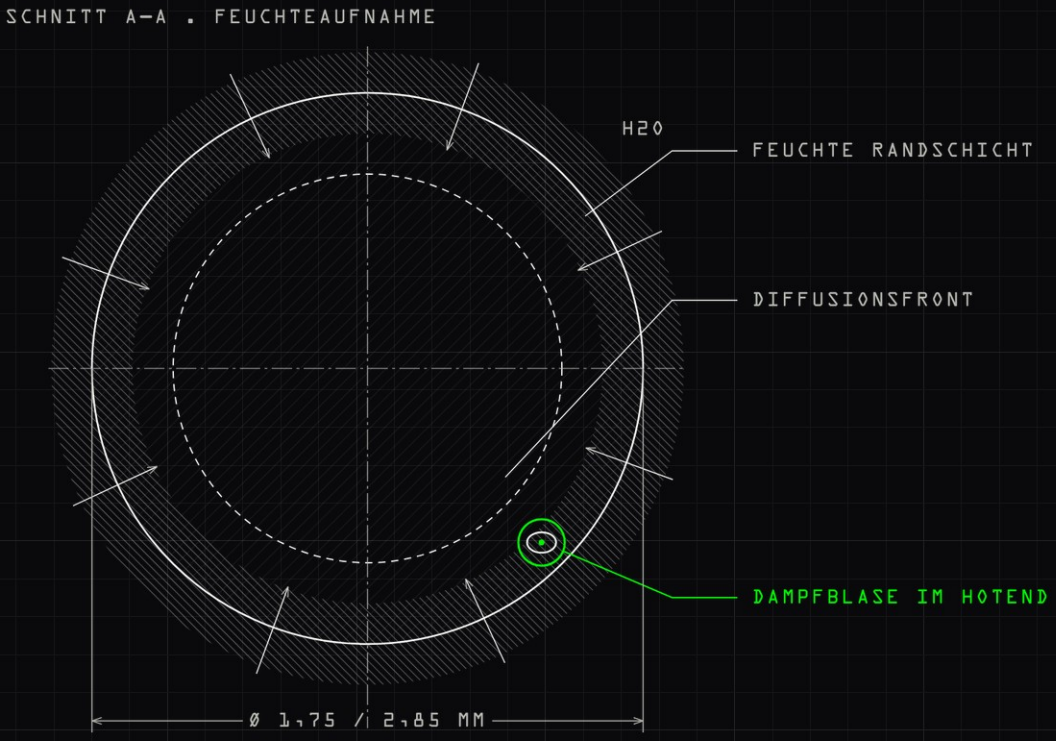
FIBERTHREE



WHITE PAPER . WP002

FEUCHTIGKEIT IM FFF-PROZESS

Wie stark beeinflusst Feuchte den Druck mit Polyamid, und wie lange muss ein Filament trocknen? Mit Messreihe an F3 PA-CF Pro.

DOKUMENT
WP002
FIBERTHREE WHITE PAPER

STAND
11.2026
VERSION 1.0

INHALT

01 Ausgangslage 4

02 Feuchte und Druckqualität 5

Filament und fertiges Bauteil unterscheiden 5

03 Trocknungswege 6

Zentrale Trocknung 7

Dezentrale Trocknung 7

04 Leitlinien zur Trocknung 8

Temperatur 8

Trockenheit prüfen 8

Trocken halten 8

05 Ergebnisse der Messreihe 10

06 Fazit 11

Quellen 11

Über Fiberthree 12

White-Paper-Reihe 12

00 . EXECUTIVE SUMMARY

Feuchtigkeit ist einer der häufigsten Gründe für schlechte FFF-Drucke. Hygroskopische Filamente wie Polyamid nehmen Wasser aus der Raumluft auf. Im Hotend führt das zu Blasen, ungleichmäßiger Extrusion, schlechter Schichthaftung und Maßabweichungen.

