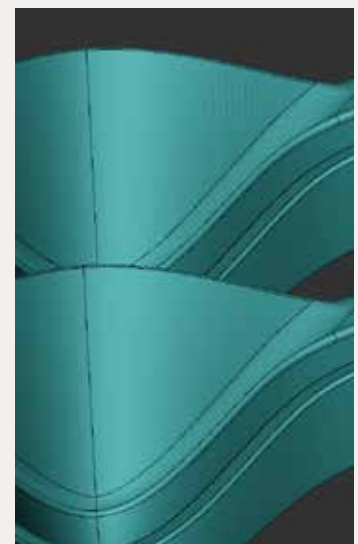
Verwenden Sie die Importeinstellungen mit hoher Auflösung, um kleine und dünne Merkmale beizubehalten und zu vermeiden, dass diese facettiert oder übermäßig vereinfacht werden. Dies ist ideal für Teile mit beliebigen Kurvenformen, egal ob mit einfachen oder komplexen Radien.



Hohe Auflösung

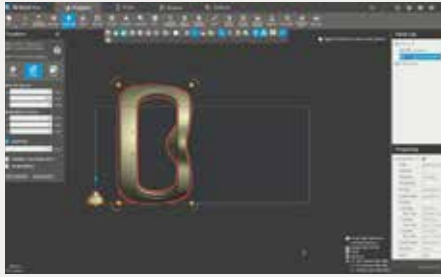


Standardauflösung



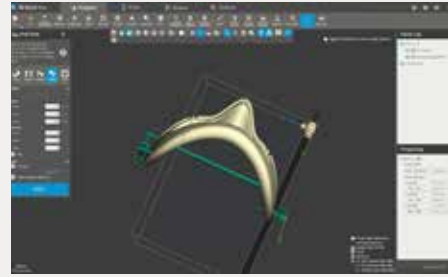
Standardauflösung (oben) versus hohe Auflösung (unten)

## 2. TEILEAUSRICHTUNG



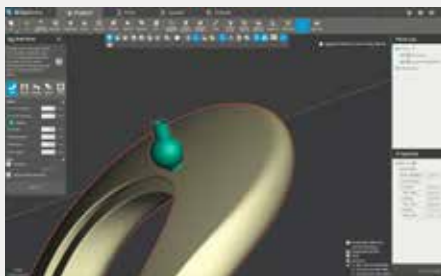
Sobald das Teil importiert ist, sollten Sie beim 3D-Druck mit der MJP-Technologie die Ausrichtung berücksichtigen, in der das Trägerwachs ablaufen soll.

## 4. PLATZIERUNG DER ANGUSSÖFFNUNG



Positionieren Sie den Anguss an Orten, die leicht zugänglich und leicht zu fixieren sind. Dadurch ist auch gewährleistet, dass Flüssigkeiten leicht abfließen können.

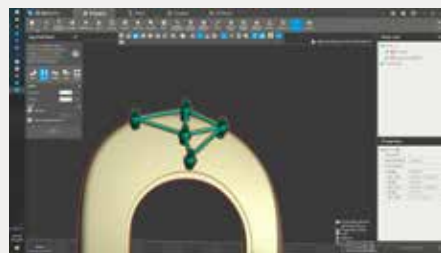
## 3. BELÜFTUNGSÖFFNUNGEN, BRÜCKEN UND ANGUSSPLATZIERUNG



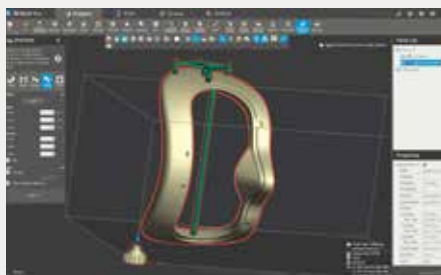
Achten Sie beim Anbringen von Belüftungsöffnungen und Angüssen auf kritische Oberflächen und berücksichtigen Sie, dass die Form während des Reinigungsprozesses umgekehrt platziert wird.

Platzieren Sie Lüftungsöffnungen dort, wo zu erwarten ist, dass sich Luft ansammelt. Überlegen Sie sich Lösungen für dünne und lange sowie für freitragende Elemente.

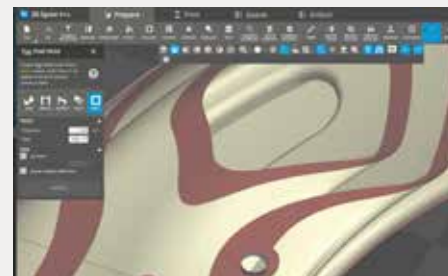
Sobald die Belüftungsöffnungen platziert sind, können Sie die Brücken erzeugen.



Platzieren Sie den Anguss zwischen den beiden Innenflächen des Teils, damit das Silikon leichter an die Innenseite der anderen Seite des Teils gelangen kann.



