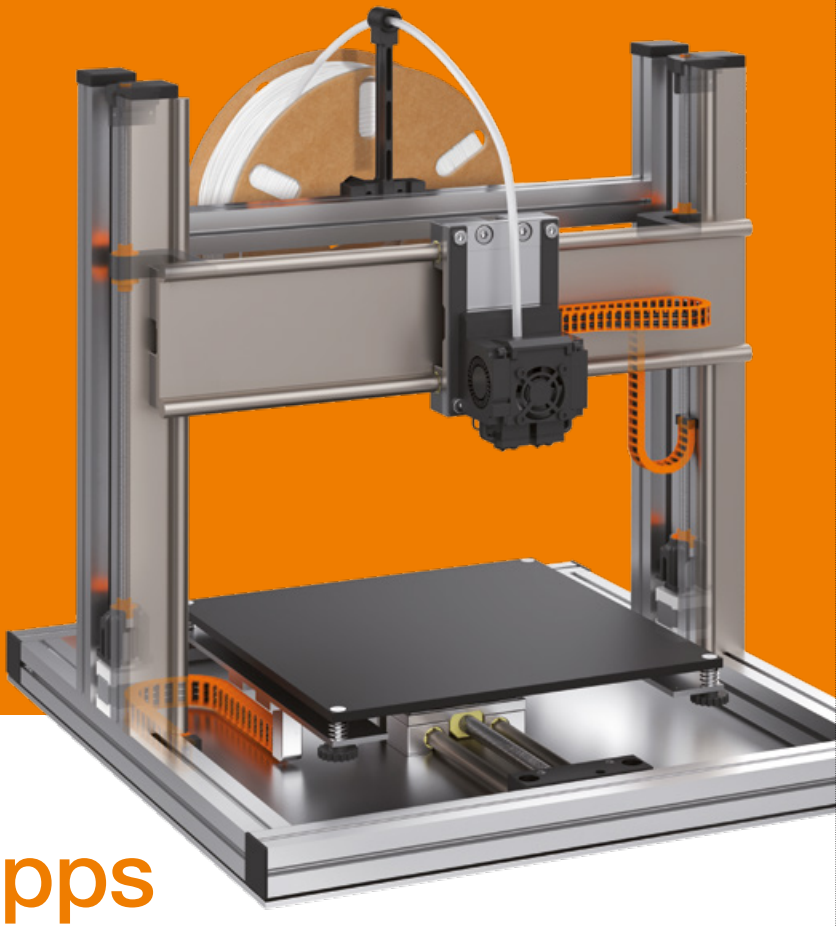


24 Tipps für 3D-Druck mit Filament

Häufige Probleme und wie man sie vermeidet

Stand: Februar 2023

igus® motion plastics

Inhalt

Häufige Probleme bei der Verarbeitung von Filament . . . 5

1. Problemstellungen beim Druck 6
1.1. Das Filament wird nicht, oder ungleichmäßig gefördert . . 6
1.2. Das Filament bzw. Bauteil haftet nicht auf dem Druckbett . 8
1.3. Das Filament bzw. Bauteil lässt sich nicht vom Druckbett lösen 9
1.4. Das Filament klebt an der Düse 10
1.5. Das Filament zieht Fäden 10
1.6. Das Bauteil verzieht sich 11
1.7. Das Bauteil ist zu groß / zu klein / nicht maßhaltig 12
1.8. Die Druckbahnen verbinden sich nicht 12
1.9. Die Oberfläche des Bauteils hat Löcher 13
1.10. Das Bauteil bricht zwischen den Schichten 13
1.11. Der Drucker fördert zu viel oder zu wenig Filament 14
1.12. Das Filament kommt zu früh bzw. formt Pickel / Beulen an der Bauteiloberfläche 14
1.13. Das Filament kommt zu spät 15
1.14. Das Filament zischt und pufft beim Drucken 15

2. Mögliche Fehlerursache, bzw. Maßnahme 16
2.1. Temperatur der Druckdüse falsch 16
2.2. Temperatur des Druckbetts falsch 16
2.3. Temperatur des Bauraums falsch/nicht ausreichend . . . 17
2.4. Kühlung des Bauteils falsch eingestellt 18
2.5. Heizleistung des Druckkopfs unzureichend 18
2.6. Kühlung des Druckkopfs unzureichend („Heat Creep“) . . 19
2.7. Filament hat einen zu hohen Feuchtigkeitsgehalt 20
2.8. Extrusionsfaktor oder Extrusionsbreite ist falsch eingestellt 20

2.9. Filament hat einen falschen Durchmesser 21
2.10. Filamentrückzug ist falsch eingestellt 22
2.11. Filamentextruder ist falsch eingestellt 22
2.12. Filament wird falsch geführt 23
2.13. Druckgeschwindigkeit / Beschleunigung zu hoch 23
2.14. Verschleiß an der Düse 24
2.15. Ablagerungen in der Düse / das Filament verstopft die Düse 25
2.16. Ablagerungen außen an der Düse 26
2.17. Druckoberfläche falsch bzw. Haftmedium fehlt 26
2.18. Druckoberfläche verunreinigt 27
2.19. Druckbett ist schlecht ausgerichtet und/oder uneben . . 27
2.20. Abstand zwischen Druckbett und Düse ist falsch 28
2.21. Die Druckparameter wurden ungünstig gewählt 29
2.22. Bauteil ist ungünstig konstruiert bzw. ausgelegt 30
2.23. Skalierung und Offset falsch bzw. nicht vorgenommen . 31
2.24. 3D-Drucker ist falsch eingerichtet bzw. konfiguriert . . . 33

Glossar 34

Häufige Probleme bei der Verarbeitung von Filament

Bei der Arbeit mit Filament-3D-Druckern kann eine Reihe von Problemen auftreten, die die erfolgreiche Herstellung von Bauteilen verhindern oder erschweren. Einige der Probleme lassen sich eindeutig auf jeweilige Ursachen zurückführen, während bei anderen Problemen viele Ursachen möglich sind, die sich unter Umständen nicht einwandfrei trennen lassen bzw. nicht einfach zu erkennen sind. Daher ist es wichtig, das jeweilige Problem genau zu erkennen und zu verstehen, bevor Maßnahmen ergriffen werden, da sich die Fehlersuche sonst umso komplizierter gestalten kann. Dieses Dokument soll eine systematische Problembehebung ermöglichen. Des Weiteren werden einige Ansätze genannt, die dazu beitragen können, durch Anpassungen der Druckparameter eine höhere Qualität des Bauteils zu erreichen – in Bezug auf optische Aspekte, aber auch mechanische Eigenschaften.

1. Problemstellungen beim Druck

Die nachfolgend aufgelisteten Symptome gehören zu den am Meisten recherchierten Problemstellungen, die im Zusammenhang mit Filament-3D-Druck auftreten können. Es empfiehlt sich, den Drucker bei der Arbeit zu beobachten, um genau zu ermitteln, welches Fehlerbild auftritt.

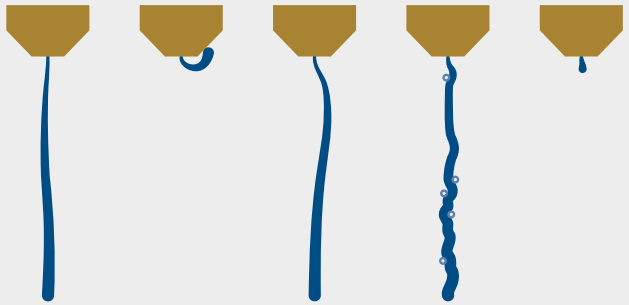
1.1. Das Filament wird nicht, oder ungleichmäßig gefördert

Möglicherweise das häufigste Problem beim Filament-3D-Druck: das Filament wird entweder gar nicht oder nur schwergängig oder erst nach einiger Zeit schlecht durch die Düse gefördert. Das Druckbild ist schlecht oder das Bauteil wird nicht vollständig fertig gestellt. Die einzelnen Druckbahnen haften nicht aneinander, sodass das Bauteil schlechte mechanische Festigkeit aufweist. Leider gibt es zu diesem Fehler sehr viele mögliche Ursachen, sodass sich die Fehlersuche schwierig gestaltet. Allgemein wird dieses Fehlerbild oft als „Unterextrusion“ bezeichnet.