Unsere Messreihe mit F3 PA-CF Pro zeigt: Offen gelagerte Spulen nahmen bei 20,5 °C und 31,7 % relativer Luftfeuchte in vier Tagen rund 0,32 % ihres Gewichts an Wasser auf, die Hälfte davon am ersten Tag. Im Trockenschrank bei 75 °C ging der größte Teil am ersten Tag wieder heraus, nach vier Tagen war das Filament maximal trocken.

AUF EINEN BLICK

- **Trocknen** im beheizten Trockenschrank bei 75 °C, so lange wie die Spule offen lag, bei unbekannter Dauer 4 Tage
- **Trocken halten** während des Drucks in einer luftdichten Box, nachtrocknen ab 30 % relativer Luftfeuchte
- **Versiegelte Fiberthree-Spulen** sind ab Werk getrocknet und können direkt verdruckt werden
- **Wenige Drucker** lassen sich günstig dezentral mit einem In-Line-Trockner wie Drywise versorgen

Empfehlung: Zentral im Trockenschrank bei 75 °C trocknen und am Drucker in einer luftdichten Box führen.

0,32 %	52 %	4 Tage
Wasseraufnahme in 4 Tagen, offene Spule	davon am ersten Tag	Trocknung im Schrank bis zum Plateau

01 AUSGANGSLAGE

Trockenes Filament ist die Voraussetzung für gute FFF-Bauteile. Hygroskopische Kunststoffe wie Polyamid (PA), PC, TPU, PVA und PEI nehmen Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft auf, und das schon innerhalb von Stunden.

Im Hotend verdampft das gebundene Wasser schlagartig. Das Filament quillt, extrudiert ungleichmäßig, bildet Blasen und haftet schlechter an der vorherigen Schicht. Das Bauteil wird schwächer und weniger maßhaltig. PLA und PP sind deutlich weniger hygroskopisch und stehen nicht im Mittelpunkt dieses Papers.

Zwei Aufgaben sind dabei zu unterscheiden:

- **Trocknen:** Feuchtigkeit aktiv aus dem Filament entfernen, vor dem Druck.
- **Trockenhalten:** verhindern, dass das Filament während Lagerung und Druck erneut Feuchte aufnimmt.

Dieses Paper zeigt, wie stark sich Feuchte auf den Druck auswirkt, vergleicht zentrale und dezentrale Trocknung und gibt konkrete Trocknungszeiten an. Die Empfehlungen stützen sich auf eigene Messreihen mit F3 PA-CF Pro. WP002 ist Teil unserer Whitepaper-Reihe, die mit der Materialübersicht in WP001 beginnt. Daran schließen WP003 zur Nachbehandlung der Bauteile und WP004 zum fertigungsgerechten Konstruieren an.

ABB. 1: SCHEMASKIZZE

SCHNITT A–A . FEUCHTEAUFNAHME

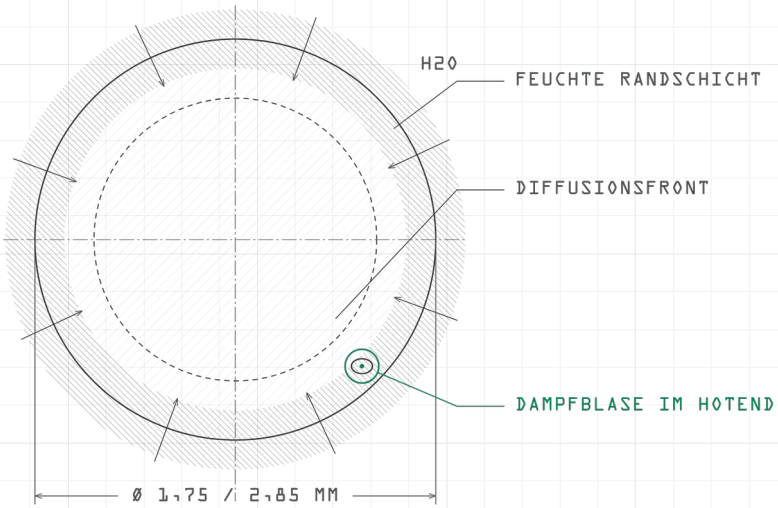


ABB. 1 Filamentquerschnitt mit feuchter Randschicht und Diffusionsfront, schematisch, nicht maßstäblich.

