

SICHERHEITSWERK · ARBEITSSCHUTZ-FACHPAPER

Öffentlicher Strang · mit Quellen · Stand der Technik

Arbeitssicherheit beim 3D-Druck

Arbeitsplatzevaluierung, Luftqualität, Gefahrenstoffe und Schutzmaßnahmen bei FDM/FFF und SLA – der AUVA-Rahmen (Österreich) mit DACH- und EU-Bezug

Thomas [Nachname] · Schichtwerk, Wien

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

Version 1.0 · Juni 2026 · Ergänzungspaper zum SICHERHEITSWERK

Hinweis zur Geltung und zu Grenzwerten

Dieses Dokument beschreibt den allgemeinen arbeitsschutzrechtlichen und technischen Rahmen (Stand Juni 2026). Es ist KEINE Rechtsberatung und ersetzt keine betriebsspezifische Evaluierung.

Genannte Grenzwerte sind mit Rechtsgrundlage angegeben. Die österreichische Grenzwertverordnung (GKV) wird häufig novelliert – vor verbindlicher Verwendung sind alle Werte gegen die aktuelle RIS-Fassung (GKV 2025, Anhang I) zu prüfen.

Schichtwerk ist Lohnfertiger; die betriebliche Umsetzungsverantwortung liegt beim jeweiligen Arbeitgeber.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	3
1. Rechtsrahmen: Der AUVA-/ASchG-Rahmen in Österreich.....	4
1.1 Zentrale Paragraphen.....	4
1.2 Das STOP-Prinzip.....	4
1.3 AUVA als Trägerin und Informationsquelle.....	4
2. Arbeitsplatzevaluierung konkret für den 3D-Druck.....	4
2.1 Spezifische Gefährdungen.....	4
3. Luftqualität und Emissionen (FDM/FFF).....	4
3.1 VOC nach Material.....	5
3.2 Normen zur Emissionsmessung.....	5
4. Gefahrenstoffe und Grenzwerte (AT / DE / EU vergleichend).....	5
4.1 Photopolymerharze – CLP-Einstufung.....	5
4.2 (Meth-)Acrylat-Sensibilisierung.....	5
5. Schutzmaßnahmen nach STOP-Prinzip.....	5
5.1 Brand- und Explosionsschutz bei Isopropanol.....	6
5.2 Abfallentsorgung.....	6
6. Gewerbliche Einordnung (Österreich, mit DE-Vergleich).....	6
7. EU-Rahmen.....	6
8. Empfehlungen (gestuft).....	6
Erklärungen.....	7
Literaturverzeichnis.....	8

In Word per Rechtsklick → „Felder aktualisieren“.

Zusammenfassung

Der 3D-Druck ist arbeitsschutzrechtlich kein harmloses Bürogerät. Schmelzschichtverfahren (FDM/FFF) emittieren ultrafeine Partikel ($< 100 \text{ nm}$) und flüchtige organische Verbindungen (VOC) – darunter Styrol aus ABS/ASA, Caprolactam aus Nylon und Lactid aus PLA. Photopolymerverfahren (SLA/DLP/MSLA) bringen hautsensibilisierende (Meth-)Acrylate sowie das brand- und explosionsgefährliche Reinigungsmittel Isopropanol in den Prozess ein. In Österreich besteht nach § 4 ASchG die zwingende Pflicht zur Arbeitsplatzevaluierung mit Maßnahmenfestlegung nach dem STOP-Prinzip. Dieses Fachpaper stellt den AUVA-Rahmen, die relevanten Emissionen, die einschlägigen Arbeitsplatzgrenzwerte (AT/DE/EU vergleichend) sowie die abgestufte Schutzmaßnahmenhierarchie dar.

Schlüsselwörter: Arbeitsschutz; AUVA; ASchG; Arbeitsplatzevaluierung; ultrafeine Partikel; VOC; Grenzwertverordnung; Acrylat-Sensibilisierung; Isopropanol; STOP-Prinzip

1. Rechtsrahmen: Der AUVA-/ASchG-Rahmen in Österreich

Das ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (ASchG, BGBl. 450/1994) ist das österreichische Pendant zur EU-Rahmenrichtlinie 89/391/EWG. Es verpflichtet Arbeitgeber, die bestehenden Gefahren für Sicherheit und Gesundheit zu ermitteln und zu beurteilen und darauf aufbauend Maßnahmen festzulegen.^[1]

