



WHITEPAPER

Leitfaden zum 3D-Druck mit selektivem Lasersintern (SLS)

Ingenieure und Hersteller aus verschiedenen Branchen setzen auf den 3D-Druck mit selektivem Lasersintern (SLS), da mit dieser Technologie starke, funktionsfähige Teile hergestellt werden können.

In diesem Whitepaper werden wir das selektive Lasersintern und die verschiedenen auf dem Markt erhältlichen Systeme und Materialien abdecken, wie auch den Arbeitsablauf mit SLS-Druckern und die verschiedenen Anwendungen. Außerdem werden wir darauf eingehen, wann selektives Lasersintern anderen additiven und herkömmlichen Fertigungsverfahren vorzuziehen ist.

Inhalt

Was ist selektives Lasersintern?	3
Wie SLS-3D-Druck funktioniert	4
3D-Drucktechnologien für Kunststoffe	6
Eine kurze Geschichte des SLS-3D-Drucks	7
Arten von SLS-3D-Druckern	7
Traditionelle industrielle SLS-3D-Drucker	7
Fuse-Serie: Die ersten industriellen SLS-3D-Drucker für den Benchtop ..	8
SLS-3D-Drucker im Vergleich	9
SLS-3D-Druckmaterialien	10
Materialeigenschaften der SLS-Pulver von Formlabs im Vergleich	11
Anwendungen für SLS-3D-Druck	12
Arbeitsablauf für den SLS-3D-Druck	13
1. Design und Vorbereitung der Datei	13
2. Vorbereitung des Druckers	13
3. Druck	14
4. Teilentnahme und Nachbearbeitung	14
5. Zusätzliche Nachbearbeitung	15
Welche Gründe sprechen für den SLS-3D-Druck?	16
Gestaltungsfreiheit	16
Hohe Produktivität und hoher Durchsatz	17
Bewährte Materialien für die Endverwendung	17
Geringe Kosten pro Teil	18
Verkürzte Produktentwicklungszyklen	19

Was ist selektives Lasersintern?

Selektives Lasersintern ist ein additives Fertigungsverfahren, bei dem ein Hochleistungslaser kleine Polymerpulverpartikel zu einer massiven Struktur sintert, die auf einem 3D-Modell basiert.

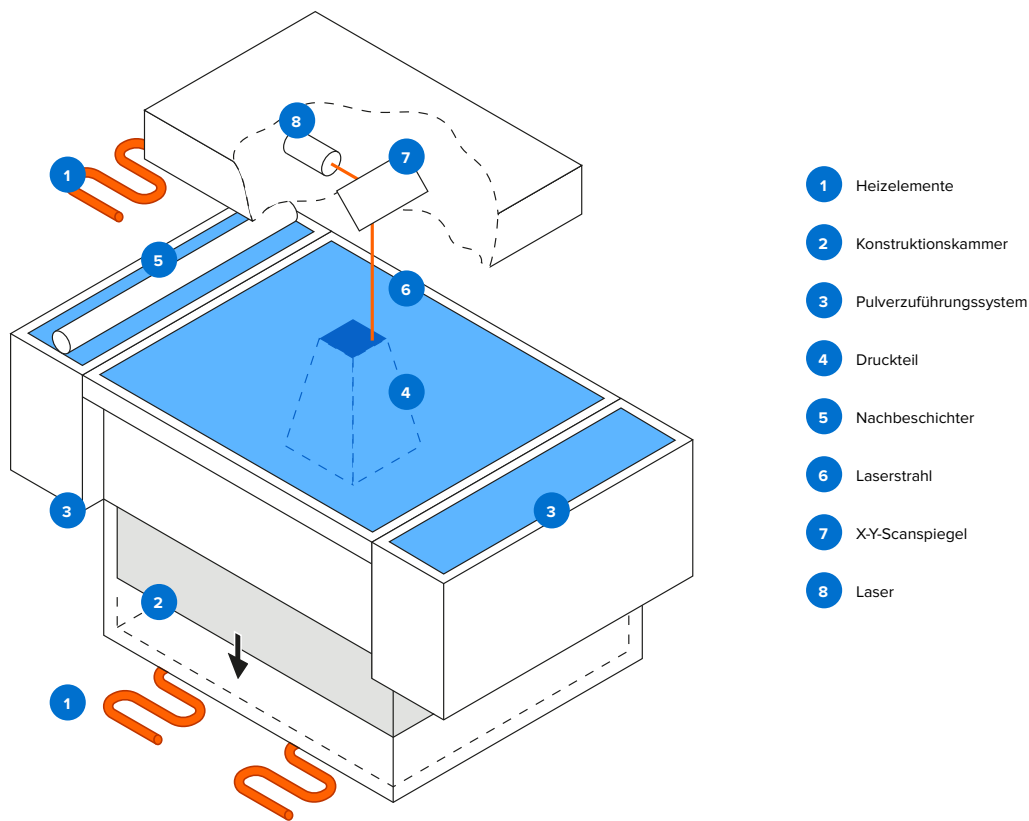
SLS-3D-Druck erfreut sich seit Jahrzehnten großer Beliebtheit bei Ingenieuren und Herstellern. Durch geringe Teilkosten, hohe Produktivität und bewährte Materialien eignet sich die Technologie ideal für eine Vielzahl von Anwendungen vom Rapid Prototyping bis hin zur Kleinserien-, Brücken- oder individualisierten Fertigung.

Die jüngsten Fortschritte in Sachen Technik, Material und Software haben SLS-3D-Druck für eine größere Anzahl an Unternehmen zugänglich gemacht und damit die Implementierung von Geräten und Verfahren ermöglicht, die zuvor auf wenige High-Tech-Sektoren beschränkt waren.



Mit der den SLS-Druckern der Fuse-Serie von Formlabs ist hochleistungsfähiger SLS-3D-Druck endlich zugänglich.