02 FEUCHTE UND DRUCKQUALITÄT

Feuchtes Filament ist am gedruckten Bauteil sofort zu sehen. Abbildung 1 zeigt zwei Paare von Testkörpern, jeweils links mit getrocknetem und rechts mit ungetrocknetem Filament gedruckt.

ABB. 2: FEUCHTE UND DRUCKQUALITÄT

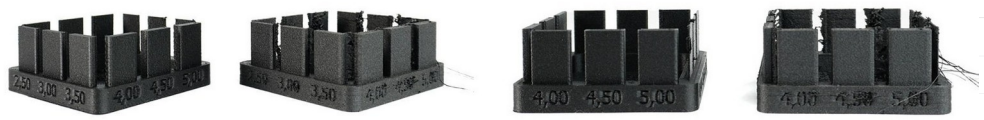


ABB. 2 Zwei Paare von Testkörpern. Jeweils links mit getrocknetem, rechts mit ungetrocknetem Filament gedruckt.

Die ungetrockneten Teile zeigen die typischen Fehlerbilder:

- **Oberflächenfehler:** raue, blasige Oberflächen und Fadenziehen zwischen den Stegen
- **Ungleichmäßige Extrusion:** Lücken und ausgefranste Kanten an dünnen Wänden
- **Maßabweichungen:** dünne Stege und Beschriftungen werden unsauber und weichen vom Sollmaß ab
- **Schlechtere Schichthaftung:** Dampfblasen stören die Verbindung zwischen den Schichten

Feuchte wirkt nicht nur auf Optik und Maße. Auch die mechanischen Eigenschaften wie Zugfestigkeit und E-Modul sinken, weil Blasen und schwache Schichtgrenzen den tragenden Querschnitt verringern.

FILAMENT UND FERTIGES BAUTEIL UNTERSCHEIDEN

Die Feuchte im **Filament** ist beim Druck schädlich und muss vorher entfernt werden. Das **fertige Bauteil** aus Polyamid nimmt danach wieder Feuchte aus der Umgebung auf, und das ist gewollt: Erst dadurch wird es zäh. Wie sich dieser Vorgang gezielt steuern lässt, beschreibt WP003 im Abschnitt Konditionieren.

03 TROCKNUNGSWEGE

Wie getrocknet wird, hängt vor allem davon ab, wie viele Drucker es gibt und wo sie stehen. Abbildung 2 zeigt die drei Wege, wie eine Spule bei uns trocken an den Drucker kommt:

- **Blau:** Eine versiegelte Fiberthree-Spule geht direkt in die Trockenbox am Drucker. Wir trocknen die Spulen vor dem Versiegeln.
- **Grün:** Zentrale Trocknung im Wärmeschrank, danach Trockenhalten in der F3 Safe Light Dry Box am Drucker.
- **Gelb:** Dezentrale Trocknung mit einem Drywise In-Line-Trockner direkt am Drucker.

ABB. 3: TROCKNUNGSWEGE



ABB. 3 Wege der Filamenttrocknung. Blau: versiegelte Spule direkt in die Trockenbox. Grün: zentral im Wärmeschrank, dann F3 Safe Light Dry Box. Gelb: dezentral mit Drywise In-Line-Trockner.

