

## 3D-Druck im Schulunterricht

### Verarbeitung von thermoplastischen Kunststoffen Teil 1 (für Lehrer)

Autor: David Katzmann

#### Wie kann der 3D-Drucker eingebunden werden?

Der FDM Drucker kann in diesem Beispiel passiv in den Unterricht eingebunden werden. Die thermoplastische Verformung kann hier sichtbar gemacht werden. Zuerst können die Schülerrinnen und Schüler sich das Filament anschauen sowie den Drucker. Der Drucker kann gemeinsam gestartet werden mit einem vom Lehrer vorbereiteten Modell.

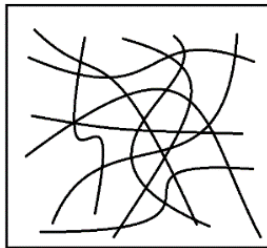
Schöne kostenlose Modelle gibt es bei [www.thingiverse.com](http://www.thingiverse.com)

Während des Drucks kann das Thema thermoplastische Kunststoffe besprochen werden. Hier kann auch auf andere Verfahren wie das Spritzgussverfahren eingegangen werden.

#### Zusammenfassung

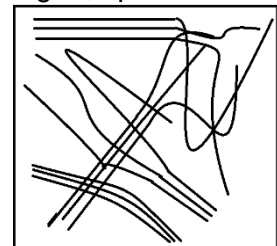
Thermoplaste sind Kunststoffe, die sich in einem bestimmten Temperaturbereich verformen lassen.

Sind die Makromoleküle im Kunststoff völlig wirr angeordnet, so wie in bei einem Topf voller



frisch gekochter Spaghetti, spricht man von amorphen Thermoplasten. Amorphe Thermoplaste haben ähnliche Eigenschaften wie Glas, sie sind relativ spröde und (in reiner Form) transparent. Ein typisches Beispiel für einen amorphen Kunststoff ist Polycarbonat (PC).

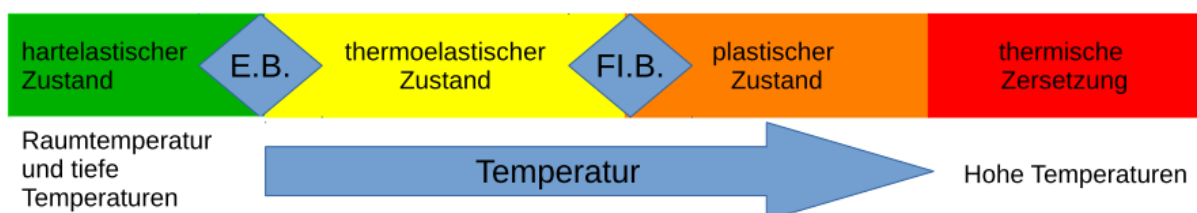
Sind die Makromoleküle in bestimmten Bereichen parallel zueinander gelagert, spricht man von einem teilkristallinen Werkstoff, da sich die Moleküle nicht so regelmäßig anordnen wie es zum Beispiel bei Metallen der Fall ist. Im Gegensatz dazu sind die entstandenen Kristalle in eine amorphe Umgebung eingebettet. Zwei der wichtigsten Kunststoffe aus dieser Gruppe sind die teilkristallinen Thermoplasten Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP).



In Abhängigkeit von der Temperatur existieren für Thermoplaste vier unterschiedliche Zustände. Die Zustände werden mit zunehmender Temperatur wie folgt durchlaufen:

- Hartelastischer Zustand
- Thermoelastischer Zustand
- Plastischer Zustand
- Thermische Zersetzung

Zwischen den einzelnen Zuständen gibt es zusätzliche Bereiche in dem der Kunststoff anfängt sich zu verändern. E.B. = Erweichungsbereich und Fl.B. = Fließtemperaturbereich



### Hartelastischer Zustand

Im hartelastischen Zustand befinden sich Thermoplaste bei geringen Temperaturen. In diesem Zustand sind die Kunststoffe sehr spröde und glasartig. Die Makromoleküle sind durch Nebervalenzen (Wasserstoffbrücken, van der Waals-Kräfte) sehr engmaschig miteinander verbunden. Sie besitzen keine Beweglichkeit.

### Thermoelastischer Zustand

In diesem Zustand sind thermoplastische Kunststoffe weichelastisch - teilweise gummielastisch – und können in ihrer Form verändert werden. Jedoch kehrt der Kunststoff immer wieder in seine Ursprungsform zurück. Die Vernetzung des Kunststoffs ist hier weitmaschiger als im hartelastischen Zustand.