Wie SLS-3D-Druck funktioniert



Schema des selektiven Lasersinterverfahrens. Beim SLS-3D-Druck kommt ein Hochleistungslaser zum Einsatz, der kleine Polymerpulverpartikel zu einer massiven Struktur sintert, die auf einem 3D-Modell basiert.

- 1. Druck:** Das Pulver wird in einer dünnen Schicht auf einer Plattform innerhalb der Konstruktionkammer verteilt. Der Drucker erhitzt das Pulver auf eine Temperatur leicht unterhalb des Schmelzpunktes des Rohmaterials. Dadurch kann die Temperatur bestimmter Bereiche des Pulverbettes leichter vom Laser erhöht werden, welcher durch Nachzeichnen des Modells das Teil verfestigt. Der Laser tastet einen Querschnitt des 3D-Modells ab und erhitzt dabei das Pulver auf eine Temperatur knapp unterhalb des Schmelzpunktes des Materials oder exakt darauf. So werden die Partikel mechanisch verschweißt und es entsteht ein festes Teil. Da das ungesinterte Pulver das Teil beim Drucken stützt, sind keine zusätzlichen Stützstrukturen erforderlich. Die Plattform senkt sich anschließend um eine Schicht in die Konstruktionkammer, in der Regel zwischen 50 und 200 Mikrometer. Der ganze Prozess wiederholt sich dann für jede Schicht, bis das Teil fertiggestellt ist.
- 2. Abkühlen:** Nach dem Druck muss die Konstruktionkammer abkühlen, erst innerhalb des Druckgehäuses und anschließend außerhalb des Druckers, damit die optimalen mechanischen Eigenschaften sichergestellt sind und sich die Teile nicht verformen.
- 3. Nachbearbeitung:** Die fertigen Teile müssen aus der Konstruktionkammer entnommen, getrennt und von überschüssigem Pulver befreit werden. Das Pulver kann wiederverwendet werden und die Druckteile lassen sich mittels Bestrahlung oder Gleitschleifen nachbearbeiten.

Den detaillierten Arbeitsablauf finden Sie unten im Abschnitt „Arbeitsablauf für den SLS-3D-Druck“.

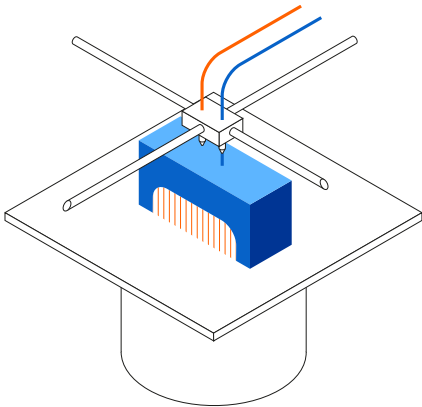


SLS-Teile haben eine leicht körnige Oberflächenbeschaffenheit, weisen aber nahezu keine sichtbaren Schichtlinien auf. Strahlen mit einem Strahlmittel oder Gleitschleifen wird empfohlen, um eine glattere Oberflächengüte zu erzielen. Dieses Teil wurde auf einem industriellen Benchtop-SLS-3D-Drucker des Typs Fuse 1+ 30W von Formlabs gedruckt.

Da das ungesinterte Pulver das Teil beim Drucken stützt, sind keine zusätzlichen Stützstrukturen erforderlich. SLS eignet sich somit ideal für komplexe Geometrien wie Teile mit Details im Inneren, Hinterschneidungen, dünnen Wänden und Vertiefungen.

Teile, die mit SLS gefertigt wurden, bieten herausragende mechanische Eigenschaften und eine Festigkeit, die mit der von Spritzgussteilen vergleichbar ist.

3D-Drucktechnologien für Kunststoffe



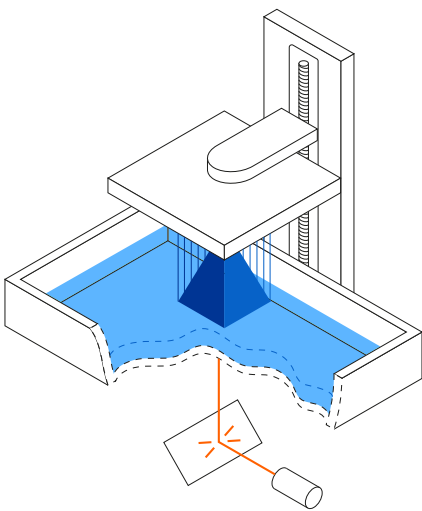
FDM

Schmelzschtichtung

- Schmilzt und extrudiert Thermoplast-Filamente
- Niedrigster Einstiegs- und Materialpreis
- Geringste Auflösung und Genauigkeit

IDEAL FÜR:

Einfache Konzeptnachweismodelle, einfache Prototypenentwicklung



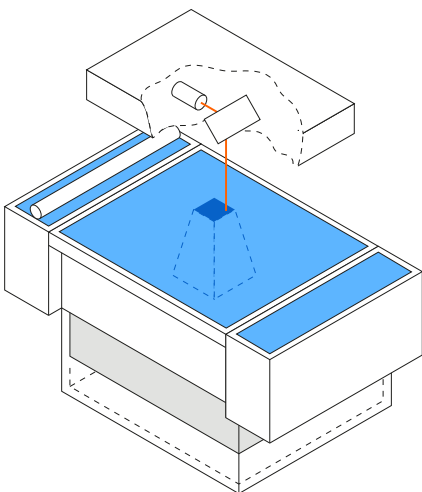
SLA

Stereolithografie

- Laser härtet Photopolymer-Kunstharz
- Hohe Auswahl an vielseitigen Materialien
- Höchste Auflösung und Genauigkeit, feine Details

IDEAL FÜR:

Funktionales Prototyping, Modell-, Formen- und Werkzeugbau



SLS

Selektives Lasersintern

- Laser sintert Kunststoffpulver
- Geringe Kosten pro Teil, hohe Produktivität und keine Stützstrukturen
- Ausgezeichnete mechanische Eigenschaften, ähnlich denjenigen von Spritzgussteilen

IDEAL FÜR:

Funktionales Prototyping und Produktion für die Endverwendung

Vergleichen Sie 3D-Druck mit selektivem Lasersintern (SLS) mit den zwei weiteren beliebten 3D-Druckverfahren für Kunststoffe: der Schmelzschtichtung (Fused Deposition Modeling, FDM) und der Stereolithografie (SLA).