1.1 Zentrale Paragraphen

- § 3 – Allgemeine Arbeitgeberpflichten; Verantwortung für den Evaluierungsprozess.
- § 4 – Festlegung von Maßnahmen (Arbeitsplatzevaluierung): Pflicht zur Gefahrenermittlung und -beurteilung. Zu berücksichtigen sind u. a. Arbeitsstätte, Arbeitsmittel, Arbeitsstoffe, Tätigkeiten und Arbeitsumgebung; besonders schutzbedürftige Personen (Jugendliche/Lehrlinge, Schwangere) sind gesondert zu betrachten.
- § 5 – Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokumente (Dokumentationspflicht).
- § 7 – Grundsätze der Gefahrenverhütung: Bekämpfung an der Quelle, kollektiver Schutz vor individuellem Schutz.
- § 41 – Arbeitsstoffe; Verzeichnis gefährlicher Arbeitsstoffe. § 45/46 – Grenzwerte und Messverpflichtung.

1.2 Das STOP-Prinzip

Aus § 7 ASchG leitet sich die zwingende Maßnahmenhierarchie ab: S = Substitution/Gefahrenbeseitigung, T = Technische Maßnahmen, O = Organisatorische Maßnahmen, P = Personenbezogene Maßnahmen (PSA). Technische und kollektive Maßnahmen haben Vorrang vor persönlicher Schutzausrüstung.^[1]

Die Evaluierung ist kein einmaliger Akt: Sie ist zu wiederholen bei Unfällen, Verdacht arbeitsbedingter Erkrankungen, neuen Arbeitsmitteln, -stoffen oder -verfahren sowie auf begründetes Verlangen des Arbeitsinspektorats.

1.3 AUVA als Trägerin und Informationsquelle

Die AUVA (Allgemeine Unfallversicherungsanstalt) ist Trägerin der gesetzlichen Unfallversicherung und stellt kostenlose Merkblätter bereit. Für den 3D-Druck einschlägig sind u. a. M 391 (Umgang mit gefährlichen Arbeitsstoffen), M 705 (Schutzhandschuhe), M 719 (Atemschutzfilter), M 910 (Lüftung) und M.plus 385 (Sicherheitsdatenblatt). Evaluierungsvorlagen sind unter eval.at verfügbar.^[2]

2. Arbeitsplatzevaluierung konkret für den 3D-Druck

Die AUVA gliedert die Evaluierung in fünf Schritte: (1) Vorbereiten, (2) Gefahren ermitteln, (3) Gefahren beurteilen, (4) Maßnahmen festlegen (STOP), (5) dokumentieren und Wirksamkeit prüfen. Ergänzend ist ein Verzeichnis gefährlicher Arbeitsstoffe zu führen, für das aktuelle Sicherheitsdatenblätter aufliegen müssen.

2.1 Spezifische Gefährdungen

Gefährdung	FDM/FFF	SLA/DLP
Inhalativ	ultrafeine Partikel, VOC	Harzdämpfe, IPA-Dämpfe
Dermal	gering	unausgehärtetes Harz (Sensibilisierung), IPA
Thermisch	Düse ~200–270 °C, Heizbett	gering
Optisch	–	UV-Strahlung bei Aushärtung
Brand/Explosion	gering	IPA-Bäder und -Lagerung
Mechanisch	bewegte Achsen, Nachbearbeitung	Nachbearbeitung, Schleifen

3D-Drucker sind Maschinen und unterliegen dem Produktsicherheits- bzw. Maschinenrecht. Deutsche Hilfsmittel (BG ETEM S017, DGUV/IFA-Checklisten zu additiven Fertigungsverfahren, DGUV Information 202-103 für Schulen) sind methodisch übertragbar.

