

# Überblick über den Trocknungsprozess

Häufig gestellte Fragen

## **Welche 3D-Druckfilamente sollten getrocknet werden?**

ABS, PMMA, PA (Nylon), PC, PET, PETG, POM, TPU, fortschrittliche Filamente wie CF-gefülltes PA, PEEK, PEKK, ULTEM oder flexible Filamente sollten vor dem Druck getrocknet werden. Wir empfehlen auch die Zufuhr von vorkonditionierten PLA- oder PP-Filamenten, da dies die Zuverlässigkeit des Druckprozesses verbessern kann.

## **Was bestimmt die Fähigkeit eines 3D-Druckfadens, Feuchtigkeit aufzunehmen?**

Sie hängt von der Polarität der polymeren Hauptkomponente ab, d.h. von ihrer chemischen Natur.

## **Warum drucken die ungetrockneten Fäden so schlecht?**

Der wichtigste negative Effekt von zu viel Feuchtigkeit bei der Verarbeitung von Polymeren ist die Hydrolyse, d.h. der chemische Abbau von Polymermakromolekülen durch Reaktion mit Wasser bei hohen Temperaturen.

## **Welchen Einfluss hat Feuchtigkeit auf den 3D-Druckprozess?**

Im Zusammenhang mit dem 3D-Druck kann ein hoher Feuchtigkeitsgehalt im Filament zu den folgenden 3D-Druckfehlern führen:

- **Schäumen, Blasenbildung, undurchsichtiges Aussehen.** Bei den Temperaturen der Polymerverarbeitung verdampft das Wasser, dehnt sich aus und bildet Blasen in der Polymerschmelze, was zu schlechten Oberflächeneigenschaften führt und die optischen Eigenschaften der Endteile verschlechtert;
- **mehr Sickern und mehr Saiten.** Wasser verringert die Viskosität der Polymerschmelzen, so dass sie flüssiger werden;
- **ausgeprägte Verwölbung.** Die Drucke aus ungetrocknetem Material weisen in der Regel eine schlechtere Dimensionsstabilität auf und werden anfälliger für Verwölbungen;
- **schlechte Zwischenlagenhaftung, beeinträchtigte mechanische Eigenschaften.** Durch die Hydrolyse werden die langen Makromolekülketten in kürzere aufgespalten. Dies führt zu einer Beeinträchtigung der mechanischen Eigenschaften der festen Teile, was zu einer Delaminierung während des Drucks oder sogar zum Versagen von 3D-Druckteilen im Betrieb führen kann;
- **Farbwechsel.** Hydrolyseprodukte führen häufig zu den Farbänderungen des Polymers.

## Welche Auswirkungen hat die Trocknung auf die Qualität von 3D-Druckteilen?

Der Hauptvorteil des Einsatzes von Trocknern besteht darin, dass dadurch die Anzahl der feuchtigkeitsbedingten 3D-Druckfehler reduziert wird. Wir haben auch beobachtet, dass die mit getrocknetem Material bedruckten Teile manchmal genauere Abmessungen aufweisen als die mit ungetrocknetem Material bedruckten Teile (siehe Abbildung unten). Wenn also die Dimensionsstabilität Ihrer 3D-Druckteile wichtig ist, raten wir Ihnen dringend zur Verwendung eines Fadentrockners. Im Allgemeinen erhöht die Verwendung von Trocknern die Gesamterfolgsrate des 3D-Drucks und macht den 3D-Druckprozess stabiler, so dass sogar ein kontinuierlicher 3D-Druck möglich ist.