Eine kurze Geschichte des SLS-3D-Drucks

Selektives Lasersintern (SLS) war eines der ersten additiven Herstellungsverfahren, das Mitte der 80er Jahre von Dr. Carl Deckard und Dr. Joe Beaman an der University of Texas in Austin entwickelt wurde. Ihr Verfahren wurde seitdem an die Verarbeitung einer Reihe von Materialien angepasst, darunter Kunststoffe, Metalle, Glas, Keramik und verschiedene Verbundwerkstoffpulver. Heute werden diese Technologien kollektiv als Pulverbettfusion kategorisiert — additive Fertigungsverfahren, bei denen ausgewählte Bereiche eines Pulverbettes durch Wärmeenergie verschmolzen werden.

Die beiden heute gebräuchlichsten Pulverbettfusionssysteme sind das auf Kunststoff basierende Verfahren, allgemein als SLS bezeichnet, sowie die Pulverbettfusion von Metall, bekannt als Direct Metal Laser Sintering (DMLS) oder selektives Laserschmelzen (Selective Laser Melting, SLM). Bis vor Kurzem waren diese beiden Systeme noch unerschwinglich teuer und komplex. Dies führte dazu, dass ihre Verwendung auf die Herstellung kleiner Mengen hochwertiger oder kundenspezifischer Teile wie Luft- und Raumfahrtkomponenten oder medizinische Geräte beschränkt war.

In letzter Zeit hat dieses Gebiet jedoch zahlreiche Innovationen erlebt, und das auf Kunststoff basierte SLS ist nun bereit nach dem Beispiel anderer 3D-Drucktechnologien wie Stereolithografie (SLA) und Schmelzschiichtung (FDM) für immer mehr Anwendungsbereiche eingesetzt zu werden, dank erschwinglicher, kompakter Systeme.

Arten von SLS-3D-Druckern

Alle SLS-Systeme bauen auf dem oben beschriebenen Verfahren auf. Die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale sind die Art des Lasers, die Größe des Fertigungsvolumens und die Komplexität des Systems. Es kommen, je nach Drucker, verschiedene Lösungen für die Temperaturregelung, die Pulverabgabe und die Schichtabscheidung zum Einsatz.

Selektives Lasersintern erfordert ein hohes Maß an Präzision und strenge Kontrollen während des gesamten Druckvorgangs. Die Temperatur des Pulvers und der (nicht fertiggestellten) Teile muss während der drei Stufen des Vorheizens, der Sinterns und der Lagerung vor der Entnahme innerhalb eines Bereiches von 2 °C kontrolliert werden, um Verzug, Spannungen und wärmebedingte Verformung zu minimieren.

TRADITIONELLE INDUSTRIELLE SLS-3D-DRUCKER

Selektives Lasersintern war bei Fachleuten jahrzehntelang eines der beliebtesten 3D-Druckverfahren, doch seine Komplexität, seine Anforderungen und sein hoher Preis haben die Anwendung bislang auf Dienstleister und große Unternehmen begrenzt.

Diese Geräte erfordern zudem spezielle Klimatechnik und eine Starkstromversorgung, und selbst die kleinsten Industriedrucker benötigen eine Standfläche von mindestens 10 m². Die Einrichtung der Geräte dauert mehrere Tage für die Installation und Schulungen. Aufgrund des komplexen Arbeitsablaufes und der steilen Lernkurve ist für die Bedienung und Wartung dieser Systeme außerdem ein betriebsinterner, geschulter Techniker vonnöten.

Bei einem Einstiegspreis von 200 000 EUR – der Preis für Komplettlösungen liegt weit darüber – war herkömmliches industrielles SLS für viele Unternehmen bislang unzugänglich.



Für den Fuse 1+ 30W ist keine spezielle Infrastruktur notwendig. Außerdem lässt er sich leicht in Ihren Arbeitsplatz integrieren.

Fuse-Serie: Die ersten industriellen SLS-3D-Drucker für den Benchtop

Genau wie bei anderen 3D-Druckverfahren wie FDM oder SLA sind kostengünstigere, kompakte Systeme in der letzten Zeit auch für SLS auf dem Markt erhältlich geworden. Diese Drucklösungen hatten zunächst jedoch bedeutende Nachteile, wie etwa eine minderwertige Druckteilqualität und komplexe, manuelle Arbeitsabläufe aufgrund mangelnder Nachbearbeitungsgeräte. Dadurch waren sie für den Einsatz in industriellen und Produktionsanwendungen nur bedingt geeignet.

Mit dem Formlabs Fuse 1 wurde diese Lücke geschlossen und eine eigene Gerätekategorie geschaffen: Er war der erste industrielle Benchtop-SLS-3D-Drucker, der hohe Qualität, kompakte Abmessungen und einen umfassenden, vereinfachten Arbeitsablauf zu einem Bruchteil der Kosten herkömmlicher industrieller SLS-Systeme bot. Mit dem neuen Fuse 1+ 30W wird diese Kategorie nun um ein Gerät mit einem leistungsstärkeren Laser, verbesserter Pulverhandhabung und neuen Materialmöglichkeiten erweitert, das Teile in Industriequalität bei hohem Durchsatz liefert.

Bei den SLS-3D-Druckern der Fuse-Serie kommt ein einziger Laser zum Einsatz. Durch die kleinere Konstruktionskammer ist weniger Heizleistung erforderlich. Dank des insgesamt niedrigeren Energieverbrauchs können sie mit Standard-Wechselstrom ohne spezielle Infrastruktur betrieben werden. Durch die optional verfügbare Stickstoffzufuhr am Fuse 1+ 30W wird eine Intergasatmosphäre erzeugt, die die Qualität des ungesinterten Pulvers bewahrt und somit eine niedrigere Neuzuführungsrate ermöglicht (das bedeutet mehr recyceltes als neues Pulver bei nachfolgenden Drucken), Abfälle minimiert und die Oberflächengüte der gesinterten Teile verbessert.