3. Luftqualität und Emissionen (FDM/FFF)

Beim Schmelzschichtverfahren wird Filament durch eine beheizte Düse extrudiert; dabei werden ultrafeine Partikel (< 100 nm) und VOC freigesetzt. FDM-Drucker werden nach dem Schema von He et al. als „high emitters“ eingestuft. In der Studie von Stephens et al. (2013) lagen die Partikel-Emissionsraten für ABS um etwa eine Größenordnung höher als für PLA: rund $1,9 \times 10^{11}$ gegenüber rund $2,0 \times 10^{10}$ Partikel pro Minute.^[3]

Die Meta-Analyse von Byrley et al. (2019) ermittelte mittlere Partikelanzahlkonzentrationen von rund 300.980 Partikel/cm³ für ABS und rund 65.482 Partikel/cm³ für PLA. Die Autoren betonen die erhebliche Methodenheterogenität und fordern standardisierte Prüfprotokolle; einzelne Kammerstudien fanden auch höhere Werte für PLA.^[4]

3.1 VOC nach Material

Material	Leit-VOC	Bewertung
ABS / ASA / HIPS	Styrol (+ Ethylbenzol, Xylol)	Styrol IARC 2A; ASA zusätzlich Acrylnitril
Nylon / PA	Caprolactam	Atemwegs-/Hautreizung
PLA	Lactid	gesundheitlich unkritisch
PETG	Acetaldehyd, Formaldehyd	niedrige Raten
POM	Formaldehyd	krebserzeugend (s. Grenzwerte)

3.2 Normen zur Emissionsmessung

Die Norm ANSI/CAN/UL 2904 (2. Auflage 2023) definiert eine Methodik zur Prüfung und Bewertung von Partikel- und chemischen Emissionen freistehender 3D-Drucker in nicht-industriellen Innenräumen. In Europa adressieren der Blaue Engel (RAL-UZ 205) sowie ECMA 328 und ISO 28360 die Emissionsdatenermittlung. ^[5]

Bewertung ultrafeiner Partikel

Für ultrafeine Partikel existiert kein eigenständiger Luftgrenzwert; die Beurteilung erfolgt über das Minimierungsgebot. Wirksamste Einzelmaßnahme: geschlossener Bauraum mit Quellabsaugung und nachgewiesener Filterleistung.

4. Gefahrenstoffe und Grenzwerte (AT / DE / EU vergleichend)

In Österreich sind ausschließlich die MAK-Werte (gesundheitsbasiert) und TRK-Werte (risikobasiert für Karzinogene) aus Anhang I der Grenzwertverordnung (GKV) verbindlich. TMW = Tagesmittelwert (i. d. R. 8 h), KZW = Kurzzeitwert. Aktuelle Fassung: GKV 2025, BGBl. II Nr. 339/2025, in Kraft seit 31.12.2025.

Stoff	Österreich (GKV)	Deutschland (AGW)	Einstufung
Styrol	TMW 20 ppm / 86 mg/m ³	20 ml/m ³ / 86 mg/m ³	IARC 2A; Repr. 2
Formaldehyd	TMW 0,3 ppm / 0,37 mg/m ³ ; KZW 0,6 ppm; III A2 (eindeutig krebserz.)	0,3 ppm / 0,37 mg/m ³ ; Carc. 1B	IARC 1
ε-Caprolactam	TMW 5 mg/m ³ (E); KZW 40 mg/m ³	10 mg/m ³	nicht krebserz.
Isopropanol	TMW 200 ppm / 500 mg/m ³ ; KZW 800 ppm*	200 ml/m ³ / 500 mg/m ³	H319, H336

* Isopropanol-Kurzzeitwert aus Hersteller-SDB mit GKV-Bezug – vor Verwendung in der RIS-Fassung gegenprüfen. Bei Caprolactam ist der österreichische TMW (5 mg/m³) niedriger als der deutsche AGW (10 mg/m³).

4.1 Photopolymerharze – CLP-Einstufung

Photopolymerharze sind Gemische aus (Meth-)Acrylsäureestern und Photoinitiatoren. Typische Einstufung nach CLP-Verordnung (EG) 1272/2008: H315 (Hautreizung), H319 (Augenreizung), H317 (Hautsensibilisierung – arbeitsmedizinisch kritischster Endpunkt), H411/H412 (gewässergefährdend), teils H361f (Verdacht Fruchtbarkeitsschädigung). Für jeden Harz und jedes Additiv muss ein Sicherheitsdatenblatt nach REACH Anhang II vorliegen. ^[6]

4.2 (Meth-)Acrylat-Sensibilisierung

Die allergische Kontaktdermatitis durch unausgehärtete (Meth-)Acrylate ist eine Typ-IV-Überempfindlichkeit. Die Monomere wirken als Haptene. Die Sensibilisierung ist kumulativ, kann nach Jahren beschwerdefreier Exposition eintreten und ist dauerhaft. Es besteht ausgeprägte Kreuzreaktivität zwischen verwandten Monomeren – ein bloßer Produktwechsel löst das Problem meist nicht; bei Sensibilisierten wird vollständige Vermeidung empfohlen. ^[7]

Wichtig: ausgehärtet vs. unausgehärtet

Vollständig ausgehärtete Harze sind selten sensibilisierend. Schleifen/Zerspanen ausgehärteter Teile kann jedoch reaktive Monomere freisetzen.

