

WERKSTOFFWERK · KUNSTSTOFFKUNDE

Kunststoffkunde für die additive Fertigung

Polymeraufbau, thermisches Verhalten, Hygroskopie und Trocknung, Mechanik, Alterung, Rheologie, Additive und die Druckpolymere im Überblick

Thomas [Nachname] · Schichtwerk, Wien

office@schicht-werk.eu · schicht-werk.eu

Version 1.0 · Juni 2026 · Werkstoffgrundlage zum WERKSTOFFWERK

Hinweis

Diese Werkstoffgrundlage fasst den Stand der Polymertechnik zusammen, soweit für die additive Fertigung relevant (Juni 2026).

Konkrete Kennwerte sind typische Orientierungswerte und variieren mit Hersteller, Charge und Prüfbedingung; sie ersetzen kein Datenblatt. Schichtwerk ist Lohnfertiger.

Inhaltsverzeichnis

Teil I <i>Aufbau und Klassen der Polymere</i>	3
1. Was ein Kunststoff ist.....	3
2. Die drei Hauptklassen.....	3
3. Amorph oder teilkristallin.....	3
Teil II <i>Thermisches Verhalten</i>	4
4. Die wichtigen Temperaturen.....	4
5. Wärmeausdehnung, Schwund und Verzug.....	4
Teil III <i>Hygroskopie und Trocknung</i>	5
6. Warum Kunststoffe Wasser aufnehmen.....	5
7. Wirkung von Feuchte beim Druck.....	5
8. Hygroskopie-Profil der Druckmaterialien.....	5
Teil IV <i>Mechanik, Chemie und Alterung</i>	6
9. Mechanische Kennwerte.....	6
10. Chemische Beständigkeit.....	6
11. Alterung und Abbau.....	6
Teil V <i>Rheologie und Additive</i>	7
12. Schmelzeverhalten (Rheologie).....	7
13. Additive und Füllstoffe.....	7
Teil VI <i>Die Druckpolymere im Überblick</i>	8
14. FDM-Filamente – Kurzporträts.....	8
15. Photopolymere (SLA/DLP).....	8
Teil VII <i>Kennwert-Übersicht und Verarbeitung</i>	9
16. Typische Kennwerte (Orientierung).....	9
17. Werkstoffwahl – Kurzleitfaden.....	9
Erklärungen.....	9
Literaturverzeichnis.....	10

In Word per Rechtsklick → „Felder aktualisieren“.

Teil I

Aufbau und Klassen der Polymere

1. Was ein Kunststoff ist

Kunststoffe (Polymere) sind Werkstoffe aus Makromolekülen – langen Ketten, die durch Verknüpfung vieler gleichartiger Grundbausteine (Monomere) entstehen. Die drei Bildungswege sind Polymerisation (Kettenwachstum, z. B. PE, PP, PS, Acrylate), Polykondensation (unter Abspaltung kleiner Moleküle, z. B. PA, PET, PC) und Polyaddition (z. B. PU). Kettenlänge (Molmasse) und Verzweigung bestimmen wesentliche Eigenschaften. ^[1]

2. Die drei Hauptklassen

Klasse	Vernetzung	Verhalten bei Wärme	Beispiele (AM)
Thermoplaste	keine (lineare/verzweigte Ketten)	erweichen reversibel, schmelzbar	PLA, ABS, PETG, PA (FDM)
Duroplaste	engmaschig vernetzt	härten irreversibel, nicht schmelzbar	Photopolymere (SLA, nach Härtung)
Elastomere	weitmaschig vernetzt	gummielastisch	TPU/TPE (thermoplastische Elastomere)

Für die additive Fertigung sind vor allem Thermoplaste (FDM) und härtende Photopolymere (SLA/DLP) relevant. Thermoplastische Elastomere (TPU) verbinden Schmelzbarkeit mit Gummielastizität.

3. Amorph oder teilkristallin

Thermoplaste sind entweder amorph (ungeordnete Ketten, z. B. ABS, PC, PETG, PS) oder teilkristallin (geordnete Bereiche neben amorphen, z. B. PLA bedingt, PA, PP, PE). Amorphe Kunststoffe erweichen über einen breiten Bereich um die Glasübergangstemperatur (T_g) und neigen weniger zum Verzug; teilkristalline haben einen ausgeprägten Schmelzpunkt (T_m), höhere Chemikalienbeständigkeit, aber stärkeren Schwund/Verzug. ^[2]

Teil II

Thermisches Verhalten

4. Die wichtigen Temperaturen

Größe	Bedeutung
Glasübergang T _g	Übergang hart → zäh/weich; oberhalb verliert das Teil Steifigkeit
Schmelztemperatur T _m	nur teilkristallin; Übergang fest → schmelzflüssig
Wärmeformbeständigkeit (HDT)	Temperatur, bei der das Teil unter Last verformt (ISO 75)
Vicat-Erweichung	Eindringtemperatur einer Nadel unter Last (ISO 306)
Druck-/Bett-/Kammertemperatur	verarbeitungsseitige Temperaturen im FDM

Praxisbezug

Die Gebrauchstemperatur eines Teils ist faustregelartig durch T_g (amorph) bzw. HDT begrenzt. PLA mit T_g ~55–60 °C ist daher für heiße Umgebungen ungeeignet.