Die Drucker der Fuse-Serie verfügen außerdem über eine als Patent angemeldete Lösung namens Surface Armor – ein teilweise gesintertes Gehäuse, das dafür sorgt, dass der Bereich um die Teile beim Druck gleichmäßig erwärmt wird, was eine hervorragende Oberflächengüte, einheitliche mechanische Eigenschaften, hohe Zuverlässigkeit und bessere Neuzuführungsraten ermöglicht.

Um Ihnen ein kompaktes, integriertes Ökosystem und einen Pulverhandhabungskreislauf zu bieten, werden die Drucker der Fuse-Serie durch den Fuse Sift ergänzt, eine Pulverrückgewinnungsstation und Komplettlösung, die die Teileentnahme, Pulverrückgewinnung, -lagerung und das Mischen in einem einzigen, frei stehenden Gerät kombiniert.

Insgesamt bietet der industrielle Benchtop-SLS-3D-Druck mit den Druckern der Fuse-Serie gegenüber den kleinsten industriellen SLS-Systemen ein geringfügig kleineres Druckvolumen, dafür aber einen wesentlich geringeren Platzbedarf, einen vereinfachten Arbeitsablauf und niedrigere Kosten.

SLS-3D-Drucker im Vergleich



Fuse-Serie: Industrielle SLS-3D-Drucker für den Benchtop

Traditionelle industrielle SLS-3D-Drucker

	Fuse-Serie: Industrielle SLS-3D-Drucker für den Benchtop	Traditionelle industrielle SLS-3D-Drucker
Preis	Ab 18 500 EUR für den Fuse 1, 28 000 EUR für den Fuse 1+ 30W	100 000–500 000 EUR oder mehr
Fertigungsvolumen	Bis zu 165 × 165 × 300 mm	Bis zu 550 × 550 × 750 mm
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Kostengünstig ✓ Hochwertige Teile ✓ Hoher Durchsatz ✓ Verschiedene Materialoptionen ✓ Vereinfachter Arbeitsablauf ✓ Geringer Platzbedarf ✓ Geringer Wartungsaufwand 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Großes Fertigungsvolumen ✓ Hochwertige Teile ✓ Hoher Durchsatz ✓ Verschiedene Materialoptionen
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Kleineres Fertigungsvolumen 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Teure Ausrüstung ✗ Viel Platzbedarf ✗ Hohe Anforderungen an die Räumlichkeiten ✗ Hoher Wartungsaufwand ✗ Erfordert einen eigenen Bediener

Der Vergleich basiert auf den industriellen Benchtop-SLS-Systemen der Fuse-Serie von Formlabs und den traditionellen industriellen SLS-Systemen von EOS und 3D Systems.



Prototyp einer Bohrmaschine, gedruckt auf dem Fuse 1+ 30W (links) und einem EOS-Drucker (rechts) bei vergleichbarer Qualität, aber zu stark unterschiedlichen Gerätepreisen.

SLS-3D-Druckmaterialien

Das üblichste Material im SLS-Druck ist Nylon, ein leistungsstarker technischer Thermoplast, der sich sowohl für funktionale Prototypen als auch für Endprodukte eignet. Nylon ist ideal für komplexe Baugruppen und robuste Teile mit hoher Umweltbeständigkeit.

Mit SLS gedruckte Nylonteile sind stark, starr, robust und langlebig. Die Druckteile sind schlagfest und halten wiederholten Belastungen und Verschleiß stand. Nylon ist beständig gegenüber (UV-) Licht, Hitze, Feuchtigkeit, Lösungsmitteln, Temperaturschwankungen und Wasser. 3D-gedruckte Teile können auch biokompatibel sein und nicht reizen, wodurch sie getragen werden können und für viele Anwendungsfälle sicher sind.

Nylon ist ein synthetisches Thermoplast-Polymer, das zur Familie der Polyamide gehört. Es ist in mehreren Varianten verfügbar, von denen jede für unterschiedliche Anwendungen ausgelegt ist. Bei Nylon 12 Powder und Nylon 11 Powder handelt es sich um Pulver aus je einer Komponente, während Nylon 12 GF Powder ein glasfaserverstärkter und Nylon 11 CF Powder ein kohlenstofffaserverstärkter Verbundstoff ist. Diese Verbundwerkstoffe sind dazu entwickelt, Teile mit optimierter Festigkeit, Steifigkeit oder Flexibilität zu fertigen. Bei den Pulvern aus zwei Komponenten wird nur die Komponente mit der niedrigeren Glasübergangstemperatur gesintert, wodurch beide Komponenten miteinander verbunden werden.

Mit SLS-3D-Druckern lassen sich auch flexible TPU-Teile mit unvergleichlicher Gestaltungsfreiheit und Mühelosigkeit herstellen. Die hohe Reißfestigkeit und erhöhte Bruchdehnung von Gummimaterialien, kombiniert mit der Vielseitigkeit des SLS-3D-Drucks, machen TPU ideal für die Herstellung flexibler, hautverträglicher Prototypen und Endverbrauchsteile, die den Ansprüchen des täglichen Gebrauchs standhalten.



NYLON 12 POWDER

Ein vielseitiges Allzweckmaterial mit hoher Detailtreue und Maßgenauigkeit.

- Hochleistungsfähige Prototypenentwicklung
- Kleinserienfertigung
- Permanente Halterungen, Vorrichtungen und Werkzeugausstattung
- SLS-Teile für allgemeine Zwecke



NYLON 11 POWDER

Ein dehnbares wie auch widerstandsfähiges und flexibles Material für hohe Anforderungen an Haltbarkeit und Leistung.