Monoacrylate sind starke, Monomethacrylate schwächere Sensibilisatoren.

5. Schutzmaßnahmen nach STOP-Prinzip

S – Substitution

- PLA/PETG statt ABS/ASA, wo technisch möglich (deutlich niedrigere UFP-Raten).

- Beim Harz-Waschen: wasserhaltige Gemische bzw. Lösemittel mit höherem Flammpunkt prüfen; lösemittelfreie Verfahren erwägen.

T – Technische Maßnahmen (Vorrang)

- Geschlossener Bauraum (Einhausung) als wichtigste Einzelmaßnahme; Quellabsaugung vor Raumlüftung.
- Filterung: HEPA ($\geq$ H13) gegen Partikel + Aktivkohle gegen VOC; Filterwartung und mindestens jährliche Leistungsprüfung. Der bloße Einbau eines Filters ohne Wirksamkeitsnachweis genügt nicht.
- Geschlossene Prozessführung bei SLA/DLP (UV-Schutz, dichte Wash-&-Cure-Station).

O – Organisatorische Maßnahmen

- Getrennter, separat belüfteter Aufstellraum (besonders bei Druckfarmen); Zugangsbeschränkung.
- Betriebsanweisungen, Unterweisung, Hygiene (kein Essen/Trinken im Bereich), Arbeitsstoffverzeichnis und SDB am Einsatzort.

P – Persönliche Schutzausrüstung

- Atemschutz: Gasfilter Typ A gegen VOC, P-Filter (P2/P3) gegen Partikel, Kombinationsfilter bei Harzarbeiten.
- Handschuhe: Nitril/Butyl gegen Harz und IPA – kein Latex. Durchbruchzeiten beachten, regelmäßig wechseln.
- Augenschutz bei Spritzgefahr; Hautschutzplan; Harzspritzer sofort mit Wasser/Seife abwaschen.

5.1 Brand- und Explosionsschutz bei Isopropanol

Reines Isopropanol hat einen Flammpunkt von rund 12 °C und bildet bereits bei Raumtemperatur explosionsfähige Dampf/Luft-Gemische (untere Explosionsgrenze ~2,0 Vol.-%, obere ~12,7 Vol.-%); die Dämpfe sind schwerer als Luft. Empfohlen werden lokale Absaugung, dicht schließende abgesaugte Washer, geerdete leitfähige Behälter, Auffangwannen, Ex-Schutz, ein Explosionsschutzdokument und wiederkehrende Prüfung.^[8]

5.2 Abfallentsorgung

Flüssiges und ausgehärtetes Harz sowie kontaminiertes IPA und kontaminierte Filter/Tücher sind gefährlicher Abfall und über zugelassene Entsorger abzuführen – nicht in Kanalisation oder Hausmüll. Ausgehärtetes Harz vor Entsorgung vollständig unter UV nachhärten.

6. Gewerbliche Einordnung (Österreich, mit DE-Vergleich)

In Österreich wird die gewerbsmäßige Herstellung funktioneller 3D-Druckteile (Lohnfertigung) dem reglementierten Handwerk „Kunststoffverarbeitung“ zugeordnet (Befähigungsnachweis erforderlich). Es existieren eingeschränkte Gewerbeberechtigungen speziell für den 3D-Druck („Lohnfertigung“ bzw. „Copyshop“). Zuständige Fachorganisation ist die Bundesinnung der Kunststoffverarbeiter (WKO, Sparte Gewerbe und Handwerk).^[9]

Davon abzugrenzen ist das klassische Druckgewerbe (Papier/Folien), das den additiven Kunststoff-3D-Druck nicht erfasst. Die endgültige Einordnung trifft die Gewerbebehörde, gegebenenfalls per Feststellungsbescheid. In Deutschland besteht Pflichtmitgliedschaft bei der zuständigen Berufsgenossenschaft – je nach Haupttätigkeit BG ETEM (faktisch federführend für 3D-Druck) oder BG RCI (chemie-/kunststofflastige Betriebe).