Ursache:

- Das Filament verstopft die Düse. Es haben sich Ablagerungen in der Düse gebildet, die den Fluss verhindern, oder das Filament enthält grobe Partikel oder Additive, die nicht zum gewählten Düsendurchmesser passen. ▶2.15.
- Das Filament expandiert aufgrund von enthaltener Feuchtigkeit in der Düse, wandert in die Kühlzone und formt dort einen Stopfen. ▶2.7.
- Die Druckgeschwindigkeit, bzw. die volumetrische Extrusionsrate ist zu hoch. Das Extrusionssystem kann das Filament nicht schnell genug aufheizen, sodass es sich nicht mehr gut fördern lässt. ▶2.5. Oder aber die Kühlleistung in der Kühlzone ist nicht ausreichend, sodass das geschmolzene Material in diese aufsteigt und dort einen Stopfen bildet. Dieser Fehler ist schwer von einer Verstopfung zu unterscheiden, hat aber eine andere Ursache und erfordert andere Maßnahmen! ▶2.6.

- Das Filament klemmt im Schlauch. Dadurch wird der Materialfluss erschwert und kann nicht mehr gut kontrolliert werden (Fluss beginnt zu spät und endet nicht wie gewünscht, sodass überschüssiges Material aus der Düse austritt). ▶2.9. / ▶2.12.
- Der Abstand zwischen Druckbett und Düse ist zu niedrig eingestellt, sodass das Material nicht aus der Düse austreten kann (betrifft besonders die erste Schicht). Das kann nach einer gewissen Zeit zu den zuvor beschriebenen Problemen führen. ▶2.19.
- Der Extruder fördert das Material nicht ausreichend. ▶2.11.
- Der Extruder reibt Kerben in das Filament. Dies ist in den allermeisten Fällen keine Ursache, sondern Symptom eines der zuvor beschriebenen Probleme!



Filament wird nicht, oder ungleichmäßig gefördert.

Von links nach rechts:

- Gleichmäßiger und gerader Fluss des Filaments, so soll es sein
- Filament tritt spiralförmig aus der Düse aus ▶ teilw. Blockade in der Düse
- Filament tritt nicht in einer geraden Linie aus der Düse aus ▶ teilw. Blockade der Düse
- Filament tritt ungleichmäßig aus der Düse aus, zischt/pufft und wirft Blasen ▶ Feuchtigkeit im Filament
- Filament wird nicht gefördert ▶ Düse blockiert oder ▶ Filament blockiert in der Kühlzone

1.2. Das Filament bzw. Bauteil haftet nicht auf dem Druckbett

Das Material, welches von der Druckdüse auf das Druckbett aufgebracht wird, löst sich bereits bei der ersten Schicht oder auch später während des Drucks. Dabei hat sich das Bauteil möglicherweise an den Ecken nach oben gebogen, sodass die Unterseite nicht mehr eben ist.

v.l.n.r:
Abstand zu groß,
Abstand richtig,
Abstand zu gering

Ursache:

- Je nach Druckoberfläche und Filamentsorte kann eine zu geringe Temperatur des Druckbetts dafür sorgen, dass sich das Material von der Druckoberfläche löst. ▶2.2.
- Es kann für die erfolgreiche Verarbeitung der ersten Schicht hilfreich sein, die Druckgeschwindigkeit gegenüber dem restlichen Druck zu senken. ▶2.13.
- Filamente, die zu Verzug („Warping“) neigen, benötigen eine höhere Druckbett-Temperatur und möglicherweise auch eine höhere Bauraum-Temperatur. Andernfalls verziehen sie sich so stark, dass sich das Bauteil vom Druckbett löst. ▶1.6.
- Einige Filamente benötigen ein zusätzliches Haftmedium, da sie auf einer Glas- oder Aluminiumplatte keine Haftung haben. Dies ist je nach Filament unterschiedlich und sollte in den Angaben des Herstellers aufgeführt sein. ▶2.17.
- Wenn die Druckoberfläche verunreinigt ist, z.B. durch Fingerabdrücke, kann das Filament an dieser Stelle keine Haftung aufbauen. ▶2.18.

Beim Fügen entsteht ein Spalt, da sich das obere Bauteil beim Drucken vom Druckbett gelöst hat

- Wenn der Abstand zwischen Druckdüse und Druckbett zu hoch eingestellt ist, wird das Filament nicht ausreichend auf das Druckbett gedrückt und kann keine Haftung zum Druckbett aufbauen. ▶2.20.
- Wenn das Material an einigen Stellen haftet und die Schichthöhe richtig ist, an anderen Stellen jedoch nicht, ist das Druckbett falsch ausgerichtet oder uneben. ▶2.19.

1.3. Das Filament bzw. Bauteil lässt sich nicht vom Druckbett lösen

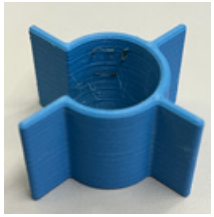
Das fertige Bauteil haftet so stark an der Druckoberfläche, dass es sich nicht ohne Zerstörung des Bauteils oder der Druckoberfläche vom Druckbett lösen lässt.

Ursache:

- Wenn der Abstand zwischen Druckdüse und Druckbett zu niedrig eingestellt ist, verbindet sich je nach Druckoberfläche das Filament zu stark mit der Oberfläche, sodass es nicht mehr zerstörungsfrei entfernt werden kann. ▶2.20.
- Auf sehr glatten Oberflächen (z.B. Glas) sowie zu starker Adhäsion neigenden Filamenten kann eine so starke Haftkraft entstehen, dass beim gewaltvollen Lösen Splitter aus dem Glas gezogen werden. Ein Haftvermittler kann hier auch als Trennmittel wirken. ▶2.17.
- Auch eine zu hohe Temperatur des Druckbetts kann zu unterwünscht starker Haftkraft führen. ▶2.2.

1.4. Das Filament klebt an der Düse

Material sammelt sich während des Druckvorgangs um die Düsenöffnung herum an der Düse, größere Materialansammlungen verschmutzen den Heizblock oder lagern sich am Bauteil ab.



Ursache:

- Durch Überextrusion wird mehr Material, als benötigt auf das Bauteil aufgebracht, dieses steht über und kann sich auch an der Düse ansammeln. ▶2.8.
- Zwischen Extrusionsvorgängen tritt überschüssiges Material aus der Düse aus („Oozing“), entweder durch falsch eingestellten Filamentrückzug („Retraction“) ▶ 2.10. oder mit Feuchtigkeit belastetes Filament. ▶2.7.
- Bei stark mit Additiven gefüllten Filamenten kann auch eine zu niedrige Temperatur der Druckdüse dazu führen, dass sich das Material an der Düse ansammelt. ▶2.1.

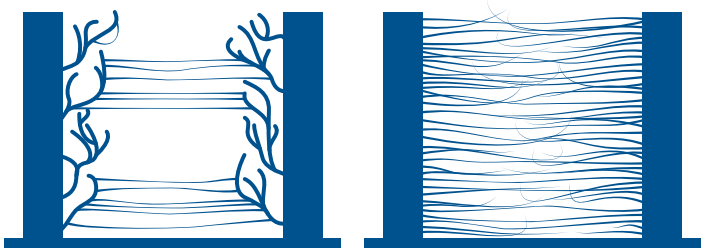
1.5. Das Filament zieht Fäden

Eine häufige Erscheinung ist das Fädenziehen („Stringing“), welches sich besonders zwischen verschiedenen Druckbereichen in einer Ebene bzw. Schicht bemerkbar macht. Hierdurch wird der Aufwand der Nachbearbeitung des Bauteils erhöht.

Ursache:

- Zwischen den Druckbereichen wird nicht genug Druck in der Düse abgebaut, dadurch läuft geschmolzenes Filament aus der Düse und bildet Fäden. Der Filamentrückzug ist falsch eingestellt. Bewegungen zwischen Druckbereichen können auch durch geeignete Slicer-Einstellungen verhindert oder vermindert werden. ▶2.10.
- Die Druckgeschwindigkeit ist zu hoch, dadurch kann das Extrusionssystem nicht mit den Geschwindigkeitsänderungen mithalten und überschüssiges Material tritt aus der Düse aus. ▶2.13.