- Schlagfeste Prototypen, Halterungen und Vorrichtungen
- Dünnwandige Kanäle und Gehäuse
- Einrastelemente, Klammern und Scharniere
- Orthetik und Prothetik*



NYLON 12 GF POWDER

Ein glasgefülltes Material mit erhöhter Steifigkeit und Wärmebeständigkeit für anspruchsvolle industrielle Umgebungen.

- Robuste Halterungen und Vorrichtungen sowie Ersatzteile
- Teile, die dauerhafter Belastung ausgesetzt sind
- Gewinde und Buchsen
- Teile, die hohen Temperaturen ausgesetzt sind



NYLON 11 CF POWDER

Alle Vorteile von Nylon und Kohlenstofffaser vereint in einem hochstabilen, leichten und leistungsstarken Material.

- Austausch- und Ersatzteile für Metallkomponenten
- Werkzeuge, Halterungen und Vorrichtungen
- Stoßfeste Geräte
- Funktionsfähige Prototypen aus Verbundwerkstoffen



TPU 90A POWDER

Ein Elastomer mit hoher Bruchdehnung und erhöhter Reißfestigkeit für flexible, hautverträgliche Prototypen und Endverbrauchsteile.

- Wearables und Komponenten mit weicher Haptik
- Polsterung, Dämpfer und Greifer
- Dichtungen, Abdeckungen, Riemen, Stöpsel und Schläuche
- Sohlen, Schienen, Orthetik und Prothetik

* Die Materialeigenschaften können je nach Design und Fertigungsverfahren variieren. Es liegt in der Verantwortung des Herstellers, die Eignung der Druckteile für ihren Verwendungszweck zu überprüfen.

MATERIALEIGENSCHAFTEN DER SLS-PULVER VON FORMLABS IM VERGLEICH

MATERIAL	NYLON 12 POWDER	NYLON 11 POWDER	NYLON 12 GF POWDER	NYLON 11 CF POWDER	TPU 90A POWDER
Maximale Zugfestigkeit (X, Y, Z) (MPa)	50 , N/A , N/A	49 , N/A , N/A	38 , N/A , N/A	69 , 52 , 38	8,7 , 8,7 , 7,2
Zugmodul (MPa)	1850	1600	2800	5300	N/A
Bruchdehnung (X/Y)	11 %	40 %	4 %	9 % / 15 %	310 %
Bruchdehnung (Z)	6 %	N/A	3 %	5 %	110 %
Schlagzähigkeit nach Izod (J/m)	32	71	36	74	N/A
Wärmeformbeständigkeitstemperatur bei 1,8 MPa	87 °C	46 °C	113 °C	178 °C	N/A
Wärmeformbeständigkeitstemperatur bei 0,45 MPa	171 °C	182 °C	170 °C	188 °C	N/A

Anwendungen für SLS-3D-Druck

Der SLS-3D-Druck beschleunigt die Innovation und unterstützt Unternehmen in einer Vielzahl von Branchen, darunter im Maschinenbau, der Fertigung und dem Gesundheitswesen.



Maschinenbau

Übernehmen Sie die Kontrolle über Ihren gesamten Produktentwicklungsprozess, von der Iteration des ersten Konzeptdesigns zur Herstellung von Produkten für die Endverwendung:

- Rapid Prototyping
- Produktmodelle für Kundenfeedback für die Anwendung
- Funktionsfähige Prototypen
- Anspruchsvolle Funktionstests von Produkten (z. B. Leitungen, Halterungen)



Fertigung

Übernehmen Sie die Kontrolle über Ihre Lieferkette und reagieren schnell Sie auf sich verändernde Anforderungen:

- Produktion für die Endverwendung
- Kleinserienfertigung, Zwischenlösungen und Bridge Manufacturing
- Serielle Maßanfertigung von Konsumgütern
- Ersatzteile, Aftermarket-Produkte, Austauschteile
- Haltbare, belastbare Fertigungshilfen, Halterungen und Vorrichtungen (z. B. Klammern und Klemmen) und Werkzeuge
- Individuelle Kfz- und Motorradteile, Schiffsausrüstung, „Versorgung auf Nachfrage“ im Verteidigungssektor



Gesundheitswesen

Betriebsinterne Herstellung von patientenspezifischen Medizinprodukten für die Endverwendung:

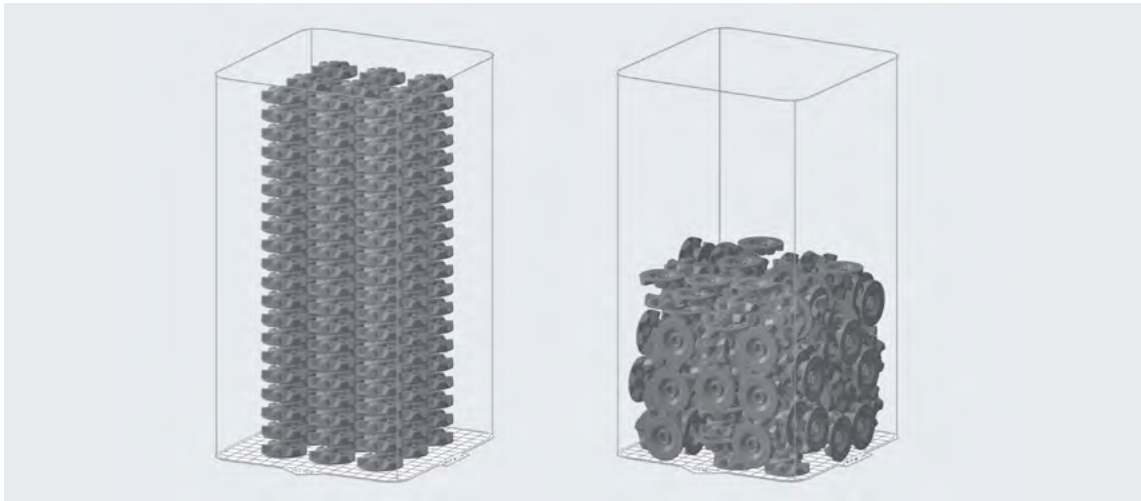
- Prototypenentwicklung für Medizinprodukte
- Prothetik und Orthetik (z. B. Gliedmaßenprothesen und Stützen)
- Chirurgiemodelle und Werkzeuge
- Endverbrauchsteile (Nylon 12 Powder ist biokompatibel und für die Sterilisation geeignet*)

* Die Materialeigenschaften können je nach Design und Fertigungsverfahren variieren. Es liegt in der Verantwortung des Herstellers, die Eignung der Druckteile für ihren Verwendungszweck zu überprüfen.