## 5. ERZEUGUNG UND INSPEKTION DER EGGSHELL-FORM



Die 3D-Drucktechnologie, die Sie wählen, wirkt sich auf die Aufmaße von Teilen aus. Mit SLA und Figure 4 können Sie Eggshell-Formen mit einer Wandstärke von bis zu 0,3 mm drucken. Für MJP empfehlen wir, das Teil mit einer Wandstärke von mindestens 0,8 mm zu drucken. Der Einsatz zusätzlicher Verstärkungen wie Strukturrippen oder Gitterstützen ist nützlich für Teile mit inneren Hohlräumen oder großen Oberflächen, die eben oder wellenförmig sind.

Verwenden Sie das Z Clipping Point Tool, um die Lüftungsöffnungen und die Form zu überprüfen und sicherzustellen, dass sie ordnungsgemäß erzeugt wurden.

## 3D-DRUCK DER EGGHELL-FORM

Unsere Lösungen für Eggshell-Druck mittels SLA, Figure 4 und MJP lassen sich so skalieren, dass Sie genau so viele Formen drucken können, wie Sie zur Entwicklung oder für die Auflagenproduktion benötigen.

Für Teile mit begrenzter geometrischer Komplexität empfehlen wir SLA oder Figure 4. Die Geschwindigkeit und Materialeffizienz dieser Systeme ermöglichen die Teileproduktion innerhalb von 24 Stunden.

Für Teile mit größerer Komplexität oder mit Funktionen wie Nuten, Unterschnitten und internen Hohlräumen schlagen wir unsere MJP-Plattform vor, bei der mit Trägerwachs gedruckt wird, welches geschmolzen werden und ablaufen kann.

## NACHBEARBEITUNG

Eggshell-Formen, die mit den 3D-Druck-Technologien SLA und Figure 4 gefertigt wurden, können mit Isopropylalkohol und Lufttrocknung nachbearbeitet werden. Vermeiden Sie es, gedruckte Formen länger als 5 Minuten Isopropylalkohol auszusetzen. Dadurch kann die Form zu sehr austrocknen und Risse bilden. Jegliche daraus resultierende Haarrisse werden in den abgeformten Teilen bemerkbar sein. Verwenden Sie eine Spritz- oder Sprühflasche mit Isopropylalkohol, um das restliche Harz aus der Form auszuspülen und eventuell eingeschlossene Lösungsmittelreste an der Luft zu trocknen. Ihre Form ist vollständig sauber, wenn keine glänzenden Rückstände oder eingeschlossenen Flüssigkeiten mehr vorhanden sind.

Bearbeiten Sie Eggshell-Formen, die mit dem MJP-Verfahren gefertigt wurden, in einem Laborofen nach. Dieser muss auf 70 °C eingestellt sein. Achten Sie darauf, einen Ofen mit kontrollierter Temperatur zu verwenden, da das Wachs bei höheren Temperaturen zu rauchen beginnen kann. Das Schmelzen von Stützstrukturen in einem Behälter mit bereits geschmolzenem Wachs kann helfen, den Schmelzprozess zu beschleunigen. Achten Sie aber darauf, den Behälter nicht zu überfüllen. Während des Ablaufens müssen Sie nach dem ersten größeren Abfluss das Teil möglicherweise drehen, um die gefangenen Volumina zu entleeren. Um eingeschlossenes Wachs vollständig aus den Öffnungen in der Eggshell-Form abzulassen, drehen Sie die Form auf einigen Papierhandtüchern im Ofen.

## EINSPRITZEN DES SILIKONS

Alle Standard-Silikonprodukte können für den Spritzguss verwendet werden. Füllen Sie das Silikon nach dem manuellen Mischen und Entlüften mit der Mischkanüle in eine Spritze oder eine vorinstallierte Spritzpatrone. Wenn Sie einen kundenspezifischen Anschluss verwenden, können Sie Adapter in 3D drucken, um Ihre Injektionswerkzeuge zu modifizieren. Alternativ können Sie Ihren Injektionsanguss mithilfe eines bereits vorhandenen Anschlusses ausdrucken, um eine sichere und stabile Abdichtung für eine einfache Injektion des Materials zu gewährleisten. Die meisten Silikone können von Hand injiziert werden; nur härtere Materialien (mehr als Shore-A-Härte 60) benötigen eine mechanische Kraft zur Unterstützung.