- Das Filament hat einen zu hohen Feuchtigkeitsgehalt. Dadurch wird das Material beim Aufschmelzen zersetzt und verflüssigt sich ungewöhnlich stark, wodurch es aus der Düse läuft und Fäden zieht. ▶2.7.
- Die Drucktemperatur ist zu hoch, dadurch ist das Filament zu stark verflüssigt und läuft aus der Düse. ▶2.1.
- Zu starke Bauteilkühlung kann erfahrungsgemäß ebenfalls zum Fädenziehen führen. ▶2.4.



1.6. Das Bauteil verzieht sich

Nach einigen Schichten beginnen sich die Ecken des Bauteils vom Druckbett zu lösen und biegen sich hoch. Das Bauteil drückt an diesen Stellen gegen die Düse, sodass dort zu viel Material aufgebracht wird. Möglicherweise stößt die Düse gegen das Bauteil und löst es vom Druckbett ab. Das Bauteil ist nicht maßhaltig. Dies tritt bei Filamenten auf, die zu Verzug („Warping“) neigen.

Ursache:

- Die Druckbetttemperatur ist zu niedrig eingestellt, sodass nicht ausreichend Haftung erzeugt werden kann bzw. nicht genug Wärme in das Bauteil geleitet wird. ▶2.2.
- Die Druckoberfläche ist falsch gewählt. ▶2.17.
- Die Bauraumtemperatur ist zu gering, sodass das Bauteil zu schnell abkühlt. ▶2.3.
- Das Bauteil wird durch den Bauteilkühler zu stark gekühlt. ▶2.4.

1.7. Das Bauteil ist zu groß / zu klein / nicht maßhaltig

Das fertige Bauteil entspricht nicht den im Modell vorhandenen Dimensionen. Das Bauteil ist entweder als Ganzes zu groß bzw. zu klein, oder einzelne Merkmale stechen heraus. Die Montage wird erschwert oder unmöglich.

Ursache:

- Bei einem selbst gebauten Drucker kann eine falsche Kalibrierung der Schritte pro Millimeter („Steps per mm“) zu Maßabweichungen führen. ▶ 2.24.
- Gleichförmige Maßabweichung vorwiegend in x- und y-Richtung kann durch Materialschrumpfung erklärt werden und geht oft mit Bauteilverzug einher. ▶ 2.23.
- Merkmale wie Bohrungen und Öffnungen werden beim FDM- und SLS-Verfahren meist zu klein gefertigt. ▶ 2.22.
- Materialüberschuss an Ecken und Kanten sorgt dafür, dass die Bauteile nicht ineinanderpassen, obwohl die Maße eigentlich korrekt sind. ▶ 2.22.

1.8. Die Druckbahnen verbinden sich nicht

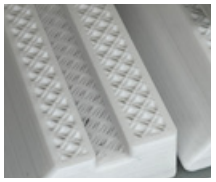
Beim unvollständigen Bauteil lässt sich feststellen, dass die Druckbahnen sich nicht ausreichend miteinander verbinden. Beispielsweise lässt sich die Außenhaut vom Bauteil abziehen, oder die Füllmuster-Linien verbinden sich nicht sauber mit den Wänden.

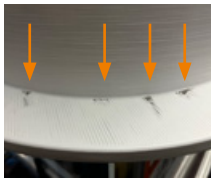
Ursache:

- Es liegt ein allgemeines Extrusionsproblem vor (Unterextrusion). ▶ 1.1.
- Die Druckgeschwindigkeit ist zu hoch, dadurch kann das Extrusionssystem nicht ausreichend Material fördern und die Druckbahnen werden dünner als berechnet. ▶ 2.13.
- Die im Slicer eingestellte Extrusionsbreite kann von der Düse nicht erreicht werden (dies kann bei gefüllten Filamenten ein Problem sein). ▶ 2.8.

1.9. Die Oberfläche des Bauteils hat Löcher

Die in Druckrichtung oben liegenden Oberflächen weisen Löcher auf. Teilweise lässt sich das Füllmuster wiedererkennen. Die Bauteile sind dadurch nicht passgenau und möglicherweise mechanisch nicht belastbar.





Ursache:

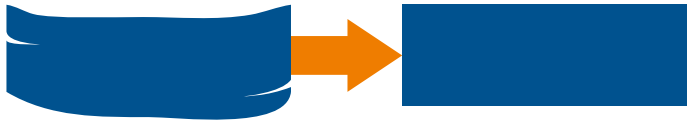
- Es werden nicht genügend Deckschichten gedruckt, um das Bauteil vollständig zu schließen.
- Der Füllgrad des Bauteils ist zu gering, somit sind die zu überbrückenden Lücken in der Deckschicht zu groß. ▶ 2.21.

1.10. Das Bauteil bricht zwischen den Schichten

Das Bauteil lässt sich mit wenig Kraftaufwand zerbrechen. Teilweise treten schon während dem Druckvorgang Risse zwischen den Schichten auf (vor allem an den Ecken des Bauteils).

Ursache:

- Die Drucktemperatur ist zu niedrig, sodass das Material keine ausreichende Schichthaftung aufbauen konnte. ▶ 2.1.
- Die Bauraumtemperatur ist zu gering, daher reicht die Wärmeenergie des geschmolzenen Filaments nicht aus, um die Schichten gut miteinander zu verbinden. ▶ 2.3.
- Zu Verzug neigendes Material trägt außerdem zu diesem Problem bei, siehe „Das Bauteil verzieht sich“. ▶ 1.6.



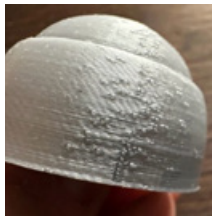
1.11. Der Drucker fördert zu viel oder zu wenig Filament

Das Bauteil weist Mängel bei der Oberflächenqualität, Maßhaltigkeit und/oder Festigkeit auf. Augenscheinlich wird zu viel oder zu wenig Material aufgetragen, sodass der Kunststoff überquillt, sich an der Düse ablagert oder aber Lücken in der Bauteiloberfläche entstehen.

Ursache:

- Der Extrusionsfaktor („Flow“) ist falsch eingestellt, sodass insgesamt zu viel oder zu wenig Material gefördert wird. ▶ 2.8.
- Wenn zu wenig Material gefördert wird, kann auch ein allgemeines Extrusionsproblem zugrunde liegen. ▶ 1.1.

1.12. Das Filament kommt zu früh bzw. formt Pickel / Beulen an der Bauteiloberfläche



An der Außenhülle bilden sich dort, wo der Drucker mit einer neuen Schicht ansetzt, kleine Pickel oder Beulen.

Ursache:

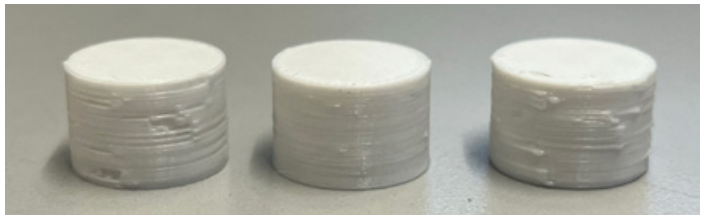
- Der Filament-Rückzug („Retraction“) ist falsch eingestellt, sodass zum falschen Zeitpunkt zu viel Material gefördert wird. ▶ 2.10.

1.13. Das Filament kommt zu spät

An der Außenhülle bilden sich Lücken, auch die Druckbahnen im Inneren des Bauteils sind teilweise nicht richtig miteinander verbunden.

Ursache:

- Der Filament-Rückzug ist falsch eingestellt, sodass das Material bei Beginn einer Druckbahn zu spät gefördert wird. ▶ 2.10.
- Möglicherweise können auch allgemeine Extrusionsprobleme damit zusammenhängen. ▶ 1.1.