Hohe T_m/HDT (PA, PC, PEEK) bedeuten höhere Druck- und oft Kammertemperaturen und damit anspruchsvollere Verarbeitung.

5. Wärmeausdehnung, Schwund und Verzug

Beim Abkühlen schwinden Thermoplaste; teilkristalline stärker als amorphe. Ungleichmäßige Abkühlung erzeugt Eigenspannungen und Verzug (Warping), besonders bei großen, flachen ABS-/PA-Teilen. Gegenmaßnahmen sind beheiztes Bett, geschlossener Bauraum (Kammertemperatur) und geeignete Konstruktion (Verrundungen, Brim/Raft).^[3]

Teil III

Hygroskopie und Trocknung

6. Warum Kunststoffe Wasser aufnehmen

Viele Polymere sind hygroskopisch: sie nehmen Feuchtigkeit aus der Luft auf, weil polare Gruppen (z. B. Amid-Gruppen in PA, Ester-Gruppen in PET/PLA) Wassermoleküle binden. Das Ausmaß reicht von wenigen Zehntelprozent bis zu mehreren Prozent der Masse. Aufgenommenes Wasser ist verarbeitungs- und eigenschaftsrelevant. ^[4]

7. Wirkung von Feuchte beim Druck

- Dampfblasen an der Düse: Wasser verdampft schlagartig → Knistern, Poppen, Poren, raue Oberfläche, Stringing.
- Hydrolytischer Kettenabbau: bei hohen Düsentemperaturen spaltet Wasser die Ketten (besonders PA, PET/PETG, PLA, PC) → Molmasse sinkt → Festigkeit und Zähigkeit fallen messbar.
- Maß-/Durchmesserschwankungen des Filaments durch Quellung; instabiler Materialfluss.
- Schlechtere Schichthaftung und Sprödigkeit im fertigen Teil.

8. Hygroskopie-Profil der Druckmaterialien

Material	Feuchteaufnahme	Trocknung (Richtwert)
PVA (Stützmaterial)	sehr hoch	45 °C, lange; sehr empfindlich
PA / Nylon	hoch (mehrere %)	70–80 °C, 8–12 h
PC (Polycarbonat)	hoch	70–90 °C, 6–12 h
TPU / TPE	mittel–hoch	50–65 °C, 4–8 h
PETG / PET	mittel	60–65 °C, 4–6 h
ASA	gering–mittel	60–70 °C, 4 h
ABS	gering	60–70 °C, 4 h
PLA	gering, aber hydrolyseempfindlich	40–45 °C, 4–6 h

Trocknung und Lagerung – Praxis

Trocknen unterhalb der Glasübergangstemperatur, sonst verkleben die Spulen. Filamenttrockner oder Umluftofen mit genauer Temperatur verwenden.

Trockene Lagerung: dichte Boxen mit Trockenmittel (Silikagel), Feuchteindikator; angebrochene Spulen nicht offen liegen lassen.

Im Zweifel vor anspruchsvollen Drucken (PA, PC, PETG) immer trocknen – die Festigkeitseinbuße durch Feuchte ist real und oft unterschätzt.

Teil IV

Mechanik, Chemie und Alterung

9. Mechanische Kennwerte

- E-Modul (Steifigkeit), Zugfestigkeit, Bruchdehnung – spröde (PLA) vs. zäh (PETG, PA, PC).
- Schlagzähigkeit – ABS/PC/PA hoch, PLA niedrig; relevant für stoßbelastete Teile.
- Kriechen – Dauerverformung unter Last, besonders nahe T_g; bei Dauerlast einplanen.
- Anisotropie im FDM – Z-Festigkeit 40–70 % der XY-Festigkeit (siehe Grenzen-Paper).

10. Chemische Beständigkeit

Teilkristalline Kunststoffe (PA, PP, PE) sind chemisch beständiger als amorphe. ABS und PLA werden von vielen Lösemitteln (Aceton bei ABS) angegriffen; PETG ist relativ beständig. Spannungsrisskorrosion (ESC) tritt auf, wenn ein Medium auf ein mechanisch gespanntes amorphes Teil wirkt (z. B. PC unter Last mit aggressivem Reiniger).^[5]

11. Alterung und Abbau

Mechanismus	Auslöser	Besonders betroffen
Photooxidation (UV)	Sonnenlicht	PLA, ABS (Versprödung, Vergilbung); ASA UV-stabil
Hydrolyse	Feuchte + Wärme	PLA, PET/PETG, PA, PC
Thermooxidation	Wärme + Sauerstoff	viele, ohne Stabilisatoren
Biologischer Abbau	Kompost/Feuchte	PLA (gewollt biologisch abbaubar)

Teil V

Rheologie und Additive

12. Schmelzeverhalten (Rheologie)

Im FDM wird die Polymerschmelze durch eine Düse gedrückt. Thermoplastschmelzen sind strukturviskos (scherverdünnend): die Viskosität sinkt mit steigender Schergeschwindigkeit. Der Schmelzflussindex (MFI/MVR) beschreibt die Fließfähigkeit. Zu niedrige Temperatur → Unterextrusion und schlechte Haftung; zu hohe → Stringing, thermischer Abbau.^[6]