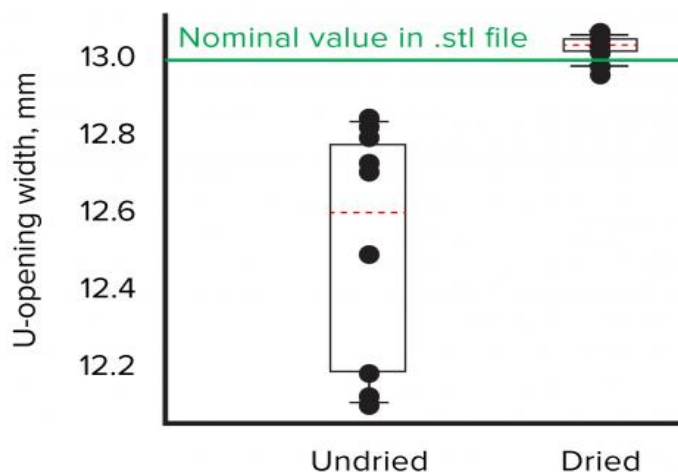


Abbildung: Trocknungseffekt auf die Dimensionsstabilität der bedruckten Teile: boxplot zeigt die U-förmige Öffnungsweite der Schraubenschlüssel, die wir mit getrocknetem und ungetrocknetem PC-Filament (1,75 mm, naturfarben) bedruckt haben. Die Breite der U-förmigen Öffnung in den mit dem getrockneten Material bedruckten Teilen zeigt eine viel engere Wertespreizung und liegt viel näher am Nominalwert von 13 mm. Das Material wurde im FD5-Trockner bei 65 °C für 3,5 h mit 20 % Luftstrom getrocknet, gedruckt bei 270 °C (Extruder), 90 °C (Druckbett), Düsendurchmesser 0,4 mm unter Verwendung desselben g-Codes für getrocknetes/ungetrocknetes Filament. Das ungetrocknete Filament wurde nach längerer Aussetzung an die Umgebungsbedingungen (Raumtemperatur, RH = 55-60 %) verwendet.

### Wie lange dauert es, einen Faden zu trocknen?

Im Durchschnitt dauert es ca. 5 h bei 60 - 80 °C um eine 1 kg Filament-Spule zu trocknen, abhängig von der spezifischen Art des Filaments und dem anfänglichen Feuchtigkeitsgehalt. Beachten Sie, dass die

Trocknungseinstellungen selbst für nominell gleiche Filamente von verschiedenen Herstellern stark variieren können.

### **Warum dauert die Trocknung von Filamenten so lange?**

Die Feuchtigkeit beginnt erst dann aus dem Material herauszuwandern, wenn der Temperaturgradient über das Filament verschwunden ist. Da Polymere schlechte Wärmeleiter sind, dauert es eine gewisse Zeit, bis die Wärme in das Zentrum des Filaments eindringt. Außerdem dauert es noch länger, bis die Feuchtigkeit an die Oberfläche migriert ist. Wie viel Zeit genau benötigt wird, hängt von einer Reihe von Faktoren ab, unter anderem von der spezifischen Polymerart und der Trocknungstemperatur.

### **Wie lange dauert es, bis ein getrockneter Faden wieder Feuchtigkeit erhält?**

Die Zeiten der Feuchtigkeitswiedergewinnung variieren stark von Filament zu Filament und von den Lagerbedingungen. Bei einigen hygroskopischen 3D-Druckfilamenten kann in extremen Fällen (z.B. bei hoher relativer Luftfeuchtigkeit und sehr langsamen Druckgeschwindigkeiten) die Feuchtigkeitswiedergewinnung zu schnell erfolgen, um feuchtigkeitsbedingte Druckfehler zu vermeiden; einige andere Filamente können sogar Tage nach dem Trocknen bedruckt werden.

### **Wenn die Wiedergewinnungszeit so kurz ist, wie kann ich dann sicher sein, dass ich in der Lage sein werde, einen größeren Teil zu drucken?**

Wir haben einen Konditionierungsmodus in unsere FD5-Trockner eingebaut, um die Zuführung eines ordnungsgemäß getrockneten Filaments für eine unbegrenzte Zeit zu gewährleisten. Hinzu kommt, dass das Filament vom Trockner durch ein geschlossenes Mantelrohr in den Drucker geführt wird, um die Feuchtigkeitsaufnahme aus der Umgebungsatmosphäre zu minimieren.

