

Auswahl der richtigen Druckausrichtung für stärkere FDM-Teile

Druckorientierung ist einer der einflussreichsten, aber oft unterschätzten Faktoren im Fused Deposition Modeling (FDM). Die Ausrichtung beeinflusst **Festigkeit, Optik, Maßhaltigkeit, den Bedarf an Stützstrukturen** und letztlich, wie gut ein Bauteil unter realer Belastung abschneidet.

Dieser Eintrag fasst die Kernprinzipien zusammen, gestützt durch Zugtests und Praxisbeispiele.

1. Warum die Orientierung wichtig ist

FDM-Bauteile sind **anisotrop**. Sie sind **entlang der gedruckten Schichten** am stärksten und **zwischen den Schichten** am schwächsten, da dort die Haftung begrenzt ist. Die mechanische Festigkeit kann je nach Ausrichtung des Teils während des Drucks um mehr als 50 % variieren.

Beispielhafte Testergebnisse (PLA, 0,2 mm Schichthöhe):

- Flach gedruckt (Schichten parallel zur Last): **~63 MPa**
- Aufrecht gedruckt (Schichten senkrecht zur Last): **~31 MPa**

Dieser Unterschied beeinflusst direkt die Langlebigkeit des Bauteils, insbesondere bei Biegung, Stoßbelastung oder dauerhafter Beanspruchung.

2. Gängige Ausrichtungen

Flach auf dem Druckbett

- Beste Haftung
- Geringstes Risiko für Fehldrucke
- Erfordert meist die meisten Stützstrukturen

- Schwach quer zu den Schichtlinien an Stellen mit hoher Belastung

Aufrecht stehend

- Saubere Geometrie
- Oft ohne Stützstrukturen druckbar
- **Schwächste Ausrichtung für reale Belastungen**

Seitlich liegend

- Oft ein guter Kompromiss
- Platziert Schichtlinien parallel zu den einwirkenden Kräften
- Kann je nach Material (ABS, Nylon) zu Warping neigen

Es gibt selten die eine „richtige“ Orientierung. Ziel ist es vielmehr, die stärkste Achse des Drucks mit dem erwarteten Lastpfad in Einklang zu bringen.

3. Angewinkelter Druck (30°–60°)

Wenn keine Ausrichtung eine gleichmäßige Festigkeit bietet, kann das **Anwinkeln des Bauteils** die Kräfte ausgleichen.

Zugtests zeigen:

- **30°**: ~44 MPa
- **45°**: ~40 MPa
- **60°**: ~36 MPa

Eine abgewinkelte Orientierung verbessert die Schichthaftung im Vergleich zum rein vertikalen Druck und vermeidet dessen extreme Schwachstellen.

Eine gute allgemeine Strategie:

- **Ziele auf ~45° ab**, wenn du es mit einer bekannten Schwachstelle in der Schichthaftung zu tun hast.
-

4. Praktische Herausforderungen beim angewinkelten Druck

Eine angewinkelte Orientierung bedeutet oft:

- Minimale Kontaktfläche zum Druckbett
- Risiko, dass sich das Bauteil von den Stützen löst (Warping)
- Komplexere Stützstrukturen

Methoden zur Stabilisierung angewinkelter Teile:

- Schneide eine **kleine Ecke** ab, um eine flache Referenzfläche zu schaffen.
- Nutze einen **Brim** für zusätzlichen Halt auf dem Bett.
- Verwende **stabilere Stützen** (engerer XY-Abstand), wenn Verformungen (Curling) zu erwarten sind.
- Gestalte optional **eigene Support-Blöcke**.

5. Auswirkungen auf die Oberflächenqualität

Die Orientierung beeinflusst die Optik ebenso stark wie die Festigkeit.