	ZENTRALE TROCKNUNG	DEZENTRALE TROCKNUNG
Prinzip	Alle Spulen an einem Ort trocknen und lagern, am Drucker trocken halten	Jede Spule direkt am Drucker trocknen
Geräte	Beheizter Trockenschrank, Vakuumtrockenschrank, alternativ Dörrgerät oder Ofen; am Drucker F3 Safe Light oder F3 Safe Long Run	In-Line-Trockner, z. B. Drywise
Geeignet für	Viele Drucker an einem Standort	Ein oder zwei Drucker, oder Drucker an verschiedenen Orten
Vorteile	Viele Spulen gleichzeitig, sofort einsatzbereit, auch zur Langzeitlagerung	Günstiger Einstieg, Spule muss vorher nicht getrocknet werden
Nachteile	Investition in einen Trockenschrank	Durchlaufzeit bis zu 45 Minuten, Strecke bis zum Extruder kann je nach Material schwierig sein

TAB. 1 Trocknungswege.

ZENTRALE TROCKNUNG

Beheizte Trockenschränke senken den Feuchtegehalt zuverlässig und halten die Spulen bis zum Einsatz trocken. Bei 75 °C ist eine Spule je nach Ausgangsfeuchte nach vier Tagen ausreichend trocken (Kapitel 05). Höhere Temperaturen verkürzen die Trocknung, können aber die mechanischen Eigenschaften des Filaments beeinträchtigen. Vakuumtrockenschränke arbeiten mit niedrigerer Temperatur, weil der Siedepunkt des Wassers im Vakuum sinkt.

Am Drucker muss das Filament dann trocken bleiben. Dafür gibt es die luftdichten Trockenboxen F3 Safe Light und F3 Safe Long Run, durch die das Filament direkt zum Drucker läuft.

Der Trockenschrank hat einen zweiten Nutzen: Bei 75 °C lassen sich darin auch gedruckte Bauteile aus F3 PA-CF Pro tempern (WP003).

DEZENTRALE TROCKNUNG

Das Drywise-System trocknet das Filament in-line, kurz bevor es in den Druckkopf läuft. Heiße, trockene Luft strömt dabei über das Filament. Für F3 PA-CF Pro und F3 PA-GF30 Pro sind Programme hinterlegt. Die Strecke zwischen Trockner und Extruder kann je nach Kunststoff schwierig sein, weil das warme Filament dort brechen oder sich strecken kann.

04 LEITLINIEN ZUR TROCKNUNG

Wir empfehlen eine zentrale Trocknung im aktiv beheizten Trockenschrank bei 75 °C und eine luftdichte Trockenbox am Drucker. Die Trocknungszeit richtet sich danach, wie lange die Spule offen gelegen hat:

FALL	TROCKNUNGSZEIT BEI 75 °C
Neue Fiberthree-Spule, Versiegelung intakt	Druck ohne Trocknung möglich. Für beste Ergebnisse oder bei unklarer Lagerung bis zu 24 h
Spule lag eine bekannte Zeit außerhalb des Trockenschranks	dieselbe Zeit, die sie offen gelegen hat
Spule lag unbekannt lange offen	4 Tage
Dezentrale Trocknung mit Drywise	keine Vortrocknung nötig

TAB. 2 Leitlinien zur Trocknung.

Wir trocknen alle Spulen, bevor wir sie versiegeln. Solange die Versiegelung intakt ist, bleibt das Filament trocken.

TEMPERATUR

75 °C ist unsere Empfehlung für die Polyamide. Höhere Temperaturen verkürzen die Trocknung, können aber die mechanischen Eigenschaften des Filaments beeinträchtigen.

TROCKENHEIT PRÜFEN

Die Zeiten in der Tabelle sind Richtwerte. Genauer geht es mit der Waage: Die Spule vor und während des Trocknens wiegen. Am Anfang sinkt das Gewicht schnell, dann nähert es sich einem konstanten Wert. Ist das Gewicht stabil, ist die Spule trocken.

TROCKEN HALTEN

- **Während des Drucks:** Filament in einer luftdichten Box führen, etwa F3 Safe Light oder F3 Safe Long Run.
- **Hygrometer beachten:** Zeigt das Hygrometer in der Box mehr als 30 % relative Luftfeuchte, die Spule herausnehmen und aktiv nachtrocknen.