Arbeitsablauf für den SLS-3D-Druck

1. DESIGN UND VORBEREITUNG DER DATEI

Konstruieren Sie Ihr Modell mit einer beliebigen CAD-Software oder 3D-Scandaten und exportieren Sie es in einem für den 3D-Druck geeigneten Dateiformat (STL oder OBJ). Jeder SLS-Drucker verfügt über eine Software, mit der Druckeinstellungen vorgenommen, Teile ausgerichtet und angeordnet, Druckzeiten berechnet und die digitalen Modelle schichtweise untersucht werden können. Sobald die Einrichtung abgeschlossen ist, sendet die Druckvorbereitungssoftware die Anweisungen über eine Drahtlos- oder Kabelverbindung an den Drucker.



Bei Druckern der Fuse-Serie kommt die [kostenlos installierbare](#) Druckvorbereitungssoftware PreForm zum Einsatz. Sie ermöglicht Ihnen das nahtlose Duplizieren und Organisieren mehrerer Teile innerhalb eines 3D-Rasters, um für einzelne Druckvorgänge so viel Konstruktionsraum wie möglich zu nutzen. PreForm schlägt die optimale Ausrichtung und Teilepackung automatisch vor. Manuelle Anpassungen sind bei Bedarf ebenfalls möglich.

2. VORBEREITUNG DES DRUCKERS

Der Arbeitsablauf zum Vorbereiten des Druckers hängt vom System ab. Die meisten traditionellen SLS-Systeme erfordern umfangreiche Schulungen, Werkzeuge und körperliche Anstrengung für Vorbereitung und Wartung.

Die Drucker der Fuse-Serie revolutionieren den SLS-Arbeitsablauf mit ihrer Einfachheit und Effizienz, wobei modulare Bauteile unterbrechungsfreien Druck und einen geschlossenen Pulverkreislauf ermöglichen.



Bei Druckern der Fuse-Serie ist das Beladen mit Pulver ganz leicht mit der Pulverkartusche machbar.



Die Drucker der Fuse-Serie verfügen über eine herausnehmbare Konstruktionskammer, wodurch sie bereits einen neuen Druck durchführen können, während der aktuelle Druck abkühlt.

3. DRUCK

Sobald alle Überprüfungen vor dem Drucken abgeschlossen sind, ist das Gerät druckbereit. Die Druckzeit bei SLS-3D-Drucken kann wenige Stunden oder gar mehrere Tage betragen. Dies hängt von der Größe und Komplexität der Teile sowie von der Packdichte ab.

Nachdem ein Druck abgeschlossen ist, muss die Konstruktionskammer im Druckergehäuse vor dem nächsten Schritt etwas abkühlen. Anschließend kann die Konstruktionskammer entnommen und eine neue eingesetzt werden, um den nächsten Druck zu starten. Die Konstruktionskammer muss vor der Nachbearbeitung abkühlen, damit die optimalen mechanischen Eigenschaften sichergestellt sind und ein Verziehen der Teile vermieden wird. Dieser Vorgang kann die Hälfte der Druckzeit beanspruchen.



Der Touchscreen auf den Druckern der Fuse-Serie zeigt einen Livestream des Druckbetts, sodass Sie beobachten können, wie jede neue Schicht Gestalt annimmt. Diese Kameraansicht ist auch von Ihrem Computer aus in PreForm verfügbar, sodass Sie Ihren Druck im Auge behalten, ohne Ihren Arbeitsplatz zu verlassen.

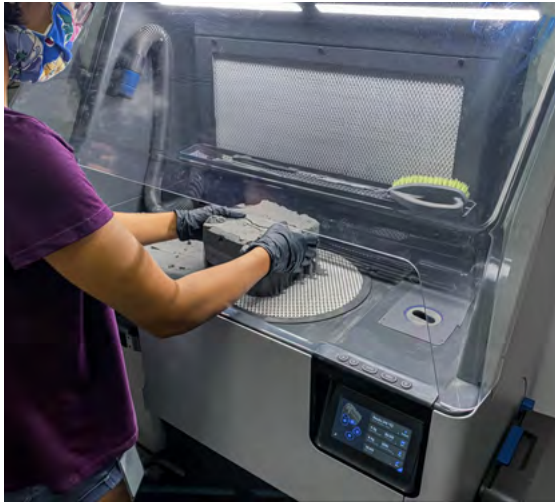
4. TEILENTNAHME UND NACHBEARBEITUNG

Die Nachbearbeitung von SLS-Teilen nimmt im Vergleich zu anderen 3D-Druckverfahren wenig Zeit und Aufwand in Anspruch. Sie lässt sich leicht skalieren und liefert einheitliche Ergebnisse bei den Chargen, da keine Stützstrukturen erforderlich sind.

Nach Abschluss eines Druckauftrags müssen die fertiggestellten Teile aus der Konstruktionskammer entfernt, voneinander getrennt und von überschüssigem Pulver gereinigt werden. Dieser Vorgang erfolgt in der Regel manuell an einer Reinigungsstation mit Druckluft oder einem Strahlgerät mit einem bestimmten Strahlmittel.