Textur von Oberseite / Unterseite / Außenwänden

Bei flachem Druck:

- Unterseite: glatt
- Oberseite: matt
- Seiten: durch Außenwände (Perimeter) liniert

Bei angewinkeltem Druck:

- Alle sichtbaren Flächen werden zu Perimeter-Oberflächen.
- Organische Formen und Reliefs (z. B. Berge) wirken deutlich glatter.
- Der Treppeneffekt (Stair-stepping) an Schrägen wird reduziert.
- Schrumpfungslinien (z. B. die Decklinie beim 3DBenchy) verschwinden oft.

Das Kippen eines Teils kann die Ästhetik der Oberfläche drastisch verbessern.

6. Orientierung und reale Belastungen

Beispiel: Staubsaugeradapter

- Flacher Druck ? sauber, aber schwach in der falschen Richtung.
 - Aufrecht gedruckt ? keine Stützen, aber die Schichten liegen direkt in der Bruchzone.
 - **45°-Orientierung ? optimaler Kompromiss.**
 - ca. 30 % stärker.
 - Schichtlinien vermeiden Stresskonzentrationen.
 - Langlebig bei dauerhaftem Gebrauch.
-

7. Keine perfekte Orientierung für komplexe Formen

Manche Geometrien (z. B. Eckwinkel) werden immer folgende Merkmale aufweisen:

- Eine starke Richtung.
- Eine schwache Richtung.
- Eine schwierige Orientierung für die Druckbarkeit.

In solchen Fällen:

- Nutze angewinkelten Druck.
 - Verstärke die Geometrie.
 - Passe das Design an, um die Belastung auf die Schichtlinien zu reduzieren.
-

8. Fortgeschrittener Trick: Split-and-Fold (Trennen und Falten)

Bei Bauteilen mit Haken, Clips oder Auskragungen sind Orientierungsprobleme manchmal unvermeidbar. Eine hocheffektive Designstrategie ist:

Drucke das Teil in zwei Hälften, die durch ein dünnes „Brückenscharnier“ verbunden sind.

Schritte:

1. Teile das Bauteil entlang einer Mittelebene.
2. Füge eine **dünne, flexible Brücke** hinzu, die beide Hälften verbindet.
3. Drucke das Stück **flach**, sodass die gesamte Festigkeit entlang der Schichten liegt.
4. Nach dem Druck **falte die beiden Hälften** an der Brücke zusammen.
5. Die gefaltete Verbindung wird nach dem Zusammenbau extrem stabil.

Diese Methode:

- Maximiert die Festigkeit.
- Minimiert Stützstrukturen.
- Garantiert die ideale Schichtorientierung.
- Funktioniert besonders gut für Clips und Montagelaschen.

Viele modulare Ordnungssysteme nutzen diese Technik, um hohe Haltbarkeit aus einfachen FDM-Drucken herauszuholen.

9. Wichtige Prinzipien zum Merken

- Richte die **starke Achse** (entlang der Schichten) nach der **erwarteten Last** aus.
- Vermeide **Spannungskonzentrationen** senkrecht zu den Schichten.
- Winkel zwischen **30° und 60°** können die ausgewogene Festigkeit deutlich verbessern.
- Die Oberflächenqualität verbessert sich oft beim Druck im Winkel.
- Komplexe Teile erfordern manchmal **Designanpassungen**, nicht nur Änderungen der Orientierung.

- Das Aufteilen von Teilen mit einer **faltbaren Brücke** kann jede einteilige Orientierung übertreffen.
-

10. Zusammenfassung

Die korrekte Orientierung kann einen Druck von einem Deko-Objekt in ein voll funktionsfähiges Bauteil verwandeln. Durch Berücksichtigung von Lasten, Ästhetik und Support-Bedarf können sowohl mechanische als auch visuelle Ergebnisse drastisch verbessert werden. Wenn die Orientierung allein das Problem nicht löst, bieten kleine Designanpassungen – insbesondere **Split-and-Fold-Techniken** – extrem starke und effiziente Alternativen.

Revision #5

Created 2025-11-16 17:35:29 UTC by Carsten

Updated 2026-03-16 08:01:02 UTC by Carsten