- **Längere Druckpausen:** Spule im Trockenschrank lagern, nicht offen am Drucker.

Die Waage ist dabei der verlässlichste Prüfpunkt. Sie zeigt nicht nur, wann eine Spule trocken ist, sondern macht auch sichtbar, wie schnell eine Spule in der eigenen Umgebung Feuchte aufnimmt. Wer das für seine Spulengrößen einmal dokumentiert, kann die Trocknungszeiten an die eigenen Bedingungen anpassen.

Wichtig ist eine feste Routine: Spulen nach dem Druck zurück in den Trockenschrank oder die Trockenbox, das Hygrometer im Blick und im Zweifel lieber nachtrocknen als einen fehlerhaften Druck riskieren.

05 ERGEBNISSE DER MESSREIHE

Um den Einfluss der Lagerung zu beziffern, haben wir Spulen von F3 PA-CF Pro in vier Größen untersucht: 200 g, 500 g, 1.000 g und 2.000 g. Die Spulen lagen offen bei Raumklima, im Mittel bei 20,5 °C und 31,7 % relativer Luftfeuchte. Beide Werte blieben während des Versuchs nahezu konstant. Das Gewicht wurde täglich erfasst. Nach mehreren Tagen kamen die Spulen in einen beheizten Trockenschrank bei 75 °C, wieder mit täglicher Wägung.

ABB. 4: ERGEBNISSE DER MESSREIHE

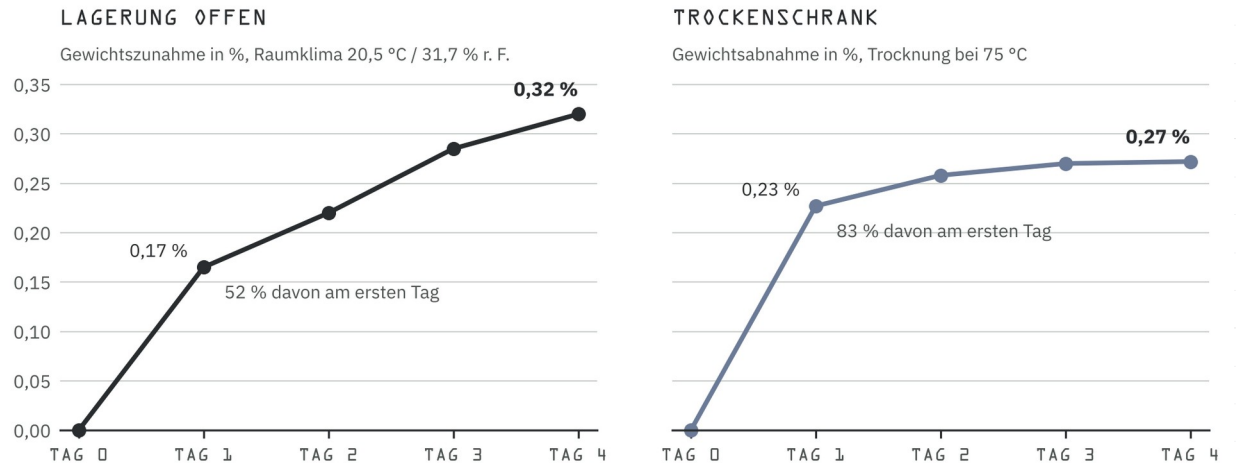


ABB. 4 Fiberthree-Messreihe mit F3 PA-CF Pro: Gewichtszunahme bei offener Lagerung und Gewichtsabnahme im Trockenschrank bei 75 °C

Die Spulen nahmen bei Raumklima kontinuierlich Wasser auf, rund die Hälfte davon innerhalb der ersten 24 Stunden. Nach vier Tagen war die Aufnahme noch nicht abgeschlossen.