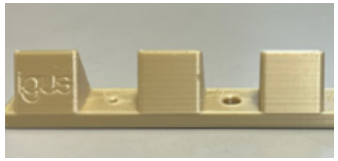
links: „kommt zu spät“ ▶ Löcher
mitte: gut
rechts: „kommt zu früh“ ▶ formt Beulen

1.14. Das Filament zischt und pufft beim Drucken

Das Filament fließt nicht als gerader, sauberer Strang aus der Düse, sondern klumpt oder wirft Bläschen. Gleichzeitig finden hörbare Verpuffungen statt und es steigt Dampf oder Rauch von der Düse auf. Bauteile leiden unter Überextrusion und die Düse verschmiert das Material. Es können verfärbte Ablagerungen entstehen.

Ursache:

- Das Filament hat aus der Umgebungsluft Feuchtigkeit gezogen. Dies führt bei der Extrusion in der Düse zu unkontrollierter Verdampfung und Expansion, gleichzeitig degradiert der Kunststoff. ▶ 2.7.



links: Gute Trocknung
rechts: Schlechte Trocknung

2. Mögliche Fehlerursache, bzw. Maßnahme

Die nachfolgende Liste beinhaltet die Maßnahmen, die zur Lösung der zuvor beschriebenen Probleme ergriffen werden können. Sie lässt sich auch allgemein als Checkliste für die erfolgreiche Arbeit mit Filament-3D-Druckern verwenden.

2.1. Temperatur der Druckdüse falsch

Die Düsentemperatur ist ein wichtiger Parameter beim Filament-3D-Druck. Die für das jeweilige Material passende Temperatur findet sich im Datenblatt des Herstellers.

- Falls sich das Material nur schwer fördern lässt und andere Probleme bei der Extrusion auszuschließen sind, hilft eine Erhöhung der Temperatur in Schritten von 5 bis 10 °C (im vom Hersteller angegebenen Bereich, hierzu auch das Sicherheitsdatenblatt konsultieren).
- Falls das Material stark fließt und ggf. zu flüssig erscheint und/oder sich verfärbte Ablagerungen am Bauteil oder der Düse zeigen, hilft eine Senkung der Temperatur in Schritten von 5 bis 10 °C.
- Ein geeignetes Testteil, bei dem die Temperatur über die Höhe in 5 °C-Schritten variiert wird, kann helfen die optimale Drucktemperatur zu ermitteln.

2.2. Temperatur des Druckbetts falsch

Die Temperatur des Druckbetts sorgt für ausreichende Haftung des Bauteils an der Druckplatte und wärmt das Bauteil, um die Abkühlung zu verlangsamen und so Verzug zu vermindern oder zu verhindern. Der für das jeweilige Material angemessene Temperaturbereich findet sich im Datenblatt des Herstellers. Allgemein gilt: je nach dem verwendeten Drucker ist eine Druckbetttemperatur bis nahezu der Glasübergangstemperatur des Filaments sinnvoll.

- Wenn sich das Bauteil von der Bauplattform löst und bereits Maßnahmen für eine bessere Haftung ergriffen wurden, hilft die Erhöhung der Druckbetttemperatur, eine bessere Haftung zu erzielen.
- Wenn sich das Bauteil nicht von der Bauplattform lösen lässt und bereits Maßnahmen für eine bessere Haftung bzw. ein besseres Ablösen ergriffen wurden (Haftmedium) sowie die Bauplattform vollständig abgekühlt ist, hilft die Senkung der Temperatur.

2.3. Temperatur des Bauraums falsch/nicht ausreichend

Eine Erhöhung der Bauraumtemperatur – ob passiv durch eine Einhausung und Erhitzung durch das Druckbett, oder aktiv durch eine Beheizung – hilft in den meisten Fällen, das Druckergebnis und die mechanischen Eigenschaften des Bauteils zu verbessern. Allerdings können hierdurch auch Probleme ausgelöst werden.

- Bei Filamenten mit höheren Verarbeitungstemperaturen sowie einer stärkeren Neigung zu Verzug hilft eine Erhöhung der Bauraumtemperatur, die Verarbeitung zu vereinfachen. Das Bauteil baut weniger interne Spannungen auf, verzieht sich daher weniger und löst sich ggf. nicht mehr vom Druckbett. Jede Erhöhung der Temperatur kann hier hilfreich sein, bis hin zu einer aktiven Beheizung bis nahezu zur Glasübergangstemperatur des Filaments.
- Falls das Extrusions- und Kühlsystem (die Kühlzone des Druckkopfs) nicht ausreichend dimensioniert ist, kann eine zu hohe Umgebungstemperatur zu „Heat Creep“ führen, da die Kühlzone mit Umgebungsluft gekühlt wird. Dies kann besonders bei Filamenten mit sehr geringer Glasübergangstemperatur bzw. Erweichungstemperatur der Fall sein (z.B. PLA).

2.4. Kühlung des Bauteils falsch eingestellt

Die Bauteilkühlung sorgt dafür, dass das auf das Bauteil aufgebrachte Material möglichst schnell unter die Glasübergangstemperatur des Filaments gekühlt wird, damit das Bauteil formstabil ist. Ein Hinweis auf geeignete Parameter zur Kühlung findet sich oft im Datenblatt des Filaments.

- Zu geringe Bauteilkühlung kann dafür sorgen, dass an Überhängen Material herabhängt und das Bauteil nicht maßhaltig ist. An solchen Stellen kann sich das Bauteil aber auch nach oben biegen und mit der Düse in Kontakt geraten. Kleine Druckbereiche können bei zu geringer Kühlung verschmieren, weil in den Bereich zu viel Wärmeenergie eingetragen wird.
- Zu starke Bauteilkühlung kann den Verzug eines Bauteils begünstigen oder beschleunigen, wenn ein entsprechend gefährdetes Filament verwendet wird. Außerdem kann je nach Material eine zu starke Kühlung die mechanische Festigkeit des Bauteils negativ beeinflussen. Darüber hinaus kann zu starke Kühlung dazu führen, dass sich Fäden und sonstige Verunreinigungen am Bauteil bilden.

2.5. Heizleistung des Druckkopfs unzureichend

Die Leistung der Heizpatrone („hot end“) im Druckkopf sorgt dafür, dass das Filament in der Heiz- und Schmelzzone aufgeschmolzen wird. Zusammen mit dem Temperatursensor wird die Temperatur in der Heizzone geregelt. Eine präzise kontrollierte und konstante Düsentemperatur ist wichtig für eine gleichmäßige Extrusion des Filaments.

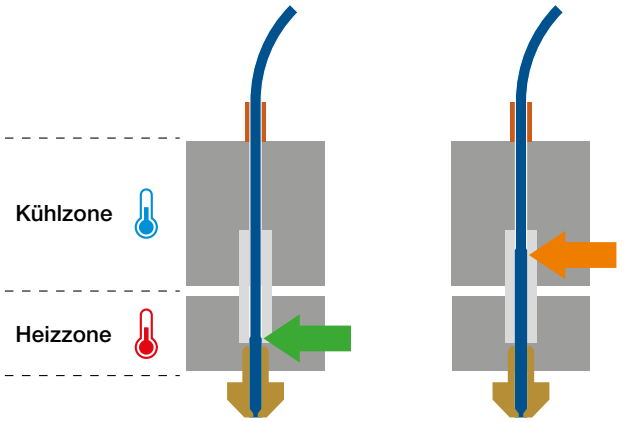
- Nicht ausreichende Heizleistung des Druckkopfs kann dazu führen, dass bei einer zu hohen volumetrischen Extrusionsrate die Temperatur im Druckkopf sinkt, wodurch die Extrusion gestört oder verhindert wird. Die Extrusionsrate kann durch eine Verringerung der Druckgeschwindigkeit, einen kleineren Düsendurchmesser oder eine geringere Schichthöhe gesenkt werden.

- Ein Bauteilkühler, der ungünstig ausgerichtet ist, kann die Düse durch den Luftstrom abkühlen und das korrekte Aufheizen der Düse behindern. Eine Silikonhülle um Düse und Heizblock kann das verhindern und eine effizientere und gleichmäßigere Erhitzung der Düse bewirken.