### **Wodurch heben sich Ihre Fadentrockner von ähnlichen Produkten ab?**

Gegenwärtig ist die Auswahl an Filamententrocknungslösungen auf dem Markt sehr begrenzt: Es gibt nur einen Typ von Heißlufttrockner und Trockenmittelkasten. Unsere Filamententrockner sind mehr als nur ein Heißlufttrockner oder eine Trockenmittelbox. Die einzigartigen Merkmale unserer Fadentrockner sind:

- Trockenmittelkastensystem zur Entfeuchtung der einströmenden Luft,
- optimierte Heiz- und Luftstromsysteme zur Beseitigung der Hot Spots in der Trockenkammer,
- niedriger Vibrations- und Geräuschpegel,
- Touchscreen-Display zur Steuerung und Einstellung der Trocknungseinstellungen,

- Einrichtung von benutzerdefinierten oder mehrstufigen Trocknungseinstellungen,

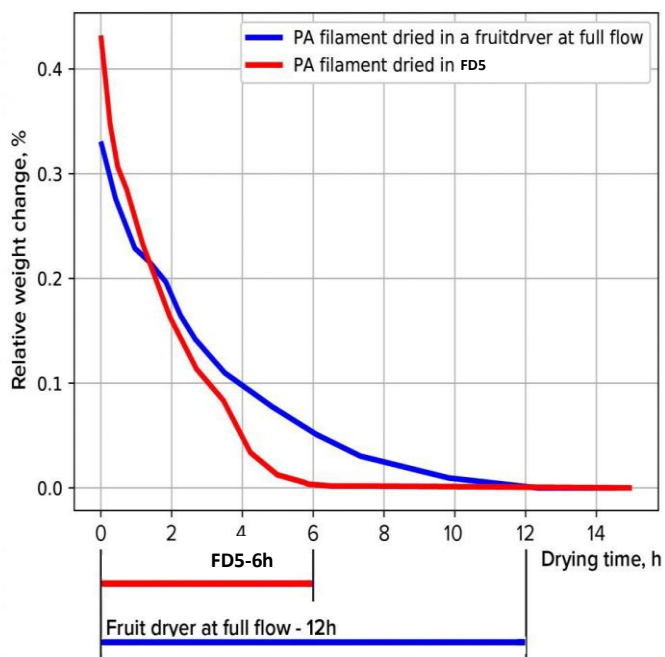
### Was sind die Vorteile von FD-Trocknern?

Da FD-Trockner ein kompaktes Gerät mit geringerem Platzbedarf sind, lassen sie sich leicht installieren. Da keine Druckluft oder Kühlwasser erforderlich ist, haben die Trockner keine besonderen Installationsanforderungen.

### Ich kann mein Filament in meinem Ofen oder Obsttrockner trocknen. Warum brauche ich Ihren Fudentrockner?

Natürlich können Sie Ihre Filamente in einem Ofen oder Obsttrockner trocknen, Sie müssen nur bedenken, dass es keine gute Idee ist, Filamente in der gleichen Anlage zu trocknen, in der Sie Ihre Mahlzeit zubereiten.

Darüber hinaus macht das Trockenmittelsystem unsere Filamententrockner effizienter als Fruchttrockner, und im Durchschnitt dauert die Trocknung des Filaments in unseren Filamententrocknern doppelt so lange wie in einem Fruchttrockner (siehe Abbildung unten). Berücksichtigt man die im Allgemeinen langen Trocknungszeiten, führt dies zu erheblichen Zeit- und Kosteneinsparungen.



Die relativen Gewichtsveränderungen von 0,5 kg Nylon-Filament, getrocknet im Obsttrockner (bei der maximalen Temperatur von 72 C, bei vollem Luftstrom) und in unserem Filamententrockner (bei T = 70 C, Luftstrom = 20 %). Diese Grafik zeigt, dass die Trocknung im Filamententrockner deutlich schneller und effizienter ist als die Trocknung in einem Fruchttrockner.

### **Was sind die wichtigsten Trocknungsparameter?**

Die wichtigsten Trocknungsparameter sind Temperatur, Luftströmungsgeschwindigkeit und Trocknungszeit.