13. Additive und Füllstoffe

Additiv	Funktion
Weichmacher	erhöht Flexibilität (z. B. in TPU-Rezepturen)
Stabilisatoren (UV/Thermo)	verzögern Alterung (z. B. ASA UV-stabil)
Farbpigmente	Farbe; können Kristallisation/Festigkeit beeinflussen
Flammschutzmittel	reduzieren Entflammbarkeit
Verstärkungsfasern (CF/GF)	erhöhen Steifigkeit/Festigkeit; abrasiv → gehärtete Düse
Füllstoffe (Holz, Metall)	Optik/Haptik; verändern Verarbeitung

Teil VI

Die Druckpolymere im Überblick

14. FDM-Filamente – Kurzporträts

Material	Charakter	Stärke / Schwäche
PLA	amorph/teilkrist., leicht druckbar	einfach, steif / spröde, wärmeempfindlich
PETG	amorph, zäh	robust, chemikalienbest. / Stringing, feuchteempfindlich
ABS	amorph, technisch	schlagzäh, temperaturbest. / Styrol, Verzug
ASA	amorph, UV-stabil	außentauglich / wie ABS in Verarbeitung
PA / Nylon	teilkristallin, zäh	zäh, abriebfest / stark hygroskopisch
PC	amorph, hochfest	sehr fest/temperaturbest. / hohe Temp., hygroskopisch
TPU/TPE	Elastomer	flexibel, gummiartig / langsam zu drucken
CF/GF-gefüllt	verstärkt	steif, maßstabil / abrasiv, spröder
PVA/HIPS	Stützmaterial	löslich / PVA sehr hygroskopisch

15. Photopolymere (SLA/DLP)

Photopolymere härten unter UV-Licht durch radikalische Vernetzung (Duroplast). Sie liefern feinste Details und glatte Oberflächen, sind aber im Ausgangszustand hautsensibilisierend (siehe ARBEITSSCHUTZWERK) und nach Härtung oft spröder und UV-/temperaturempfindlicher als technische Thermoplaste. Der Durchhärtungsgrad (Degree of Cure) bestimmt Festigkeit und Sicherheit. ^[7]

Teil VII

Kennwert-Übersicht und Verarbeitung

16. Typische Kennwerte (Orientierung)

Material	Tg/HDT (°C)	Düse (°C)	Bett (°C)	Hygrosk.
PLA	~55–60	190–220	20–60	gering
PETG	~70–80	230–250	70–85	mittel
ABS	~100	230–260	90–110	gering
ASA	~100	240–260	90–110	ger.–mit.
PA	~70–180*	250–290	80–110	hoch
PC	~140	260–300	100–120	hoch
TPU	~60–80	210–240	30–60	mit.–hoch

* PA-Werte stark typabhängig. Alle Werte sind Orientierung; maßgeblich ist das Hersteller-Datenblatt der konkreten Charge.

17. Werkstoffwahl – Kurzleitfaden

- Prototyp/Deko, einfach: PLA.
- Robust, Alltag, Chemie: PETG.
- Außen/UV: ASA.
- Schlag/Temperatur: ABS, PC.
- Zäh/abriebfest, Funktionsteile: PA (trocknen!).
- Flexibel: TPU. Feinste Details/Optik: Harz (SLA).

Erklärungen

Interessenkonflikt: Der Autor betreibt mit Schichtwerk ein Dienstleistungsunternehmen der additiven Fertigung. Diese Arbeit gibt den publizierten Stand wieder, ohne externe Förderung.

Empfohlene Zitierweise: [Nachname] T. Kunststoffkunde für die additive Fertigung. Werkstoffgrundlage, Version 1.0. Schichtwerk; 2026.

Literaturverzeichnis

- [1] Ehrenstein GW. Polymer-Werkstoffe: Struktur – Eigenschaften – Anwendung. 3. Aufl. München: Hanser; 2011.
- [2] Menges G, Haberstroh E, Michaeli W, Schmachtenberg E. Werkstoffkunde Kunststoffe. 6. Aufl. München: Hanser; 2011.
- [3] Bonten C. Kunststofftechnik: Einführung und Grundlagen. 3. Aufl. München: Hanser; 2020.
- [4] McKeen LW. The Effect of Long Term Thermal Exposure on Plastics and Elastomers. Norwich: William Andrew; 2014. (Feuchtaufnahme, Hydrolyse).
- [5] Domininghaus H, Elsner P, Eyerer P, Hirth T. Kunststoffe: Eigenschaften und Anwendungen. 8. Aufl. Berlin: Springer; 2012.
- [6] Osswald TA, Menges G. Materials Science of Polymers for Engineers. 3rd ed. Munich: Hanser; 2012. (Rheologie, Schmelzverhalten).
- [7] Gibson I, Rosen D, Stucker B, Khorasani M. Additive Manufacturing Technologies. 3rd ed. Cham: Springer; 2021. (Photopolymere, FDM-Verarbeitung).