2.6. Kühlung des Druckkopfs unzureichend („Heat Creep“)

Die Kühlung des Druckkopfs (Kühlzone, „cold end“) sorgt dafür, dass für präzise Extrusion ein sauberer Übergang zwischen festen und geschmolzenem Filamentstrang entsteht. Wenn der Kühlkörper des Druckkopfs nicht genügend Wärmeenergie abführen kann, wandert die Schmelzzone durch den Druck des Filaments in den Kühlbereich des Druckkopfs, wo das Material expandiert und einen Pfropfen formt.

- Eine zu hohe Bauraumtemperatur, beispielsweise durch ein geschlossenes Gehäuse, kann bei Materialien mit geringem Schmelzpunkt, wie z.B. PLA, bereits das Problem hervorrufen.
- Je nach Modell kann am 3D-Drucker ein verbesserter Druckkopf nachgerüstet werden, der über eine effektivere Kühlung verfügt (auch: Wasserkühlung).
- Alternativ kann das Kühlsystem durch eine Verringerung der Druckgeschwindigkeit, einen kleineren Düsendurchmesser oder eine geringere Schichthöhe entlastet werden.



Verklemmen des Filaments durch Heat Creep (rechts) bei ineffektiver Kühlung

2.7. Filament hat einen zu hohen Feuchtigkeitsgehalt

Kunststoffe nehmen Feuchtigkeit aus der Luft auf und reichern sich damit an. Wie stark ein Kunststoff Feuchtigkeit absorbiert und zu welchem maximalen Grad, ist von Material zu Material unterschiedlich. Bekannte Beispiele für Kunststoffe, die besonders stark Feuchtigkeit absorbieren, sind Polyamid (PA) oder Polyvinylalkohol (PVA); sie werden als stark hygroskopisch bezeichnet.

- Das Filament kann mithilfe von Trockenlufttrocknern, Vakuumtrocknern oder Umluftöfen getrocknet und damit regeneriert werden. Hierzu sollte beachtet werden, dass die Trockentemperatur nicht über die im Datenblatt angegebenen Werte (oder die Glasübergangstemperatur) hinaus geht, da die Filamentstränge sich sonst verkleben können. Weiterhin sollte beachtet werden, dass die Temperatur auch für den Spulenkörper nicht zu hoch werden darf. Spulenkörper aus Polystyrol sollten nicht über 70 °C erwärmt werden, Spulenkörper aus Polycarbonat können bei bis zu 130 °C getrocknet werden.

2.8. Extrusionsfaktor oder Extrusionsbreite ist falsch eingestellt

Der Extrusionsfaktor bestimmt die Menge an Filament, die extrudiert wird. In der Slicer-Software wird unter Berücksichtigung von Düsendurchmesser, Filamentdurchmesser, Schichtstärke und Extrusionsbreite berechnet, wie viel Filament der Extruder-Motor für eine jeweilige Druckbahn vorschieben muss, dies entspricht einem Extrusionsfaktor („Flow“) von 100%.

- Faktoren wie Verschleiß an der Düse, nicht einbezogene Expansion des Filaments nach dem Austreten aus der Düse, Schwankungen des Filamentdurchmessers etc. können dazu führen, dass die tatsächliche Extrusionsrate nicht mit der berechneten Rate übereinstimmt, wodurch es zu Über- oder Unterextrusion kommt. Dies kann anhand von geeigneten Tests ermittelt und über den Extrusionsfaktor angepasst werden – nachdem etwaige Extrusionsprobleme ▶ 1.1. ausgeschlossen wurden.
- Die Extrusionsbreite („extrusion width“, „line width“ – Breite der Druckbahn nach der Extrusion) entspricht erfahrungsgemäß dem Düsendurchmesser mal 1 bis 1,2 und ist vom Extrusionsverhalten des Materials abhängig. Bei einem Extrusionsfaktor von 100% sollte bei einem dünnwandigen Testteil die Extrusionsbreite mit dem im Slicer eingestellten Wert übereinstimmen, sonst kommt es zu Über- oder Unterextrusion sowie maßlicher Abweichung des Bauteils.

2.9. Filament hat einen falschen Durchmesser

Wenn das Filament aufgrund von Qualitätsmängeln bei der Fertigung Durchmesserschwankungen oder Defekte wie Verdickungen aufweist, kann dies zu Qualitätsmängeln und Abbrüchen des Druckvorgangs kommen.

- Zu dünnes Filament resultiert in Unterextrusion.
- Zu dickes Filament resultiert in Überextrusion, da mehr Material gefördert wird als berechnet. Dies kann unter anderem in längerem Nachfließen von Material aus der Düse resultieren.
- Defekte im Filament wie Ablagerungen, Einschlüsse oder Verdickungen können am Extruder oder im Filamentschlauch zum Verklemmen des Filaments und zum Abbruch des Drucks führen.

2.10. Filamentrückzug ist falsch eingestellt

Wenn der Filamentrückzug („Retraction“) falsch eingestellt ist, wird das Filament zu wenig oder zu viel zurückgezogen.

- Zu geringer Rückzug zeigt sich dadurch, dass immer noch Filament aus der Düse nachfließt, wenn sich die Düse vom Bauteil wegbewegt.
- Wird das Filament zu weit zurückgezogen, ist beim erneuten Ansetzen einer Druckbahn noch kein Material vorhanden und es entsteht eine Lücke.
- Zu häufige Rückzüge können dazu führen, dass das Filament in der Kühlzone des Druckkopfs verstopft. Rückzüge können vermieden werden, indem man entsprechende Einstellungen im Slicer vornimmt (bspw. das Verfahren der Düse durch den Infill des Bauteils anstelle von Rückzügen).

2.11. Filamentextruder ist falsch eingestellt

Der Extruder fördert das Filament über ein angetriebenes Ritzel und eine Andruckrolle, welche durch Federkraft vorgespannt wird. Einige Varianten verfügen auch über zwei angetriebene Ritzel, von denen eines federnd gelagert ist. Änderungen am Extruder sollten nur vorgenommen werden, wenn andere Extrusionsprobleme auszuschließen sind (▶ 1.1.).

- Wenn der Motor Schritte verliert – festzustellen durch ein Klackergeräusch und fehlenden Filamentvorschub – ist er entweder unterdimensioniert, oder sein Motorstrom ist zu gering eingestellt. Diese Probleme treten in erster Linie bei selbst gebauten oder sehr günstigen 3D-Druckern auf.
- Wenn die Federkraft zu schwach oder zu stark eingestellt ist, kann das Filament nicht ausreichend gefördert werden oder aber wird vom Ritzel beschädigt. Die Kerben der Ritzel sollten normalerweise auf dem Filament sichtbar, aber nicht zu deutlich ausgeprägt sein.

2.12. Filament wird falsch geführt

Eine präzise Extrusion wird unter anderem durch die Führung des Filaments von der Rolle bis zum Druckkopf beeinflusst. Bei unzureichender Kontrolle über den Filamentvorschub, besonders bei abrupten Änderungen der Extrusionsgeschwindigkeit, ergeben sich Fehler im Druckbild.

- Bei zu großem Abstand zwischen Extrudermotor und Düse ergibt sich ein Wechselspiel im Filamentvorschub, sodass bspw. beim Ende einer Druckbahn noch weiterhin Filament aus der Düse austritt und eine Beule oder Fäden hervorruft.
- Bei schwankendem Filamentdurchmesser, sowie zu eng toleriertem Filamentschlauch oder engen Biegeradien in der Filamentführung wird der Filamentvorschub behindert bzw. eingeschränkt. Dieser Fehler ist daher bei der Ursachenforschung für Extrusionsprobleme auszuschließen!

2.13. Druckgeschwindigkeit / Beschleunigung zu hoch

Die Druckgeschwindigkeit ist ein entscheidender Faktor für erfolgreiche 3D-Drucke und ist stark von dem verwendeten Druckermodell sowie Filament abhängig. Die Geschwindigkeit kann für verschiedene Druckbereiche (Außenhaut, Innenhaut, erste und letzte Schicht, Füllung) separat eingestellt werden, um jeweils den optimalen Kompromiss aus Druckzeit und Qualität zu finden.