## AUSBRECHEN AUS DER EGGHELL-FORM

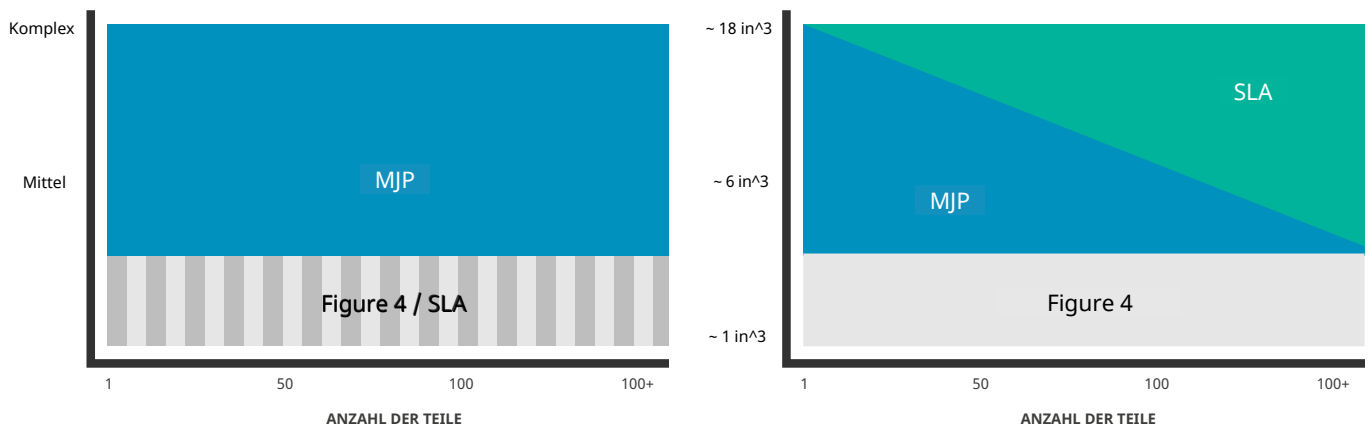
Beim Entschalen einer Eggshell-Form geht man genau so vor wie beim Pellern eines hartgekochten Eis. Durch das Entfernen der Gussform unter fließendem Wasser können Formsplinter von der Teileoberfläche entfernt werden. Platzieren Sie einen Filter in Ihrer Spüle oder entfernen Sie die Form in einem Eimer, um zu verhindern, dass Plastikstücke in Ihre Sanitärinstallation gelangen. Sobald die Eierschalenform entfernt wurde, können Sie eine Rasierklinge oder einen Flachsneider verwenden, um die Guss- und Entlüftungsstellen zu entfernen.



# Lösungen

Drucker	Werkstoffe	Software	Geräte und Zubehör
<a href="#">Projet® MJP 2500 plus</a> <a href="#">SLA-Drucker Projet® 6000 HD,Projet 7000 HD</a> <a href="#">Figure 4® Standalone, Modular und Production</a>	<a href="#">VisiJet® M2S-HT250 (MJP)</a> <a href="#">VisiJet® M2S-HT90 (MJP)</a> <a href="#">Accura® 60 (SLA)</a> <a href="#">Figure 4® HI TEMP 300-AMB (Figure 4)</a> <a href="#">Figure 4® EGGSHELL-AMB 10 (Figure 4)</a>	<a href="#">3D Sprint®</a> ist eine moderne Software mit einer einzigen intuitiven Schnittstelle für Dateivorbereitung, Bearbeitung, Druck und Verwaltung. Sie enthält auch eine Reihe von Tools zur einfachen Herstellung von Eggshell-Formen.	Vakuunkammer Kartuschenpistole Spritze Laborofen mit Temperaturkontrolle (für MJP-Teile) UV-Härtungsanlage für Teile, die mit SLA und Figure 4 gefertigt wurden Kunststoffwannen Mischschnecke

## Vergleich von Lösungen



# Was ist der nächste Schritt? Erfahren Sie mehr über die Produktion von Silikonteilen mit 3D-gedruckten Eggshell-Formen von 3D Systems

Sprechen Sie mit unseren Experten.

**KONTAKT**

**3D Systems GmbH**  
Waldeckerstraße 13  
64546 Mörfelden-Walldorf  
[www.3dsystems.com](http://www.3dsystems.com)

Garantie/Haftungsausschluss: Die Leistungsmerkmale der in diesem Dokument beschriebenen Produkte können je nach Produktanwendung, Betriebsbedingungen und Endnutzung abweichen. 3D Systems übernimmt keine Garantie, weder ausdrücklich noch stillschweigend. Dies betrifft insbesondere auch die Markeignung sowie die Eignung für einen bestimmten Zweck.

Hinweis: Nicht alle Produkte und Werkstoffe sind in allen Ländern verfügbar – bei Fragen zur Verfügbarkeit wenden Sie sich bitte an Ihren lokalen Vertriebspartner.

© 2022 by 3D Systems, Inc. Alle Rechte vorbehalten. Technische Änderungen vorbehalten. 3D Systems, das Logo von 3D Systems sowie 3D Sprint, ProJet, Accura, Visijet und Figure 4 sind eingetragene Marken von 3D Systems, Inc.