Überschüssiges Pulver, das nach der Teilentnahme verbleibt, wird gefiltert, um größere Partikel zu entfernen, und kann anschließend recycelt werden. Nicht verschmolzenes Pulver büßt bei hohen Temperaturen geringfügig an Qualität ein, sodass es für nachfolgende Druckaufträge mit neuem Material aufgefrischt werden sollte. Aufgrund der Wiederverwertbarkeit des Materials für Folgeaufträge ist SLS eine der abfallärmsten Fertigungsmethoden.

Ein häufiger Ansatz im SLS-Bereich ist es, ein Gerät zur Rückgewinnung des Pulvers anzubieten, eins zur Lagerung und weitere zum Mischen von Pulver. Im Arbeitsablauf der Fuse-Serie werden die Entnahme von Teilen und ungesintertem Pulver sowie die Lagerung, Dosierung und Mischung von Pulver von nur einem Gerät übernommen, dem Fuse Sift.



Der SLS-Arbeitsablauf mit Druckern der Fuse-Serie wird vom Fuse Sift komplettiert. Er ist ein sicheres und effizientes System zur Entnahme von Druckteilen und zur Pulverrückgewinnung. Der Fuse Sift gibt gebrauchtes und neues Pulver automatisch ab und mischt sie, sodass Sie Abfall reduzieren und Ihren Pulvervorrat kontrollieren können.

5. ZUSÄTZLICHE NACHBEARBEITUNG

SLS-3D-Druckteile können nach dem Sieben direkt verwendet werden. Jedoch gibt es noch weitere Nachbearbeitungsschritte für SLS-Teile, die ebenfalls von Interesse sein können.

SLS-3D-Druckteile haben von Haus aus eine körnige Oberflächenbeschaffenheit. Formlabs empfiehlt das Strahlen mit einem Strahlmittel oder das Gleitschleifen von SLS-Druckteilen, um eine glattere Oberflächengüte zu erzielen. Die Teile können besprüht, lackiert, galvanisiert und beschichtet werden, um ihnen verschiedene Farben, Oberflächenbeschaffenheiten und Eigenschaften zu verleihen, darunter Wasserdichtigkeit (Beschichtung) und Leitfähigkeit (Galvanisieren). Formlabs-SLS-Teile sind dunkel und eignen sich deshalb nicht ideal zum Färben.



SLS-Teil mit Wassertransferdruck von Partial Hand Solutions.



SLS-Teile können zum Erzielen einer metallischen Oberfläche galvanisiert werden.



Handschiene mit komplexem Muster zur Gewichtsreduzierung.

Welche Gründe sprechen für den SLS-3D-Druck?

Ingenieure und Hersteller wählen SLS aufgrund der Gestaltungsfreiheit, der hohen Produktivität und des hohen Durchsatzes, der niedrigeren Stückkosten und der bewährten Materialien für die Endverwendung.

GESTALTUNGSFREIHEIT

Bei den meisten additiven Fertigungsverfahren, wie Stereolithografie (SLA) und Schmelzschiichtung (FDM), sind zur Herstellung von Designs mit überhängenden Merkmalen spezielle Stützstrukturen notwendig.

Beim selektiven Lasersintern sind keine Stützstrukturen erforderlich, da nicht gesintertes Pulver das Teil während des Drucks umgibt. Mit SLS sind überhängende Merkmale, filigrane Geometrien, ineinandergreifende bewegliche Teile, Teile mit Innenkanälen sowie weitere komplexe Geometrien möglich.

Ingenieure entwickeln Teile in der Regel unter Berücksichtigung des späteren Fertigungsverfahrens, was auch als Design for Manufacturing (DFM) bekannt ist. Werden additive Fertigungsverfahren nur zur Fertigung von Prototypen eingesetzt, dann sind sie auf Teile und Designs beschränkt, die sich in der späteren Produktionsphase durch herkömmliche Fertigungswerkzeuge reproduzieren lassen.

Da selektives Lasersintern für eine zunehmende Anzahl von Endanwendungen ein durchführbares Fertigungsverfahren wird, lassen sich mit diesem System neue Design- und Konstruktionsmöglichkeiten verwirklichen. Mit SLS-3D-Druckern können komplexe Designs hergestellt werden, die mit herkömmlichen Verfahren entweder gar nicht oder nur mit hohem Kostenaufwand gefertigt werden können. Mit SLS können Designer auch komplexe Baugruppen, die gewöhnlich aus mehreren Teilen bestehen, zu einem einzigen Teil zusammenführen. So können schwache Verbindungen vermieden und die Montagezeit verkürzt werden.

Selektives Lasersintern kann das volle Potenzial des generativen Designs ausschöpfen, indem es leichte Designs mit komplexen Gitterstrukturen umsetzen kann, die mit herkömmlichen Herstellungsverfahren nicht möglich wären.

HOHE PRODUKTIVITÄT UND HOHER DURCHSATZ

SLS ist das schnellste additive Fertigungsverfahren zur Herstellung funktionaler, strapazierfähiger Teile und Endverbraucherteile. Die Laser, die das Pulver verschmelzen, haben eine wesentlich schnellere Abtastgeschwindigkeit und sind genauer als die Schichtabscheideverfahren, die in anderen Prozessen wie dem industriellen FDM zum Einsatz kommen.

Während des Drucks können mehrere Teile eng aneinander angeordnet werden, um den verfügbaren Fertigungsraum maximal zu nutzen. Die Bediener verwenden zur Optimierung jedes Drucks und für höchste Produktivität spezielle Software und lassen deshalb nur wenig Abstand zwischen den einzelnen Teilen.



Dank SLS können Bediener so viele Teile in der Konstruktionskammer positionieren wie möglich und sie ohne Stützstrukturen drucken, was Zeit bei der Nachbearbeitung spart.

BEWÄHRTE MATERIALIEN FÜR DIE ENDVERWENDUNG

Der Schlüssel zur Funktionalität und Vielseitigkeit des SLS-3D-Drucks sind die Materialien. Nylon, Nylon-Verbundwerkstoffe und TPU sind bewährte, hochwertige Thermoplaste.