- Zu niedrig eingestellte Geschwindigkeit erhöht die Druckzeit unnötig und kann bei kleinen Bauteilmerkmalen dafür sorgen, dass an diesen Stellen zu viel Energie ins Bauteil eingebracht wird und das Merkmal nicht richtig ausgeprägt ist.
- Zu hoch eingestellte Geschwindigkeit bzw. falsch kalibrierte Beschleunigung kann in verschiedenen Druckbereichen ungünstige Auswirkungen haben:

„Ghosting“: Effekt der Schwingungen an der Bauteiloberfläche durch Vibration des Druckkopfs

- Bei der ersten Druckschicht kann zu hohe Geschwindigkeit dazu führen, dass die Bahnen nicht sauber auf der Oberfläche abgelegt werden können. Qualitätsfehler oder Ablösung des Bauteils können resultieren.
- Beim Infill kann eine zu hohe Geschwindigkeit dazu führen, dass die Bahnen nicht mehr ausreichend extrudiert werden können und Lücken aufweisen oder sich nicht ausreichend mit der Außenhaut verbinden. Dadurch kann die mechanische Festigkeit des Bauteils leiden.
- Bei der Außenhaut kann eine zu hohe Beschleunigung zu Überschwingen des Druckkopfs an Kanten führen, was in optischen Mängeln resultiert („Ghosting“, „Ringing“).
- Bei schnellen Geschwindigkeitsänderungen (bei zu hoch eingestellten Beschleunigungswerten) der Druckbewegung (an Ecken, bei starken Richtungswechseln, am Ende einer Druckbahn) kann überschüssiges Material aus der Düse austreten, da das Extrusionssystem den Druck im aufgeschmolzenen Filament nicht schnell genug abbauen kann.

2.14. Verschleiß an der Düse

Hohe Durchsätze, aber auch abrasive Zusätze im Filament können dazu führen, dass die Druckdüse verschleißt. Verschlissene Düsen können zu abnehmender Druckqualität führen, da der angenommene Düsendurchmesser nicht mehr mit dem tatsächlich vorhandenen übereinstimmt.

- Filamente mit abrasiven Additiven, z.B. Kohle- oder Glasfaser, aber auch Metallpulver oder fluoreszierendes Pulver sollten nur mit verstärkten Düsen verarbeitet werden, also Düsen aus Hartmetall oder Edelstahl, oder mit speziell verstärkter Spitze (Rubin, Saphir).
- Auch Farb- oder Effektpigmente können bei hohem Durchsatz für Verschleiß sorgen.

- Ein Anzeichen für eine verschlissene Düse kann sein, dass die Extrusionsbreite nicht mehr stimmt (messbar an einem dünnwandigen Testteil), oder dass das Filament bei gleichmäßiger langsamer Extrusion in freie Luft nicht senkrecht nach unten fließt, sondern abgelenkt wird. Außerdem wird die Düse neben einem größeren Düsendurchmesser durch den Verschleiß an der Spitze kürzer.

2.15. Ablagerungen in der Düse / das Filament verstopft die Düse

Bei unsachgemäßer Handhabung, unpassenden Druckparametern, unpassender Kombination aus Filament und Düsendurchmesser oder schlechter Filamentqualität können sich Rückstände in der Düse bilden. Dies können degradierte bzw. verkohlte Filamentreste, Verunreinigungen/Einschlüsse oder aber auch Additive wie Fasern sein. Hierdurch ist die Düse teilweise oder gänzlich verstopft bzw. blockiert.

- Das Material sollte nicht zu lange bei der Drucktemperatur in der Düse ruhen, sonst kann es sich zersetzen und Blockaden bilden.
- Zu geringe Düsendurchmesser können bei Filamenten mit Additiven zu häufigen Verstopfungen führen.
- Auch eine verschlissene Düse kann zu Ablagerungen führen, da sie möglicherweise Riefen und Kerben in der Spitze aufweist.
- Verstopfte Düsen können mit einem dünnen Draht (dünner als der Düsendurchmesser) von außen befreit und mit einem Reinigungsfilament oder naturellem PLA gespült werden („hot pull“, „cold pull“).

2.16. Ablagerungen außen an der Düse

Überschüssiges Material kann sich außen an der Düse ansammeln, dort degradieren und durch Abstreifen am Bauteil Verunreinigungen hervorrufen. Gründe hierfür können eine zu hoch eingestellte Extrusionsrate ▶2.8. oder eine zu geringe Bauteilkühlung ▶2.4. sein, wodurch sich das Bauteil aufwölbt und die Düse berührt.

- Um die Anhaftung zu erschweren, können Düsen mit spezieller Antihaft-Beschichtung verwendet werden. Alternativ bzw. zusätzlich empfiehlt sich die Verwendung einer Silikonhülle um Düse und Heizblock, um diese Verunreinigung zu verhindern.

links: verschlissene Düse; mitte: Düse mit Ablagerungen innen; rechts: Düse mit Ablagerungen außen

2.17. Druckoberfläche falsch bzw. Haftmedium fehlt

Die richtige Druckoberfläche ist ein wichtiger Faktor für die Anhaftung des Bauteils. Dabei ist es stark von dem gewählten Filament abhängig, welche Oberfläche auszuwählen ist – diese Information sollte der Filamenthersteller bereitstellen. Als Druckoberfläche kann entweder eine Haftfolie (dauerhaft) und/oder ein Haftvermittler (temporär) auf die Druckplatte aufgetragen werden.

- Viele Filamente mit „normalen“ Verarbeitungstemperaturen (wie PLA oder PETG) können mit einer Haftfolie wie PEI oder PI (Kapton) verarbeitet werden. Weiterhin gibt es eine große Anzahl von „Dauerdruckplatten“ verschiedener Anbieter, die für eine Vielzahl von Filamenten funktionieren (sollen).

- Ein Haftvermittler (beispielsweise Magigoo, 3DLac, Klebestift) wirkt in den meisten Fällen auch als Trennmittel: Während es im aufgeheizten Zustand für eine ausreichende Haftung zwischen Bauteil und Druckoberfläche sorgt, kann es nach dem Abkühlen das Lösen des Bauteils von der Druckplatte erleichtern und schützt so das Bauteil und die Druckoberfläche vor Zerstörung.

2.18. Druckoberfläche verunreinigt

Die Haftung des Bauteils an der Druckoberfläche kann durch Verunreinigungen wie Fett (Schmierfett, Fingerabdrücke), Staub, Rückstände von vorherigen Drucken etc. beeinträchtigt werden.

- Eine saubere Druckoberfläche ist daher unabdingbar für einen erfolgreichen Druck. Mit geeigneten Mitteln (Spachtel zur groben Reinigung sowie Reinigungs- oder Lösemittel – Fensterreiniger, Isopropylalkohol, Spiritus, Aceton) ist unter Beachtung der nötigen Sicherheitsmaßnahmen eine effektive Reinigung der Oberfläche möglich.

2.19. Druckbett ist schlecht ausgerichtet und/oder uneben

Das Druckbett muss parallel zur Bewegungsebene des Druckkopfs ausgerichtet sein. Somit ist der Abstand zwischen Düse und Druckoberfläche an jedem Punkt gleich.

- Das Druckbett ist mit mehreren Schrauben in der Höhe zu verstellen. Um das Druckbett auszurichten, fährt man die Stellen, an denen das Druckbett verstellt werden kann, mit der Düse an und stellt den Abstand zwischen Druckbett und Düse mit einer Fühlerlehre oder einem Blatt Papier ein. Idealerweise verfügt das Druckbett über 3 Verstellschrauben für eine sauber bestimmte Ausrichtung: bei 4 Schrauben ist das Druckbett überbestimmt und kann sich verbiegen. Daher ist hier besondere Sorgfalt gefragt.

- Alternativ kann diese Arbeit bei vielen modernen Druckern auch automatisch ausgeführt werden. In jedem Fall ist es wichtig, dass die Düse hierbei sauber ist, um das Ergebnis nicht zu verfälschen.
- Wenn das Druckbett uneben ist, kann nicht auf der ganzen Fläche der gleiche Abstand zwischen Düse und Druckbett eingehalten werden. In diesem Fall kann mitunter die erste Schicht nicht sauber aufgetragen werden. Das Druckbett sollte aufgerüstet oder ersetzt werden.