### **Welche Trocknungsparameter können in FD1-Trocknern geändert werden?**

Bei FD5-Trocknern hat der Benutzer die Möglichkeit, die Trocknungstemperatur und die Trocknungszeit zu steuern.

### **Wie sieht es mit dem absoluten Wassergehalt in der einströmenden Luft aus? Hat er einen Einfluss auf den Trocknungsprozess?**

Der absolute Wassergehalt in der einströmenden Luft ist ein wichtiger Trocknungsparameter, aber bei den FD5-Trocknern gibt es keine Möglichkeit, diesen zu ändern. Um den Feuchtigkeitsgehalt in der Zuluft zu reduzieren, verwenden wir Trockenmittelkästen, die wöchentlich regeneriert werden müssen. Unsere Messungen zeigen, dass Umgebungsluft mit 55 % RH bei 25 °C etwa die Hälfte ihres Wassergehalts verliert, wenn sie durch einen Trockenmittelkasten strömt.

### **Woher weiß ich, welche Trocknungseinstellungen zu verwenden sind?**

Wir sind dabei, eine umfassende Datenbank aufzubauen, in der die Trocknungs- (und Druck-) Einstellungen für verschiedene Materialien von führenden Herstellern von 3D-Druckfilamenten gespeichert sind.

### **Warum ist die maximale Trocknungstemperatur in FD5-Trocknern auf 150 begrenzt °C?**

Der Hauptgrund für die Temperaturgrenze ist die Trocknungstemperatur für solche Materialien wie PEEK, ULTEM, PEKK. Der Benutzer sollte das Spulenmaterial überprüfen, bevor er 80°C oder mehr verwendet, da viele Hersteller ihre Filamente auf PS- oder ABS-Spulen spinnen. Leider neigen diese Materialien dazu, bei den Temperaturen, die zum Trocknen des gesponnenen Materials benötigt werden, ihre Form zu verlieren. Die beste Lösung ist, das Material auf Metallspulen zu trocknen.

### **Woher kommen die allgemeinen Einstellungen? Sind sie für alle Filamente gültig?**

Gegenwärtig sind die Empfehlungen der Hersteller und Lieferanten von 3D-Druckfilamenten zur Trocknung ihrer Filamente in der Regel sehr spärlich. Daher ist es für uns unmöglich, allein aus den mitgelieferten Materialdatenblättern Informationen über die effizientesten Trocknungseinstellungen zu erhalten. Die richtigen Einstellungen durch Ausprobieren für alle Filamente zu finden, kommt natürlich nicht in Frage. Die allgemeinen Einstellungen basieren auf den typischen Temperaturen, die in der Polymerindustrie verwendet werden, aber unter Berücksichtigung aller Additive, die die Hersteller in die 3D-Druckfilamente einbringen, sollten die Werte eher als Richtwerte

angesehen werden, die bei Bedarf angepasst werden können (und sollten).

### **Sollte ich versuchen, meinen Glühfaden so trocken wie möglich zu trocknen?**

Erstens: Wenn Sie 3D-Druckfilamente mit Luft mit den konstanten Eigenschaften (konstante Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Luftstrom) trocknen, nähert sich der Feuchtigkeitsgehalt im Material langsam der so genannten Gleichgewichtsfeuchte und nimmt nicht weiter ab (siehe Abbildung unten). Mit anderen Worten, das Trocknen von Filamenten mit Trocknungsluft, die eine bestimmte Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Fließgeschwindigkeit hat, wird niemals zu einem Material führen, dessen Feuchtigkeitsgehalt unter einer gewissen Gleichgewichtsfeuchte liegt, egal wie lange man das Material trocknet.