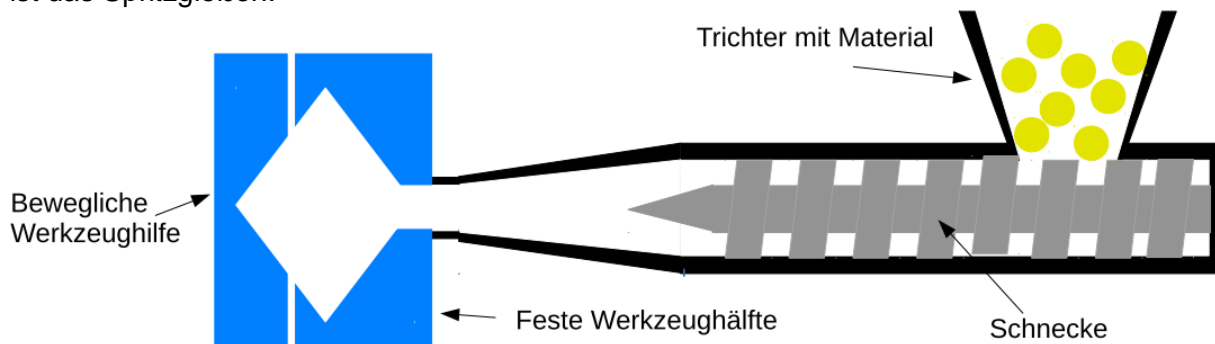
### Thermoplastischer Zustand

Im thermoplastischen Zustand sind keine Nebervalenzen mehr wirksam, wodurch die Molekülketten aneinander vorbei gleiten können. Sollte in diesem Zustand eine Verformung stattfinden, bleibt diese nach dem Abkühlen erhalten. Der Kunststoff liegt hier als Schmelze vor. Umso höher die Temperatur, umso weicher und flüssiger der Kunststoff.

### Thermische Zersetzung

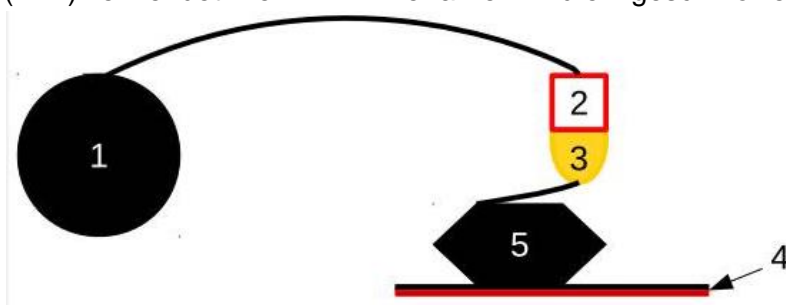
Der Zustand der thermischen Zersetzung ist von einem Zerreißen der Molekülketten aufgrund starker thermischer Bewegung gekennzeichnet. Der Kunststoff wird beim Überschreiten des thermoplastischen Zustands zunächst flüssig und bei weiterer Erhitzung in seine Grundbestandteile zersetzt.

Thermoplaste können auf verschiedenste Arten verarbeitet werden. Ein wichtiges Verfahren ist das Spritzgießen.



Beim Spritzgießen wird Kunststoffgranulat mit Hilfe einer beheizten Schnecke geschmolzen und mit Druck in eine Form gedrückt. Diese Form wird als Werkzeug bezeichnet. Im Werkzeug kühlt der Kunststoff ab und behält diese Form bei. Nach dem Abkühlen öffnet sich das Werkzeug und ein fertiges Bauteil wird ausgeworfen.

Ein anderes Verfahren ist das sogenannte FDM-Verfahren. FDM steht für Fused Deposition Modeling (deutsch: Schmelzschichtung). Oft wird das Synonym Fused Filament Fabrication (FFF) verwendet. Beim FDM-Verfahren wird ein geschmolzener Kunststoffdraht durch eine



Düse extrudiert und schichtweise abgelegt. Der Druck baut sich dadurch Schicht für Schicht auf. Der Kunststoff befindet sich auf einer Filament Rolle (1). Das Filament wird durch einen Extruder von der Rolle abgerollt und in den

Heizblock (2) gedrückt. Der Extruder ist je nach Bauweise direkt am Heizblock verbaut oder etwas davor. Hier in Abbildung sind Extruder und Heizblock zusammengefasst (2). Das Geschmolzene Material wird durch eine Düse (3) gedrückt und abgelegt. Durch das Schichtweise ablegen baut sich das Bauteil (5) auf der Bauplattform auf (4). Die meisten Drucker haben unter der Bauplattform noch eine Heizung mit der sich die Bauplattform Heizen lässt.

### Testfragen Beispiele

1. In Abhängigkeit von der Temperatur existieren für Thermoplaste unterschiedliche Zustände. Wie viele Zustände gibt es?

**Lösung: 4**

2. In Welchem dieser Zustände arbeitet ein FDM-Drucker?

**Lösung: Thermoplastischer Zustand**

3. Was passiert nach Verformung mit einem Kunststoff im thermoelastischen Zustand?

**Lösung:** Der Kunststoff kehrt nach Verformung immer wieder in seine Ursprungsform zurück.

4. Teilkristalline Thermoplasten sind transparent!

**Lösung: Falsch**