2.20. Abstand zwischen Druckbett und Düse ist falsch

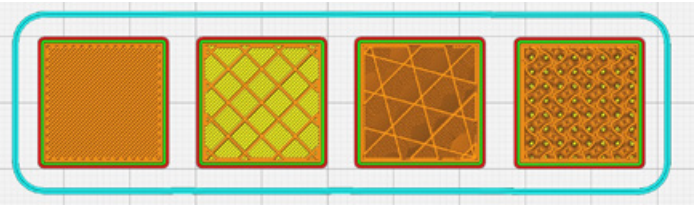
Der Abstand zwischen Druckbett und Düse ist wichtig, um eine saubere erste Schicht zu ermöglichen. Ist der Abstand zu niedrig eingestellt, wird zu viel Material aufgetragen und quillt seitlich der Düse auf. Möglicherweise lässt sich das Bauteil nicht mehr vom Druckbett lösen. Ist der Abstand zu hoch eingestellt, wird das Material nicht richtig angedrückt und das Bauteil kann sich teilweise oder ganz ablösen.

- Bei 3D-Druckern, bei denen das Druckbett manuell (ohne Druckbett-Sensor) nivelliert werden muss, kann der Abstand über das Einstellen des Z-Schalters („Endstop“) oder aber mithilfe eines Korrektur-Offsets in der Firmware (ideal) oder Software (auch möglich, muss aber für jedes Druckprofil neu übernommen werden) eingestellt werden.
- Bei 3D-Druckern, bei denen das Druckbett mithilfe eines Sensors automatisch nivelliert wird, kann der richtige Abstand nur über einen Korrektur-Offset in der Firmware oder in der Software erreicht werden.
- Bei Ultimaker-Druckern (3, S5, S3) lässt sich der Abstand zur Druckplatte nur mithilfe des Cura-Plugins „Z-Offset Plugin“ korrigieren.

2.21. Die Druckparameter wurden ungünstig gewählt

Die Druckparameter, die die Wandstärke und den Füllgrad des Bauteils bestimmen, haben Einfluss auf die mechanische Belastbarkeit des Bauteils. Ungünstige Parameter können aber auch bedingen, dass das Bauteil optische Fehler aufweist.

- Die Wandstärke entspricht bei vertikalen Wänden dem Produkt aus Extrusionsbreite und Anzahl der Druckbahnen, und bei horizontalen Wänden dem Produkt aus der Schichtstärke und der Anzahl der Deckschichten. Die Wandstärke im 3D-Druck sollte im Vergleich zu Spritzgussteilen etwa 100 – 150% der entsprechenden Wandstärke betragen. Zwar hat das Material nicht die gleiche Festigkeit wie im Spritzguss, bei massiveren Bauteilen trägt aber auch die Füllstruktur und versteift das Bauteil, sodass die Wände weniger Belastung erfahren.
- Großvolumige Bauteile werden größtenteils hohl gedruckt und mit einer Füllstruktur („Infill“) aufgefüllt. Je nach Bauteil empfehlen sich für gering belastete Bauteile Füllgrade zwischen 10 – 20%, darüber hinaus und bei höheren Belastungen 40% und mehr. Bei kleineren Bauteilen kann es auch Sinn machen, das Bauteil massiv (100%) zu drucken.
- Diese Füllstruktur kann in Form und Dichte variieren (s. Abbildung). Dabei sind einfachere Füllmuster anisotrop (vgl. Zig-Zag), andere nahezu isotrop (vgl. Gyroid).
- Bei zu geringem Füllgrad braucht es entsprechend mehrere Deckschichten, um die Oberfläche des Bauteils zu schließen.



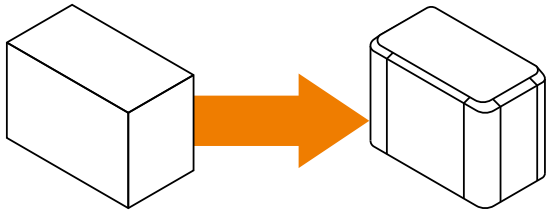
Füllmuster (Cura), v.l.n.r.:
Linear 100 %
Zig-Zag 25 %
Cubic 25 %
Gyroid 25 %

2.22. Bauteil ist ungünstig konstruiert bzw. ausgelegt

Einige Aspekte, die bei der Konstruktion eines 3D-Druck-Bauteils beachtet werden müssen, können über den Erfolg des Druckvorgangs entscheiden.

- Bohrungen und Öffnungen am Bauteil werden im FDM-Verfahren meist zu klein gefertigt. Daher sollte bei der Konstruktion direkt ein entsprechendes Aufmaß, welches zuvor experimentell zu ermitteln ist, auf kleinere Öffnungen und Bohrungen aufgeschlagen werden.
- Scharfe Ecken und Kanten im Modell (in der Druckebene liegend) können dazu führen, dass an diesen Stellen im Bauteil zu viel Material extrudiert wird. Der Druckkopf führt hier schnelle Brems- und Beschleunigungsvorgänge durch, wobei das Extrusionssystem den vorhandenen Druck in der Düse nicht schnell genug abbauen kann. Das überschüssige Material wirft sich an der Kante zu einem Schwulst auf. Werden diese Kanten verrundet, kann der Druckkopf die Ecke ohne die Beschleunigungsvorgänge durchfahren.
- Scharfe Ecken und Kanten im Modell (senkrecht zur Druckebene) können – besonders, wenn sie in der ersten Schicht liegen – Grate aufwerfen, die manuell entfernt werden müssen. Zur Vermeidung hiervon kann der Offset der Druckbahnen (▶ 2.24.) für die erste Schicht stärker angepasst werden, aber auch eine Fase in diese Kanten eingebracht werden.

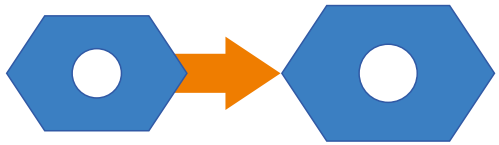
Fase und Verrundung für optimale und ansprechende Druckergebnisse



2.23. Skalierung und Offset falsch bzw. nicht vorgenommen

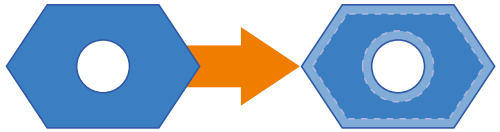
Um dem individuellen Druckverhalten eines jeweiligen Filaments entgegenzukommen und hierbei eine bestmögliche Maßhaltigkeit des Bauteils zu ermöglichen, kann eine Kombination aus Skalierung des Modells und Offset der Druckbahn in der Schichtebene helfen. Die Skalierung des Modells sollte nicht im CAD-Programm vorgenommen werden, sondern ist eine Funktion der Slicing-Software (das Modell kann manuell skaliert werden, oder es kann eine automatische Skalierung je nach Material im Druckprofil gespeichert werden).

- Wenn der Fehler relativ zur Bauteilgröße ist, kann dies durch Skalierung des Modells kompensiert werden.



Skalierung eines Bauteils

- Wenn es unabhängig von der gemessenen Dimension einen gleichbleibenden Fehler bei den Bauteilabmaßen gibt, kann dieser durch die „horizontale Kompensation“, einem Offset auf alle Druckbahnen der Außenhaut, kompensiert werden.

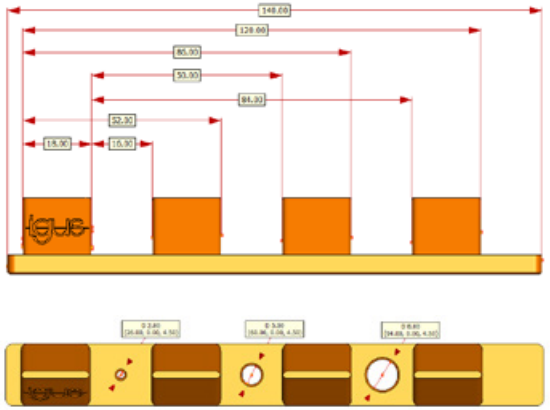


Offset der Druckbahnen

- Die entsprechenden Werte können anhand von geeigneten Testkörpern ermittelt werden. Hierzu muss die Extrusion bereits ausreichend gut kalibriert sein, sonst werden die Ergebnisse verfälscht.