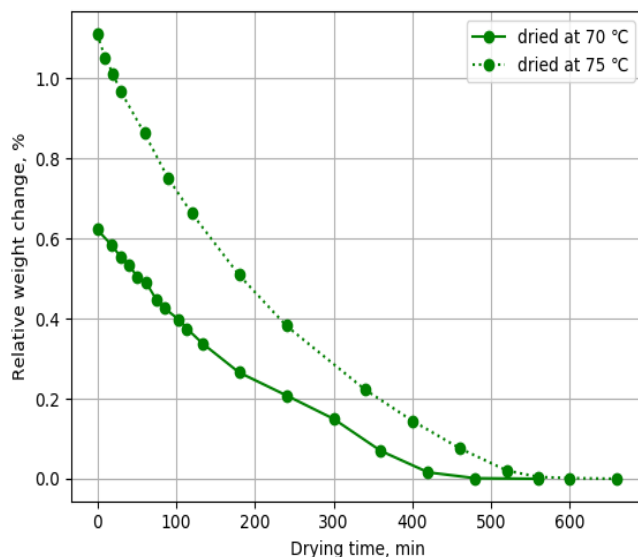


Abbildung: Trocknungskurve für PA-3D-Druckfilamente. Das Material wurde im FD5-Trockner bei 70 °C und 75 °C mit 20 % Luftstrom getrocknet. Das ungetrocknete Filament wurde nach längerer Aussetzung an die Umgebungsbedingungen (Raumtemperatur, RH = 55-60 %) verwendet. Eine Trocknung für 450 min bei 70 °C oder für 550 min bei 75 °C reicht im Allgemeinen aus, um das Filament zu trocknen. Zweitens fügen einige billige Filamenthersteller den Filamenten eine Menge Zusatzstoffe bei. Diese Additive neigen dazu, bei längerer Exposition bei hohen Temperaturen herauszuwandern; dieses Phänomen könnte als Übertrocknung bezeichnet werden. Das Drucken mit einem übertrockneten 3D-Filament führt nicht zu einem guten Druck. **Wie beeinflusst das Trocknen eines Filaments die 3D-Druckeinstellungen?**

Im Allgemeinen muss man beim Drucken mit einem richtig getrockneten Filament die Drucktemperatur erhöhen.

**Heißlufttrocknern wird oft nachgesagt, dass sie nicht in der Lage sind, genügend Wasser für die ordnungsgemäße Verarbeitung von hygroskopischen Polymeren zu entfernen. Wie geeignet sind FD5-Trockner für die Trocknung von 3D-Druckfilamenten?**

Tatsächlich ist die Trocknungsleistung von Heißlufttrocknern oft nicht ausreichend, um hygroskopische Polymere zu trocknen. Aus diesem Grund haben wir einen Trockenmittelkasten eingebaut, um die einströmende Luft zu entfeuchten. Dadurch kann der absolute Feuchtigkeitsgehalt in der einströmenden Luft um den Faktor zwei reduziert werden, bevor sie mit dem Filament in Kontakt kommt. Dies macht unseren Trockner effizienter als die Trocknung in einem Ofen oder in einem Heißluftfruchttrockner.

**Wie bedient man die Fadentrockner?**

Die zweckmäßige, umfassende eingebettete Software verfügt über eine Reihe von Funktionen zum Einrichten und Bearbeiten Ihrer Trocknungseinstellungen. Für die gängigsten Filamenttypen sind generische Trocknungsprofile mit einem Klick verfügbar. Natürlich können Sie Ihre eigenen Trocknungseinstellungen für ein benutzerdefiniertes Filament einrichten.

**Wie sicher sind FD5-Trockner?**

Unsere Fadentrockner sind die perfekte Lösung, wenn es um Sicherheit und Benutzerfreundlichkeit geht: Sie sind mit einem eingebauten Überstrom- und Überhitzungsschutz sowie mit Sensoren für das Öffnen und Schließen von Türen ausgestattet.

**Sind Filamententrockner mit allen 3D-Druckfilamenten kompatibel?**

FD5-Trockner sind mit allen 3D-Druckfilamenten aus offenen Materialien kompatibel.

**Sind Fadentrockner mit allen 3D-Druckern kompatibel?**

In einem Standalone-Betriebsmodus sind FD5-Trockner mit den meisten 3D-Druckern für offene Materialien kompatibel, die Standard-Filamentgrößen verwenden: 1,75 mm, 2,85 mm, 3,00 mm.