7. EU-Rahmen

- REACH-VO (EG) 1907/2006 – Sicherheitsdatenblätter (Anhang II), DNEL, Beschränkungen.
- CLP-VO (EG) 1272/2008 – Einstufung und Kennzeichnung (H-Sätze der Harz-SDB).
- Rahmenrichtlinie 89/391/EWG – Grundpflichten des Arbeitgebers (in AT: ASchG, in DE: ArbSchG).
- Richtlinie 98/24/EG (chemische Arbeitsstoffe) und 2004/37/EG (Karzinogene/Mutagene) – Grundlage der Arbeitsplatzgrenzwerte (IOELV/BOELV).

8. Empfehlungen (gestuft)

Stufe 0 – vor Inbetriebnahme: Arbeitsplatzevaluierung nach § 4 ASchG dokumentieren; Arbeitsstoffverzeichnis und SDB anlegen; Betriebsanweisungen und PSA-Grundausrüstung bereitstellen.

Stufe 1 – technische Grundausrüstung: geschlossene Drucker mit Quellabsaugung und HEPA- $(\geq$ H13)+Aktivkohle-Filterung; bei Harz dichte Wash-&-Cure-Station und IPA-Management mit Ex-Schutz.

Stufe 2 – Verifikation: Arbeitsplatzmessung bei Dauerbetrieb von ABS/ASA/Nylon in geschlossenen Räumen, bei mehreren Druckern oder bei Beschwerden; Eskalation (separater Raum, höhere Lüftung) bei Grenzwertannäherung.

Stufe 3 – gewerblich/organisatorisch: gewerberechtliche Einordnung klären (WKO); AUVA-/SV-Anmeldung; jährliche Wirksamkeitsprüfung der Lüftung dokumentieren.

Erklärungen

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

Datenverfügbarkeit: basiert auf publizierter Literatur, Normen und Rechtsquellen; keine neuen Primärdaten. Grenzwerte sind vor verbindlicher Verwendung gegen die aktuelle RIS-Fassung der GKV zu prüfen.

Empfohlene Zitierweise: [Nachname] T. Arbeitssicherheit beim 3D-Druck: Arbeitsplatzevaluierung, Luftqualität, Gefahrenstoffe und Schutzmaßnahmen – der AUVA-Rahmen mit DACH- und EU-Bezug. Fachpaper, Version 1.0. Schichtwerk; 2026.

Literaturverzeichnis

- [1] ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (ASchG), BGBl. 450/1994 i. d. g. F. §§ 3–7, 41, 45/46. RIS – Rechtsinformationssystem des Bundes.
- [2] Allgemeine Unfallversicherungsanstalt (AUVA). Merkblätter M 391, M 705, M 719, M 910, M.plus 385; Evaluierungsvorlagen eval.at. Wien: AUVA.
- [3] Stephens B, Azimi P, El Orch Z, Ramos T. Ultrafine particle emissions from desktop 3D printers. Atmos Environ. 2013;79:334–339.
- [4] Byrley P, George BJ, Boyes WK, Rogers K. Particle emissions from fused deposition modeling 3D printers: Evaluation and meta-analysis. Sci Total Environ. 2019;655:395–407.
- [5] ANSI/CAN/UL 2904. Standard Method for Testing and Assessing Particle and Chemical Emissions from 3D Printers. 2nd ed. Underwriters Laboratories; 2023. Vgl. RAL-UZ 205 (Blauer Engel).
- [6] Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (CLP) und Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH), Anhang II. Amtsblatt der EU.
- [7] Aalto-Korte K, Suuronen K, Kuuliala O, et al. Occupational contact allergy to monomeric acrylates. Contact Dermatitis. 2010;63(6):340–346.
- [8] Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM). Isopropanol – gefährliche Nachbehandlung von 3D-Drucken. etem 2/2025; sowie BG ETEM S017.
- [9] Wirtschaftskammer Österreich (WKO). Bundesinnung der Kunststoffverarbeiter; Kunststoffverarbeitungs-Verordnung BGBl. II Nr. 66/2003 i. d. F. BGBl. II Nr. 399/2008. GewO 1994.
- [10] Grenzwerteverordnung (GKV) 2025, BGBl. II Nr. 339/2025, Anhang I. RIS. Vergleichswerte DE: TRGS 900 (BAuA).