SLS-Nylon ist eine perfekte Alternative zu gebräuchlichen Spritzguss-Kunststoffen. Die Fertigung von Schnappverbindungen und mechanischen Gelenken aus Nylon mit SLS ist allen anderen additiven Fertigungsverfahren deutlich überlegen. SLS-Nylon eignet sich ideal für funktionale Anwendungen, für die Kunststoffteile benötigt werden, die auch in Umgebungen haltbar sind, in denen mit anderen additiven Fertigungsverfahren produzierte Teile im Laufe der Zeit zersetzt und spröde werden.

Der SLS-Druck von TPU bietet eine großartige Alternative zu traditionellen Formverfahren und ist anderen 3D-Druckverfahren zur Produktion zäher und langlebiger flexibler Teile überlegen. Er eignet sich ideal für Rapid Prototyping, Fertigungshilfen auf Abruf und Sonderanfertigungen oder Kleinserien von Endverbrauchsteilen.



Aus Nylon 12 Powder gedruckte Bohrmaschine. Nylonteile lassen sich einfach nachbearbeiten für eine glatte, professionelle Oberflächenbeschaffenheit.



Krümmen eines Kraftfahrzeugs

	KOSTEN	DURCHLAUFZEIT
Dienstleistungsunternehmen	118,33 EUR	7–10 Tage
Fuse 1+ 30W	9,02 EUR	13 Stunden

GERINGE KOSTEN PRO TEIL

Bei der Berechnung der Stückkosten müssen in der Regel die Eigentumskosten für die Ausrüstung sowie die Material- und Arbeitskosten berücksichtigt werden.

- **Eigentum der Geräte:** Je mehr Teile eine Maschine über ihre Lebensdauer produzieren kann, desto geringer sind die Stückkosten. Infolgedessen führt eine höhere Produktivität auf die Stückzahl gerechnet zu niedrigeren Eigentumskosten für die Ausrüstung. Angesichts der schnellen Abtastgeschwindigkeit des Lasers, der Packung von Teilen zur Maximierung der Druckkapazität sowie der einfachen Nachbearbeitung bietet SLS die höchste Produktivität und den höchsten Durchsatz aller additiven Fertigungsverfahren für Kunststoffteile.
- **Material:** Während die meisten 3D-Drucktechnologien firmeneigene Materialien verwenden, ist Nylon ein geläufiger Thermoplast, der in großen Mengen für industrielle Zwecke hergestellt wird, und damit einer der billigsten Rohstoffe für die additive Fertigung ist. Da beim SLS-3D-Druck keine Stützstrukturen erforderlich sind und das Pulver wiederverwendet werden kann, fällt nur wenig Abfall an.
- **Arbeitsaufwand:** Die Achillesferse vieler 3D-Drucklösungen ist der Arbeitsaufwand. Die meisten Verfahren haben komplexe Arbeitsabläufe, die schwer zu automatisieren sind, was die Stückkosten wesentlich beeinflussen kann. Dank des einfachen Nachbearbeitungs-Workflows ist bei SLS jedoch ein geringerer Arbeitsaufwand notwendig, was das Verfahren leicht skalierbar macht.

Ein großformatiger SLS-3D-Drucker erfordert anfänglich eine erhebliche Investition, macht diese jedoch noch schneller wett als kleinere Geräte. Benchtop-SLS senkt diese Einstiegshürde sowie die Stückkosten bei den meisten Anwendungen erheblich.

Das Outsourcing der Fertigung an Dienstleister empfiehlt sich, wenn Sie den 3D-Druck nur gelegentlich nutzen, ist aber auch mit höheren Kosten und längeren Durchlaufzeiten verbunden. Einer der größten Vorteile des 3D-Drucks ist seine Schnelligkeit im Vergleich zu herkömmlichen Fertigungsmethoden, was jedoch schnell an Relevanz verliert, wenn ein outgesourcetes Teil erst Tage oder gar Wochen später ankommt.



SLS-3D-Druck eignet sich ideal für die Herstellung haltbarer, funktionsfähiger Prototypen. Die Druckteile sind bereit, intensive Funktionstests zu durchlaufen beziehungsweise als Ersatzteile oder gebrauchsfertige Produkte an Kunden ausgeliefert zu werden.

VERKÜRZTE PRODUKTENTWICKLUNGSZYKLEN

Dank selektivem Lasersintern können Ingenieure Prototypen bereits frühzeitig im Entwurfszyklus herstellen und anschließend dasselbe Gerät und dasselbe Material zur Herstellung von Endverbrauchsteilen verwenden. SLS erfordert keine ebenso teure und zeitaufwendige Werkzeugbestückung wie die herkömmliche Fertigung. So können Prototypen von Teilen und Baugruppen im Laufe weniger Tage getestet und leicht modifiziert werden. Dadurch wird auch die Produktentwicklungszeit drastisch reduziert.

Angesichts der geringen Stückkosten und der robuste Materialien, stellt SLS eine sparsame Methode zur Herstellung komplexer Sonderanfertigungen oder einer Serie kleiner Komponenten für Endprodukte dar. In vielen Fällen ist SLS eine kostengünstige Alternative zum Spritzgießen für die Fertigung einer begrenzten Stückzahl oder das Bridge Manufacturing.



Lernen Sie den SLS-3D-Drucker Fuse 1+ 30W kennen

Bisher waren industrielle SLS-3D-Drucker für die meisten Unternehmen unerschwinglich. Die Kosten für eine einzige Maschine beliefen sich bislang auf über 200 000 EUR.

Mit dem Fuse 1+ 30W bringt Formlabs die industrielle Leistung des selektiven Lasersinterns an Ihren Arbeitsplatz. Die Technologie bietet Hochleistungsmaterialien zum geringstmöglichen Stückpreis sowie eine kompakte Standfläche und einen einfachen Arbeitsablauf.

Mit dem Fuse 1+ 30W eröffnen sich neue Möglichkeiten für die unabhängige Fertigung und Prototypenerstellung.