Im Trockenschrank verloren sie den größten Teil am ersten Tag. Danach flachte die Kurve ab und erreichte nach vier Tagen ein Plateau, die Filamente waren maximal trocken. Daraus leiten sich die Trocknungszeiten in Kapitel 04 ab.

Schon eine kurze Zeit an der Raumluft reicht also, damit Polyamid messbar Feuchte aufnimmt, selbst bei der vergleichsweise trockenen Luft im Versuch. Aktive Trocknung und kontrollierte Lagerung sind deshalb die Grundlage für gleichbleibend gute Drucke.

06 FAZIT

Selbst bei vergleichsweise trockener Raumluft nimmt Polyamid innerhalb eines Tages messbar Feuchte auf. Aktive Trocknung und kontrollierte Lagerung sind deshalb die Grundlage für gleichbleibend gute Drucke: im Trockenschrank bei 75 °C trocknen, mit der Waage prüfen und am Drucker in einer luftdichten Box führen.

> „Schon eine kurze Zeit an der Raumluft reicht, damit Polyamid messbar Feuchte aufnimmt."
>
> — Ergebnis der Fiberthree-Messreihe mit F3 PA-CF Pro

QUELLEN

[1] Fiberthree GmbH: Messreihe zur Feuchteaufnahme und Trocknung von F3 PA-CF Pro (Spulengrößen 200 g bis 2.000 g)

[2] Fiberthree GmbH: WP002 – Einfluss von Feuchtigkeit auf Polymere im FFF-Prozess, bisherige Fassung (deutsch und englisch)

ÜBER FIBERTHREE

Fiberthree entwickelt und produziert technische Filamente für den FFF-Druck in Darmstadt, mit Polyamid als Herzstück des Portfolios. Zum Ökosystem gehören Druckplatten für Prusa, Raise3D und Bambu Lab sowie die Trockenboxen F3 Safe Light und F3 Safe Long Run. Aus dem Hintergrund als Ingenieurbüro bieten wir darüber hinaus Engineering, Schulungen und Lohnfertigung auf über 30 Druckern an, vom Erstmuster bis zur Kleinserie.

WHITE-PAPER-REIHE

Alle White Paper finden Sie auf www.fiberthree.com. Wir aktualisieren die Reihe laufend, maßgeblich ist jeweils die neueste Fassung.

NR.	THEMA	HILFT BEI
WP001	Kunststoffe für den FFF-Prozess: Materialübersicht und Verfahrensvergleich	Werkstoff und Verfahren wählen
WP002	**Einfluss von Feuchtigkeit auf Polymere im FFF-Prozess (dieses Paper)**	**Filament trocknen und trocken halten**
WP003	Tempern und Nachbehandlung von FFF-Bauteilen	Tempern, Konditionieren, Nachbearbeiten
WP004	Fertigungsgerechtes Konstruieren für den FFF-Prozess	Bauteile FFF-gerecht auslegen
WP005	Gewindeeinsätze in FFF-Bauteile einschmelzen	Lösbare Schraubverbindungen
WP006	Düsenwahl für gefüllte Filamente	Düsenwerkstoff und -durchmesser
WP007	Druckbett und Haftung	Haftung der ersten Schicht
WP008	Elektrostatisch ableitfähige Bauteile (ESD) im FFF-Druck	ESD-Bauteile drucken und prüfen
WP009	Lagenhaftung in Aufbaurichtung: Düsentemperatur, Druckgeschwindigkeit und Hotend	Festigkeit in z-Richtung

TAB. 3 Übersicht der Fiberthree White Paper.

FIBERTHREE

START WITH THE RIGHT MATERIAL

ANSCHRIFT

DARMSTADT

FIBERTHREE GMBH
OTTO-HESSE-STR. 19
64293 DARMSTADT

KONTAKT

TELEFON

+49 6151 734 75 900 .
FIBERTHREE.COM

QUALITÄT

ISO 9001

DIN EN ISO 9001:2015 .
INKL. LOHNFERTIGUNG