Im Beispiel wird gezeigt, wie anhand einer geeigneten Testmethodik zielstrebig passende Werte für Skalierung und Offset gefunden werden können.

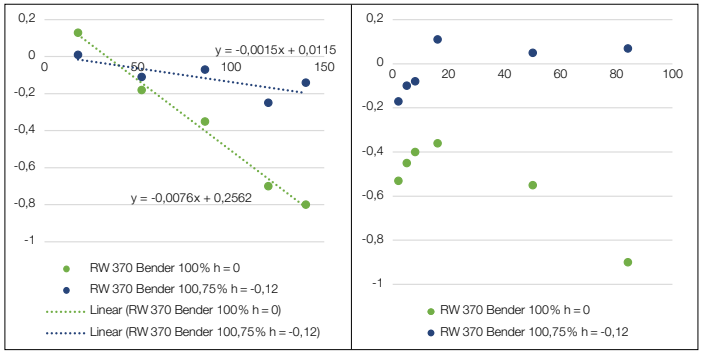
Prüfkörper für Skalier- und Offsetwerte



Der Prüfkörper weist Durchmesser, Außen- und Innenmaße auf. Anhand der jeweiligen Messwerte lässt sich eine lineare Funktion (Trendlinie) der absoluten und relativen Abweichung ermitteln:

Abweichung der Messwerte zum Sollmaß

horizontal: Sollmaß
vertikal: Abweichung
grün: Erster Test ohne Kompensation
blau: Skalierung und Offset (h) angepasst



Außenmaße **Innenmaße**

Die Graphen zeigen Außenmaße (1 – 5) sowie Innenmaße (A – C, Durchmesser D1 – D3) getrennt. Der grüne Graph der unkompensierten Probe zeigt bei den Außenmaßen einen annähernd linearen Verlauf. Dabei sind die Abweichungen zum Sollmaß bei kleinen Maßen positiv, was sich auf den zuvor beschrieben absoluten Fehler zurückführen lässt. Zunehmend mit der Länge der jeweiligen Abmaße tritt der relative Fehler in den Vordergrund.

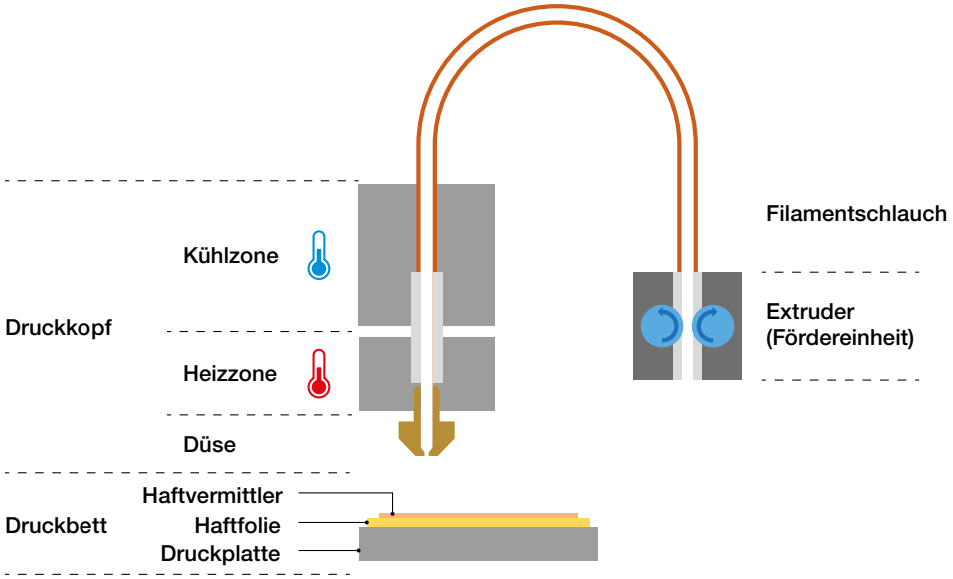
Nimmt man die Steigung der Trendlinie als Skalierungsfehler an und den Startwert für x = 0 als absoluten Fehler, erhält man einen Skalierwert von ca. 100,75% sowie einen Offset h von -0,13 (dieser geht in jedes Abmaß doppelt ein). Beim entsprechend kompensiertem Prüfkörper (blauer Graph) fällt auf, dass die absolute und relative Abweichung deutlich verbessert werden konnte. Der jeweilige Graph für die Innenmaße offenbart einerseits, dass sehr kleine Durchmesser (D1 = 2) deutlich stärker als um den generellen absoluten Fehler abweichen. Dies ist in 2.22. bereits erläutert; hier muss das Abmaß zusätzlich deutlich angepasst werden, um maßhaltige Bohrungen zu erhalten.

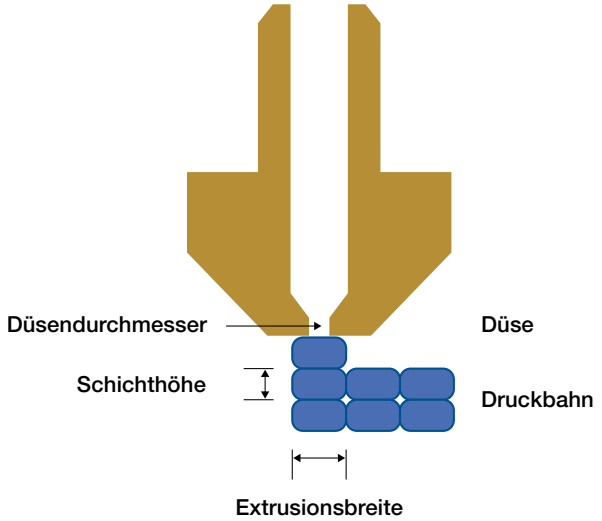
2.24. 3D-Drucker ist falsch eingerichtet bzw. konfiguriert

Besonders bei Eigenbau-3D-Druckern kann sehr viel Einfluss auf wichtige Steuerungsparameter genommen werden. Sind diese falsch eingestellt, kann es zu vielfältigen Problemen beim Druck führen.

- Schrittmotoren falsch konfiguriert: wird das Verhältnis zwischen Schrittwinkel und Verfahrweg (Schritte/mm, „steps/mm“, „E-steps“) falsch eingegeben, stimmt der tatsächlich verfahrene Weg nicht mit dem vorgegebenen überein. Hierdurch ergeben sich Maßabweichungen im Bauteil. Dieser Wert muss mit geeigneten Messmitteln über einen möglichst langen Verfahrweg ermittelt werden, um Fehlereinflüsse zu minimieren.
- Analog hierzu wird bei falsch eingestellten Werten am Extrudermotor zu viel oder zu wenig Filament gefördert, was zu entsprechenden Fehlbildungen am Druckteil führt.
- Wird der Motorstrom für die Schrittmotoren falsch konfiguriert, kann es durch zu wenig Drehmoment am Motor oder Überhitzung von Motor bzw. Treiberbaustein zu Schrittverlusten kommen.

Glossar


Filamentschlauch
Kühlzone
Druckkopf
Extruder
(Fördereinheit)
Heizzone
Düse
Haftvermittler
Druckbett
Haftfolie
Druckplatte


Düsendurchmesser
Düse
Schichthöhe
Druckbahn
Extrusionsbreite

Nehmen Sie Kontakt mit uns auf!

Haben Sie noch Fragen zur Verarbeitung von Filament im 3D-Druck, zu weiteren 3D-Druck-Verfahren oder wünschen Sie Unterstützung durch unseren 3D-Druck-Service?

Unser Experte steht Ihnen gerne zur Seite!

Tom Krause
Leiter Geschäftsbereich
Additive Fertigung
igus® GmbH
Tel.: +49 2203 9649 975
E-Mail: tkrause@igus.net

Mehr Informationen über die besonders abriebfesten Filamente von igus® finden Sie im Online-Shop: igus.de/tribofilament

igus® GmbH
Spicher Str. 1a 51147 Köln
Tel. +49 2203 9649 145
info@igus.de **www.igus.de**

MAT0075442